

精製などにも用いられるため、原因を調査中である。

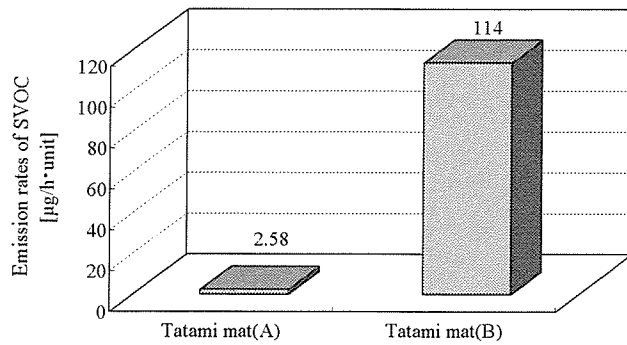


図-2 Total SVOC emission rates of Tatami mat

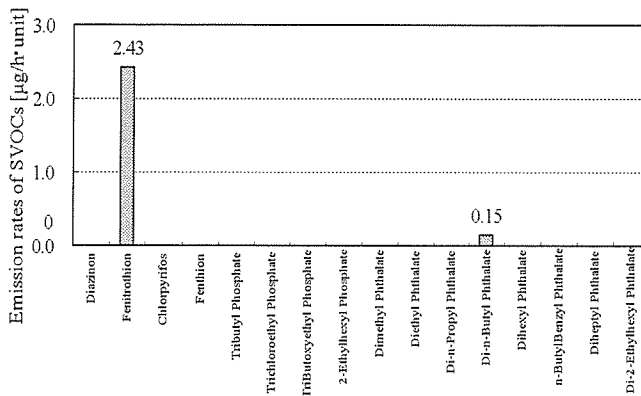


図-3 Variation of SVOC emission rates from Tatami mat (A)

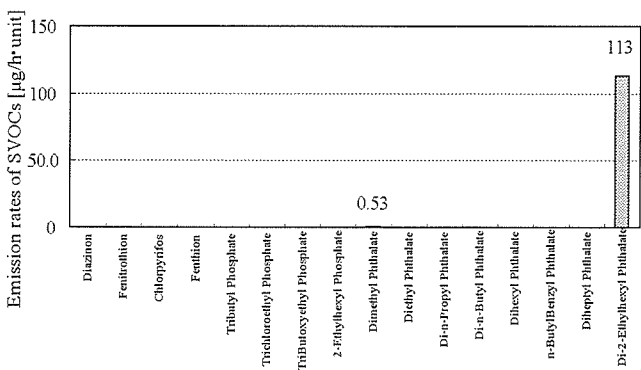


図-4 Variation of SVOC emission rates from Tatami mat (B)

(2) 実験 II

測定対象とした検体から SVOC の発生は確認されなかった。

Chlorpyrifos, Diazinon, Fenobucarb は人体に対する有害性が指摘されており、畳構成材への使用量が減少傾向にあると考えられる。

表-4 Concentration in small chamber

Sample No.	Concentration[µg/m ³]		
	Chlorpyrifos	Diazinon	Fenobucarb
Tatami mat	(A)	N.D.	N.D.
	(B)	N.D.	N.D.
	(C)	N.D.	N.D.
	(D)	N.D.	N.D.
Inner material of tatami mat	(A)	N.D.	N.D.
	(B)	N.D.	N.D.
	(C)	N.D.	N.D.
	(D)	N.D.	N.D.
	(E)	N.D.	N.D.
	(F)	N.D.	N.D.
	(G)	N.D.	N.D.
Surface layer	(A)	N.D.	N.D.
	(B)	N.D.	N.D.
	(C)	N.D.	N.D.
Rice straw	(A)	N.D.	N.D.
	(B)	N.D.	N.D.
	(C)	N.D.	N.D.
Rush	(A)	N.D.	N.D.

D. 結論

本実験により、得られた知見を以下に示す。

- 1) 実験 I により、畳材から SVOC の発生が確認された。畳材の総 SVOC 発生量は 2.58 ~ 113[µg/h] の範囲にあった。
- 2) 実験 II では、畳材、畳構成材、およびその素材から SVOC の発生は確認されなかった。

E. 今後の課題

- 1) 測定対象物質の範囲を拡大し、有機リン系化合物、カーバメート系化合物のみならず、これらの代替物質であるネオニコチノイド系化合物も含めた測定・分析を行う。
- 2) SVOC の有効な捕集・分析方法の検討を行う。

F. 健康機器情報

人体に対して有害性の高い物質の顕著な発生が見られる検体があり、今後更なる検証が必要である。

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

H. 引用文献

1) 小峰奈智子：化学物質過敏症・家族の記録、健康双書、2000年7月25日

I-1.9. i) 建 具

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. はじめに

木製建具には木質材料、塗料や接着剤を多用するため、有害化学物質の発生が懸念される。既往研究において筆者らは、襖戸とフラッシュ戸の化学物質発生量を実験室実験により明らかにしている¹⁾。結果として、襖戸からエタノール等のVOCの顕著な発生が見られたことを報告している。

そこで、本研究では接着剤と表面仕上げ用塗料使用量を削減した化学物質低放散仕様の建具(以下、低放散仕様建具)を新たに作製し、実環境に設置して、建具が室内化学物質濃度に与える影響を求めるものである。

B. 実験概要

1. 建具の室内濃度に及ぼす影響

1. 1. 低放散仕様建具の概要

図-1 に作製した低放散仕様建具の概要を示す。

1. 2. 低放散仕様建具の設置

作製した低放散仕様建具を東北地方のRC造3階建て、築後6年の一般住宅内に設置した。図-2 に同住宅の平面図と建具の設置位置を示す。

1. 3. 測定日の環境条件と測定対象化学物質

実測調査は、低放散仕様建具設置前後(2004年12月と2006年2月、3月)に行った。各測定日における測定対象室の測定条件と測定対象化学物質を表-1,2 に示す。

表-1 各測定日における測定条件

測定日	2004年12月29日	2006年2月3日	2006年3月2日
温度	20.4[°C]	15.0[°C]	20.2[°C]
相対湿度	37.2[%]	63.3[%]	43.0[%]
低放散建具	未設置	設置	設置

表-2 測定対象化学物質

	2004/12/29		2006/2/3		2006/3/2	
	HCHO	VOC	HCHO	VOC	HCHO	VOC
居間	○	○	○		○	○
和室(東)		○			○	○
和室(西)		○			○	○

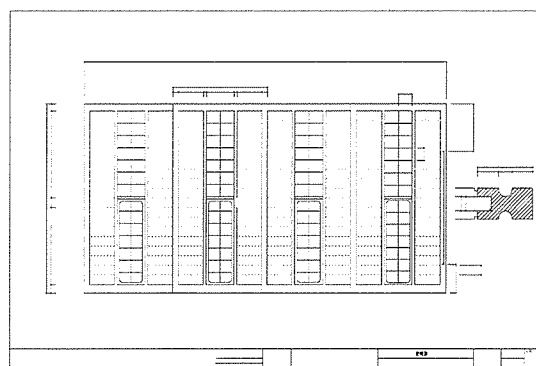


図-1 低放散仕様建具の設計

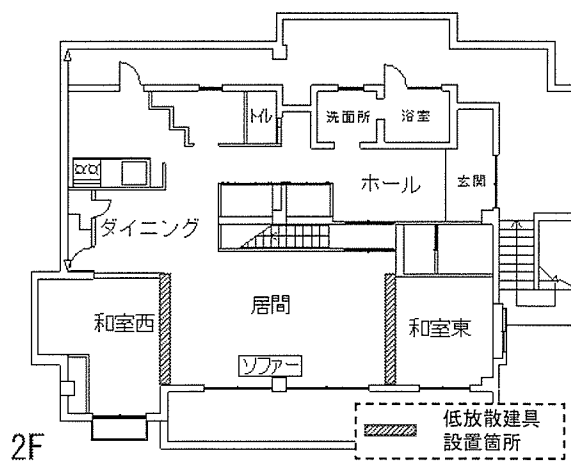


図-2 測定対象住宅と低放散仕様建具の設置位置

2. 試料空気の捕集・分析方法と使用機器

2. 1. ホルムアルデヒド

- ・ 固相捕集-溶媒抽出-HPLC 法
 捕集は1.0[L/min]の流量で30[min]とした。
- ・ 定流量ポンプ:(Sibata社製、Model:MP-Σ100H)
- ・ 積算流量計:(Shinagawa社製、DC-1A)

- ・ホルムアルデヒド捕集管(Waters 社製、Sep-Pak Xposure Aldehyde Sampler)
- ・高速液体クロマトグラフ(以下、HPLC):(日立社製、L-7000 型)

2. 2. VOC

- ・固相捕集-加熱脱離-GC/MS 法
捕集は 0.1[L/min]の流量で 30[min]とした。
- ・定流量ポンプ:(Sibata 社製、Model:MP-Σ30)
- ・積算流量計:(Shinagawa 社製、DC-1A)
- ・炭素系捕集管:(Supelco 社製、Air-toxics)
- ・加熱導入装置:(Perkin Elmer 社製、Turbo Matrix ATD)
- ・ガスクロマトグラフ/質量分析計(以下、GC/MS):(Perkin Elmer 社製、Turbo Mass Gold)

C. 結果及び考察

1. ホルムアルデヒド

居間における低放散仕様建具設置前後の室内ホルムアルデヒド濃度を図-3 に示す。

ホルムアルデヒド濃度は、低放散仕様建具設置後に若干の濃度低減が見られたが、その値はごく僅かであり、室温や換気量の変動によるものと考えられる。

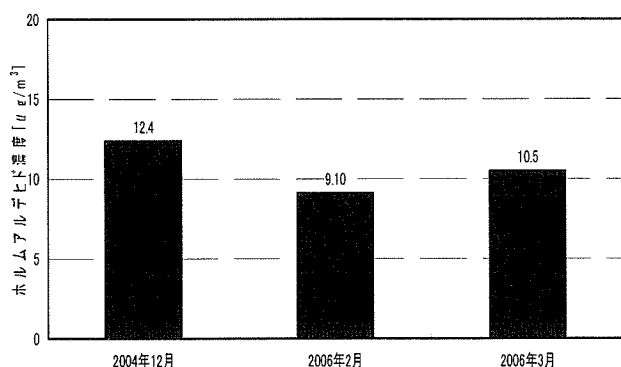


図-3 低放散仕様建具設置前後の室内ホルムアルデヒド濃度(居間)

2. VOC

居間、和室(東)、和室(西)における低放散仕様建具設置前後の VOC 濃度を図-4~6 に示す。

各居室の VOC 濃度は、643~2082[μg/m³]の範囲にあり、VOC 成分の中でエタノールの占める割合が高い。2006年3月に測定の和室(東)を除いて、TVOC 濃度の 90[%]以上をエタノールが占めている。2回のエタノール濃度実測値を比較すると、居間で 832[μg/m³]から 646[μg/m³]、和室(東)で 786[μg/m³]から 398[μg/m³]に濃度が低減した。この室内濃度の低減性が低放散仕様建具の設置効果と見られることもできるが、和室(西)においては 872[μg/m³]から 2108[μg/m³]にむしろ濃度が上昇している。そのため、エタノール濃度の低下が低放散仕様建具によるものと断言するには至らなかった。

今回、エタノール濃度の高い要因を調査した。ダイニング部と和室(西)の天井面(サワラ材に有機溶剤系塗料を塗布)には VOC 放散抑制のため、セラック系+アクリル系封止塗料の塗装処理が行われているが、和室(西)の竿縁材において封止系塗装面の塗膜形成が成されていないことが判明した。これが、高濃度のエタノール汚染を引き起こしている原因と判断された。

今回の調査結果では、低放散仕様建具の室内化学物質濃度に与える影響は求めることができなかった。そのため実験室実験を行い、同建具の化学物質放散特性を求めることにした。

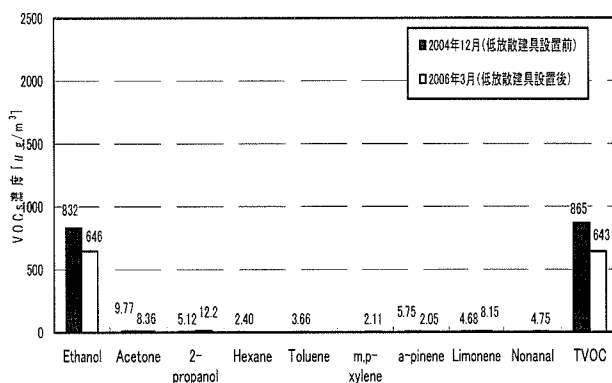


図-4 低放散仕様建具設置前後の VOC 濃度(居間)

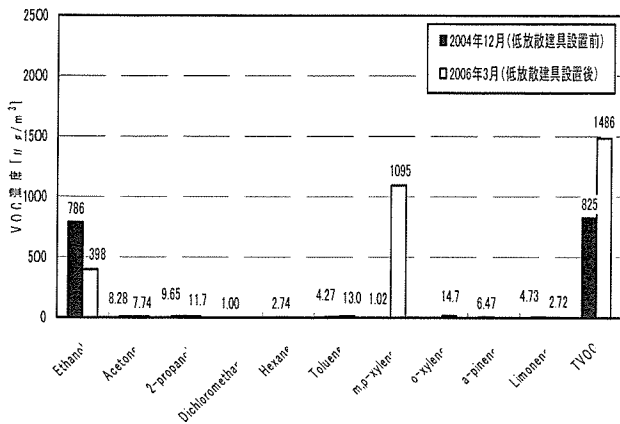


図-5 低放散仕様建具設置前後の VOC 濃度 (和室東)

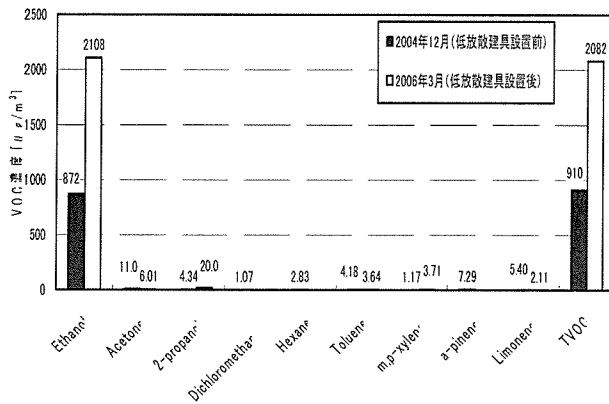


図-6 低放散仕様建具設置前後の VOC 濃度 (和室西)

D. 結論

本研究で得られた知見を以下に示す。

- 1) 化学物質低放散仕様建具を新たに作製し、室内化学物質濃度に与える影響を調査した。
- 2) 今回の調査結果だけでは、明確な低放散仕様建具の性能評価をするに至らない。そこで、実験室実験により、同建具の化学物質放散特性を求めることにした。

E. 健康危機情報

特になし。

F. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

G. 引用文献

- 1) 野崎淳夫：「生活用品、対策品からの化学物質の発生と除去特性に関する研究」、平成 13～15 年度厚生労働科学研究費補助金化学物質リスク研究事業総括報告書、pp.164～165、2004 年 3 月

I-1.9.ii) 建 具

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

A. はじめに

室内における VOC、ホルムアルデヒド汚染防止のため、建材、施工剤レベルでの汚染防止対策が進められている。建材のホルムアルデヒド放散基準が JIS、JAS 等により整備されつつある。

しかし、木質建材と接着剤を多量に使用する建具については、その対策が未整備で、その発生量の実態についても不明であった。

そこで本研究では、1)建具の化学物質発生量の実態解明を行い、室内化学物質汚染の防止を意図した 2)化学物質低放散仕様建具を作製し、その発生量を実験室実験で検証するものである。

B. 研究方法

1. 実験概要

1. 1. 測定対象建具

本研究では、各種対策を施した建具(4 検体)を試験体とした。測定対象建具の概要を以下に示す。

(1) 建具 1: フスマ戸(写真-1 参照)

- ・表面: F☆☆☆☆合板に封止系塗料(セラック系)を塗布し、デンプン系接着剤にて、和紙を貼った
- ・裏面: F☆☆☆☆のシナ合板に CL 仕上げをした後に、封止系塗料(セラック系)を塗布した。
- ・サイズ: H(1995)×W(895)×D(32) [mm]

(2) 建具 2: フスマ戸(写真-2 参照)

- ・表面: F☆☆☆☆合板に封止系塗料(セラック系)を塗布し、デンプン系接着剤にて、ビニルクロス(光触媒混入)を貼った。
- ・裏面: F☆☆☆☆合板に封止系塗料(セラ

ック系)を塗布した。

- ・サイズ: H(1995)×W(895)×D(32) [mm]

(3) 建具 3: フスマ戸(写真-3 参照)

建具 2 と同様であるが、使用ビニルクロスに光触媒は混入していない。

- ・サイズ: H(1995)×W(895)×D(32) [mm]

(4) 建具 4: フスマ戸(写真-4 参照)

芯材を比較的 low コストで作製できるスギ材とした。また、仕上げ材もスギ板材を使用し、接着剤使用量を削減するため、ホゾ加工を多用した。一部、和紙に接着剤を使用したが、デンプン系のみを用いた。

- ・サイズ: H(1800)×W(9100)×D(300) [mm]

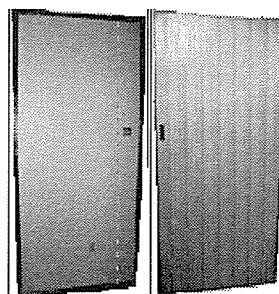


写真-1 建具 1

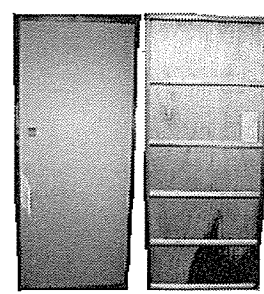


写真-2 建具 2



写真-3 建具 3

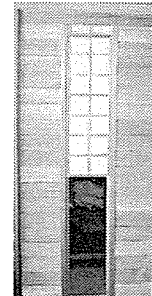


写真-4 建具 4

1. 2. 測定対象物質

測定対象物質は、ホルムアルデヒドと VOC(51 物質)である。(表-1 参照)

1. 3. 実験装置の概要

本実験は、特定非営利活動法人室内環境技術研究会所有の大型チェンバー(5[m³])を用いて行った。チェンバー内は一定の温度、湿度、換気回数、気流速度が制御可能であり、任意の環境条件が得られるものである(図-1 参照)。

表-1 測定対象物質

1	formaldehyde	18	bromodichloromethane	35	1,3,5-trimethylbenzene
2	ethanol	19	trichloroethylene	36	o-ethyltoluene
3	acetone	20	2,2,4-trimethylpentane	37	b-pinene
4	2-propanol	21	heptane	38	1,2,4-trimethylbenzene
5	dichloromethane	22	methylisobutylketone	39	decane
6	1-propanol	23	toluene	40	p-dichlorobenzene
7	methyl ethyl ketone	24	dibromochloromethane	41	1,2,3-trimethylbenzene
8	ethylacetate	25	butylacetate	42	limonene
9	hexane	26	octane	43	nonanal
10	chloroform	27	tetrachloroethylene	44	Undecane
11	1,2-dichloroethane	28	ethylbenzene	45	1,2,4,5-tetramethylbenzene
12	2,4-dimethylpentane	29	m,p-xylene	46	decanal
13	1,1,1-trichloroethane	30	styrene	47	dodecane
14	butanol	31	o-xylene	48	tridecane
15	benzene	32	nonane	49	tetradecane
16	carbon tetrachloride	33	a-pinene	50	pentadecane
17	1,2-dichloropropane	34	m,p-ethyltoluene	51	hexadecane

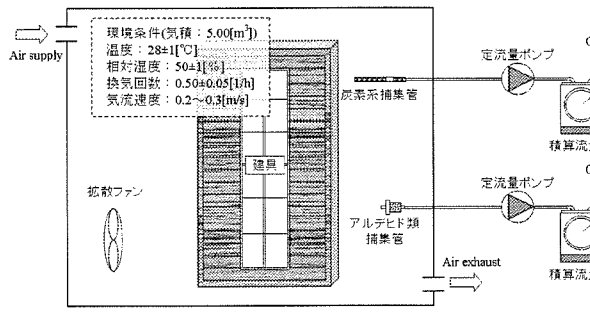


図-1 実験システムの概要図

C. 結果と考察

建具のホルムアルデヒドと VOC 発生量を図-2, 3 に示す。

ホルムアルデヒド発生量は 0~7.12[μ g/h·unit]の範囲にあり、小さな値であった。

建具 1、2、3 VOC 発生量は 0.66~23.0[μ g/h·unit]の範囲にあり、比較的小さな値であった。建具 4 では 180[μ g/h·unit]と比較的大きな値となったが、成分別で見ると α 、 β -ピネン、リモネン等の天然由来成分が約 70%を占めた(図-4 参照)。

何れの開発建具も在来建具と比較して化学物質発生量は小さく、室内汚染源とはならないことが判明した。

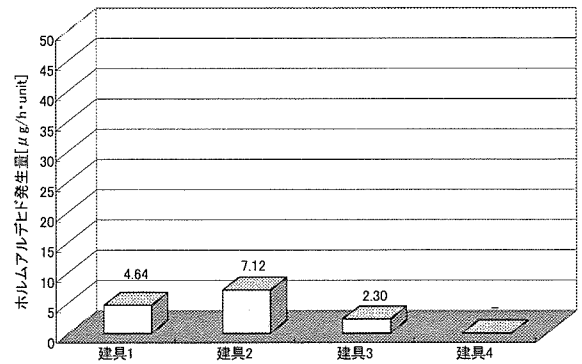


図-2 建具のホルムアルデヒド発生量

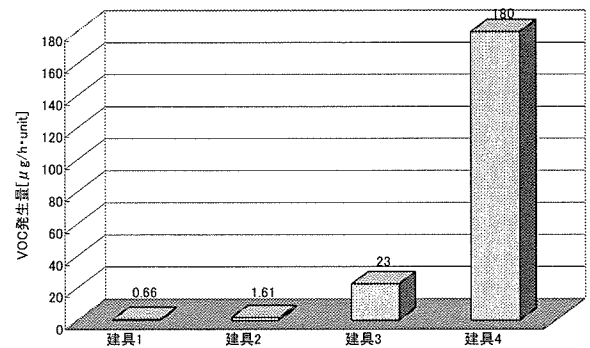


図-2 建具の VOC 発生量

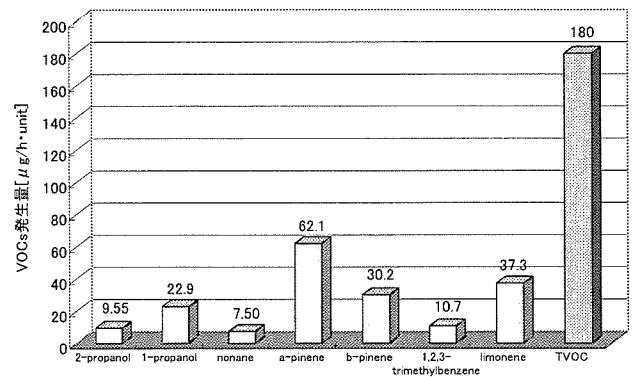


図-4 建具 4 の VOC 成分別発生量

D. 結論

- 1) 本研究では室内化学物質汚染を引き起こさない建具の開発を意図し、その「化学物質低放散仕様建具」を実験室実験で検証した。
- 2) ホルムアルデヒドと VOC 放散量を低減させるため、建具(3種類)を試作し、ホルムアルデヒドと VOC 放散量を求めた。実験の結果、これら3種の建具の化学物質放散量は、在来建具と比較してとて

も小さく、室内汚染源になるものではないことが判明した。

- 3)同様に芯材と仕上げ材にスギ材を用い、接着剤使用量を削減するため、ホゾ加工を多用し、デンプン系接着剤を使用した建具を作製した。この建具の化学物質放散量も、在来建具と比較してとても小さく、室内汚染源になるものではないことが判明した。

E. 今後の課題

在来型建具の問題は、化学物質を室内に放散してしまうことであり、より小さな化学物質放散量建具の普及が今後の課題である。

F. 健康危機情報

特になし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

I - 2. 1. 室内空气中化学物質の低減対策の実態に関する研究

i) 室内環境配慮型建材

分担研究者 野崎淳夫 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科 教授

研究要旨 室内環境汚染を引き起こさないとされる環境配慮型建材の化学物質発生量を求めた。有機溶剤を含まない「自然塗料」、「自然系ワックス」、「無垢建材」や化学物質放散を抑制する「封止系塗料」が普及段階にある。

各建材の塗布7日後の放散速度は、自然塗料：187-260[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、自然系ワックス：32-491[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、無垢材（ナラ）：66[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]であった。自然塗料、自然系ワックス、封止系塗料の放散化学物質中には、エタノール、アセトンが多く含まれている実態が明らかになった。封止系塗料を塗布した現場施工材においては、表面より裏面の放散量が大きいケースもあった。

A. 研究目的

1. 背景

シックハウス問題解決のために、関係各省庁において様々な取り組みがなされてきた。

表-1に各省庁の代表例を示す。

2003年7月には建築基準法が改正され、建築材料へのクロルピリホス使用が禁止となり、ホルムアルデヒド放散量も規制された。また、JIS、JAS規格も改正(表-2参照)されたが、いずれも規制対象物質はホルムアルデヒドに限定されており、VOCへの対応が検討されている。

シックハウス問題の背景には、住宅の省エネルギー化により高気密・高断熱化が進んだことやエアコンの使用による換気量の減少が挙げら

れる。そのため、室内で発生した化学物質は長時間滞留することになり、結果として居住者は長時間化学物質に曝露される。

室内で化学物質発生源となりうるものは、内装に使用されている建材、家具、家電製品、燃焼器具といった居住者が持ち込む様々な日用品である。その中でフローリングは室内の使用面積が大きく、また表面塗装処理のものが多いため、化学物質発生量も比較的大きいと考えられている。そのため様々な研究が行われており、フローリングからの化学物質発生に関する定量的資料の収集が急務とされている。

表-1 各省庁の室内環境への取り組み

省庁名	取り組み内容
厚生労働省	・汚染化学物質の室内濃度に関する指針値の策定
	・室内汚染化学物質の採取、測定法の検討
	・室内空気汚染に関するガイドラインの作成
	・化学物質過敏症対策
国土交通省	・建築基準法改正による建材の使用規制と換気の義務付け
	・住宅性能表示制度(品確法)における表示対象の拡充
	・「化学物質による健康影響の低減対策についての設計施工ガイドライン、ユーザーズマニュアル」の充実強化
農林水産省	・日本農林規格(JAS)表示の普及定着の促進
	・合板等の低ホルムアルデヒド化、非放散化の促進、支援
文部科学省	・学校における化学物質の濃度等実態調査
	・「学校環境衛生の基準」空気清浄度規定作成
経済産業省	・室内汚染化学物質測定方法のJIS原案作成
	・ISOにおける規格化の動向、主要先進国での室内汚染化学測定法の調査

表-2 木質系フローリングの JIS/JAS 新旧規格¹³⁾

旧規格				新規格				放散速度 ($\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$)
JAS規格			JIS規格		JAS・JIS共通			
記号	放散量の基準値(mg/L)		記号	基準値 (mg/L)	記号	放散量の基準値(mg/L)		
	平均値	最大値				平均値	最大値	
-	-	-	-	-	F☆☆☆☆	0.3以下	0.4以下	5以下
Fc0	0.5以下	0.7以下	E0	0.5以下	F☆☆☆	0.5以下	0.7以下	20以下
Fc1	1.5以下	2.1以下	E1	1.5以下	F☆☆	1.5以下	2.1以下	120以下
Fc2	5.0以下	7.0以下	E2	5以下	F☆	5.0以下	7.0以下	-

2. 既往の研究

フローリングや塗料による室内空気環境汚染に関する研究は、多数行われており、様々な知見が報告されている。

①野崎淳夫、折笠智昭、大澤元毅、坊垣和明：フローリング、自然塗料からの VOC の発生について、室内空気環境とその快適性に関する研究(その 17)、第 10 回大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp.44~45、2003 年 11 月

化学物質発生量が小さいと考えられている無垢フローリング建材、自然塗料からの VOC 発生について定量的に明らかにしている。無垢フローリング建材については、未塗装より塗装済フローリング建材の方が放散速度が大きいことを報告している。

未塗装フローリングから検出された VOC 成分は主にエタノール、アセトンなどが比較的大きな値を示した。未塗装の無垢フローリングであるにも関わらず、溶剤系の化学物質の発生が確認された原因として、ジョイント部分に使用されている接着剤からの発生や建材の乾燥過程と保管過程での同物質の建材による吸収が考えられると報告している。塗装済無垢フローリングから検出された VOC 成分は、主に塗料由来と考えられる酢酸エチルや酢酸ブチルの発生が多いことが確認された。

自然塗料に関しては、主成分が自然素材であるため溶剤系の化学物質発生は小さいと予想されたが、一部の検体で多量の溶剤系化学物質の発生が確認された。

②野崎淳夫、浦山尚子、坊垣和明、大澤元毅：室内空気環境とその快適性に関する研究(その 17)、第 10 回大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp.46~47、2003 年 11

月

封止系塗料を合板に塗装し、国土交通省シックハウス総プロ委員会による小型チェンバーを用いた吸着分解効果の標準試験法(案)に準拠して、封止系塗料の化学物質抑制効果を求めている。

ホルムアルデヒドは、封止系塗料の塗布によって、77.4~99.3[%]の高い抑制効果が認められた。しかし、VOC に関してはホルムアルデヒドの発生抑制と同等の効果を示したものもあるが、ほとんど効果がないものも存在した。また、測定対象とした全ての検体からアセトアルデヒド、エタノール、トルエンの放散が確認されたことを報告している。

③野崎淳夫、鈴木奈々：自然塗料および接着剤からの VOC 発生、室内空気環境とその快適性に関する研究(その 6)、大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp.58~59、2002 年 11 月

自然塗料及び天然接着剤と従来型の塗料及び接着剤について、化学物質発生量の比較をしている。測定の結果、従来品より自然素材を使用している自然塗料及び天然接着剤の化学物質発生が小さいことが明らかになった。しかし、一部の自然塗料及び天然接着剤からは溶剤系化学物質の発生が確認された。室内濃度低減化のためには、塗料及び接着剤の選定がポイントになると報告している。

④上平崇弘、本橋健司、今井誠弘：低 VOC 型塗料~低 VOC 型塗料からの化学物質の放散挙動~、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、pp.657~658、2003 年 9 月

上平らは、低 VOC 型塗料からの化学物質放散量を求めている。低 VOC 型塗料とは、樹脂自体に増膜寄与成分や凍結安定成分を持つため、溶剤成分を添加せずに一般の塗料と

同様に塗膜を形成することが可能な環境対応型塗料である。

各種性能について検討した結果、一般的に化学物質放散量が小さいと言われている内装水性エマルジョン塗料と同等の品質を維持していたことを報告している。また、一般水性エマルジョン樹脂塗料と比較して、VOCの発生が非常に微小であることを明らかにしている。

⑤市原英樹、庄司研、洞田浩文、樋渡潔、深尾仁：フローリングより発生する HCHO と VOC の濃度およびその減衰の研究(その 1) 各種フローリングの比較、日本建築学会大会学術講演梗概集(東北)、pp.837～838、2000年9月

フローリング材より発生する VOC、HCHO の濃度及びその経時変化を 20L 小型チェンバーを用いて明らかにしている。実験条件は、温度 25 ± 2 [°C]、湿度 50 ± 2 [%]、換気回数 0.5[回/h]に設定している。

測定の結果、合板のフローリング(A)から放散する HCHO 放散量は、実験開始 1 日目で 0.06[ppm]であったが、28 日目では 0.03[ppm]程度まで低下している。MDF フローリング(B)から放散する HCHO については、1 日目でも 14 日目でも 0.08[ppm]と高い濃度を維持している。これらの差は、使用した基材が影響しているものと考えられている。無垢(なら)フローリング(C)は 1 日目で 0.02[ppm]以下と非常に低い濃度となっている。

フローリング(A)の VOC 放散量は 14 日目で $500[\mu \text{g}/\text{m}^3]$ と一番多く、フローリング(B)が $248[\mu \text{g}/\text{m}^3]$ 、フローリング(C)が $76[\mu \text{g}/\text{m}^3]$ の順で放散量が減少したことを報告している。同時に、フローリングからの VOC の放散は、溶剤系化学物質が主要成分となっていることから、表面の塗装の仕様が大きく影響していることを明らかにしている。

⑥市原真希、市原英樹他：チェンバー実験における各種建材の温度別放散量の研究(その 2)TVOC 発生、日本建築学会大会学術講演梗概集(北陸)、pp.871～872、2002年8月

建材から放散する温度別の TVOC 放散量

を 20L 小型チェンバーを用いて明らかにしている。各フローリングの放散速度は合板で $5 \sim 1222[\mu \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ 、無垢材で $8 \sim 1505[\mu \text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ となった。

各フローリングの放散傾向は、合板や無垢材などフローリングの種類によって大きな差があり、無垢材でも放散量が大きい建材や合板でも放散量が小さい建材があることが明らかになった。原因として、表面に施した塗料や突き板の接着剤が放散量に影響していると報告している。また、温度の上昇に伴って VOC 放散量は増加の傾向を示した。

3. 目的

建築基準法が改正され、木質系フローリングにおいても化学物質発生量の基準が示された。その内容は合板と複合フローリングからの化学物質発生への対策が主題となっている。

一般的に、無垢材を用いた建材は化学物質の放散は少ないと認識されているが、必ずしも一致しないことが既往の研究²⁾により明らかとなっている。これらのことから、無垢材フローリングにおいても合板や複合フローリングと同様の対策が求められている。

そこで、本研究では低減対策品として自然塗料や封止系塗料又は天然型ワックスを選定し、これらを実際に塗布した無垢材フローリング及び現場施工材からの化学物質放散量を明らかにし、VOC 低発生量の建材開発に資する基礎的研究を行うものである。

B. 研究方法

1. 概要

(1) 測定対象物質

WHO(世界保健機構)では、室内空気中の有機性化学物質を沸点によって分類している。ホルムアルデヒド・アセトアルデヒド等は超揮発性有機化合物(VVOC)、トルエン・キシレン等は揮発性有機化合物(VOC)、フタル酸エステル・リン酸エステル等は半揮発性有機化合物(SVOC)、クロルピリホス等は粒子状物質(POM)に分類される。本研究では、VOC 及びアルデヒド類を測定対象とした。また、VOC は脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素、ハロゲン化

炭化水素、テルペン、エステル、ケトン、アルデヒド、アルコールに大別される。表-3に測定対象とした VOC を示す。

表-3 測定対象とした VOC

分類	VOC
脂肪族炭化水素	n-ヘキサン、2,4-ジメチルペンタン、2,2,4-トリメチルペンタン、n-ヘプタン、n-オクタン、n-ノナン、n-デカン、n-ウンデカン、n-ドデカン、n-トリデカン、n-テトラデカン、n-ペンタデカン、n-ヘキサデカン
芳香族炭化水素	ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、m,p-キシレン、スチレン、o-キシレン、m,p-エチルトルエン、1,3,5-トリメチルベンゼン、o-エチルトルエン、1,2,4-トリメチルベンゼン、1,2,3-トリメチルベンゼン、1,2,4,5-テトラメチルベンゼン
ハロゲン化炭化水素	ジクロロメタン、クロロホルム、1,2-ジクロロエタン、1,1,1-トリクロロエタン、四塩化炭素、1,2-ジクロロプロパン、ブromジクロロメタン、トリクロロエチレン、ジブromクロロメタン、テトラクロロエチレン、p-ジクロロベンゼン
テルペン	α -ピネン、 β -ピネン、リモネン
エステル	酢酸エチル、酢酸ブチル
ケトン	アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン
アルデヒド	ノナール、デカール
アルコール	エタノール、2-プロパノール、ブタノール

(2) 実験室概要

本研究で用いた実験システムを図-1に示す。東北文化学園大学空気環境実験室内に、ステンレス製の小型環境制御チェンバー(気積：

0.065m³)を設置した。尚、実験条件としてチェンバー内の温度 28±1[°C]、湿度 50±5[%]、換気回数 0.5±0.05[回/h]、気流 0.2~0.3[m/s]に設定した。

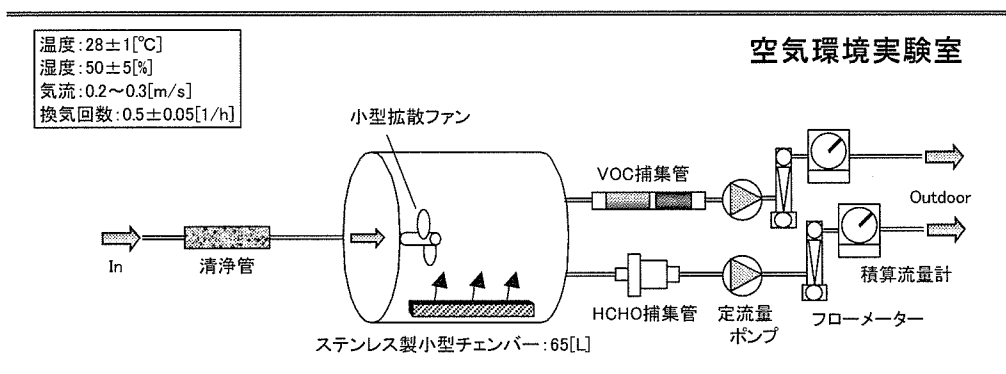


図-1 実験システムの概要

(3) 実験装置及び測定機器の概要

(a) 捕集装置

捕集には以下の装置を用いた。

- ・定流量ポンプ【Sibata社製、Model:MP Σ-30】(写真-1参照)
- ・積算流量計【Shinagawa社製、Model:DC-1A】(写真-2参照)

- ・VOC捕集管【SUPELCO社製、Air-toxics】(写真-3参照)
- ・アルデヒド類捕集管【Waters社製、Model:Sep-Pak Xposure、捕集剤：DNPH(2,4-ジニトロフェニルヒドラジン)シリカ】(写真-4参照)

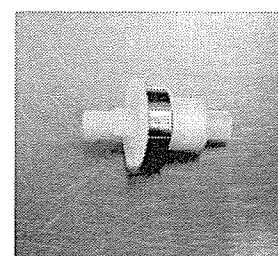
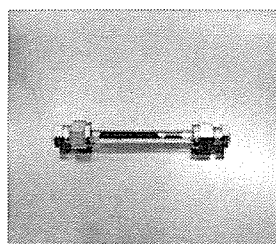
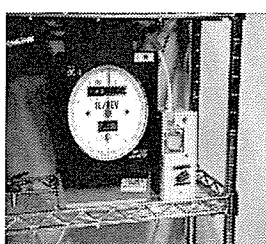
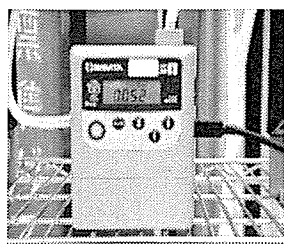


写真-1 定流量ポンプ

写真-2 積算流量計

写真-3 VOC 捕集管

写真-4 アルデヒド類捕集管

(b) 分析装置

分析には以下の装置を用いた。

- ・加熱導入装置【PERKIN ELMER 社製、Turbo Matrix ATD】(写真-5 参照)
- ・GC/MS【PERKIN ELMER 社製、Turbo Mass Gold】(写真-5 参照)
- ・高速液体クロマトグラフ(HPLC)【日立社製、Model:L-7000】(写真-6 参照)

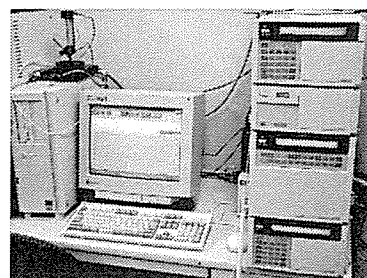


写真-6 HPLC

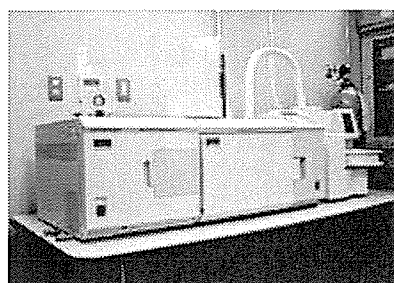


写真-5 GC/MS

(4) 捕集・分析方法

(a) VOC(固体吸着-加熱脱着-GC/MS 法)

VOC 捕集管を用いて、チェンバー内空気を 0.05[L/min]の流量で 30[min]採取し、これを分析試料とした。捕集した VOC は加熱導入装置を用いて GC/MS に導入し、定性・定量分析を行った。GC/MS の分析条件について表-4 に示す。

表-4 GC/MS の分析条件

加熱導入装置	Turbo matrix ATD
GC/MS	Turbo mass gold
加熱前パージ時間	1[min]
チューブ	加熱温度: 300[度]、加熱時間: 10[min]
加熱バルブ温度	280[°C]
トランスファー温度	290[°C]
トラップ	捕集温度: 10[°C]、加熱温度: 350[°C]、加熱保持時間: 30[min]
キャリアガス流量	17[psi]
脱着流量	30[ml/min]
スプリット流量	Inlet: 15[ml/min]、Outlet: 10[ml/min]
カラム	SPB-1、内径: 0.25[mm]、膜厚: 1[μm]、長さ: 60[m]
カラム昇温	50~300[°C]
インターフェース温度	270[°C]
イオン源温度	250[°C]
スキャンモード	m/z 40~250

(b) アルデヒド類(固相捕集-溶媒抽出-HPLC 法)

DNPH カートリッジに、試料空気を 0.5[L/min]の流量にて 60[min]採取し、分析

試料とした。捕集された試料をアセトニトリル 5[mL]で抽出した。(溶出速度 1[mL/min])。この分析試料溶液を HPLC に導入し、定性・定量分析を行った。

2. 塗料・ワックス

(1) 自然塗料

(a) 試験体の作成

表-5に測定対象とした自然塗料の概要を、写真-7に塗布剤の一例を示す。また、各塗布剤の主要成分の解説及び使用目的を表-9に示す。

本研究では、表-5に示した塗布剤を無垢フローリングに刷毛で均一に塗布したもの

(写真-8参照)を試験片(NP(A、B))とした。概要を表-6に示す。無垢フローリングは、住宅のフローリングに使用される頻度が高い桧を使用した。

尚、試験片の作成方法については、無垢フローリング(340[mm]×210[mm])に表-5に示した塗布剤を各施工マニュアルに従い、温度 $20\pm 1[^\circ\text{C}]$ 、湿度 $45\pm 5[\%]$ の環境条件下で作成した。

表-5 自然塗料の概要

塗布剤	種類	主要成分	乾燥時間
塗料A	天然油性塗料	アマニオイル・アマニウッドスタンドオイル、オレンジピールオイル、珪酸、無鉛乾燥剤	・約12h(約気温:23°C、 相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h
塗料B		シトラール、亜麻仁油、キリ油スタンド油、カルナバ蠟、蜜蠟、ダンマル樹脂、コロホニウムエステル	・約10h(約気温:23°C、 相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h

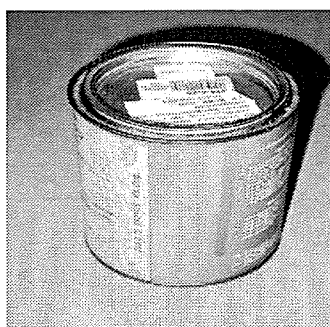


写真-7 塗布剤(自然塗料)の一例

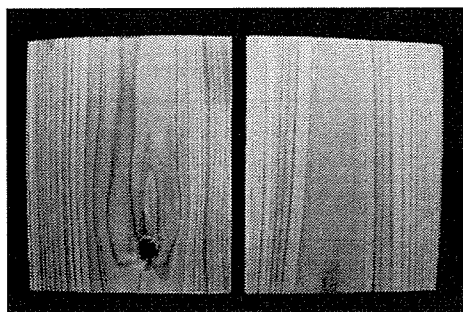


写真-8 塗装済フローリング

- (i)チェンバー内を十分に洗浄した後、換気を行う。
- (ii)チェンバー内にある一定の環境条件を構築する。(温度 $28\pm 1[^\circ\text{C}]$ 、湿度 $50\pm 5[\%]$ 、換気回数 $0.5\pm 0.05[\text{回}/\text{h}]$ 、気流 $0.2\sim 0.3[\text{m}/\text{s}]$)
- (iii)無垢フローリングに塗料を塗布してから、3日間乾燥させた後、チェンバー内に設置する。
- (iv)チェンバー内設置1日後、3日後、7日後の試料空気を捕集する。これを分析試料とする。

$$EF = \frac{Q(C - C_0)}{A} \quad (1)$$

ここで EF: 放散速度 $[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$

C:チェンバー内濃度 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

C0:供給空気の濃度 $[\mu\text{g}/\text{m}^3]$

Q:換気量 $[\text{m}^3/\text{h}]$

A:試料表面積 $[\text{m}^2]$ とする。

表-6 試験片の概要

試験片	木材種	処理方法
NP(A)	桧	塗料A:2回塗り
NP(B)		塗料B:2回塗り

(b) 実験手順

本実験は、以下の手順にて行った。

(2) 天然型ワックス

(a) 試験体の作成

表-7に測定対象とした天然型ワックスの概要を、写真-9に塗布剤の一例を示す。また、各塗布剤の主要成分の解説及び使用目的を表-9に示す。

本研究では、表-7に示した塗布剤を無垢フローリングに刷毛で均一に塗布したもの(写真-10参照)及び未塗装の無垢フローリング(写真-11参照)を試験片(NP(C~F))とした。その概要を表-8に示す。

試験片の作成方法については、自然塗料①の(a)と同様の方法にて行った。

(b) 実験手順

本実験は、以下の手順にて行った。

(i)チェンバー内を十分に洗浄した後、換気を行う。

(ii)チェンバー内にある一定の環境条件を構

築する。(温度 $28 \pm 1[^\circ\text{C}]$ 、湿度 $50 \pm 5[\%]$ 、換気回数 $0.5 \pm 0.05[\text{回}/\text{h}]$ 、気流 $0.2 \sim 0.3[\text{m}/\text{s}]$)

(iii)無垢フローリングにワックスを塗布してから、3日間乾燥させた後、チェンバー内に設置する。

(iv)チェンバー内設置1日後、3日後、7日後の試料空気を捕集する。これを分析試料とする。

(c) 放散速度の算出

試験片からの放散速度 $EF[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ は(1)式を用いて求めた。

表-7 自然塗料の概要

塗布剤	種類	主要成分	乾燥時間
ワックスC	天然ワックス	蜜蝋、カルナバ蝋、芳香テレピン油、柑橘類の皮から抽出した精油、ポイル亜麻仁油	・約24h(約気温:23°C、 相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h
ワックスD		木蝋、カルナウバロウ、キャラデリラロウ、精製亜麻仁油、米ぬか抽出物	・約24h(約気温:23°C、 相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h
ワックスE		荏油から取り出した植ロウ、アルファ-リノレン酸	・約24h(約気温:23°C、 相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h



写真-9 塗布剤(天然型ワックス)の一例

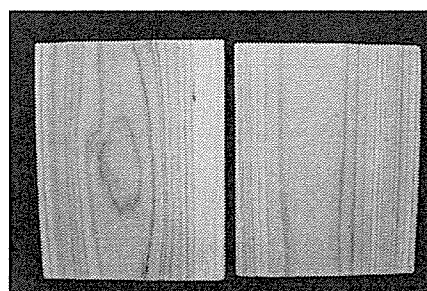


写真-10 塗装済フローリング

表-8 試験片の概要

試験片	木材種	処理方法
NP (C)	桧	ワックスC:2回塗り
NP (D)		ワックスD:2回塗り
NP (E)		ワックスE:2回塗り
NP (F)		未塗装

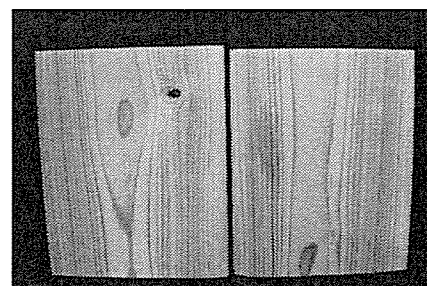


写真-11 未塗装フローリング

表-9 主要成分の解説及び使用目的

成分	解説	目的
亜麻仁油(アマニオイル)	亜麻の種子から得られる黄土の乾性油、カナダ産が多い	有機栽培、バインダー
亜麻	一年草、初夏に咲く花は青又は白で五弁莖。殻は繊維を取り種子は亜麻仁油	
亜麻仁油スタンド油(アマニウッドスタンドオイル)	亜麻仁油を加工した油	増粘剤
アルファリノレン酸	エゴマ油や青魚から出る油に多く含まれ、頭を良くするといわれている、DHA(ドコサヘキサン)へ体内で変化する	
インファリアーテ(炭化水素)	野菜洗浄、果物野菜のコーティング、ワインやビネガーの製造等に使用される安全なもの	自然溶剤
オクテン酸ジルコニウム	植物油の乾燥時間を短縮するもの	乾燥時間の短縮
オレンジピールオイル	オレンジの皮の自然油分	増粘剤
カルナバ蠟	ブラジル産のショロの葉から採る(パーム樹)	はっ水性ワックス
キャンデリラ蠟	メキシコ北西部など半乾燥地域に生育する植物、キャンデリラの茎から得られた植物性の蠟で、わずかに樹脂様の臭いがある	艶出し剤
キリ油スタンド油	支那きり油、日本きり油などから搾油。酸化重合反応が極めて早い。スタンド油=重合油	ワニスバインダー乾燥剤
珪砂	珪酸分の多い石英の砂のこと	抗菌・防ばい
珪酸	シリカゲルなどの除湿剤の原材料として知られる、極めて吸湿性が高い成分。カリウムと結びつくと珪酸カリウムとなり、強い保水力を持つ	艶出し剤
コバルト(無鉛)	乾燥剤	乾燥剤
コロホニウム	生松脂を精製するマツの根株などから抽出する。(芳香テレピン油の代替)	粘着性の強い塗料樹脂
コロホニウムグリセリンエステル	粘性、甘味がある無色の液体、油脂などグリセリドの形で動植物体に広く存在(植物性グリセリンエステル)	耐候性と弾性の付与
シトラール	オレンジジュース製造時の副産物。テルペンを少なくし残留農薬なし	テルペンを少なくした溶剤
ジルコニウム乾燥剤	光沢のある金属で、耐食性が強い	樹脂
ダンマル樹脂	スマトラ産フタバガキから採取した樹脂	樹脂
ヒマシ油スタンド油	ヒマという植物から採取される油	乾燥剤、バインダー
ボイル亜麻仁油	亜麻仁油を空気中で加熱重合し、乾燥を速くしたもので、亜麻仁油より粘度が高い	有機栽培、バインダー
芳香テレピン油	生松脂から蒸留した精油	下地のクリーニング
マイクロワックス	純粋蜂蜜、クエン酸、しょ糖と水分で構成されている	艶出し剤
蜜蠟	ハチの分泌物で作られた巣を加熱、圧搾して採取(ミツバチの腹部8カ所の蠟分泌線より出た物) [セロチン酸、バルミチン酸、ミリシルとの混合物]	艶出し剤
無鉛乾燥剤	鉛なし乾燥剤	塗装時の乾燥を促進させる
木蠟	ハゼの実を粉碎加熱し、強く圧搾して採取	艶出し剤

3. 封止系塗料

(1) 試験体の作成

表-10に測定対象とした塗料の概要を、また塗布剤の一例を写真-12、13に示す。

表-10に示した塗布剤を無垢フローリングに刷毛で均一に塗布したもの(写真-14~16参照)を試験片(NP(C~E))とし、その概要を

表-11に示す。尚、無垢フローリングはナラを使用した。

試験片の作成方法については、無垢フローリング(310[mm]×110[mm])に表-10に示した塗布剤を各施工マニュアルに従い、温度 20±1[°C]、湿度 45±5[%]の環境条件下で作成した。

表-10 封止系塗料の概要

塗布剤	塗膜成分による分類	主要成分	乾燥時間
塗料a	セラック	セラック からまつ樹脂 エチルアルコール	・約20min(約気温:23°C、相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h
塗料b	エマルジョン	アクリルエマルジョン 水	・接触可能時間:約20min(約気温:23°C、相対湿度:50%) ・重ね塗り:約2h
塗料c		アクリルエマルジョン 水 テキサノール	・約2h(約気温:23°C、相対湿度:50%) ・重ね塗り:約4h

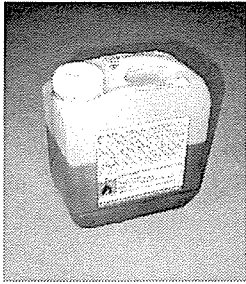


写真-12 塗布剤
（セラック）

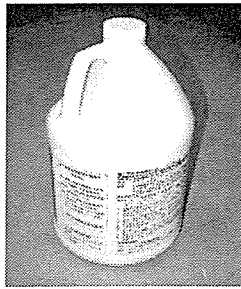


写真-13 塗布剤（エ
マルジョン）の一例

表-11 試験片の概要

試験片	木材種	処理方法
NP (a)	ナラ	塗料a:2回塗り
NP (b)		塗料a+塗料b:2回塗り
NP (c)		塗料a+塗料b+塗料c:2回塗り

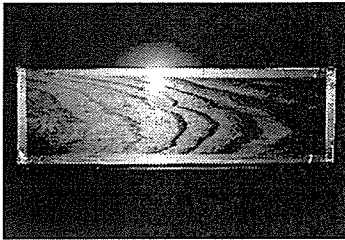


写真-14 塗料aを塗
布したフローリング

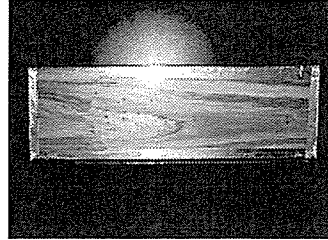


写真-15 塗料a・b
を塗布したフローリン

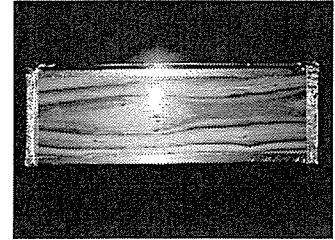


写真-16 塗料a・b・c
を塗布したフローリング

①セラック

セラックとは、ラック虫(Taccardia Lacca)が、ある種の植物に寄生して出した分泌物の塊を採取、精製した樹脂状の物質である。天然成分であることから安全性が高いため、医薬品(錠剤)や食品、果実などのコーティング剤として利用されている。エチルアルコールに溶解、セラックニスの塗膜形成要素として用いられている。

セラックを含有する塗料は、安価で乾きが速く不粘着という利点があるが、耐アルコール性には劣る。塗膜は、揮発乾燥により形成される(表-12参照)。

②エマルジョン

エマルジョンとは、樹脂などを水中に乳化して作った液状物をビヒクルとして用いて人工的に造られたものである。様々な試験により安全性が確認されたものについては、食品や化粧品、医薬品などに利用されている。

エマルジョンを含有する塗料は、水や湿気に強い、塗り肌がよく汚れにくいという利点がある。塗膜は、融着乾燥により形成される(表-12参照)。

表-12 塗料の乾燥機構

乾燥の種類	乾燥の機構	塗料の例	乾燥時間
揮発乾燥	塗膜中の溶剤や水分が蒸発後、塗膜が硬化する	セラックニス ラッカー アクリルラッカー 塩化ビニル樹脂塗料	1~2時間
融着乾燥	溶剤や水分が蒸発すると、分解していた樹脂粒子が接触・融着して連続塗膜となる	酢ビエマルジョン塗料 アクリルエマルジョン塗料 NAD(非水分散形)塗料	1~3時間

(2) 実験手順

本実験では、以下の手順にて行った、各試験片についてVOCの発生を測定した。

①チェンバー内を十分に洗浄した後、換気を行う。

②チェンバー内にある一定の環境条件を構築

する。(温度 28 ± 1 [°C]、湿度 50 ± 5 [%]、換気回数 0.5 ± 0.05 [回/h]、気流 $0.2 \sim 0.3$ [m/s])
 ③無垢フローリングに塗料を塗布してから、3日間乾燥させた後、チェンバー内に設置する。
 ④試料空気の捕集を行い、これを分析試料とする。

(3) 放散速度の算出

試験片からの放散速度 $EF[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ は(1)

式を用いて求めた。

(4) 封止系塗料の化学物質低減効果

VOC測定濃度を(1)式に代入し、試験体からの放散速度を求めた。

封止系塗料の化学物質発生抑制原理を図-2に示す。

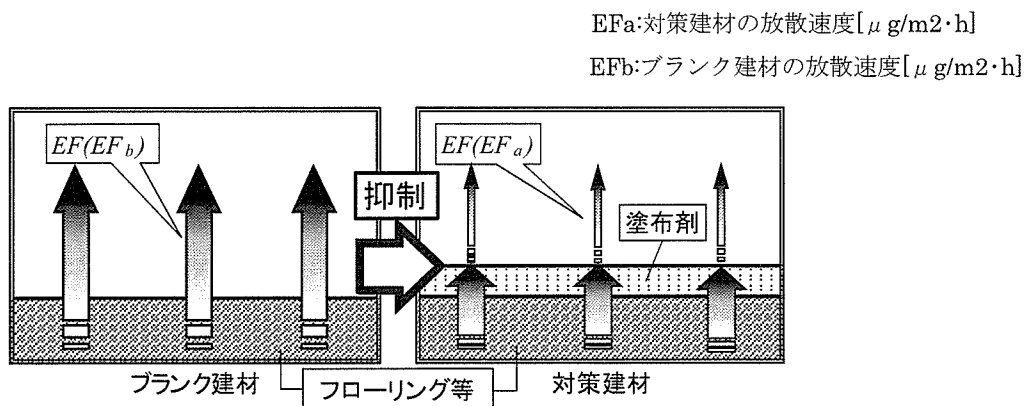


図-2 化学物質発生の抑制原理

① エタノールの低減効果

塗料やワックスには、流動性を与え塗りやすくするために、溶剤としてトルエンやキシレン等が使われてきた。しかし、トルエンやキシレンは厚生労働省が室内濃度指針値を定めた13物質の該当物質であるため、最近では代替物質としてエタノールが使用される傾向にある。

エタノールの物理的性質を表-13に、エタノールの曝露形態別の症状等を表-14に、

またエタノールの経気道摂取による曝露影響を表-15に示す。

エタノールは、常温で無色透明な液体で、化粧水や酒類に使用されている成分のため、経口摂取に関しては人体に安全であると考えられている。しかし、大量に気道摂取すると、吐き気や嘔吐、昏睡、頭痛などの原因となるため、居住環境に与える影響は軽視できない物質である。

表-13 エタノール物理的性質

・沸点: 79°C	・ 20°C での蒸気/空気混合気体の 相対密度(空気=1): 1.04
・融点: -117°C	・引火点: $13^{\circ}\text{C}(\text{C.C})$
・比重(水=1): 0.8	・発火温度 363°C
・水への溶解性: 混和する	・爆発限界: 3.3~19vol%(空气中)
・蒸気圧: $5.8\text{kPa}(20^{\circ}\text{C})$	・log Pow(オクタノール/水分係数): -0.32
・相当蒸気密度(空気=1): 1.6	

表-14 エタノールの曝露形態別の症状等

身体への曝露	急性症状	予防	応急処置
吸入	咳、頭痛、疲労感、嗜眠※	換気、局所排気、または呼吸用保護具	新鮮な空気、安静
皮膚	皮膚の乾燥	保護手袋	汚染された衣服を脱がせる。洗い流してから水と石鹼で皮膚を洗浄する
眼	発赤、痛み、灼熱感	安全ゴーグル	数分間多量の水で洗い流す
経口摂取	灼熱感、頭痛、錯乱、めまい、意識喪失	作業中は飲食、喫煙をしない	口をすすぎ、医療機関に連絡する

※嗜眠(しみん):意識障害の一種で強い刺激を与えなければ目覚めない状態

表-15 エタノールの経気道摂取による曝露影響

短期曝露の影響	眼への刺激や高濃度の蒸気を吸入すると、眼や気道の刺激を引き起こす中枢神経系に影響を与えることがある
長期または反復曝露の影響	上気道、中枢神経系に影響を与え、刺激、頭痛、疲労感、集中力欠如を生じる
吸入の危険性	20°Cで気化すると、空気が汚染されてややゆっくりと有害濃度に達する
許容濃度	1000ppm[1880mg/m ³](TWA)A4(ACGIH※ 2001)

※ACGIH:米国産業衛生専門家会議

4. 現場施工材

(1) 腰壁材

① 試験片概要

表-16、写真-17、18に測定対象とした腰壁の概要を示す。

測定対象とした腰壁は、実際の住宅で使用されていたものである。対象建材は、低減対策建材であり、化学物質の発生を抑制する塗料が塗布されているものを使用した。

表-16 測定対象とした腰壁

	試験片	処理状況
腰壁 i	TP(i)	さわら材、封止系塗料
腰壁 ii	TP(ii)	さわら材、シーラー、ラッカー、封止系塗料

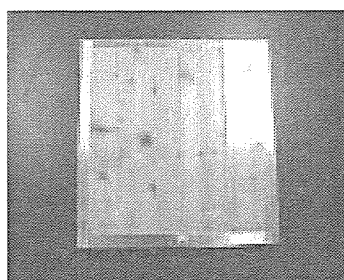


写真-17 腰壁 i

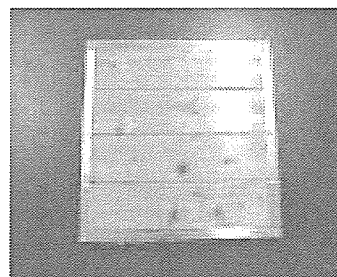


写真-18 腰壁 ii

② 実験手順

本実験では、以下の手順にて行った、

- (a)チェンバー内を十分に洗浄した後、換気を行う。
- (b)チェンバー内にある一定の環境条件を構築する。(温度 28±1[°C]、湿度 50±5[%]、換気回数 0.5±0.05[回/h]、気流 0.2～0.3[m/s])
- (c)チェンバー内に試験片を設置する。
- (d)チェンバー内設置 1 日後、3 日後に表面、裏面及び両面からの試料空气の捕集を行う。これを分析試料とする。

③ 放散速度の算出

試験片からの放散速度 EF[μg/m²・h]は(1)式を用いて求めた。

(2) 床材

① 試験片概要

表-17、写真-21に測定対象としたフローリング建材の概要を示す。

表-17 測定対象としたフローリング

	試験片	木材種	表面塗装
フローリングiii	TP(iii)	ナラ	ウレタン塗装、封止系塗料

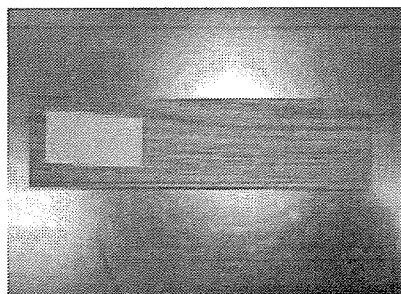


写真-21 フローリングiii

② 実験手順

本実験では、以下の手順により、各試験片について VOC 及びアルデヒド類の発生を測定した。

(a)チェンバー内を十分に洗浄した後、換気を行う。

(b)チェンバー内にある一定の環境条件を構築する。(温度 28 ± 1 [°C]、湿度 50 ± 5 [%]、換気回数 0.5 ± 0.05 [回/h]、気流 $0.2 \sim 0.3$ [m/s])

(c)チェンバー内に試験片を設置する。

(d)1日後、2日後、3日後に表面及び裏面からの試料空気の捕集を行い、これを分析試料とする。

③ 放散速度の算出

試験片からの放散速度 $EF[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ は(1)式を用いて求めた。

C. 研究結果

1. 塗料・ワックスのVOC放散速度

(1) フローリング(未塗装)のVOC放散速度(NP(F))

図-3にVOC放散速度の経時変化を、図-4~6にチェンバー内設置1日後、3日後、7日後におけるVOC成分毎の放散速度を示す。

未塗装であるNP(F)からの1日後、3日後、7日後VOC放散速度は、 $65[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ 前後の値を示した。

検出されたVOC成分は、天然成分であるテルペン類のピネンやリモネン、アルコール類の2-プロパノールであった。

2-プロパノールは、アセトンなど化学物質の製造に利用され、防腐剤として用いられる物質である。そのため、未塗装の無垢フローリングであるにも関わらず検出されたと考えられる。

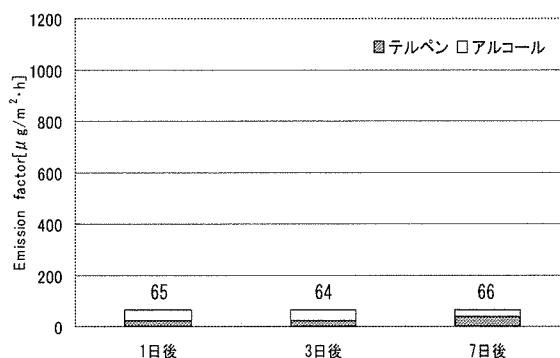


図-3 VOC放散速度の経時変化(NP(F))

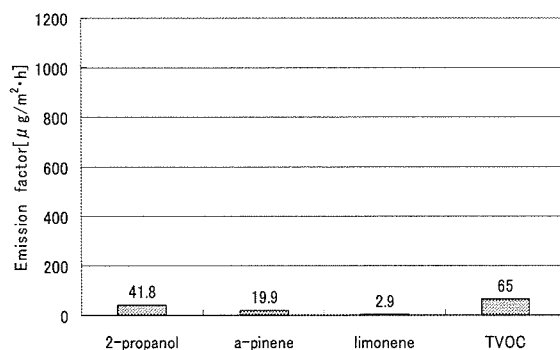


図-4 VOC成分毎の放散速度(NP(F), 1日後)

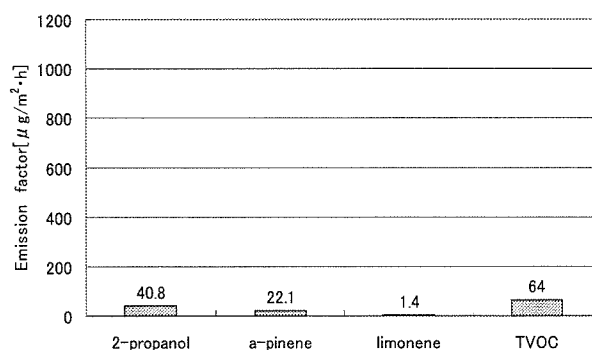


図-5 VOC成分毎の放散速度(NP(F), 3日後)