

エチルベンゼンは、油性塗料や接着剤の溶剤として広く使われており、塗料については、溶剤系塗料である油性塗料、セルロース塗料、合成樹脂塗料の溶剤や希釈剤の成分として挙げられている。

また、脂肪族炭化水素のノナンが、大きな検出頻度を示した。脂肪族炭化水素は、合成樹脂塗料の顔料として使われることが多く、ノナンの発生源は塗料に含まれる顔料であると考えられる。

酢酸ブチルは、合成樹脂塗料(アクリル)の溶剤が発生源と考えられる(図-14)。

## ②自然塗料

自然塗料については、1,2,3-トリメチルベンゼン、ヘプタンの検出頻度が極めて大きかった。また、デカンが検出されている。これは、油性塗料のワニスの溶剤、顔料に芳香族炭化水素系や脂肪族炭化水素系が使われている為であると考えられる。

今回の検出頻度上位には入っていないが、2-ピネンやリモネンも検出されている。これらは、天然油性塗料の溶剤が原因と考えられる。自然塗料からは、エステル類、アルコール類の検出はほとんどみられなかった(図-15)。

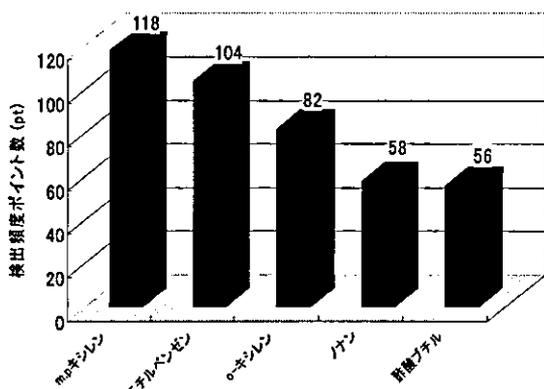


図-14 スプレー式塗料の検出頻度

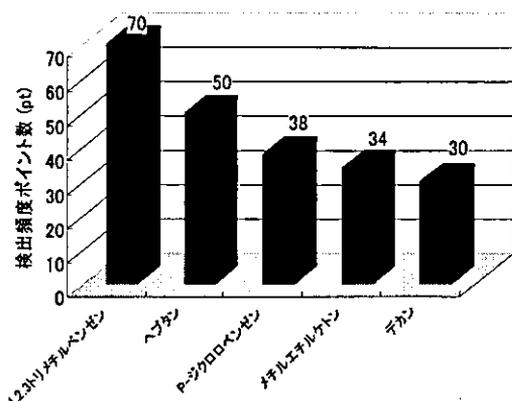


図-15 自然塗料の検出頻度

## (6)天然接着剤

天然接着剤からは、1,2,3-トリメチルベンゼンの検出頻度が大きかった。しかし、建築用接着剤からの発生が大きいとされるトルエン、キシレンの検出は微量であった。

メチルエチルケトン、接着剤の溶剤への利用が主要用途とされているが、天然接着剤では検出が少なかった(図-16)。

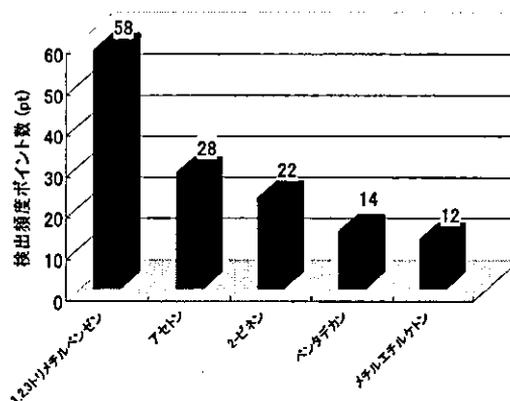


図-16 天然接着剤からの検出頻度

## 2. 発生量・放散速度を基にした有害化学物質検出強度

### (1) 総括的な検出強度

1,2,3-トリメチルベンゼンが検出頻度と同様に一番大きいポイントを示した。これは、自然塗料の多くが10ptを越えていることが影響していると考えられる。2、3位のデカン、ウンデカンはほとんどのケースにおいて検出されている。これらは、自然塗料からの検出強度が最も大きく、開放型燃焼器具(石油)からは機種によって強度が大きいものと小さいもの2通りに分別できる。

厚生労働省が濃度指針値を定めた13物質の対象であるエチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、トルエンの検出強度は、4、6、7、9番目に大きかった。濃度指針値が定められているため、発生量・放散速度が抑えられていると考えられる。しかし、検出強度上位10位中には4物質が挙げられた(図-17)。

これらは主にスプレー式塗料と家具からの影響によるものである。

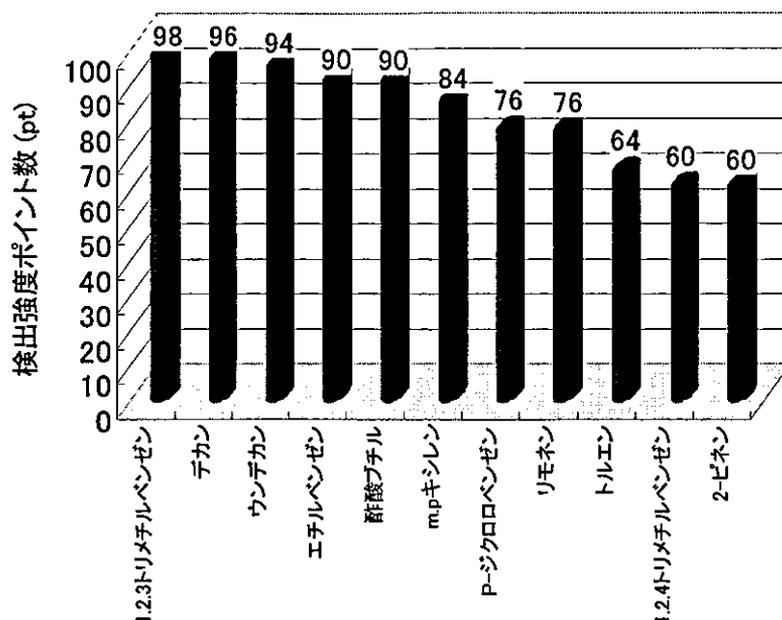


図-17 有害化学物質検出強度

## (2) 家具

### ①一般家具

一般家具の検出強度では、木材由来成分である2-ピネンが大きい。一般家具で10pt(発生量:1500 $\mu$ g/h以上)を得られたのは2-ピネンとエタノールのみであった。

2位以下はエタノール、トルエン、メチルエチルケトン、ヘキサンであった。これらは塗料、接着剤の用材に用いられていることから、使用されていた接着剤と封止系塗料が発生源と考えられる。エタノール以外は、発生量500( $\mu$ g/h)未満で比較的強度は小さかった(図-18)。

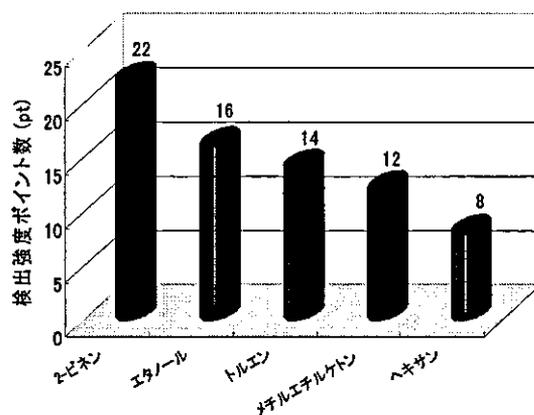


図-18 一般家具の検出強度

### ②住設家具

住設家具からは、スチレンの検出強度が極めて大きかった。手洗器以外の検体からの発生量は約1100( $\mu$ g/h)以上、最大で1734( $\mu$ g/h)であった。キッチン、洗面化粧台、浴槽の共通使用部材は、不飽和ポリエステルである。不飽和ポリエステルの原料としてスチレンが使用されることから、発生源は不飽和ポリエステルと考えられる。

2位以下の検出強度は、スチレンと比較すると強度が小さい。しかし、トルエンは厚生労働省が濃度指針値を定めた13物質に含まれている物質であり、浴槽以外の全ての家具から検出された。これらの家具が同一の部屋に設置された場合、指針値を超過する程の大きな強度となる。

検出強度としては、エチルメチルケトンは上位に入らなかった(図-19)。

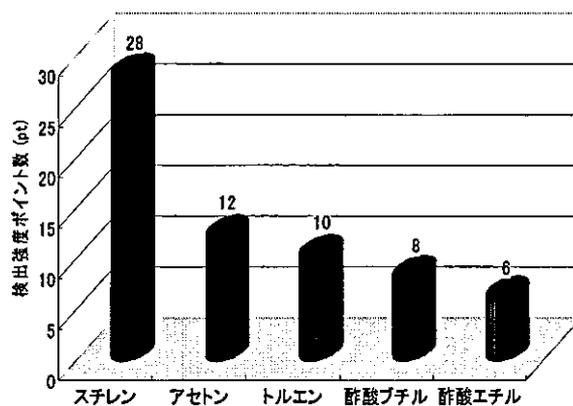


図-19 住設家具の検出強度

## (3) 衣類

### ①洗淨済み衣料

洗淨済み衣料は、1位のウンデカンが6ptで、検出強度は非常に小さい。TVOCの発生量平均値

は100 ( $\mu\text{g/h}$ ) 未満である。検出強度上位5物質は、全て脂肪族炭化水素であった(図-20)。

#### ②未洗浄衣料

図-21に示すように、未洗浄の衣料からの検出強度は全て2ptで、11物質が検出された。未洗浄衣料からの検出頻度は小さい。しかし、微量ながらも検出されており、呼吸域に最も近いところに化学物質発生源が存在することになる。

厚生労働省が濃度指針値を定める13物質の1つトルエンの検出があった。

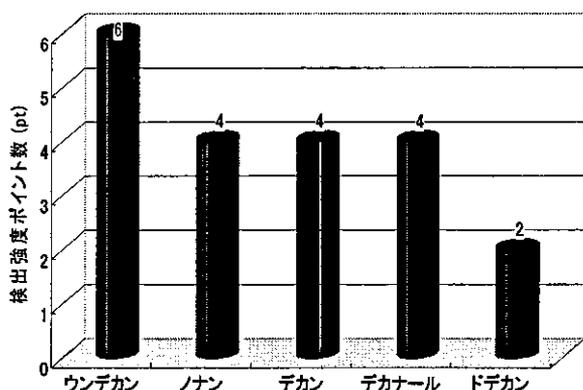


図-20 洗浄済み衣料の検出強度

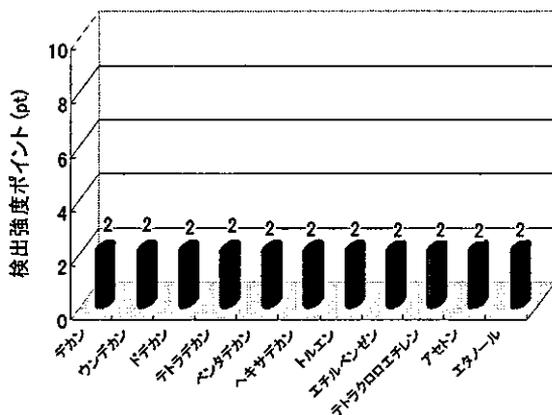


図-21 未洗浄衣料の検出強度

### (4) 開放型燃焼器具

#### ①開放型燃焼器具(石油)

開放型燃焼器具(石油)は、1位リモネンで56pt、2位ウンデカンで52ptと、極めて大きい検出強度を示した。リモネン、ウンデカン、デカンは500( $\mu\text{g/h}$ )以上の発生量がそれぞれの検体から確認された(図-22)。

デカン類のウンデカン、デカン、ドデカンの検出強度がかなり大きい。これらは、石油系化学物質であり灯油成分が発生源であると考えられる。

#### ②開放型燃焼器具(ガス)

開放型燃焼器具(ガス)の検出強度1位は、酢酸ブチルであった。これは、開放型燃焼器具の表面や構成部品の塗装に用いられた塗料などの溶剤が原因と考えられる。アセトンや1,3,5-トリメチルベンゼンも塗料の溶剤に含まれているものと考えられる。P-ジクロロベンゼンは、塗料溶剤に含まれる合成樹脂が原因と考えられる。

開放型燃焼器具ガス式は、石油式に比べて検出強度がかなり弱い。これは、脂肪族炭化水素の石油系成分の発生量が小さかった事が原因であると考えられる(図-23)。

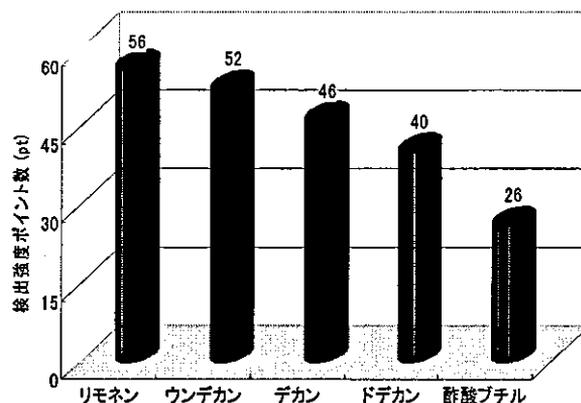


図-22 開放型燃焼器具(石油)の検出強度

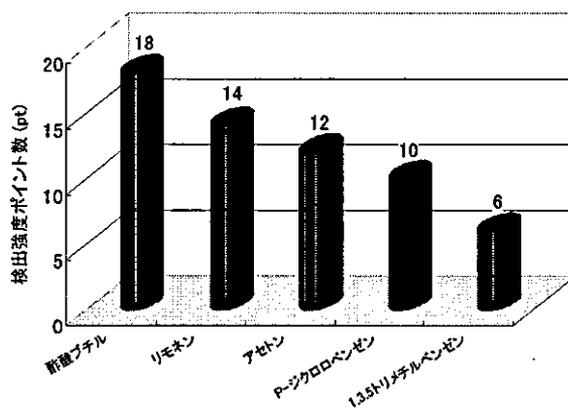


図-23 開放型燃焼器具(ガス)の検出強度

### (5) 塗料

#### ①スプレー式塗料

スプレー式塗料からは、厚生労働省によりキシレン、エチルベンゼンの検出強度が大きかった。これらは、ほぼ全ての検体から検出された。自然塗料等とは異なり、油性塗料、溶剤系塗料の溶剤にキシレンやエチルベンゼンが含まれているためと考えられる。

酢酸ブチルの検出強度が大きいのは、ニトロセルロースラッカーに溶剤として含まれているため

と考えられる。

5番目に発生強度の高いトリクロロエチレンは、工業用溶剤として生ゴムを溶かしたり、染料や塗料を製造する際の溶剤などに用いられることから溶剤が発生源と考えられる。トリクロロエチレンは、3検体から検出されており、共に1500( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ )以上の放散速度を示した(図-24)。

### ②自然塗料

自然塗料からは、1,2,3-トリメチルベンゼンの検出強度が極めて大きい。また4番目には、1,2,3-トリメチルベンゼンと同じくトリメチルベンゼンのメチル置換基をもつベンゼン誘導体の1,2,4-トリメチルベンゼンの検出強度が大きい。これらは、塗料の溶剤や染料合成原料として使用されている物質であり、それらが発生源と考えられる。

スプレー式塗料と比較すると、キシレンやエチルベンゼンの検出強度が小さい。これは溶剤としてトルエンやキシレン、エチルベンゼンの代替物質として、1,2,3-トリメチルベンゼンが用いられたためと考えられる(図-25)。

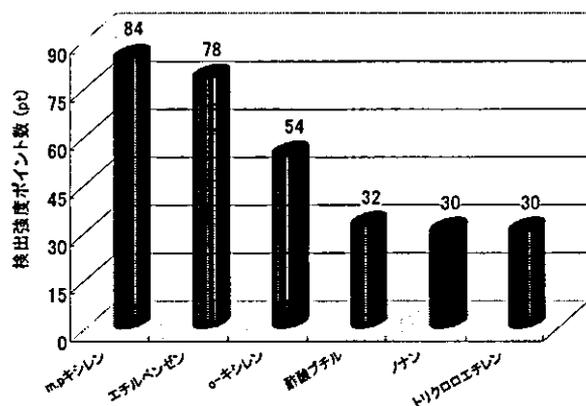


図-24 スプレー式塗料の検出強度

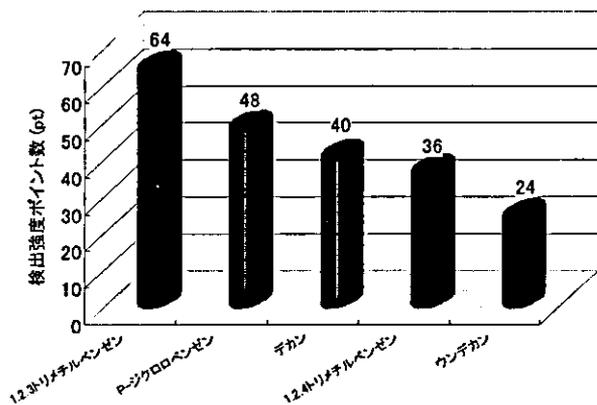


図-25 自然塗料の検出強度

### (6)天然接着剤

天然接着剤からは、1,2,3-トリメチルベンゼンの放散速度が1500( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ )以上を越えた検体が2検体あり、1,2,3-トリメチルベンゼンの検出強度は大きかった。

検出強度は小さかったものの、トルエンやエチルベンゼンの検出もあった。トルエンに関しては、建築用接着剤によく使用されるが、検出強度は小さかった。また、天然成分2-ピネンの検出強度が大きかった(図-26)。

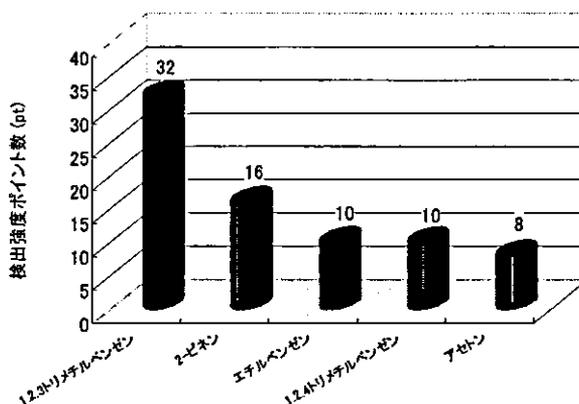


図-26 天然接着剤からの検出強度

## D. 考察

### 1. 日用品からの有害物質検出頻度

検出頻度が大きく上位を占めた1,2,3-トリメチルベンゼン、トルエン、酢酸ブチルは、いずれも塗料や接着剤の溶剤に用いられていることが多い物質であり、一般の生活環境中でもこれらの検出頻度は高いものと考えられる。このことから、人体に健康で安全な塗料や接着剤の開発が急務と考えられる。

開放型燃焼器具からは脂肪族炭化水素のデカン類の検出が顕著であった。このことから、デカン類の検出頻度は、開放型燃焼器具が多く利用される冬季に最大上昇すると考えられる。また、東北地方では、燃焼器具を使用する割合が高いことから、冬季の東北地方ではデカン類の検出が大きくなることが予想される。更に、冬季間は部屋を閉め切った状態が多く、換気量が少なくなるので人体への影響が大きくなることが危惧される。このことは、1999年に厚生労働省より「居住環境中の揮発性有機化合物の全国実態調査」にて調査報告されており、住まい方の諸要因のうち、石油ストーブを利用した室内では、脂肪族炭化水素などの

一部の物質について、他の暖房器具使用の場合に比べて高い値を示したとされている。地域別に行った検討では、北海道・東北地域で脂肪族炭化水素が比較的高い傾向があり、九州地域では全般的に低い傾向があったと報告されている。

衣料品由来の化学物質は、人体からの熱放散により発生量が増大し、呼吸域からの吸入が容易に想像できるものである。今回の衣料からの検出頻度は、デカン類やエタノールが大きかった。エタノールは、アルコール類に属するエチルアルコールである。エチルアルコールは、少量の摂取でも制御力の低下をもたらす可能性があるため、呼吸域付近にある衣料からの化学物質発生について改善が必要であると考えられる。

今回の研究において、厚生労働省が濃度指針値を定めた13物質中で検出頻度が高かったものは、トルエン、エチルベンゼン、キシレンであった。しかし、これらの物質より1,2,3-トリメチルベンゼン、酢酸ブチルが上位を占めていることから、今後、13物質以外の物質についての資料収集も必要と考えられる。

## 2. 発生量・放散速度を基にした有害物質検出強度

総括的な検出頻度と同様に検出強度でも1位を示したのが1,2,3-トリメチルベンゼンである。1,2,3-トリメチルベンゼンは塗料の溶剤として用いられている。一般のスプレー式塗料ではキシレン、トルエン等の厚生労働省指針値が定められた物質の強度が大きい。しかし、自然塗料では指針値の定められていない1,2,3-トリメチルベンゼンの検出頻度が大きく、指針値が定められていないが故に、溶剤に多量に使用されていると考えられる。1,2,3-トリメチルベンゼンは、眼や皮膚、呼吸器に刺激性があるとされている。

住設家具とスプレー式塗料の検出強度の1位がそれぞれスチレン、キシレンであった。これらの発生源と思われる塗料や接着剤の溶剤の改良や開発が急務と考えられる。

洗浄済みの衣料から脂肪族炭化水素のデカン類の検出があったが、ほとんどが100 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ )未満であり、強度としてはかなり小さい。

今回の測定対象の日用品のほとんどにおいて、脂肪族炭化水素のデカン類の検出頻度が大きかった。デカンやウンデカンは特に中毒の心配は無い

が、高濃度、多量摂取で人体への影響があるので、検出強度が大きい場合は注意が必要である。また、指針値が設定されていないため、早急な対策が必要であると考えられる。

今回の研究より、厚生労働省が濃度指針値を定めた13物質の中から検出強度が大きいとして挙げられたのはエチルベンゼン、キシレン、P-ジクロロベンゼン、トルエンであった。しかし、1,2,3-トリメチルベンゼン、デカン、ウンデカンがそれらの物質より上位を占めているので、今後13物質以外の物質についての資料収集も必要と考えられる。

## E. 結論

これまでに当研究室で求められた日用品からの有害化学物質発生量の実験結果を整理し、総括的に日用品からの有害化学物質(VOC)の検出頻度・強度を把握した。

検出頻度、検出強度共に1番大きかったのが1,2,3-トリメチルベンゼンであった。これは、自然塗料と天然接着剤からの発生が大きいことが明らかになった。主な発生源としては塗料や接着剤に含まれる溶剤が考えられる。今回、発生源と考えられる塗料中の有機溶剤は、VOC発生源として特に問題となっているものである。

今回検出された物質の多くは、検体の構成部材などに使用されている接着剤や塗料に含まれる溶剤、顔料、染料が発生源であることが明らかになった。しかし、溶剤系塗料に多く含まれているはずのトルエン、キシレン、エチルベンゼンなどの検出頻度は3、4、5位で小さかった。また、検出強度も小さかった。これは、指針値が制定されたことにより、塗料等への含有率が低下したためと考えられる。

また、脂肪族炭化水素デカン類の検出強度が大きいことがわかった。

特に顕著な発生を示したデカンとウンデカンは、発生量1500 ( $\mu\text{g}/\text{h}$ )を越えた検体が多く、100 ( $\mu\text{g}/\text{h}$ )未満の検体はほとんど見られなかった。今回測定対象とした家具や衣料品、開放型燃焼器具(石油式)、塗料等ほぼ全ての検体から検出されており、頻度、強度共に他の物質と比べ突出している。これらの日用品が同一の空間に存在した場合、高濃度曝露の可能性が考えられる。

今回の研究結果より、日用品からの総括的な検

出強度で上位を占めた物質は、厚生労働省が室内濃度指針値を定めた物質ではなかった。指針値が定められた物質の中で検出されたのは、エチルベンゼン、キシレン、p-ジクロロベンゼン、トルエンの4物質であった。今後、指針値が定められていない物質の検出強度が増す傾向が考えられるので、当該物質についての資料収集の必要性が高まっていくものと考えられる。

#### F. 健康危機情報

日用品から発生する有害化学物質について整理検討を行ったところ、1,2,3-トリメチルベンゼン、酢酸ブチル、デカン、ウンデカン等の厚生労働省が濃度指針値を定めた以外の物質が多く検出されている実態が明らかになった。

これらの物質による室内汚染と曝露影響調査が必要と思われる。

#### G. 研究発表

1)野崎淳夫、安藤正典、長崎衣里、山田慎子:日用品からの有害化学物質検出頻度に関する研究 室内空気環境とその快適性に関する研究(その33)、第11回(社)大気環境学会北海道東北支部学術集会講演要旨集、pp.28-29、2004年11月

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

現時点では、特になし。

#### I. 謝辞

本研究は、厚生科学研究「家庭用品中化学物質のリスク評価に関する総合研究」研究代表者：安藤正典（武蔵野大学教授）により行われた。

また、NPO 法人室内環境技術研究会の協力を

得た。関係各位に深甚なる謝意を表する。

#### J. 参考文献

- 1)野崎淳夫：平成13～15年度厚生労働科学研究費補助金「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」, pp.39～65, pp.100～121, pp.122～149, 2004年3月
- 2)野崎淳夫：平成14年度厚生労働科学研究費補助金「背活用品、対策品からの化学物質の発生と除去特性に関する研究」, pp.45～54, pp.103～137, 2003年3月
- 3)安藤正典：日本薬学会編 住まいと病気－シックハウス症候群・化学物質過敏症を予防する pp.55～63, pp.78～79, 2002年11月
- 4)住環境研究会、美和建築研究会：建築士のためのシックハウス対策の手引き, pp.8～62,
- 5)野崎淳夫、折笠智昭、屋田 聖他：燃焼器具からの窒素酸化物発生に関する研究 室内空気環境とその快適性に関わる研究(その27), 第11回(社)大気環境学会北海道東北支部学術講演要旨集, pp.16～17, 2004年11月
- 6)NPO 法人シックハウス診断協会：シックハウス診断士補受験テキスト, 2004年3月
- 7)財団法人日本規格協会：塗料の選び方、使い方, pp.13～22, 1997年4月
- 8)日本塗料協会：塗料と塗装, pp.1～6, 1997年10月
- 9)外丸 裕：健康的な家に住みたいな, pp.70～110, 2004年8月
- 10)大川 健、石原知久：健康な住まい作りハンドブック, 2001年9月
- 11)環境省 環境保健部 環境安全課：化学ファクトシート 2003年版



ii) 室内空气中化学物質の低減対策の実態に関する研究  
 ①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

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. 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<sup>13)</sup>

旧規格			新規格					
記号	JAS規格		JIS規格		JAS・JIS共通			放散速度 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ )
	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。塗装済み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用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  $25 \pm 2$  [°C]、湿度  $50 \pm 2$  [%]、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多い建材や合板でも放散量が少な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<sup>2)</sup>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、プロモジクロロメタン、トリクロロエチレン、ジプロモクロロメタン、テトラクロロエチレン、p-ジクロロベンゼン
テルペン	$\alpha$ -ピネン、 $\beta$ -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	ノナナール、デカナール
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:0.065m<sup>3</sup>)

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。

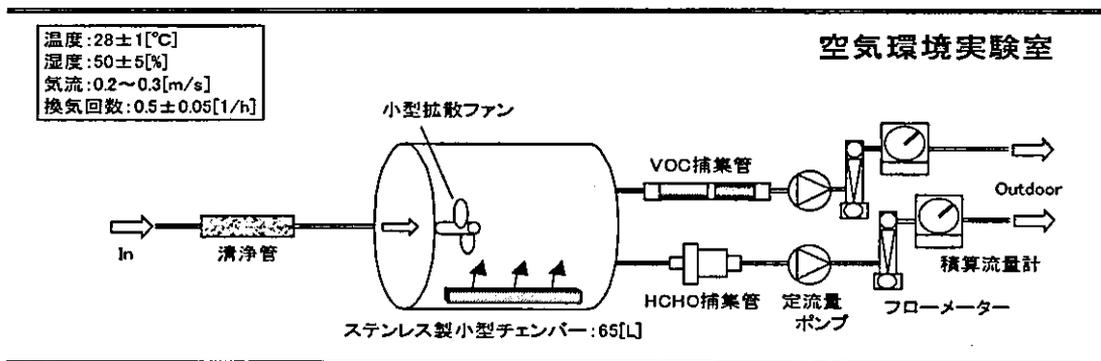


図-1 実験システムの概要

(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)

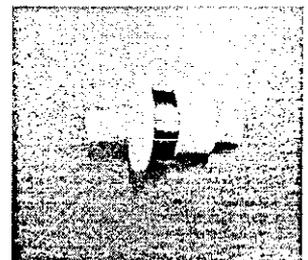
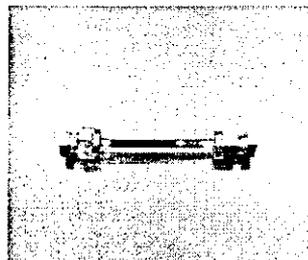
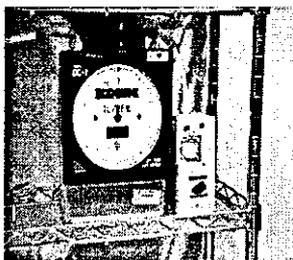
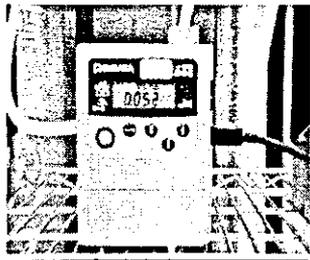


写真-1 定流量ポンプ

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)

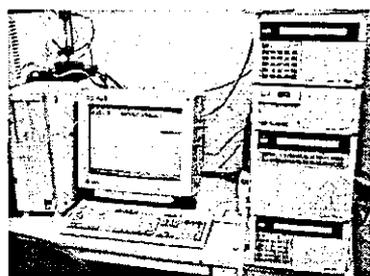


写真-6 HPLC

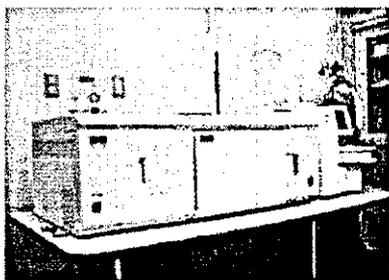


写真-5 GC/MS

(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 ±1[°C]、湿度 45 ±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・アマノ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℃、 相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h
塗料B		シトラル、亜麻仁油、キリ油スタンド油、カルナバ蠟、蜜蝋、ダンマル樹脂、コロホニウムエステル	・約10h(約気温:23℃、 相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h



写真-7 塗布剤(自然塗料)の一例

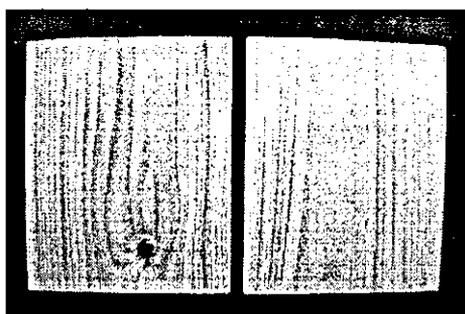


写真-8 塗装済フローリング

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。

(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±1[℃]、湿度 50±5[%]、換気回数 0.5±0.05[回/h]、気流 0.2~0.3[m/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[μg/m<sup>2</sup>・h]

C:チェンバー内濃度[μg/m<sup>3</sup>]

C0:供給空気の濃度[μg/m<sup>3</sup>]

Q:換気量[m<sup>3</sup>/h]

A:試料表面積[m<sup>2</sup>] とする。

(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。

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、カルナバ蠟、芳香テレピン油、柑橘類の皮から抽出した精油、ボイル亜麻仁油	・約24h(約気温:23℃、 相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h
ワックスD		木蠟、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℃、 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口ウ、アルファー・リノレン酸	・約24h(約気温:23℃、 相対湿度:50%) ・重ね塗り:約24h

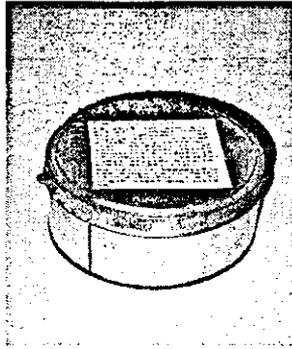


写真-9 塗布剤(天然型ワックス)の一例

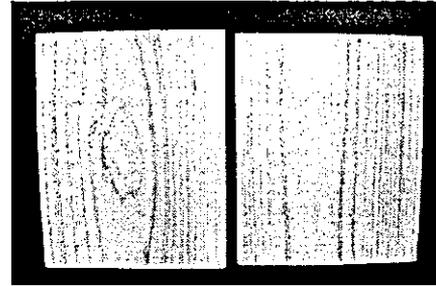


写真-10 塗装済フローリング

表-8 試験片の概要

試験片	木材種	処理方法
NP (C)	松	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

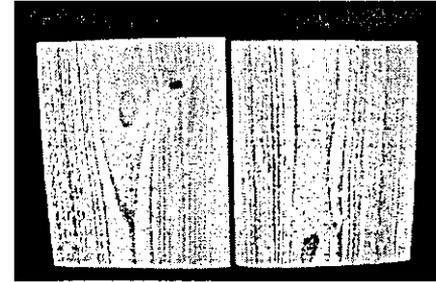


写真-11 未塗装フローリング

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	自然溶剤
イソファリアアテ(炭化水素)	野菜洗浄、果物野菜のコーティング、ワインやピネガーの製造等に使用される安全なもの	
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
ポイル亜麻仁油	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、しよ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

(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  $0.5 \pm 0.05 [\text{回/h}]$ 、気流  $0.2 \sim 0.3 [\text{m/s}]$ )

(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。

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  $20 \pm 1 [^{\circ}\text{C}]$ 、湿度  $45 \pm 5 [\%]$  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

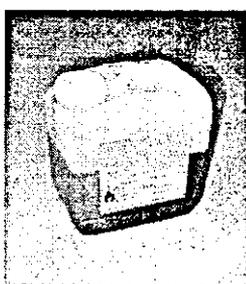


写真-12 塗布剤  
(セラック)



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

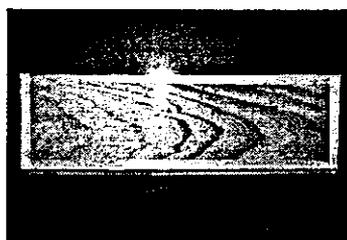


写真-14 塗料aを塗  
布したフローリング

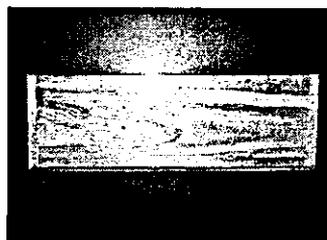


写真-15 塗料a・bを  
塗布したフローリング

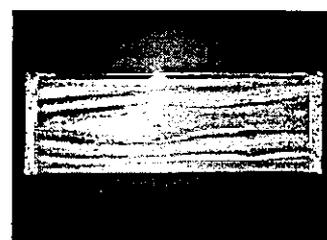


写真-16 塗料a・b・c  
を塗布したフローリング

### 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け、セラックニス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  $28 \pm 1$ [°C]、湿度  $50 \pm 5$ [%]、換気回数  $0.5 \pm 0.05$ [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。

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。

$EF_a$ : 対策建材の放散速度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ]

$EF_b$ : ブランク建材の放散速度 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ]

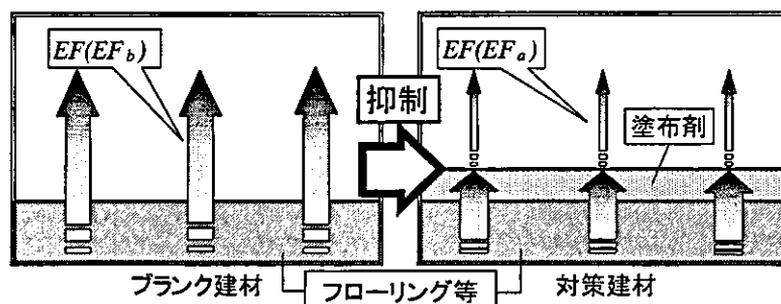


図-2 化学物質発生の抑制原理

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

<ul style="list-style-type: none"> <li>・沸点: 79°C</li> <li>・融点: -117°C</li> <li>・比重(水=1): 0.8</li> <li>・水への溶解性: 混和する</li> <li>・蒸気圧: 5.8kPa(20°C)</li> <li>・相当蒸気密度(空気=1): 1.6</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・20°Cでの蒸気/空気混合気体の相対密度(空気=1): 1.04</li> <li>・引火点: 13°C(C.C)</li> <li>・発火温度 363°C</li> <li>・爆発限界: 3.3~19vol%(空气中)</li> <li>・log Pow(オクタノール/水分配係数): -0.32</li> </ul>
--	--

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鹸で皮膚を洗浄する
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 <sup>3</sup> ](TWA)A4(ACGIH <sup>※</sup> 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

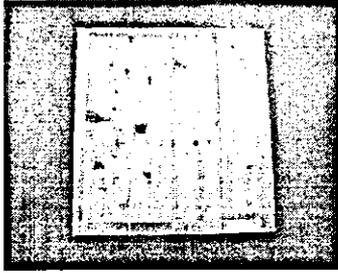


写真-17 腰壁 i

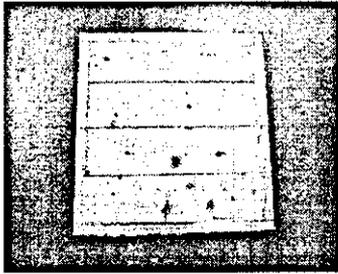


写真-18 腰壁 ii

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  $28 \pm 1$  [°C]、湿度  $50 \pm 5$  [%]、換気回数  $0.5 \pm 0.05$  [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) 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気の捕集を行う。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  $EF[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$  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

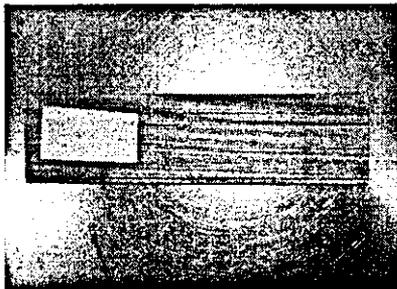


写真-21 フローリング iii

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  $28 \pm 1$  [°C]、湿度  $50 \pm 5$  [%]、換気回数  $0.5 \pm 0.05$  [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。

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。

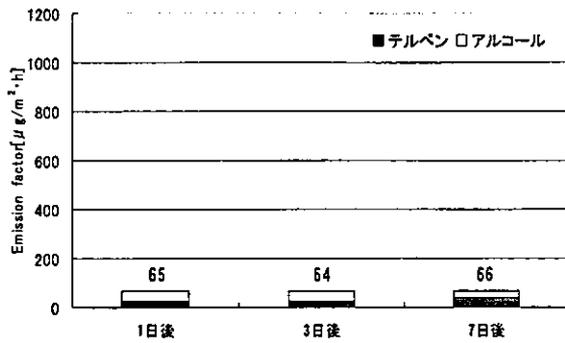


図-3 VOC 放散速度の経時変化(NP(F))

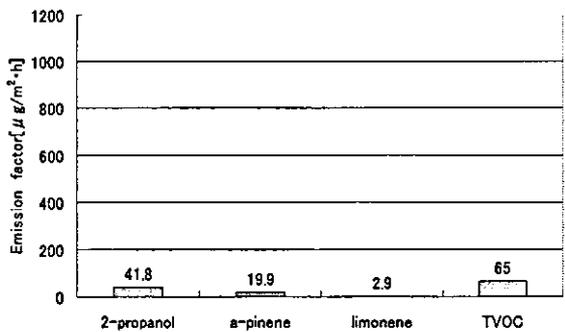


図-4 VOC 成分毎の放散速度 (NP(F), 1日後)

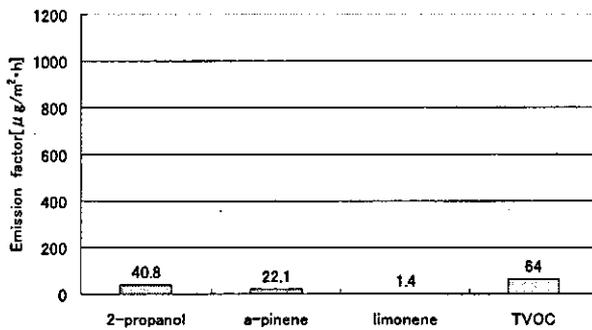


図-5 VOC 成分毎の放散速度(NP(F), 3日後)

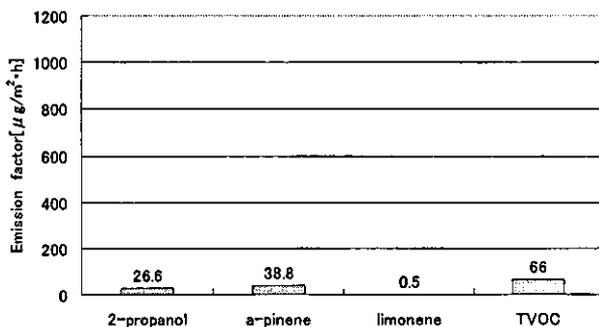


図-6 VOC 成分毎の放散速度(NP(F), 7日後)

## (2) 自然塗料

### (a) フローリング(塗料 A)の VOC 放散速度 (NP(A))

図-7に VOC 放散速度の経時変化を、図-

8~10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。

NP(A)の1日後の放散速度は、555[μg/m²·h]であったが、7日後には65[%]減少し、191[μg/m²·h]となった。

NP(A)の VOC 成分としては、ケトン類のアセトンの顕著な発生が確認された。他の成分については、天然成分であるテルペン類のピネン及びリモネン、また、脂肪族炭化水素のヘキサンやヘプタン、アルコール類のエタノール、2-プロパノール等が検出された。

7日経過後の VOC 放散はアセトン、ピネン、2-プロパノールにおいて比較的大きな値を示したものの、他の成分については微量であった。

野崎ら<sup>2)</sup>は自然塗料において、塗布1日後の放散速度を258~668[μg/m²·h]程度と報告している。今回得られた1日後の結果から未塗装である NP(F)を差し引いた値490[μg/m²·h]と比較すると、同程度の値であった。

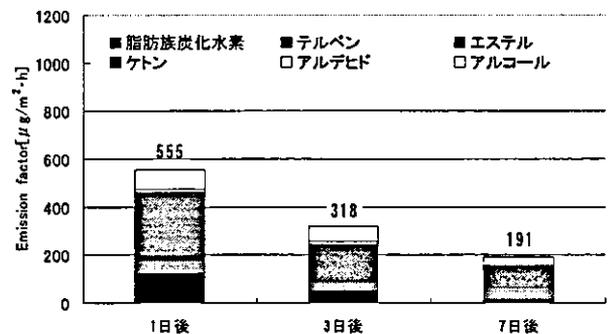


図-7 VOC 放散速度の経時変化(NP(A))

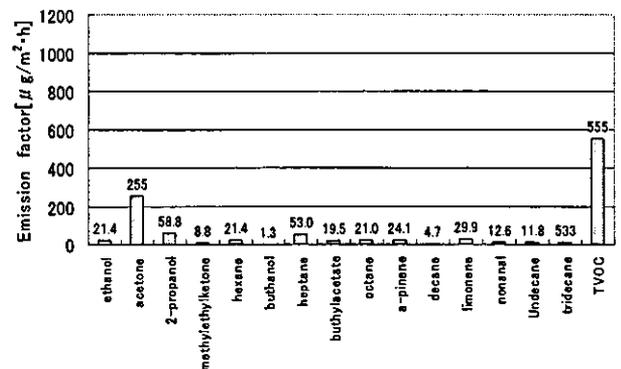


図-8 VOC 成分毎の放散速度(NP(A), 1日後)

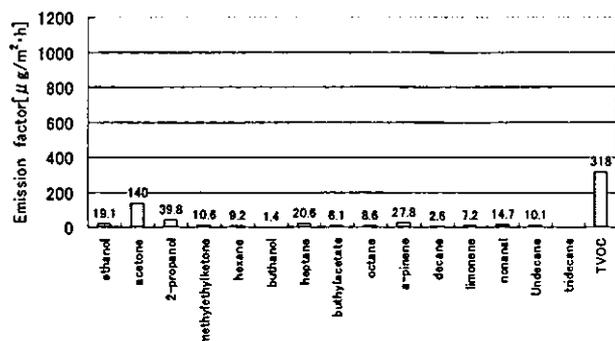


図-9 VOC成分毎の放散速度(NP(A)、3日後)

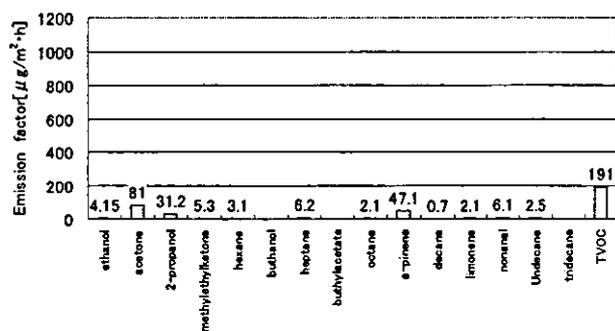


図-10 VOC成分毎の放散速度(NP(A)、7日後)

(b) フローリング(塗料 B)の VOC 放散速度 (NP(B))

図-11に VOC 放散速度の経時変化を、図-12~14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。

NP(B)の 1 日後の放散速度は、1179[μg/m²·h]であったが、7 日後には 77[%]減少し、267[μg/m²·h]となった。

NP(B)の VOC 成分としては、テルペン類のリモネン及びアセトンの顕著な発生が確認された。特にリモネンにおいては、7 日経過後も 148[μg/m²·h]と大きい値となった。リモネンは、柑橘類に含まれる精油成分で天然成分である。他の成分では、エタノール、2-プロパノール、ヘプタン、ピネン等が検出された。

### (3) 天然型ワックス

(a) フローリング(ワックス C)の VOC 放散速度 (NP(C))

図-15に VOC 放散速度の経時変化を、図

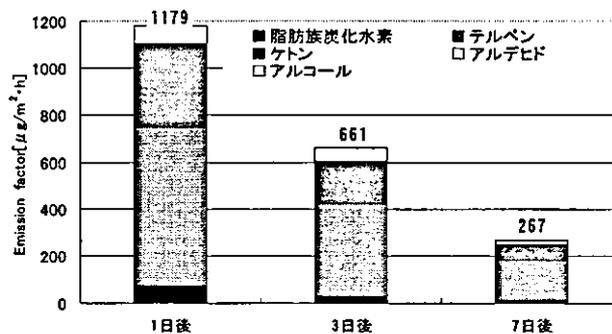


図-11 VOC放散速度の経時変化(NP(B))

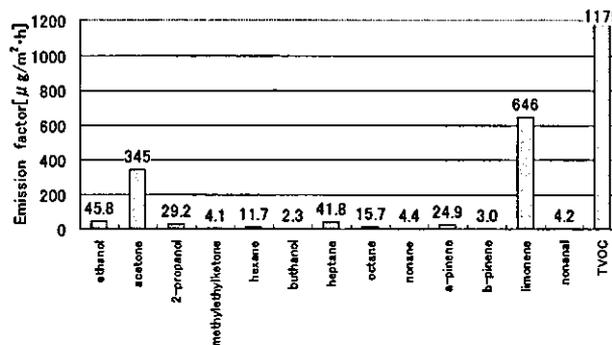


図-12 VOC成分毎の放散速度(NP(B)、1日後)

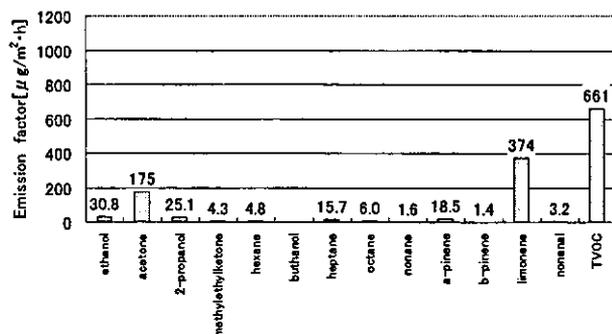


図-13 VOC成分毎の放散速度(NP(B)、3日後)

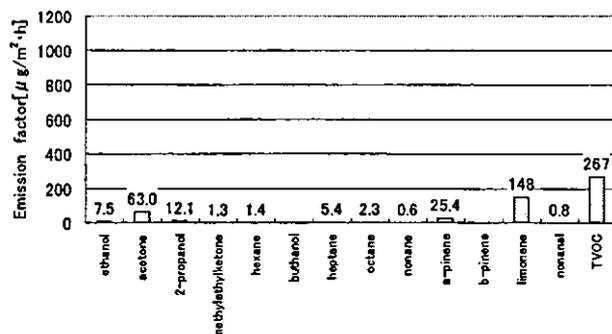


図-14 VOC成分毎の放散速度(NP(B)、7日後)

図-16~18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。

NP(C)の 1 日後の放散速度は、635[μg/m²·h]