

4. まとめ

従来品と自然素材を使用した塗料・接着剤を比較して、全般的に従来品のほうがVOC濃度が高く、種類も多いことが確認できた。しかし、自然素材を使用した塗料・接着剤からある種の石油化学系のVOC発生が確認された。室内濃度を低減するには塗料・接着剤の選定がポイントとなると考えられる。

5. 謝辞

本実験を遂行するにあたり、協力を頂いた高田淳二氏（当時日本大学卒論生）に謝意を表する。

6. 引用文献

- 1) 野崎淳夫、吉田晋、池田耕一、他：ホルムアルデヒド、揮発性有機化合物による室内空気汚染に関する研究（その1）、日本建築学会大会学術講演概集、pp757～758、1996年
- 2) 池田耕一：室内空気汚染のメカニズム、鹿島出版社、1992年
- 3) 野崎淳夫、吉澤晋、池田耕一、堀雅宏、飯倉一雄：我が国における室内化学物質汚染低減化対策の現状について、空気調和・衛生工学会学術論文集、pp654～648、1998年

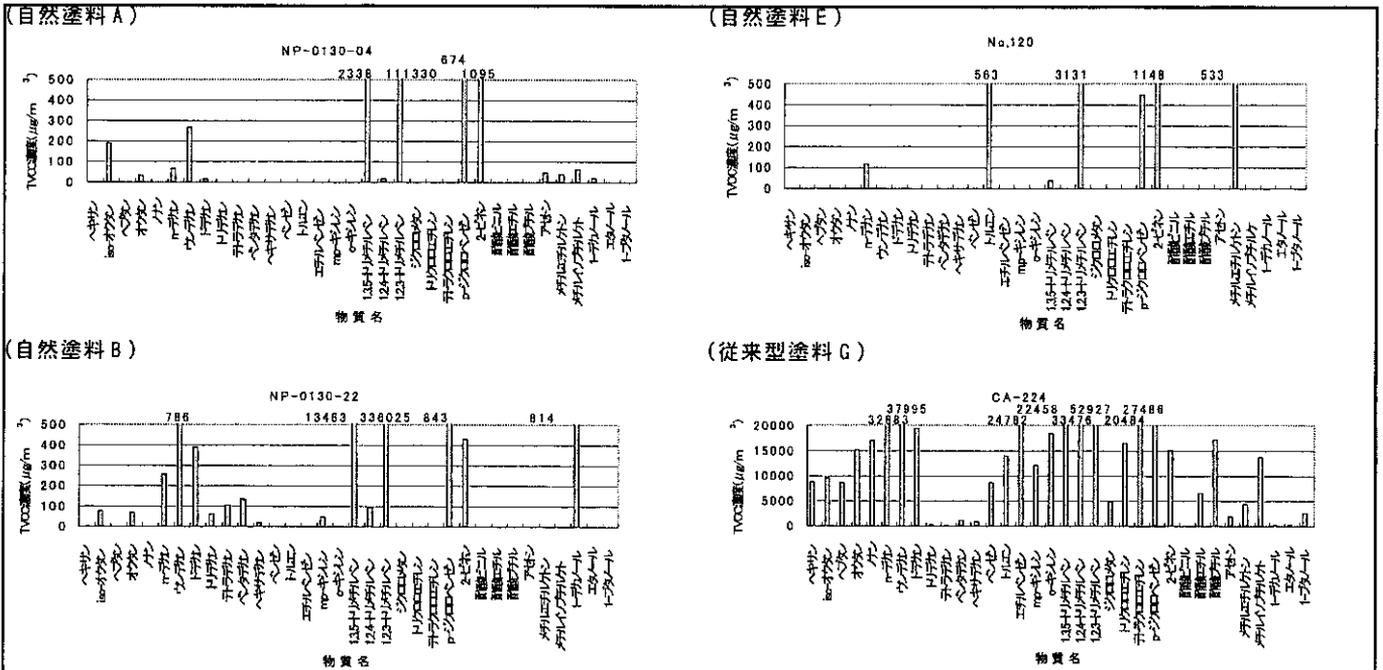


図-2 塗料A, B, C, GのVOC発生濃度

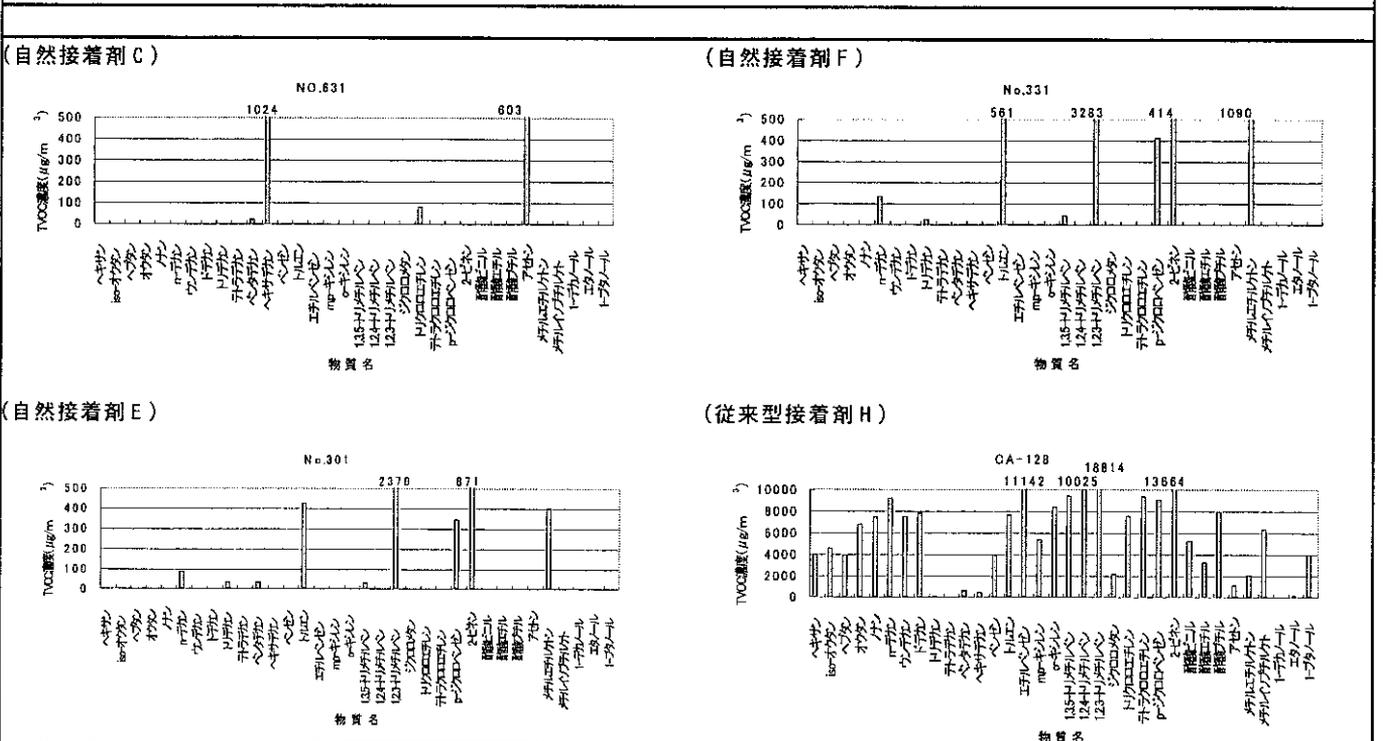


図-3 接着剤C, E, F, HのVOC発生濃度

第4章 塗料、接着剤からの化学物質の発生

2.4.2 自然塗料、天然接着剤

野崎淳夫(東北文化学園大学)

2.4.2.1 はじめに

本来住まいは、安全・快適で心と体を癒してくれる場所ではなくてはならない。しかし実際は、様々な有害の化学物質が住宅のいたるところに使われ、人間の健康や、地球の環境に負荷を与えている。「有害物質によって病んでいる家」が原因の健康被害、精神的悪影響は、「シックハウス症候群」と呼ばれ、深刻な社会問題となり、現在、潜在的患者は数百万人にも上っている。健康と環境を第一に考えれば、有害な化学物質を含まない自然素材だけで家を造るのが理想である。そこで本研究では、各社それぞれが販売している自然塗料・天然接着剤をリストアップし、従来の塗料・接着剤と比較検討するものである。これにより自然塗料・天然接着剤が、どれだけ健康と環境に安全なものなのかを確認することを目的とする。

2.4.2.2 実験概要

1) 測定対象物質

各種の研究により、MCS、SBSの原因物質として、関与が明らかにされているVOCを対象物質とした。

VOCに関する詳細な定義は、まだ確立していない現状にあるが、沸点が50~100℃以上、240~260℃以下の有機化合物とされている。VOCの総量は、総揮発性有機化合物(TVOC: Total Volatile Organic Compounds)と呼ばれ、Seifertらによる推奨値(300 μg/m<sup>3</sup>)も提案されている。さらに、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、アルコール、アルデヒド等に大別されている。

本研究では、一般の室内における検出頻度等から、表-2.4.2.1に示すVOCを測定対象とした。

2) 捕集・分析機器

本測定においては、次の計測機器により測定を行った。

VOC: 固体吸着-ガスクロマトグラフ(GC)法

a) サンプリング装置

・ポンプ(柴田機械工業MP-2N型、最大流量:2.5 (l/min)、流量可変範囲:0~2.5 (l/min)、最大吸引圧(33kPa)

・乾式ガスメータ(シナガワ社製、DC-1A、測定範囲:(10~1100)、1回転:1 (l)、最小目盛:5 (cc)、最大積算流量:999 (m<sup>3</sup>)、使用温度:-10~+50 (℃)、圧力損失:0.2 (kPa)、最高使用圧力:9.8 (kPa)

・活性炭チューブ(柴田機械工業、上流側充填量:400 (mg)、下流側充填量:200 (mg)、粒径:20~40 (メッシュ)、

b) ガスクロマトグラフ(GLサイエンス社製、GC-353)

3) 捕集・分析法

VOCは、活性炭チューブに0.5 (l/min)の流量にて8 (h)採取し、試料空気とした。捕集されたVOCは二硫化炭素(2ml)を用いて、3時間かけて抽出後(30分間隔で数回振とう)、GC/FIDに

2 (μl)導入し、定性・定量分析を行った。

4) 実験室の概要

東北文化学園大学内人工気象室(屋外条件試験室、屋内条件試験室)内にスモールチャンバー(本体:ステンレス製、容積(建材の容積含む):65 l)を設置し、実験を行った。(図-2.4.2.1参照)スモールチャンバー内の一様拡散状態を得る為に、チャンバー内に小型拡散ファンを設置した。換気量の調節は、給気側と排気側の流量を調整した。

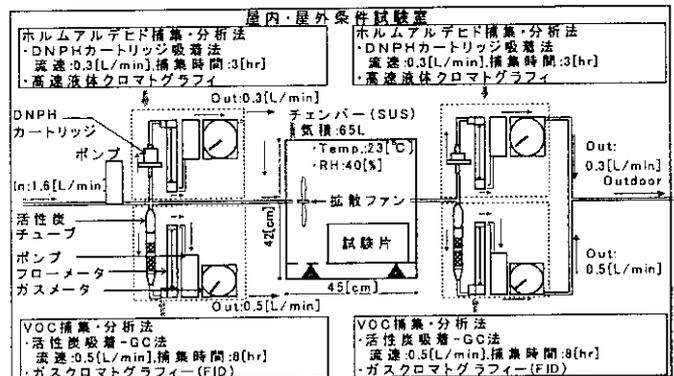
5) 試験片の作製方法

試験片の概要は、表-2.4.2.2に示される。試験片はそれぞれの建材からの発生を均一化するため、200mm×200mmのアルミ板を使用し、ハケで均一に塗布し、建材からの発生を調べるものとした。

表-2.4.2.1 測定対象のVOC

| 分類            | VOC   | 化学式   | 分子量    | 沸点    | 比重     |
|---------------|---|---|--------|-------|--------|
| 脂肪族炭化水素       | n-ヘキサン  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>     | 86.18  | 68.74 | 0.6594 |
|               | n-ヘプタン  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>     | 100.2  | 98.43 | 0.6837 |
|               | n-オクタン  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>     | 114.23 | 125.6 | 0.7026 |
|               | n-ノナン   | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>     | 128.26 | 150.7 | 0.722  |
|               | n-デカン   | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>     | 142.28 | 174.0 | 0.7298 |
|               | n-ウンデカン   | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH <sub>3</sub>     | 156.31 | 195.6 | 0.7402 |
|               | n-ドデカン  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub>    | 170.34 | 213.0 | 0.7490 |
|               | n-トリデカン   | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>11</sub> CH <sub>3</sub>    | 184.37 | 225.5 | 0.7550 |
|               | n-テトラデカン  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> CH <sub>3</sub>    | 198.40 | 253.5 | 0.7653 |
|               | n-ペンタデカン  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>13</sub> CH <sub>3</sub>    | 212.42 | 270.5 | 0.776  |
|               | n-ヘキサデカン  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> CH <sub>3</sub>    | 226.45 | 286.5 | 0.7734 |
| 2,4-トリメチルペンタン | (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> | 114.23  | -      | -     |        |
| 芳香族炭化水素       | ベンゼン  | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>                                       | 78.11  | 80.1  | 0.8790 |
|               | トルエン  | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>                       | 92.13  | 110.7 | 0.866  |
|               | エチルベンゼン   | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>         | 106.16 | 136.2 | 0.867  |
|               | m-キシレン  | 1,3-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>   | 106.16 | 138.8 | 0.8684 |
|               | p-キシレン  | 1,4-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>   | 106.16 | 138.5 | 0.8611 |
|               | o-キシレン  | 1,2-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>   | 106.16 | 144   | 0.880  |
|               | 1,3,5-トリメチルベンゼン   | C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>       | 120.19 | 164.6 | 0.863  |
|               | 1,2,4-トリメチルベンゼン   | C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>       | 120.19 | 236   | 0.957  |
|               | 1,2,3-トリメチルベンゼン   | C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>       | 120.19 | 176   | 0.8944 |
|               | 1,2,4,5-テトラメチルベンゼン  | C <sub>6</sub> H <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub>       | 120.19 | 196   | 0.838  |
| ハロゲン          | ジクロロメタン   | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>                                     | 84.93  | 40.1  | 1.335  |
|               | トリクロロエチレン   | CHCl=CCl <sub>2</sub>   | 131.38 | 86.7  | 1.456  |
|               | テトラクロロエチレン  | C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>                                      | 185.82 | 121   | 1.625  |
|               | o-ジクロロベンゼン  | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>                       | 146.99 | 173.7 | 1.458  |
| テルペン          | 2-ピネン   | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                                     | 136.23 | 160   | 0.8620 |
|               | リモネン  | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>                                     | 136.24 | 176.4 | 0.8422 |
| エステル          | 酢酸ビニル   | CH <sub>3</sub> COOCH=CH <sub>2</sub>                               | 85.1   | 73    | 0.9345 |
|               | 酢酸エチル   | CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>                    | 88.1   | 77    | 0.8945 |
|               | 酢酸ブチル   | CH <sub>3</sub> COOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub>                    | 116.16 | 126.3 | 0.8826 |
| ケトン           | アセトン  | CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>                                   | 58.08  | 56.2  | 0.792  |
|               | メチルエチルケトン   | CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                   | 72.11  | 79.5  | 0.805  |
|               | メチルイソブチルケトン   | (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COCH <sub>3</sub> | 100.16 | 115.8 | 0.8042 |
| アルコール         | エタノール   | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH                                    | 46.07  | 78.3  | 0.816  |
|               | ブタノール   | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> OH                  | 74.12  | 117.7 | 0.8109 |
| アルデヒド         | 1-ノナナル  | C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> CHO                                  | 146.24 | -     | 0.830  |
|               | 1-デカナル  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CHO                 | 160.29 | 232.9 | 0.829  |

図-2.4.2.1 実験室の概要



6) 建材の保管方法

試験片は、温湿度管理のできる東北文化学園大学内地下実験室(期間中の平均温度23.4℃、平均相対湿度20.7%)で保管した。実験室内は、吸着、再放出の影響を抑制するため、最大限の換気を行った。

2.4.2.3 実験結果

1) 各種自然塗料のVOC濃度

各種自然塗料のVOC濃度を図-2.4.2.3～2.4.2.8に示す。

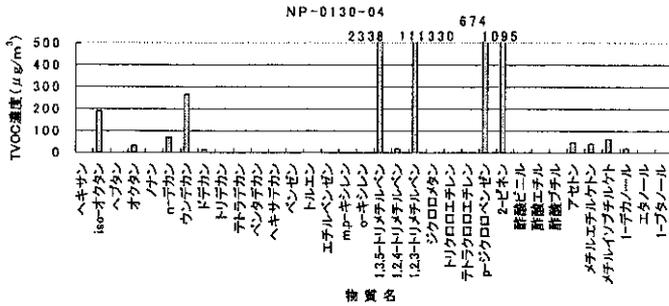


図-2.4.2.3 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³)[B社 ブラウン]

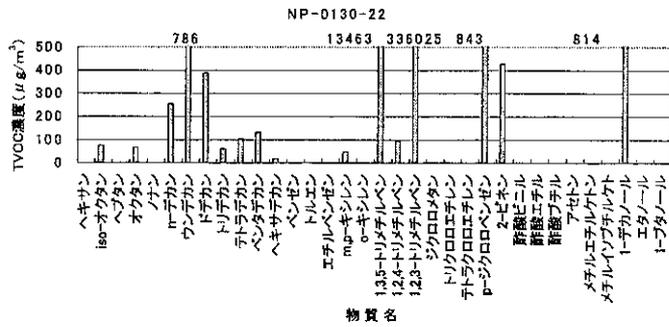


図-2.4.2.5 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³)[B社 茜]

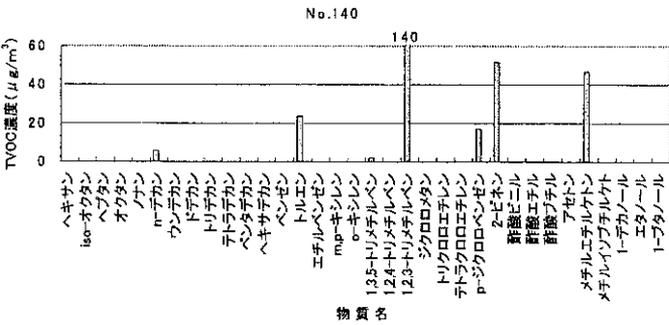


図-2.4.2.7 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³)[D社 マホガニー]

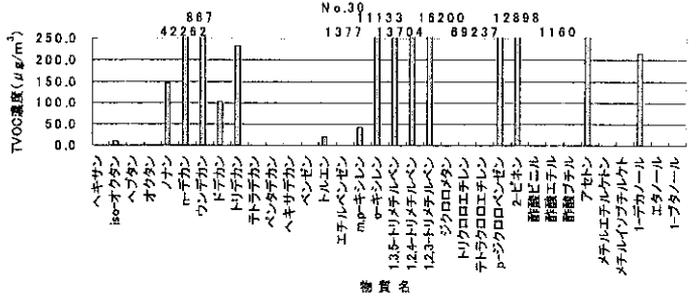


図-2.4.2.2 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³)[A社 レッドブラウン]

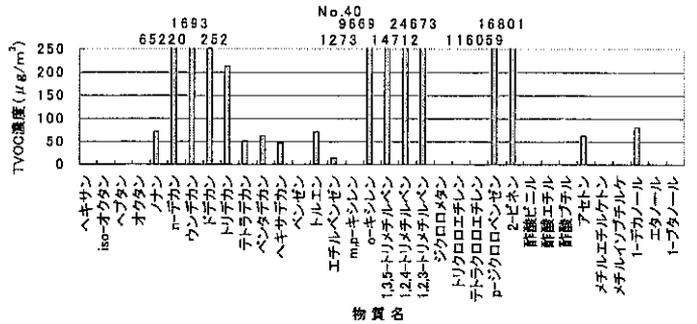


図-2.4.2.4 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³)[A社 ダンケルブラウン]

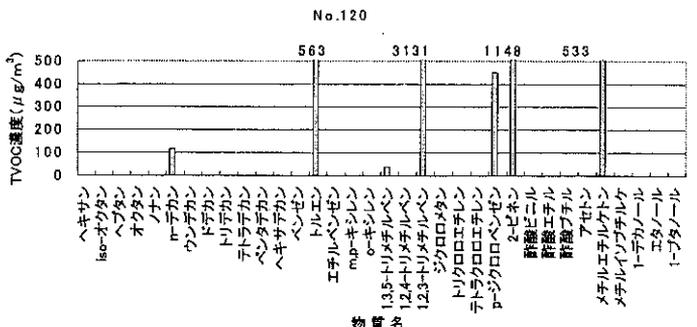


図-2.4.2.6 自然塗料からのVOC濃度 (μg/m³)[D社 マツ]

2) 各種天然接着剤のVOC濃度

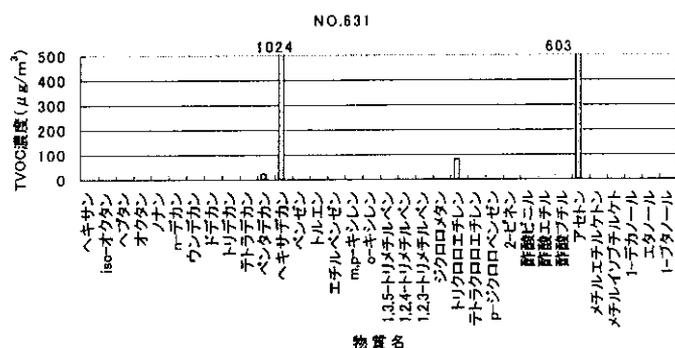


図-2.4.2.8 天然接着剤からのVOC濃度 (μg/m³)[A社 木部用]

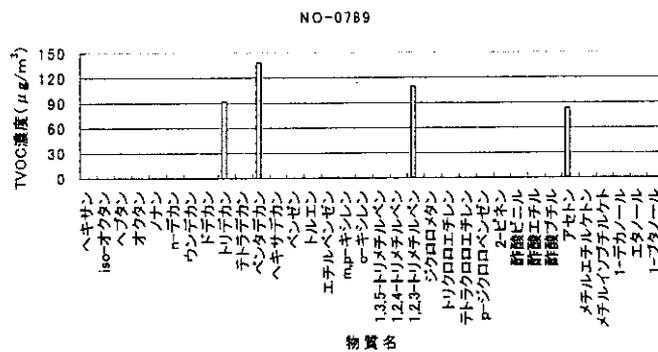


図-2.4.2.9 天然接着剤からのVOC濃度 (μg/m³)[C社 壁紙用]

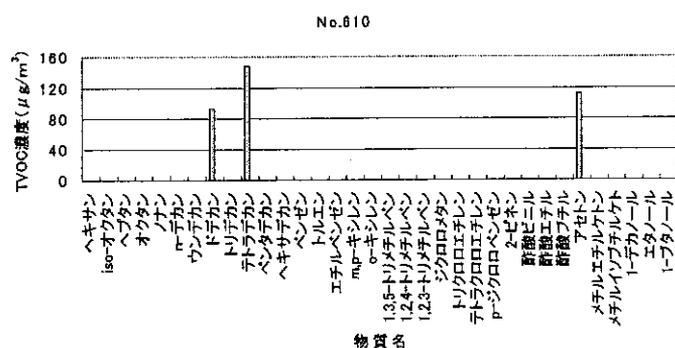


図-2.4.2.10 天然接着剤からのVOC濃度 (μg/m³)[A社 壁紙用]

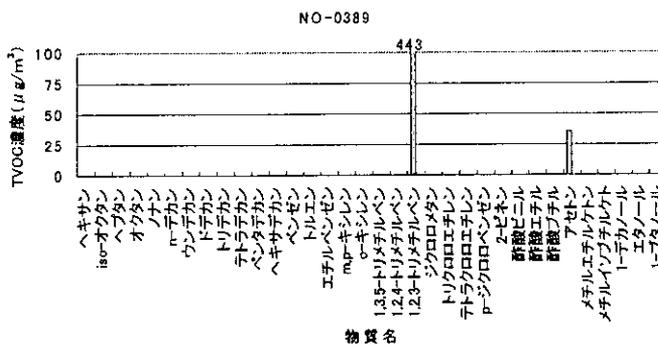


図-2.4.2.11 天然接着剤からのVOC濃度 (μg/m³)[C社 木部用]

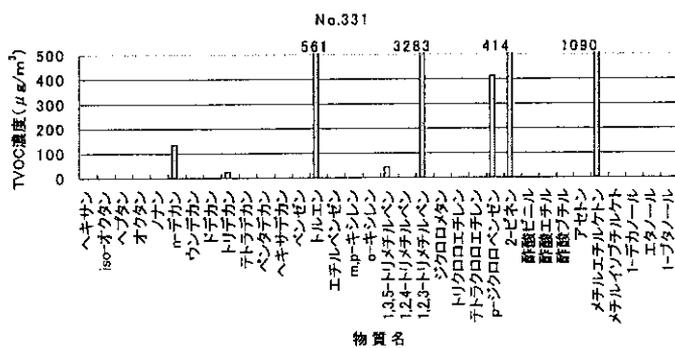


図-2.4.2.12 天然接着剤からのVOC濃度 (μg/m³)[D社 木部用]

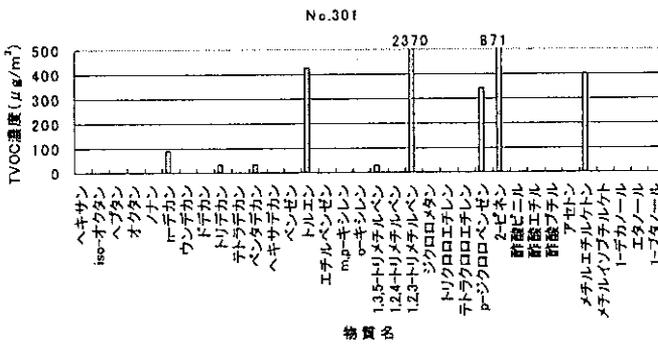


図-2.4.2.13 天然接着剤からのVOC濃度 (μg/m³)[D社 壁紙用]

3) 各種一般塗料・一般接着剤のVOC濃度

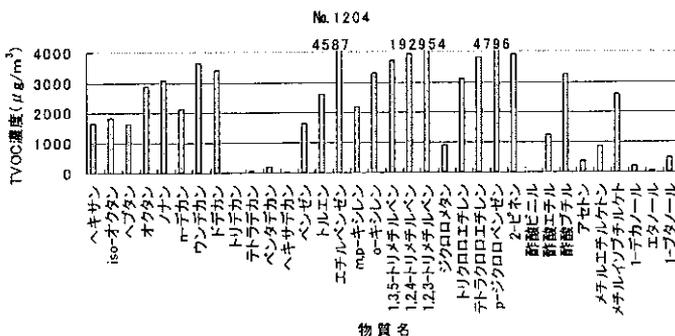


図-2.4.2.14 一般接着剤からのVOC濃度 (μg/m³)[E社 木部用]

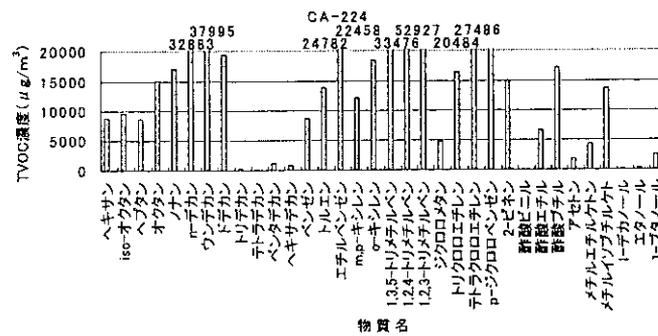


図-2.4.2.15 一般塗料からのVOC濃度 (μg/m³)[E社 マホガニー]

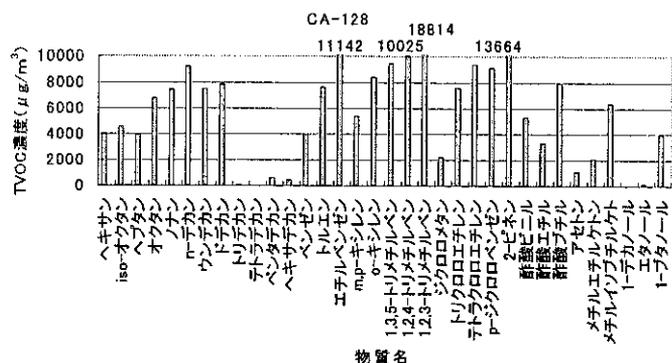


図-2.4.2.16 一般接着剤からのVOC濃度 (μg/m³)[E社 壁紙用]

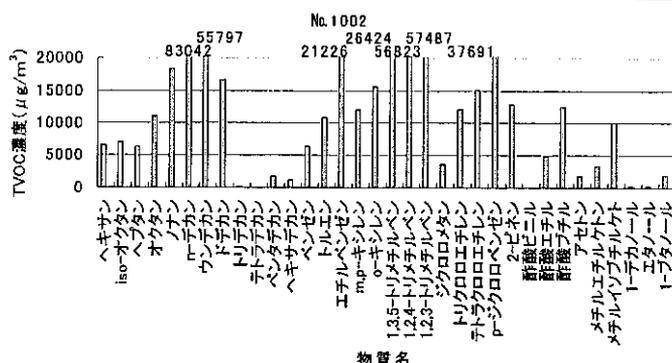


図-2.4.2.17 一般塗料からのVOC濃度 (μg/m³)[E社 チーク]

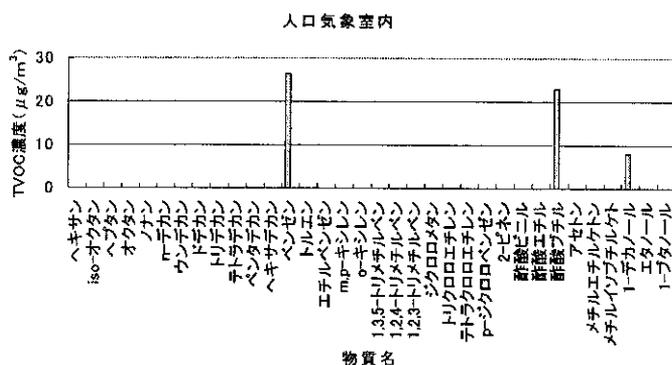


図-2.4.2.18 人工気象室内のVOC濃度 (μg/m³)

#### 2.4.2.4 考察

自然塗料、天然接着剤は共に、エステル類、アルコール類、ハロゲン類のジクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、芳香族炭化水素類のベンゼン、脂肪族炭化水素類のヘキサン、iso-オクタン、ヘプタン、オクタンの発生がほとんどみられなかった。それに比べて、従来品からは、ほとんど全ての成分に高い濃度が検出された。また、自然素材を使用した接着剤と塗料に関していえば、脂肪族炭化水素類のn-デカン、ウンデカン、ドデカン、芳香族炭化水素類の1,3,5-TMB、1,2,4-TMB、ハロゲン類のP-ジクロロベンゼン、テルペン類の2-ビネンからは接着剤のみに発生をみる事ができた。

#### 2.4.2.5 まとめ

従来品と自然素材を使用した塗料・接着剤を比較して、全般的に従来品の濃度が高いことが確認された。しかし、自然素材を使用した塗料・接着剤からの発生も確認され、更に、VOC低減化対策を今後の課題にしたい。

#### 2.4.2.6. 謝辞

本実験を遂行するにあたり、協力を頂いた高田淳二氏(当時日本大学卒論生)に謝意を表す。

#### 2.4.2.6 引用文献

1) 池田耕一：室内空気汚染のメカニズム、鹿島出版会、1992年

2) 野崎淳夫、吉澤晋、池田耕一、他：ホルムアルデヒド、揮発性有機化合物による室内空気汚染に関する研究(その1)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp757~758、1996年

3) J.R.Girman et al.: Bake-out of a New Office Building to Reduce Volatile Organic Concentrations, Proc. of the 82nd Annual Meeting and Exhibition of the Air Pollution Control Association, June, 1989

4) Fariborz Haghghat et al.: To Bake or Not to Bake. Proc. of the 3rd International Conf. Healthy Building '94, Vol. 2, pp.364-374,1994

5) 野崎淳夫、吉澤晋、池田耕一、堀雅宏、飯倉一雄：我が国における室内化学物質汚染低減化対策の現状について、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.645-648、1998年

6) 野崎淳夫、吉澤晋、池田耕一、堀雅宏、飯倉一雄：集合住宅におけるベイクアウト効果に関する研究(2)、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.57-60、1997年

7) K.Ikura, A.Nozaki, K.Ikeda: Effects of Bake-out Practice on Indoor Formaldehyde and VOC from Building Materials, Proc., of Second International Conference on Human-Environment System, pp.362-365,1998

8) 野崎淳夫、坊垣和明、吉澤晋、池田耕一、山崎唯史：室内化学物質汚染低減化対策としてのベイクアウトに関する研究(2)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.785-786、1999年

9) 野崎淳夫、飯倉一雄、吉澤晋、池田耕一、堀雅宏：室内化学物質汚染低減化対策としてのベイクアウト効果(その1)、日本建築学会計画系論文集、第530号、pp.61-66、2000年4月

10) 日本薬学編：ホルムアルデヒド、4-アミノ-3-ヒトラジノ-5-メルカプト-1,2,4-トリアゾールによる定量、衛生試験法注解、pp1451、1990年

11) M. Hori et al.: Development of Methods for Monitoring TVOC with Discriminator of Porous Polymer Beads and its Application, Proc. of 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Vol. 3, pp.321-326,1996

12) 野崎淳夫、池田耕一、堀雅宏、松村年朗、柏貴浩：揮発性有機化合物及びホルムアルデヒドの測定法に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演論文集、pp.409-412、1997年

要約

第4章 塗料、接着剤からの化学物質の発生

2.4.3 自然塗料

野崎淳夫(東北文化学園大学)

1. はじめに

室内空気汚染は、室内で使用されている建築材料、仕上げ材、合板などを多用した家具、フローリング等から放散される汚染物質が原因と考えられる。

野崎ら<sup>1)</sup>は、従来型の塗料、接着剤と「自然塗料」、「天然接着剤」として販売されているものについて検討を行い、従来型のものよりも自然塗料・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が、

また、本橋ら<sup>2)</sup>は、低VOC型塗料、一般エマルジョン塗料からのホルムアルデヒド、VOCの放散挙動について、実際の室内壁面に塗装した場合を想定してラージチェンバーにより測定を行い、検討を行っている。

本研究では、室内用の塗料に着目し、化学物質の発生が小さいと考えられる自然塗料からのVOCの発生について把握することを目的としたものである。

2. 実験概要

1) 試験片の概要

表-1に試験片の概要を示す。

本研究では、化学物質の発生が小さいと考えられる自然塗料5種類を選定し、試験片とした。

試験片は、塗料からの発生を均一にするために、アルミ板に刷毛で均一に塗布し、24時間乾燥させた。

2) 実験システムの概要

図-1に示す実験システムを構築することにより、塗料からのVOC(測定対象のVOCを表-2に示す。)の発生について測定を行った。

測定に使用した小型環境制御チェンバー(気積:0.065m<sup>3</sup>)は、温度(28±0.5(°C))、湿度(50±5(%))、換気量(0.5±0.05(l/h))の制御が可能であり、清浄空気が導入されている。

3) 捕集・分析機器

捕集・分析機器を以下に示す。

VOC(固体捕集-加熱脱離-GC/MS法)

a) 捕集装置

定流量ポンプ(柴田機械工業社製)

積算流量計(シナガワ社製 Model:DC-1A)

VOC捕集管(Spelco社製 Air Toxics)

b) 分析装置

加熱導入装置(Perkin Elmer社製 Model:Turbo matrix ATD)

GC/MS(Perkin Elmer社製 Model:Turbo mass gold)

4) VOCの捕集・分析

試料空気は、炭素系捕集剤に0.05(l/min)の流量にて、30(min)採取し、これを分析試料とした。試料空気は、加熱導入装置を用いてGC/MSに導入し、VOCの定性・定量分析を行った。

5) 実験手順

表-1 試験片の概要

| 塗料    | 記号    | 種類     | 主成分*   | 適用部位 | 処理方法 |
|-------|-------|--------|--|------|------|
| 自然塗料A | NP(A) | 天然油性塗料 | 亜麻仁油、イソアリファーテ、コロホニウムなど                           | 木部   | 2回塗り |
| 自然塗料B | NP(B) |        | 植物油(亜麻仁油、アザミ油、ひまわり油、大豆油など)などワックス(カルナバ、カンテリラ)など   |      |      |
| 自然塗料C | NP(C) |        | 亜麻仁油、シトラル、ヒマシ油スタンド油など                            |      |      |
| 自然塗料D | NP(D) |        | 芳香テレピン油、柑橘類の皮から抽出した精油、マツの根の樹脂、ポイル亜麻仁油、亜麻仁スタンド油など |      |      |
| 自然塗料E | NP(E) |        |  |      |      |

\*製品に記載されていたもの

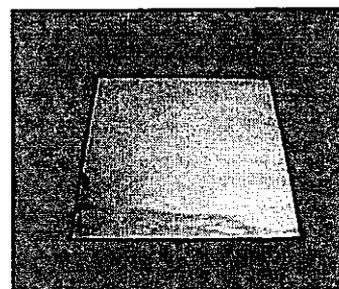


写真-1 試験片の概要

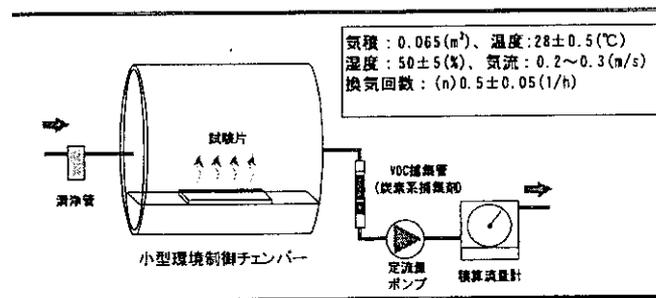


図-1 実験システムの概要

表-2 測定対象のVOC

| 分類      | VOC   |
|---------|---|
| 脂肪族炭化水素 | Decane, Undecane, Dodecane, Tridecane, Tetradecane, Pentadecane   |
|         | Hexadecane, Heptane, Octane, Nonane, Dichloromethane, Hexane,   |
|         | 2,4-dimethylpentane, 2,4-trimethylpentane, Bromodichloromethane, Dibromochloromethane   |
| 芳香族炭化水素 | Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Styrene, o-xylene, m-xylene, p-xylene   |
|         | o-ethyltoluene, m-ethyltoluene, p-ethyltoluene, 1,2,4-trimethylbenzene, 1,2,3-trimethylbenzene, 1,2,4,5-tetramethylbenzene, 1,2,5-trimethylbenzene          |
| ハロゲン    | Chloroform, Carbon tetrachloride, Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, p-dichlorobenzene, 1,2-dichloropropane, 1,2-dichloroethane, 1,1,1-trichloroethane |
| テルペン    | α-pinene, β-pinene, Limonene  |
| エステル    | Ethyl acetate, Butyl acetate  |
| ケトン     | Acetone, Methyl isobutyl ketone, Methyl isobutyl ketone   |
| アルコール   | Ethanol, 2-propanol, Butanol  |
| アルデヒド   | Nonanal, Decanal  |

本研究では、以下の手順により自然塗料からのVOCの発生について測定を行った。

a) 予め、チェンバー内を薬液により洗浄した後、十分に換気を行い、チェンバー内への薬液の残留を最小限に抑える。

b) チェンバー内に一定の環境条件を構築する。(温度:28±0.5(°C)、湿度(50±5(%))、換気回数(0.5±0.05(1/h))、気流速(0.2~0.3(m/s))

- c) 試験片を速やかにチェンバー内に挿入する。
- d) 光音響測定装置により、定常状態に達したことを確認し、VOCの捕集を行う。
- e) VOCは、加熱導入装置を用いてGC/MSに導入し、定性・定量分析を行う。

3. 実験結果と考察

1) 各種自然塗料のVOC放散速度(P(A)~P(E))

表-3、図-2に各種自然塗料のVOC放散速度を示す。

a) 自然塗料A(P(A))

P(A)のTVOC放散速度は、298( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptaneの顕著な発生が確認された。天然成分では、Limoneneにおいてわずかな発生を示したが、Pineneについては発生が見られなかった。

b) 自然塗料B(P(B))

P(B)のTVOC放散速度は、310( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptane、ケトン類のMethylethylketoneの顕著な発生が確認された。天然成分では、Limoneneにおいてわずかな発生を示したが、 $\alpha$ 、 $\beta$ -Pineneについては発生が見られなかった。

c) 自然塗料C(P(C))

P(C)のTVOC放散速度は、258( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptaneの顕著な発生が確認された。天然成分では、 $\alpha$ -pinene、Limoneneの発生確認された。

d) 自然塗料C(P(D))

P(D)のTVOCの放散速度は、526( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptane、ケトン類のMethylethylketone、アルコール類のEthanolにおいて顕著な発生を示した。天然成分では、 $\alpha$ -pinene、Limoneneのわずかな発生が確認された。

e) 自然塗料E(P(E))

P(E)のTVOC放散速度は、610( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptane、ケトン類のMethylethylketone、アルコール類のEthanol及びテルペン類のLimoneneにおいて顕著な発生を示した。 $\alpha$ 、 $\beta$ -pineneは、わずかな発生であった。

2) 考察

本来、自然素材の使用の観点から、溶剤系の化学物質の発生は小さいと考えられた。しかし、今回測定対象とした自然塗料全てにおいて発生が確認された。これらは、塗膜の形成段階で溶剤系成分が揮発した結果、検出されたものと考えられる。また、測定対象の自然塗料からの天然成分の発生については、P(E)以外微量の発生であった。今回の測定では、同定できた天然型成分は、Limonene、 $\alpha$ 、 $\beta$ -pineneの3成分のみであるが、さらに多くの成分がある。

4. まとめ

本研究では、溶剤系化学物質の発生量が小さいと考えられる自然塗料に着目し、その発生について測定を行った。本研究で得られた知見について以下に示す。

表-3 各種自然塗料のVOC放散速度

| VOCs  | P(A) | P(B) | P(C)  | P(D) | P(E) |
|---|------|------|-------|------|------|
| Ethanol                                       | 36.7 | 16.9 | 35.3  | 116  | 100  |
| Acetone                                       |      |      |       |      |      |
| 2-propanol                                    | 37.5 |      | 100.1 | 27.3 | 27.7 |
| Dichloroethane                                |      |      |       |      |      |
| Methylethylketone                             | 28.8 | 60.7 | 21.8  | 150  | 144  |
| Ethylacetate                                  |      |      |       |      |      |
| Hexane  | 23.6 | 37.7 | 17.0  | 4.71 | 4.56 |
| Chloroform                                    |      |      |       |      |      |
| 1,2-dichloroethane                            |      |      |       |      |      |
| 2,4-dimethylpentane                           |      |      |       |      |      |
| 1,1,1-trichloroethane                         |      |      |       |      |      |
| Buthanol                                      | 9.64 | 27.4 | 2.34  | 31.0 | 28.5 |
| Benzene                                       |      |      |       |      |      |
| Carbonetrachloride                            |      |      |       |      |      |
| 1,2-dichlorobenzene                           |      |      |       |      |      |
| Bromochloroethane                             |      |      |       |      |      |
| Bromodichloroethane                           |      |      |       |      |      |
| Trichloroethylene                             |      |      |       |      |      |
| 2,2,4-trimethylpentane                        |      |      | 24.3  |      |      |
| Heptane                                       | 111  | 98.5 | 74.1  | 171  | 150  |
| Methylisobutylketone                          |      |      |       |      |      |
| Toluene                                       |      |      |       |      |      |
| Dibromochloroethane                           |      |      |       |      |      |
| Buthylacrylate                                |      |      |       |      |      |
| Octane  | 45.5 | 47.0 | 32.4  | 11.1 | 11.2 |
| Tetrachloroethylene                           |      |      |       |      |      |
| Ethylbenzene                                  |      |      |       |      |      |
| m,p-xylene                                    |      |      |       |      |      |
| Styrene                                       |      |      |       |      |      |
| o-xylene                                      |      |      |       |      |      |
| Nonane  | 0.86 |      | 2.31  | 0.94 | 1.37 |
| $\alpha$ -pinene                              |      |      | 0.70  | 0.55 | 2.00 |
| m,p-methyltoluene                             |      |      |       |      |      |
| 1,3,5-trimethylbenzene                        |      |      |       |      |      |
| o-methyltoluene                               |      |      |       |      |      |
| $\beta$ -pinene                               |      |      |       |      | 1.59 |
| 1,2,4-trimethylbenzene                        |      |      |       |      |      |
| Decane  |      |      |       |      |      |
| 6-dichlorobenzene                             |      |      |       |      |      |
| 1,2,3-trimethylbenzene                        |      |      |       |      |      |
| Limonene                                      | 1.04 | 0.69 | 35.8  | 1.24 | 150  |
| Nonanal                                       | 2.17 | 0.72 | 0.58  | 1.27 | 1.47 |
| Undecane                                      |      |      |       |      |      |
| 1,2,4,5-tetramethylbenzene                    |      |      |       |      |      |
| Dodecanol                                     |      |      |       |      |      |
| Dodecane                                      |      |      | 2.99  |      |      |
| Tridecane                                     |      |      | 1.55  |      |      |
| Tetradecane                                   |      |      |       |      |      |
| Pentadecane                                   |      |      |       |      |      |
| Hexadecane                                    |      |      |       |      |      |
| TVOC( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ ) | 298  | 310  | 258   | 526  | 610  |

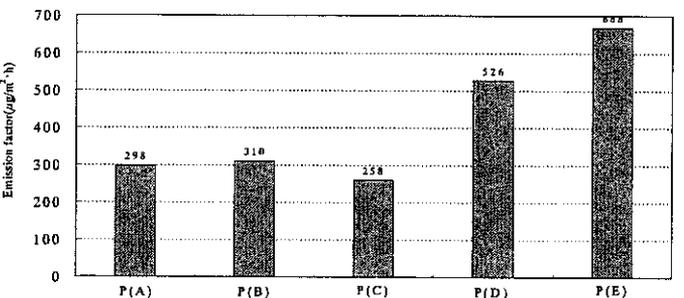


図-2 各種自然塗料のVOC放散速度

- 1) 各種自然塗料からのVOCの発生について、定量的に求めた。
- 2) 自然塗料A~Eからは、溶剤系の化学物質の発生が確認された。
- 3) 自然塗料A~EのVOC放散速度は、258~668( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の範囲を示した。

5. 今後の課題

今後の課題としては、実際の建材に塗布した場合のVOCの発生について把握し、また長期間使用した場合におけるVOCの発生特性について把握する必要がある。

6. 謝辞

本研究を遂行するに当たり、ご協力を頂いた折笠智昭君(東北文化学園大学大学院生)に謝意を表する。

7. 引用文献

- 1) 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)、p58~59、2002年

第4章 塗料、接着剤からの化学物質の発生

2.4.3 自然塗料

野崎淳夫(東北文化学園大学)

表-2.4.3.1 測定対象のVOC

| VOCs                        | 化学式  | 分子量    | 沸点     | 比重    |
|-----------------------------|--|--------|--------|-------|
|                             |  |        |        |       |
| Decane                      | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>  | 142.3  | 174.0  | 0.710 |
| Undecane                    | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH <sub>3</sub>  | 156.3  | 186.6  | 0.710 |
| Dodecane                    | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub> | 170.3  | 199.0  | 0.710 |
| Tridecane                   | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>11</sub> CH <sub>3</sub> | 184.4  | 211.5  | 0.710 |
| Tetradecane                 | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> CH <sub>3</sub> | 198.4  | 224.0  | 0.710 |
| Pentadecane                 | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>13</sub> CH <sub>3</sub> | 212.4  | 236.5  | 0.710 |
| Hexadecane                  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> CH <sub>3</sub> | 226.5  | 249.0  | 0.710 |
| Heptadecane                 | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>15</sub> CH <sub>3</sub> | 240.5  | 261.5  | 0.710 |
| Octadecane                  | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> CH <sub>3</sub> | 254.6  | 274.0  | 0.710 |
| Nonane                      | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>  | 126.2  | 156.0  | 0.710 |
| Dichloromethane             | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>                                  | 84.93  | 40.00  | 1.300 |
| Hexane                      | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>  | 86.17  | 69.00  | 0.660 |
| 1,4-dimethylpiperazine      | (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> | 100.2  | 81.00  | 0.830 |
| 1,4-trioxolane              | CH <sub>2</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> O                | 74.08  | 34.00  | 1.380 |
| Bromochloromethane          | CH <sub>2</sub> BrCl   | 128.97 | 47.00  | 2.420 |
| Chloroform                  | CHCl <sub>3</sub>  | 119.38 | 61.00  | 1.480 |
| Carbon tetrachloride        | CCl <sub>4</sub>   | 153.84 | 76.00  | 1.590 |
| Trichloroethylene           | CHCl=CCl <sub>2</sub>  | 131.47 | 87.00  | 1.460 |
| Tetrachloroethylene         | C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>                                   | 165.83 | 121.00 | 1.620 |
| 1,1-dichloroethane          | CH <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                                | 98.96  | 50.00  | 1.250 |
| 1,2-dichloroethane          | CH <sub>2</sub> ClCH <sub>2</sub> Cl                             | 98.96  | 83.00  | 1.250 |
| 1,1,1-trichloroethane       | CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>                                 | 133.41 | 74.00  | 1.300 |
| 1,1,2-trichloroethane       | CH <sub>2</sub> ClCHCl <sub>2</sub>                              | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,2,2-trichloroethane       | CHClCHCl <sub>2</sub>  | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,1,1,2-tetrachloroethane   | CHCl <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl                             | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,2,2-tetrachloroethane   | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> CHCl <sub>2</sub>                | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,1,2,2-pentachloroethane | CHCl <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                              | 239.83 | 144.00 | 2.420 |
| Chloroform                  | CHCl <sub>3</sub>  | 119.38 | 61.00  | 1.480 |
| Carbon tetrachloride        | CCl <sub>4</sub>   | 153.84 | 76.00  | 1.590 |
| Trichloroethylene           | CHCl=CCl <sub>2</sub>  | 131.47 | 87.00  | 1.460 |
| Tetrachloroethylene         | C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>                                   | 165.83 | 121.00 | 1.620 |
| 1,1-dichloroethane          | CH <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                                | 98.96  | 50.00  | 1.250 |
| 1,2-dichloroethane          | CH <sub>2</sub> ClCH <sub>2</sub> Cl                             | 98.96  | 83.00  | 1.250 |
| 1,1,1-trichloroethane       | CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>                                 | 133.41 | 74.00  | 1.300 |
| 1,1,2-trichloroethane       | CH <sub>2</sub> ClCHCl <sub>2</sub>                              | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,2,2-trichloroethane       | CHClCHCl <sub>2</sub>  | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,1,1,2-tetrachloroethane   | CHCl <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl                             | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,2,2-tetrachloroethane   | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> CHCl <sub>2</sub>                | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,1,2,2-pentachloroethane | CHCl <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                              | 239.83 | 144.00 | 2.420 |
| Chloroform                  | CHCl <sub>3</sub>  | 119.38 | 61.00  | 1.480 |
| Carbon tetrachloride        | CCl <sub>4</sub>   | 153.84 | 76.00  | 1.590 |
| Trichloroethylene           | CHCl=CCl <sub>2</sub>  | 131.47 | 87.00  | 1.460 |
| Tetrachloroethylene         | C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>                                   | 165.83 | 121.00 | 1.620 |
| 1,1-dichloroethane          | CH <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                                | 98.96  | 50.00  | 1.250 |
| 1,2-dichloroethane          | CH <sub>2</sub> ClCH <sub>2</sub> Cl                             | 98.96  | 83.00  | 1.250 |
| 1,1,1-trichloroethane       | CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>                                 | 133.41 | 74.00  | 1.300 |
| 1,1,2-trichloroethane       | CH <sub>2</sub> ClCHCl <sub>2</sub>                              | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,2,2-trichloroethane       | CHClCHCl <sub>2</sub>  | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,1,1,2-tetrachloroethane   | CHCl <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl                             | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,2,2-tetrachloroethane   | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> CHCl <sub>2</sub>                | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,1,2,2-pentachloroethane | CHCl <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                              | 239.83 | 144.00 | 2.420 |
| Chloroform                  | CHCl <sub>3</sub>  | 119.38 | 61.00  | 1.480 |
| Carbon tetrachloride        | CCl <sub>4</sub>   | 153.84 | 76.00  | 1.590 |
| Trichloroethylene           | CHCl=CCl <sub>2</sub>  | 131.47 | 87.00  | 1.460 |
| Tetrachloroethylene         | C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>                                   | 165.83 | 121.00 | 1.620 |
| 1,1-dichloroethane          | CH <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                                | 98.96  | 50.00  | 1.250 |
| 1,2-dichloroethane          | CH <sub>2</sub> ClCH <sub>2</sub> Cl                             | 98.96  | 83.00  | 1.250 |
| 1,1,1-trichloroethane       | CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>                                 | 133.41 | 74.00  | 1.300 |
| 1,1,2-trichloroethane       | CH <sub>2</sub> ClCHCl <sub>2</sub>                              | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,2,2-trichloroethane       | CHClCHCl <sub>2</sub>  | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,1,1,2-tetrachloroethane   | CHCl <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl                             | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,2,2-tetrachloroethane   | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> CHCl <sub>2</sub>                | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,1,2,2-pentachloroethane | CHCl <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                              | 239.83 | 144.00 | 2.420 |
| Chloroform                  | CHCl <sub>3</sub>  | 119.38 | 61.00  | 1.480 |
| Carbon tetrachloride        | CCl <sub>4</sub>   | 153.84 | 76.00  | 1.590 |
| Trichloroethylene           | CHCl=CCl <sub>2</sub>  | 131.47 | 87.00  | 1.460 |
| Tetrachloroethylene         | C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>                                   | 165.83 | 121.00 | 1.620 |
| 1,1-dichloroethane          | CH <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                                | 98.96  | 50.00  | 1.250 |
| 1,2-dichloroethane          | CH <sub>2</sub> ClCH <sub>2</sub> Cl                             | 98.96  | 83.00  | 1.250 |
| 1,1,1-trichloroethane       | CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>                                 | 133.41 | 74.00  | 1.300 |
| 1,1,2-trichloroethane       | CH <sub>2</sub> ClCHCl <sub>2</sub>                              | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,2,2-trichloroethane       | CHClCHCl <sub>2</sub>  | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,1,1,2-tetrachloroethane   | CHCl <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl                             | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,2,2-tetrachloroethane   | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> CHCl <sub>2</sub>                | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,1,2,2-pentachloroethane | CHCl <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                              | 239.83 | 144.00 | 2.420 |
| Chloroform                  | CHCl <sub>3</sub>  | 119.38 | 61.00  | 1.480 |
| Carbon tetrachloride        | CCl <sub>4</sub>   | 153.84 | 76.00  | 1.590 |
| Trichloroethylene           | CHCl=CCl <sub>2</sub>  | 131.47 | 87.00  | 1.460 |
| Tetrachloroethylene         | C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub>                                   | 165.83 | 121.00 | 1.620 |
| 1,1-dichloroethane          | CH <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                                | 98.96  | 50.00  | 1.250 |
| 1,2-dichloroethane          | CH <sub>2</sub> ClCH <sub>2</sub> Cl                             | 98.96  | 83.00  | 1.250 |
| 1,1,1-trichloroethane       | CH <sub>3</sub> CCl <sub>3</sub>                                 | 133.41 | 74.00  | 1.300 |
| 1,1,2-trichloroethane       | CH <sub>2</sub> ClCHCl <sub>2</sub>                              | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,2,2-trichloroethane       | CHClCHCl <sub>2</sub>  | 133.41 | 83.00  | 1.300 |
| 1,1,1,2-tetrachloroethane   | CHCl <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> Cl                             | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,2,2-tetrachloroethane   | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> CHCl <sub>2</sub>                | 181.38 | 114.00 | 1.890 |
| 1,1,1,2,2-pentachloroethane | CHCl <sub>3</sub> CHCl <sub>2</sub>                              | 239.83 | 144.00 | 2.420 |

2.4.3.1 序論

1) 研究の背景

室内空気汚染は、室内で使用されている建築材料、仕上げ材、合板などを多用した家具、フローリング等から放散される汚染物質が原因と考えられる。

特に塗料などの仕上げ材においては、多様に使用されており、主要な発生源として指摘されている。そのため、各種塗料からの化学物質の発生に関する基礎的資料の収集が急務とされている。

2) 既往の研究

野崎ら<sup>1)</sup>は、従来型の塗料、接着剤と「自然塗料」、「天然接着剤」として販売されているものについて検討を行っている。測定の結果、従来型のものよりも自然塗料・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が、一部の自然塗料・天然接着剤から溶剤系の化学物質の発生が確認されたことを報告している。

また、本橋ら<sup>2)</sup>は、低VOC型塗料、一般エマルジョン塗料からのホルムアルデヒド、VOCの放散挙動について、実際の室内壁面に塗装した場合を想定してラージチェンバーにより測定を行い、検討を行っている。

その結果、一般エマルジョン塗料と低VOC型塗料では、低VOC型塗料の発生が小さいことを報告している。

3) 研究の目的

本研究では、室内用の塗料に着目し、化学物質の発生が小さいと考えられる自然塗料からのVOCの発生について把握するものである。

2.4.3.2 実験概要

1) 測定対象汚染物質

表-2.4.2.1に測定対象のVOCを示す。

VOCは、脂肪族炭化水素、芳香族炭化水素、ハロゲン、ケトン、エステル、テルペン、アルデヒドに分類される。VOCの総量は、総揮発性有機化合物(TVOC: Total Volatile Organic Compounds)として、厚生労働省より暫定値400 μg/m<sup>3</sup>が設けられている。

2) 試験片の概要

表-2.4.3.2、写真-2.4.3.1に試験片の概要を示す。

本研究では、化学物質の発生が小さいと考えられる自然塗料5種類をを選定し、試験片とした。

試験片は、塗料からの発生を均一にするために、アルミ板に刷毛で均一に塗布し、24時間乾燥させた。

3) 実験システムの概要

図-2.4.3.1に示す実験システムを構築することにより、塗料からのVOCの発生について測定を行った。

表-2.4.3.2 試験片の概要

| 塗料    | 記号    | 種類         | 主成分*   | 適用・処理<br>部位・方法 |
|-------|-------|------------|--|----------------|
| 自然塗料A | NP(A) | 天然油性<br>塗料 | 亜麻仁油、イソアリファーチ、コロホニウムなど                             | 木部<br>2回塗り     |
| 自然塗料B | NP(B) |            | 植物油(亜麻仁油、アザミ油、ひまわり油、大豆油など)など                       |                |
| 自然塗料C | NP(C) |            | ワックス(カルナバ、カンデリラ)など                                 |                |
| 自然塗料D | NP(D) |            | 亜麻仁油、シトラール、ヒマシ油、スタンダード油など                          |                |
| 自然塗料E | NP(E) |            | 芳香テレピン油、柑橘類の皮から抽出した精油、マツの根の樹脂、ポイル亜麻仁油、亜麻仁スタンダード油など |                |

\*製品に記載されていたもの

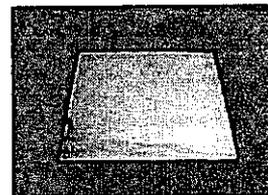


写真-2.4.3.1 試験片の一例

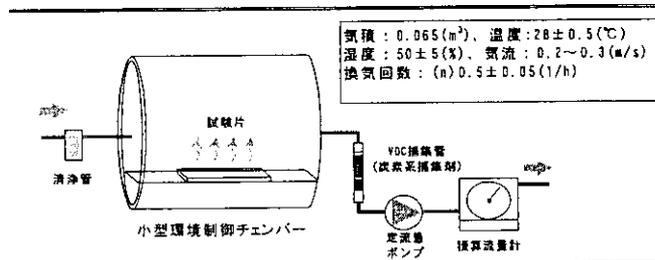


図-2.4.3.1 実験システムの概要

測定に使用した小型環境制御チェンバー(気積:0.065m<sup>3</sup>)は、温度(28±0.5℃)、湿度(50±5%)、換気量(0.5±0.05(l/h))の制御が可能であり、清浄空気が導入されている。

4) 捕集・分析機器

捕集・分析機器を以下に示す。

VOC(固体捕集-加熱脱離-GC/MS法)

a) 捕集装置

定流量ポンプ(柴田機械工業社製)

積算流量計(シナガワ社製 Model:DC-1A)

VOC捕集管(Spelco社製 Air Toxics)

b) 分析装置

加熱導入装置(Perkin Elmer社製 Model:Turbo matrix ATD)

GC/MS(Perkin Elmer社製 Model:Turbo mass gold)

5) VOCの捕集・分析

試料空気は、炭素系捕集剤に0.05(l/min)の流量にて、30(min)採取し、これを分析試料とした。試料空気は、加熱導入装置を用いてGC/MSに導入し、VOCの定性・定量分析を行った。

6) 実験手順

本研究では、以下の手順により自然塗料からのVOCの発生について測定を行った。

a) 予め、チェンバー内を薬液により洗浄した後、充分に換気を行い、チェンバー内への薬液の残留を最小限に抑える。

b) チェンバー内に一定の環境条件を構築する。(温度:28±0.5℃)、湿度(50±5%)、換気回数(0.5±0.05(l/h))、気流速度(0.2~0.3(m/s))

c) 試験片を速やかにチェンバー内に挿入する。

d) 光音響法測定装置により、定常状態に達したことを確認し、VOCの捕集を行う。

e) VOCは、加熱導入装置を用いてGC/MSに導入し、定性・定量分析を行う。

2.4.3.3 実験結果と考察

1) 各種自然塗料のVOC放散速度(P(A)~P(E))

図-2.4.3.2~2.4.3.7に各種自然塗料のVOC放散速度を示す。

a) 自然塗料A(P(A))

図-2.4.3.3に自然塗料A(P(A))のVOC放散速度を示す。

P(A)のTVOC放散速度は、298(μg/m<sup>2</sup>·h)の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptaneの顕著な発生が確認された。天然成分では、Limoneneにおいてわずかな発生を示したが、Pineneについては発生が見られなかった。

b) 自然塗料B(P(B))

図-2.4.3.4に自然塗料B(P(B))のVOC放散速度を示す。

P(B)のTVOC放散速度は、310(μg/m<sup>2</sup>·h)の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptane、ケトン類のMethylethylketoneの顕著な発生が確認された。天然成分では、Limoneneにおいてわずかな発生を示したが、α,β-Pineneについては発生が見られなかった。

c) 自然塗料C(P(C))

図-2.4.3.5に自然塗料C(P(C))のVOC放散速度を示す。

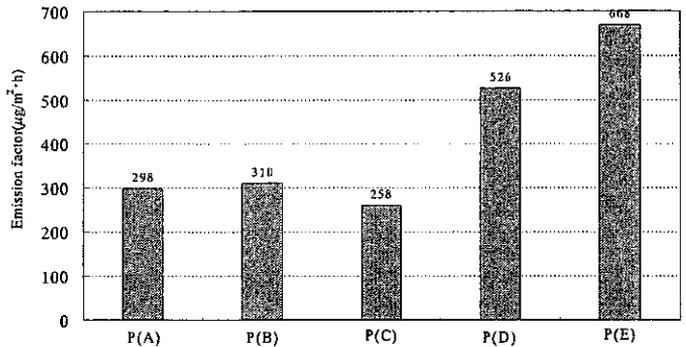


図-2.4.3.2 各種自然塗料のVOC放散速度

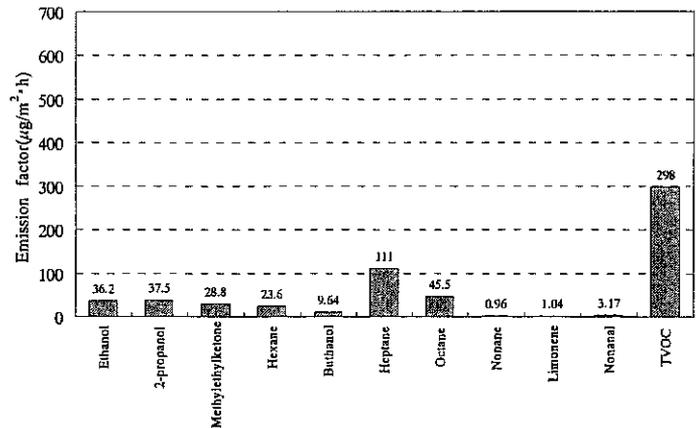


図2.4.3.3 自然塗料AのVOC放散速度(P(A))

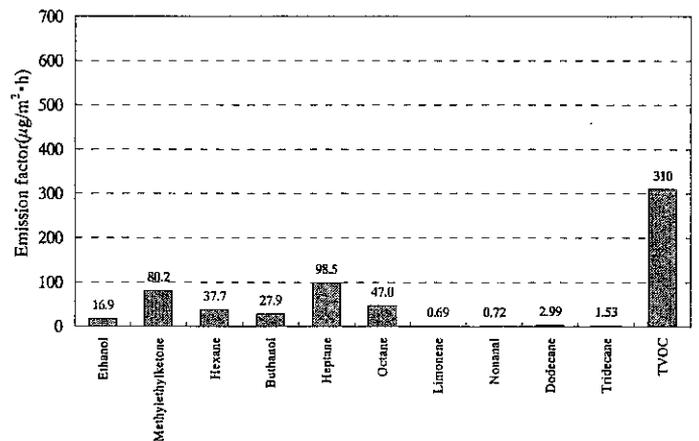


図-2.4.3.4 自然塗料BのVOC放散速度(P(B))

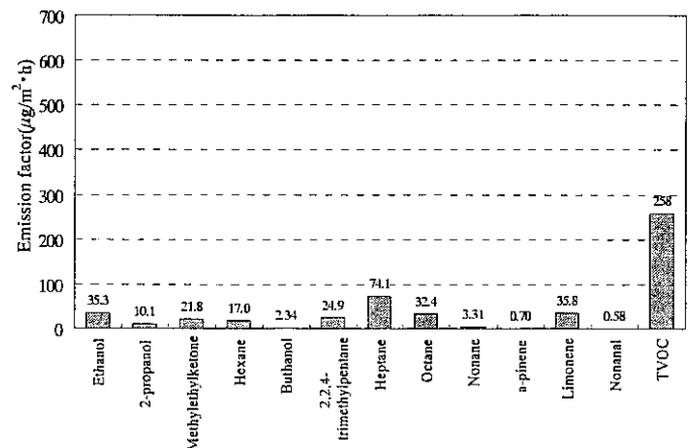


図-2.4.3.5 自然塗料CのVOC放散速度(P(C))

P(C)のTVOC放散速度は、258( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptaneの顕著な発生が確認された。天然成分では、 $\alpha$ -pinene、Limoneneの発生確認された。

d) 自然塗料D(P(D))

図-2.4.3.6に自然塗料D(P(D))のVOC放散速度を示す。

P(D)のTVOCの放散速度は、526( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptane、ケトン類のMethylethylketone、アルコール類のEthanolにおいて顕著な発生を示した。天然成分では、 $\alpha$ -pinene、Limoneneのわずかな発生が確認された。

e) 自然塗料E(P(E))

図-2.4.3.7に自然塗料E(P(E))のVOC放散速度を示す。

P(E)のTVOC放散速度は、610( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の値を示した。VOC成分では、脂肪族炭化水素類のHeptane、ケトン類のMethylethylketone、アルコール類のEthanol及びテルペン類のLimoneneにおいて顕著な発生を示した。 $\alpha$ 、 $\beta$ -pineneは、わずかな発生であった。

2) 考察

本来、自然素材の使用の観点から、溶剤系の化学物質の発生は小さいと考えられた。しかし、今回測定対象とした自然塗料全てにおいて発生が確認された。これらは、塗膜の形成段階で溶剤系成分が揮発した結果、検出されたものと考えられる。また、測定対象の自然塗料からの天然成分の発生については、P(E)以外微量の発生であった。今回の測定では、同定できた天然型成分は、Limonene、 $\alpha$ 、 $\beta$ -pineneの3成分のみであるが、さらに多くの成分がある。

2.4.3.4 まとめ

本研究では、溶剤系化学物質の発生量が小さいと考えられる自然塗料に着目し、その発生について測定を行った。本研究で得られた知見について以下に示す。

- 1) 各種自然塗料からのVOCの発生について、定量的に求めた。
- 2) 自然塗料A～Eからは、溶剤系の化学物質の発生が確認された。
- 3) 自然塗料A～EのVOC放散速度は、258～668( $\mu\text{g}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ )の範囲を示した。

2.4.3.5 今後の課題

今後の課題としては、実際の建材に塗布した場合のVOCの発生について把握し、また長期間使用した場合におけるVOCの発生の変化について把握する必要がある。

2.4.3.6 謝辞

本研究を遂行するに当たり、ご協力を頂いた折笠智昭君(東北化学園大学大学院生)並びに関係各位に謝意を表する。

2.4.3.7 引用文献

- 1) 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)、p58～59、

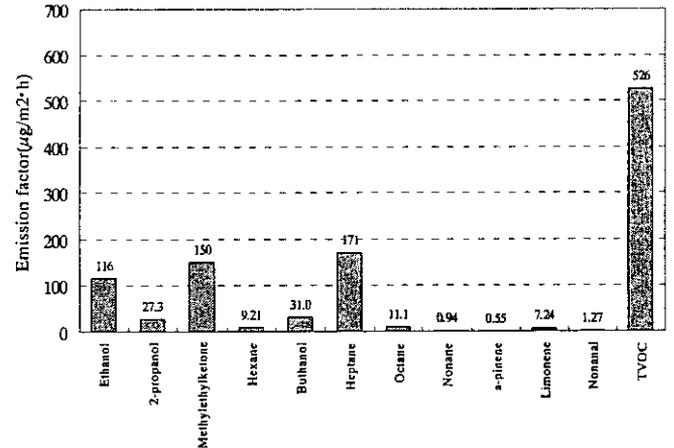


図-2.4.3.6 自然塗料DのVOC放散速度(P(D))

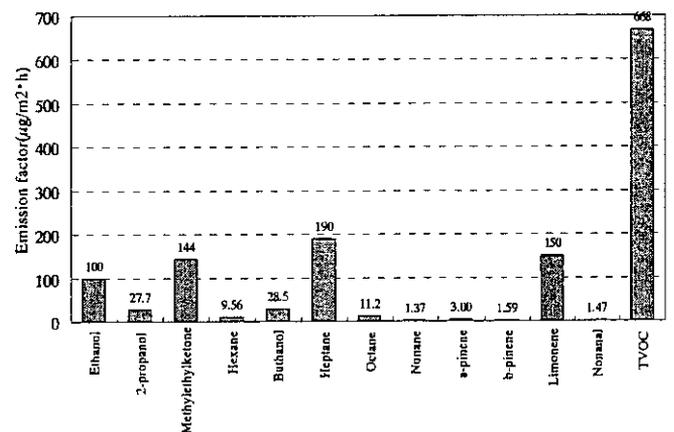


図-2.4.3.7 自然塗料EのVOC放散速度(P(E))

2002年

- 2) 野崎淳夫、飯倉一雄：スプレー式塗料から発生するVOCと室内空気汚染に関する研究、空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、p685～688、2002年9月
- 3) 上平、本橋、今井：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、p657～658、2003年

## 第5章 建材からの化学物質の発生

要約

第5章 建材からの化学物質の発生

2.5.1 床下構成部材

野崎淳夫(東北文化学園大学)

1. 目的

本研究においては、①床下内に滞留する化学物質濃度の実態調査を行い、化学物質濃度レベルの把握を行うものである。②床下構成部材(複合材)裏面から床下空間に対する化学物質発生量を求める基礎的研究が行われるものである。

これらにより、③化学物質による室内移流問題のメカニズムの解明と室内汚染防止対策の開発に関わる基礎的試料の収集が成されるものである。

2. 実験概要

1) 床下における化学物質濃度の実態調査

a) 測定対象住宅の概要・仕様

測定対象住宅は、RC造の集合住宅である。測定対象となる各住戸の構造、測定箇所と仕上げ仕様を表-1に示す。

b) 測定対象住宅の捕集・分析

床下の空気を捕集するために、床にサンプリング孔を設けることにした。このサンプリング孔から、VOC・ホルムアルデヒド捕集管に床下の空気を通気し、捕集を行い、この試料空気の定性定量分析を行った。具体的な捕集・分析方法を以下に示す。

i) VOCの捕集・分析方法(固体捕集-溶媒抽出-ガスクロマトグラフ法)

VOC捕集管(活性炭チューブ)に試料空気を0.5(l/min)の流量で5時間通気し、分析試料とGC/FIDで定性・定量分析を行った。また、TVOC濃度は、GC分析による同定物質の濃度の総和に未同

定物質のピーク面積値をトルエン換算した濃度を加えたものである。

ii) ホルムアルデヒドの捕集・分析方法(固相捕集-溶媒溶出-液体クロマトグラフ法)

ホルムアルデヒド捕集管(DNPHカートリッジ)に試料空気を1.0(l/min)の流量で3.0(l)通気し、分析試料とした。この試料をアセトニトルで5分間(溶出速度:1.0(ml/min))溶出した。溶出後、HPLCに導入し、定性・定量分析を行った。

2) 床下構成材における化学物質濃度の実態調査

a) 試験片の概要・作製方法

試験片として、30cm×30cm程度の複合材を実際の建物から採取した。採取した試験片は、切断面(端面)及び発生面に対し裏面をアルミ箔、アルミテープにて被覆した。本実験での発生面は、室内に発生する面と床下等に発生する面の2通りである。

b) 実験概要

東北文化学園大学の空気環境実験室内にスモールチェンバーを設置し、チェンバー内の温度、湿度及び、空気洗浄度の制御を行った(図-1参照)。

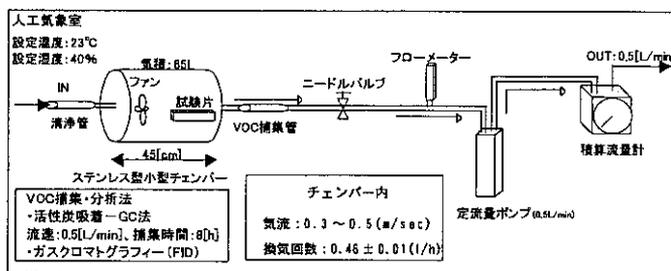


図-1 発生実験の概要図

表-1 住戸構造と測定対象室の仕上げ仕様

| 住戸 | 構造  | 測定対象室   | 測定箇所  | 測定物質     |     | 部位 | 測定対象室の仕上げ及び下地の仕様  |
|----|-----|---------|-------|----------|-----|----|---|
|    |     |         |       | ホルムアルデヒド | VOC |    |   |
| A  | RC造 | 居間      | 床下    | ○        | ○   | 床  | 在来床組み、ムクフローリング(ナラ): 厚さ18(mm)、畳貼り  |
|    |     |         |       |          |     | 壁  | 石膏ボード: 厚さ12(mm)、ビニールクロス貼り   |
| B  | RC造 | 居間      | 床下/床下 | ○        | ○   | 天井 | 石膏ボード: 厚さ9(mm)、ビニールクロス貼り  |
|    |     |         |       |          |     | 床  | パーティクルボード: 厚さ: 20(mm)、ラワン合板: 厚さ12(mm)合成フローリング                                 |
| C  | RC造 | 寝室      | 床下/床下 | ○        | ○   | 壁  | 石膏ボード: 厚さ12(mm)、ビニールクロス貼り   |
|    |     |         |       |          |     | 天井 | 石膏ボード: 厚さ9(mm)、ビニールクロス貼り  |
| D  | RC造 | 寝室      | 床下    | ○        | ○   | 床  | ネダマット下地ラワン合成: 厚さ12(mm)F <sub>1</sub> 相当品、合成フローリング: 厚さ12(mm)F <sub>1</sub> 相当品 |
|    |     |         |       |          |     | 壁  | 石膏ボード: 厚さ12(mm)、ビニールクロス貼り(ISM規格品)   |
| E  | RC造 | 書斎      | 床下/床下 | ○        | ○   | 天井 | 石膏ボード: 厚さ9(mm)、ビニールクロス貼り(ISM規格品)  |
|    |     |         |       |          |     | 床  | ネダマット下地ラワン合成: 厚さ12(mm)F <sub>1</sub> 相当品+合成フローリング: 厚さ12(mm)F <sub>1</sub> 相当品 |
| F  | RC造 | クローゼット  | 床下/床下 | ○        | ○   | 壁  | 石膏ボード: 厚さ12(mm)、ビニールクロス貼り(ISM規格品)   |
|    |     |         |       |          |     | 天井 | 石膏ボード: 厚さ9(mm)、ビニールクロス貼り(ISM規格品)  |
| G  | RC造 | 子供室     | 床下/床下 | ○        | ○   | 床  | ネダマット下地ラワン合成: 厚さ12(mm)F <sub>1</sub> 相当品+合成フローリング: 厚さ12(mm)F <sub>1</sub> 相当品 |
|    |     |         |       |          |     | 壁  | 石膏ボード: 厚さ12(mm)、ビニールクロス貼り(ISM規格品)   |
| H  | RC造 | ホール     | 床下    | ○        | ○   | 天井 | 石膏ボード: 厚さ9(mm)、ビニールクロス貼り(ISM規格品)  |
|    |     |         |       |          |     | 床  | ネダマット下地ラワン合成: 厚さ12(mm)F <sub>1</sub> 相当品+合成フローリング: 厚さ12(mm)F <sub>1</sub> 相当品 |
| I  | RC造 | ホール     | 床下    | ○        | ○   | 壁  | 石膏ボード: 厚さ12(mm)、ビニールクロス貼り(ISM規格品)   |
|    |     |         |       |          |     | 天井 | 石膏ボード: 厚さ9(mm)、ビニールクロス貼り(ISM規格品)  |
| J  | RC造 | ダクトスペース | -     | ○        | ○   | 床  | 石膏ボード: 厚さ9(mm)、ビニールクロス貼り(ISM規格品)  |

3. 結果

1) 床下濃度の実態

a) 測定対象室と床下のVOC濃度

床上、床下では、床下の測定値が高い実状が明らかになった。RC造の床下空間では、建材から発生した化学物質が滞留しやすく、また、この高濃度の化学物質が床下から室内に移流するリスクも考えねばならない。すなわち、滞留、移流する化学物質への対策の確立が必要であると思われる(表-2参照)。

b) 測定対象室のホルムアルデヒド濃度

床上、床下におけるホルムアルデヒド濃度の測定結果を示す。結果として、床上、床下の測定値を比較すると、VOCの場合程に高くはない。建材の低ホルムアルデヒド化が進行しており、ホルムアルデヒド濃度はVOC濃度に比較すると抑制されたものになっている(表-3参照)。

表-2 床上・床下におけるTVOC濃度の測定結果

| 住戸 | 対象室     | 床上濃度(μg/m <sup>3</sup> ) | 床下濃度(μg/m <sup>3</sup> ) |
|----|---------|--------------------------|--------------------------|
| A  | 居間      | -                        | 13                       |
| B  | 居間      | 1567                     | 4688                     |
| C  | 寝室      | 108                      | 1778                     |
| D  | 寝室      | -                        | 17877                    |
| E  | 書斎      | 158                      | 11290                    |
| F  | クローゼット  | 476                      | 6303                     |
| G  | 子供室     | 252                      | 1730                     |
| H  | ホール     | -                        | 556                      |
| I  | ホール     | -                        | 219                      |
| J  | ダクトスペース | -                        | 7319                     |

表-3 床上・床下における

ホルムアルデヒド濃度の測定結果

| 住戸 | 対象室     | 床上濃度(ppb) | 床下濃度(ppb) |
|----|---------|-----------|-----------|
| A  | 居間      | -         | 38.9      |
| B  | 居間      | 55.7      | -         |
| C  | 寝室      | 108       | 101       |
| D  | 寝室      | -         | 105       |
| E  | 書斎      | 60.4      | 130       |
| F  | クローゼット  | 101       | 101       |
| G  | 子供室     | 62.5      | 109       |
| H  | ホール     | -         | 97.7      |
| I  | ホール     | -         | 102       |
| J  | ダクトスペース | -         | 93.9      |

2) 建材からの汚染物質発生量

a) 試料試験片のTVOC濃度

各建材材料から発生した建材単位時間面積当たりのTVOCの発生量を表-4に示す。

b) 試料試験片のホルムアルデヒド濃度

各建材材料から発生したホルムアルデヒド発生量を表-5に示す。

表-4 建材からのTVOC発生量

| 発生面 | 部位        | 試験体表面積(m <sup>2</sup> ) | TVOC濃度C <sub>ss</sub> (μg/m <sup>3</sup> ) | *1 TVOC発生量M(μg/m <sup>2</sup> ・h) |
|-----|-----------|-------------------------|--|-----------------------------------|
| 室内側 | 床の間       | 0.083                   | 5159                                       | 1858                              |
| 床下側 | 床の間       | 0.080                   | 3940                                       | 1473                              |
| 室内側 | シーリングボード  | 0.080                   | 4316                                       | 1613                              |
| 床下側 | シーリングボード  | 0.079                   | 4190                                       | 1566                              |
| 室内側 | リビング      | 0.075                   | 2797                                       | 1115                              |
| 床下側 | リビング      | 0.080                   | 4959                                       | 1853                              |
| 室内側 | 子供室       | 0.080                   | 4145                                       | 1549                              |
| 床下側 | 子供室       | 0.080                   | 4275                                       | 1598                              |
| 床下側 | パーティクルボード | 0.084                   | 4161                                       | 1481                              |

\*1 23℃ a t mにおける発生量 \*2 本試験片は竣工後9ヶ月を経たRC造の住宅から採取したものであり、複合建材である。

表-5 建材からのホルムアルデヒド発生量

| 発生量 | 部位        | 構築温度(°C) | 試験体表面積(m <sup>2</sup> ) | ホルムアルデヒド濃度C <sub>ss</sub> |                          | ホルムアルデヒド発生量M(μg/m <sup>2</sup> ・h) |
|-----|-----------|----------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------------------|
|     |           |          |                         | 容積濃度(ppb)                 | 重量濃度(μg/m <sup>3</sup> ) |                                    |
| 室内側 | 床の間       | 23       | 0.083                   | 1748                      | 21.60                    | 7.78                               |
| 床下側 | 床の間       | 23       | 0.080                   | 9.010                     | 11.13                    | 4.16                               |
| 室内側 | シーリングボード  | 23       | 0.080                   | 10.11                     | 12.49                    | 4.87                               |
| 床下側 | シーリングボード  | 23       | 0.079                   | 46.35                     | 57.27                    | 21.7                               |
| 室内側 | リビング      | 23       | 0.075                   | 6.940                     | 8.575                    | 3.42                               |
| 床下側 | リビング      | 23       | 0.080                   | 3.840                     | 4.745                    | 1.77                               |
| 室内側 | 子供室       | 23       | 0.080                   | 23.00                     | 28.42                    | 10.6                               |
| 床下側 | 子供室       | 23       | 0.080                   | 13.19                     | 16.30                    | 6.09                               |
| 床下側 | パーティクルボード | 23       | 0.080                   | 18.33                     | 22.65                    | 8.47                               |

4. 室内濃度の構成のメカニズムと汚染防止対策

室内汚染物質濃度構成メカニズムを理論的に検討した。図-3に示すように、室内汚染物質濃度Cは、次式(1)に示すように、床下構成部からの床下への発生量(M<sub>j</sub>)と土壌面や土間コン等の床下処理面からの発生量(M<sub>g</sub>)より構成される床下汚染物質の室内移流量M<sub>r</sub>(ml/h)、その他の部位からの室内移流量M<sub>e</sub>(ml/h)、室内室内の総発生量M<sub>s</sub>(ml/h)と室換気量Q<sub>2</sub>(m<sup>3</sup>/h)および外気濃度C<sub>0</sub>(ml/h)により構成される。特に、室内移流量のM<sub>r</sub>は、(1)構造、施工方法や施工精度等に影響を受け、かつ(2)床下換気量(Q<sub>1</sub>)に依存するため、室内汚染低減のためには上記項目についての配慮を払わねばならない。特に室内移流量のM<sub>r</sub>は、(1)構造、施工方法や施工精度等に影響を受け、かつ(2)床下換気量(Q<sub>1</sub>)は床下換気口の配置、数、隣接する建築物、工作物等に影響を受ける。室内汚染を低減するには、M<sub>s</sub>、M<sub>r</sub>、M<sub>e</sub>の低減に努めなければならない。

$$C = C_0 + (M_s + M_r + M_e) / Q_2 - (1)$$

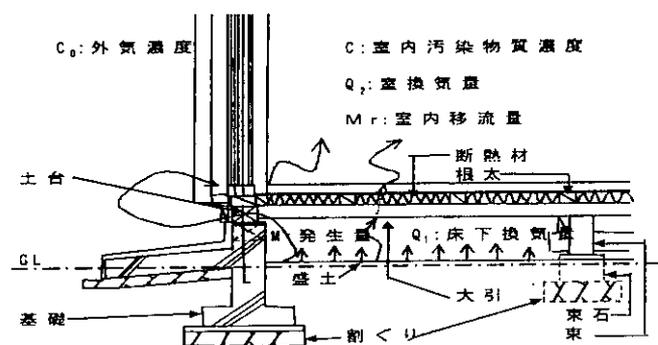


図-3 室内濃度構成のメカニズム (床下からの化学物質の室内移流)

5. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、協力を頂いた鈴木研司君(当時東北文化学園大学卒論生)並びに、関係各位に心から深謝致します。

6. 引用文献

- (1) 野崎淳夫：建材からの発生機構、室内空気環境設計法、日本建築学会、2002年3月
- (2) 野崎淳夫、池田耕一、吉澤晋、山崎唯史：建材(複合材)からのガス状物質発生機構、日本建築学会大会学術講演梗概集、D ii巻、pp733~734、1999年
- (3) 野崎淳夫、池田耕一、松村年郎：防虫剤等より発生する化学物質に関する研究、空調調和・衛生工学会学術講演論文集、ii巻、pp. 513~516、2000年

## 第5章 建材からの化学物質の発生

## 2.5.1 床下構成部材

野崎淳夫(東北文化学園大学)

## 2.5.1.1 序論

## 1) 本研究の背景

室内化学物質濃度低減のためには、現行の建築構造、施工方法、施工精度等を鑑みた実態の把握と対策の確立が急務である。

本研究は建築物の各部位から発生する化学物質の室内移流問題をテーマとしている。既往の研究のほとんどは、建材の室内側における発生を求めている。室内移流化学物質の発生箇所は、(a)床部、(b)壁部、(c)天井部に分類できる。

特に、床部では発生源強度として大きい複合フローリングや合板が使われている場合が多く、問題が大きい。すなわち、床下の換気性状がよくない場合には、化学物質の滞留が起こり、同空間は高濃度の化学物質で汚染される空間となり得るものと考えられる。さらには、本滞留ガスが室内に移流し、室内化学物質汚染(化学物質室内移流汚染)を引き起こす可能性があると思われる。

室内側仕上げ面における化学物質の発生を求める実験が、近年盛んに行われているが、床下の発生を前提にした研究例は見当たらない。また、実際の建築物では、建材が単体として用いられることは稀であり、種々の建材や施工剤が、確立した施工法より複合した形(複合材)で構成されていることが報告されている。たとえば、フローリングの下地には、合板が接着貼りされることが多い。フローリングと合板による複合材表面からの化学物質の発生については、野崎らの研究報告があるが、裏面(床下への発生)からの発生についての研究は行われていない状況にある。従って、既往の研究成果を用いて、床下や壁体内等の空間における化学物質濃度の予測を行うことは困難である。

## 2) 本研究の目的

そこで、本研究においては、床下構成部材(複合材)裏面からの床下への化学物質発生濃度を実験的に明らかにするものである。本実験により、床構成部材からの床下空間に対する化学物質発生量を求める基礎的研究が行われるものである。

## 2.5.1.2 実験概要

## 1) 測定対象物質

ホルムアルデヒド(HCHO)は、無色で刺激臭を有し、常温ではガス状である。また、沸点が-21(°C)と低く室内空気汚染物質としての挙動がVOCと類似しているが、その有害性が特有であることなどの理由からVOCと分けて扱うのが普通である。また、VOCは室内における検出頻度等から表-2.5.1.1に示す成分を測定対象とした。

## 2) 測定機器

本実験においては、次の機器と捕集管を用いた。

## a) VOC、ホルムアルデヒドの捕集装置

・積算流量計・・・シナガワ社製、形式:DC-1A)、最小目盛:5(ml)、最大積算流量:999(m<sup>3</sup>)、使用温度:-10~+50(°C)、圧力損失:0.2(kPa)、最高使用圧力:9.8(kPa)

・定流量ポンプ・・・柴田機器工業、形式:MP-2N型、最大流量:2.5(l/min)、流量可変範囲:0~2.5(l/min)、最大吸引圧:33(Kpa)

## b) 捕集管

・VOC捕集管・・・柴田機械工業、活性炭充填量(上流側):400(mg)、活性炭充填量(下流側):200(mg)、粒径:20~40メッシュ  
・ホルムアルデヒド捕集管・・・Waters社製、DNPHシリカゲル充填量:0.35(g)、粒径:18~35メッシュ

## c) 分析装置

・VOC分析装置(ガスクロマトグラフ)・・・GLサイエンス社製、形式:GC-353、検出器:FID、カラム:Sil-8cb

・ホルムアルデヒド分析装置(高速液体クロマトグラフ)・・・日立社製、形式:L-7000、検出器:UV、カラム:ODS-3

## d) 捕集・分析方法

## i) VOCの捕集・分析方法

## 固体捕集-溶媒抽出-ガスクロマトグラフ法

VOC捕集管に空気を0.5(l/min)の流量で5時間通気した。VOC捕集管から上流部と下流部の活性炭を別々のバイアル瓶に入れ、栓をした後に軽く振とうした。その後、数回の振とうを行いながら2時間の抽出を行い、分析試料とした。抽出終了後に上流部、下流部の分析試料をGCによる定性・定量分析を行った。上流部と下流部の測定値により、破過についての検討を行った

表2.5.1.1 測定対象のVOC

| 分類      | VOC            | 化学式   | 分子量    | 沸点    | 比値    |
|---------|----------------|---|--------|-------|-------|
| 脂肪族炭化水素 | n-ヘキサン         | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>                     | 86.18  | 68.74 | 0.659 |
|         | n-ヘプタン         | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>                     | 100.2  | 98.43 | 0.684 |
|         | n-オクタン         | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>                     | 114.23 | 125.6 | 0.703 |
|         | n-ノナン          | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>                     | 128.26 | 150.7 | 0.722 |
|         | n-デカン          | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>                     | 142.28 | 174   | 0.730 |
|         | n-ウンデカン        | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH <sub>3</sub>                     | 156.31 | 195.6 | 0.740 |
|         | n-ドデカン         | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub>                    | 170.34 | 213   | 0.749 |
|         | 2,2,4-トリメチルペンタ | (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CC(CH <sub>3</sub> )CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> | 114.23 | -     | -     |
| 芳香族炭化水素 | ベンゼン           | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>   | 78.11  | 80.1  | 0.879 |
|         | トルエン           | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>                                       | 92.13  | 110.7 | 0.866 |
|         | エチルベンゼン        | C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>                         | 106.16 | 136.2 | 0.867 |
|         | m-キシレン         | 1,3-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                   | 106.16 | 138.8 | 0.868 |
|         | p-キシレン         | 1,4-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                   | 106.16 | 144   | 0.880 |
|         | 1,3,5-トリメチルベンゼ | C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>                       | 120.19 | 164.6 | 0.883 |
|         | 1,2,4-トリメチルベンゼ | C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>                       | 120.19 | 236   | 0.957 |
|         | 1,2,3-トリメチルベンゼ | C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>                       | 120.19 | 176   | 0.894 |
| ハロゲン    | ジクロロメタン        | CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>   | 84.93  | 40.1  | 1.335 |
|         | トリクロロエチレン      | CHCl <sub>2</sub> CCl <sub>2</sub>  | 131.38 | 86.7  | 1.456 |
|         | テトラクロロエチレン     | Cl <sub>2</sub> C <sub>2</sub> CCl <sub>2</sub>                                     | 165.82 | 121   | 1.625 |
|         | p-ジクロロベンゼン     | C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>                                       | 146.99 | 173.7 | 1.458 |
| テルペン    | 2-ピネン          | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   | 136.23 | 160   | 0.862 |
|         | リモネン           | C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>   | 136.24 | 176.4 | 0.842 |
| エステル    | 酢酸エチル          | CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub>                                    | 88.1   | 77    | 0.895 |
|         | 酢酸ブチル          | CH <sub>3</sub> COOC <sub>4</sub> H <sub>9</sub>                                    | 116.16 | 126.3 | 0.883 |
| ケトン     | アセトン           | CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>   | 58.08  | 56.2  | 0.792 |
|         | メチルエチルケトン      | CH <sub>3</sub> COCH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                                   | 72.11  | 79.6  | 0.805 |
|         | メチルイソブチルケトン    | (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> CHCH <sub>2</sub> COCH <sub>3</sub>                 | 100.16 | 115.8 | 0.804 |
| アルコール   | エタノール          | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH  | 46.07  | 78.3  | 0.815 |
|         | ブタノール          | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH                  | 74.12  | 117.7 | 0.811 |
| アルデヒド   | フナナル           | C <sub>7</sub> H <sub>12</sub> CHO  | 145.24 | -     | 0.830 |
|         | デカナル           | CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>2</sub> OH                  | 160.29 | 232.9 | 0.828 |

がいずれの検体においても捕集管の保持容量を上回る破過は認められなかった。また、TVOC濃度は、GC分析による同定物質の濃度の総和に未同定物質のピーク面積値をトルエン換算した濃度を加えたものである。

ii) ホルムアルデヒドの捕集・分析方法 (固相捕集 - 溶媒溶出 - 液体クロマトグラフ法)

ホルムアルデヒド捕集管に試料空気を1.0(l/min)の流量で3.0(l)通気し、分析試料とした。この試料をアセトニトルで(溶出速度:1.0(ml/min)溶出した。溶出後、HPLCに導入し定性・定量分析を行った。

3) 実験システムの概要

東北文化学園大学の空気環境実験室内にスモールチェンバー(本体:ステンレス製、容積(試料の容積含む):65l)を設置し、チェンバー内の温度、湿度及び、空気清浄度の制御を行った(図-2.5.1.1参照)。

また、スモールチェンバー内の一様拡散状態を得る為に、チェンバー内に小型拡散ファンを設置した。この時のチェンバー内の気流は0.3~0.5(m/sec)である。換気量の調節は、給気側と排気側の流量を調整することを行い、換気回数を0.46±0.01(1/h)とした。

4) 試験片の概要・作製方法

a) 試験片の概要

床下における化学物質濃度の実態測定において、測定対象住戸とした9戸のうち、RC造の住戸(1戸)を本実験の測定対象住宅とした。この測定対象住宅の和室、階段室、居間、子供室における室内への化学物質の移流が考えられる発生部位を選定し、約30角の複合材を採取し、試験片とした。測定対象室の発生部位、試験片の概要を表-2.5.1.2に示す。

b) 試験片の作製方法

試験片は、現場施工を忠実に再現するために、測定対象室における発生部位を30(cm)×30(cm)程度の大きさに切断した。この切断面(端面)及び、発生面に対し裏面をアルミ箔、アルミテープにて被覆した。本実験での発生面は、室内に発生する面(写真-2.5.1.1、2.5.1.3、2.5.1.5、2.5.1.7、2.5.1.9参照)と床下等に発生する面(写真-2.5.1.2、2.5.1.4、2.5.1.6、2.5.1.8、2.5.1.9参照)の2通りである。この具体的な試験片の作製状況を図-2.5.1.2~2.5.1.10に示す。

5) 実験手順

東北文化学園大学の人工気象室(屋外条件試験室、屋内条件試験室)内にスモールチェンバー(本体:ステンレス製、容積(建材の容積含む):65l)を用いて、次の実験手順により発生実験を行った。

a) あらかじめ、チェンバー内を薬液により清浄し、換気を十分行う。薬液による洗浄後、加熱処理を施し、薬液の残留を最小限に抑える。

b) チェンバー内に一定の換気条件を構築する。(Temp:23[℃]、RH:40[%]、換気回数:0.46(1/h)、気流速度:0.3~0.4m/s)人工気象室、及びチェンバー内の空気は、拡散ファンを用いて一様拡散させる。

c) 測定対象試料チェンバー内に挿入し、測定を行う。

i) チェンバー換気回数

次の(1)と(2)からチェンバー内の換気回数を求めた。

・導入空気量:500(ml/min)=500×60(ml/h)=30000(ml/h)=30(l/h)・・・(1)

・チェンバーの気積:65(l)・・・(2)

・チェンバー内の換気回数:(1)/(2)=0.46(1/h)

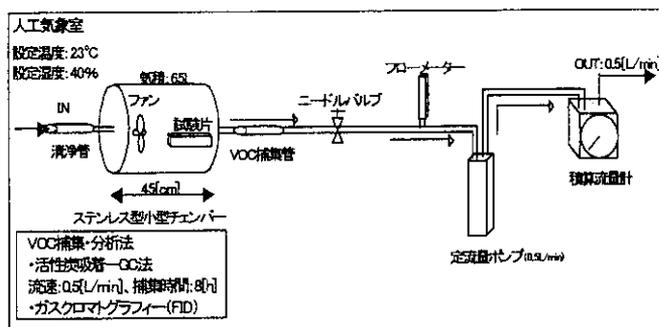


図-2.5.1.1 実験システムの概要

表-2.5.1.2 試験片の概要

| 試験片 | 発生室 | 試験片採取した部位 | 試験片の名称    | 化学物質発生面 | サイズ(cm)   | 発生面積(cm <sup>2</sup> ) |
|-----|-----|-----------|-----------|---------|-----------|------------------------|
| A   | 和室  | 床の間       | 床の間巻      | 室内側     | 28.5×29.0 | 827                    |
| A'  |     |           | 床の間巻      | 床下側     | 28.3×28.3 | 801                    |
| B   | 階段室 | 手すり壁      | シーシングボード巻 | 室内側     | 28.5×28.0 | 798                    |
| B'  |     |           | シーシングボード巻 | 室内側     | 28.3×28.0 | 792                    |
| C   | 居間  | 床         | リビング巻     | 室内側     | 29.2×28.8 | 753                    |
| C'  |     |           | リビング巻     | 床下側     | 29.5×27.0 | 797                    |
| D   | 子供室 | 床         | 子供室巻      | 室内側     | 28.0×28.5 | 798                    |
| D'  |     |           | 子供室巻      | 床下側     | 28.0×28.5 | 798                    |
| E   | 居間  | 床         | パーティクルボード | 室内床下側   | 27.5×30.5 | 839                    |



図-2.5.1.2 試験片A (室内側)の作製例



図-2.5.1.3 試験片A' (床下側)の作製例

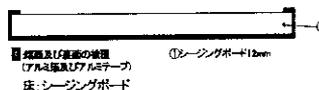


図-2.5.1.4 試験片B (室内側)の作製例

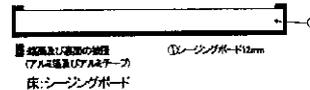


図-2.5.1.5 試験片B' (室内側)の作製例

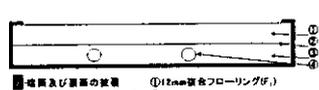


図-2.5.1.6 試験片C (室内側)の作製例

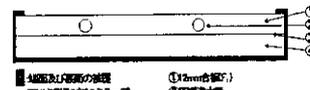


図-2.5.1.7 試験片C' (床下側)の作製例



図-2.5.1.8 試験片D (室内側)の作製例



図-2.5.1.9 試験片D' (床下側)の作製例

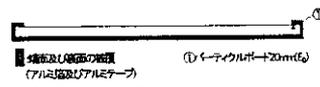


図-2.5.1.10 試験片E (室内側、床下側)の作製例

2.5.1.3 実験結果

1) 実在住宅における建材からの化学物質

床下空間の換気性状が悪い場合、床下構成材下面からの拡散が抑制されるモデルを想定した。この場合、素材が同一のものであれば、床上における発生は促進され、床下における建材からの発生は抑制されることになる。これにより、床下材からの化学物質発生量は、大きくなるはずである。ここで、2つの試験片を測定対象室から切り出して、同時にチェンバー実験を行った。たとえば、床の間では室内側に面していた試験片をA、床下側に面していた試験片をA'とした。両試験片は隣接したものであり、現場から採取した後にすみやかに発生面のみを露出させる試験法とした。(試験片の作製方法を参照)ただし、今回採取した試験片では、表側と裏側の構成は同一とはなっていないため、想定したモデルの検証を行うには至っていない現状にある。

a) 試料試験片(部位)のホルムアルデヒド濃度

各試料から発生したホルムアルデヒド濃度を表-2.5.1.3、図-2.5.1.11に示す。試験片の表裏側から発生したホルムアルデヒド濃度は、B、B'を除いては、床裏からの発生濃度は低い。ただし、想定したモデルの検証を行うには至っていない。

a) 試料試験片(部位)のVOC濃度

各試料から発生したTVOCのチェンバー内測定濃度を表-2.5.1.4、図-2.5.1.12、図-2.5.1.13~2.5.1.21に示す。結果として、試験片の表裏側の測定を行ったが、サンプル片の発生面積は、約800cm<sup>2</sup>で同等であるにもかかわらず、大きな違いは確認できなかった。

i) 床の間(室内、床下)

床の間(室内側)では、12(mm)複合フローリングや12(mm)合板、接着剤が使われている。同定されたVOC発生濃度は、2721(μg/m<sup>3</sup>)であった。このVOCの大半を占めてたのがペンタデカンであった。ペンタデカンの発生濃度は1600(μg/m<sup>3</sup>)であった。また、TVOC値では、5159(μg/m<sup>3</sup>)であった。

表-2.5.1.3 試験片から発生したホルムアルデヒドのチェンバー内濃度

| 試験片 | 試験片の部位      | 発生面積(cm <sup>2</sup> ) | 濃度(ppb) |
|-----|-------------|------------------------|---------|
| A   | 床の間(表)      | 826.5                  | 17.48   |
| A'  | 床の間(裏)      | 800.9                  | 9.01    |
| B   | シーリングボード(表) | 798                    | 10.11   |
| B'  | シーリングボード(裏) | 792.4                  | 46.35   |
| C   | リビング(表)     | 753.4                  | 6.94    |
| C'  | リビング(裏)     | 796.5                  | 3.84    |
| D   | 子供室(表)      | 798                    | 23.0    |
| D'  | 子供室(裏)      | 798                    | 13.19   |
| E   | パーティクルボード   | 838.8                  | 18.33   |

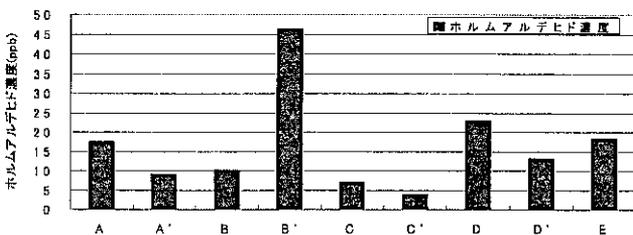


図-2.5.1.11 試験片から発生したホルムアルデヒドのチェンバー内濃度

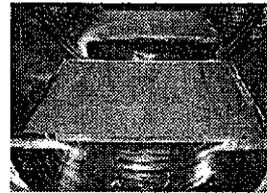


写真-2.5.1.1 試験片Aの発生面(室内側)

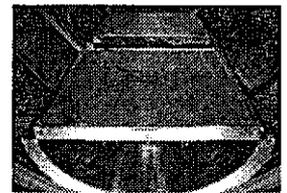


写真-2.5.1.2 試験片A'の発生面(床下側)

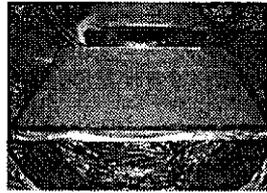


写真-2.5.1.3 試験片Bの発生面(室内側)

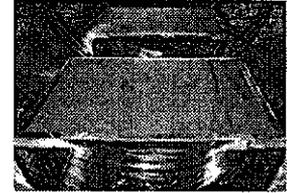


写真-2.5.1.4 試験片B'の発生面(床下側)



写真-2.5.1.5 試験片Cの発生面(室内側)

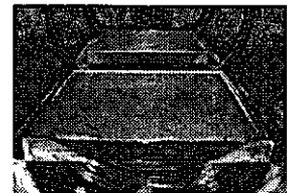


写真-2.5.1.6 試験片C'の発生面(床下側)



写真-2.5.1.7 試験片Dの発生面(室内側)

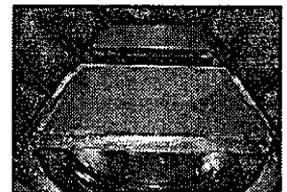


写真-2.5.1.8 試験片D'の発生面(床下側)

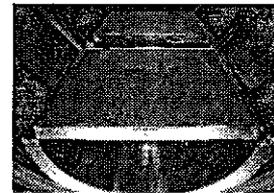


写真-2.5.1.9 パーティクルボード

表-2.5.1.4 試験片から発生したVOCのチェンバー内濃度

| 試験片 | 試験片の部位      | 発生面積(cm <sup>2</sup> ) | 濃度(μg/m <sup>3</sup> ) |
|-----|-------------|------------------------|------------------------|
| A   | 床の間(表)      | 826.5                  | 5159                   |
| A'  | 床の間(裏)      | 800.9                  | 3940                   |
| B   | シーリングボード(表) | 798                    | 4316                   |
| B'  | シーリングボード(裏) | 792.4                  | 4190                   |
| C   | リビング(表)     | 753.4                  | 2797                   |
| C'  | リビング(裏)     | 796.5                  | 4959                   |
| D   | 子供室(表)      | 798                    | 4145                   |
| D'  | 子供室(裏)      | 798                    | 4275                   |
| E   | パーティクルボード   | 838.8                  | 4161                   |

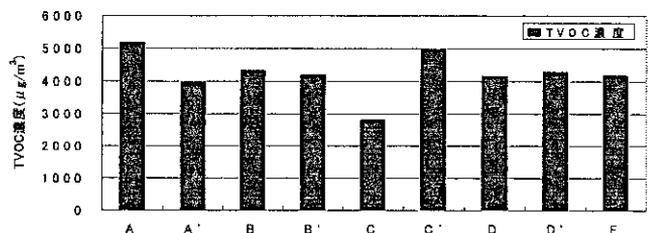


図-2.5.1.12 試験片から発生したVOCのチェンバー内濃度





第5章 建材からの化学物質の発生

要約

2.5.2 フローリング

野崎淳夫(東北文化学園大学)

1. はじめに

室内での化学物質発生源としては、建材、家具、燃焼器具、日用品などが挙げられる。そのなかで、床部に使用されているフローリングについては、室内での使用面積が大きく発生源強度も比較的大きいと考えられており、各種研究機関、大学により様々な研究がなされている。

本研究では、発生量が小さいと考えられるムクフローリング建材のVOCの発生量・特性について把握することを目的とし、汚染低減対策を講ずる上での基礎的資料の収集を行うものである。

2. 実験概要

1) 試験片の概要

表-1に試験片の概要を示す。

本研究では、ムクフローリング建材9種類(材種: マツ、カエデ、クリ、ブナ、スギ、ナラなど)を試験片とした。試験片は、建材商社などから購入した。

試験片の保管は、表裏をアルミ箔などで被覆し、一定の環境条件が得られる場所に保管した。

2) 実験システムの概要

図-1に示す実験システムを構築することにより、フローリングからのVOCの発生について測定を行った。

測定に使用した小型環境制御チェンバー(気積: 0.065 m<sup>3</sup>)は、温度(28 ± 0.5 [°C])、湿度(50 ± 5 [%])、換気量(0.5 ± 0.05 [1/h])の制御が可能であり、清浄空気が導入されている。

3) 捕集・分析機器

捕集・分析機器を以下に示す。

VOC(固体捕集-加熱脱離-GC/MS法)

a) 捕集装置

定流量ポンプ(柴田機械工業社製)

積算流量計(シナガワ社製 Model: DC-1A)

VOC捕集管(Spelco社製 Air toxics)

b) 分析装置

加熱導入装置(Perkin Elmer社製 Model: Turbo matrix ATD)

GC/MS(Perkin Elmer社製 Model: Turbo mass gold)

4) VOCの捕集・分析

VOCは、炭素系捕集剤に0.05(1/min)の流量にて、30(min)採取し、これを分析試料とした。捕集された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。

5) 実験手順

本研究では、以下の手順によりムクフローリング建材からVOCの発生について測定を行った。

a) 予め、チェンバー内を薬液により洗浄した後、十分に換気を行い、チェンバー内への薬液の残留を最小限に抑える。

b) チェンバー内に一定の環境条件を構築する。(温度: 28 ± 0.5

表-1 試験片の概要

| 試験片     | 記号    | 木材種 | 表面塗膜       | FJ*等 |
|---------|-------|-----|------------|------|
| フローリングA | FL(A) | マツ  | 無          | 無    |
| フローリングB | FL(B) | カエデ | 無          | 有    |
| フローリングC | FL(C) | クリ  | 無          | 無    |
| フローリングD | FL(D) | ブナ  | 無          | 有    |
| フローリングE | FL(E) | スギ  | 無          | 無    |
| フローリングF | FL(F) | ナラA | 無          | 無    |
| フローリングG | FL(G) | ナラB | 無          | 無    |
| フローリングH | FL(H) | ナラC | ダークブラウン    | 無    |
| フローリングI | FL(I) | ナラD | ナチュラル      | 無    |
| フローリングJ | FL(J) | ナラE | 天然ワックスクリアー | 無    |
| フローリングK | FL(K) | ヒノキ | クリアー       | 無    |
| フローリングL | FL(L) | チーク | マロンカラー     | 無    |
| フローリングM | FL(M) | サクラ | クリアー       | 無    |

\*FJ: フィンガージョイント

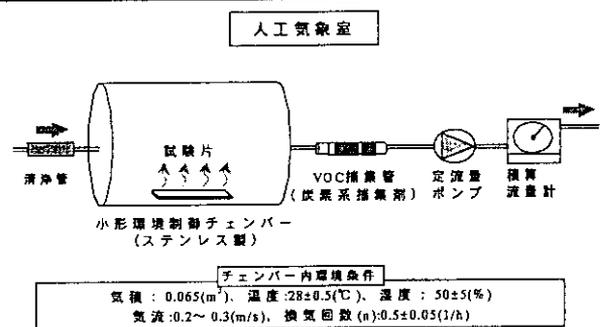


図-1 実験システムの概要

表-2 測定対象のVOC

| 分類      | VOC   |
|---------|---|
| 脂肪族炭化水素 | Decane, Undecane, Dodecane, Tridecane, Tetradecane, Pentadecane   |
|         | Hexadecane, Heptane, Octane, Nonane, Dichloromethane, Hexane  |
|         | 2,4-dimethylpentane, 2,4-trimethylpentane, Bromodichloromethane, Dibromochloromethane   |
| 芳香族炭化水素 | Benzene, Toluene, Ethylbenzene, Styrene, o-xylene, m-xylene, p-xylene   |
|         | o-ethyltoluene, m-ethyltoluene, p-ethyltoluene, 1,2,4-trimethylbenzene  |
|         | 1,2,3-trimethylbenzene, 1,2,4,5-tetramethylbenzene, 1,3,5-trimethylbenzene  |
| ハロゲン類   | Chloroform, Carbon tetrachloride, Trichloroethylene, Tetrachloroethylene, p-dichlorobenzene, 1,2-dichloropropane, 1,2-dichloroethane, 1,1,1-trichloroethane |
|         | テルペン類   |
| エステル類   | Ethylacetate, Butylacetate  |
| ケトン類    | Acetone, Methyl ethyl ketone, Methyl isobutyl ketone  |
| アルコール類  | Ethanol, 2-propanol, Butanol  |
| アルデヒド類  | Nonanal, Decanal  |

(°C)、湿度(50 ± 5 (%))、換気回数(0.5 ± 0.05 (1/h))、気流速度(0.2 ~ 0.3 (m/s))

c) 試験片を速やかにチェンバー内に挿入する。

d) 光音響法測定装置により、定常状態に達したことを確認し、VOCの捕集を行う。

e) VOCは、加熱導入装置を用いてGC/MSに導入し、定性・定量分析を行う。

3. 実験結果と考察

1) ムクフローリング建材(未塗装)のVOC放散速度

各種未塗装フローリング建材のVOC放散速度を図-2に示す。未塗装フローリング建材のVOC放散速度は、ブナ(FL(D))の値が最も大きく、168(μg/m<sup>2</sup>・h)を示した。ブナ(FL(D))からは、

