

V. 家庭用品由来化学物質の暴露のシナリオと推計モデル開発に関する研究

暴露評価は、ヒトが最終的に経口、経気道あるいは経皮的に暴露する化学物質の量を算出することにある。しかしながら、暴露源である種々の製品における利用の仕方は、千差万別であり、暴露源における化学物質の存在量や放散量などの把握のみで、ヒトの暴露量を算定することはできない。したがって我々の周辺にある製品から放散される化学物質によって暴露する機会を把握する技術と評価の過程の手順を詳細に検討した。

暴露推定には、第1に家庭用品の種類把握から始めなければならない。次いで、第2に類別化、放散パターンと暴露経路、第3に放散試験法、第4に総合暴露評価の概念、第5に具体的手法を以下の項目について示した。

1. 家庭用品からの暴露の様式に伴う類別化と暴露の機会に関する研究
2. 家庭用品中化学物質の放散パターンと暴露経路の概念に関する研究
3. 家庭用品の放散量の試験方法に関する研究
4. 総合暴露評価に関する研究
5. 総合暴露評価の具体的算出に関する研究

V-1. 家庭用品からの暴露の様式に伴う類別化と暴露の機会に関する研究

暴露のパターンを想定した家庭用品からの化学物質の放散様式を類型化と使用様式と頻度等による暴露実態の振れ幅を評価するため、以下の過程によって分類した。

1. 1. 家庭用品の種類
1. 2. 暴露の類型化を念頭においた家庭用品の分類
 - (1)製品の機材、材質からの分類
 - 1)基材の材質、 2)表面加工材
 - (2)使用時、熱発生に伴う化学物質放散量変動製品の分類
 - (3)家庭用品中化学物質の存在形体からの分類
 - (4)化学物質の放散速度からの分類
1. 3. 暴露の機会からの分類
 - (1)利用・使用状況等、季節製品からの分類
 - (2)使用・利用の頻度、回数、時間等、暴露の機会からの分類
 - (3)化学物質の物理・化学特性による暴露経路からの分類
 - (4)家庭用品の設置場所や行動パターン
1. 4. 家庭用品の暴露評価を想定した分類

V-2. 家庭用品中化学物質の放散パターンと暴露経路の概念に関する研究

上記の情報を基に暴露評価と家庭用品に由来するリスク評価を試みた。本年度は居室、家庭用品の種類、対象者、呼吸量等の条件を仮定した場合の家庭用品からの放散と暴露量を推定の考え方を以下の手順に従って整理した。

2. 1. 化学物質の暴露状況からの類別化
2. 2. 家庭用品の用途と利用・使用の仕方に伴う室内空気、床面、壁面の化学物質の濃度変化
 - (1)使用方法と室内での分布の概念
 - 1)建具のような常時室内に化学物質を放散している家庭用品
 - 2)人の活動時のみ使用の家庭用品

- 3)家庭用品の使用と共に室内濃度が上昇する家庭用品
- 4)使用によって局所に一時的に高濃度な状況が発生する家庭用品
- 5)間欠使用の家庭用品
- 6)弱者における暴露
- 7)家庭用品の利用・使用による季節変動、年間変動

V-3. 家庭用品の放散量の試験方法に関する研究

家庭用品を室内で使用した場合の化学物質の放散量を評価するため、一般居住環境を想定したチャンバーまたは居室試験によって、室内空気中濃度および床面、壁面への沈降または吸着残留量を求める放散量試験方法を確立した。

V-4. 総合暴露評価に関する研究

上記に示した暴露量の推計を基に健常人と子供について、経口、経気道及び経皮の総合的な暴露評価を以下の手順で実施した。

4. 1. 家庭用品中化学物質による暴露評価の手順

4. 2. 暴露評価の基礎データ

- (1)家庭用品放散量試験による室内空気、床面、壁面における化学物質量
- (2)居住環境における空間、面積の設定

4. 3. 暴露経路における基礎的変動要因における重み付け

(1)経気道暴露

- 1) 健常人、2) 子供

(2)経口暴露

- 1) 健常人、2) 子供

(3)経皮暴露

- 1) 健常人、2) 子供

4. 4. 家庭用品の使用状況とヒトの行動パターンによる暴露の不確実性要因

- (1)室内濃度、床面及び壁面の変動要因
- (2)暴露経路、頻度・期間

4. 5. 経路別・対象者別の暴露予測

(1)経気道暴露予測

- 1) 空気中濃度、2) 変動要因、3) 暴露時間

(2)経口暴露予測

- 1) 床面残留量、2) 変動要因、3) 暴露時間、4) 経口暴露条件の計算例

(3)経皮暴露予測

- 1) 床残留量、2) 皮膚付着率・接触面積・体重、3) 暴露時間、4) 皮膚からの体内吸収率

4. 6. 総暴露量の推定

V-5. 総合暴露評価の具体的算出に関する研究

5. 1. 暴露経路別暴露量および個別家庭用品に起因する暴露量の算出

VI. 家庭用品中放散性化学物質の総合的リスク評価に関する研究

家庭用品の総合的リスク評価では、リスク評価の概念と手順を示し、その具体的方法を以下の項目に分けて例を挙げて示した。

1. リスクアセスメントの概念と安全性評価の作業手順の提案
2. 家庭用品のリスクアセスメントの手順と各論
3. 安全性評価(安全性の検証：リスクアセスメント)
4. 家庭用品中放散性化学物質の具体的総合的リスク評価の例

VI-1. 室内化学物質濃度が呼気へ及ぼす影響調査

日常的に接着剤や塗料による健康影響及び吸気と呼気の測定から真の吸収量を評価するため、「木工作业所」の協力を得て、室内外空气中VOCs測定と同時に作業所内外での被験者の呼気中VOCs濃度測定を行った。脂肪族炭化水素類(90mg/m³)、エステル類(3,800μg/m³)、テルペン類(3,400μg/m³)、芳香族炭化水素類(3,200μg/m³)及びフタル酸エステル類(2,500μg/m³)の5分類が高濃度で検出され、これら5分類で全体の99%を占めた。被験者の暴露前後の呼気中VOCs濃度は、各々130μg/m³、1,200μg/m³であり、室内に一定時間滞在後に吸引した暴露後の呼気中VOCs濃度は暴露前の10倍の濃度を示した。暴露前の呼気中からアルコール類(40μg/m³)とケトン類(24μg/m³)が検出されたが、特にアルコール類は室内外空気ともに不検出であったが、アルコール類を検討したところ、最も高濃度を示した物質は2-エチル-1-ヘキサノールであった。暴露前はアルコール類の76%(33.8μg/m³)を占め、暴露後は69%(31.1μg/m³)を占めた。

VI-2. リスクアセスメントの概念と安全性評価の作業手順の提案

前述した家庭用品による化学物質の暴露評価の結果と用量-反応評価を合わせてリスクアセスメントの手順を以下の項目に従って評価することを提案し、その具体的例を挙げて示した。

2. 1. 家庭用品製造に関わる有用性とヒトへの安全性
2. 2. リスクアセスメント
 - (1)リスクアセスメントの概要、(2)リスクアセスメントの手法
2. 3. 用量-反応評価
 - (1)毒性試験情報の収集、(2)閾値の設定、(3)不確実係数の設定、(4)TDI値の設定
2. 4. 暴露評価
 - (1)利用・使用の類別化、(2)暴露の要因、(3)暴露評価試験、(4)経路別暴露予測、(5)総合暴露量の推定
2. 5. 安全性の判定

VI-3. 家庭用品のリスクアセスメントの手順と各論

3. 1. 毒性試験
 - (1)試験の条件と内容、(2)毒性試験の種類
3. 2. 閾値の設定
 - (1)閾値設定、(2)異なる投与経路試験からの閾値の変換、(3)考慮すべき試験データの内容と質、
3. 3. 不確実係数(UF:Uncertainty Factor)の算出
 - (1)動物実験における種差、個体差、(2)遺伝毒性等の評価、(3)他の毒性指数の評価、(4)薬物動態学的検討、(5)閾値設定に用いた情報の質、(6)ヒトのデータ、(7)不確実係数の算出
3. 4. TDI値の設定
 - (1)NOAEL等の情報がある場合、(2)経口暴露試験データの人への経気道暴露による外

挿、(3)子供に対する外挿

VI-4. 安全性評価(安全性の検証: リスクアセスメント)

4. 1. TDI等を用いた安全性評価方法

(1)評価方法、(2)安全性評価における基準、(3)家庭用品から放散される化学物質の占有率、(4)安全性評価(リスクアセスメント)の例

4. 2. 閾値に対する暴露量の検証 (Margin of Exposure(MOE)を用いる方法)

(1)MOEによる暴露マージンの評価方法

4. 3. MOEによる暴露マージンからの安全性評価(リスクアセスメント)の結論の例

4. 4. その他の考察事項

VI-5. 家庭用品中放散性化学物質の具体的総合的リスク評価の例

5. 1. 安全性評価(安全性の検証: リスクアセスメント)

(1)評価方法

(2)安全性評価における基準

(3)TDIに対する占有率・寄与率の算出例

1)毒性試験データ、2)TDIの算出、3)TDIに対する各経路暴露量の占有率の算出例

5. 2. 閾値に対する暴露量の検証 (Margin of Exposure(MOE)を用いる方法)

(1)MOEによる暴露マージンの評価方法と安全性評価の基準

(2)MOEによる暴露マージンの計算例

1)経気道投与によるLOAELのみの情報しかないとした場合

2)総暴露量のNOAELに対するMOEの算出例

以上の研究から、家庭用品中放散性化学物質については、個々の家庭用品の放散特性、利用・使用方法、放散実態、暴露の実態などの情報を踏まえて、経路別、個別家庭用品の暴露評価、総合暴露、さらには総合的リスク評価、暴露の検証を実施することが必要不可欠であることが明らかになり、また、家庭用品のリスクアセスメントの概念と安全性評価の作業手順が提案できた。

分担研究者

安藤 正典 武蔵野大学 薬学部 薬学研究所 環境化学研究室 教授

嵐谷 奎一 産業医科大学 産業保健学部 教授

石光 進 国立医薬品食品衛生研究所 安全情報部 第四室長

神野 透人 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部 第一室長

長野 嘉介 日本バイオアッセイ研究センター 病理検査部 部長

野崎 敦夫 東北文化学園大学 大学院 健康社会システム研究科 教授

1. 総括目的

室内環境での健康の問題は、シックハウス症候群や化学物質過敏症といった社会的に一般化した用語としてマスコミ等で頻繁に取り上げられてきた。主任研究者は、この問題を科学的立場から、問題の整理とその解決方策を探るため、

平成 10~12 年度にかけていわゆる「化学物質過敏症」の臨床的研究、ホルムアルデヒドの免疫的研究等を実施し、我が国における状況を把握した。さらに、13~15 年度にかけて 150 種にのぼる化学物質についての全国の実態調査、室内空气中化学物質質量等の総合評価手法の開発を行ってきた。これら研究によって、我が国に

おける特に建築資機材由来の室内空气中化学物質の存在状況がはじめて明らかになるとともに、厚生労働省における 13 化学物質の指針値策定に貢献した。その結果を受けて、国土交通省や農林水産省においては、建築資機材についてホルムアルデヒドなどの発生量の抑制の施策や建築基準法の改正による 24 時間強制換気の設置等による室内空気質の改善が義務付けられるなど、建築資機材と建築物に対する規制が実施されてきた。しかしながら、室内空气中化学物質のもう一つの発生源である家庭用品の状況把握やそのリスクについてはなんら評価されておらず、国民の室内空气中化学物質の制御と健康影響防止の観点からは片手落ちの状況は否めない。そこで、家庭用品全般を俯瞰した上での化学物質の放散の実態を把握し、そこから得られる情報を整理して、安全性評価に係る研究を早急に行うことは、国民の健康維持の観点から緊急の課題である。

本研究では、家庭用品中化学物質の安全対策に資する観点から、これまでの研究により我が国あるいは国際機関等で空気質汚染対策の対象とされている化学物質について、各種の家庭用品からの放散量、放散特性等を把握し、この測定結果を基に暴露予測によって暴露評価を行うことと、毒性情報が少ない化学物質についての吸入毒性試験を実施することによって用量-反応評価の課題の整理と修正を行うことを目指している。最終的に暴露評価の情報を整理して安全性を総合的に解析して、リスク評価し、今後の厚生労働省における家庭用品中化学物質のリスク管理方法を提案することを目的とした。

研究計画は、以下に示す 6 課題を中心として研究を推進した。

- I. 各種家庭用品からの化学物質の放散の評価に関する研究
- II. 家庭用品の未調査化学物質の検索と家庭用品中化学物質のデータベースの構築に関する研究
- III. 室内空气中化学物質の中長期低濃度及び短期高濃度の吸入毒性評価に関する研究
- IV. 家庭用品由来化学物質の推計モデルの開

発と濃度予測に関する研究

V. 家庭用品中化学物質への曝露推計モデルの開発に関する研究

VI. 家庭用品中化学物質の総合的リスク評価に関する研究

各課題の研究結果の概要は以下のとおりである。

2. 分担研究

I. 各種家庭用品からの化学物質の放散の評価に関する研究

I-1. 家庭用品と建材の化学物質の発生量・発生特性

I-1. 1. 日用品からの化学物質検出頻度からみた吸入暴露の寄与率の評価

これまでに実験的に求められた日用品・家庭用品（一般家具(6種)、住宅設備家具(4種)、衣料(15種)、開放型暖房器具等家庭用機器(34種)、接着剤(8種)、塗料(34種)の化学物質の発生量を整理し、個々の製品における化学物質の検出頻度及び検出強度を把握することを目的とした。評価方法は、発生量、放散速度の大きさに応じて 1500 $\mu\text{g}/\text{h}$ 以上、1000~1500 $\mu\text{g}/\text{h}$ 、500~1000 $\mu\text{g}/\text{h}$ 、100~500 $\mu\text{g}/\text{h}$ 、100 $\mu\text{g}/\text{h}$ 未満にポイントを付けして分類し、その合計値で比較した。その結果、1,2,3-トリメチルベンゼン、デカン、ウンデカン、エチルベンゼン、酢酸ブチルの検出が顕著であり、これらは塗料や接着剤の溶剤として用いられることが多いことがみられ、一般の生活環境に与える影響は大きいものと考えられた。

I-1. 2. 芳香剤、消臭剤、脱臭剤等

本研究では、1)消臭剤、芳香剤、脱臭剤等の化学物質発生量と 2)その化学物質除去性能を定量的に明らかにすることを目的とした。

実験装置には、小型チェンバー（気積：0.02 [m³])を用いて、環境条件を温度:28 \pm 1[$^{\circ}\text{C}$]、相対湿度:50 \pm 1[%]、換気回数:0.50 \pm 0.05[1/h]に制御した。

芳香消臭脱臭剤協議会は、空気汚染対策製品

に関わる業界では、「芳香剤」、「消臭剤」、「脱臭剤」、「防臭剤」と定義している。本研究では一般量販店で購入した「消臭芳香剤」、「脱臭剤」等の空気汚染対策製品を測定対象とした。

発生化学物質の検証では、各試験体の VOC 発生量は 0~349 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] の範囲にあり、製品ごとに大きな差がある。特に脱臭剤 E、消臭芳香剤 J、消臭芳香剤 K、消臭剤 N、防虫剤 O においては 100 [$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$] を超える VOC 発生量が確認された。主に検出された VOC 成分は α -ピネン、 β -ピネンであった。これらは、試験体の主要成分である植物抽出物に起因するものと考えられた。その他検出頻度の高い VOC は、エタノール、2-プロパノール、酢酸エチルであった。

製品種類別では、消臭芳香剤、消臭剤、防虫剤、脱臭剤、脱臭・除湿シート、消臭シート、除湿シートの順に平均発生量が大きかった。また、同一種類の製品であっても、製品毎の発生量にばらつきが見られた。

ホルムアルデヒド除去性能の検証では、ホルムアルデヒド濃度の経時変化において消臭シート Q 以外では、ホルムアルデヒド濃度の低減性が示された。特に消臭芳香剤 G において、検体設置 24 時間から 72 時間後の供給空气中ホルムアルデヒド濃度は 289~290[ppb] で、排出空气中ホルムアルデヒド濃度は 143~148[ppb] となり、製品による大きな濃度低減性が示された。しかし、消臭シート Q において供給空气中濃度は 262~328[ppb] で、排出空气中濃度の 254~343[ppb] と比較しても、濃度低減性は認められず、逆にホルムアルデヒド濃度は上昇した。

ホルムアルデヒド濃度低減率と相当換気量では、消臭芳香剤 G、脱臭・除湿シート R の濃度低減率を求めた。濃度低減率の 24 時間値は 30.5~40.0[%]、72 時間値では 28.3~28.5[%] を示し、製品による比較的大きな濃度低減効果が示された。

さらに測定結果より製品固有のホルムアルデヒド相当換気量(Q_{eq})を求め、除去性能を相互比較したところ、防虫剤 O の相当換気量は 72 時間値で 1.91[$\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$] を示し、比較的大きいが、

これはゼオライト、珪藻土の除去性能に相当した。消臭剤 E においては、アセトアルデヒド濃度が 24 時間値で 5880[ppb]、72 時間値で 4833[ppb] を示し、同製品からはアセトアルデヒドの発生が確認された。

I-1. 3. 家電製品

家電製品は、発生量が明らかなもののうちで、化学物質のごく一部のものであり、大方の家庭電化製品についての実態は不明である。また、統一かつ適切な試験評価法が確立されておらず、製品の発生化学物質に関する情報は不足している現状にある。本研究では、多種多様な家電製品の化学物質発生量、発生特性を実験的に求めた。

測定対象の家電製品として、製造元の異なる電子レンジ(3 検体)、掃除機(2 検体)、オイルヒーター(3 検体)、空気清浄機(2 検体)、電気毛布(1 検体)、電気コタツ(ヒーターユニット部(1 検体))、マルチスニングプレーヤー(3 検体)、MD プレーヤー(2 検体)、電子辞書(3 検体)、ノートパソコン(2 検体)の計 22 検体を測定対象機器とした。各機器は測定前に開梱し、養生期間(24[h])を設け、ある一定の環境条件(温度: 28 ± 1 [$^{\circ}\text{C}$]、相対湿度: 50 ± 1 [%])の下で放置した。

本研究は環境条件の制御が可能なステンレス製チェンバー(気積: 4.98[m^3]、65[L])を用いて実験を行った。チェンバー内の環境条件は、温度: 28 ± 1 [$^{\circ}\text{C}$]、相対湿度: 50 ± 1 [%]、換気回数: 0.5 ± 0.05 [1/h]、気流速度: $0.2\sim 0.3$ [m/s]に制御した。

(1) 電子レンジ

電子レンジ(A)における TVOC の非使用時と使用時の発生量(1.5[h])は、それぞれ 124[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と 364[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、ベンゼン、トルエンの発生量が増大した。

電子レンジ(B)では、それぞれ 15.7[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と 553[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、ブタノール、ベンゼン、トルエンの発

生量が増大した。

電子レンジ(C)では、それぞれ 81.5[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 1559[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、酢酸エチル、ヘキサン、ベンゼン、トルエンの発生量が増大した。

(2)掃除機

掃除機(A)における TVOC の非使用時と使用時の発生量(1[h])は、それぞれ 15.7[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 749[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、2,4-ジメチルペンタン、ヘプタン、トルエンの発生量が増大した。

掃除機(B)では、それぞれ 8.07[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 128[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、トルエンの発生量が増大した。

(3)オイルヒーター

オイルヒーターについては、A、B、C の 3 機種について評価した。

オイルヒーター(A)におけるホルムアルデヒドの発生量は、非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ 1.90[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 8.17[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。アセトアルデヒドでは、非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ 2.13[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 8.76[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いアルデヒド類発生量の増大化現象を確認した。オイルヒーター(A)における TVOC の、非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ 26.3[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 69.8[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、ブタノール、ベンゼン、トルエンの発生量が増大した。

オイルヒーター(B)におけるホルムアルデヒドの非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ 2.41[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 11.3[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。アセトアルデヒドでは、それぞれ 2.86[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 10.2[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いアルデヒド類発生量の増大化現象を確認した。オイルヒーター(B)における TVOC の非使用時と使用時の発生

量(8[h])は、それぞれ 24.0[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 104[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、ブタノール、ベンゼン、トルエンの発生量が増大した。

さらに、オイルヒーター(C)におけるホルムアルデヒドの非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ 7.96[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 488[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。アセトアルデヒドでは、それぞれ 10.7[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 38.7[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いアルデヒド類発生量の増大化現象を確認した。オイルヒーター(C)の TVOC の発生量は、それぞれ 0[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 507[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、ブタノールの発生量が増大した。

(4)電気敷毛布・電気コタツ (ヒーター部)

電気毛布における TVOC の非使用時と使用時の発生量(41[h])は、それぞれ 2.59[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 8.35[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られたが、時間の経過に伴い減少していった。

電気コタツにおける TVOC の使用時の発生量(41[h])は、28.9[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い、ブタノール、トルエンの発生が見られたが、時間の経過に伴い減少していった。

(5)空気清浄機

A、B の 2 機種について検討した。

空気清浄機(A)における TVOC 発生量の非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ 55.7[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 164[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、スチレンの発生量が増大した。

空気清浄機(B)における TVOC の発生量は、それぞれ 32.8[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]と 174[$\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}$]になった。また、機器使用に伴い VOC 発生量の増大化現象が見られ、スチレンの発生量が増大した。

なお、本実験において、フィルタにより化学物質の除去、あるいは吸着物質が再放散さ

れるのを防ぐため、フィルタは取り外した上で実験を行った。

(6) マルチリスニングプレーヤー

マルチリスニングプレーヤーでは、A、B、Cの3機種について検討した。

マルチリスニングプレーヤー(A)におけるTVOCの非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ0.21[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と0.23[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象は見られなかった。主な発生成分はトルエン、エチルベンゼンを確認した。

マルチリスニングプレーヤー(B)におけるTVOCの非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ0.26[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と0.36[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象は見られなかった。主な発生成分はトルエン、エチルベンゼンを確認した。

マルチリスニングプレーヤー(C)におけるTVOCの非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ0.59[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と0.69[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象は見られなかった。主な発生成分はブタノール、ヘプタン、トルエン、エチルベンゼンを確認した。

(7) MD プレーヤー

A、Bの2機種について検討した。

MDプレーヤー(A)におけるTVOCの非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ1.51[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と1.64[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象は見られなかった。

MDプレーヤー(B)におけるTVOCの非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ1.59[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と1.51[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象は見られなかった。

(8) 電子辞書

電子辞書は3機種について検討した。

電子辞書(A)のTVOCにおいては、非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ2.26[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と2.41[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化

現象は見られなかった。主な発生成分は、ジクロロメタン、トルエンを確認した。

電子辞書(B)では、それぞれ2.66[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と2.37[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象は見られなかった。主な発生成分は、ジクロロメタン、ブタノール、トルエンを確認した。

電子辞書(C)では、それぞれ6.41[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と5.08[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象は見られなかった。主な発生成分は、ジクロロメタン、ブタノール、トルエンを確認した。

(9) ノートパソコン

ノートパソコンA、Bの2機種のうち、(A)のTVOCの非使用時と使用時の発生量(8[h])は、それぞれ5.59[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と22.6[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、ブタノール、トルエンの発生を確認した。

ノートパソコン(B)では、それぞれ0.41[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と35.7[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]になった。また、機器使用に伴いVOC発生量の増大化現象が見られ、ブタノール、トルエン、スチレンの発生を確認した。

(10) コタツ内

コタツについては、コタツ内に発生する化合物について評価した。

本調査では、コタツ内部の換気量を安定させるために、市販されているコタツ掛けにて覆い、温度設定を強として、機器を8[h]使用した。機器使用中におけるコタツ内空気のサンプリングを行った。なお、捕集・分析装置と方法は実験室実験と同様とした。コタツ内のホルムアルデヒド濃度の測定は、1日に2回、3日間かけて行った。今回の実測調査でのホルムアルデヒド濃度は、1日目(1回目)の測定では84.5[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]であった。その後、測定毎に濃度は減衰していき、3日目(2回目)の測定では1日目と比べ61.6[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]減衰し、22.9[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]となった。今回の測定では、使用時間の増大により、ホルムアルデヒド濃度は減少する傾向が確認された。

VOC 濃度の測定は、ホルムアルデヒドの資料採取のほかに購入直後の発生量も加え、4 日間行った。購入直後の使用時に 1038[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、2 日目は 919[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]であり、約 100[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]減衰した。しかし、その後の顕著な VOC 濃度の減衰は見られなかった。

検出された VOC はウンデカン、テトラデカン、ペンタデカン、トルエン、1,3,5-トリメチルベンゼン、1,2,4-トリメチルベンゼン、1,2,3-トリメチルベンゼン、パラジクロロベンゼン、酢酸ブチル等であった。発生した成分を比較してみると、1 日目と 2 日目ではパラジクロロベンゼンが検出されているのに対して、3 日目と 4 日目の調査では検出されなかった。逆に 1 日目では測定されなかったペンタデカンが 2 日目に検出され、その後上昇していった。

I-1. 4. 内装材

i) 床材、壁装材

日本壁装協会や壁紙製品規格協議会では、VOC に関する値を含めた ISM 規格や SV 規格といった基準を策定しているが、これらは業界自主基準であり、規制ではないため、実際の製品からの化学物質発生には不明な点が多く、また、ビニルクロスや塩ビシート等には、長期間に渡って化学物質が室内に放散し続ける可能性が懸念されている。本研究では、内装材として壁紙と床材から発生する化学物質を定量的に明らかにした。

床材(長尺塩ビシート)では、A、B の 2 検体と壁装材(ビニルクロス壁紙)では、A、B の 2 検体を測定対象とした。環境制御小型チェンバー内は、温度: 28 ± 1 [$^{\circ}\text{C}$]、相対湿度: 50 ± 1 [%]、換気回数: 0.50 ± 0.01 [1/h]に制御し、チェンバー内には常時清浄空気を導入させた。

VOC は、床材 A、B の TVOC 放散速度は 106~165[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]であった。発生が確認された主な VOC 成分は両検体共にエチルベンゼン、キシレンであり、その放散速度は床材 A で 19.2~25.2 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]、床材 B で 11.8~29.2[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]であった。これらは、塩ビ

シートに使用された可塑剤の原材料に起因するものと思われた。

壁装材 A の VOC 放散速度は 3.77 [$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$] であり、顕著な発生が示された主な成分はノナナールであった。壁装材 B から 3.20[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]の放散速度が示され、成分は壁装材 A と同様にノナナールであった。

ホルムアルデヒド放散速度は、床材 A、B のホルムアルデヒド放散速度は 2.82~3.33[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]であり、壁装材は 0.66~1.45[$\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]であった。床材から比較的大きな放散速度が示された。

フタル酸エステル類化合物では、床材 A のフタル酸エステル類化合物濃度を示す。フタル酸ジ-2-エチルヘキシルの顕著な発生は 5.03[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]と確認された。これは、塩化ビニルに使用された可塑剤に起因するものと考えられた。また、フタル酸ジエチルの発生は 1.23[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]と確認された。これは、ポリスチレン可塑剤として使用されたものに起因したものと考えられた。

以上のことより、1)床材(長尺塩ビシート)2 検体、壁装材(ビニルクロス)2 検体からの VOC、ホルムアルデヒド放散速度を明らかにした。2)床材①からフタル酸ジ-2-エチルヘキシルとフタル酸ジエチルの発生が確認された。これは塩化ビニルやポリスチレンに使用された可塑剤に起因したものと考えられる。

ii) カーペット、下地材

カーペットは室内での使用面積が大きく、比較的大きな発生量となることもあるので、本研究では、カーペット A、B、C の 3 種についての化学物質放散速度の実態とカーペットに敷設する滑り止めシートの化学物質放散速度も明らかにした。

実験は、小型チェンバー(ステンレス製、気積: 0.065[m^3])を用い、チェンバー内を温度 28 ± 1 [$^{\circ}\text{C}$]、相対湿度 50 ± 1 [%]、換気回数 0.5 ± 0.01 [1/h]、気流速度 0.2~0.3[m/s]に制御した。

カーペットでは、ホルムアルデヒド放散速度はカーペット A(白)、B(緑)、C(灰色)の順に

大きかったが、全て $5[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ 以下の $1.09 \sim 4.55[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ であり、比較的小さい値となった。VOC 成分別では、カーペット A では 2-プロパノール、ベンゼン等の発生が確認されたが、TVOC でも $2.32[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ と微量であった。カーペット B では 2-プロパノール、ジクロロメタンの発生が確認された。カーペット C では 2-プロパノール、デカナールの発生が確認された。

滑り止めシートのホルムアルデヒド、VOC 成分別放散速度では、ホルムアルデヒド、ヘキサンが発生が確認されたが、TVOC でも $10[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ 以下であり、比較的小さい値となった。

iii) カーテン、ブラインド

本研究では、カーテン(2 検体)とブラインド(1 検体)の計 3 検体を測定対象とし、化学物質発生量を評価した。検体は、温度: $28 \pm 1[^\circ\text{C}]$ 、相対湿度: $50 \pm 1[\%]$ 、換気回数: $0.5 \pm 0.01[1/\text{h}]$ 、気流速度: $0.2 \sim 0.3[\text{m}/\text{s}]$ に制御し、同時に小型拡散ファンの運転により、チェンバー内空気の一様拡散状態を構築した。

カーテン (A) の VOC 放散速度は、カーテン (A) の TVOC 放散速度は $8.21[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ であり、成分別では、エタノール($3.69[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$)、酢酸エチル($1.00[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$)、デカナール($1.31[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$)が検出された。尚、カーテン (A) は光触媒技術利用製品であった。

カーテン (B) の VOC 発生は、2-プロパノールのみが $2.87[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{unit}]$ 検出され、その他の成分は検出されなかった。

ブラインドでは、VOC として、酢酸エチル($13.0[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$)、トルエン($10.8[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$)、m、p-エチルトルエン($4.60[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$)、1、2、4-トリメチルベンゼン($4.30[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$)の放散速度で認められ、TVOC 放散速度は $49.5[\mu\text{g}/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ を示し、3 検体中で最も大きな値を示した。

5. 寝具

寝具はアレルゲン物質の増殖防止と消臭のため、業界各社が各様の防虫・消臭加工を施して

おり、薬剤を使用している。また、寝具は使用時間の長さと呼吸器に近接した使用の観点から人体に与える影響が大きいと考えられる。しかし、寝具からのガス状化学物質の発生は、未だ解明されていないため、マットレスの VOC 発生量を定量的に明らかにした。

使用した A、B、C、D、E の 5 種のマットレスは、以下のような仕様 (: サイズ、(表地、芯材)、仕様) で、これらを大型チェンバー($5[\text{m}^3]$)を用いて研究を行った。

A : $970 \times 1950 \times 180$ (ポリエステル・ポリアミド、天然・合成ゴム)、アロエベラ成分、抗菌・防虫効果あり

B : $970 \times 1950 \times 150$ (綿・ポリエステル、天然ゴム)、抗菌・防虫効果あり

C : $1000 \times 2000 \times 100$ (ポリエステル、ウレタンフォーム) メッシュ加工、竹炭粉入り

D : $970 \times 1950 \times 180$ (ウレタンフォームスプリング)

E : $970 \times 1950 \times 180$ (ウレタンフォームスプリング) (中古品)

マットレス A の総 VOC 発生量は $114[\mu\text{g}/\text{h}]$ であった。顕著な発生を示した物質は、2-プロパノール、パラジクロロベンゼン、デカナールであり、その発生量はそれぞれ 27.9 、 30.5 、 $37.0[\mu\text{g}/\text{h}]$ であった。防虫剤として使用されるパラジクロロベンゼンは、聞き取り調査では、未使用との回答であった。防臭剤や合成樹脂材への使用例もあり、発生要因は調査中である。また、2-プロパノールは芯材に用いられているゴムの溶剤からの発生が考えられた。

マットレス B の総 VOC 発生量は $100[\mu\text{g}/\text{h}]$ であった。顕著な発生を示した物質は、マットレス A と同様にパラジクロロベンゼン、デカナールであり、発生量はそれぞれ 26.3 、 $39.5[\mu\text{g}/\text{h}]$ であった。パラジクロロベンゼンの発生要因は、マットレス A と同様に未使用との回答であった。マットレス A とは異なり、芯材の構成素材は、天然ゴムのみであるため、防臭剤からの発生も考えられた。

マットレス C の総 VOC 発生量は $132[\mu\text{g}/\text{h}]$ であった。顕著な発生を示した物質は、1-プロ

パノール、オクタン、デカン、ノナナールであり、その発生量はそれぞれ 39.7、22.4、45.7、17.3[$\mu\text{g}/\text{h}$]であった。1-プロパノールの発生要因として、芯材に用いられている合成樹脂材が考えられた。

マットレス D の総 VOC 発生量は 111[$\mu\text{g}/\text{h}$]であった。顕著な発生を示した物質は、メチルエチルケトン、ヘキサン、トルエン、 α -ピネン、 β -ピネンで、その発生量はそれぞれ 23.5、25.8、22.7、27.1、12.0[$\mu\text{g}/\text{h}$]であった。

マットレス D と同一の中古品であるマットレス E の総 VOC 発生量は 101[$\mu\text{g}/\text{h}$]であった。顕著な発生を示した物質は、アセトン、メチルエチルケトン、ベンゼンで、その発生量はそれぞれ 40.9、10.6、12.3[$\mu\text{g}/\text{h}$]であった。

新品のマットレス D と同一モデルの中古品マットレス E の総 VOC 発生量では、それぞれ 111[$\mu\text{g}/\text{h}$]、101[$\mu\text{g}/\text{h}$]と大きな差は確認されなかったが、VOC 成分別発生量は、各成分において変化していた。これは長期間の使用による室内化学物質の吸着やマットレスの含有化学物質の減少による発生量の低下が考えられた。

I-1. 6. 家庭用品からの有害物質の検出頻度

検出頻度の大きな有害化学物質について、その用途や健康影響についても把握することを目的として、総括的に有害化学物質の検出頻度及び検出強度を把握した。

一般家具(6種類)、住設家具(4種類)、衣料(15種類)、家庭用機器(34種類)、塗料(34種類)、接着剤(8種類)について検討した。

種々の研究により、シックハウス問題の原因物質としてホルムアルデヒドと VOC の関与が明らかにされている。本研究では、約 40 成分の VOC を調査対象とした。検出頻度・強度には発生量をポイントとして評価した。

総括的な検出頻度では、1,2,3-トリメチルベンゼン、酢酸ブチルの検出頻度が大きかった。1,2,3-トリメチルベンゼンについては、自然塗料、天然接着剤の影響が大きく、ほとんどの試験体で 10(pt)を占めた。酢酸ブチルについては、

家具、開放型燃焼器具、スプレー式塗料から高いポイントで検出されている。酢酸ブチルは多くの家庭用品に用いられていると推測できる。

厚生労働省が濃度指針値を定めた 13 物質の対象であるトルエン、エチルベンゼン、キシレンの検出頻度は、それぞれ 3、4、5 番目に大きかった。1 位~9 位までは、132~100(pt)の範囲にあり大きな差は認められないが、10 位のメチルエチルケトンでは 88(pt)で多少の差が認められた。総括的な検出強度では、検出頻度の大きかった 1,2,3-トリメチルベンゼンが検出強度としても一番大きなポイントを示した。これは、自然塗料の検出強度の多くが 10(pt)を越えている事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)の影響が大きい。厚生労働省により、濃度指針値が定められているエチルベンゼン、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 番目であった。検出されたエチルベンゼン、キシレン、*p*-ジクロロベンゼン、トルエンは、主にスプレー式塗料と家具の影響が大きい。

一般家具では、検出頻度としては、エタノール、トルエンが大きかった。しかし、検出強度としては、木材由来成分である 2-ピネンの検出性が大きい。検出強度が 10(pt)(発生量：1500 $\mu\text{g}/\text{h}$)を示したのは、2-ピネンとエタノールのみであった。エタノール以外は、発生量 500($\mu\text{g}/\text{h}$)未満で、比較的検出強度は小さかった。

住設家具では、スチレンが検出頻度、検出強度ともに大きい。これは、手洗器以外の 3 検体に共通して使用されている部材の不飽和ポリエステルからの発生であると考えられる。

洗浄済み衣料では、脂肪族炭化水素のデカン類の検出強度が上位を占めた。検出頻度においても、上位 2 位までが石油系成分であるデカン類であった。これらは、ドライクリーニングの洗浄過程で用いる石油系洗浄剤に起因したものと考えられる。しかし、検出強度としては、発生量 100[$\mu\text{g}/\text{h}$]未満で非常に小さい。

未洗淨衣料では、脂肪族炭化水素のデカン類や芳香族炭化水素系の物質が検出されたが、強度は非常に小さい。芳香族炭化水素系の物質については、紡糸・縫製時の加工性を向上させる為に添加されたオイルの含有揮発成分が原因と考えられる。すなわち、微量ながらも、呼吸域近傍に化学物質発生源が存在していることになる。

開放型燃焼器具（石油）では、検出頻度と検出強度共に、物質順位がほぼ同じであった。リモネン、ウンデカンが極めて大きな検出性を示した。燃焼排ガス成分は、その発生強度が大きいため要注意である。なお、デカン類をはじめとした発生物質は燃焼排ガス成分のみならず、灯油タンクの液面からの発生が考えられる。

開放型燃焼器具（ガス）では、酢酸ブチルの検出頻度、検出強度が大きかった。これは、燃焼排ガスのみならず器具表面や構成部品に用いられた接着剤や塗料などが原因と考えられる。ガス式は、石油式に比べて検出強度がかなり小さい。これは、脂肪族炭化水素の石油系成分が少ないことが原因である。

スプレー式塗料では、キシレン、エチルベンゼンの検出頻度、検出強度が大きかった。自然塗料等とは違い、油性塗料、溶剤系塗料の溶剤として、キシレンやエチルベンゼンが含まれているためである。

自然塗料では、1,2,3-トリメチルベンゼンが検出頻度、検出強度共に極めて大きい。また、検出頻度としては、ヘプタンも大きい。一方で、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、トルエンなどの代替溶剤として、同物質が使われたものと考えられる。

天然接着剤では、1,2,3-トリメチルベンゼンの検出頻度、検出強度が大きい。トルエン、キシレン、エチルベンゼンは、接着剤に使用される溶剤であるが、本接着剤からの検出強度は小さい。また、天然成分の2-ピネンの検出強度が大きい。

検出頻度として上位を占めた1, 2, 3-トリメチルベンゼン、トルエン、酢酸ブチルは塗料や

接着剤の溶剤として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検出頻度は高いものと考えられる。

検出強度の大きかったデカンやウンデカンは、高濃度、多量摂取で人体への影響があるとされ、検出強度が大きいことは軽視できない。

I-1. 7. 汚染対策塗料

家庭用品に必ず使用されるものの一つとしての塗料について検討した。

汚染対策塗料として、最近の住宅で採用されている無溶剤型塗料(自然塗料)またはワックス(天然型ワックス)を塗布した無垢材フローリングからの化学物質放散速度及び自然塗料(6 検体)を測定対象として、放散速度、放散化合物及び減衰について検討した。

無垢フローリング材は桧を使用し、試料負荷率が $2.2[\text{m}^2/\text{m}^3]$ となるように、 $340 \times 210[\text{mm}]$ の大きさのものを用いた。チェンバー内の環境条件を温度 $23 \pm 1[^\circ\text{C}]$ 、相対湿度 $50 \pm 1[\%]$ 、換気回数 $0.5 \pm 0.01[\text{回}/\text{h}]$ 、気流 $0.2 \sim 0.3[\text{m}/\text{s}]$ に制御した。

自然塗料と自然系ワックスにおいて、溶剤型化学物質発生量は小さく、問題物質はエタノールであることが判明した。フローリング材 A、B、D のエタノールは7日後になると、ほとんど検出されなかった。しかし、フローリング材 C では $22[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ 、NP(E)に関しては、 $64[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ の放散速度を示した。

NP(A)の7日後のTVOC放散速度は、1日後($1133[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$)と比較すると約77[%]減少し、 $260[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ の値を示した。NP(A)から発生するVOC成分は、ケトン類のアセトン、メチルエチルケトン、テルペン類のピネン、脂肪族炭化水素のヘプタン、アルコール類の2-プロパノールである。NP(B)の7日後のTVOC放散速度は、1日後($533[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$)と比較すると約66[%]減少し、 $187[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ の値を示した。発生するVOC成分は、アセトン、リモネン、ヘプタン、2-プロパノールである。NP(C)の7日後のTVOC放散速度は、NP(B)と同程度で、 $240[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ であった。発生VOC成分は、NP(A)と同様にアセトン、ピネン、ヘプタン、2-プロパノール

ルなどである。アセトンは、TVOC 放散速度の約 9 割を占める。NP(D)の 7 日後の TVOC 放散速度は、 $32[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ であり、最も小さな値を示した。検出された VOC は、ピネンと 2-プロパノールである。NP(E)の 7 日後の TVOC 放散速度は、 $491[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ であり、最大値を示した。アセトンの発生量が大きく、NP(A~C)と比較して 2~6 倍大きい。また、ピネン、2-プロパノール、ヘプタン、オクタンの発生も確認された。未塗装の NP(F)の放散速度は $66[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ であり、塗装材に比較して明らかに小さい。発生 VOC 成分は、ピネンと 2-プロパノールである。

自然塗料 (6 検体) の概要は以下の通りであった。

記載方法は、製品名：製造元、主たる溶剤、適用箇所、成分とする。処理方法は全て 2 回塗りである。

- A：α 社、脂肪性低臭ホワイトスピリット、屋外木部用、油脂、顔料、脂肪性低臭ホワイトスピリット、ジクロフラニド 0.7%
- B：α 社、脂肪性低臭ホワイトスピリット、内装木部用、自然の植物油（ひまわり油、大豆油、あざみ油）、脂肪性低臭ホワイトスピリット
- C：脂肪性低臭ホワイトスピリット、木部フローリング用、油脂、ワックス、脂肪性低臭ホワイトスピリット
- D：β 社、水、内装木部用、亜麻仁油、桐油、鉋物顔料、メチルセルロース、植物性乳化剤、無鉛乾燥剤
- E：β 社、水、木部床用、亜麻仁油、樹木油、メチルセルロール、水、植物性乳化剤、無鉛乾燥剤
- F：β 社、水、木部床下塗り用、蜜蝋、カナウバ蝋、亜麻仁油、メチルセルロース、水、植物性乳化剤、無鉛乾燥剤

ミネラルスピリット系溶剤自然塗料では、A~C において、 $5803\sim 13793[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}](48[\text{h}]後)$ と比較的大きな VOC 放散速度が示された。これは、主たる溶剤の脂肪族炭化水素系物質（ミネラルスピリット）に起因すると考えられた。

また、全ての試験片で 120[h]後までは VOC 放散速度の減衰が確認されたが、依然として大きな放散速度であった。さらに、168[h]後では VOC 放散速度は増大した。水系溶剤自然塗料では、D~F の VOC 放散速度は、 $361\sim 975[\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}](48[\text{h}]後)$ とミネラルスピリット系溶剤を含んだ自然系塗料 (NP1~3) と比較して、10 数分の 1 以下であり、明らかに小さい。また、同試験片では、VOC 放散速度は経時で減衰することが確認された。

ミネラルスピリット系溶剤自然塗料の VOC 成分別放散速度では、A~C において、ヘキサン、ヘプタン、ノナナール、ウンデカン、デカナール、ドデカン、トリデカンの比較的大きな VOC 放散速度が確認された。全ての試験片において、168[h]後にメチルエチルケトン、ヘキサンの顕著な放散速度の増大化現象が見られた。また、ノナナールの放散速度が顕著に増大した。一方で、ウンデカン、ドデカンは顕著な減衰が確認された。

水系自然塗料の VOC 成分別放散速度は、D~F において、メチルエチルケトン、ヘキサン、ヘプタン、ノナナールの比較的大きな発生が示されたが、48[h]~168[h]後の経時での放散速度減衰性は明確であり、特にヘプタンについてはその減衰が顕著であった。また、他の成分についても、168[h]後ではその放散速度は極めて小さい。

I-1. 8. 畳材

一般に、畳は「畳表」、「畳床」、「畳縁」により構成され、畳表にはい草、畳床には稲わらが使用されてきたが、近年では作業、運搬、加工性など面からサンドイッチ畳（畳床が稲わらと発泡ポリスチレンで構成されたもの）や建材畳（畳床がインシュレーションボード、発泡ポリスチレンボード、合板等の建材で構成されたもの）が普及している。また、畳のダニ対策として使われる「防虫シート」と農薬が散布されたい草と稲わらから、有機リンやピレスロイド系化学物質が発生する恐れがある。そこで、本研究では 1)「化学物質低放散仕様畳」と「化学畳」を

住宅に敷設し、畳材の室内濃度に与える影響を求め、2)畳材からの発生化学物質に対し、化学吸着材と吸着系内装材による汚染対策の効果を明らかにした。

試験は、大型及び小型チャンバーを用いて発生量の把握並びに住宅に設置して居住空間での畳由来の化学物質の挙動を検討した。

i) 畳材のチャンバー試験による評価

畳材は我が国の住宅には欠かせない建材であるが、防虫処理剤として、Fenthion, Fenitrothion 等の有害化学物質を使用した「防虫シート」を畳に挿入する場合がある。また、畳構成材のい草と稲わらには、生育時に各種農薬が散布されており、これら建材の残留農薬の影響が懸念される。農林水産省は「農薬安全使用基準」において、農薬の残留濃度基準を定めているが、同基準は農作物に対する基準であり、畳構成材の稲わらとい草には適応できない。そこで本研究では、畳材の室内空気環境に与える影響を把握するため、1)畳構成材の残留農薬を定量的に明らかにし、2)畳試験片からの有機リン系化合物の発生量をチャンバー実験により明らかにすることを目的とした。

実験は、畳材 4 検体、畳構成材(畳床、畳表)10 検体、およびその素材(稲わら、い草)4 検体の合計 18 検体を試験片とし、有機リン系化合物を含む 18 物質の SVOC を測定対象物質とした。

稲わら(B)、い草、畳表(A)、(C)、防虫シートから Chlorpyrifos, Fenobucarb, Fenitrothion の残留が確認された。Fenitrothion は複数の検体から検出されたが、Diazinon の残留は確認されなかった。また、検体 1[g]当りの残留農薬を算出した結果、稲わら(B)、い草、畳表(A)、(B)、防虫シートに、それぞれ 2.80[μg]、0.18[μg]、0.14[μg]、0.13[μg]、6.29[μg]の Fenitrothion の残留が確認された。残留が確認されなかった Diazinon と残留量が微量であった Chlorpyrifos, Fenobucarb は、人体に対する有害性の高さが指摘されており、防虫・殺虫

としての使用量が減少していることが考えられた。

チャンバー実験により得られた SVOC 濃度実測値とチャンバー換気量の関係から、畳材の SVOC 発生量 $M[\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}]$ を算出した。

畳材(A)、(B)の総 SVOC 発生量は、それぞれ 2.58[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]、114[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]であった。畳材(A)からの発生成分は Fenitrothion, Di-n-Butyl Phthalate であり、それぞれの発生量は 2.43[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]、0.15[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]であった。畳材(B)からの発生成分は Dimethyl Phthalate, Di-2-Ethylhexyl Phthalate であり、その発生量は 0.53[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]、113[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]であった。Fenitrothion の発生は、畳材(A)に挿入される防虫シートに起因するものと考えられた。

ついで、畳材(A)、(B)について確かな放散量を把握するため、畳を裁断加工したものあるいは畳材、畳構成材、およびその素材から SVOC の発生は確認されなかった。

本実験により、1)畳構成材に Chlorpyrifos, Fenobucarb, Fenitrothion の残留が確認された。特に、Fenitrothion は複数の検体から検出された。2)実験 I により、畳材から SVOC の発生が確認された。畳材の総 SVOC 発生量は 2.58~113[$\mu\text{g}/\text{h}$]の範囲にあった。

ii) 住宅へ設置した室内への影響

①アルデヒド類及び VOC

測定対象住宅は東北地方の RC 造 3 階建て、築 6 年の一般住宅で、2、3F の和室に各検体を敷設し、2F (和室(西)、和室(東))と 3F (和室(東)、和室(西))で測定した。

ホルムアルデヒド濃度は、9.09~12.3[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲にあった。今回試行した低減対策の効果を検証すると、2F 和室(西)のホルムアルデヒド濃度は、化学物質低放散仕様畳敷設以前の濃度の 13.0[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]に比較し、減少傾向が認められたが、化学畳使用室(3F 和室(西))においては、敷設以前濃度の 5.50[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]が、敷設後に 12.3[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]となり、濃度上昇が示された。この濃度の上昇性は化学畳から放散される

ホルムアルデヒドの影響と見ることもできるが、換気量の変動と室温等の要因を考慮する必要があった。

アセトアルデヒド濃度測定値は、2F 和室(東)(西)と 3F 和室(東)の測定値は低く、11.8～22.9[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲にあった。2F 和室(東)の TVOC 濃度は 451[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]であり、化学物質低放散仕様畳敷設以前の 830[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]から約 54[%]の濃度低減性が見られた。化学畳が敷設の 3F 和室(東)(西)においては、若干の濃度変動が示されたものの、敷設以前と比較して大きな差は見られなかった。ただし、2F 和室(西)における TVOC 濃度は、2146[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]であり、高い濃度が測定された。

成分別 VOC 濃度は、全測定室において、TVOC 値の大部分をエタノールが占めた。特に高いエタノール濃度の測定された 2F 和室(西)では、同室天井に封止系塗料が使用されており、同塗料の溶剤に含まれるエタノールの放散影響を受けたものと考えられる。また、3F 和室(西)において 122[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]のスチレンが検出された。同居室に敷設した化学畳は、検出されたスチレンは畳床のスチレンフォームに起因したものと考えられる。ただし、同化学畳を敷設した 3F 和室(東)のスチレン濃度は 0.44[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]であり、低濃度であった。この原因は 3F 和室(東)(西)の換気量の違いによるものと推測できる。すなわち、3F 和室(東)の換気量が比較的大きいものと思われた。

②SVOC としてのフタル酸エステル類

平成 18 年度は、「低放散仕様畳」と「化学畳」敷設時 2 つの和室で共通して検出された物質は、フタル酸ジ-n-ブチルとフタル酸ジ-2-エチルヘキシルであるが、両物質の室内濃度は低く問題となるレベルではなかった。また、両和室に共通する傾向は、「低放散仕様畳」敷設時に「化学畳」敷設時よりもフタル酸ジ-n-ブチル濃度が高くなり、フタル酸ジ-2-エチルヘキシルではこれと

は逆に、「化学畳」敷設時に「低放散仕様畳」敷設時よりも濃度が高くなる傾向にある。両和室において、フタル酸ジエチルは検出と不検出に分かれた。両和室では第 1 種換気システムが運転されており、これら畳材の室内 SVOC 濃度に与える影響は低換気条件の場合、更に大きくなると考えられた。今回の調査でダイアジノン、クロルピリフォス、フェノカルブの有機リン系化合物は、両和室の「低放散仕様畳」と「化学畳」敷設時には検出されなかった。

本研究では、第 1 換気システムが運転されている住宅の和室で SVOC 濃度測定を行ったところ、「低放散仕様畳」と「化学畳」敷設時 2 つの和室で共通して検出された物質は、フタル酸ジ-n-ブチルとフタル酸ジ-2-エチルヘキシルであるが、両物質の室内濃度は低く問題となるレベルではない。フタル酸ジ-2-エチルヘキシルでは、「化学畳」敷設時に「低放散仕様畳」敷設時よりも濃度が高くなる。ダイアジノン、クロルピリフォス、フェノカルブの有機リン系化合物は、「低放散仕様畳」と「化学畳」敷設時に検出されなかった。

I-1. 9. 建具

木製建具には木質材料、塗料や接着剤を多用するため、有害化学物質の発生が懸念される。平成 17 年度は、建具からの発生量および接着剤や塗料使用量を削減した化学物質低放散仕様の建具(以下、低放散仕様建具)の実環境における建具が室内化学物質濃度に与える影響を求めた。

i) チャンバー試験

本研究は、1)建具の化学物質発生量の実態解明を行い、室内化学物質汚染の防止を意図した 2)化学物質低放散仕様建具を作製し、その発生量を実験室実験で検証した。対象は、各種対策を施した建具(4 検体)を試験体とした。測定対象建具の概要を以下に示す。

①フスマ戸 A

・表面：F☆☆☆☆合板、塗料：封止系塗料(セ

ラック系)、接着剤：

- ・裏面：F☆☆☆☆シナ合板 CL 仕上げ、塗料：封止系塗料(セラック系)
- ・サイズ：H(1995)×W(895)×D(32)[mm]

②フスマ戸 B

- ・表面：F☆☆☆☆合板、塗料：封止系塗料(セラック系)、接着剤：デンプン系接着剤でビニルクロス(光触媒混入)
- ・裏面：F☆☆☆☆合板、塗料：封止系塗料(セラック系)
- ・サイズ：H(1995)×W(895)×D(32)[mm]

③フスマ戸 C

建具 2 と同様

- ・サイズ：H(1995)×W(895)×D(32)[mm]

④フスマ戸 D

芯材、仕上げ材：スギ板材、接着剤：デンプン系接着剤で和紙

- ・サイズ：H(1800)×W(9100)×D(300)[mm]

実験は、大型チェンバー(5[m³])を用い、チェンバー内は一定の温度、湿度、換気回数、気流速度が制御可能であり、任意の環境条件が得られるものである。

ホルムアルデヒド発生量は 0~7.12[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]の範囲にあり、小さな値であった。建具 1、2、3 VOC 発生量は 0.66~23.0[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]の範囲にあり、比較的小さな値であった。建具 4 では 180[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と比較的大きな値となったが、成分別で見ると α,β -ピネン、リモネン等の天然由来成分が約 70%を占めた。何れの開発建具も在来建具と比較して化学物質発生量は小さく、室内汚染源とはならないことが判明した。

ii) 住宅設置における室内への影響

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

各居室の VOC 濃度は、643~2082[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]の範囲にあり、VOC 成分の中でエタノールの占める割合が高い。2006 年 3 月に測定のと室(東)を除いて、TVOC 濃度の 90[%]以上をエタノールが占めている。2 回のエタノール

濃度実測値を比較すると、居間で 832[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]から 646[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、和室(東)で 786[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]から 398[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]に濃度が低減した。この室内濃度の低減性が低放散仕様建具の設置効果と見ることもできるが、和室(西)においては 872[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]から 2108[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]にむしろ濃度が上昇している。そのため、エタノール濃度の低下が低放散仕様建具によるものと断言するには至らなかった。

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

I-2. 空気汚染対策製品の低減化技術とその評価

I-2. 1. 室内空気中化学物質の低減対策の実態に関する研究

i) 室内環境配慮型建材

昨年度までの放散量試験や上記の研究から、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評価した。最近の住宅では、有機溶剤を含まない「自然塗料」や「自然系ワックス」、さらには化学物質放散を抑制する「封止系塗料」を用いるか「無垢建材」を取り入れる傾向にある。そこで、これらの建材と封止系塗料を塗布した現場施工部材からの化学物質放散速度を検討することによって、当該建材の室内環境に与える影響を明らかにした。各建材の塗布 7 日後の TVOC 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、封止系塗料には放散化学物質として、エタノール、アセトンの他、ピネン、ヘプタン、2-プロパノールが多く含まれていた。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みられた。

ii) 家庭用空気清浄機による室内空气中化学物質の除去性の評価

実空間においては建材等の発生源からガス状汚染物質が常時発生しており、定常発生時における空気清浄機除去性能の解明が急務である。そこで、室内での化学物質発生状況に注目し、1)定常発生法による性能評価試験法を開発し、同試験法を用いて、2)空気清浄機の化学物質除去性能を相当換気量により求め、さらには同指標を用いて、3)高精度の室内化学物質濃度予測法を実施した。結果は、最新の家庭用空気清浄機において、ホルムアルデヒドは 16.4~25.7 (m³/h)、VOC は 29.6~51.6 (m³/h) の相当換気量が示された。また、開発した室内化学物質濃度予測手法による値と実測値の符合率は、ホルムアルデヒドで平均 96.0 (%)、VOC で約 94 (%) となり、本予測手法は高精度の室内化学物質濃度予測法であることが判明した。

iii) 一般住宅における化学物質濃度低減対策における実態調査

近年、数多くの室内空気汚染に対する低減化対策品や技術が研究・開発されている。しかしながら、これらの対策品や技術に対する性能評価はなされていない。そこで、対策品や技術としての光触媒製品、珪藻土壁、吸着系内装材、空気清浄機、放散面遮断技術について実環境に適用した場合の性能を検証した。その結果、光触媒製品においては室内 VOC 濃度が約 33%減少し、分解除去効果が確認された。珪藻土壁では、トルエン濃度が約 94%減少したが、エタノール濃度は約 23%増加する結果となった。吸着系内装材では、ホルムアルデヒドに対して吸着効果が見られ、ホルムアルデヒド濃度は 4.5[ppb]から 0[ppb]に減少した。空気清浄機においては、VOC に対して約 45%の低減効果が確認された。これら 4 品目では、空气中化学物質の濃度の低減効果が観察された。放散面遮断技術では、放散面をシートなどで被覆することにより化学物質発生抑制を狙ったものであるが、抑制効果は

確認されなかった。家庭用品の使用や設置を想定した今後チェンバー実験等による、検証実験をしていく必要がある。

iv) 吸着建材

化学物質吸着系建材におけるホルムアルデヒドとトルエンの吸着性能を検討した。その結果、ホルムアルデヒドの相当換気量は、塗り壁状漆喰内装材：0.30-0.94(m³/h)、粉末状漆喰：0.25-1.10 (m³/h)、炭素系吸着建材：0.26-0.98(m³/h)であった。同様にトルエンの相当換気量は、炭素系吸着建材：0.38-0.50(m³/h)であった。これにより、吸着建材の化学物質除去性能の実態が明らかになり、室内化学物質濃度低減に関する基礎的資料が得られた。

v) 光触媒

広範囲に適応されている光触媒技術の室内化学物質分解性能を明らかにすることを目的として、白色蛍光灯の光条件の下における温度、湿度、気流、換気の違いによる効果を評価した。その結果、光源の紫外線量が足りないためか、明確な化学物質濃度の低減効果は示されなかった。また、光触媒粒子の接着面や光触媒塗料自体からの化学物質発生が示され、光触媒のアルデヒド類分解に伴う中間生成物(VOC)発生が示唆された。

vi) 実環境における濃度低減技術

各汚染対策品・技術の製品である光触媒製品、吸着系内装材、放散面遮断技術について、実環境への適用による効果として、温湿度の影響や複数の発生源の存在等、複合的な要因における性能評価を行った。実験の結果、当該光触媒製品はホルムアルデヒドに対して効果が見られなかったが、VOC に対しては、ある一定の分解除去性能が確認され、相当換気量で 0.78[m³/m²・h]となった。吸着系内装材では、ホルムアルデヒドに対して吸着効果が見られ、約 78%の濃度低減率を示した。一方で、トルエンに対しては吸着効果は確認されなかった。放散面遮断技術は、ビニールシート及び水性アクリルエマルジョンと水性ウレタン塗料の重ね塗りにおいて発生抑制効果が

確認された。

vii) ホルムアルデヒドの直接的低減化手法の開発

家具内部から発生するホルムアルデヒドの放散速度を抑制するために、尿素、カテキン、バニリン等の効果が期待される物質を塗布し、塗布前後の濃度を測定することにより低減効果を評価した。無処理の F☆☆合板は 4.4 mg/(m² h) (30 °C) のホルムアルデヒド放散速度が観測された。この合板にカテキン、尿素処理を行うと放散速度は減少したが、特に尿素の効果が高く、0.16 mg/(m² h)まで減少した。次に、高濃度のホルムアルデヒドが測定された家具内部に尿素溶液をスプレーで塗布し、効果を検討したところ、1ヶ月の平均濃度が 1600 µg/m³ を示していた個所が、翌日には 140 µg/m³まで減少し、明らかな低減効果が観測された。この効果は4ヵ月間の観測期間中持続した。現在でも継続して測定しているが、濃度の上昇は認められなかった。ホルムアルデヒドは合板の接着剤(尿素-ホルムアルデヒド樹脂)をつくる混合物の成分であり、尿素が未縮合のホルムアルデヒドと反応し放散が抑制されたことが推測された。

I-2. 2. 漆喰材、炭素系建材、吸着カーペット

吸着建材・製品に着目し、室内化学物質の吸着性能について、定量的に明らかにすることを目的として、漆喰材、炭素系建材、吸着カーペットからのホルムアルデヒドや VOC の放散量から、相当換気量を求め、その低減化効果を評価した。

i) 漆喰材

漆喰材の化学物質吸着性能は、ガス定常発生装置を用いてホルムアルデヒドをチェンバー内に定常的に供給し、漆喰の吸着性能についての試験を行った。

その結果、塗り壁状漆喰試験片設置 24 時間後～72 時間後では、供給中濃度が 548～600[µg/m³]で、排出中濃度は 62.8～146[µg/m³]であった。また、粉末状漆喰では、

供給中濃度が 511～554[µg/m³]で、排出中濃度は 50.5～156[µg/m³]であった。

濃度低減率は、測定値から

$$R = \left(1 - \frac{C_{out}}{C_m}\right) \times 100 \quad (1)式を用いてホルム$$

アルデヒド濃度低減率 R [%]を求めた。今回の実験では、漆喰材による濃度の低減効果は良好なものであった。塗り壁状漆喰の濃度低減率 R は 73.0～90.0[%]、粉末状漆喰の濃度低減率 R は 69.0～91.0[%]となり、両検体間の低減率に大きな差は示されなかった。

ホルムアルデヒド相当換気量は、本実験で得られた測定結果から $Q_{eq} = \left(\frac{C_m}{C_{out}} - 1\right) \times \frac{Q}{A}$ (2)式を用いて相当換気量 Q_{eq} を求めた。

塗り壁状漆喰の相当換気量 Q_{eq} は、0.30～0.94[m³/ m²·h]、粉末状漆喰の相当換気量 Q_{eq} は 0.25～1.10[m³/ m²·h]であり、両者に大きな差は認められなかった。

ii) 炭素系吸着建材

炭素系吸着建材の化学物質吸着性能は、定常ガス発生装置を用いてホルムアルデヒドおよびトルエンを定常的に供給し、吸着性能について漆喰材同様の評価を行った。その結果、ホルムアルデヒドにおける設置 24 時間後におけるチェンバーの供給中濃度は、495[µg/m³]で、排出中濃度は 228[µg/m³]であった。また、72 時間後の供給中濃度は、658[µg/m³]で、排出中濃度は、121[µg/m³]であった。

実験的に得られた測定結果から、ホルムアルデヒド濃度低減率[%]を求めた。濃度低減率算出式は(1)式を用いた。今回の実験では、炭素系吸着建材によるホルムアルデヒド吸着性能は良好なものであった。炭素系吸着建材設置 24 時間後から 72 時間後では、54.0～81.6[%]であった。

測定結果からトルエン濃度低減率 R [%]を求めた。結果、炭素系吸着建材設置 24 時間後から 72 時間後では、64.0～70.0[%]となった。漆喰同様に(2)式を用いて相当換気量

$Q_{eq}[\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ を算出した。その結果、24 時間後の相当換気量 Q_{eq} は $0.26[\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ であったが、72 時間後の相当換気量 $Q_{eq}[\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ では $0.98[\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ と増大する結果となった。

iii) 吸着カーペット

吸着カーペットの化学物質吸着性能は、炭素系吸着建材と同様の実験を行い、ホルムアルデヒドおよびトルエンに対する吸着性能の評価を行った。ホルムアルデヒドにおいては、設置 24 時間後におけるチェンバーの供給中濃度は、 $483[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ で、排出中濃度は $102[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ となった。また、72 時間後の供給中濃度は、 $460[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ で、排出中濃度は、 $99[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ となった。一方でトルエンにおいては、設置 24 時間後におけるチェンバーの供給中濃度は $531[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ で、排出中濃度は $567[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ となった。また、72 時間後の供給中濃度は $904[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ で、排出中濃度は $910[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ となった。トルエンに対しては吸着性能が無いことが明らかとなった。実験的に得られた測定結果から、(1)式を用いてホルムアルデヒド濃度低減率[%]を求めた。今回の実験では、吸着カーペットによるホルムアルデヒド吸着性能は良好なものであった。濃度低減率は吸着カーペット設置 24 時間後では $78.9[\%]$ 、72 時間後では $78.5[\%]$ であった。漆喰同様に(2)式を用いてホルムアルデヒド相当換気量 $Q_{eq}[\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ を算出した。その結果、24 時間後の相当換気量 Q_{eq} は $0.69[\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ 、72 時間後の相当換気量 $Q_{eq}[\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ は $0.73[\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}]$ となった。

I-2. 3. クラフト重合技術

本研究では国土交通省総合技術プロジェクト「シックハウス対策技術の開発」による試験評価法「吸着・分解効果の標準試験法」に準拠し、定常発生状態におけるグラフト重合高分子を用いた化学吸着材の化学物質吸着性能を定量的に明らかにするため、物理吸着材の性能と比較を行い、より有効な化学物質低減対策技術の開発に資する基礎的資料を得た。

定常ガス発生装置を用いて、換気回数 $0.5[1/\text{h}]$ の小型チェンバー内へホルムアルデヒドガスを供給した結果、装置運転開始 24 時間から試験終了(72 時間)まで、ホルムアルデヒドの定常状態再現に成功した。

各試験体において、チェンバー内ホルムアルデヒド濃度の顕著な低減効果が示された。不織布にグラフト重合高分子薬液を含浸させた試験体 A、B、C、F のうち、特に試験体 B では、検体設置後 24 時間から 72 時間における供給空气中ホルムアルデヒド濃度は $1031 \sim 1138[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、排出空气中ホルムアルデヒド濃度では $88.2 \sim 95.5[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ になり、大きな低減が示された。また、セルロース繊維に含浸させた粒状の試験体 D、E においても、供給空気濃度が $999 \sim 1061[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ 、排出空気濃度では $88.0 \sim 200[\mu\text{g}/\text{m}^3]$ となり大きな濃度低減効果が示された。

$$R = \left(1 - \frac{C_{\text{out}}}{C_{\text{in}}}\right) \times 100$$

測定結果から (1)式を用

いて濃度低減率 R を求めた。試験体 B、C、D、E においては、24 時間後で $88.6 \sim 91.4[\%]$ 、72 時間後においても $78.6 \sim 90.0[\%]$ と高い濃度低減率を示した。一方で、試験体 A、F においては 24 時間後で $57.6 \sim 62.0[\%]$ 、72 時間後では $41.8 \sim 54.9[\%]$ と、他の検体に比べ低い濃度低減率となった。

$$Q_{eq} = \left(\frac{C_{\text{in}}}{C_{\text{out}}} - 1\right) \times \frac{Q}{A}$$

測定結果から (2)式を用

いて相当換気量 Q_{eq} を求め、各試験体における吸着性能の評価を行った。顕著な濃度低減を示した試験体 B、C、D、E の検体設置 24 時間後の Q_{eq} は $2.02 \sim 2.43[\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ であり、72 時間後の Q_{eq} は $0.84 \sim 2.06[\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ であった。試験体 B、E では検体設置 72 時間後においても $2.00[\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2]$ 以上の相当換気量が示された。

これらは既往の研究と比較すると、ゼオライト、珪藻土、シリカゲル以上の相当換気量を有し、備長炭と同程度となる。ただし、時間経過に伴い、全ての試験体において吸着性能が低下

する傾向が示された。

I-2. 4. リン酸チタニア化合物

近年、リン酸チタニア化合物利用の空気汚染対策製品が市販されている。リン酸チタニア化合物は光照射によって効果を発揮する光触媒と異なり、空气中酸素との接触により反応するとされ、触媒反応と類似した除去機構を有し、室内空気汚染対策として期待されている。リン酸チタニア化合物利用製品の室内化学物質除去性能を定量的に明らかにし、室内空気環境改善に資する基礎的研究を行った。

ブランク検体設置チェンバー内のアルデヒド類濃度の経時変化では、チェンバー内アルデヒド類濃度は、時間経過に伴い僅かな濃度上昇が見られたが、特に大きな変化は無かった。サンプル A、B、C を設置したチェンバー内アルデヒド類濃度の経時変化では、いずれのサンプルにおいても、アルデヒド類濃度低下は見られず、同製品のホルムアルデヒドとアセトアルデヒドの室内濃度低減効果は認められない。サンプル A において、0 分値と 30 分値が 113[ppb]であったが、60 分値では 157[ppb]まで上昇しており、検体からのホルムアルデヒドの放散も考えられる。

ブランク検体設置チェンバー内 VOC 濃度はとても低く、また時間経過に伴う変化は認められなかった。サンプル A、B、C を設置したチェンバー内 VOC 濃度の経時変化では、サンプル A、B、C とともに、時間経過に伴いチェンバー内濃度の低下は示されず、同製品の VOC の室内濃度低減効果は認められなかった。チェンバー内濃度はむしろ上昇傾向にあり、濃度上昇値はサンプル A、B、C でそれぞれ 100～300[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、150～200[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]、200～900[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]程度であった。

サンプル A、B、C 共にホルムアルデヒドと VOC の濃度低減は見られず、当該リン酸チタニア化合物利用対策品の化学物質除去性能は確認されなかった。ブランク検体の VOC、ホルムアルデヒド濃度の発生量は微少でありチェンバー内濃度を上昇させないが、サンプル A、B、C

において時間経過に伴い VOC 濃度が上昇した。また、サンプル A ではホルムアルデヒドの上昇も観察された。このことから、当該製品自身から VOC とホルムアルデヒドの発生が示唆された。

I-2. 5. ベイクアウト技術の評価

i) 住宅設備機器

本研究では、1) 住宅設備機器（洗面化粧台）の化学物質発生量を大型チェンバーを用いて明らかにするとともに、2) ベイクアウト技術による化学物質発生量の低減効果を明らかにすることを目的とした。

各プログラムのベイクアウト実施前後におけるホルムアルデヒド発生量の変化は、プログラム 1 のベイクアウト実施前後の発生量は 142[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]から 132[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]、プログラム 2 で 54.8[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]から 57.9[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]、プログラム 3 では 50.1[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]から 45.1[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と、全てのプログラムにおいて発生量の変化はほとんど示されなかった。すなわち、対象とした洗面化粧台は低ホルムアルデヒド対策製品であり、発生量が小さく、この発生レベルのホルムアルデヒドに対しては、本ベイクアウト条件では低減できないことが示された。

ベイクアウト実施前後における VOC 発生量の変化は、プログラム 1 のベイクアウト実施前後の発生量は、341[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]から 205[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]、プログラム 2 で 155[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]から 54.2[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]、プログラム 3 では 162[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]から 75.4[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]と、各プログラムにおいて VOC 濃度の低減効果が示された。検出 VOC 成分の中で、顕著な発生を示したのはメチルエチルケトン(以下、MEK)である。また、VOC 発生量の約 60～90[%]が MEK であった。すなわち、当住設機器においては MEK の有効な低減対策技術が要求される。そこで、ベイクアウトによる MEK の低減率を求めた。MEK のベイクアウト実施前後の発生量は、プログラム 1 で 314[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]から 151[$\mu\text{g}/\text{h}\cdot\text{unit}$]、プロ