

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：82626  
研究種目：基盤研究(B) (一般)  
研究期間：2019～2021  
課題番号：19H02306  
研究課題名(和文) 室内環境中のフタル酸エステル・2-エチル-1-ヘキサノールの動態解析/リスク評価

研究課題名(英文) Fate and risk assessment of phthalate and 2-ethyl-1-hexanol in indoor environment

研究代表者  
篠原 直秀 (SHINOHARA, Naohide)  
国立研究開発法人産業技術総合研究所・エネルギー・環境領域・主任研究員

研究者番号：50415692  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：フタル酸エステル類のハウスダストへの添加回収率は、おおむね90%以上であった。PVCシートからハウスダストへのDEHPの移行量は、経時的に増加していたが、徐々に吸着が飽和に近づいて増加量は減少していた。また、PVCシート表面のダスト量が少ないほど、重量当たりのダストへのDEHPの移行量が大きかった。ダストへの移行量は、気中への放散量より数十倍から数百倍高かった。DEHPへの経皮曝露量は、他の物質より1桁以上高い曝露を示していた。また、足裏の曝露量は上腕における曝露量より高かった。さらに、9世帯14人を対象として、インターネットを介して、環境試料(ハウスダスト、室内空気)の計測を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
空気中のフタル酸エステル濃度や食品中のフタル酸エステル濃度についての報告は多いが、ダスト中濃度や経皮曝露量に関する情報は少ない。本研究では、ハウスダスト中のフタル酸エステル類の濃度を計測するとともに、経皮曝露量についても評価した点が新しい。本研究結果をもとに、経皮曝露量を減らすための製品開発や住まい方の提案が進むことが期待される。

研究成果の概要(英文)：The recovery of phthalates added to house dust was generally greater than 90%. The amount of DEHP transferred from the PVC sheet to house dust increased over time, but the amount of increase gradually decreased as adsorption approached saturation. The smaller the amount of dust on the PVC sheet surface, the greater the amount of DEHP transferred to dust per weight. The amount transferred to dust was tens to hundreds of times higher than the amount released into the air. Dermal exposure to DEHP was more than one order of magnitude higher than exposure to other substances. Exposures in the feet were also higher than those in the upper arms. In addition, environmental samples (house dust and indoor air) were measured via the Internet for 14 people from 9 households.

研究分野：室内環境評価、リスク評価

キーワード：フタル酸エステル類 経皮曝露 ハウスダスト

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

フタル酸エステル類の建材等からハウスダストへの移行や空気中から浮遊粒子・壁面等への吸脱着については分かっていないことが多く、暴露推定モデルの構築において不確実性が大きい。申請者らの研究においても、一般住宅の室内空気中のガス濃度と浮遊粒子及びハウスダスト中の濃度の間に単純な相関はみられていない。そのため、実験室のコントロールされた条件下における放散や吸脱着に関わるパラメータの取得と室内における挙動モデルの構築が求められている。実験室におけるフタル酸エステル類の建材等からの放散量測定法は、世界中で開発が試みられているが、既存の方法は、実際の室内環境中の濃度と合わないことや平衡に達するまでに数か月の時間を要すなど、問題点が多い。

フタル酸エステル類の暴露経路としては、室内空気(ガス・粒子)からの吸入暴露、食品・飲料やハウスダスト等の摂食による経口暴露、材料との接触もしくは空気との接触を介した経皮暴露がある。代謝が介在する経口暴露と違って、血中へ直接入る経皮暴露では、より低い暴露量で影響を引き起こす可能性がある。しかし、吸入暴露と経口暴露を評価・解析した報告はあるものの、フタル酸エステル類の経皮暴露を定量的に評価した研究はほとんどない。また、フタル酸エステル類に関する暴露評価やリスク評価は、国内外で複数が実施されてきているものの経皮暴露は考慮されていない、もしくは、大きな仮定の下での経皮暴露推定を行ったものであり、リスク削減対策につながる情報にも乏しい。これらのことから、フタル酸エステル類への経皮暴露量の定量的評価は緊急の課題である。

### 2. 研究の目的

本研究では、

実験室におけるチャンバー試験やパッシブフラックスサンプラー試験により、建材や生活用品中のフタル酸エステル類の暴露媒体(室内空気・ハウスダスト)への移行メカニズム・室内の内装表面への吸脱着メカニズムを明らかにする。

実態調査において、建材や生活用品からのフタル酸エステル類の吸入暴露・経口暴露・経皮暴露について定量的に明らかにし、実環境における統合的な暴露評価及びリスク評価を実施する。

実態調査において、2-エチル-1-ヘキサノールへの暴露に対する各種発生源からの寄与率を推定するとともに、吸入暴露・経口暴露・経皮暴露について定量的に明らかにし、実環境における統合的な暴露評価及びリスク評価を実施する。

ことを目的とする。

### 3. 研究の方法

建材上に拡散距離 5.75 mm の場合にダストから粒子への移行と気中への放散を測定する試験を行った。ダストとしては、土壌(JSO-1)、カーボンブラックを用いた。ダスト設置の1,3,7,14 日後にダストを回収した。ダストは、180  $\mu\text{m}$  の篩に掛けて 0.3, 1.0, 3.0, 12  $\text{mg}/\text{cm}^2$  で塩ビシート上に均一に撒いて試験した。

セルロースろ紙(ADVANTEC 硬質ろ紙 No.4A; 東洋濾紙)を 2.8 cm  $\times$  7.2 cm に切り取り、体表面に貼り、一定期間のフタル酸エステル類の吸着量を計測した。皮膚からのコンタミを防ぐためにアルミホイルを挟み、皮膚への負荷のないように鬢用両面テープ(超強力タイプ かつら両面テープ; Vapon)を使用して体表面へ接着させた。サンプリング期間は、7 日間及び 1 日間とし、上腕部、足裏、手首、腰、大腿裏側、首後ろにおける曝露量を測定した。

9世帯14人を対象として、インターネットを介して、環境試料(ハウスダスト、室内空気)の採取、経皮曝露測定ろ紙、住宅室内環境と健康に関するアンケート調査(予備調査用)、住宅室内環境と健康に関するアンケート調査(世帯用)、個人用アンケートを行った。ハウスダストについては、調査開始前に家全体を掃除機掛けした後、2週間の掃除において回収されたハウスダストを取得した。室内空気については、ポケットポンプを用いて、20 mL/minで24時間TENAX管に捕集した。経皮曝露測定ろ紙は、足裏等(上腕、手首、腰、胸、大腿裏、足裏、首後部)の体表面数カ所にろ紙状の吸着材(厚さ0.7mm以下、大きさ70×25mm)を貼って生活していただき、24時間後に回収いただいた。ハウスダストおよび経皮曝露測定ろ紙中のフタル酸エステル類、代替フタル酸エステル類、2-エチルー1-ヘキサノール、テキサノール、TXIB、リン酸エステル類は、内部標準物質の添加されたジクロロメタンにより抽出後、GC-Mにより分析した。TENAX管に捕集したフタル酸エステル類、代替フタル酸エステル類、2-エチルー1-ヘキサノール、テキサノール、TXIB、リン酸エステル類は、内部標準物質を添加後、熱脱着し、GC-MSにより分析した。採取した環境試料および経皮曝露測定ろ紙に含まれる化学物質濃度と、住宅室内環境と健康に関するアンケート調査(予備調査用)、住宅室内環境と健康に関するアンケート調査(世帯用)、個人用アンケート結果とを併せて、吸入及び経皮経路曝露量を統計解析した。

#### 4. 研究成果

フタル酸エステル類のハウスダスト(JIS15標準ダスト)への添加回収率は、DEP 42%±2.2%、DPP 79%±2.0%、DiBP 78%±3.1%、DnBP 87%±1.8%、DhexylP 94%±4.1%、DpentyIP及びBBP(分離できず)105%±3.0%、DCHP91%±2.0%、DEHP91%±5.1%であった。DEPやDBPなどの沸点の比較的低いフタル酸エステル類は回収率が低かったが、回収率は安定していた。

PVCシートからハウスダストへのDEHPの移行量は、経時的に増加していたが、徐々に吸着が飽和に近づいて増加量は減少していた。また、PVCシート表面のダスト量が少ないほど、重量当たりのダストへのDEHPの移行量が大きかった。PVCシートの面積当たりの移行量は、粒子量が多いほど大きかった。PVCシート上のダスト量が3, 12 mg/cm<sup>2</sup>の場合には、ダストへの吸着のために7日後や14日後まで放散量が非常に小さかったが、ダスト量が1, 0.3 mg/cm<sup>2</sup>の場合には、ダストがない場合と同様に線形の経時的な増加を示した。ダストへの移行量は、気中への放散量より数十倍から数百倍高かった。これまでに実施してきたJIS-15ダストとは近い移行量を示していたが、ソーダライムガラスや樹脂と比べて移行量は大きかった。

7日間の経皮曝露量は、個人間で大きく異なっていたが、両腕の結果の違いは小さかった。DEHPへの曝露量は0.12~0.49 µg/cm<sup>2</sup>(上腕)・0.70~5.5 µg/cm<sup>2</sup>(足裏)と、他の物質より1桁以上高い曝露を示していた。DPP、DhexylP、DpentyIP、BBP、DCHPについては、全て定量限界以下であった。また、足裏の曝露量は上腕における曝露量より高かった。1日間サンプリングでは、DEPについても全て定量限界以下だった。両手首や両腕や両大腿背部の違いは部位ごとの違いより小さかった。7日間のサンプリングと同様に、DEHPの経皮曝露量が高く、足裏の曝露量が高かった。DEHPへの足裏の曝露が高いのは、床面からの直接接触による曝露によるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 篠原直秀, 小栗 朋子, 内野加奈子
2. 発表標題 日常生活におけるフタル酸エステル類 への経皮曝露
3. 学会等名 室内環境学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	金 勲 (KIM Hoon)  (00454033)	国立保健医療科学院・その他部局等・上席主任研究官  (82602)	
研究分担者	鍵 直樹 (KAGI Naoki)  (20345383)	東京工業大学・環境・社会理工学院・教授  (12608)	
研究分担者	関根 嘉香 (SEKINE Yoshika)  (50328100)	東海大学・理学部・教授  (32644)	
研究分担者	水越 厚史 (MIZUKOSHI Atsushi)  (50520318)	近畿大学・医学部・講師  (34419)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	東 賢一  (AZUMA Kennichi)  (80469246)	近畿大学・医学部・准教授    (34419)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関