

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 19 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760473

研究課題名(和文) 室内準揮発性有機化合物濃度測定方法と実態調査によるリスク評価

研究課題名(英文) The measurement of SVOC concentrations on floor in house and risk assessment

研究代表者

Kim Hyuntae (Kim, hyuntae)

早稲田大学・理工学術院・講師

研究者番号：90580382

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は室内の床面のSVOC濃度を測定するための測定方法を開発し、実住宅における床面上のDEHP濃度を測定した。また、マイクロチャンバーを用いて建材からのSVOC放散速度を測定した。床面にはDEHPが他の可塑剤より高濃度で検出された。また、家庭用の掃除機で床面の堆積ダストを捕集してもDEHPは残留された。同じ建材であってもDEHPの放散速度が異なり、室内のDEHP汚染を減らすためには放散速度が低い建材を選ぶのが望ましいと考えられる。子供たちは床面で生活する時間が長いいため、床面に存在する汚染物質に曝露される機会が大きいと考えられる。

研究成果の概要(英文)：this study was developed measurement method to measure the concentration of SVOCs on surface PVC flooring and investigated the concentration of SVOCs on floor in houses. Besides, some building products was tested the emission rate of SVOC by micro-chamber. DEHP on surface of the floor was detected a high concentration than other plasticizers. I confirmed that eliminating all DEHP from the surface of the flooring is nearly impossible, even if the accumulated house dust is vacuumed. Children are more likely to come into direct contact with flooring. Further investigation will be needed to evaluate children's exposure to DEHP in relation to their behavioral characteristics, including crawling and lying down on the floor.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境設備

キーワード：建築材料 可塑剤 ハウスダスト

### 1. 研究開始当初の背景

ハウスダストに付着するフタル酸エステル類は子供の喘息やアレルギー症状には関係性があると報告され、ハウスダスト中のSVOC濃度に関する研究が進んでいる。しかし、ハウスダスト捕集方法は周辺機器を備えるため、初期費用がかかり、研究者以外は使い難い。そのため、本研究の目的は研究者以外の方がマニュアルさえあればサンプリング出来る方法を開発し、実住宅における実態調査を行い、リスク評価をする基礎データを集めることである。

### 2. 研究の目的

ハウスダストの捕集はVDI 4300 Part 8を準拠して家庭用真空掃除機を利用するバキューム法で行われるが、紙パックに捕集したダストの量が紙パックの1/3以上捕集されないと真空掃除機のノズルや機器の摩耗によって分析するハウスダストにコンタミネーションが生じるため、精度高い分析が難しいと考えられた。そのため、分析するハウスダストのコンタミを減らし、加熱脱着によるエージングが出来る捕集ノズルを開発した。しかし、開発したノズルは精度高い分析が出来たが、幾つかの欠点がある。

欠点は以下の通りである。

(1) 研究のために初期費用がかかる。

例えば、捕集フィルター、ノズル、ノズルジョイント、真空掃除機、フィルターとノズルなどのエージングのために高温加圧オーブ、加熱脱着装置などが必要とされる。

(2) 実態調査に準備のために手間がかかり、研究者以外は使い難い。(実態調査は一日1件が限界)

(3) 居住者らは自分の部屋などを見せたくないと思ひ、実態調査に応じる居住者が少なくなり、実験の数が少ない。例え実態調査に応じても寝室などは捕集出来ず、居間や台所の捕集しか出来ない場合が多い。

(4) 掃除機や開発したノズルでハウスダストを捕集しても床の表面に付着しているダストが残ってしまい、実際の床表面付着SVOC濃度が図られない。

(5) PVC系床材の場合、表面に可塑剤などがブリーとアウトされ、SVOCが凝縮されるため、這い始めた子供達が指に付着したSVOCをなめて摂取する事や直皮膚接触からのSVOC吸収量と相関性がある。より正確なリスク評価のため、表面ブリードアウト量まで実測する必要がある。

そのため、本研究の目的は非専門家でも実態調査に協力出来る方法を開発し、実住宅における床面SVOC堆積濃度を実態調査する。

### 3. 研究の方法

沸点の高いSVOC物質の中には気中よりハウスダストのような表面に付着し、室内に堆

積する性質を持っている。ヨーロッパのような海外と日本の生活習慣や室内で利用している床材が異なるため、ハウスダストのみでリスク評価をすると最小評価される可能性がある。日本は床材として塩ビシートを多く利用しているため、子供が床で遊んだり、這うことによって手に付着するSVOCを直接なめることで、SVOCを摂取する機会が多くなり、夏や中間期は腕と足などが裸になっている場合が多いため、皮膚吸収によるリスクも多くなると考えられる。そのため、ハウスダスト中のSVOC濃度のみではなく、床材にBleed outされているSVOC濃度まで測定しなければならないと考えられる。

#### (1) 拭き取り法の検討

##### ①拭き取りガーゼの作り方

図1に拭き取りガーゼ作製の手順を示す。



拭き取りガーゼ エタノール洗浄 ガーゼ保管

図1 拭き取りガーゼの作製の手順

拭き取りガーゼは医療用のガーゼを利用し、ガーゼ3枚を重ね、30mm×30mmの大きさに切り取った後、エタノールに漬け込み、洗浄を3回実施した。前処理した拭き取りガーゼは試験用ガラス瓶に入れ保管した。

##### ②サンプリング方法の検討

床面付着SVOCサンプリング手順を図1に示す。サンプリングする床面をエタノールに浸したガーゼを用い、測定する床面のみ清潔に掃除した後、内側25cm×25cmの四角枠を設置し、72時間掃除せず、放置するサンプリングをする際には前処理したガーゼをガラス瓶から取り出し、エタノールに浸した後、水滴が落ちないようにある程度絞った状態でサンプリングをする。①番から②番まで2.5cm間隔で拭き取りをし、③番からはガーゼを裏返して④番までサンプリングをする。但し、この方法は塩ビシート或いは目地がない床面を対象とする。目地がある場合には目地方向に拭き取りをし、目地と直角にサンプリングするのをできる限り避ける。

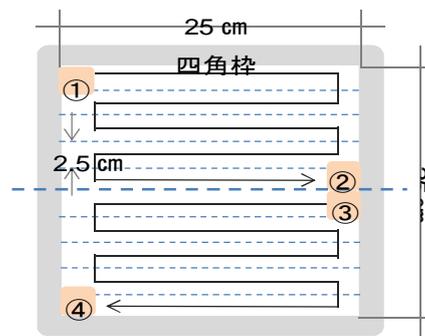


図2 拭き取り方法

## (2) 住宅における床面 SVOC 濃度

調査対象は韓国の6住宅と日本の2住宅で測定した。住宅の床表面のサンプル面積は25Cm×25Cm (0.0625m<sup>2</sup>) の大きさである。室内環境での床面上の DEHP の測定は次の手順に従って行われた。まず、測定する床の部分を選定し、エタノールで湿らせたガーゼを用いて床の表面をきれいに掃除した後、四角枠を測定面上に設置した。5 分後に測定面をサンプリングし、床面の初期濃度を測定した。72 時間後に床の表面に堆積したダストと一緒にサンプリングした。KS の住宅は同じ場所に3つの四角枠を設置し、二つは堆積したダストと一緒に床表面をサンプリングし、残りの一つ (KSR-c) は真空掃除機を用いて堆積したダストを除去した後、床表面をサンプリングした。KG の住宅は部屋とリビングルームで測定された。KT、JK、JT の住宅は時間の変化に伴う床面上の DEHP 濃度の変化を測定するために、同じ場所に4つの四角枠を設置した。サンプリング時期は初期濃度、3日、7日、14日、28日である。測定期間中に居住者が測定面を踏まないようお願いした。表1に測定対象住宅の概要を示す。

表1.測定概要

国家	住宅名	測定場所	サンプル名
韓国	KS	部屋	KSR-a
			KSR-b
			KSR-c*
	KP	部屋	KPR
	KG	部屋	KGR
		居間	KGL
	KT**	部屋	KTR-0,3,7,14,28
	KH	部屋	KHR
	KY	部屋	KYR
日本	JK**	部屋	JKR-0,3,7,14,28
	JT**	部屋	JTR-0,3,7,14,28

分析方法は床面をサンプリングしたガーゼを centrifuge tube に入れ、ジクロロメタンで30分間超音波溶媒抽出する。溶媒抽出された液体を Liquid chro disk (13CR) で濾過した後、その液体を GC/MS で定量/定性分析した。

分析対象物質は 2E1H、D6、BHT、DEP、C16、TBP、TCEP、DBA、DBP、C20、TPP、DOA、DEHP の13物質とする。

### (2) 建材からの SVOC 放散速度測定

放散速度はマイクロチャンバーを用いて測定を行った。測定方法と分析方法は JIS A 1904 に従って測定をした。測定対象建材は PVC Flooring 7種類と PVC Tile 6種類である。分析対象物質は床面に堆積した SVOC の分析種類と同じである。

## 4. 研究成果

### 1) 床面の DEHP 濃度

図3に床面上の DEHP 濃度を示す。KS 住宅の部屋の3つの四角枠を設置し、KSR-a、b は堆積したダストと一緒に床の表面を拭いて DEHP 濃度を測定した。その結果、DEHP 濃度はそれぞれ 13、15[ug/0.0625m<sup>2</sup>]で検出され、面積当たりに換算すると、208、240[ug/m<sup>2</sup>]であった。そして、堆積したダストを掃除機で除去した後に測定された KSR-c の場合には、面積当たりの床面上の DEHP 濃度が 128[ug/m<sup>2</sup>]で測定され、かなりの量の DEHP が残留したことが確認された。また、住宅で測定された床の上 DEHP 濃度は約 8-49 [ug/0.0625m<sup>2</sup>]で測定され、同じ種類の PVC Flooring であっても、床面上の DEHP 濃度の差が見られた。木質系の床材を使用している日本の JTR 住宅は DEHP が検出されなかった。

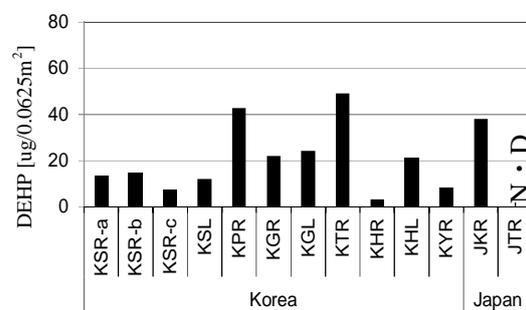


図3. 床面上の DEHP 濃度

### 2) 床面上の DEHP 濃度の経時変化

図4に時間の変化による床面上の DEHP 濃度を示す。測定対象住宅は韓国の KT と日本の JK、JH 住宅で測定を行った。測定対象の住宅の部屋の中にそれぞれ4つの四角枠を設置し、0 (初期濃度) から3日、7日、14日、28日の間に床表面に堆積される DEHP 濃度を測定した。韓国の KT 住宅と日本の JK の住宅は床材が PVC Flooring で、日本の JT 住宅は木質系のフローリングであった。JTR は14日間、床に蓄積された DEHP の濃度が検出されず、28日目に測定されたサンプルから約 10 [ug/0.0625m<sup>2</sup>]の DEHP が検出された。PVC Flooring を使用している JKR、KTR の場合、3日間蓄積された床面上 DEHP 濃度がそれぞれ 38、49 [ug/0.0625m<sup>2</sup>]であり、7日間蓄積された床面上の DEHP 濃度がそれぞれ 46、59 [ug/0.0625 m<sup>2</sup>]で測定され、時間の変化によって、床面上の DEHP 濃度が増加することが確認された。しかし、JKR の14日と28日間、蓄積された床面の DEHP 濃度は KTR に比べて急激に高く検出されており、その理由については知ることができなかった。しかし、木質系のフローリングを使用している住宅の場合、PVC Flooring を使用する住宅に比べ、床の表面上の DEHP 汚染速度が遅延されることが確認できた。

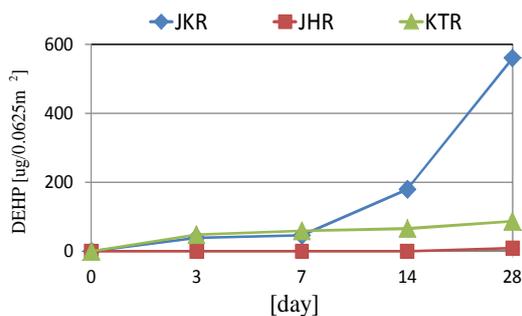


図 4. 経時変化による床面上の DEHP 濃度

### 3) 建材からの SVOC 放散速度

室内でよく使用されている市販の建材から SVOC 放散速度を測定した。分析した 13 物質の中で最も放散量が多かった DEHP について報告する。PVC Flooring は約 2~12 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ] で、PVC Tile は約 2~4 [ $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ ] であった。同じ建材でも DEHP の放散速度は様々であり、室内の DEHP の汚染を防ぐためには放散速度が低い建材を選択するのが望ましいと考えられる。

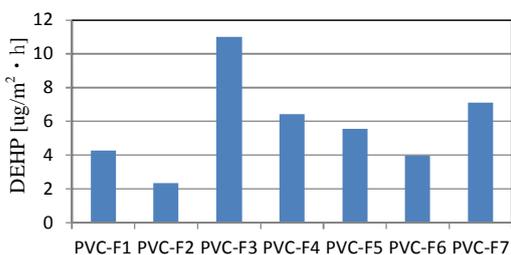


図 5. PVC Flooring からの DEHP 放散速度

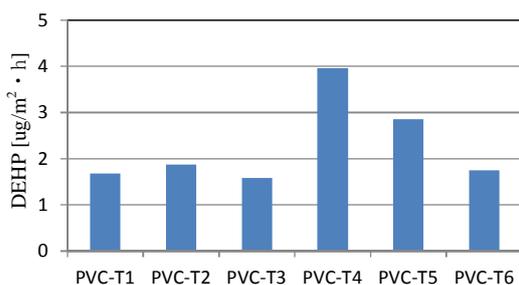


図 6. PVC Tile からの DEHP 放散速度

本研究では、室内の床面の SVOC 濃度の測定方法を開発した。室内環境の床面上の DEHP 濃度を測定し、室内環境で使用される PVC Flooring と子供の DEHP 暴露について、多経路に検討する必要があるが分かった。室内の床に使用される建築材料は天井、壁とは異なり、子供たちが直接接触する機会が多く、特に DEHP が含有された床材は表面のブリードアウトによる DEHP が高濃度に蓄積される可能性がある。また、家庭用掃除機を用いて堆積したハウスダストを除去しても、床表面

に濃縮された DEHP をすべて除去することが困難であることが確認された。もちろん、掃除を頻繁にすることで、子供のハウスダスト摂取量を減らすことができるが、室内の床上で遊んだり、手を舐めたりすると DEHP 暴露が多くなると考えられる。子供達の DEHP 摂取量を削減するためには床材として可塑剤が含有されていない床材或いは DEHP の放散速度が低い建材を利用するのが望ましいと考えられる。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 4 件)

- ①半揮発性有機化合物 (SVOC) の測定法に関する研究(その 22)ハウスダスト中の SVOC 濃度と建材からの放散速度に関する研究: 日本建築学会大会学術講演梗集, 2013 年 9 月, 金炫兌, 波多野弘和, 田辺新一
- ②金炫兌, 田辺新一, 拭き取り法を用いた PVC 床表面の SVOC 濃度測定, 第 30 回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, 日本空気清浄協会, CD, pp.191-192, 2013.
- ③半揮発性有機化合物 (SVOC) の測定法に関する研究 (その 20) PVC 床材の表面ブリードアウトに関する研究: 日本建築学会大会学術講演梗集, 2012 年 9 月, 金炫兌 波多野弘和, 川村聡宏, 田辺新一
- ④半揮発性有機化合物 (SVOC) の測定法に関する研究 (その 19) 建材からの SVOC 放散速度測定: 日本建築学会大会学術講演梗集, 2012 年 9 月, 川村聡宏, 波多野弘和, 金炫兌 金勲, 田辺新一

#### (1) 研究代表者

金 ヒョンテ (Kim, Hyun-tae)

早稲田大学・理工学術研究所・講師

研究者番号: 90580382