



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Building-related symptoms among the elementally school pupils and their association to organic phosphate triesters exposure at home in Sapporo
Author(s)	Takeda, Tomoya; Araki, Atsuko; AitBamai, Yu et al.
Citation	Hokkaido Journal of Public Health, 24(2), 73-84
Issue Date	2011-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/45355
Type	journal article
File Information	HJPH24-2_73-84.pdf



- 1 表紙
- 2 表題
- 3 小学生のシックハウス症候群の有訴と自宅の床ダスト中有機リン酸トリエステル類濃度と
- 4 の関連
- 5 著者名
- 6 竹田 智哉(たけだ ともや)¹⁾, 荒木 敦子(あらき あつこ)¹⁾, アイツバマイ ゆふ(あいつば
- 7 まい ゆふ)¹⁾, 斎藤 育江(さいとう いくえ)²⁾, 早川 敦司(はやかわ あつし)¹⁾, 吉岡 英治(よ
- 8 しおか えいじ)¹⁾, 金澤 文子(かなざわ あやこ)¹⁾, 湯浅 資之(ゆあさ もとゆき)³⁾, 岸 玲
- 9 子(きし れいこ)⁴⁾
- 10 所属機関名
- 11 1)北海道大学医学研究科予防医学講座公衆衛生学分野 2)東京都健康安全研究センター
- 12 3)順天堂大学医学研究科公衆衛生学講座 4)北海道大学環境健康科学研究教育センター
- 13 図表数
- 14 図 1, 表 4
- 15 希望する原稿の種類
- 16 原著
- 17 連絡者住所, 氏名, 電子メールアドレス
- 18 〒060-0812 北海道札幌市北区北 12 条西 7 丁目 北海道大学中央キャンパス総合研究棟 1

1 号館環境健康科学研究教育センター

2 岸 玲子

3 TEL 011-706-4747

4 Fax 011-706-4725

5 rkishi@med.hokudai.ac.jp

6

7

英文抄録

Title

Building-related symptoms among the elementally school pupils and their association
to organic phosphate triesters exposure at home in Sapporo.

Authors

Tomoya Takeda¹⁾, Atsuko Araki¹⁾, Yu Aitbamai¹⁾, Ikue Saito²⁾, Atsushi Hayakawa¹⁾, Eiji
Yoshioka¹⁾, Ayako Kanazawa¹⁾, Motoyuki Yuasa³⁾, Reiko Kishi⁴⁾

Affiliations

1)Department of Public Health Sciences, Hokkaido University Graduate School of
Medicine, 2)Tokyo Metropolitan Institute of Public Health, 3)Department of Public
Health, Juntendo University Graduate School of Medicine, 4)Center for Environmental
and Health Sciences

Corresponding Author: Reiko Kishi, Hokkaido University, Center for Environmental
and Health Sciences, Kita 12, Nishi 7, Kita-ku, Sapporo, JAPAN 060-0812. Tel
+81-11-706-4746, Fax +81-706-4725, E-mail: rkishi@med.hokudai.ac.jp

Abstract

Organic phosphate triesters (OP) are a range of compounds widely used as additive flame retardants in ceiling and wall coverings. To date, only a limited number of studies have been conducted that measure OP in house dust and only two have investigated OP levels and inhabitants' health. The aim of this study was to measure OP levels in homes and to evaluate their relation to Sick Building Syndrome (SBS) symptoms among elementary school pupils, a known high risk group. Case and control pupils were selected from a baseline questionnaire survey conducted at 12 elementary schools in Sapporo in 2009, and 80 agreed to participate. Floor dust was collected from the living room of each pupil' homes and analyzed by GC/MS to determine the concentrations of 11 OP compounds. Questionnaires were given to all pupils at the same time to assess any SBS symptoms. Among all subjects, 39 pupils reported having SBS symptoms and gender and grade (± 1)-matched controls were selected. Significantly more allergies were reported in the case pupils, who tended to live in older houses with more reports of dampness. Tris(butoxyethyl) phosphate (TBEP) had the highest concentration among the OP; the median value (detection rate) among the case and control houses was 56.01 μ g/g dust (89.7%) and 59.70 μ g/g dust (87.2%), respectively. There was no difference in the levels of OP between the case and control groups. Although there was no relation between OP and SBS in this study, further studies of

1 OP should be continued as the level of TBEP in Japan was much higher than that of

2 Europe.

3 Key words

4 sick building syndrome (SBS), house dust, organic phosphate triesters (OP) , flame

5 retardants, elementally school pupils

6

要旨

床ダスト中有機リン酸トリエステル類濃度と小児のシックハウス症候群（SHS）有訴との関連を明らかにする事を目的として、札幌市の公立小学校に通う 80 名の児童の自宅室内環境調査及び質問紙調査を行った。有機リン酸トリエステル類 11 化合物の測定は、居間の床からダスト採取し、GC/MS で濃度を分析した。

測定した有機リン酸トリエステル類のうち TBEP は最も高い濃度、検出率を示し、SHS の有訴あり群で $56.01 \mu\text{g/g dust}$ (89.7 %), 有訴なし群で $59.70 \mu\text{g/g dust}$ (87.2 %)となった。有訴あり群と有訴なし群の間で濃度に有意差は認められなかった。しかし、TBEP 濃度は過去に報告された欧米の研究結果よりも高く、また難燃剤として広く用いられていることから、有機リン酸トリエステル類に関する今後の調査継続が求められる。

キーワード

シックハウス症候群、ハウスダスト、有機リン酸トリエステル、難燃剤、小学生

略語表

本論文では以下の略語を用いる。シックハウス症候群 (SHS), リン酸トリメチル (TMP), リン酸トリエチル (TEP), リン酸トリプロピル (TPP), リン酸トリブチル (TBP), リン酸トリス-2-クロロエチル (TCEP), リン酸トリス-2-クロロイソプロピル (TCIPP), リン酸トリス

- 1 -1, 3-ジクロロ-2-プロピル(TDCPP), リン酸トリスブトキシエチル(TBEP), リン酸トリフェ
- 2 ニル(TPhP), リン酸トリス-2-エチルヘキシル(TEHP), リン酸トリクレシル(TCP).
- 3
- 4

I 緒言

1. 研究背景

有機リン酸トリエステル類とは図 1 のようにリンの周りにエステルが 3 つ結合した物質

図 1

を指す。この物質は難燃剤や可塑剤だけではなく塗料などにも使用されており、2009 年に

は日本国内で約 35,000 t が生産された¹⁾。そのうち代表的な化合物である TCP は国内生産

量が 2003 年に約 22,000 t であった²⁾。その毒性として有機リン系農薬と同様のコリンエステ

テラーゼ阻害による神経毒性^{3, 4)}、遅発性の神経毒性^{5, 6)}を示す動物実験による結果が報告

されている。有機リン酸トリエステル類は難燃性可塑剤として家電やパーソナルコンピュ

ータ、壁紙などの内装材として多用されるため^{7, 8)}、沸点が 190℃～400℃と低揮発性であ

って室内環境中の汚染が懸念される⁹⁾。しかし、その健康への影響についての研究は、世界

的に見ても少ない。一般家屋の室内環境測定からは、室内空气中濃度がドイツでは TCEP が

10ng/m³¹⁰⁾、スウェーデンでは TCEP が 4 ng/m³、TBP が 20 ng/m³と報告されている¹¹⁾。さら

にハウスダスト中濃度はアメリカでは TDCPP が 1.88 μg/g dust, TPhP が 7.4 μg/g dust¹²⁾,

ドイツでは TCEP が 0.60 μg/g dust, TCIPP が 0.60 μg/g dust¹⁰⁾、スウェーデンでは TCEP

が 7.6 μg/g dust, TBEP が 8.5 μg/g dust と報告されている¹³⁾。日本では、一般家屋の

室内空气中濃度は TCEP が 15.5 ng/m³、TBP が 27.1 ng/m³、ダスト中濃度は床の TCEP が 7.5

μg/g dust, TBP が 1.4 μg/g dust, 棚上の TCEP が 9.8 μg/g dust, TBP が 1.1 μg/g dust¹⁴⁾

と報告されている。室内環境中の濃度と健康影響との関連について言及している論文は 2

1 報であった。1 報はアメリカの報告で、TDCPP と血中の遊離チロキシンの間に負の関連、ブ
2 ロラクチン濃度とは正の関連を示し、TPhP と精子濃度の間に負の関連を示した¹²⁾。もう一
3 方は日本の報告で、TBP 濃度がシックハウス症候群(SHS)粘膜刺激症状のリスクとなる一方、
4 TBEP 濃度は負の関連が示されている¹⁴⁾。

5 1980 年代にオフィスビルの中で働く労働者の間に見られるシックビルディング症候群
6 (SBS)と呼ばれる非特異的な症状が欧米で大きな問題となった^{15~20)}。SBS の症状は粘膜刺激
7 症状、頭痛、倦怠感などが特定のビルで生じ、そのビルを離れると症状が改善、消失する
8 ものである。日本では1990 年代から、ビルより新築や改築された住宅において SBS 様症状
9 を訴える者が増加してきたことから、住居住宅がその症状の原因であると捉えられ、シッ
10 クハウス症候群(SHS)と呼ばれている²¹⁻²³⁾。日本ではマスコミ等の影響もあって SBS よりも
11 SHS が注目されたことから SHS に関する調査研究が行われてきた²⁴⁻²⁸⁾。著者らも2003 年か
12 ら一般戸建て住宅を対象として全国6 地域で疫学研究を継続して実施してきた^{14, 29-34)}。そ
13 の結果、SHS の要因が建材由来の化学物質のみならず^{29, 30)}、湿度環境の悪化^{30, 31)}やダニア
14 レルゲンや真菌類の増加^{32, 33)}、微生物由来の VOC (MVOC)³⁴⁾などが SHS 有訴のリスクファク
15 ターとなることを明らかにしてきた。また、SHS 有訴は大人よりも児童で多く、児童がハイ
16 リスクグループであるといえる^{14, 34)}。また、住宅の築年数の経過によって室内環境中にお
17 けるアルデヒド類、VOC 類といった化合物は減少傾向を示すが、SHS 症状の有訴そのものは
18 なくならなかったことから²⁹⁾、SHS の要因としては建材由来の化学物質のみならず湿度環

境の悪化やそれに伴う生物学的な要因が考えられ、これは北欧の結果とも一致している^{20, 35}
~³⁸⁾。有機リン酸トリエステル類については、著者らは、2008年に札幌市の築3-8年の戸建
て住宅41軒を対象に、室内空気中およびダスト中のリン酸トリエステル類濃度を測定した
¹⁴⁾。この結果、室内空気中濃度はTCEPが15.5 ng/m³、TBPが27.1 ng/m³、床ダスト中の濃
度はTCEPが7.5 μg/g dust、TBPが1.4 μg/g dustと報告している。この研究では室内
床ダスト中のTBP濃度の高値がシックハウス症候群(SHS)の有訴者が住む住宅で高いことか
ら、居住者の粘膜刺激症状のリスクとなる可能性が示唆された一方で、TBEP濃度の高値は
むしろリスクを低下させる可能性を示すなど、リン酸トリエステル類濃度と居住者への健
康影響については不明な点が多い。また、新築戸建て住宅のみを対象としており、有訴者
数の人数が少ないといった課題があった。

2. 研究目的

本研究は、シックハウス症候群のハイリスクグループである児童の症状有訴と自宅有機
リン酸トリエステル類濃度との関連を明らかにすることを目的とする。

II 対象と方法

1. 研究対象者の選定および調査時期

住宅調査の対象者を抽出するためにベースライン調査を行った。札幌市立小学校35校の

1 学校長に調査協力を依頼し、同意が得られた 12 校を調査対象校とした。この 12 校の 1 年
2 生から 6 年生全児童 6,393 人に調査票を配付した。調査時期は平成 20 年 11 月から平成 21
3 年 2 月である。調査票は各学校の担任の先生を通じて配布、回収を依頼した。回答数は 4,445
4 人(回収率 69.5%)であり、そのうち白紙でない回答数は 4,408 人であった。調査票の「翌年
5 以降の住宅環境調査に協力をしてもよい」という記載欄に名前と連絡先の記載があった 951
6 人の中から対象者を選出した。

7 対象者の選択基準は以下の 2 点である。

8 1)住宅環境調査時点において小学校を卒業していない者

9 2)性、学年、SHS 症状の項目に欠損がない者

10 1 家族に児童が 2 人以上いる場合には無作為に 1 名を抽出し、対象児は 1 家族から 1 名と
11 した。以上の基準をみたす 681 名のうち、ベースライン調査時点で SHS 有訴のある 190 名
12 及び SHS 有訴のない 491 名のうち 252 名の計 442 名に自宅環境調査依頼の手紙を郵送した。
13 このうち 104 名から同意(同意率 23 %)が得られ、最終的に住宅訪問のアポイントメントが
14 成立した 80 名に対して平成 21 年 9 月 28 日から 11 月 23 日の間に質問紙調査、室内環境測
15 定を実施した。

16

17 2. 調査内容

18 1)児童の健康、自宅環境に関する質問紙調査

健康に関する質問紙調査は児童およびその家族(但し未就学児を除く)の全員を対象に実施した。調査票は小学生用と中学生以上を対象とした大人用の 2 種類を用意した。小学生用の調査票は保護者が子どもに聞き取りをしながら、もしくは普段の子どもの様子に基づいて判断、記入を依頼した。大人用の調査票は対象者本人による記入を依頼した。シックハウス症候群に関する質問は Andersson³⁹⁾によるシックビル質問票 MM080 for school (小学生用)および MM040EA (大人用)の日本語版⁴⁰⁾を用いた。喘息やアレルギーに関する質問は小学生用には ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood)日本語版⁴¹⁾の調査票から、大人用には ECRHS (European Community Respiratory Health Survey)日本語版^{42, 43)}調査票から抜粋した。このほかライフスタイルについての質問項目を含めた。自宅環境については自宅の種類、構造、築年数、居住者数、換気状況、芳香剤や防虫剤の使用、湿度環境、ペットの有無、殺虫剤や消毒剤の使用、暖房の使用状況、掃除頻度、床材や壁材についての質問を保護者に対して行った。なお、本論文では対象児の結果のみを記す。

2)室内環境測定

(1)有機リン酸トリエステル類の測定

有機リン酸トリエステル類の測定は斎藤らと Kanazawa らによる報告を用いた^{14, 44)}。ダスト試料はポリエステル製ダニ検査ゴミ取り用袋「ES」(住化エンビロサイエンス株式会社,

1 兵庫県)を装着した National クリーナーMC-D25C-QA (145W) (パナソニック株式会社, 大阪
2 府)で, 対象児童の住宅の居間の床, もしくは居間に相当する場所の床全面から集塵した.
3 収集したダストから毛髪や動物の毛, 紙屑や着色繊維など, GC のカラムを詰まらせて分析
4 の障害となる夾雑物を取り除き, 総重量を測定した. 分析を実施した東京都健康安全研究
5 センターにてダストサンプルから 25 mg を分取してアセトン 1 mL を加えて 20 分超音波抽
6 出後, 2,500 rpm で 10 分遠心分離を行い, 上清をリン酸トリエステル類 11 化合物(リン酸
7 トリメチル(TMP), リン酸トリエチル(TEP), リン酸トリプロピル(TPP), リン酸トリブチル
8 (TBP), リン酸トリス-2-クロロエチル(TCEP), リン酸トリス-2-クロロイソプロピル(TCIPP),
9 リン酸トリス-1,3-ジクロロ-2-プロピル(TDCPP), リン酸トリスブトキシエチル(TBEP), リ
10 ン酸トリフェニル(TPhP), リン酸トリス-2-エチルヘキシル(TEHP), リン酸トリクレシル
11 (TCP))を GC/MS (GCMS-QP2010, 株式会社島津製作所, 京都市)で分析した. 分析条件は以下
12 の通り. 使用カラム: Ultra-1 25 m×0.2 mm 内径×0.33 μ m, カラム温度: 60°C (2 分)-20°C
13 /分-180°C-15°C/分-240°C-20°C/分-300°C (6 分), キャリアガス: ヘリウム 70 kPa (定圧),
14 注入口温度: 280°C, 注入量: 1 μ L (スプリットレス, パージ時間 4 分), 分析温度: 280°C,
15 測定モード: 選択イオンモニタリング (SIM). なお, ダストはすべてアセトン(残留農薬,
16 PCB 試験用) (和光純薬工業株式会社, 大阪府)で 15 分超音波洗浄後に 250 °C で 2 時間乾熱
17 滅菌を行った共栓付きガラス遠沈管に入れてフッ素テープで密閉し, 冷凍庫で保管・配送
18 した.

(2) その他の環境測定

温度、湿度は TR-72U（株式会社ティアンドデイ，長野県）を用いて 48 時間モニターし、平均温度と平均湿度を測定した。その他、居間の空気中アルデヒド類 3 化合物，VOC 類 34 化合物と MVOC 類 13 化合物，また床から採取したダストの一部は分割しダニアレルゲン、エンドトキシン、 β グルカン測定した。但し、空気中化学物質濃度、ダニアレルゲン、エンドトキシン、 β グルカン量についての結果は別途報告予定である。

(3) 調査者による室内観察

調査者が訪問住宅のダストを採取した場所の床面積，天井高，床材，壁材，天井材などを観察し記録した。また，居住者にダスト採取場所の最終清掃日等を尋ね記録した。

3. 解析

1) 解析に用いたシックハウス症候群有訴の定義

本研究における SHS 有訴ありとは、過去 3 ヶ月以内に、SHS 自覚症状 10 項目のうちいずれか 1 つ以上が「いつも，時々」あり，かつ「その症状は建物に関係している」と回答した者を有訴ありと定義した。SHS 症状は経年による症状の消失や改善，新規発症が報告されている³²⁾。そこで，曝露と症状有訴の時期を一致させるため，解析には住宅調査時点における質問紙調査の結果から有訴あり群、有訴なし群を定めた。

2) 環境測定における定量限界 (LOQ) の値

有機リン酸トリエステル類 11 物質の LOQ は TMP, TEP, TPP, TBP, TCEP, TCIPP は $0.50 \mu\text{g/g dust}$, TDCPP, TPhP, TEHP は $1.00 \mu\text{g/g dust}$, TBEP は $1.50 \mu\text{g/g dust}$, TCP は $2.00 \mu\text{g/g dust}$ であった.

3) 各解析の手法

SHS 有訴のある 39 名に SHS 有訴のない児童から性別, 学年 ± 1 年を 1 : 1 でマッチングし, 学校も可能な限りマッチングさせ, 39 組 78 名を解析対象とした. SHS 症状と個人特徴, 住宅環境, 有機リン酸トリエステル類濃度との関連は, 連続値または連続値とみなして解析を行う項目は Wilcoxon 検定, 2 値で評価されているものは McNemer 検定を行った. 検出率 40%以上の化合物について, 住宅特徴と有機リン酸トリエステル類濃度の関連について Mann-Whitney 検定を行った. 全ての統計的解析は $p < 0.05$ にて統計学的な有意差ありとした. 統計ソフトは SPSS ver.16 (SPSS, Chicago, IL, USA)を使用した.

4. 倫理的配慮

本研究は, 北海道大学大学院医学研究科・医学部医の倫理委員会において審査, 承認を得て実施した.

1 III 結果

2 1. 対象者の特徴

3 1) 対象者の基本属性と疾患

4 対象者は有訴あり群，有訴なし群共に男児が 23 名，女児が 16 名であった．学年は 2～6
5 年生で偏りはなかった．有訴あり群で最も多い有訴は鼻水・鼻づまり・鼻がムズムズする
6 といった鼻症状で，30 名 (77%) が症状を訴えた．その他有訴の多い症状は，眼がかゆい・あ
7 つい・ちくちくするといった眼症状，咳嗽，顔面が乾燥する・赤くなる，頭皮や耳がかさ
8 つく・かゆい，手が乾燥する・かゆい・赤くなるといった皮膚症状であった．また，有訴
9 あり群では医師の診断があり、気管支喘息，鼻炎，アトピー性皮膚炎の症状が過去 1 年以
10 内にあったものは有訴なし群に比べて有意に多かった．気管支喘息，鼻炎，アトピー性皮
11 膚炎のそれぞれの有病率は有訴あり群で 30.8 %，41.0 %，38.5 %，有訴なし群で 7.7 %，
12 12.8 %，10.3 %であった．

13

14 2) ライフスタイルと対象者の SHS 有訴との関連

15 ライフスタイルと対象者の SHS 有訴との関連を表 1 に示す．これらの項目のうち起床時
16 刻が有訴あり群と有訴なし群で有意な差が認められ，有訴なし群は有訴あり群に比べて早
17 起きであった．その他のライフスタイルと SHS 有訴の間に有意な関連は認められなかった．

18

表 1

2. 住宅の特徴と SHS 症状の有訴との関連

住宅の特徴と SHS 症状の有訴との関連を表 2 に示す。有訴あり群と有訴なし群で有意な

表 2

差が生じたものは築年、居住者数、結露の発生、ダンプネスインデックス (DI)、パネルヒーターの有無であった。なお、ダンプネスインデックスとは結露の有無、カビ発生の有無、かび臭の有無、浴室でタオルが乾燥しにくい、水漏れの有無の 5 項目に関して「はい」とした数を加算して数値化した 5 点満点の指標である⁴⁵⁾。また表 3 に示される通り、湿度は有訴あり群において有意に高い値を示した。築年は有訴なし群の中央値 8 年に比べて有訴あり群の中央値 12 年と有意に古い結果が示された。また、有訴あり群は有訴なし群に比べて有意に一家族の人数が少ないという結果が示された。湿度環境の項目については有訴あり群において結露の発生が有意に多い、ダンプネスインデックスが有意に高値であった。暖房器具は有訴なし群の住宅でパネルヒーターを有意に多く利用していた。なお、入居後年数、部屋数、芳香剤の使用、防虫剤の使用、ペットの飼育、世帯収入では有訴あり群と有訴なし群に有意な差はなかった。

3. ダスト中有機リン酸トリエステル類濃度と SHS 症状の有訴との関連

ダスト中有機リン酸トリエステル類濃度と SHS 症状の有訴との関連を表 3 に示す。有機

表 3

リン酸トリエステル類 11 化合物のうち TBEP は検出率が有訴あり群、有訴なし群の住宅でそれぞれ 89.7 %、87.2 %であったが、それ以外の化合物は有訴あり群、有訴なし群の住宅

とも全て 50 %以下であった。また、TMP、TEP は全ての家屋で定量下限値未満だった。本研究では 11 化合物全て SHS 症状の有訴との関連はなかった。

3

4. 対象住宅の特徴と有機リン酸トリエステル類濃度との関連

対象住宅の特徴と有機リン酸トリエステル類濃度との関連を表 4 に示す。本解析は有機リン酸トリエステル類の発生源を明らかにする目的で、調査を実施した 80 軒全てのデータを用いた。TCEP は築 11 年以上の住宅で有意に高値である一方、TBEP は築 10 年以下の住宅で有意に高値であった。居間の換気装置を使用していない・あるいは居間に換気装置がない住宅で有意に TCEP の濃度が高く、暖房にパネルヒーターを用いている住宅で有意に TBEP の濃度が高かった。また床材がフローリングの住宅で有意に TBEP の濃度が高かった。その他の住宅の特徴と化学物質には有意な関連が示されなかった。

表 4

12

IV 考察

1. 有訴あり群と有訴なし群について

SHS 症状は経年で症状有訴に変化が起こることが報告されている³²⁾。本研究でも平成 20 年度に行ったベースライン調査と平成 21 年に行った質問紙調査でも症状の消失や新規発生が見られた。そこで、化学物質の曝露と症状の関連をより正確に検討するため、室内環境調査を行った時点の症状の有無を有訴あり群と有訴なし群とした。従って、症状の誤分類

1 の影響は少ないと考える。

2

3 2. 個人属性、ライフスタイルと SHS 症状との関連について

4 有訴あり群において、気管支喘息、鼻炎、アトピー性皮膚炎といったアレルギー症状の

5 有訴が多く見られた。この点は過去の報告^{20, 46)}と一致した結果が得られたことから、児童

6 においてもアレルギー症状があることが、SHS 症状のリスクとなるといえる。その他のライ

7 フスタイルに関しては有訴なし群と有訴あり群の起床時間について有意差が得られた。し

8 かし、起床時間は 25 %値で有訴あり群が 10 分早いのみで、中央値と 75 %値には差が無い

9 ことから、その差はわずかであると考えられる。その他の項目では差は生じなかったこと

10 から、児童は SHS 症状の有無によらず同様の生活を送っていると考えられる。但し、サン

11 プルサイズが小さく有意差が生じなかった可能性は考えられる。また、有訴あり群におい

12 て居住者数が有意に少ない結果が得られたため、今後 SHS 症状と家族構成等の影響につい

13 て検討が必要であろう。

14

15 3. 住宅の特徴と SHS 症状との関連について

16 これまでは新築もしくは改築による高濃度の揮発性有機化合物の曝露によって SHS 症状

17 が誘発されると考えられてきた⁴⁷⁾。しかし、本研究から有訴あり群において築年数が有意

18 に古いという結果が得られた。従って、新築や改築時に用いられる建材由来の化学物質曝

露以外にも SHS 症状を引き起こす要因が考えられる。本研究結果では、有訴あり群で結露の発生が有意に多く、ダンプネスインデックスが有意に高値を示すことから、SHS の要因として湿度環境の悪化が考えられる。この結果は過去の研究や海外での報告と一致しており^{30, 31, 38, 48)}、児童の SHS 予防として、自宅の湿度環境への対策が重要であるといえる。

4. ダスト中有機リン酸トリエステル濃度との関連について

本研究では居間の化学物質濃度を調査した。これは児童が日中の多くの時間を居間で過ごし、他の家族とも共有できることから、居間の測定をもってその家の化学物質曝露の指標とした⁴⁹⁾。Kanazawa らの結果では床ダスト中 TBP 濃度の高値が SHS 症状のリスクを上昇させ、TBEP 濃度の高値が SHS 症状のリスクを低下させた¹⁴⁾、しかし、この研究では新築戸建てのみを対象とし、有訴者数の人数が少ないといった課題があった。本研究では SHS のハイリスクグループである児童を対象に、室内の有機リン酸トリエステル類濃度と SHS 有訴との関連について検討した。また、本研究では小学校に通う児童にアプローチをして対象としたため、対象の住む自宅には戸建て住宅のみならずアパートやマンションといった集合住宅が含まれており、築年も 0 年から 45 年と様々である。本研究結果では有機リン酸トリエステル類 11 化合物はいずれも有訴あり群と有訴なし群の間で有意な濃度差は示されなかった。差が得られなかった理由として、本研究では有機リン酸トリエステル類の検出率、濃度がともに Kanazawa らの報告¹⁴⁾よりも低いことに加え、サンプルサイズが小さいこ

1 とが考えられる。一方、統計学的有意差は得られなかったものの、TCIPP のように有訴あり
2 群の自宅で濃度が高い傾向が示された物質もあり、今後も引き続き児童の SHS 有訴と有機
3 リン酸トリエステル類濃度との関連について検討していく必要はあると考える。また、海
4 外と化合物の濃度を比較すると、TBEP 濃度はスウェーデンの $8.5 \mu\text{g/g}$ と比較して本研究
5 の中央値は有訴あり群、有訴なし群でそれぞれ $56.01 \mu\text{g/g dust}$, $59.70 \mu\text{g/g dust}$ と 6
6 ～7 倍高く、過去の日本の報告でも $1,570 \mu\text{g/g dust}$ ときわめて高い¹⁴⁾。従って、今後も
7 日本での汚染状況、健康影響についてさらなる調査が求められる。

8

9 5. 住宅の特徴と有機リン酸トリエステル類濃度との関連について

10 築年数と有機リン酸トリエステル類濃度には関連が見られた。TBEP は新しい住宅で有意
11 に高値であった。TBEP の主な用途としてフローリングのワックスがあり⁵⁰⁾、一般的に新築
12 時にはフローリングの床にワックスを塗ると考えられる。本研究結果でも、床材がフロー
13 リングの家で TBEP が有意に高値を示した。なお、暖房機器としてパネルヒーターがある家
14 で TBEP が有意に高値を示しが、パネルヒーターが設置されている家は新しい家や戸建て住
15 宅が多く、築 10 年以下の住宅で TBEP 濃度が高い結果と交絡をしている可能性が考えられ
16 る。居間に換気装置が無い、あるいは不使用の住宅で TCEP が有意に高値を示した。従って、
17 高揮発性物質に限らず有機リン酸トリエステル類濃度のような低揮発性物質の濃度を低下
18 させるためにも換気を励行する事が良いと考えられる。

1

2 6. 本研究の強みと限界

3 本研究は SHS のハイリスクグループである児童を対象としていることが本研究の強みと
4 考えられる。また、質問紙調査に加えて室内の有機リン酸トリエステル類濃度を測定した
5 点も本研究の強みと考えられる。有機リン酸トリエステル類濃度と SHS 症状の有訴との関
6 連をみた研究はほとんどなく新規性を有する。

7 一方、本研究は対象者が合計 78 名と少なく十分な検出力ではない。この点については、引
8 き続き平成 22 年度も調査を行っていることから、サンプルサイズの拡充によって新たな知
9 見が得られる可能性がある。本研究では有機リン酸トリエステル類濃度をダスト中のみを
10 測定し、空気中を測定していない。Kanazawa らは空気中の TBEP 濃度と SHS 症状の有訴との
11 関連を報告しており¹⁴⁾、曝露評価として不十分な点があるかもしれない。また、本研究は
12 札幌市のみで行っている。北海道などの寒い地方の住宅は本州と比較して気密性が高く⁵¹⁾
13 化学物質濃度が高く出る可能性が考えられるため一般化に至らない可能性がある。しかし、
14 札幌市の公立児童を対象としていることから、多くの児童は公立小学校に在籍しているた
15 め一般的な住環境を反映しているといえるだろう。

16

17 7. まとめ

18 本研究では札幌市公立小学校に通う児童を対象として、自宅の室内ダスト中有機リン酸

1 トリエステル類 11 化合物の濃度を測定した。有機リン酸トリエステル類濃度 SHS 有訴との
2 関連は得られなかったが、TBEP など海外と比較して室内濃度が高い化合物があることから
3 も、有機リン酸トリエステル類に着目した研究を継続する必要性は高いと考える。

4

5 V 謝辞

6 本研究は、厚生労働科学研究費補助金健康安全・危機管理対策総合研究事業シックハウ
7 ス症候群の原因解明のための全国規模の疫学研究－化学物質及び真菌・ダニ等による健康
8 影響の評価と対策－(課題番号 H20－健危－一般－009) 及びビル管理協会の援助を受けたも
9 のである。

10 本研究の調査にご協力下さったご家族の皆様に御礼申し上げます。

11

参考文献

- 1) 経済産業省経済産業政策局統計調査部. 平成 21 年-2009-化学工業統計年報. 財団法人
経済産業調査会, 東京, 2010; 116.
- 2) 環境省環境保健部環境リスク評価室. 化学物質の環境リスク評価 第 4 巻 環境省環境
保健部環境リスク評価室, 東京. 2005; 68-1.
- 3) Sprague GL, Sandvik LL, Brookins-Hendricks MJ, et. al. Neurotoxicity of two
organophosphorus ester flame retardants in hens. J Toxicol Environ Health 1981;
8(3): 507-518.
- 4) Carrington CD, Lapadula DM, Othman M, et. al. Assessment of the delayed
neurotoxicity of tributyl phosphate, tributoxyethyl phosphate, and
dibutylphenyl phosphate. Toxicol Ind Health 1990; 6(3-4): 415-423.
- 5) Varghese RG, Bursian SJ, Tobias C, et. al. Organophosphorus-induced delayed
neurotoxicity - a comparative-study of the effects of tri-ortho-tolyl
phosphate and triphenyl phosphate on the central-nervous-system of the
Japanese-quail. Neurotoxicology 1995; 16(1): 45-54.
- 6) Weiner ML and Jortner BS. Organophosphate-induced delayed neurotoxicity of
triarylphosphates. Neurotoxicology 1999; 20(4): 653-673.
- 7) 斎藤育江, 大貫文, 瀬戸博, 他. 空气中フタル酸エステル類及び有機リン酸エステル類

- 1 の分析法. 東京衛研年報 2001; 52: 201-207.
- 2 8) 斎藤育江, 大貫文, 上原眞一, 他. 家庭電化製品・OA 機器から発生するフタル酸エス
- 3 テル類及びリン酸エステル類, 東京衛研年報 2004; 55: 247-252.
- 4 9) 斎藤育江, 大貫文, 瀬戸博. 有機リン酸トリエステル類の室内及び外気濃度測定. エア
- 5 ロゾル研究 2001; 16(3): 209-216.
- 6 10) Ingerowski G, Friedle A, and Thumulla J. Chlorinated ethyl and isopropyl phosphoric
- 7 acid triesters in the indoor environment - an inter-laboratory exposure study.
- 8 Indoor Air 2001; 11(3): 145-149.
- 9 11) Staaf T and Ostman C. Organophosphate triesters in indoor environments. J Environ
- 10 Monit 2005; 7(9): 883-887.
- 11 12) Meeker JD and Stapleton HM. House dust concentrations of organophosphate flame
- 12 retardants in relation to hormone levels and semen quality parameters. Environ
- 13 Health Perspect 2010; 118(3): 318-323.
- 14 13) Bergh C, Torgrip R, Emenius G, et. al. Organophosphate and phthalate esters in
- 15 air and settled dust - a multi-location indoor study. Indoor Air; 21(1): 67-76.
- 16 14) Kanazawa A, Saito I, Araki A, et. al. Association between indoor exposure to
- 17 semi-volatile organic compounds and building-related symptoms among the
- 18 occupants of residential dwellings. Indoor Air 2010; 20(1): 72-84.

- 1 15) Redlich CA, Sparer J, and Cullen MR. Sick-building syndrome. Lancet 1997;
2 349(9057): 1013-1016.
- 3 16) Finnegan MJ, Pickering CA, and Burge PS. The sick building syndrome: Prevalence
4 studies. Br Med J (Clin Res Ed) 1984; 289(6458): 1573-1575.
- 5 17) Burge S, Hedge A, Wilson S, et. al. Sick building syndrome: A study of 4373 office
6 workers. Ann Occup Hyg 1987; 31(4A): 493-504.
- 7 18) Lyles WB, Greve KW, Bauer RM, et. al. Sick building syndrome. South Med J 1991;
8 84(1): 65-71, 76.
- 9 19) Mendell MJ and Smith AH. Consistent pattern of elevated symptoms in air-conditioned
10 office buildings: A reanalysis of epidemiologic studies. Am J Public Health
11 1990; 80(10): 1193-1199.
- 12 20) Bjornsson E, Janson C, Norbäck D, et. al. Symptoms related to the sick building
13 syndrome in a general population sample: Associations with atopy, bronchial
14 hyper-responsiveness and anxiety. Int J Tuberc Lung Dis 1998; 2(12): 1023-1028.
- 15 21) 関明彦, 瀧川智子, 吉良尚平, 他. シックハウス症候群に係わる医学的知見の整理.
16 日衛誌 2007; 62(4): 939-948.
- 17 22) 西條泰明, 岸玲子, 佐田文宏, 他. シックハウス症候群の症状と関連する要因 北海道
18 の一般住宅を対象にした実態調査. 日公衛誌 2002; 49(11): 1169-1183.

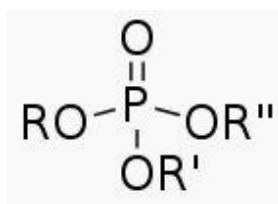
- 1 23) 鳥居新平. シックハウス症候群. アレルギー科 2000; 9(2): 192-196.
- 2 24) 飯田望, 吉野博, 天野健太郎, 他. シックハウスにおける居住環境の実態と健康に関
3 する調査研究. 臨環境医 2002; 11(2): 77-87.
- 4 25) 円藤陽子, 池田浩己, 笹川征雄, 他. シックハウス症候群が疑われる患者の住宅環境
5 および臨床的調査. 臨環境医 2001; 10(1): 3-10.
- 6 26) 吉野博, 吉田真理子, 角田和彦, 他. シックハウスにおける室内空気質と居住者の症
7 状に関する長期追跡調査. 臨環境医 2007; 16(1): 38-50.
- 8 27) 城川美佳, 岸玲子, 長谷川友紀. 東京都特別区におけるシックハウス症候群の有病率-
9 電話調査による推計. 民族衛生 2007; 73(3): 99-111.
- 10 28) 城川美佳, 岸玲子, 長谷川友紀. シックハウス症候群の有病率の推計, 電話調査によ
11 る東京都特別区の 2002 年と 2004 年の経年差. 厚生指標 2007; 54(13): 36-43.
- 12 29) Takigawa T, Wang B-L, Saijo Y, et. al. Relationship between indoor chemical
13 concentrations and subjective symptoms associated with sick building syndrome
14 in newly built houses in Japan. Int Arch Occup Environ Health 2010; 83(2):
15 225-235.
- 16 30) Takeda M, Saijo Y, Yuasa M, et. al. Relationship between sick building syndrome
17 and indoor environmental factors in newly built Japanese dwellings. Int Arch
18 Occup Environ Health 2009; 82(5): 583-593.

- 1 31) Kishi R, Saijo Y, Kanazawa A, et. al. Regional differences in residential
2 environments and the association of dwellings and residential factors with the
3 sick house syndrome: A nationwide cross-sectional questionnaire study in Japan.
4 Indoor Air 2009; 19(3): 243-254.
- 5 32) Takigawa T, Wang BL, Sakano N, et. al. A longitudinal study of environmental risk
6 factors for subjective symptoms associated with sick building syndrome in new
7 dwellings. Sci Total Environ 2009; 407(19): 5223-5228.
- 8 33) Saijo Y, Kanazawa A, Araki A, et. al. Relationships between mite allergen levels,
9 mold concentrations, and sick building syndrome symptoms in newly built
10 dwellings in Japan. Indoor Air. *in press*
- 11 34) Araki A, Kawai T, Eitaki Y, et. al. Relationship between selected indoor volatile
12 organic compounds, so-called microbial voc, and the prevalence of mucous
13 membrane symptoms in single family homes. Sci Total Environ 2010; 408(10):
14 2208-2215.
- 15 35) Engvall K, Norrby C, and Norbäck D. Sick building syndrome in relation to building
16 dampness in multi-family residential buildings in Stockholm. Int Arch Occup
17 Environ Health 2001; 74(4): 270-278.
- 18 36) Norbäck D, Wieslander G, Nordstrom K, et. al. Asthma symptoms in relation to

- 1 measured building dampness in upper concrete floor construction, and
2 2-ethyl-1-hexanol in indoor air. *Int J Tuberc Lung Dis* 2000; 4(11): 1016-1025.
- 3 37) Norbäck D. An update on sick building syndrome. *Curr Opin Allergy Clin Immunol*
4 2009; 9(1): 55-59.
- 5 38) Bornehag CG, Blomquist G, Gyntelberg F, et. al. Dampness in buildings and health
6 - nordic interdisciplinary review of the scientific evidence on associations
7 between exposure to "Dampness" In buildings and health effects (norddamp).
8 *Indoor Air* 2001; 11(2): 72-86.
- 9 39) Andersson K. Epidemiological approach to indoor air problems. *Indoor Air* 1998;
10 8(suppl 4): 32-39.
- 11 40) Mizoue T, Reijula K, and Andersson K. Environmental tobacco smoke exposure and
12 overtime work as risk factors for sick building syndrome in Japan. *Am J*
13 *Epidemiol* 2001; 154(9): 803-808.
- 14 41) 西間三馨, 小田嶋博. ISAAC (international study of asthma and allergies in childhood)
15 第 I 相試験における小児アレルギー疾患の有症率. *日小児アレルギー会誌* 2002;
16 16(3): 207-220.
- 17 42) 清水薫子, 今野哲, 清水健一, 他. 北海道上士幌町における成人喘息, アレルギー性
18 鼻炎有病率-特に喫煙及び肥満との関連について-. *アレルギー* 2008; 57(7):

- 1 835-842.
- 2 43) 渡辺淳子, 谷口正実, 高橋清, 他. 成人喘息—European community respiratory health
3 survey 調査用紙日本語版の作成と検証. アレルギー 2006; 55(11): 1421-1428.
- 4 44) 斎藤育江, 金澤文子, 荒木敦子, 他. 住宅室内ハウスダスト中の可塑剤、難燃剤濃度.
5 室内環境学会 2009 年度総会・研究発表会要旨集 2009; 218-219.
- 6 45) Saijo Y, Nakagi Y, Ito T, et. al. Relation of dampness to sick building syndrome
7 in Japanese public apartment houses. Environ Health Prevent Med 2009; 14(1):
8 26-35.
- 9 46) Bakke JV, Wieslander G, Norbäck D, et. al. Atopy, symptoms and indoor environmental
10 perceptions, tear film stability, nasal patency and lavage biomarkers in
11 university staff. Int Arch Occup Environ Health 2008; 81(7): 861-872.
- 12 47) 富川盛光, 勝沼俊雄, 柴田淳, 他. 学童期におけるシックハウス症候群実態解明の試
13 み. 日小児会誌 2005; 109(5): 638-643.
- 14 48) Bornehag CG, Sundell J, and Sigsgaard T. Dampness in buildings and health (dbh):
15 Report from an ongoing epidemiological investigation on the association
16 between indoor environmental factors and health effects among children in
17 Sweden. Indoor Air 2004; 14 Suppl 7: 59-66.
- 18 49) 中山邦夫, 森本兼曩. シックハウス症候群の疫学調査による症状と家庭室内環境・住

- 1 まい方・ライフスタイルの関連性 シックハウス症状と家庭室内環境・住まい方・
2 ライフスタイルの関連性. 日職業・環境アレルギー会誌 2007; 14(2): 34-45.
- 3 50) Fries E and Puttmann W. Occurrence of organophosphate esters in surface water
4 and ground water in Germany. J Environ Monit 2001; 3(6): 621-626.
- 5 51) 金澤文子, 西條泰明, 田中正敏, 他. シックハウス症候群についての全国規模の疫学
6 調査研究 —寒冷地札幌市と本州・九州の戸建住宅における環境要因の比較—. 日衛
7 誌 2010; 65(3): 447-458.
- 8
- 9



R,R',R''の式

TMP	-CH ₃
TEP	-CH ₂ CH ₃
TPP	-(CH ₂) ₂ CH ₃
TBP	-(CH ₂) ₃ CH ₃
TCEP	-CH ₂ CH ₂ Cl
TCIPP	-CH(CH ₃)CH ₂ Cl
TDCPP	-CH(CH ₂ Cl) ₂
TBEP	-(CH ₂) ₂ O(CH ₂) ₃ CH ₃
TPhP	-C ₆ H ₅
TEHP	-CH ₂ CH(CH ₂ CH ₃)(CH ₂) ₃ CH ₃
TCP	-C ₆ H ₄ CH ₃

1

2 図 1. 有機リン酸トリエステル類の構造

3

1 表 1: ライフスタイルとシックハウス症状の有訴との関連

		n=39組		
		有訴あり	有訴なし	p値
在宅時間	中央値(25%値-75%値)	15.0(14.0-16.5)	15.0(15.0-16.0)	0.676 ^{a)}
就寝時刻	中央値(25%値-75%値)	21:30(20:00-22:00)	21:30(20:00-22:00)	0.070 ^{a)}
起床時刻	中央値(25%値-75%値)	7:00(6:40-7:00)	7:00(6:30-7:00)	0.016 ^{a)}
睡眠時間	中央値(25%値-75%値)	9.3(9.0-9.5)	9.5(9.0-9.5)	0.965 ^{a)}
好き嫌い	たくさん	N(%)	5(12.8)	0.687 ^{b)}
	少し、ほとんどない	N(%)	34(87.2)	
TV	～2時間くらい	N(%)	26(66.7)	0.143 ^{b)}
	3時間以上	N(%)	13(33.3)	
排便	2日に1回以上	N(%)	36(92.3)	0.727 ^{b)}
	3日～1週間に1回	N(%)	3(7.7)	
睡眠十分	いいえ、時に	N(%)	14(35.9)	0.481 ^{b)}
	たいていいつも	N(%)	25(64.1)	
目覚め	いいえ、時に	N(%)	13(33.3)	0.824 ^{b)}
	たいていいつも	N(%)	26(66.7)	
睡眠深さ	いいえ、時に	N(%)	7(17.9)	0.344 ^{b)}
	たいていいつも	N(%)	32(82.1)	

2

3 ^{a)}Wilcoxon の符号付き順位和検定

4 ^{b)}McNemar 検定

5

1 表 2: 住宅の特徴とシックハウス症状の有訴との関連

		n=39組		
		有訴あり	有訴なし	p値
住宅の種類	戸建(%)	14(35.9)	22(56.4)	0.096 a)
	集合住宅(%)	25(64.1)	17(43.6)	
住宅の構造	木造(%)	17(43.6)	20(51.3)	0.607 a)
	コンクリート(%)	21(53.8)	18(46.2)	
築年	中央値(範囲)	12(2-40)	8(0-45)	0.020 b)
改築	あり(%)	6(15.4)	10(25.6)	0.424 a)
	なし(%)	33(84.6)	29(74.4)	
居住者数	平均±標準偏差	3.9±0.8	4.2±0.8	0.042 b)
部屋数	平均±標準偏差	4.6±1.5	4.9±1.1	0.310 b)
喫煙者	いる(%)	12(30.8)	8(20.5)	0.424 a)
	いない(%)	27(69.2)	31(79.5)	
結露発生がある	はい(%)	33(84.6)	24(61.5)	0.035 a)
	いいえ(%)	6(15.4)	15(38.5)	
ダンプネスインデックス	平均±標準偏差	2.59±1.12	1.72±1.17	0.002 b)
換気				
居間換気装置	あり(%)	24(61.5)	31(79.5)	0.118 a)
	なし(%)	15(38.5)	8(20.5)	
居間換気装置使用	使用(%)	18(46.2)	27(69.2)	0.093 a)
	使用なし(%)	21(53.8)	12(30.8)	
暖房機器				
屋外排気ありストーブ	あり(%)	23(59.0)	14(35.9)	0.078 a)
	なし(%)	16(41.0)	25(64.1)	
床暖房	あり(%)	10(25.6)	6(15.4)	0.388 a)
	なし(%)	29(74.4)	33(84.6)	
パネルヒーター	あり(%)	10(25.6)	22(56.4)	0.004 a)
	なし(%)	29(74.4)	17(43.6)	
床材	フローリング(%)	29(74.4)	34(87.2)	0.180 a)
	その他(%)	10(25.6)	5(12.8)	
カーペット	あり(%)	29(74.4)	26(66.7)	0.629 a)
	なし(%)	10(25.6)	13(33.3)	
壁材	ビニルクロス(%)	35(89.7)	33(84.6)	0.754 a)
	その他(%)	4(10.3)	6(15.4)	
掃除頻度(週)	中央値(範囲)	4.1(0.6-7.0)	3.0(1.0-7.0)	0.086 b)
窓開け頻度(週)	中央値(範囲)	5.2(0.0-18)	6.0(0.0-7.0)	0.450 b)
窓開け時間	30分以内(%)	27(69.2)	22(56.4)	0.302 a)
	30分以上(%)	11(28.2)	16(41.0)	

2

3 ^{a)}McNemar 検定

4 ^{b)}Wilcoxon の符号付き順位和検定

5

1 表 3: ダスト中リン酸トリエステル類、温度、湿度とシックハウス症状の有訴との関連

n=39組									
	有訴あり				有訴なし				p値
	中央値	75%	最大値	検出率	中央値	75%	最大値	検出率	
TMP	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.0	–
TEP	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.0	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.0	–
TPP	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.0	<LOQ	<LOQ	1.15	5.1	0.180
TBP	<LOQ	<LOQ	7.98	5.1	<LOQ	<LOQ	12.86	7.7	0.686
TCEP	<LOQ	2.17	41.00	41.0	<LOQ	1.41	48.93	41.0	0.236
TCIPP	<LOQ	1.12	59.71	28.2	<LOQ	<LOQ	32.85	23.1	0.777
TDCPP	<LOQ	<LOQ	276.44	12.8	<LOQ	<LOQ	9.36	10.3	0.327
TBEP	56.01	161.34	657.54	89.7	59.70	207.13	1600.77	87.2	0.286
TPhP	<LOQ	<LOQ	6.16	23.1	<LOQ	<LOQ	6.67	15.4	0.754
TEHP	<LOQ	2.94	14.87	41.0	<LOQ	2.41	7.00	30.8	0.116
TCP	<LOQ	<LOQ	<LOQ	0.0	<LOQ	<LOQ	4.94	2.6	0.317
温度(°C)	20.8	22.4	24.6	–	21.6	22.6	24.5	–	0.126
湿度(%)	55.3	60.7	71.0	–	50.9	60.0	69.3	–	0.023

2
3 Wilcoxon の符号付き順位和検定

4 濃度: $\mu\text{g}/\text{g dust}$

5 検出率が 50%未満の化合物が多くを占めるため、表には中央値以上を示す。

6

1 表 4: 対象住宅の特徴と有機リン酸トリエステル類濃度との関連

	n=80						
	中央値	75%	最大値	中央値	75%	最大値	p値
	戸建(n=38)			集合住宅(n=42)			
TCEP	<LOQ	2.01	48.93	<LOQ	1.71	10.41	0.318
TBEP	59.64	202.61	776.45	52.41	165.03	1600.77	0.410
TEHP	<LOQ	2.46	7.00	<LOQ	2.65	14.87	0.330
	木造(n=39)			鉄筋コンクリート(n=40)			
TCEP	<LOQ	1.96	48.93	<LOQ	1.71	12.89	0.311
TBEP	59.57	201.10	776.45	42.36	172.40	1600.77	0.237
TEHP	<LOQ	2.54	9.54	<LOQ	2.53	14.87	0.914
	建築10年以下(n=42)			建築11年以上(n=38)			
TCEP	<LOQ	1.17	10.87	1.07	2.96	48.93	0.020
TBEP	149.33	222.03	1600.77	15.50	69.78	776.45	<0.001
TEHP	<LOQ	2.55	7.00	<LOQ	2.48	14.87	0.911
	改築あり(n=17)			改築無し(n=63)			
TCEP	1.12	2.59	12.89	<LOQ	1.70	48.93	0.144
TBEP	13.96	133.18	776.45	59.57	186.75	1600.77	0.144
TEHP	<LOQ	2.71	3.08	<LOQ	2.47	14.87	0.552
	DIが2以下(n=47)			DIが3以上(n=33)			
TCEP	<LOQ	1.41	41.00	<LOQ	2.44	48.93	0.618
TBEP	48.81	186.75	1600.77	58.08	156.44	558.86	0.632
TEHP	<LOQ	2.54	7.00	<LOQ	2.36	14.87	0.437
	換気装置使用(n=46)			換気装置不使用(n=34)			
TCEP	<LOQ	1.31	10.87	1.07	2.96	48.93	0.032
TBEP	41.21	187.37	1600.77	59.64	158.28	776.45	0.719
TEHP	<LOQ	2.52	7.00	<LOQ	2.54	14.87	0.676
	暖房パネルヒーターあり(n=34)			暖房パネルヒーター以外(n=46)			
TCEP	<LOQ	1.28	10.87	<LOQ	2.31	48.93	0.077
TBEP	136.15	208.72	776.45	29.75	130.50	1600.77	0.016
TEHP	<LOQ	2.43	7.00	<LOQ	2.58	14.87	0.171
	床材フローリング(n=68)			床材フローリング以外(n=12)			
TCEP	<LOQ	1.41	48.93	1.69	2.96	8.77	0.147
TBEP	73.76	186.83	1600.77	4.36	13.55	32.66	<0.001
TEHP	<LOQ	2.56	14.87	<LOQ	2.20	5.49	0.584
	壁紙PVC(n=70)			壁紙PVC以外(n=10)			
TCEP	<LOQ	1.99	48.93	<LOQ	0.63	12.89	0.152
TBEP	57.05	178.13	1600.77	75.78	222.03	582.69	0.743
TEHP	<LOQ	2.58	14.87	<LOQ	2.46	2.54	0.447
	掃除週3回以下(n=40)			掃除週3回超(n=40)			
TCEP	<LOQ	1.87	48.93	<LOQ	1.90	41.00	0.511
TBEP	59.64	177.12	1600.77	52.41	186.28	657.54	0.832
TEHP	<LOQ	2.04	14.87	<LOQ	2.77	9.54	0.103

2

3 Mann-whitney 検定

4 濃度: $\mu\text{g}/\text{g dust}$

5 検出率が 50%未満の化合物が多くを占めるため、表には中央値以上を示す。