

令和2年度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)
分担研究報告書

4. ハウスダスト中および尿中代謝物を用いた曝露評価と摂取量計算
ーリン酸トリエステル類ー

研究分担者 荒木 敦子 北海道大学環境健康科学研究協力センター 特任教授
研究分担者 アイツバマイ ゆふ 北海道大学環境健康科学研究協力センター 特任講師

研究要旨

背景：リン酸トリエステル類は難燃性可塑剤として、火災や燃焼予防のために建材や家具、カーテンやじゅうたん、壁紙などの内装材として様々な製品に添加されるほか、床のワックスや光沢剤に用いられる。沸点が 240-260°C～380-400°Cの準揮発性有機化合物 (Semi-Volatile Organic Compounds: SVOC) であり、製品とは化学的には結合していないため、徐々に染み出して空気中に拡散する。揮発性が高くないため、ホコリに吸着することで室内に存在する。過去に日本の住宅では、そのダスト中濃度は諸外国よりもわが国で高い、また、アレルギー症状のリスクを上げることを分担研究者らは報告した。本研究では掃除機で収集したダスト中濃度と、部屋に堆積したダスト中濃度から、子どもの摂取量を推定計算し、曝露評価に用いて、アレルギーとの関連を明らかにすることを目的とした。

方法：出生コーホート「環境と子どもの健康に関する北海道研究」に参加する7歳児に自宅の環境訪問調査への協力を依頼し、91軒の兄弟姉妹及び双子を含む96人の協力を得た。小学校入学時検診時の身長と体重に加えて、喘息・アレルギーに関する情報をISAAC調査票から定義した。ダストサンプルは、居間および子どもの寝室の「床ダスト」と「棚ダスト」に加えて、居間に6か月間設置した「堆積ダスト」の3種類を収集した。リン酸トリエステル類14化合物の各ダスト中濃度を、LC-MSMSを用いて国立保健医療科学院で分析した。それぞれのダスト中濃度を用いて、経口摂取量 (Daily Intake (DI)_{ingestion})、経皮摂取量 (DI)_{dermal} および総摂取量 (DI)_{total dust} を計算した。最後に、アレルギー症状の有無による摂取量の違いを検討した。

結果：全員が7歳で、身長と体重は平均±標準偏差がそれぞれ 119.3±5.44 cm、22.78±2.73 kgだった。喘鳴、鼻結膜炎および湿疹の有病はそれぞれ26人 (27.1%)、15人 (15.6%)、23人 (24.0%) だった。経口曝露最も高いのは床ダスト中TBOEPが0.3 (μg/kg/day)、最も高い床ダストTDCIPPの最大値が2.91 (μg/kg/day)、床ダストTBOEPの最大値が1.36 (μg/kg/day) だった。すべての種類のダストによるDIはRfD以下だった。経口曝露濃度分布の違いが喘鳴とTBOEPおよびTCsP、鼻結膜炎の有無とTBOEPとTNBP、TCsPで認められた。湿疹と関連が認められたリン酸トリエステル類は無かった。

考察：本研究の限界としては、横断研究であることから、因果関係については考慮できない。また、統計解析を繰り返し実施しているため、得られた結果は偶然である可能性がある。しかし、有意差が認められた化合物はTBOEP、TNBPおよびTCsPと一貫しており、結果は無視すべきではないと考える。

研究協力者

岸 玲子 北海道大学環境健康科学研究協力
センター特別招へい教授

Rahel Mesfin Ketema 北海道大学大学院保健科
学院博士課程

A. 研究目的

リン酸トリエステル類は難燃性可塑剤、床のワックスや光沢剤に用いられる準揮発性有機化合物 (Semi-Volatile Organic Compounds: SVOC) である。火災や燃焼予防として、建材や家具、カーテンやじゅうたん、壁紙などの内装材として様々な製品に添加されている。難燃剤としては、過去には臭素系化合物が用いられてきた。しかし、その内分泌かく乱作用への懸念から、日本では臭素系からリン系化合物への移行が1990年代から進んだ。

リン酸トリエステル類は沸点が240-260℃～380-400℃の準揮発性有機化合物である。製品とは化学的には結合していないため、徐々に染み出して空気中に拡散する。しかし、揮発性が高くないため、誇りに吸着することで室内に存在する。研究分担者らは、過去に戸建て住宅および学童が居住する住宅でハウスダスト中のリン酸トリエステル類を分析し、その濃度は諸外国よりもわが国で高いことを報告した^{1,2)}。また、ハウスダスト中のリン酸トリエステル類濃度が高いことが、居住者、特に子どものアレルギー症状のリスクを上げることが報告した^{1,3)}。一方、シックハウス症候群との関連は認められなかった⁴⁾。

これまでに、ハウスダストの収集方法についてはゴールドスタンダードといえる方法は確率されていない。分担研究者らによる過去の研究では、ハウスダストはハンディリーナーを用いて収集し、髪の毛、紙類、糸、虫、食べ物屑などの混雑物を除いたのちに分析に用いてきた。しかし、ハンディクリーナーを用いたハウスダスト収集においては、このような混雑物に加えて、綿埃が固まった状態になる。したがって、曝露評価に用いるダストをどこから分取するかによって、含有す

るリン酸トリエステル類の濃度にばらつきが生じるといった問題があった。加えて、粒径の小さなハウスダストは室内を舞うことで、居住者が経口曝露あるいは経皮に付着して体内に取り込まれることが考えられる。さらに、粒径の小さなハウスダストの方が皮膚に吸着しやすく、また吸入されやすいといった報告があった⁵⁾。一方綿埃のような大きなハウスダストは曝露評価に用いるうえで妥当か、といった課題もあった。

そこで、本研究では150 μ mメッシュの篩を用いて粒子径の小さなハウスダストを均一的に分取する方法を用いた。加えて、ボックスを室内に設置することで、宙を舞ってから落ちてきたハウスダストを収集する方法で、長期間で堆積したダストを曝露評価に用いて、居住者の健康との関連が認められるか、を明らかにすることを目的とした。

B. 研究方法

B.1 調査対象者

研究の方法を以下に簡単に記す。本研究は出生コーホート「環境と子どもの健康に関する北海道研究 (以下、北海道スタディ)」⁶⁻⁸⁾に参加する7歳児を対象にした⁹⁾。

北海道スタディは、北海道内全域の産科30施設で2002年から2012年12月までに妊婦20,926人を登録した大規模出生コーホートである。2013年12月末までに7歳になった児童5,431名を対象にした。7歳調査票の郵送と同時に、札幌市に居住する住宅には訪問調査への協力依頼を行い、了承が得られた91軒の住宅訪問調査を2012年および2013年の10月から11月に実施した。

B.2 データおよびサンプルの収集

健康に関する調査票は保護者に記入を依頼した。小学校入学時検診時の身長と体重に加えて、喘息・アレルギーに関する質問をISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood)¹⁰⁾日本語版¹¹⁾の調査票から抜粋し

て用いた。アレルギーは ISAAC 調査票の回答から、「あなたのお子様は最近 12 ヶ月間に、胸がゼーゼー、またはヒューヒューといったことがありますか？」に「ある」と回答した時に「喘鳴あり」、「最近 12 ヶ月間にあなたのお子様はカゼやインフルエンザにかかっていないときに、くしゃみ、鼻水、鼻づまりで困ったことはありますか？」かつ「最近 12 ヶ月間にこれらの鼻症状に伴って眼がかゆくなったり、涙がとまらなくなったりしたことがありますか？」にいずれも「ある」と回答した場合に「鼻結膜炎あり」、「あなたのお子様は今までに、6 ヶ月間で出たりひっこんだりするかゆみを伴った湿疹で困ったことはありましたか？」かつ「あなたのお子様は最近 12 ヶ月のあいだに、そのようなかゆみを伴う湿疹は出たことがありますか？」かつ「それらのかゆみを伴った湿疹は下記のような箇所に起こったことがありますか？」肘の屈曲面、膝の裏側、足首の前面、臀部の下面、首や耳や目のまわりなど」のいずれも「ある」と回答した場合を「湿疹あり」と定義した。

ダストサンプルは、居間および子どもの寝室の床全面および床面からの高さ約 35 cm 以内から収集した「床ダスト」、高さ約 35 cm 以上から収集した「棚ダスト」に加えて、長期間の堆積ダストを収集する目的で、A4 サイズの箱にアルミホイルをかぶせて居間に 6 か月間設置した「堆積ダスト」の 3 種類を収集した。「床ダスト」及び「棚ダスト」は、ポリエステル製フィルター（住化エンビロサイエンス社）を装着した National クリーナー MC-D25C-WA (145W 松下電器産業社製) で吸引・集塵した。収集した「床ダスト」および「棚ダスト」は 150 μm の篩を用いてファインダストをふるい分け、共栓付ガラス管に入れて -20°C で保存した。

尿サンプルは、住宅訪問当日の朝 1 番の尿検体を子どもにポリエチレンカップに採取してもらい、共栓付ガラス管に分注し -20°C で保存した。

B.3 ダスト中リン酸トリエステル類の分析

「床ダスト」「棚ダスト」「箱ダスト」中のリンサントリエステル類分析は、それぞれ LC-MSMS を用いて国立保健医療科学院で実施した。対象としたリン酸トリエステル類は、trimethyl phosphate (TMP)、triethyl phosphate (TEP)、tripropyl phosphate (TPP)、tris (2-chloroethyl) phosphate (TCEP)、tris (2-chloro-isopropyl) phosphate (TCIPP)、tris (1, 3-dichloro-2-propyl) phosphate (TDCIPP)、triphenyl phosphate (TPHP)、tri-(i-butyl) phosphate (TiBP)、tri-(n-butyl) phosphate (TNBP)、cresyl diphenyl phosphate (CsDHP)、tris (2-butoxyethyl) phosphate (TBOEP)、tricresyl phosphate (TCsP)、2-ethylhexyl diphenyl phosphate (EHDPP)、tris (2-ethylhexyl) phosphate (TEHP) の 14 化合物を分析対象とした。分析法の詳細は分担研究者戸次らが記載しているため、ここでは省略する。

B.4 ダストからの曝露摂取量の計算

それぞれのダスト中濃度を用いて、先行研究を参考に摂取量を計算した¹²⁾。経口摂取量および経皮摂取量の計算式をそれぞれ(1)、(2)として以下に示す。

$$DI_{\text{ingest dust}} = (C_{\text{dust}} \times M_{\text{ingest dust}}) / W \quad (1)$$

$DI_{\text{ingest dust}}$ (μg/kg/day) は、体重当たりの経口リン酸トリエステル摂取量、 C_{dust} (μg/g dust) はダスト中のリン酸トリエステル濃度、 $M_{\text{ingest dust}}$ (mg/day) は一日当たりのダスト摂取量で、US EPA による子どもの摂取量 60 mg/day を用いた¹³⁾。W (kg) はそれぞれの子どもの体重である。

$$DI_{\text{dermal dust}} = (C_{\text{dust}} \times A/3 \times M_s \times f \times 0.15 \times t/24) / W \quad (2)$$

$DI_{\text{dermal dust}}$ (μg/kg/day) は、体重当たりの経皮からのリン酸トリエステル摂取量、A/3 (m²/day) はダストと接する表皮面積を手、脚、腕としたと

きの身体全体の面積の3分の1¹⁴⁾、Ms (mg/cm²) は皮膚から吸収するダスト量で、US EPAによる0.96 g/m²とした¹³⁾。fは皮膚からのリン酸トリエステル類の吸収量である。リン酸トリエステル類については、TCEP、TCIPP、TDCIPPがそれぞれ28%、25%、13%と報告があるが¹⁵⁾、他の物質についてはデータがないため、平均値をとって22%とした。ダストマトリックスは皮膚吸収を約15%に減少させる報告による係数¹⁴⁾、t/24 (day)は子どもが一日のうち家で過ごす時間で、札幌市の小学生の調査を結果から15.14時間を用いた。皮膚表面面積(A)は、子どもの身長と体重をもとに計算式(3)を用いて求めた^{13,16)}。

$$A=(W^{0.51456} \times H^{0.42246} \times 0.0235) \quad (3)$$

W (kg) と H (cm) はそれぞれの子どもの身長と体重である。

最後に、リン酸トリエステル類の摂取量は計算式(4)により求めた。

$$DI_{\text{total dust}}=DI_{\text{ingest dust}} + DI_{\text{dermal dust}} \quad (4)$$

B.5 データの解析

リン酸トリエステル類へのダストからの曝露量とアレルギーとの関連は、Mann-Whitney U 検定で求めた。曝露量は、検出率(>LOD)が50%以上の化合物のみとした。統計解析はIBM SPSS Statistics27Jを用いた。

(倫理面の配慮)

調査は、北海道大学環境健康科学研究教育センター倫理委員会の承認を得て実施した。本研究対象者は未成年であるため、保護者に文書で説明をし、同意を得た。

C. 研究結果

参加者は96人である。このうち双子と兄弟姉妹がいるため、91軒の訪問調査データを得た。

対象者の特徴とISAACによるアレルギー有訴を表4-1に示す。全員が7歳で、身長と体重は平均±標準偏差がそれぞれ119.3±5.44 cm、22.78±2.73 kgだった。喘鳴、鼻結膜炎および湿疹の有病はそれぞれ26人(27.1%)、15人(15.6%)、23人(24.0%)だった。

表4-2には、収集したダストそれぞれの濃度分布を示す。検体量が不足していた住居があり、分析に用いたダストは床ダストが89軒、棚ダストが77軒、堆積ダストが54軒だった。中央値レベルで最も床ダストから高濃度検出されたのはTBOEP(46.916 µg/g dust)、次いでTCIPP(1.959 g/g dust)、TCsP(1.283 µg/g dust)だった。TDCIPP(1162.454 µg/g dust)は最大濃度が最も高かった。棚ダストは中央値レベルで最も濃度が高かったのはTBOEP(6.564 µg/g dust)、次いでTCIPP(1.980 µg/g dust)、TPHP(1.656 µg/g dust)の順であった。最大濃度が最も高かったのはTDCIPP(268.599 µg/g dust)だった。堆積ダストも最も濃度が高かったのがTBOEP(7.087 µg/g dust)、次いでTPHP(0.965 µg/g dust)、TCIPP(0.715 µg/g dust)の順であった。最大濃度が最も高かったのはTCEP(123.403 µg/g dust)だった。一方、TMP、TEP、TIBP、EHDPPはほとんど検出されず、摂取量推定からは除外した。TNBPは棚ダストからのみ100%検出されたが、床ダストおよび堆積ダスト中からの検出はそれぞれ42.7%、18.5%と低く、同じく摂取量推定からは除外した。

ダストの種類別に、経口曝露(DI_{ingested})、経費曝露(DI_{dermal})及びその和(DI_{total dust})を表4-3に示した。ダスト中濃度おおよそ反映した値になっているが、経口曝露最も高いのは床ダスト中TBOEPが0.3 (µg/kg/day)、最も高い床ダストTDCIPPの最大値が2.91 (µg/kg/day)、床ダストTBOEPの最大値が1.36 (µg/kg/day)だった。経費曝露は中央値では10の-5から-7乗のオーダーだった。したがって、経口曝露と経費曝露の和(DI_{total dust})はほぼ経口曝露を反映させる濃度となっている。

表4-4から表4-12は、それぞれ異なる場所から収集したダストごとに、経口曝露、経皮曝露、総曝露量を計算し、それぞれの濃度分布が喘鳴、鼻結膜炎、湿疹の有無で異なるか、単変量解析を実施した結果である。経口曝露濃度分布が喘鳴の有無で異なったのは堆積ダスト中 TCsP のみであった(表4-4)。経口曝露濃度分布が鼻結膜炎の有無で異なったのは棚ダスト中の TBOEP と堆積ダスト中の TCsP だった(表4-5)。湿疹との関連は認められなかった(表4-6)。次いで経皮曝露については、濃度分布と喘鳴とで関連が認められたのは TCsP だった(表4-7)、鼻結膜炎とは、棚ダスト中 TNBP と TBOEP、堆積ダスト中の TCsP だった(表4-8)。湿疹との関連は認められなかった(表4-9)。最後に総曝露量との関連では、喘鳴が堆積ダスト中の TCsP (表4-10)、鼻結膜炎が棚ダスト中の TNBP と TBOEP、堆積ダスト中の TCsP だった(表4-11)。湿疹との関連は認められなかった(表4-12)。いずれの関連においても、アレルギーあり群でなし群よりもの方がリン酸トリエステル類の濃度分布が高かった。

D. 考察

本研究では、世界でも初めて床ダストと棚ダストに加えて堆積ダスト中濃度を用いて、経口および経皮による摂取量計算(daily intake)を行い、アレルギーとの関連を検討した。経口、経皮および総曝露量のいずれにおいても結果は一貫しており、喘鳴および鼻結膜炎ありの子どもの家から収集したダスト中 TBOEP と TCsP 濃度が、症状のない子どもの家から収集したダスト中濃度よりも高かった。

本研究のリン酸トリエステル濃度は、過去に札幌市の小学生を対象とした調査²⁾と比較すると若干高め(TBOEPが46.9 µg/gと30.88 µg/g、TPHPが0.910 µg/gと0.97 µg/g)、棚ダストについては本研究の方が低かった(TBOEPが6.56 µg/gと26.33 µg/g)。摂取量については、Reference dose (RfD)がAliらによって示され

ている{Ali, 2012 #200}。これによると RfD は、TNBP 24 µg/kg/day, TCIPP 80 µg/kg/day, TCEP 22 µg/kg/day TBOEP 15 µg/kg/day、TPHP 70 µg/kg/day TDCIPP 15 µg/kg/day となっている。いずれ推定計算においても、これら RfD を超えた値はなかった。一方、総曝露量の最大値では、床ダストの TDCIPP が 2.90 µg/kg/day、TBOEP が 1.36 µg/kg/day である。本研究においては自宅のダスト濃度に対して自宅の滞在時間を考慮して摂取量を計算した。一方、Mizouchi らによると、TBOEP は自宅環境と比較して小学校の方が濃度が1オーダー高い¹⁷⁾。従って、学校における曝露も考慮した場合には総曝露量ももう少し多くなる可能性も否定できない。また、RfD は過去の毒性学研究に基づいて定められた値である。新たな毒性学の知見が得られた場合は、RfD の値そのものの見直しも必要になるため、今後の動向を注視する必要がある。

本研究では、経口、経皮及び総曝露量を考慮して喘息・アレルギー症状との関連を検討した。我々の過去の研究では、全国の戸建て住宅の TNBP 濃度が高いと喘息および鼻結膜炎のリスクを上げ、また TCIPP と TDCIPP 濃度が高いとアトピー性皮膚炎のリスクを上げることが報告された¹⁾。また、札幌市の小学生を対象とした調査では、TDCIPP 濃度が検出された家で、非検出の家よりも湿疹のリスクが高いことを報告した³⁾。加えて、小学生を対象とした研究では子どもの尿中のリン酸トリエステル類代謝物濃度を分析し、TCIP および TBOEP 代謝物濃度が高いと、鼻結膜炎および湿疹のリスクを上げることが報告された³⁾。これらリン酸トリエステル類の尿中代謝物の混合曝露を検討すると、TCIPP と TPHP の混合曝露が鼻結膜炎のリスクを上げることが示唆された¹⁸⁾。また、リン酸トリエステル類の混合曝露は、尿中の脂質炎症マーカーである hexanoyl-lysine (HEL) と 4-hydroxynonenal (HNE) との正の相関を示したことから、曝露による炎症によりアレルギー症状が増えている可能性がある。TBOEP および TNBP との鼻結膜炎との関連は

先行研究で得られた結果と一致していた。一方、TCsPについても喘息との一貫した関連が認められた。TCsPは過去に検討しておらず、本研究で初めて喘息・アレルギーとの関連を解析したため、今後も注意深く検する必要があると考えられた。

本研究の限界としては、横断研究であることから、因果関係については考慮できない。また、サンプルサイズが小さく、アレルギーに関連する他の要因で調整していない点がある。一方、年齢についてはすべて7歳の子どもを対象としているため、年齢による交絡はないと考えられる。最後に、経口、経皮、総曝露といった複数の経路について、床ダスト、棚ダスト、堆積ダストを検討したため、統計解析を繰り返し実施している。従って、得られた結果は偶然である可能性がある。しかし、統計学的有意差が認められた化合物はTBOEP、TNBPおよびTCsPと一貫しているため、結果は無視すべきではないと考える。

E. 結論

経口、経皮および総曝露量のいずれにおいても結果は一貫しており、喘鳴および鼻結膜炎ありの子どもの家から収集したダスト中TBOEPとTCsP濃度が、症状のない子どもの家から収集したダスト中濃度よりも高かった。

F. 研究発表

F.1 論文発表

なし

F.2 学会発表

1. Ait Bamai Y., Araki A., Kishi R., Phthalates in house dust and their metabolites in children's urine summary of the finding in Japan. (Symposium: Exposure science studies from Asian perspectives - Environmental and study diversities among Asian countries). 30th Annual Meeting International Society of Exposure Science (ISES), Virtual, (2020.9.21-22)

2. Araki A., Environmental Chemical Exposure and Children's Health-The Hokkaido Study, 8th Sapporo Summer Symposium for One Health (SaSSOH), Virtual, (2020.9.16-17)

3. Ketema R. M., Ait Bamai Y., Araki A., Saito T., Kishi R.; Biomonitoring of Phthalate Metabolites in Children: The Hokkaido Study. 8th Sapporo Summer Symposium for One Health (SaSSOH). Virtual. (2020.9.16-17)

4. Ketema R. M., Ait Bamai Y., Araki A., Saito T., Kishi R.; Changing trends in urinary phthalate metabolites in elementary school children; 2012-2017. 32nd Annual Conference of the International Society for Environmental Epidemiology. Virtual, (2020.8.24-27)

5. Ait Bamai Y., Indoor Environmental Quality and Children's Health. Environmental, Safety Technology and Health Program (Symposium), Thailand, Virtual, (2020.8.25)

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

G.1 特許取得

なし

G.2 実用新案登録

なし

G.3 その他

なし

引用文献

1. Araki A, Saito I, Kanazawa A, et al. Phosphorus flame retardants in indoor dust and their relation to asthma and allergies of inhabitants. *Indoor Air*. 2014;24(1):3-15.
2. Tajima S, Araki A, Kawai T, et al. Detection and intake assessment of organophosphate flame retardants in house dust in Japanese dwellings. *Sci Total Environ*. 2014;478(0):190-199.
3. Araki A, Bastiaensen M, Ait Bamai Y, et al. Associations between allergic symptoms and phosphate flame retardants in dust and their urinary metabolites among school children. *Environ Int*. 2018;119:438-446.
4. Kishi R, Ketema RM, Ait Bamai Y, et al. Indoor environmental pollutants and their association with sick house syndrome among adults and children in elementary school. *Building and Environment*. 2018;136:293-301.
5. Cao Z-G, Yu G, Chen Y-S, et al. Particle size: A missing factor in risk assessment of human exposure to toxic chemicals in settled indoor dust. *Environ Int*. 2012;49(0):24-30.
6. Kishi R, Araki A, Minatoya M, et al. The Hokkaido Birth Cohort Study on Environment and Children's Health: cohort profile—updated 2017. *Environ Health Prev Med*. 2017;22(1):46.
7. Kishi R, Kobayashi S, Ikeno T, et al. Ten years of progress in the Hokkaido birth cohort study on environment and children's health: cohort profile—updated 2013. *Environ Health Prev Med*. 2013;18(6):429-450.
8. Kishi R, Sasaki S, Yoshioka E, et al. Cohort Profile: The Hokkaido Study on Environment and Children's Health in Japan. *Int J Epidemiol*. 2011;40(3):611-618.
9. Ait Bamai Y, Araki A, Nomura T, et al. Association of filaggrin gene mutations and childhood eczema and wheeze with phthalates and phosphorus flame retardants in house dust: The Hokkaido study on Environment and Children's Health. *Environ International*. 2018;121:102-110.
10. Asher M, Keil U, Anderson H, et al. International Study of Asthma and Allergies in Childhood (ISAAC): rationale and methods. *Eur Respir J*. 1995;8(3):483-491.
11. 西間 三, 小田嶋 博. ISAAC (International Study of Asthma and Allergies in Childhood) 第 I 相試験における小児アレルギー疾患の有症率. *日本小児アレルギー学会誌*. 2002;16(3):207-220.
12. Ait Bamai Y, Araki A, Kawai T, et al. Exposure to phthalates in house dust and associated allergies in children aged 6-12years. *Environ Int*. 2016;96:16-23.
13. Epa US. Exposure factors handbook. *Office of research and Development, Washington, DC*. 1997;20460:2-6.
14. Wormuth M, Scheringer M, Vollenweider M, et al. What Are the Sources of Exposure to Eight Frequently Used Phthalic Acid Esters in Europeans? *Risk Analysis*. 2006;26(3):803-824.
15. Abou-Elwafa Abdallah M, Pawar G, Harrad S. Human dermal absorption of chlorinated organophosphate flame retardants; implications for human exposure. *Toxicol Appl Pharmacol*. 2016;291:28-37.
16. Gehan EA, George SL. Estimation of human body surface area from height and weight. *Cancer Chemother Rep*. 1970;54(4):225-235.
17. Mizouchi S, Ichiba M, Takigami H, et al. Exposure assessment of organophosphorus and organobromine flame retardants via indoor dust

from elementary schools and domestic houses.
Chemosphere.2015; 123:17-25.

18.Araki A, Ait Bamai Y, Bastiaensen M, et al.
Combined exposure to phthalate esters and
phosphate flame retardants and plasticizers and
their associations with wheeze and allergy
symptoms among school children. Environ Res.
2020; 183:109212.

表4-1 対象者の属性とアレルギー有訴

		平均	標準偏差
性別			
身長	90人	119.3	5.44
体重	91人	22.78	2.73
		人数	(%)
喘鳴	あり	26	27.1
鼻結膜炎	あり	15	15.6
湿疹	あり	23	24.0

表4-2 ダスト中濃度分布 (µg/g dust)

	n	>LOD (%)	min	25%	50%	75%	max
床ダスト							
TMP	89	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TEP	89	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TPP	89	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TCEP	89	100.0	0.411	0.411	0.888	2.083	123.961
TCIPP	89	100.0	1.192	1.192	1.959	4.729	136.999
TDCIPP	89	100.0	0.416	0.416	0.756	3.493	1162.454
TPHP	89	100.0	0.605	0.605	0.910	1.272	35.466
TIBP	89	4.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.241
TNBP	89	42.7	<LOD	<LOD	<LOD	0.209	3.113
CsDPPH	89	100.0	0.143	0.143	0.299	0.484	4.923
TBOEP	89	100.0	14.918	14.918	46.916	108.696	453.862
TCsP	89	100.0	0.748	0.748	1.283	1.989	11.417
EHDPP	89	4.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	4.005
TEHP	89	100.0	0.058	0.058	0.145	0.297	7.092
棚ダスト							
TMP	77	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TEP	77	1.3	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	3.013
TPP	77	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TCEP	77	100.0	0.543	0.543	0.923	1.941	176.310
TCIPP	77	100.0	1.055	1.055	1.980	3.950	155.652
TDCIPP	77	100.0	0.310	0.310	0.518	1.661	268.599
TPHP	77	100.0	0.951	0.951	1.656	2.356	8.967
TIBP	77	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TNBP	77	100.0	0.050	0.050	0.096	0.182	2.154
CsDPPH	77	100.0	0.124	0.124	0.323	0.818	5.905
TBOEP	77	100.0	2.587	2.587	6.564	10.918	55.076
TCsP	77	100.0	0.300	0.300	0.461	0.730	15.742
EHDPP	77	5.2	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	6.467
TEHP	77	100.0	0.033	0.033	0.033	0.248	6.461
堆積ダスト							
TMP	54	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TEP	54	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TPP	54	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TCEP	54	100.0	0.318	0.318	0.512	0.902	123.403
TCIPP	54	100.0	0.456	0.456	0.715	1.581	9.558
TDCIPP	54	100.0	0.342	0.342	0.581	1.557	74.325
TPHP	54	100.0	0.584	0.584	0.965	1.507	5.029
TIBP	54	0.0	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
TNBP	54	18.5	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	0.321
CsDPPH	54	100.0	0.088	0.088	0.201	0.369	2.697
TBOEP	54	100.0	3.229	3.229	7.087	19.070	55.068
TCsP	54	100.0	0.408	0.408	0.525	0.734	2.983
EHDPP	54	5.6	<LOD	<LOD	<LOD	<LOD	5.563
TEHP	54	100.0	0.135	0.135	0.294	0.522	1.784

LOD、検出下限値

表4-3 ダスト種類別による経口曝露、経費曝露およびその和 (μg/kg/day)

	D _{lingested}						D _{idermal}						D _{total dust}					
	min	25%	50%	75%	95%	max	min	25%	50%	75%	95%	max	min	25%	50%	75%	95%	max
床ダスト																		
TCEP	0.000311	0.001046	0.002567	0.005401	0.045665	0.354176	7.41E-08	2.63E-07	6.74E-07	1.38E-06	1.24E-05	9.56E-05	0.000311	0.001047	0.002568	0.005402	0.045677	0.354271
TCIPP	0.000692	0.003415	0.005201	0.012765	0.086304	0.38411	1.84E-07	8.9E-07	1.35E-06	3.39E-06	1.95E-05	0.000103	0.000692	0.003416	0.005203	0.012769	0.086325	0.384212
TDCIPP	0.000178	0.001123	0.002165	0.008088	0.261023	2.906136	4.7E-08	2.89E-07	5.65E-07	1.93E-06	4.53E-05	0.000556	0.000178	0.001123	0.002166	0.008089	0.261094	2.906136
TPHP	0.00064	0.001629	0.00238	0.003596	0.016099	0.070932	1.58E-07	4.22E-07	6.29E-07	9.65E-07	3.23E-06	1.67E-05	0.00064	0.00163	0.002381	0.003597	0.016103	0.070949
TNBP	3.34E-05	0.000109	0.000127	0.000599	0.003762	0.006298	9.47E-09	2.89E-08	3.55E-08	1.58E-07	9.46E-07	1.7E-06	3.34E-05	0.000109	0.000127	0.000599	0.003763	0.0063
CsDPPHP	7.47E-05	0.000336	0.000702	0.001276	0.007613	0.01064	1.85E-08	8.5E-08	1.8E-07	3.6E-07	2E-06	3.24E-06	7.47E-05	0.000336	0.000702	0.001276	0.007615	0.010643
TBOEP	0.010257	0.03795	0.117694	0.302724	0.703779	1.361586	2.81E-06	9.02E-06	3.01E-05	8.26E-05	0.000187	0.000372	0.01026	0.037959	0.117726	0.302805	0.703961	1.361958
TCSp	0.000768	0.002049	0.003747	0.005197	0.010467	0.031279	1.91E-07	5.32E-07	9.44E-07	1.38E-06	2.92E-06	8.21E-06	0.000768	0.00205	0.003748	0.005198	0.01047	0.031287
TEHP	5.69E-05	0.000145	0.000418	0.000792	0.002531	0.01943	1.37E-08	3.68E-08	1.09E-07	2.08E-07	6.72E-07	5.1E-06	5.69E-05	0.000145	0.000418	0.000792	0.002532	0.019435
棚ダスト																		
TCEP	6.8E-05	0.001196	0.002458	0.005289	0.043414	0.384675	1.67E-08	3.07E-07	6.32E-07	1.48E-06	1.25E-05	9.47E-05	6.8E-05	0.001196	0.002459	0.005291	0.043426	0.38477
TCIPP	0.000798	0.002791	0.005179	0.009852	0.043292	0.424506	2.29E-07	7.65E-07	1.32E-06	2.64E-06	1.14E-05	0.000113	0.000798	0.002792	0.005181	0.009854	0.043303	0.424619
TDCIPP	0.000232	0.000832	0.001459	0.004664	0.05984	0.767425	5.86E-08	2.07E-07	3.78E-07	1.16E-06	1.42E-05	0.000204	0.000232	0.000833	0.001459	0.004665	0.059854	0.767629
TPHP	0.001045	0.002506	0.004296	0.006198	0.013724	0.026901	2.42E-07	6.41E-07	1.14E-06	1.73E-06	3.42E-06	7.35E-06	0.001045	0.002506	0.004297	0.0062	0.013727	0.026908
TNBP	8.3E-05	0.00014	0.000287	0.000511	0.001459	0.00465	1.78E-08	3.75E-08	7.4E-08	1.22E-07	3.96E-07	1.12E-06	8.3E-05	0.00014	0.000287	0.000511	0.001459	0.004651
CsDPPHP	2.44E-05	0.000333	0.000786	0.001962	0.008387	0.017714	6.32E-09	8.9E-08	2.22E-07	4.76E-07	2.44E-06	4.77E-06	2.44E-05	0.000333	0.000786	0.001963	0.008389	0.017719
TBOEP	0.001713	0.007383	0.015929	0.030001	0.085344	0.155875	4.57E-07	2E-06	4.47E-06	8.36E-06	2.25E-05	4.2E-05	0.001713	0.007385	0.015933	0.030009	0.085366	0.155917
TCSp	0.000254	0.000824	0.00124	0.001939	0.02158	0.038395	7.28E-08	2.15E-07	3.42E-07	5.3E-07	5.56E-06	9.76E-06	0.000254	0.000824	0.00124	0.00194	0.021585	0.038405
TEHP	4.18E-05	9.06E-05	0.000104	0.000556	0.001441	0.025674	1.03E-08	2.39E-08	2.84E-08	1.4E-07	4.06E-07	7.82E-06	4.19E-05	9.06E-05	0.000104	0.000557	0.001441	0.025682
堆積ダスト																		
TCEP	0.000297	0.000798	0.001409	0.002384	0.026863	0.269243	6.37E-08	2.12E-07	3.68E-07	6.53E-07	7.26E-06	6.63E-05	0.000297	0.000799	0.001409	0.002385	0.02687	0.269309
TCIPP	0.000132	0.001213	0.002018	0.004371	0.015993	0.023503	3.76E-08	3.1E-07	5.51E-07	1.19E-06	4.42E-06	5.91E-06	0.000132	0.001213	0.002019	0.004372	0.015997	0.023509
TDCIPP	0.000127	0.000877	0.001451	0.004017	0.0325	0.242364	2.86E-08	2.33E-07	3.85E-07	9.55E-07	8.8E-06	6.89E-05	0.000127	0.000877	0.001452	0.004018	0.032507	0.242433
TPHP	0.000742	0.001443	0.002554	0.003978	0.007715	0.015088	1.82E-07	3.6E-07	6.69E-07	1.05E-06	1.95E-06	4.13E-06	0.000742	0.001443	0.002555	0.003979	0.007717	0.015092
CsDPPHP	6.29E-05	0.000234	0.000558	0.001016	0.004507	0.007706	1.42E-08	5.45E-08	1.38E-07	2.65E-07	1.25E-06	2.03E-06	6.29E-05	0.000234	0.000558	0.001016	0.004508	0.007708
TBOEP	0.001387	0.008625	0.018399	0.052602	0.10996	0.143655	3.64E-07	2.18E-06	4.96E-06	1.45E-05	2.99E-05	3.75E-05	0.001387	0.008627	0.018404	0.052617	0.10999	0.143693
TCSp	0.000259	0.001087	0.00139	0.002143	0.004179	0.008995	5.57E-08	2.9E-07	3.66E-07	5.78E-07	1.15E-06	2.53E-06	0.000259	0.001087	0.00139	0.002143	0.00418	0.008998
TEHP	4.45E-05	0.000389	0.000828	0.001543	0.002708	0.005003	1.19E-08	1.02E-07	2.01E-07	3.94E-07	6.78E-07	1.31E-06	4.46E-05	0.00039	0.000828	0.001543	0.002708	0.005004

表 4-4 経口曝露量 (DI_{ingested}) と喘鳴との関連

	喘鳴あり			喘鳴なし			p-value ^a
	25%	med	75%	25%	med	75%	
床ダスト							
TCEP	0.000994	0.001739	0.005166	0.001044	0.002641	0.005795	0.959
TCIPP	0.004077	0.005497	0.012765	0.002995	0.005121	0.015744	0.440
TDCIPP	0.001132	0.001818	0.007235	0.001009	0.002402	0.013241	0.544
TPHP	0.001313	0.002900	0.004695	0.001681	0.002249	0.003575	0.703
TNBP	0.000107	0.000119	0.000629	0.000110	0.000130	0.000658	0.615
CsDPHP	0.000327	0.000699	0.001253	0.000336	0.000702	0.001355	0.993
TBOEP	0.044018	0.237541	0.474431	0.033954	0.086262	0.272560	0.052
TCsP	0.002050	0.002843	0.005881	0.002014	0.003798	0.005136	0.822
TEHP	0.000106	0.000309	0.000716	0.000158	0.000470	0.000803	0.192
棚ダスト							
TCEP	0.001438	0.002458	0.006935	0.001124	0.002418	0.005237	0.920
TCIPP	0.003812	0.006325	0.010709	0.002718	0.004637	0.009743	0.202
TDCIPP	0.000753	0.001300	0.003167	0.000837	0.001621	0.005358	0.323
TPHP	0.002575	0.004108	0.005682	0.002293	0.004929	0.006392	0.437
TNBP	0.000144	0.000361	0.000520	0.000139	0.000269	0.000523	0.450
CsDPHP	0.000346	0.001007	0.002540	0.000328	0.000761	0.001953	0.739
TBOEP	0.007104	0.023592	0.034641	0.007380	0.014841	0.027569	0.318
TCsP	0.000702	0.001316	0.002875	0.000825	0.001231	0.001861	0.690
TEHP	0.000091	0.000111	0.000784	0.000090	0.000102	0.000553	0.464
堆積ダスト							
TCEP	0.001061	0.001593	0.004833	0.000677	0.001343	0.002036	0.172
TCIPP	0.001673	0.002163	0.002691	0.000904	0.001990	0.004764	0.606
TDCIPP	0.001109	0.001401	0.003295	0.000824	0.001504	0.004669	0.579
TPHP	0.002046	0.003181	0.004435	0.001124	0.002426	0.003815	0.092
CsDPHP	0.000241	0.000781	0.002324	0.000191	0.000512	0.001014	0.417
TBOEP	0.009031	0.024691	0.057413	0.008564	0.017990	0.051269	0.312
TCsP	0.001391	0.001967	0.002925	0.000892	0.001205	0.001742	0.009
TEHP	0.000316	0.000766	0.001893	0.000391	0.000831	0.001511	0.843

^a, Mann-Whitney 検定

表 4-5 経口曝露量 (DI_{ingested}) と鼻結膜炎との関連

	鼻結膜炎あり			鼻結膜炎なし			p-value ^a
	25%	med	75%	25%	med	75%	
床ダスト							
TCEP	0.0009901	0.0029089	0.0047619	0.0010305	0.0025191	0.0057889	0.812
TCIPP	0.0046237	0.0098156	0.015163	0.0030942	0.0047899	0.0102753	0.165
TDCIPP	0.0013409	0.0020903	0.0039555	0.0009729	0.0021892	0.0121521	0.954
TPHP	0.0016372	0.0023487	0.0045006	0.0016052	0.0023856	0.0036108	0.954
TNBP	0.000114	0.000126	0.0007571	0.0001081	0.0001286	0.000611	0.928
CsDPPH	0.0002818	0.0007914	0.0045913	0.0003342	0.0007015	0.0011843	0.350
TBOEP	0.0430613	0.2742532	0.4738867	0.0354866	0.100245	0.2663611	0.092
TCsP	0.0018204	0.0041006	0.0097924	0.0020767	0.0036995	0.0050858	0.608
TEHP	0.00011	0.0004117	0.0012838	0.0001439	0.0004243	0.0007829	0.882
棚ダスト							
TCEP	0.0015901	0.0036267	0.0091766	0.0011021	0.0023354	0.0039994	0.136
TCIPP	0.0024134	0.0057502	0.0099366	0.0027913	0.0046932	0.0101692	0.878
TDCIPP	0.0007647	0.001328	0.0045968	0.0008325	0.0015468	0.0053999	0.563
TPHP	0.0025954	0.0044268	0.0064455	0.0022923	0.0042955	0.0062983	0.980
TNBP	0.0002228	0.0004232	0.0013996	0.0001385	0.0002296	0.0004658	0.017
CsDPPH	0.0002983	0.0009928	0.0018242	0.0003277	0.0007361	0.0020517	0.867
TBOEP	0.0116791	0.0302528	0.0558103	0.0070503	0.0150282	0.0255858	0.040
TCsP	0.0007213	0.0013684	0.0039381	0.0008239	0.001166	0.001939	0.480
TEHP	9.093E-05	0.0001008	0.0003357	8.98E-05	0.0001088	0.0005977	0.608
堆積ダスト							
TCEP	0.0009404	0.0018814	0.0107019	0.0006898	0.001379	0.0021025	0.230
TCIPP	0.0013661	0.002404	0.006387	0.0011149	0.0019619	0.0043707	0.527
TDCIPP	0.0010562	0.0018644	0.0040778	0.0008651	0.0012459	0.0054477	0.777
TPHP	0.0012107	0.0032593	0.0045781	0.0014191	0.0024072	0.0038831	0.556
CsDPPH	9.797E-05	0.0001872	0.0022697	0.0003156	0.0005788	0.0009782	0.541
TBOEP	0.0095304	0.0167403	0.0582144	0.0085563	0.0189104	0.0516622	0.777
TCsP	0.0012765	0.0024988	0.0034042	0.0010674	0.001252	0.001758	0.031
TEHP	0.0002125	0.0008032	0.001511	0.0003894	0.0008282	0.0015944	0.887

^a, Mann-Whitney 検定

表4-6 経口曝露量 (DI_{ingested}) と湿疹との関連

	湿疹あり			湿疹なし			p-value ^a
	25%	med	75%	25%	med	75%	
床ダスト							
TCEP	0.0008725	0.0026155	0.0085568	0.0010988	0.0025191	0.0048828	0.735
TCIPP	0.0017889	0.0051113	0.0127215	0.0036387	0.0052725	0.0139717	0.446
TDCIPP	0.0012769	0.0020903	0.0137224	0.001005	0.0022128	0.0081862	0.917
TPHP	0.001267	0.0024888	0.0045006	0.0017236	0.0023747	0.0036108	0.549
TNBP	0.000114	0.0001267	0.0004335	0.0001081	0.0001267	0.0007295	0.864
CsDPHP	0.0003433	0.0007986	0.0016798	0.00033	0.0007015	0.0012773	0.555
TBOEP	0.0342208	0.0777625	0.2354018	0.0418426	0.1281743	0.347548	0.243
TCsP	0.0018608	0.0034696	0.0049434	0.0020606	0.0037942	0.00529	0.462
TEHP	0.0001352	0.0004117	0.0006864	0.0001439	0.0004243	0.0008051	0.871
棚ダスト							
TCEP	0.0010097	0.0032303	0.010229	0.0012036	0.002372	0.003852	0.399
TCIPP	0.0023326	0.0056703	0.0119504	0.0029487	0.0049498	0.0101192	0.842
TDCIPP	0.0012212	0.0034514	0.0046642	0.0007697	0.0012509	0.0052522	0.198
TPHP	0.002056	0.0049825	0.0067288	0.0025126	0.0042082	0.0062132	0.894
TNBP	0.0001463	0.0003058	0.0004813	0.0001388	0.0002706	0.0005471	0.920
CsDPHP	0.0003667	0.0007822	0.0016506	0.0003275	0.000989	0.0019865	0.739
TBOEP	0.0049911	0.0118998	0.0270343	0.0074583	0.0187878	0.0317225	0.381
TCsP	0.0006813	0.0010289	0.0017541	0.0008533	0.0012603	0.002033	0.244
TEHP	9.779E-05	0.00011	0.0007961	8.899E-05	0.0001015	0.0005495	0.396
堆積ダスト							
TCEP	0.0004766	0.0015036	0.0038353	0.0008204	0.0014091	0.0022916	0.985
TCIPP	0.000738	0.0017568	0.0056523	0.001337	0.0021222	0.0043707	0.589
TDCIPP	0.0011349	0.0031098	0.0090761	0.0008476	0.0012459	0.0026673	0.097
TPHP	0.001223	0.0030367	0.0046095	0.0015915	0.0024443	0.0038831	0.832
CsDPHP	0.0002543	0.0005685	0.0010095	0.0001493	0.0005247	0.0010195	0.787
TBOEP	0.0047339	0.0101193	0.0586073	0.0095712	0.0212366	0.0516622	0.288
TCsP	0.0006192	0.0012774	0.00192	0.0010869	0.0015867	0.0022727	0.463
TEHP	0.0003913	0.0007734	0.0016341	0.0003727	0.0008282	0.0015651	0.854

^a, Mann-Whitney 検定

表4-7 経皮曝露量 (DI_{dermal}) と喘鳴との関連

	喘鳴あり			喘鳴なし			p-value ^a
	25%	med	75%	25%	med	75%	
床ダスト							
TCEP	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	0.986
TCIPP	0.000001	0.000001	0.000003	0.000001	0.000001	0.000003	0.404
TDCIPP	0.000000	0.000000	0.000002	0.000000	0.000001	0.000003	0.641
TPHP	0.000000	0.000001	0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	0.477
TNBP	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.574
CsDPHP	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.972
TBOEP	0.000012	0.000064	0.000113	0.000009	0.000023	0.000074	0.058
TCsP	0.000001	0.000001	0.000002	0.000001	0.000001	0.000001	0.958
TEHP	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.215
棚ダスト							
TCEP	0.000000	0.000001	0.000002	0.000000	0.000001	0.000001	0.853
TCIPP	0.000001	0.000002	0.000003	0.000001	0.000001	0.000003	0.151
TDCIPP	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000001	0.414
TPHP	0.000001	0.000001	0.000002	0.000001	0.000001	0.000002	0.503
TNBP	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.389
CsDPHP	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.698
TBOEP	0.000002	0.000006	0.000009	0.000002	0.000004	0.000008	0.359
TCsP	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.673
TEHP	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.414
堆積ダスト							
TCEP	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000001	0.178
TCIPP	0.000000	0.000001	0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	0.606
TDCIPP	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000001	0.578
TPHP	0.000001	0.000001	0.000001	0.000000	0.000001	0.000001	0.122
CsDPHP	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.357
TBOEP	0.000002	0.000007	0.000015	0.000002	0.000004	0.000014	0.279
TCsP	0.000000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000	0.000000	0.011
TEHP	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.739

^a, Mann-Whitney 検定

表4-8 経皮曝露量 (DI_{dermal}) と鼻結膜炎との関連

	鼻結膜炎あり			鼻結膜炎なし			p-value ^a
	25%	med	75%	25%	med	75%	
床ダスト							
TCEP	2.556E-07	7.842E-07	1.118E-06	2.626E-07	6E-07	1.438E-06	0.740
TCIPP	1.279E-06	2.74E-06	3.643E-06	8.096E-07	1.269E-06	2.665E-06	0.118
TDCIPP	3.714E-07	5.515E-07	9.791E-07	2.496E-07	5.892E-07	2.599E-06	0.974
TPHP	4.394E-07	6.524E-07	1.187E-06	4.077E-07	6.202E-07	9.5E-07	0.748
TNBP	3.029E-08	3.505E-08	1.866E-07	2.828E-08	3.599E-08	1.596E-07	0.966
CsDPPH	7.596E-08	2.014E-07	1.103E-06	8.479E-08	1.783E-07	3.185E-07	0.325
TBOEP	1.131E-05	7.589E-05	0.0001139	8.696E-06	2.444E-05	7.38E-05	0.097
TCsP	4.69E-07	1.163E-06	2.755E-06	5.38E-07	9.324E-07	1.341E-06	0.556
TEHP	3.119E-08	1.085E-07	3.085E-07	3.577E-08	1.09E-07	2.017E-07	0.797
棚ダスト							
TCEP	4.264E-07	1.015E-06	2.315E-06	2.956E-07	6.268E-07	1.096E-06	0.115
TCIPP	6.305E-07	1.527E-06	2.648E-06	7.651E-07	1.124E-06	2.665E-06	0.785
TDCIPP	1.912E-07	3.621E-07	1.188E-06	2.073E-07	3.79E-07	1.319E-06	0.658
TPHP	6.879E-07	1.195E-06	1.764E-06	5.243E-07	1.135E-06	1.747E-06	0.795
TNBP	5.956E-08	1.121E-07	3.587E-07	3.645E-08	5.821E-08	1.144E-07	0.012
CsDPPH	7.94E-08	2.593E-07	4.565E-07	8.698E-08	1.828E-07	4.976E-07	0.795
TBOEP	2.881E-06	8.126E-06	1.54E-05	1.912E-06	4.244E-06	6.789E-06	0.041
TCsP	1.951E-07	3.661E-07	1.092E-06	2.15E-07	3.301E-07	5.298E-07	0.466
TEHP	2.435E-08	2.81E-08	7.989E-08	2.352E-08	2.959E-08	1.504E-07	0.706
堆積ダスト							
TCEP	2.459E-07	5.167E-07	2.828E-06	1.615E-07	3.452E-07	6.082E-07	0.212
TCIPP	3.782E-07	6.273E-07	1.777E-06	2.966E-07	5.462E-07	1.186E-06	0.436
TDCIPP	2.836E-07	5.054E-07	1.024E-06	2.278E-07	3.397E-07	1.123E-06	0.672
TPHP	3.348E-07	8.92E-07	1.228E-06	3.498E-07	6.29E-07	1.053E-06	0.490
CsDPPH	2.729E-08	4.686E-08	6.249E-07	8.13E-08	1.469E-07	2.563E-07	0.672
TBOEP	2.38E-06	4.588E-06	1.635E-05	2.132E-06	4.975E-06	1.394E-05	0.672
TCsP	3.358E-07	6.64E-07	9.498E-07	2.89E-07	3.476E-07	4.497E-07	0.038
TEHP	5.728E-08	2.19E-07	3.839E-07	1.023E-07	2.012E-07	4.296E-07	0.964

^a, Mann-Whitney 検定

表 4 - 9 経皮曝露量 (DI_{dermal}) と湿疹との関連

	湿疹あり			湿疹なし			p-value ^a
	25%	med	75%	25%	med	75%	
床ダスト							
TCEP	2.318E-07	7.215E-07	2.109E-06	2.7E-07	6.44E-07	1.316E-06	0.668
TCIPP	4.935E-07	1.32E-06	3.427E-06	9.589E-07	1.351E-06	3.364E-06	0.448
TDCIPP	3.393E-07	5.515E-07	3.835E-06	2.627E-07	5.898E-07	2E-06	0.805
TPHP	3.41E-07	6.291E-07	1.187E-06	4.468E-07	6.213E-07	9.628E-07	0.688
TNBP	3.029E-08	3.546E-08	1.177E-07	2.828E-08	3.555E-08	2.128E-07	0.812
CsDPHP	8.462E-08	2.048E-07	4.533E-07	8.43E-08	1.793E-07	3.64E-07	0.603
TBOEP	8.619E-06	2.37E-05	6.406E-05	1.098E-05	3.197E-05	9.683E-05	0.269
TCsP	5.281E-07	8.553E-07	1.304E-06	5.38E-07	9.745E-07	1.388E-06	0.553
TEHP	3.119E-08	1.085E-07	1.76E-07	3.577E-08	1.048E-07	2.145E-07	0.949
棚ダスト							
TCEP	2.364E-07	8.256E-07	2.79E-06	3.073E-07	6.306E-07	9.987E-07	0.395
TCIPP	6.034E-07	1.434E-06	3.358E-06	7.823E-07	1.238E-06	2.657E-06	0.835
TDCIPP	3.314E-07	8.912E-07	1.193E-06	1.963E-07	3.063E-07	1.177E-06	0.157
TPHP	4.937E-07	1.228E-06	1.861E-06	6.469E-07	1.129E-06	1.721E-06	0.996
TNBP	3.998E-08	7.568E-08	1.315E-07	3.69E-08	7.066E-08	1.328E-07	0.978
CsDPHP	1.005E-07	2.192E-07	4.362E-07	8.358E-08	2.444E-07	4.919E-07	0.844
TBOEP	1.256E-06	3.052E-06	7.395E-06	2.03E-06	4.786E-06	8.814E-06	0.401
TCsP	1.631E-07	2.536E-07	4.781E-07	2.244E-07	3.508E-07	5.463E-07	0.277
TEHP	2.661E-08	3.119E-08	2.065E-07	2.339E-08	2.8E-08	1.294E-07	0.324
堆積ダスト							
TCEP	1.326E-07	4.02E-07	1.058E-06	2.125E-07	3.631E-07	6.492E-07	0.875
TCIPP	1.923E-07	4.682E-07	1.56E-06	3.501E-07	5.531E-07	1.186E-06	0.554
TDCIPP	3.059E-07	8.039E-07	2.53E-06	2.117E-07	3.331E-07	5.789E-07	0.066
TPHP	3.326E-07	8.074E-07	1.242E-06	3.716E-07	6.545E-07	1.042E-06	0.679
CsDPHP	6.782E-08	1.442E-07	2.631E-07	3.442E-08	1.367E-07	2.781E-07	0.752
TBOEP	1.146E-06	2.567E-06	1.632E-05	2.47E-06	5.277E-06	1.394E-05	0.324
TCsP	1.693E-07	3.476E-07	5.027E-07	2.896E-07	3.903E-07	5.994E-07	0.354
TEHP	1.011E-07	2.185E-07	4.162E-07	9.698E-08	2.012E-07	4.044E-07	0.679

^a, Mann-Whitney 検定

表4-10 総曝露量 (DI_{total dust}) と喘鳴との関連

	喘鳴あり			喘鳴なし			p-value ^a
	25%	med	75%	25%	med	75%	
床ダスト							
TCEP	0.000994	0.001740	0.005167	0.001045	0.002642	0.005797	0.959
TCIPP	0.004078	0.005499	0.012769	0.002996	0.005122	0.015748	0.440
TDCIPP	0.001132	0.001819	0.007237	0.001009	0.002403	0.013245	0.544
TPHP	0.001313	0.002900	0.004697	0.001682	0.002250	0.003576	0.703
TNBP	0.000107	0.000119	0.000629	0.000110	0.000130	0.000658	0.621
CsDPHP	0.000327	0.000699	0.001254	0.000336	0.000702	0.001356	0.993
TBOEP	0.044030	0.237605	0.474548	0.033963	0.086282	0.272632	0.052
TCsP	0.002050	0.002844	0.005882	0.002015	0.003799	0.005137	0.822
TEHP	0.000106	0.000309	0.000716	0.000158	0.000470	0.000803	0.193
棚ダスト							
TCEP	0.001438	0.002459	0.006937	0.001125	0.002419	0.005238	0.920
TCIPP	0.003813	0.006327	0.010711	0.002718	0.004638	0.009745	0.202
TDCIPP	0.000753	0.001300	0.003167	0.000837	0.001621	0.005359	0.323
TPHP	0.002575	0.004109	0.005684	0.002293	0.004930	0.006394	0.437
TNBP	0.000144	0.000361	0.000520	0.000139	0.000269	0.000524	0.464
CsDPHP	0.000346	0.001007	0.002541	0.000328	0.000761	0.001953	0.739
TBOEP	0.007106	0.023599	0.034650	0.007382	0.014845	0.027576	0.318
TCsP	0.000702	0.001316	0.002876	0.000825	0.001231	0.001862	0.690
TEHP	0.000091	0.000111	0.000784	0.000090	0.000102	0.000553	0.464
堆積ダスト							
TCEP	0.001061	0.001594	0.004835	0.000678	0.001343	0.002037	0.172
TCIPP	0.001674	0.002163	0.002691	0.000904	0.001991	0.004765	0.606
TDCIPP	0.001110	0.001401	0.003296	0.000824	0.001505	0.004670	0.579
TPHP	0.002046	0.003181	0.004436	0.001124	0.002426	0.003816	0.092
CsDPHP	0.000241	0.000781	0.002325	0.000191	0.000512	0.001015	0.417
TBOEP	0.009033	0.024698	0.057429	0.008566	0.017994	0.051283	0.312
TCsP	0.001391	0.001967	0.002926	0.000892	0.001205	0.001742	0.009
TEHP	0.000316	0.000766	0.001894	0.000391	0.000831	0.001511	0.843

^a, Mann-Whitney 検定

表4-11 総曝露量 (DI_{total dust}) と鼻結膜炎との関連

	鼻結膜炎あり			鼻結膜炎なし			p-value ^a
	25%	med	75%	25%	med	75%	
床ダスト							
TCEP	0.0009904	0.0029097	0.004763	0.0010308	0.0025197	0.0057905	0.812
TCIPP	0.0046249	0.0098184	0.0151667	0.003095	0.0047911	0.010278	0.165
TDCIPP	0.0013413	0.0020909	0.0039564	0.0009732	0.0021898	0.0121553	0.954
TPHP	0.0016376	0.0023494	0.0045018	0.0016056	0.0023861	0.0036118	0.954
TNBP	0.000114	0.0001261	0.0007573	0.0001081	0.0001287	0.0006112	0.945
CsDPHP	0.0002818	0.0007916	0.0045924	0.0003343	0.0007017	0.0011846	0.350
TBOEP	0.0430719	0.274329	0.4740005	0.0354955	0.1002714	0.26643	0.092
TCsP	0.0018208	0.0041018	0.0097952	0.0020773	0.0037004	0.0050871	0.608
TEHP	0.00011	0.0004118	0.0012842	0.0001439	0.0004244	0.0007831	0.887
棚ダスト							
TCEP	0.0015905	0.0036277	0.0091789	0.0011024	0.002336	0.0040005	0.136
TCIPP	0.0024141	0.0057516	0.0099393	0.002792	0.0046944	0.0101718	0.878
TDCIPP	0.0007648	0.0013284	0.004598	0.0008327	0.0015473	0.0054013	0.563
TPHP	0.0025961	0.004428	0.0064472	0.0022928	0.0042967	0.0063001	0.980
TNBP	0.0002229	0.0004233	0.0014	0.0001385	0.0002297	0.0004659	0.018
CsDPHP	0.0002984	0.0009931	0.0018246	0.0003277	0.0007363	0.0020522	0.867
TBOEP	0.0116822	0.030261	0.0558257	0.0070521	0.0150316	0.0255919	0.040
TCsP	0.0007215	0.0013688	0.0039392	0.0008241	0.0011663	0.0019396	0.480
TEHP	9.096E-05	0.0001008	0.0003358	8.982E-05	0.0001088	0.0005978	0.608
堆積ダスト							
TCEP	0.0009406	0.0018819	0.0107047	0.0006899	0.0013793	0.0021031	0.230
TCIPP	0.0013665	0.0024046	0.0063888	0.0011152	0.0019624	0.0043719	0.527
TDCIPP	0.0010565	0.0018649	0.0040788	0.0008654	0.0012463	0.0054493	0.777
TPHP	0.001211	0.0032602	0.0045793	0.0014195	0.0024078	0.0038841	0.556
CsDPHP	9.8E-05	0.0001873	0.0022703	0.0003157	0.0005789	0.0009785	0.541
TBOEP	0.0095328	0.0167449	0.0582307	0.0085588	0.0189155	0.0516757	0.777
TCsP	0.0012769	0.0024995	0.0034052	0.0010677	0.0012524	0.0017584	0.031
TEHP	0.0002126	0.0008034	0.0015114	0.0003895	0.0008284	0.0015948	0.879

^a, Mann-Whitney 検定

表4-12 総曝露量 (DI_{total dust}) と湿疹との関連

	湿疹あり			湿疹なし			p-value ^a
	25%	med	75%	25%	med	75%	
床ダスト							
TCEP	0.0008727	0.0026162	0.0085589	0.0010991	0.0025197	0.0048842	0.735
TCIPP	0.0017894	0.0051126	0.0127251	0.0036397	0.0052739	0.0139755	0.446
TDCIPP	0.0012773	0.0020909	0.0137262	0.0010052	0.0022134	0.0081883	0.917
TPHP	0.0012674	0.0024895	0.0045018	0.0017241	0.0023753	0.0036118	0.549
TNBP	0.000114	0.0001267	0.0004336	0.0001081	0.0001267	0.0007297	0.868
CsDPHP	0.0003434	0.0007988	0.0016802	0.0003301	0.0007017	0.0012776	0.555
TBOEP	0.0342296	0.0777862	0.2354659	0.0418538	0.1282043	0.3476402	0.243
TCsP	0.0018613	0.0034705	0.0049447	0.0020611	0.0037952	0.0052914	0.462
TEHP	0.0001353	0.0004118	0.0006866	0.0001439	0.0004244	0.0008052	0.868
棚ダスト							
TCEP	0.00101	0.0032311	0.0102318	0.0012039	0.0023727	0.003853	0.399
TCIPP	0.0023332	0.0056719	0.0119539	0.0029495	0.0049512	0.0101219	0.842
TDCIPP	0.0012215	0.0034523	0.0046654	0.0007699	0.0012512	0.0052535	0.198
TPHP	0.0020565	0.0049837	0.0067306	0.0025133	0.0042093	0.0062149	0.894
TNBP	0.0001464	0.0003059	0.0004814	0.0001388	0.0002707	0.0005472	0.938
CsDPHP	0.0003668	0.0007824	0.001651	0.0003275	0.0009892	0.001987	0.739
TBOEP	0.0049923	0.0119029	0.0270417	0.0074602	0.0187924	0.0317312	0.381
TCsP	0.0006814	0.0010292	0.0017545	0.0008535	0.0012607	0.0020335	0.244
TEHP	9.782E-05	0.00011	0.0007963	8.901E-05	0.0001016	0.0005496	0.393
堆積ダスト							
TCEP	0.0004767	0.0015041	0.0038364	0.0008206	0.0014094	0.0022922	0.985
TCIPP	0.0007382	0.0017573	0.0056538	0.0013374	0.0021228	0.0043719	0.589
TDCIPP	0.0011352	0.0031106	0.0090786	0.0008478	0.0012463	0.0026679	0.097
TPHP	0.0012233	0.0030375	0.0046108	0.0015919	0.0024449	0.0038841	0.832
CsDPHP	0.0002544	0.0005687	0.0010098	0.0001493	0.0005248	0.0010197	0.787
TBOEP	0.004735	0.0101217	0.0586236	0.0095736	0.0212423	0.0516757	0.288
TCsP	0.0006194	0.0012777	0.0019205	0.0010872	0.0015871	0.0022733	0.463
TEHP	0.0003914	0.0007736	0.0016345	0.0003728	0.0008284	0.0015656	0.847

^a, Mann-Whitney 検定