

厚生労働科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）
総合研究報告書

室内環境中の化学物質リストに基づく優先取組物質の検索とリスク評価

研究代表者 雨谷 敬史 静岡県立大学・教授

研究要旨

室内環境ガイドラインが設定されてからもシックハウス問題の懸念が存在している。本研究班では、これまでに室内に存在する可能性がある化学物質 1698 種の名称、性状、用途、毒性情報、感作性情報を網羅的に収集した「室内環境中の化学物質リスト 1698」を開発したが、曝露情報、毒性情報ともに空白があり、懸念が高い物質から空白を埋めていく必要がある。本研究は、曝露評価、ハザード評価、化学物質情報処理、エミッション評価の専門家が連携して、リストに基づく優先取組物質の検索と、予備的リスク評価を行うこととした。得られた成果は、論文発表、学会発表等で公表すると共に、環境科学会において、3年引き続きシンポジウムを開催して議論した。以下、サブテーマ毎の要旨を報告する。

サブテーマ(a) 曝露評価・リスク評価では、一年目に、防災カーテン中の臭素系および有機リン系難燃剤の網羅的な定性・定量分析を行った。本研究で開発した完全溶解法と精密質量数を組み合わせた定性分析法により、有機リン系難燃剤として 6-benzylbenzo[c][2,1]benzoxaphosphinine 6-oxide (BzIDPOPO)、(5-ethyl-2-methyl-2-oxido-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl methyl methylphosphonate (PMMMP)、naphthalen-2-yl diphenyl phosphate (NDPhP) の 3 種を市販の防災カーテンから初めて検出した。その成果を踏まえ、二年目では難燃剤のヒトへの曝露量を明らかにするために、曝露媒体であるハウスダストへの移行メカニズムの解明を行った。この結果、有機リン系難燃剤のハウスダストへの移行は、ダストとカーテンの接触に伴う直接移行が主であることが明らかとなった。三年目には、国内の 29 ヶ所の一般住宅から採集したハウスダスト中の有機リン系難燃剤濃度を実測し、ハウスダスト経路のヒトへの有機リン系難燃剤の経口・経皮曝露量の推定およびそのリスク評価を行った。また、「室内に存在する化学物質リスト 1698」においてリスク懸念物質として挙げられたグリオキサールやグルタルアルデヒドの分析方法を確立し、一般住宅における空气中濃度を実測し、汚染実態調査を行った。

サブテーマ(b) ハザード評価では、曝露評価・リスク評価サブグループで市販のカーテンから検出・定量した新規難燃剤(5-ethyl-2-methyl-2-oxido-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl methyl methylphosphonate (PMMMP) について、これまでほとんど行われていない毒性評価を行った。そこで、本研究では PMMMP のハザード評価に資するための情報を得る目的で、げっ歯類を用いた PMMMP の反復投与毒性試験を実施した。6 週齢の雄性 CD1 マウス各群 5 匹に生理食塩水に溶解した PMMMP を 0、100、300 又は 1000 mg/kg/day の用量で 4 週間強制経口投与した。その結果、投与期間中の死亡動物はみられず、一般状態の変化も認められなかった。器官重量を測定した結果、300 mg/kg/day 以上の PMMMP 投与群において副腎重量の有意な高値が認められたが、病理組織学的な変化は認められなかったことから毒性学的意義の乏しい変化であると考えた。血清生化学的検査の結果、300 mg/kg/day 以上の投与群において無機リンの有意な高値が認められたが、カルシウムの変動を伴う変化でなく、関連する臓器において病理組織学的変化が認められなかったことから毒性影響ではないと判断した。雄性 CD1 マウスに 1000 mg/kg/day の PMMMP を 4 週間反復投与しても毒性影響は観察されなかったことから、本実験条件下における PMMMP の NOAEL は雄で 1000 mg/kg/day 以上と判断した。また、同一実験条件下における骨髓小核試験を実施した結果、PMMMP は小核誘発性は示さないと考えられた。さらに、マウスの血液学的検査の結果、1000 mg/kg/day 投与群において、血小板数の有意な高値のみが認められた。

サブテーマ(c) 室内化学物質ライブラリの構築では、上記リストの情報の拡充を検討した。特に、多様な製品中の化学物質情報(用途や含有率)を収集・整理し、QSAR 情報も活用するなどして評価できる対象物質を増した。また、高懸念物質のスクリーニング手法の改良や、事業者らが任意の物質について、情報を入力してスクリーニング評価(相対的な懸念度や注意すべき曝露経路を判定)が出来る簡易なツールのプロトタイプ

を作成した。さらに、ライブラリへの入力情報の更新とともに、スクリーニング評価ツールについて、多様な曝露経路を考慮して評価できるよう拡充・改良とツール公開のための準備や確認を行った。

サブテーマ(d) 実際の室内環境でのエミッション評価では、サブテーマ(a)と共同で住宅内の市販の防災カーテンやハウスダスト中の難燃剤の含有量調査を行った。また、ダスト中の化学物質濃度とシックハウス等の症状との関係を探るため、室内ハウスダスト調査を実施した住民に対し、QEESI 問診票アンケートを行い、ハウスダスト中の化学物質濃度との関係について検討を行った。高濃度で検出された上位 5 物質の有機リン系難燃剤の値と QEESI のスコア値について比較検討を行った結果、今回の調査では両者に明確な関連性は見いだせなかった。

(総括) 研究 3 年目の 2019 年度は、室内環境中の化学物質リストの拡充に努めると共に、新たな有機リン系難燃剤のハザード評価や発生源評価を進めた。このように、各グループの研究成果を活用することにより、優先的検討対象化合物の選定やその簡易リスク評価につなげたいと考えている。

研究分担者：

雨谷 敬史（静岡県立大学食品栄養科学部・教授）

三宅 祐一（静岡県立大学食品栄養科学部・助教）

小川 久美子（国立医薬品食品衛生研究所安全性生物試験研究センター病理部・部長）

高須 伸二（国立医薬品食品衛生研究所安全性生物試験研究センター病理部・主任研究官）

小林 剛（横浜国立大学大学院環境情報研究院・准教授）

久米 一成（東京都市大学 客員教授）

A. 研究目的

室内汚染の問題は、室内空気質ガイドラインの作成によりその一部が解決されたが、室内環境中に存在する化学物質は多種多様であり、建材や家具等から発生する未規制の化学物質の問題が残されている。

本研究班では、平成 26 年～28 年の本事業において、室内に存在する可能性がある化学物質 1698 種の名称、性状、用途、毒性情報、感作性情報を網羅的に収集した「室内環境中の化学物質リスト 1698」を開発した。しかし、このリストには、曝露情報、毒性情報ともに空白があり、懸念が高い物質から空白を埋めていく必要がある。この中でも、難燃剤や殺虫剤は WHO の室内空気質ガイドラインに挙げられている優先度が高い物質群である。このうち、難燃剤では、以前使用されていたヘキサブプロモシクロドデカン（HBCD）が規制されたことにより、代替品が使用され始めている。これまでの研究では、HBCD 代替品を含む有機リン系及び臭素系難燃剤について曝露評価、ハザード評価を連携して行い、臭素系難燃剤のリスクより、有機リン系の難燃剤のリスクがより高いと推定されることや、新規化合物が続々と使用されていることなどが判った。

そこで、本研究では以下の 4 つのサブテーマ (a)～(d) を設定し、これらを連携して進めることによって、「室内環境中の化学物質リスト 1698」に基づく優先取組物質の検索と、予備的リスク評価を行うこととした。これらの研究と併行して、室内に存在する化学物質リストの空白を埋めるための研究を行った。

以下、サブテーマ毎の目的について詳述する。サブテーマ (a) 曝露・リスク評価については、一年目では、化学構造が未知である難燃剤の簡易かつ迅速な定性分析法の開発を目的として、完全溶解法と精密質量数を組み合わせた定量分析スキームの開発を行った。次に本方法を用いて、化学構造が未知である難燃剤も含めた、防災カーテン中の臭素系および有機リン系難燃剤の網羅的な定量分析を行った。その成果を踏まえ、二年目ではカーテン中の難燃剤のヒトへの曝露経路を明らかにするため、難燃剤の主要な曝露媒体であるハウスダストへの移行メカニズムの解明を行った。三年目では、2015-2019 年に国内の 29 軒の一般住宅から採集したハウスダストに対して、有機リン系難燃剤の濃度レベルを実測した上で、新規有機リン系難燃剤の汚染実態を把握し、さらにハウスダスト中の各有機リン系難燃剤濃度を用いて、ハウスダストの経口・経皮曝露に伴うリスクを推算した。

また、「室内に存在する化学物質リスト 1698」から有害性と曝露可能性が高い物質としてグリオキサールやグルタルアルデヒドがリストアップされたが、これらの物質について室内環境中の分析法が確立されていないため、本研究では 2,4-ジニトロフェニルヒトラジン (DNPH) 含浸シリカゲルを用いた分析法の開発を行った。さらに、一般住宅の室内空気中濃度の測定を行い、曝露量を推算した。

サブテーマ (b) ハザード評価ではこれまでに、本研究事業において臭素系難燃剤である decabromodiphenyl ether および tris-(2,3-dibromopropyl) isocyanurate のげっ歯類を用いたハザード評価を行い、それぞれの毒性情報を提供した。このように、未だ毒性情報などを欠く化学物質が数多く存在するため、懸念が高い物質からより詳細な毒性情報を収集していく必要がある。

(5-ethyl-2-methyl-2-oxido-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl methylmethylphosphonate (PMMMP) は難燃化を目的に使用されている化学物質であり、実際に室内環境中からも検出されることから、ヒトへのばく露が懸念されている。しかしながら、その毒性評価はほとんどなされていない。

一年目では、ラットを用いて推定されるヒトばく露量を考慮した比較的低用量での PMMMP の 1

週間反復投与毒性試験を実施した結果、本実験条件下での PMMMP 投与による顕著な影響は認められなかった。しかしながら、化学物質のハザード評価に有用となる、より高用量での生体影響に関しては不明であった。従って、二年目はラットに比較して個体の小さいマウスを用いて、より高い用量での PMMMP の反復投与毒性試験を実施した。三年目は、PMMMP のより詳細な生体影響を明らかにする目的で、同一実験条件下における血液学的検査及び骨髄小核試験を追加検討した。

サブテーマ(c) ライブラリ構築では、平成 29 年度には、「室内環境中の化学物質リスト 1698」の更新やリスト空白部を埋めるための情報の拡充をおこなった。研究 2 年目以降は、リストに挙げられた多種の化合物の取り組み優先度を定めるスクリーニング法について確認するとともに、事業者らが任意の物質について、情報を入力してスクリーニング評価できるツールのプロトタイプを作成した。3 年目は、情報の更新とともに、多様な曝露経路を考慮して評価できるよう、スクリーニング評価ツールの拡充改良とツール公開のための準備や確認を行った。

サブテーマ(d)では、室内化学物質エミッション評価についての検討を行った。室内空気汚染対策として厚生労働省では、室内空気汚染に係る 13 物質の室内濃度指針値を設定し、建築基準法ではホルムアルデヒドを発生する建材の使用制限をするなど、それらの対策効果により室内環境は改善されてきた。しかし、家具や電化製品など室内に持ち込まれた部材から発生する未規制の化学物質の問題が残されている。

室内に持ち込まれる物としてカーテンは、一般家庭室内では窓等に設置されており、その使用頻度や面積・容積規模から、化学物質が放散された場合、室内環境への負荷率が大きい家庭用品である。防災カーテンの難燃剤は代替化が進んでいるが、その代替難燃剤の有害性が不明なものも多く、代替品による新たなリスクの発生が懸念される。これら難燃剤のような SVOC は室内空気よりハウスダストから高濃度で検出され、ヒトへの曝露経路としてハウスダストの摂取が重要な経路であるとされている。そこでダストへ移行経路を明らかにするためにハウスダストに含まれる難燃剤濃度の実態調査及び化学物質の放散源実態調査

を行うための試料採取を実施した。

B. 研究方法

サブテーマ(a)

(a-1) 化学構造が未知である難燃剤も含めた防災カーテン中の臭素系および有機リン系難燃剤の分析 (H29 年度)

本サブテーマでは、2014 年に日本国内で購入した 40 種類の防災カーテンをサンプルとした。防災カーテンは、主にポリエステル製であり、アクリル繊維などとの混紡したものも含む。防災カーテンの情報を表 1 に示す。

完全溶解法の操作手順は、防災カーテンを 100 mg 程度になるよう切断し、2 mL の 25% ヘキサフルオロイソプロパノール (HFIP) / クロロホルム (CHF) 混合溶媒を添加し、超音波を 20 分間照射した。その後、8 mL のトルエンを添加することでポリマー成分を沈殿させ、10 分間超音波を照射した。遠心分離 (3000 rpm、10 分間) 後、上澄み液 10 μ L をアセトニトリルで希釈 (溶媒置換) し、最終液量を 1 mL とした。

完全溶解法により均一相となったサンプルを液体クロマトグラフ-オービトラップ質量分析装置 (LC-Orbitrap-MS) で分析することにより、化学構造が未知である物質の精密質量数を得た。精密質量数を基に化学式を推定し、難燃剤としての登録状況など (例えば特許情報) を参考に、候補物質を選定した。候補物質の標準物質を入手し、ガスクロマトグラフ-質量分析計 (GC-MS) での保持時間やマススペクトルなどを比較することで同定を行った。

本研究では 18 種類の臭素系難燃剤と、15 種類の有機リン系難燃剤に加え、定性分析により明らかとなった新規難燃剤も測定対象とした。定量分析は液体クロマトグラフ-タンデム型質量分析計 (LC-MS/MS) で行った。分析条件のうち、ガス流量や気化温度などを表 2 に、検出質量数などを表 3 に示す。

(a-2) 防災カーテン中有機リン系難燃剤のハウスダストへの移行メカニズムの解明 (H30 年度)

防災カーテンのサンプルは昨年度に調査した 3 種類のカーテンを用いた。防災カーテン内の有機リン系難燃剤の濃度は、カーテン No. 5 では 3,900 μ g-TDCPP (リン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピル)) g^{-1} 、カーテン No. 8 では 4,310 μ g-TDCPP

g^{-1} 、カーテン No. 12 では 4,840 μg -TCsP(リン酸トリクレジル) g^{-1} である。

本研究では防災カーテン中の有機リン系難燃剤のハウスダストへの移行メカニズムとして、下記の二つの移行経路を検討した。一つ目の経路は、防災カーテン中の有機リン系難燃剤が室内空気中へ放散した後、ハウスダストへと吸着する間接移行である。間接移行実験の手順は下記の通りである。カーテンの上に 10 cm \times 10 cm \times 高さ 5 cm のエミッションセルを置き、20 に設定した恒温槽の中に入れた。エミッションセルには、ポリウレタンフォーム (PUF)(直径 90 mm、厚さ 10 mm) を取り付けて、カーテンから放散された有機リン系難燃剤をサンプリングした。48、72、168 時間後に恒温槽から取り出し、PUF をアセトン 30 mL で 30 分間、超音波抽出を行った。

もう一つの経路は、防災カーテンに付着したハウスダストへと有機リン系難燃剤が拡散する直接移行である。直接移行実験の手順は下記の通りである。ハウスダスト (50 mg) を 250 μm メッシュのふるいに通し、カーテン (7 cm \times 7 cm) の上に散布した。その上からステンレススチール製のエミッションセル (10 cm \times 10 cm \times 高さ 5 cm) で覆い、20 に設定された恒温槽の中に置いた。その後 6、24、48、72、120 時間後にサンプリングし、捕集したダストは、アセトン 3.0 mL で 20 分間、超音波抽出を行った。

両実験とも、ハウスダスト中の有機リン系難燃剤はガスクロマトグラフ質量分析計 (GC/MS) を用いて分析を行った。

(a-3) ハウスダストに含まれる有機リン系難燃剤の曝露・リスク評価 (R1 年度)

本研究では、初年度に行った防災カーテン中の有機リン系難燃剤の網羅的な定量分析に関する研究成果として得られた 3 種類の新規有機リン系難燃剤である 6-benzylbenzo[c][2,1]benzoxaphosphinine 6-oxide (BzIDOPO)、(5-ethyl-2-methyl-2-oxido-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl methylphosphonate (PMMMP)、Naphthalen-2-yl diphenyl phosphate (NDPhP) に加え PMMMP の二量体である bis [(5-ethyl-2-methyl-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl]methyl phosphonate p,p'-dioxide (di-PMMMP) を含む、合計 19 種類の有機リン系難燃剤を測定対象とした。対象化合物の CAS 番号、定量下限値などを表 4 に示す。

ハウスダストは 2015–2019 年に国内の 29 軒の一般住宅から採取した。そのうち、季節により PFRs の濃度変化の有無を調査するため、2017 年に、同じ住宅 (n=7) において夏季と冬季のダストをそれぞれ採集した。ダストの採取には紙パック式の掃除機を用いた。捕集したダストサンプルはステンレス篩 (メッシュサイズ 250 μm) にかけて後、適量を円筒形ろ紙に取り出した。ソックスレー抽出器を用いてジクロロメタンにより 18 時間抽出を行った。抽出液はロータリーエバポレーターと窒素パージにより濃縮を行った後、アセトニトリルへ溶媒交換し、液体クロマトグラフ-タンデム型質量分析計 (LC-MS/MS) にて分析を行った。Tris(Butoxyethyl) Phosphate (TBOEP) - d_{12} 、Tris(2-Chloroethyl) Phosphate (TCEP) - d_{12} 、Tris(2-Ethylhexyl) Phosphate (TEHP) - d_{51} 、Tricresyl Phosphate (TCsP) - d_{21} 、Triphenyl Phosphate (TPhP) - d_{15} をクリーンアップスパイクとして、Tributyl Phosphate (TBP) - d_{27} をシリンジスパイクとして用いた。

曝露量は、経口曝露量と経皮曝露量を別々に推算し、合計することで 1 日当たりの曝露量を推算した。体重は成人 60 kg、児童 18 kg を用いた。経口曝露量の推算には、成人の 1 日当たりのダスト摂取量として 30 mg (最大摂取量: 50 mg) を用い、児童の 1 日当たりのダスト摂取量は 60 mg (最大摂取量: 200 mg) を用いた。経皮曝露量の推算については、成人の曝露する皮膚表面積として 4154 cm^2 、皮膚のダスト付着量として 0.01 $mg\ cm^{-2}$ を用い、児童の場合は 2308 cm^2 および 0.04 $mg\ cm^{-2}$ をそれぞれ用いた。リスクの指標である曝露マージン (MOE) は、無毒性量 (No Observed Adverse Effect Level: NOAEL) ($mg\ kg\text{-}bw^{-1}\ day^{-1}$) などの毒性値を、1 日の推定曝露量 ($mg\ kg\text{-}bw^{-1}\ day^{-1}$) (経口および経皮曝露量の和) で除して求めた。

(a-4) 室内空気中のグリオキサールおよびグルタルアルデヒド測定法の開発 (H29 年度)

パッシブ法により空気中の VOCs 濃度を算出する場合、対象物質に対するサンプラーの捕集速度は不可欠なパラメーターの一つである。正確な捕集速度を算出するため、本研究では温度、湿度、および気流速度を制御できるパッシブサンプラー評価用のチャンバーを用いた。パッシブサンプラー (n=4) (図 1) とアクティブサンプラー (n=4) の同時捕集 (8 時間) を行い、グリオキサールお

よびグルタルアルデヒドに対するパッシブサンプラーの捕集速度を測定した。

一般的に、DNPH 法によるアルデヒド・ケトン類の抽出溶媒としては、アセトニトリルが使用されているが、この場合、グリオキサールの DNPH 誘導体が数 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 程度で飽和状態になり、結晶が析出するため、本研究では、20vol% ジメチルスルホキシド (DMSO) / アセトニトリル混合液を使用して、標準溶液作成用および抽出用の溶媒とした。

分析装置は LC-MS/MS (Ultimate 3000 - Endura, Thermo Scientific) カラムは Knitex C18 (長さ 5.0 mm, 内径 2.1 mm, 粒径 1.3 μm , 島津製作所) を用いた。移動相はメタノールと Milli-Q 水を使用した。イオン化法は ESI (Negative) を使用し、イオン化電圧を 3300 V、ion transfer tube および vaporizer 温度を 250 とした。

(a-5) 室内空気中のグリオキサールおよびグルタルアルデヒドの測定 (H30, R1 年度)

測定対象物質はグルタルアルデヒド、グリオキサール、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒド、アセトンとした。DNPH 含浸シリカゲルを充填した多孔質テフロンチューブをパッシブサンプラーとして用い、一般住宅 4 戸にて 24 時間の捕集を行った (2017 年夏季, $n=2$)。捕集後、20 vol% ジメチルスルホキシド (DMSO) / アセトニトリル混合液を抽出溶媒として用いてアルデヒド類を抽出した後、分析を行った。内標準物質としては DNPH 誘導化したホルムアルデヒド- d_2 とアセトン- d_6 を用いた。

アルデヒド類の分析には、液体クロマトグラフィータンデム質量分析装置 (LC-MS/MS) (Ultimate 3000 - Endura, Thermo Scientific) を用い、カラムは Knitex C18 (長さ 5.0 mm, 内径 2.1 mm, 粒径 1.3 μm , 島津製作所) を用いた。移動相にはメタノールと Milli-Q 水を使用した。イオン化法はエレクトロスプレーイオン化 (ESI) (Negative) を使用し、イオン化電圧を 3300 V、イオントランスファーチューブおよびペーパライザー温度をそれぞれ 250 とした。

サブテーマ(b)

(b-1) ラットを用いた PMMMP の反復投与毒性の検討

6 週齢の雌雄 Slc:SD ラット各群 5 匹に生理食塩

水に溶解した PMMMP (不純物として CAS No. 42595-45-9 を 20% 含有) を 0.1、1 または 10 mg/kg の用量で 1 週間強制経口投与した。対照群には生理食塩水を投与した。PMMMP 投与量は、室内ハウスダストから検出された PMMMP 濃度およびヒトが環境中からばく露されるハウスダストの推定ばく露量を基に、推定される PMMMP ばく露量のおおよそ 10,000、100,000 および 1,000,000 倍に相当する量に設定した。投与期間中は一般状態を観察するとともに、体重を測定した。投与終了後、肺、心臓、肝臓、腎臓、脾臓を摘出し、器官重量の測定を行った。

(b-2) マウスを用いた PMMMP の反復投与毒性の検討

6 週齢の雄性 CD1 マウス各群 5 匹に生理食塩水に溶解した PMMMP (不純物として CAS No. 42595-45-9 を 20% 含有) を 100、300 又は 1000 mg/kg/day の用量で 1 日 1 回 4 週間強制経口投与した。PMMMP の投与量は、雄性 CD1 マウスを用いた 1000 mg/kg/day を最高用量とする 1 週間の用量設定試験から設定した。対照群には生理食塩水を投与した。実験期間中は一般状態を観察するとともに、体重、摂餌量及び摂水量を週 1 回測定した。投与終了後、麻酔下にて採血し、血清生化学的検査を実施した。剖検時に全身諸器官・組織を摘出し、脳、肺、心臓、胸腺、肝臓、腎臓、脾臓、副腎、精巣に関しては重量の測定を行った。摘出した全身諸器官・組織については定法に従い病理組織学的検査を実施した。

(b-3) マウスを用いた PMMMP の骨髄小核誘発性の検討

6 週齢の雄性 CD1 マウス各群 5 匹に生理食塩水に溶解した PMMMP (不純物として CAS No. 42595-45-9 を 20% 含有) を 100、300 または 1000 mg/kg 体重/日の用量で 1 日 1 回 4 週間強制経口投与した。PMMMP の投与量は 1000 mg/kg/day を最高用量とする 1 週間の用量設定試験から設定し、4 週間反復投与毒性試験と同一の用量とした。対照群には生理食塩水を投与し、陽性対照群には ethyl methanesulfonate (EMS) を 100 mg/kg 体重の用量で 1 日 1 回 28 日間強制経口投与した。投与終了後、麻酔下にて採血し、血液学的検査を、並びに大腿骨より骨髄を採取し骨髄小核試験を実施した。

(倫理面への配慮)

本試験は「国立医薬品食品衛生研究所動物実験の適正な実施に関する規定」に基づき、動物実験計画書を作成し、国立医薬品食品衛生研究所動物実験委員会による審査を受けた後、実施した。

サブテーマ(c)

(c-1) 室内化学物質のライブラリの情報更新

「室内環境中の化学物質リスト」の情報の拡充のため、物性情報・毒性情報等の追加の確認・更新のため、「17120の化学商品」¹⁾、ACGH、OSHA、NIOSH、DFG、AIHA、日本産業衛生会の作業環境基準(吸入毒性情報)に関する最新情報の確認とともに、情報データベースを、スクリーニング評価ツールで利用しやすいように整理した。本研究で考慮することとした曝露経路は図2に示す7つの曝露経路であり、製品からの室内空気への移行 吸入曝露、製品からの室内空気への移行 経皮曝露、製品からの室内空気への揮発 食品や水への溶解・吸収(濃縮) 経口曝露(は食品中の水分は油分への吸収)、製品から室内ダストへの移行 吸入曝露、製品から室内ダストへの移行 経口曝露、製品への直接接触 経皮曝露について、曝露経路毎にスクリーニング手法を提案している。これを用いて、スクリーニング結果の検証と手法の改善(特に用途情報を再確認し、化学物質質量ランクの妥当性確認)を行った。

特に、各曝露経路で高リスク懸念となった、(有害性ランク,曝露性ランク)=(A,A)(A,B)(B,A)の物質については、評価結果が妥当か、特に判定の根拠となった情報について、その妥当性を確認し、情報データベースも修正、更新した。

なお、本研究では有害性ランクの決定は表5、曝露性ランクの決定は図3および図4(吸入曝露の例)に示している。

(c-2) スクリーニング評価ツールの作成

事業者らが任意の物質について、情報を入力してスクリーニング評価できるツールについて、令和元年度は、多様な前述の7つの曝露経路を考慮して評価できるよう、スクリーニング評価ツールの拡充改良とツール公開のための準備や確認を行った。

新たな化学物質について、有害性情報と曝露情

報とを入力すれば、これまでにスクリーニング評価された物質と比べて、相対的なリスク懸念の程度が表示されるツールの作成を行った。誰でも容易に使用できるよう、ユーザーインターフェースは、Microsoft社のEccelのワークシートを用いて、評価できるようにすることとした。

(倫理面の配慮)

本申請研究により得られた特定の個人・企業等の情報は、許可無く個人・企業等が特定されないような配慮の上で、研究発表等の情報発信を行う。

サブテーマ(d)

(d-1) 室内ハウスダスト調査

戸建・アパート等7家庭の居室等室内で、市販のハンディー掃除機(リョウビBHC1400)を用いて、延べ数十分から数時間、室内のダストを採取した(図5)。2018年度は、6家庭について夏期と冬期にそれぞれ室内の居間等で、また1家庭については、詳細な季節的变化を確認するため四季(春期、夏期、秋期、冬期)における調査を実施した(表6-1)。2019年度は、夏期8軒、冬期9軒の家庭でハウスダスト捕集調査(1軒の家庭では四期)を実施した(表6-2)。

(d-2) QEESI 問診票によるシックハウスの自己診断調査

室内化学物質量とシックハウス等の症状との関係を探るため、室内ハウスダスト調査を実施した戸建・アパート等の住民に対し、QEESI 問診票のQ1(化学物質暴露による反応)~Q5(日常生活の支障程度)による自己診断調査を実施した(表7)。

(d-3) 室内環境でのエミッションセルを用いた化学物質放散源の実態調査

室内において、化学物質の放散源の実態を知るため、ポリウレタンフォームを固定したエミッションセル(図6)を用いた調査を実施した。

室内ハウスダスト調査を実施した1家庭において夏期及び冬期に、カーテン、フローリングやカーペット等にエミッションセルを室内の7か所に約3日間設置し、そこからの放散する物質の捕集を行った(表8)。

(倫理面への配慮)

室内ハウスダスト調査やQEESI 問診票によるシックハウスの自己診断調査では、個人が特定されないような配慮を行う。また、東京都市大学に倫理審査を申請し、判定を受けた後、実施した。

なお、サブテーマ(d)は、ハウスダスト中の化学物質の分析をサブテーマ(a)の中で行うこととし、以降の項ではサブテーマ(a)の報告の中に記載する。

C. 研究結果

サブテーマ(a)

(a-1) 化学構造が未知である難燃剤も含めた防災カーテン中の臭素系および有機リン系難燃剤の分析 (H29 年度)

完全溶解法を用いることで、抽出溶媒中に確実に難燃剤を抽出できるため、GC-MS のスキャン分析により未知の難燃剤由来だと思われるピークが検出された (図 7)。これらのピークの MS スペクトルを The National Institute of Standards and Technology (NIST) の質量スペクトルライブラリにて検索を行った結果、難燃剤と思われる物質はヒットしなかった (図 8)。

そこで、LC-Orbitrap-MS を用いた定性分析法を試みた。LC-Orbitrap-MS を用いることで、未知物質の精密質量を得ることができた (図 9)。未知物質の精密質量数やプロダクトイオンスペクトルをオンラインデータベースである MAGMa のライブラリ検索により、候補物質を選定した (表 9)。防災カーテン中の未知物質と、候補物質の標準試薬の LC-Orbitrap-MS と GC-MS のリテンションタイムと MS スペクトルを比較することで、最終的な同定を行った (図 10-12)。本方法により、市販の防災カーテンから 6-benzylbenzo[c][2,1]benzoxaphosphinine 6-oxide (BzlDOPO)、(5-ethyl-2-methyl-2-oxido-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl methyl methylphosphonate (PMMMP)、naphthalen-2-yl diphenyl phosphate (NDPhP) が検出された (表 10)。以上の 3 種の新規難燃剤を含む、防災カーテン中の難燃剤の測定結果を図 13 に示す。多くのカーテンより、新規難燃剤が検出された。

(a-2) 防災カーテン中有機リン系難燃剤のハウスダストへの移行メカニズムの解明 (H30 年度)

昨年度に調査した 3 種類のカーテン内の有機リ

ン系難燃剤の濃度を表 11 に示す。また、防災カーテン中有機リン系難燃剤のハウスダストへの間接移行実験の結果を図 14 および表 12 に示す。間接移行の放散速度を比較すると、カーテン No. 8 ($0.17 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) よりカーテン No. 5 ($0.044 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) の方が速かった。また、カーテン No. 5 よりもカーテン No. 12 ($0.060 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) の放散速度の方が速かった (表 13)。

防災カーテン中有機リン系難燃剤のハウスダストへの間接移行のモデル式を下記のとおり構築した。

$$\frac{1}{A} \frac{d(Mq_A + A_W q_W)}{dt} = \frac{dE}{dt} = k_a (C_a^* - C_a) \quad (1)$$

ここで、A は放散面積、M は吸着剤の量、 q_A は有機リン系難燃剤の吸着濃度、 A_W はエミッションセルの壁面面積、 q_W はエミッションセル壁面への吸着濃度、 t は時間、E は単位面積当たりの有機リン系難燃剤の放散速度、 k_a は放散速度定数、 C_a^* は平衡状態における気相中有機リン系難燃剤濃度、 C_a は気相中有機リン系難燃剤濃度を示す。また、気相中有機リン系難燃剤はただちに吸着剤に吸着すると仮定すると、下記の式の様に変換される。表 13 に実験から得られた速度論的パラメーターをまとめた。

$$\frac{dE}{dt} = k_a C_a^* = k' \quad (2)$$

防災カーテン中有機リン系難燃剤のハウスダストへの間接移行における温度の影響について調べた結果を図 15 および表 14 に示す。温度が 20 では、間接移行の放散速度は $0.17 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ であったが、温度を 60 に上昇させると、放散速度は $11 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$ となった。これより、温度上昇に伴い、間接移行速度が上昇することが明らかとなった。

防災カーテン中有機リン系難燃剤のハウスダストへの直接移行実験の結果を図 16 と表 15 に示す。カーテン No. 5 とカーテン No. 8 の TDCPP のハウスダストへの直接移行速度を比較すると、カーテン No. 5 ($4.4 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) よりカーテン No. 8 ($12 \mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$) の方がより速い移行速度を示した。

防災カーテン中有機リン系難燃剤のハウスダストへの直接移行のモデル式を下記のとおり構築した。

$$\frac{dC_d}{dt} = k_d(C_d^* - C_d) \quad (3)$$

ここで、 k_d は移行速度定数、 C_d^* は平衡状態におけるハウスダスト中有機リン系難燃剤濃度、 C_d はハウスダスト中有機リン系難燃剤濃度を示す。表 16 に実験から得られた速度論的パラメーターをまとめた。

防災カーテン中有機リン系難燃剤のハウスダストへの直接移行における温度の影響について調べた結果を図 17 および表 17 に示す。温度が 20 °C では、間接移行の放散速度は $0.17 \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ であったが、温度を 60 °C に上昇させると、放散速度は $11 \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ となった。これより、温度上昇に伴い、間接移行速度が上昇することが明らかとなった。

表 18 に既往研究における、ハウスダスト中の有機リン系難燃剤の測定結果をまとめた。これらの有機リン系難燃剤濃度は、本研究で構築したモデル式でのパラメーターで十分説明できる範囲であった

(a-3) ハウスダストに含まれる有機リン系難燃剤の曝露・リスク評価 (R1 年度)

本研究で測定対象とした 19 種の有機リン系難燃剤のうち、18 種がハウスダストから検出された。各サンプル中の有機リン系難燃剤の詳細データを表 19 に示す。

Trimethyl Phosphate (TMP) (定量下限値 = 7.0 ng g^{-1}) は、本研究で採取したすべてのハウスダストにおいて定量下限値以下であった。最も高濃度 (中央値) であった有機リン系難燃剤は、TBOEP であり、 $33,000 \text{ ng g}^{-1}$ であった。続いて、塩素を含有する有機リン系難燃剤である Tris(2-chloroisopropyl) phosphate (TCPP)、TCEP、Tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate (TDCPP) が高濃度で検出され、その濃度 (中央値) はそれぞれ 2,100、1,500、1,500 ng g^{-1} であった。芳香族を含む有機リン系難燃剤である TPhP も高濃度で検出され、1,100 ng g^{-1} であった (図 18)。

初年度の研究成果として、市販の防災カーテン

(2014 年購入) から、新規有機リン系難燃剤として検出した BzIDOPO、PMMMP および NDPhP のハウスダスト中の濃度を測定した結果、di-PMMMP および PMMMP が 65 ng g^{-1} (中央値) (範囲: $13\text{--}590 \text{ ng g}^{-1}$ 、検出率: 66%) と 59 ng g^{-1} (範囲: $17\text{--}400 \text{ ng g}^{-1}$ 、検出率: 52%) であった。BzIDOPO (範囲: $15\text{--}25 \text{ ng g}^{-1}$ 、検出率: 7%) および NDPhP (範囲: 10 ng g^{-1} 、検出率: 3%) も、検出率が低かったものの、ハウスダストから検出された (図 18)。

2017 年に採集した夏季と冬季のハウスダスト中の有機リン系難燃剤の濃度比を表 20 と図 19 に示す。全体的に、PFRs の冬/夏濃度比は 0.1 - 6 であり、ダスト中の PFRs 濃度は季節による変動が小さいことが示唆された。しかし、1 ヶ所の住宅 (D14) において、夏季のサンプルから測定した TCEP と TDCPP の濃度はそれぞれ 1,500 と 5,100 (ng g^{-1}) であり、冬季のサンプルから測定したこれらの濃度はそれぞれ 48,000 と 620,000 (ng g^{-1}) であり、約 30 倍と 120 倍高くなった。D14 の住宅において 2017 年の夏季と冬季のサンプリングの間、TCEP と TDCPP を含有する室内製品を新たに購入した可能性が考えられる。

ハウスダスト中の各有機リン系難燃剤濃度 (TBOEP、TCPP、TCEP、TDCPP、TPhP、TCsP、EHDPhP、TEHP) を用いて、ハウスダストの経口・経皮曝露に伴うリスク (MOE) を推算し、結果を図 20 に示す。MOE が最も低かった (最もリスクが懸念される可能性のある) 物質は TBOEP であり、その値は 6500 (成人) と 940 (児童) であった。基準となる数値である 100,000 (成人) および 10,000 (児童) と比較し、低い値であるため、ハウスダストを介した TBOEP の経口・経皮曝露に伴うリスクは成人、児童ともに懸念されるレベルであることが明らかとなった。一方、TBOEP 以外の有機リン系難燃剤の経口・経皮曝露に伴うリスクは懸念されるレベルではなかった。

(a-4) 室内空気中のグリオキサールおよびグルタルアルデヒド測定法の開発 (H29 年度)

パッシブサンプラーの捕集速度を算出するために、チャンバー実験では、アクティブ法とパッシブ法の同時捕集を行った ($n=4$)。アクティブ法により測定した各物質の濃度、およびパッシブ法により捕集した各物質の量を用い、式 1) に従ってパッシブサンプラーの捕集速度を算出した。VP

は捕集速度 ($\mu\text{g}/(\text{ppmv hr})$)、 Q_P はパッシブサンプラーによる物質の捕集量 (μg)、 C_A はアクティブ法による測定したチャンパー内各物質の濃度 (ppmv)、 t は捕集時間 (hr) である。

$$V_P = Q_P / (C_A \times t) \quad (4)$$

算出したグリオキサーおよびグルタルアルデヒドの捕集速度は、それぞれ $9.64 \mu\text{g}/(\text{ppmv hr})$ 、 $14.2 \mu\text{g}/(\text{ppmv hr})$ であった。本分析法により室内空気中のグリオキサーおよびグルタルアルデヒドの定量下限値は、それぞれ 0.0015 ppbv ($0.0035 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、 0.0016 ppbv ($0.0064 \mu\text{g}/\text{m}^3$) であった。

(a-5) 室内空気中のグリオキサーおよびグルタルアルデヒドの測定 (H30 年度, R1 年度)

室内空気中のアルデヒド類濃度は次式に従って算出した。

$$C = \frac{Q_P - Q_B}{V_P t} \times 1000 \quad (5)$$

ここで C はアルデヒド類濃度 (ppbv)、 Q_P はパッシブサンプラーによるアルデヒド類の捕集量 (μg)、 Q_B はトラベルブランクに含まれていたアルデヒド類の量 (μg)、 V_P はアルデヒド類の捕集速度 ($\mu\text{g ppmv}^{-1} \text{ hr}^{-1}$)、 t は捕集時間 (h) である。本年度調査した4戸の一般住宅におけるグルタルアルデヒドの室内空気中濃度は、 0.0881 ppbv ($0.355 \mu\text{g m}^{-3}$ 、住宅1)、 0.0835 ppbv ($0.337 \mu\text{g m}^{-3}$ 、住宅2)、 0.0503 ppbv ($0.203 \mu\text{g m}^{-3}$ 、住宅3) および 0.0325 ppbv ($0.132 \mu\text{g m}^{-3}$ 、住宅4) であった。測定結果は図 21-1 ~ 21-4 および表 21 に示す。

一方、グリオキサーの室内空気中濃度は、いずれの住宅においても検出下限値 ($<0.0015 \text{ ppbv}$; $<0.0035 \mu\text{g m}^{-3}$) 以下であった。また、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドおよびアセトンの室内空気中濃度は、 $85.8\text{--}187 \text{ ppbv}$ ($104\text{--}227 \mu\text{g m}^{-3}$)、 $4.48\text{--}90.4 \text{ ppbv}$ ($7.94\text{--}160 \mu\text{g m}^{-3}$) および $3.54\text{--}97.2 \text{ ppbv}$ ($8.30\text{--}228 \mu\text{g m}^{-3}$) であった。

パッシブサンプラーの捕集速度は次式により算出した。

$$V_P = Q_P / (C_A \times t) \quad (1)$$

ここで、 V_P は捕集速度 ($\mu\text{g ppmv}^{-1} \text{ hr}^{-1}$)、 Q_P はパッシブサンプラーの捕集量 (μg)、 C_A はアクティブ法により測定した濃度 (ppmv)、 t は捕集時間 (hr) である。

算出したグリオキサーおよびグルタルアルデヒドの捕集速度は、それぞれ 9.64 および $14.2 \mu\text{g ppmv}^{-1} \text{ hr}^{-1}$ であった。本分析法による室内空気中のグリオキサーおよびグルタルアルデヒドの定量下限値は、それぞれ 0.0015 ppbv ($0.0035 \mu\text{g m}^{-3}$) および 0.0016 ppbv ($0.0064 \mu\text{g m}^{-3}$) であった。

(a-5) 室内空気中のグリオキサーおよびグルタルアルデヒドの測定 (H30 年度)

室内空気中のアルデヒド類濃度は次式に従って算出した。

$$C = \frac{Q_P - Q_B}{V_P t} \times 1000 \quad (2)$$

ここで C はアルデヒド類濃度 (ppbv)、 Q_P はパッシブサンプラーによるアルデヒド類の捕集量 (μg)、 Q_B はトラベルブランクに含まれていたアルデヒド類の量 (μg)、 V_P はアルデヒド類の捕集速度 ($\mu\text{g ppmv}^{-1} \text{ hr}^{-1}$)、 t は捕集時間 (h) である。

本年度調査した4戸の一般住宅におけるグルタルアルデヒドの室内空気中濃度は、 0.0881 ppbv ($0.355 \mu\text{g m}^{-3}$ 、住宅1)、 0.0835 ppbv ($0.337 \mu\text{g m}^{-3}$ 、住宅2)、 0.0503 ppbv ($0.203 \mu\text{g m}^{-3}$ 、住宅3) および 0.0325 ppbv ($0.132 \mu\text{g m}^{-3}$ 、住宅4) であった。

一方、グリオキサーの室内空気中濃度は、いずれの住宅においても検出下限値 ($<0.0015 \text{ ppbv}$; $<0.0035 \mu\text{g m}^{-3}$) 以下であった。また、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドおよびアセトンの室内空気中濃度は、 $85.8\text{--}187 \text{ ppbv}$ ($104\text{--}227 \mu\text{g m}^{-3}$)、 $4.48\text{--}90.4 \text{ ppbv}$ ($7.94\text{--}106 \mu\text{g m}^{-3}$) および $3.54\text{--}97.2 \text{ ppbv}$ ($8.30\text{--}228 \mu\text{g m}^{-3}$) であった。

サブテーマ(b)

(b-1) ラットを用いた PMMMP の反復投与毒性の検討

投与期間中、何れの群においても死亡動物は認められず、一般状態の変化も認められなかった。投与期間中の体重において、PMMMP 投与群に有意な変化は認められなかった (図 22)。

投与終了後の最終体重において、PMMMP 投与群と対照群の間に有意な差は認められなかった。また、PMMMP 投与群における器官重量に関して、雌雄何れにおいても有意な変化は認められな

った(表 22、23)。

(b-2) マウスを用いた PMMMP の反復投与毒性の検討

実験期間中、何れの群においても死亡動物は認められず、一般状態の変化も認められなかった。実験期間中の体重推移及び最終体重について、PMMMP 投与群と対照群間に有意な変化は見られなかった。また、摂餌量並びに摂水量に顕著な変化は認められなかった(図 23)。

投与終了後の器官重量を測定した結果、100 mg/kg/day 以上の投与群において、副腎絶対重量の有意な高値が認められた。また、300 mg/kg/day 以上の投与群において、副腎相対重量の有意な高値が認められた。副腎以外の器官重量に有意な変化は認められなかった(表 24)。

血清生化学的検査の結果、300 mg/kg/day 以上の投与群において、無機リンの有意な高値が認められた。また、300 mg/kg/day 投与群のアルブミン/グロブリン比及び 100 mg/kg/day 投与群のグルコースも対照群に比して有意な高値を示した(表 25)。

病理組織学的検査の結果、対照群のハーター腺においてごく軽度の炎症細胞浸潤が 1 例、1000 mg/kg/day 投与群の腎臓において嚢胞が 1 例認められたが、それぞれの発生率に有意な変化は認められなかった。

(b-3) マウスを用いた PMMMP の骨髄小核誘発性の検討

骨髄小核試験の結果、陽性対照である EMS を投与した群の小核出現頻度は、対照群に比較して有意に上昇した。一方、PMMMP 投与群における小核出現頻度は、何れの用量においても統計学的に有意な差は認められなかった。また、何れの群においても全赤血球に占める幼若赤血球の割合の低下は認められなかった(図 24)。

血液学的検査の結果、1000 mg/kg/day 投与群において、血小板数の有意な高値が認められた。(表 26)。

サブテーマ(c)

(c-1) 室内化学物質のライブラリの情報更新とスクリーニング評価結果の確認

「室内環境中の化学物質リスト」の情報の拡充のため、「17120 の化学商品(化学工業日報)」などの情報源を確認し、追加すべき物質がないかを

確認するとともに、毒性情報および物性情報の追加・更新を行った。新たな追加物質は確認されていないが、特に詳細用途情報を追加・更新することができた。

また、図 2 に示した 7 つの曝露経路における、スクリーニング評価結果として、図 25 に高懸念物質(有害性ランク, 曝露性ランク) = (A, A) を、表 27 および表 28 には(有害性ランク, 曝露性ランク) = (A, B) および (B, A) (曝露経路「製品 室内空気 吸入曝露」の例)を示した。各曝露経路の詳細な結果は付録にまとめている。

ここで、特に(A, A)物質の中で、経路において、エチレンジアミンは接着剤成分という用途から、(A, A)ランクとして選定していたが、詳細用途の確認の結果、詳細な含有率情報は得られなかったものの、常温硬化型防食塗料原料、エポキシ樹脂硬化剤、接着剤樹脂の架橋剤など、塗料中での主要成分ではなく原料であったり、エポキシ樹脂の硬化剤では 10%程度の割合で用いられるが、多くは反応して残存量はかなり少なくなると考えられる。ここでは、使用後の製品中の含有率を 0.1~1%程度と推定し、含有率ランクポイントを d と変更したことで、曝露性ランクは A から B に変更された。

最終的に、いずれかの曝露経路で(A, A)ランクに分類された物質が図 25 に示されているが、一定の毒性を有し、室内で各曝露経路において、他の物質と比べて相対的に曝露されやすい物質であり、どの程度リスクとなるかの調査が求められる。静岡県立大学では、グリオキサールなど実態調査がなされている。

また、(A, A)ランクの物質に準じた物質として、(A,B)および(B,A)ランクとして、スクリーニングされた物質で、曝露経路(室内空気からの吸入曝露)に関しては、製品中で多くの割合を構成する溶剤成分や農薬原体成分であり、ある程度の量が室内に存在するもしくは高い揮発性を有する物質が多くなっている。室内濃度指針値が設定されている物質と同程度のリスクが懸念される化学物質は多数スクリーニングされ、詳細な調査が必要と考えられる。

(c-2) スクリーニング評価ツール拡充・改良

「室内環境中の化学物質ライブラリ」を活用して、事業者らが自身の取り扱う製品中等の任意の化学物質について、情報を入力して、新たな懸念

物質になりうるか否かをスクリーニング評価できるツールを開発した。昨年度検討、作成した吸入経路以外の多様な曝露経路を考慮して評価できるよう、プロトタイプのツールを拡充・改良するとともに、ツール公開のための準備を行った。

Microsoft 社の Excel のワークシート上で、図 26 の様に「化学物質情報入力シート」において、取り扱う物質の有害性および曝露性に関する情報を入力（数値入力の箇所と選択入力の箇所がある）する。それにより、各有害性ランクや各曝露性ランクのポイントが自動計算されて表示される。また、有害性に関しては、大気や水質のガイドライン値や作業環境基準などが設定されていない物質のために、「環境管理参考濃度算出シート」も作成している。これらの入力値から、図 27 のように「評価結果出力シート」において、7つの曝露経路ごとに、有害性ランクや曝露性ランクが決定されて表示される。また、これまでランク分けした物質と比較して、評価対象の物質の曝露がどの程度懸念されるのか、これまでに評価した化学物質群の中で、相対的に上位からどの程度の位置にあるのか表示するようにした。例えば、図 27 に示したホルムアルデヒドは、(A, A)ランクであり、上位 2%以上に位置することが分かる。ホルムアルデヒドの場合は、曝露経路は「製品 室内空気 吸入曝露」(A, A)上位 2%以上であるが、曝露経路「製品 室内空気 経皮曝露」では(A, B)上位 6-9%、経路「水分含有飲食物 経口」では(A, B)上位 8-20%、経路「水分含有飲食物 経口」では(A, C)上位 30-45%、経路「ダストの吸入曝露」では(A, E)上位 28-49%、経路「ダストの Hand-to-mouth」では(A, E)上位 24-46%、経路「製品直接接触の経皮曝露」(A, B)上位 0.3-9%という位置付けであることが分かる。また、現在指針値が設定されている物質との関係も把握できるため、事業者らは当該物質の詳細リスク評価の必要性を判断する際の有用な情報となる。

本ツールは、大学ホームページからの公開を予定している。

サブテーマ(d)

(d-1) 室内ハウスダスト調査

調査結果は、サブテーマ(a-3)を参照する。

(d-2) QEESI 問診票によるシックハウスの自己

診断調査

QEESI 問診票の回答があった家庭中、室内ハウスダストの有機リン系難燃剤測定が終了した 14 件について、QEESI のスコア値と化学物質濃度の関係について検討を行った。

QEESI 問診票では、Q1、Q3、Q5 のスコアで、Q1:38、Q3:22、Q5:10 のカットオフ値よりいずれか 2 つ以上に該当する人を化学物質過敏症患者の可能性の判断に利用されることから、今回 Q1、Q3、Q5 のスコア合計値を算出した結果、14 名のスコア合計値は 0 から 78 でカットオフ値を 2 つ以上に該当したのは 1 名（スコア合計値 78 が該当）のみであった。

次に調査した有機リン系難燃剤 19 種類中、ハウスダストには 17 種類が検出された（詳細は、サブテーマ(a) 曝露評価・リスク評価の欄参照）。

フロアワックス剤用可塑剤として使用されている TBOEP やポリウレタンフォーム用難燃剤として使用されている TCPP、TCEP など高濃度に検出された 5 種類（他に TDCPP、TPhP）の有機リン系難燃剤の濃度と QEESI スコア（合計値）の関係について図 28 に示す。

今回の調査では、QEESI スコア値と化学物質濃度値との間に明確な関連性は見られなかった。このことは、検出された全 17 物質の合計値と QEESI のスコア値との関連性についても同様であった。

D. 考察

サブテーマ(a及びd)

(a-1) 化学構造が未知である難燃剤も含めた防災カーテン中の臭素系および有機リン系難燃剤の分析

完全溶解法と精密質量数を用いた定性分析法を組み合わせることにより、化学構造が未知の難燃剤を同定することができた。新しい有機リン系難燃剤である BzIDPOPO、PMMMP、NDPhP を市販の防災カーテンから初めて検出した。これにより、後加工のカーテン 24 種のうち、19 種類に使用されている難燃剤を定量的に確認することができた。この手法により、室内に存在する多種多様な化学物質の定性の可能性が広がったことは大きな成果と考えられる。

(a-2) 防災カーテン中有機リン系難燃剤のハウス

ダストへの移行メカニズムの解明

間接移行実験において、カーテン No.5 ($0.044 \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$) と比較し、カーテン No.8 ($0.17 \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$) の移行速度が速かったが、これはカーテン中の高い TDCPP 濃度に起因したものだと考えられる。また、カーテン No.5 と比較してカーテン No.12 ($0.060 \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$) の放散速度の方が速かった要因として、TCsP と比べて TDCPP の蒸気圧がより高いことが考えられた。

直接移行実験の場合、カーテン No.5 ($4.4 \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$) よりカーテン No.8 ($12 \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$) の方がより速い移行速度を示したが、これは防災カーテン中の高い TDCPP 濃度に起因したものだと考えられる。間接移行の場合と異なり、直接移行の場合、カーテン No.12 からの TCsP ($17 \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$) の移行速度はカーテン No.8 からの TDCPP ($12 \mu\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$) の移行速度と同程度であった。有機リン系難燃剤の間接移行速度と直接移行速度を比較すると直接移行の方が 71~280 倍高いという結果となった。

(a-3) ハウスダストに含まれる有機リン系難燃剤の曝露・リスク評価

本研究で得られたリスク評価の結果 (MOE) から、本研究で測定対象とした 19 種の有機リン系難燃剤のうち毒性値が入手できた 8 種の有機リン系難燃剤については、ハウスダストを介した経口・経皮曝露量は、TBOEP を除いて、リスクが懸念されるレベルではなかった。

(a-4) 室内空気中のグリオキサールおよびグルタルアルデヒド測定法の開発

パッシブサンプリング法を用いた室内空気中のグリオキサールおよびグルタルアルデヒドの分析法を開発した。本法は、室内空気中における 1 pptv 程度のグリオキサールおよびグルタルアルデヒドが検出可能となる、高感度分析法を確立することができた。

(a-5) 室内空気中のグリオキサールおよびグルタルアルデヒドの測定

4 戸の一般住宅におけるグルタルアルデヒドの室内空気中濃度は、グルタルアルデヒドが室内中で使用されている病院の室内空気中濃度 ($1.30\text{--}19.6 \text{ ppbv}$) (Katagiri et al., 2006) と比較し、低かった。しかし、検出率は 100%であった。

ホルムアルデヒドの室内空気中濃度は、本年度測定したすべての住宅にて室内濃度指針値 (80 ppbv) を超過していた。

サブテーマ(b)

(b-1) ラットを用いたPMMMPの反復投与毒性の検討

ラットを用いたPMMMPの反復投与毒性試験を実施するための用量設定試験を実施した結果、1週間の投与期間中には死亡動物はみられず、一般状態の変化も認められなかった。さらに、投与終了時の器官重量においてもPMMMP投与による顕著な影響はみられなかった。このことから、今回の実験条件の投与量はラットを用いた反復投与毒性試験に供することができると考えられた。

しかしながら、本研究ではヒトで推定されるべく露量を基に用量設定を行ったため、より高用量における生体影響に関しては不明である。従って、ラットに比較して個体の小さいマウスを用いて、より高い用量でのPMMMPの反復投与毒性試験を実施する必要があると考えた。

(b-2) マウスを用いたPMMMPの反復投与毒性の検討

マウスを用いたPMMMPの4週間反復投与試験を実施したその結果、投与期間中には死亡動物はみられず、一般状態の変化も認められなかった。投与終了時の器官重量測定の結果、 300 mg/kg/day 以上のPMMMP投与群において絶対及び相対副腎重量の有意な高値が認められたものの、これらは病理組織学的変化を伴うものではなく、程度も軽度であったことから毒性学的意義の乏しい変化であると考えた。

血清生化学的検査の結果、 300 mg/kg/day 以上の投与群において無機リンの有意な高値が認められた。しかしながら、この変化はカルシウムの変動を伴う変化でなく、腎臓、骨、上皮小体などリン代謝に関連する臓器において病理組織学的変化が認められなかったことから、毒性学的に意義の乏しい変化であると考えた。その他、 100 mg/kg/day 投与群におけるグルコース及び 300 mg/kg/day 投与群におけるアルブミン/グロブリン比の高値が認められたが、それぞれ明確な用量相関性は認められなかったことから偶発的な変化であると考えられた。

病理組織学的検査の結果、対照群のハーダー腺

におけるごく軽度の炎症細胞浸潤及び1000 mg/kg/day 投与群の腎臓における嚢胞が1ずつ例認められたが、発生率に統計学的有意差はなく、散発的な発生であったことから、被験物質投与に起因する変化でないと考えた。

以上の結果から、雄性CD1 マウスに1000 mg/kg/dayのPMMMPを4週間反復投与しても毒性影響は観察されなかった。従って、本試験におけるPMMMPのNOAELは雄で1000 mg/kg/day以上と判断した。

(b-3) マウスを用いたPMMMPの骨髄小核誘発性の検討

昨年度までに検討したPMMMPの一般毒性の検討に加えて、本年度はより詳細な生体影響を検討する目的で同一実験条件下における血液学的検査及び骨髄小核試験を追加検討した。

骨髄小核試験を実施した結果、陽性対照であるEMS投与群では小核出現頻度の上昇が認められたものの、PMMMP投与群では何れの用量においても有意な変化は認められなかったことから、PMMMPは小核誘発性を示さないこと可能性が示された。

血液学的検査の結果、1000 mg/kg/day投与群において、血小板数の有意な高値が認められた。しかしながら、同一実験条件下における病理組織学的検査では、骨髄などの造血器官において毒性変化は認められておらず、出血等の変化も認められていないことから、この変化の毒性学的意義は低いものと考えた。

サブテーマ(c)

「室内環境中の化学物質リスト」の情報を更新するとともに、その情報を用いて新たな物質を相対評価できるスクリーニング評価ツールについて、多様な曝露経路を考慮して評価できるよう拡充、改良とツール公開のための準備や確認を行った。室内濃度指針値が設定されている物質と同程度の化学物質は多数スクリーニングされており、詳細な調査が必要と考え得られる。作成したスクリーニングツールを用いて、事業者らが予防原則の観点から、既存の指針値設定物質と同程度に高リスクが懸念される物質については、その使用方法や曝露防止への配慮がなされることが期待される。

E. 結論

曝露・リスク評価グループでカーテン中から見出した化合物のうち、PMMMPをハザード評価グループでマウスを用いた4週間反復投与試験を実施したり、ライブラリ構築グループで高懸念物質としてリストアップしたグリオキサールやグルタルアルデヒドの曝露評価を行ったりなど、グループ間の連携研究が進み、これらは論文の形で公表することができた。また、本研究事業の他の研究班とは、環境科学会のシンポジウムで意見交換し、それらの情報を一般に公開することができた。なお、環境科学会のシンポジウムは、平成26年から6年間連続で本研究成果を中心に開催した。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Masahiro Tokumura, Shiori Nitta, Tomomi Hayashi, Rina Yamaguchi, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Probabilistic Exposure Assessment of Aggregate Rates of Dermal Exposure of Japanese Women and Children to Parabens in Personal Care Products, *Chemosphere*, 239, 124704, 2020. (IF=5.108)
- 2) Misato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Simultaneous determination of polycyclic aromatic hydrocarbons and their chlorinated derivatives in grilled foods, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 178, 188-194, 2019. (IF=4.527)
- 3) Masahiro Tokumura, Makiko Seo, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Dermal Exposure to Plasticizers in Nail Polishes: An Alternative Major Exposure Pathway of Phosphorus-Based Compounds, *Chemosphere*, 226, 316-320, 2019. (IF=5.108)
- 4) Masahiro Tokumura, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Kosuke Muramatsu, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Comparison of Rates of Direct and Indirect Migration of Phosphorus Flame Retardants from Flame-Retardant-Treated Polyester Curtains to Indoor Dust, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 169, 464-469, 2019. (IF=4.527)
- 5) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Takashi Amagai, Yasuhiro Takegawa, Yoko

- Yamagishi, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Takeshi Kobayashi, Shinji Takasu, Kumiko Ogawa, Kurunthachalam Kannan, Identification of Novel Phosphorus-Based Flame Retardants in Curtains Purchased in Japan Using Orbitrap Mass Spectrometry, *Environmental Science & Technology Letters*, 5, 448-455, 2018. (IF=5.869)
- 6) Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Qi Wang, Hayato Nakayama, Takashi Amagai, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Takeshi Kobayashi, Shinji Takasu, Kumiko Ogawa, Methods for the analysis of organophosphate flame retardants- A comparison among GC-EI-MS, GC-NCI-MS, LC-ESI-MS/MS, and LC-APCI-MS/MS, *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 53, 475-481, 2018. (IF=1.425)
- 1) Qi Wang, Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Takashi Amagai, Yuichi Horii, Kiyoshi Nojiri, Nobutoshi Ohtsuka, Effects of characteristics of waste incinerator on emission rate of halogenated polycyclic aromatic hydrocarbon into environments, *Science of the Total Environment*, 625, 633-639, 2018. (IF=5.102)
- 8) Misato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai : Unintentional Generation of Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons during Cooking, *Organohalogen Compounds*, 80, 544-548, (2018).
- 9) Mai Shindo, Kotone Terao, Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino : Estimating Potential Dermal Exposure to Organophosphorus Flame Retardants via Direct Contact with Products, *Organohalogen Compounds*, 549-552, 80 (2018).
- 10) Cho, Y.M., Mizuta, Y., Akagi, J-I., Toyoda, T., Sone, M., Ogawa, K. Size-dependent acute toxicity of silver nanoparticles in mice. *J Toxicol Pathol.* 31(1): 73-80. 2018.
- 11) Akagi, JI., Yokoi, M., Cho, YM., Toyoda, T., Ohmori, H., Hanaoka, F., Ogawa, K. Hypersensitivity of mouse embryonic fibroblast cells defective for DNA polymerases η , ι and κ to various genotoxic compounds: Its potential for application in chemical genotoxic screening. *DNA Repair (Amst)*. 61:76-85, 2018.
- 12) Toyoda, T., Totsuka, Y., Matsushita, K., Morikawa, T., Miyoshi, N., Wakabayashi, K., Ogawa, K. γ -H2AX formation in the urinary bladder of rats treated with two norharman derivatives obtained from o-toluidine and aniline. *J Appl Toxicol.* 38(4):537-543, 2018.
- 13) Nomura, Y., Lee, M., Fukui, C., Watanabe, K., Olsen, D., Turley, A., Morishita, Y., Kawakami, T., Yuba, T., Fujimaki, H., Inoue, K., Yoshida, M., Ogawa, K., Haishima, Y. Proof of concept testing of a positive reference material for in vivo and in vitro skin irritation testing. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 106(8):2807-2814, 2018.
- 14) Morishita, Y., Nomura, Y., Fukui, C., Fujisawa, A., Watanabe, K., Fujimaki, H., Kumada, H., Inoue, K., Morikawa, T., Takahashi, M., Kawakami, T., Sakoda, H., Mukai, T., Yuba, T., Inamura, K-I., Tanoue, A., Miyazaki, K-I., Chung, U-I., Ogawa, K., Yoshida, M., and Haishima, Y. Alternative plasticizer, 4-cyclohexene-1,2-dicarboxylic acid dinonyl ester, for blood containers with protective effects on red blood cells and improved cold resistance. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.*, 106(3):1052-1063, 2018.
- 15) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Hayato Nakayama, Qi Wang, Takashi Amagai, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Takeshi Kobayashi, Shinji Takasu, Kumiko Ogawa, Kurunthachalam Kannan: Simultaneous Determination of Brominated and Phosphorus Flame Retardants in Flame-Retarded Polyester Curtains by a Novel Extraction Method. *Science of the total Environment*, 601-602, 1333-1339 (2017). IF=5.102
- 16) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Zhiwei Wang, Takashi Amagai: Comparison of Volatile Organic Compound Recovery Rates of Commercial Active Samplers for Evaluation of Indoor Air Quality in Work Environment. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 10(6), 737-746 (2017). DOI: 10.1007/s11869-017-0465-0. IF=3.102
- 17) Takasu, S., Ishii, Y., Yokoo, Y., Tsuchiya, T., Kijima, A., Kodama, Y., Ogawa, K., Umemura, T. In vivo reporter gene mutation and micronucleus assays in gpt delta mice treated

- with a flame retardant decabromodiphenyl ether. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen.* 816-817:7-11, 2017.
- 18) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Takashi Amagai, Yuichi Horii, Kurunthachalam Kannan: Mechanism of Formation of Chlorinated Pyrene during Combustion of Polyvinyl Chloride. *Environmental Science & Technology*, 51, 14100–14106, (2017). IF=6.198
 - 19) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Takashi Amagai, Yuichi Horii, Rate of Hexabromocyclododecane Decomposition and Production of Brominated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons During Combustion in a Pilot-scale Incinerator, *Journal of Environmental Sciences*, 61, 91-96, (2017). IF=3.243
 - 20) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Yuta Iwazaki, Qi Wang, Takashi Amagai, Yuichi Horii; Hideyuki Otsuka, Noboru Tanikawa, Takeshi Kobayashi, Masahiro Oguchi: Determination of Hexavalent Chromium Concentration in Industrial Waste Incinerator Stack Gas by using a Modified Ion Chromatography with Post-column Derivatization Method. *Journal of Chromatography A*, 1502, 24-29 (2017). IF=4.150
 - 21) Makoto Sekine, Masahiro Tokumura, Mohammad Raknuzzaman, Md. Habibullah Al Mamun, Md. Kawser Ahmed, Muhammad Rafiqul Islam, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Shigeki Masunaga: Effect of Cooking on Arsenic Reduction in Two Rainfed Rice Varieties of Bangladesh and Their Health Risk Assessment. *Chemical Science International Journal*, 21(1), 1-7, (2017).
 - 22) Suzuki, I., Cho, Y-M., Hirata, T., Toyoda, T., Akagi, J., Nakamura, Y., Sasaki, A., Nakamura, T., Okamoto, S., Shiota, K., Suetome, N., Nishikawa, A., Ogawa, K. Toxic effects of 4-methylthio-3-butenyl isothiocyanate (Raphasatin) in the rat urinary bladder without genotoxicity. *J Appl Toxicol* 37(4): 485-494. 2017.
 - 23) Matsushita, K., Toyoda, T., Inoue, K., Morikawa, T., Sone, M., Ogawa, K. Spontaneous infarcted adenoma of the mammary gland in a Wistar Hannover GALAS rat. *J Toxicol Pathol.* 30(1): 57-62. 2017.
 - 24) Hirata, T., Cho, Y-M., Toyoda, T., Akagi, J., Suzuki, I., Nishikawa, A. and Ogawa, K. Lack of in vivo mutagenicity of 1,2-dichloropropane and dichloromethane in the livers of gpt delta rats administered singly or in combination. *J. Appl. Toxicol.* 37(6): 683-691. 2017.
 - 25) Toyoda, T., Cho, Y-M., Akagi, J., Mizuta, Y., Matsushita, K., Nishikawa, A., Imaida, K. and Ogawa, K. Altered susceptibility of an obese rat model to 13-week subchronic toxicity induced by 3-monochloropropane-1,2-diol. *J Toxicol. Sci.* 42: 1-11, 2017.
 - 26) Cho, Y-M., Hasumura, M., Imai, T., Takami S., Nishikawa A. and Ogawa, K. Horseradish extract promotes urinary bladder carcinogenesis when administered to F344 rats in drinking water. *J Appl Toxicol.* 37(7): 853-862. 2017.
 - 27) Nonaka, M., Amakasu, K., Saegusa, Y., Naota, M., Nishimura, T., Ogawa, K. and Nishikawa, A., Non-neoplastic lesions found only in the two-year bioassays but not in shorter toxicity studies of rats. *Regul Toxicol Pharmacol.*, 86 : 199–204, 2017.
 - 28) Hirata, T., Cho, Y-M., Suzuki, I., Toyoda, T., Akagi, J., Nakamura, Y., Numazawa, S., Ogawa, K. 4-Methylthio-3-butenyl isothiocyanate mediates nuclear factor (erythroid-derived 2)-like 2 activation by regulating reactive oxygen species production in human esophageal epithelial cells. *Food Chem Toxicol.* 111: 295-301, 2017.
 - 29) Ishii, Y., Kuroda, K., Matsushita, K., Yokoo, Y., Takasu, S., Kijima, A., Nohmi, T., Ogawa, K., Umemura, T. Phosphorylation of protein phosphatase 2A facilitated an early stage of chemical carcinogenesis. *Toxicol Appl Pharmacol.* 336:75-83. 2017.
2. 学会発表
 - 1) Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Kazuo Mizuta, Mitsuyasu Yabe, Masakazu Makino, Treatments of coloured effluent from methane fermentation plants by photo-Fenton process, THE 24th Shizuoka Forum on Health and Longevity, Shizuoka, Japan. (November, 2019)

- 2) Jumpei Miyazaki, Masahiro Tokumura, Muhammad Rafiqul Islam, Qi Wang, Yuichi Miyake, Masahiro Sakata, Shigeki Masunaga, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Probable risk assessment and reduction measures of rice consumption in Bangladesh, THE 24th Shizuoka Forum on Health and Longevity, Shizuoka, Japan. (November, 2019)
- 3) Kento Sei, Misato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Tsuyoshi Takagi, Sinji Suzuki, Kazutoshi Okamoto, Takashi Amagai, A reduction method of PAH concentration in dried bonito, THE 24th Shizuoka Forum on Health and Longevity, Shizuoka, Japan. (November, 2019)
- 4) Mai Shindo, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Estimation of potential dermal exposure rate of organophosphorus flame retardants via direct contact with product, THE 24th Shizuoka Forum on Health and Longevity, Shizuoka, Japan. (November, 2019)
- 5) Masahiro Tokumura, Asato Sugawara, Shigeki Masunaga, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Comparison of Three Different Kinds of Advanced Oxidation Processes in Removal of Pharmaceuticals with Co-existing Substances, the IWA-ASPIRE Conference 2019, Hong Kong. (November, 2019)
- 6) Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Kazuo Mizuta, Mitsuyasu Yabe, Masakazu Makino, Treatments of Colored Effluents from Methane Fermentation Plants by Photo-Fenton Process, the IWA-ASPIRE Conference 2019, Hong Kong. (November, 2019)
- 7) Masahiro Oguchi, Hideyuki Otsuka, Yuichi Horii, Yuichi Miyake, Noboru Tanikawa, Masahiro Tokumura, Shinya Urano, Yoichi, Watanabe, Environmental emission of chemicals associated with industrial waste treatment in Japan, SETAC North America 40th Annual Meeting, Toronto, Canada. (November, 2019)
- 8) Misato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Yuichi Horii, Accumulation Profiles of Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Tokyo Bay in Japan, 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).
- 9) Tomohiko Tada, Asuka Amano, Kento Sei, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Synthesis and hAhR α Activity Assay of Metabolites of Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).
- 10) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Kotone Terao, Haruki Miwa, Qi Wang, Takashi Amagai, Simultaneous and Exposure Assessment of Alternative Retardants in Car Seats, 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).
- 11) Masahiro Tokumura, Makiko Seo, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Dermal Exposure to Phosphorus Compounds in Nail Polishes, 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).
- 12) Kento Sei, Qi Wang, Misato Masuda, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Development of a Comprehensive Analytical Method for Regulated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).
- 13) Mai Shindo, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Evaluation of Dermal Exposure Rate of Organophosphorus Flame Retardants via Direct Contact with Products, 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).
- 14) Qi Wang, Minori Furukawa, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Novel Brominated and Organophosphate Flame Retardants Detected in House Dust, 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).

- ated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).
- 15) Mana Oishi, Mai Shindo, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Improvement of Devise to Estimate Dermal Exposure Rate of Phosphorus Flame Retardants in Indoor Products, 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).
 - 16) Madoka Wanikawa, Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Development of Analytical Method for Degradation of PPCPs by Photo-Fenton Reaction, 39th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2019), Kyoto, Japan. (August, 2019).
 - 17) Masahiro Tokumura, Kotone Terao, Haruki Miwa, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Simultaneous Determination of Alternative Flame Retardants in Car Seats and Implications for Dermal Exposure, the International Society of Exposure Science (ISES) and the International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) 2019, Kaunas, Lithuania. (August, 2019)
 - 18) Yuichi Miyake, Minori Furukawa, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Takashi Amagai, Yukari Takahashi, Simultaneous determination and exposure assessment of novel alternative flame retardants in indoor dust, the International Society of Exposure Science (ISES) and the International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) 2019, Kaunas, Lithuania. (August, 2019)
 - 19) Junna Ohishi, Haruna Nishio, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Yasuhiro Fukushima, Yoshihiro Suzuki, Takanori Enomoto, Evaluation of Porous Tube-type Passive Samplers for Volatile Organic Compounds according to the ISO 16107, the International Society of Exposure Science (ISES) and the International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) 2019, Kaunas, Lithuania. (August, 2019)
 - 20) Miasato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and their Chlorinated Derivatives Unintentionally Produced During Cooking via Exhaust Gas, the International Society of Exposure Science (ISES) and the International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) 2019, Kaunas, Lithuania. (August, 2019)
 - 21) Mai Shindo, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Development of Simple Devise to Estimate Potential Dermal Exposure to Organophosphorus Flame Retardants via Direct Contact with Products, the International Society of Exposure Science (ISES) and the International Society of Indoor Air Quality and Climate (ISIAQ) 2019, Kaunas, Lithuania. (August, 2019)
 - 22) Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Ryutaro Ishibashi, Takanori Ambo, Masakazu Minagawa, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Effects of Light Irradiation on Inhibition of Fenton Type Wastewater Treatment Processes by Co-Existing Substances, The Water and Environment Technology Conference 2019 (WET 2019), Osaka, Japan. (July, 2019).
 - 23) Miasato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Accumulation Profiles of Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Tokyo Bay, Japan, The Water and Environment Technology Conference 2019 (WET 2019), Osaka, Japan. (July, 2019).
 - 24) Madoka Wanikawa, Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Degradation of Pharmaceuticals and Personal Care Products by PhotoFenton Reaction, The Water and Environment Technology Conference 2019 (WET 2019), Osaka, Japan. (July, 2019).
 - 25) Misato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Generation of polycyclic aromatic hydrocarbons and their derivatives during cooking, The 4th International Conference on Pharma and Food (ICPF2

- 018), Shizuoka, Japan. (November, 2018)
- 26) Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Novel effective method to evaluate risks of phosphorus flame retardant, The 4th International Conference on Pharma and Food (ICPF2018), Shizuoka, Japan. (November, 2018)
 - 27) Misato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons and their chlorinated derivatives produced by cooking, THE 23rd Shizuoka Forum on Health and Longevity, Shizuoka, Japan. (November, 2018)
 - 28) Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Development of screening method to evaluate risks of flame retardants in indoor environments, THE 23rd Shizuoka Forum on Health and Longevity, Shizuoka, Japan. (November, 2018)
 - 29) Kento Sei, Qi Wang, Misato Masuda, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, An Analytical Method for Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Particles by Thermal Desorption-GC/MS, the 38th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (POPs) & 10th International PCB Workshop (Dioxin 2018), Kraków, Poland. (August 2018)
 - 30) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Takashi Amagai, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Takeshi Kobayashi, Shinji Takasu, Kumiko Ogawa, Kurunthachalam Kannan, Identification of Novel Phosphorus Flame Retardants in Curtains Using Orbitrap Mass Spectrometry, the 38th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (POPs) & 10th International PCB Workshop (Dioxin 2018), Kraków, Poland. (August 2018)
 - 31) Masahiro Tokumura, Kosuke Muramatsu, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Comparison of Rates of Direct and Indirect Migration of Phosphorus Flame Retardants from Flame-Retardant-Treated Polyester Curtains to Indoor Dust, the 38th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (POPs) & 10th International PCB Workshop (Dioxin 2018), Kraków, Poland. (August 2018)
 - 32) Misato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Unintentional Generation of Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons during Cooking, the 38th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (POPs) & 10th International PCB Workshop (Dioxin 2018), Kraków, Poland. (August 2018)
 - 33) Mai Shindo, Kotone Terao, Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Estimating Potential Dermal Exposure to Organophosphorus Flame Retardants via Direct Contact with Products, the 38th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (POPs) & 10th International PCB Workshop (Dioxin 2018), Kraków, Poland. (August 2018)
 - 34) Haruna Nishio, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Yasuhiro Fukushima, Yoshihiro Suzuki, Takanori Enomoto, Effects of Environmental Factors on Sampling Rates of VOCs with Porous Tube-Type Passive Samplers, The Joint Annual Meeting of the International Society of Exposure Science and the International Society for Environmental Epidemiology (ISES-ISEE 2018), Ottawa, Canada. (August 2018)
 - 35) Kosuke Muramatsu, Hiroshi Aiuchi, Yuta Goro, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Takanori Ambo, Masakazu Minagawa, Ryutaro Ishibashi, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Decolorization of Colored Effluent from Textile Manufacturing Industry in Bangladesh by Photo-Fenton Reaction Coupled with Catalyst, The 12th Asia Impact Assessment Conference (AIC 2018), Shizuoka, Japan. (August 2018)
 - 36) Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Environmental impact of halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons e

- mitted from E-waste recycling activities in Vietnam, The 12th Asia Impact Assessment Conference (AIC 2018), Shizuoka, Japan. (August 2018)
- 37) Mai Shindo, Kotone Terao, Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Device for Measuring Dermal Exposure Rate of Flame Retardants via Direct Contact with Products, The 12th Asia Impact Assessment Conference (AIC 2018), Shizuoka, Japan. (August 2018)
- 38) Jumpei Miyazaki, Kosuke Muramatsu, Masahiro Tokumura, Muhammad Rafiqul Islam, Qi Wang, Yuichi Miyake, Masahiro Sakata, Shigeaki Masunaga, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Arsenic and Heavy Metal Contaminations of Rice Grown in Bangladesh, The 12th Asia Impact Assessment Conference (AIC 2018), Shizuoka, Japan. (August 2018)
- 39) Masahiro Tokumura, Makoto Sekine, Mohammad Raknuzzaman, Md Habibullah Al Mamun, Md Kawser Ahmed, Muhammad Rafiqul Islam, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Shigeaki Masunaga, Masakazu Makino, Feasibility of Quantitative Image Analysis Method to Improve Performances of Arsenic Field Test Kit for Screening of Tube Well Waters in Bangladesh, The 12th Asia Impact Assessment Conference (AIC 2018), Shizuoka, Japan. (August 2018)
- 40) Masahiro Tokumura, Sayaka Ogo, Kazunari Kume, Kosuke Muramatsu, Qi Wang, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Migration Mechanism of Phosphorus Flame Retardants from Flame-Retardant-Treated Polyester Curtains to Indoor Dust, the 15th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (ISIAQ) (Indoor Air 2018), Philadelphia, PA, USA. (July 2018)
- 41) Yuichi Miyake, Masahiro Tokumura, Qi Wang, Takashi Amagai, Novel Phosphorus Flame Retardants Found from Flame-Retardant Curtains Purchased from Japanese Market, the 15th Conference of the International Society of Indoor Air Quality & Climate (ISIAQ) (Indoor Air 2018), Philadelphia, PA, USA. (July 2018)
- 42) Misato Masuda, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Determination of Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Sediments, The Water and Environment Technology Conference 2018 (WET 2018), Ehime, Japan. (July, 2018). **【The WET Excellent Presentation Award受賞】**
- 43) Kosuke Muramatsu, Hiroshi Aiuchi, Yuta Goro, Masahiro Tokumura, Takanori Ambo, Masakazu Minagawa, Ryutaro Ishibashi, Yuichi Miyake, Takashi Amagai, Masakazu Makino, Mechanism of Photo-Fenton Reaction Coupled with Catalyst Investigated by Kinetic Model, The Water and Environment Technology Conference 2018 (WET 2018), Ehime, Japan. (July, 2018).
- 44) Miyake Y., Wang Q., Tokumura M., Amagai T.: An analytical method for unidentified flame retardant in curtain, Healthy Buildings Europe 2017 (Lublin, Poland, July 2017).
- 45) Tokumura M., Miyake Y., Wang Q., Kai Y., Amagai T., Ogo S., Kume K., Kobayashi T., Takasu S., Ogawa K.: Risk assessment of novel brominated and phosphorus flame retardants in indoor dust, Healthy Buildings Europe 2017 (Lublin, Poland, July 2017).
- 46) Miyake Y., Nakayama H., Amagai T., Ogo S., Kume K., Kobayashi T., Takasu S., Ogawa K., Kannan K.: Determination of Novel Brominated and Phosphorus Flame Retardants in Flame-Retarded Curtains, 37th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (Dioxin2017) (Vancouver, Canada, August 2017).
- 47) Tokumura M., Wang Q., Miyake Y., Amagai T.: Development of Qualitative Analytical Method for Unidentified Flame Retardants in Flame-Retardant Curtains Purchased from Japanese Market, 37th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (Dioxin2017) (Vancouver, Canada, August 2017).
- 48) Terao K., Wang Q., Tokumura M., Miyake Y., Amagai T., Tatsu K.: An Analytical Method for Alternative Flame Retardants in Chairs and Car Seats to Evaluate Direct Dermal Exp

posure from Interior Consumer Products, 37th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (Dioxin2017) (Vancouver, Canada, August 2017).

- 49) Furukawa M., Wang Q., Tokumura M., Miyake Y., Amagai T., Takahashi Y.: Alternative Flame Retardants in House Dust Collected from Residential Houses and Kindergartens in Japan, 37th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (Dioxin2017) (Vancouver, Canada, August 2017).
- 50) Masuda M., Wang Q., Tokumura M., Miyake Y., Amagai T.: An Analytical Method for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and their Derivatives in Fish Oil Derived from Grilled Fish, 37th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (Dioxin2017) (Vancouver, Canada, August 2017).
- 51) Muramatsu K., Tokumura M., Ogo S., Kume K., Goro Y., Wang Q., Miyake Y., Amagai T., Makino M.: Estimation of transfer amount of flame retardant from curtain to house dust, The 22nd Shizuoka Forum on Health and Longevity (Shizuoka, Japan, November 2017).
- 52) Aiuchi H., Tokumura M., Goro Y., Wang Q., Miyake Y., Amagai T., Makino M.: Synthesis of Analytical Standards of Chlorinated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Unintentionally Produced during Cooking, The 22nd Shizuoka Forum on Health and Longevity (Shizuoka, Japan, November 2017).
- 53) 王 斉, 久米 一成, 清 健人, 増田 美里, 三輪 春樹, 甲斐 葉子, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 一般住宅におけるハウスダスト中のリン系難燃剤の濃度と組成実態調査, 2019年室内環境学会学術大会, 沖縄. (2019年12月) **【優秀発表賞受賞】**
- 54) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 調理により生成する多環芳香族炭化水素類のリスク評価と削減策の検討, 2019年室内環境学会学術大会, 沖縄. (2019年12月)
- 55) 三輪 春樹, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, カーシート中に含まれる難燃剤の製造年代別網羅的調査, 2019年室内環境学会学術大会, 沖縄. (2019年12月)
- 56) 大石 純菜, 西尾 春菜, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 榎本 孝紀, 拡散型サンプラーにおけるサンプリングレート算出のための物性値推算法の検討, 2019年室内環境学会学術大会, 沖縄. (2019年12月)
- 57) 大石 真菜, 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 経皮曝露量測定デバイスを用いた難燃剤の曝露量推定に及ぼす影響要因調査, 2019年室内環境学会学術大会, 沖縄. (2019年12月) **【優秀発表賞受賞】**
- 58) 深澤 英, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 一般住宅における室内空気中のイソシアネートの汚染実態調査, 2019年室内環境学会学術大会, 沖縄. (2019年12月)
- 59) 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 人工皮膚を用いた製品中リン系難燃剤の経皮曝露量測定法の検討, 2019年室内環境学会学術大会, 沖縄. (2019年12月) **【優秀発表賞受賞】**
- 60) 清 健人, 久米 一成, 王 斉, 甲斐 葉子, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, ハウスダスト中の多環芳香族炭化水素類及びそのハロゲン誘導体の網羅的実態調査, 2019年室内環境学会学術大会, 沖縄. (2019年12月) **【優秀発表賞受賞】**
- 61) 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 水田 一枝, 矢部 光保, 牧野 正和, バイオガス発電施設の普及に向けた低コストな排水処理技術の開発, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 62) 鰐川 雅花, 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 排水中医薬品成分の促進酸化法による効率的な処理技術の開発, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 63) 三輪 春樹, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, カーシートに接触して曝露される可能性がある未規制有害物質の調査, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 64) 大石 真菜, 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 経皮曝露量測定デバイスの性状が測定精度に及ぼす影響評価, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 65) 大石 純菜, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 榎本 孝紀,

- 事故・災害時における、有害物質における簡易測定法の検討, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 66) 多田 智彦, 天野 あすか, 清 健人, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 生体内での代謝を考慮した有害物質の新規合成と生態毒性評価, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 67) 深澤 英, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 一般家庭の室内空気におけるイソシアネートの汚染実態調査, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 68) 宮崎 淳平, 徳村 雅弘, イスラム ラフクールムハンマド, 王 斉, 三宅 祐一, 坂田 昌弘, 益永 茂樹, 雨谷 敬史, 牧野 正和, バングラデシュの重金属汚染におけるコメの栽培方法の最適化による健康リスク低減策の提案, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 69) 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 経皮曝露は製品中の化学物質のヒトへの主要な曝露経路となり得るか, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 70) 清 健人, 王 斉, 増田 美里, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 高木 毅, 鈴木 進二, 岡本 一利, 雨谷 敬史, 健康に考慮したかつお節製造法の検討, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 71) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 肉の加熱調理による発がん性物質(多環芳香族炭化水素類)の生成, 富士山麓A&Sフェア2019, 沼津. (2019年11月)
- 72) 徳村 雅弘, 宮崎 淳平, イスラム ラフクールムハンマド, 王 斉, 三宅 祐一, 坂田 昌弘, 益永 茂樹, 雨谷 敬史, 牧野 正和, バングラデシュにおけるコメ消費に伴うリスク評価に基づいた低減策の検討, 第25回ヒ素シンポジウム, 板倉. (2019年11月)
- 73) 鱈川 雅花, 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 排水中の生活由来化学物質の環境負荷低減対策技術の開発, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月)
- 74) 三輪 春樹, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, カーシート中主要難燃剤の網羅的調査および直接接触による経皮曝露評価, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月)
- 75) 大石 純菜, 西尾 春菜, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 榎本 孝紀, 拡散型サンプラーにおける揮発性有機化合物のサンプリングレートの実測と理論的推算法の検討, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月)
- 76) 大石 真菜, 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 経皮曝露量測定デバイスを用いた室内製品との直接接触に伴う難燃剤曝露量の推定, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月)
- 77) 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 水田 一枝, 矢部 光保, 牧野 正和, バイオガス発電施設からの着色排水の効率的な排水処理技術の開発, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月)
- 78) 宮崎 淳平, 徳村 雅弘, イスラム ムハンマド, 王 斉, 三宅 祐一, 坂田 昌弘, 益永 茂樹, 雨谷 敬史, 牧野 正和, バングラデシュにおけるコメ消費に伴う確率的リスク評価と低減対策の検討, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月) **【優秀発表賞受賞】**
- 79) 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 室内製品との直接接触に伴うリン系難燃剤の経皮曝露量の精緻化と主要曝露経路の推定, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月)
- 80) 多田 智彦, 天野 あすか, 清 健人, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 塩素化多環芳香族炭化水素類の代謝を考慮した有害性評価, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月)
- 81) 清 健人, 王 斉, 増田 美里, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 高木 毅, 鈴木 進二, 岡本 一利, かつお節中の多環芳香族炭化水素(PAH)濃度低減に向けた製造法の提案, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月)
- 82) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 食品の加熱調理による多環芳香族炭化水素とその塩素化体の生成と曝露評価, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月) **【優秀発表賞受賞】**
- 83) 深澤 英, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, イソシアネート測定のためのジブチルアミン含浸シリカゲルサンプラーの開発と汚染実態調査, 環境科学会2019年会, 名古屋. (2019年9月)

- 84) 徳村 雅弘, 新堂 真生, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, カーシートに含まれるリン系難燃剤の経皮曝露量の推定とリスク評価, 第28回 日本臨床環境医学会 学術集会, 東京. (2019年6月)
- 85) 鱒川 雅花, 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 促進酸化法を用いた排水中PPCPsの分解除去実験における分析法の検討, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 86) 三輪 春樹, 寺尾 琴音, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, カーシート中に含まれる主要代替難燃剤の実態調査 ~ 経皮曝露評価を行うべき物質の検索 ~, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 87) 大石 純菜, 西尾 春菜, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 榎本 孝紀, 多孔性チューブ型パッシブサンプラーにおける揮発性有機化合物(VOCs)のサンプリングレートの検討, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月) 【優秀発表賞受賞】
- 88) 大石 真菜, 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 室内製品中に含まれるリン系難燃剤の経皮曝露量評価デバイスの改良, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 89) 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 水田 一枝, 矢部 光保, 牧野 正和, フォトフェントン反応によるメタン発酵廃液の処理, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月) 【優秀発表賞受賞】
- 90) 宮崎 淳平, 徳村 雅弘, イスラム ムハンマド, 王 斉, 三宅 祐一, 坂田 昌弘, 益永 茂樹, 雨谷 敬史, 牧野 正和, バングラデシュにおけるコメ中ヒ素および重金属汚染低減策の提案とその影響予測, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 91) 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 三次元組織ヒト表皮モデルを用いた製品との直接接触によるリン系難燃剤の経皮曝露量評価, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 92) 多田 智彦, 天野 あすか, 清 健人, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 塩素化多環芳香族炭化水素類の代謝生成物の新規合成とhAhR 活性評価, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 93) 王 斉, 増田 美里, 天野 あすか, 清 健人, 多田 智彦, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 魚試料中のPAHsおよびハロゲン化PAHsのヒドロキシ誘導体の分析方法に関する検討, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 94) 清 健人, 王 斉, 増田 美里, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 規制対象の多環芳香族炭化水素類 (PAHs) に対応した網羅的分析法の開発, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 95) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, LC-APPI-MS/MSを用いた環境サンプル中臭素化多環芳香族炭化水素の分析法の検討, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 96) 深澤 英, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, ジブチルアミン含浸シリカゲルを用いたイソシアネートの測定法の開発, 第28回環境化学討論会, 埼玉. (2019年6月)
- 97) 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 榎本 孝紀, 活性炭・シリカゲルチューブを用いた作業環境における揮発性有機化合物の回収率に関する検討, 平成30年室内環境学会学術大会, 東京. (2018年12月)
- 98) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 加熱調理により生成した多環芳香族炭化水素とその塩素化体の曝露経路別リスク評価, 平成30年室内環境学会学術大会, 東京. (2018年12月)
- 99) 清 健人, 王 斉, 増田 美里, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 加熱脱着法を用いた塩素化多環芳香族炭化水素類 (CIPAHs) の室内濃度の実態調査, 平成30年室内環境学会学術大会, 東京. (2018年12月)
- 100) 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 小郷 沙矢香, 久米 一成, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, カーテン中に含まれるリン系難燃剤の反応速度論的解析, 平成30年室内環境学会学術大会, 東京. (2018年12月) 【優秀ポスター受賞】
- 101) 新堂 真生, 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 室内製品との直接接触に伴うリン系難燃剤の経皮曝露量スクリーニング法の開発, 平成30年室内環境学会学術大会, 東京. (2018年12月) 【優秀ポ

スター賞受賞】

- 102) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 食品や調理排気中に存在する多環芳香族炭化水素誘導体のリスク評価, 富士山麓A&Sフェア2018, 富士. (2018年11月)
- 103) 清 健人, 王 斉, 増田 美里, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 高橋 ゆかり, 粒子状の発がん物質生成に対する室内暖房の寄与, 富士山麓A&Sフェア2018, 富士. (2018年11月)
- 104) 三輪 春樹, 古川 美乃里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 高橋 ゆかり, ハウスダスト中に含まれる家庭製品由来の難燃剤の実態調査, 富士山麓A&Sフェア2018, 富士. (2018年11月)
- 105) 西尾 春菜, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 榎本 孝紀, 有害物質 (VOCs) の個人曝露におけるサンプラーの精確性の検討, 富士山麓A&Sフェア2018, 富士. (2018年11月)
- 106) 新堂 真生, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 身の回りの製品に含まれる化学物質の経皮曝露量測定法の開発, 富士山麓A&Sフェア2018, 富士. (2018年11月)
- 107) 宮崎 淳平, 村松 孝亮, 徳村 雅弘, イスラムラフィクール ムハンマド, 王 斉, 三宅 祐一, 坂田 昌弘, 益永 茂樹, 雨谷 敬史, 牧野 正和, バングラデシュの重金属汚染におけるコメの栽培方法の最適化による健康リスク低減策の提案, 富士山麓A&Sフェア2018, 富士. (2018年11月)
- 108) 天野 あすか, 五老 祐大, 徳村 雅弘, 王 斉, 保田 倫子, 内藤 博敬, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 食品の加熱により生成する新規有害物質の代謝を考慮した毒性評価, 富士山麓A&Sフェア2018, 富士. (2018年11月)
- 109) 村松 孝亮, 五老 祐大, 徳村 雅弘, 王 斉, 安保 貴永, 皆川 正和, 石橋 龍太郎, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 開発途上国ための低コスト排水処理プロセスの開発, 富士山麓A&Sフェア2018, 富士. (2018年11月)
- 110) 柴崎 祐希, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 坂田 昌弘, 内藤 博敬, 戸敷 浩介, 雨谷 敬史, 牧野 正和, モンゴル国における自動車の普及に伴う土壌の重金属汚染の実態調査, 富士山麓A&Sフェア2018, 富士. (2018年11月)
- 111) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 調理により生成する多環芳香族炭化水素とその塩素化体の経路別曝露量の比較, 環境科学会 2017年会, 東京. (2018年9月) 【優秀発表受賞】
- 112) 三輪 春樹, 古川 美乃里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 高橋 ゆかり, ハウスダストを介した規制・未規制難燃剤の曝露・リスク評価, 環境科学会 2017年会, 東京. (2018年9月)
- 113) 清 健人, 王 斉, 増田 美里, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 塩素化多環芳香族炭化水素類 (CIPAHs) 個人曝露評価のための高感度分析法の開発, 環境科学会 2017年会, 東京. (2018年9月)
- 114) 新堂 真生, 寺尾 琴音, 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 製品中難燃剤の直接接触に伴う経皮曝露量推算のための測定デバイスの開発, 環境科学会 2017年会, 東京. (2018年9月)
- 115) 宮崎 淳平, 村松 孝亮, 五老 祐大, 徳村 雅弘, イスラム ムハンマド, 王 斉, 三宅 祐一, 坂田 昌弘, 益永 茂樹, 雨谷 敬史, 牧野 正和, バングラデシュにおける稲品種および水管理方法の違いによるコメ中ヒ素および重金属濃度への影響, 環境科学会 2017年会, 東京. (2018年9月) 【優秀発表受賞】
- 116) 天野 あすか, 五老 祐大, 徳村 雅弘, 王 斉, 内藤 博敬, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 新規環境汚染物質である塩素化多環芳香族炭化水素類の包括的かつ統合的環境影響評価, 環境科学会 2017年会, 東京. (2018年9月)
- 117) 村松 孝亮, 五老 祐大, 王 斉, 徳村 雅弘, 安保 貴永, 皆川 正和, 石橋 龍太郎, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 反応速度論的解析に基づく排水処理プロセスの改善策の提案, 環境科学会 2017年会, 東京. (2018年9月)
- 118) 徳村 雅弘, 瀬尾 真紀子, 王 斉, 甲斐 葉子, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, マニキュア液中に含まれる可塑剤の経皮曝露を考慮した確立論的リスク評価, 第27回日本臨床環境医学会学術集会, 三重. (2018年7月)
- 119) 三輪 春樹, 古川 美乃里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 高橋 ゆかり, ハウスダスト中の代替難燃剤の一斉分析法の検討, 第27回環境化学討論会, 那覇. (2018年5月)
- 120) 西尾 春菜, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨

- 谷 敬史, 福島 靖弘, 鈴木 義浩, 榎本 孝紀, 多孔性チューブ型パッシブサンプラーにおけるVOCsのサンプリングレートの影響要因に関する研究, 第27回環境化学討論会, 那覇. (2018年5月)
- 121) 清 健人, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 加熱脱着-GC/MSを用いた粒子状塩素化多環芳香族炭化水素類(CIPAHs)分析法の開発, 第27回環境化学討論会, 那覇. (2018年5月)
- 122) 新堂 真生, 寺尾 琴音, 村松 孝亮, 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 製品中難燃剤の直接接触到に伴う経皮曝露量測定デバイスの基礎的検討, 第27回環境化学討論会, 那覇. (2018年5月) **【RSC賞受賞】**
- 123) 宮崎 淳平, 村松 孝亮, 五老 祐大, 徳村 雅弘, イスラム ムハンマド, 王 斉, 三宅 祐一, 坂田 昌弘, 益永 茂樹, 雨谷 敬史, 牧野 正和, バングラデシュにおけるコメのヒ素および重金属汚染の実態調査, 第27回環境化学討論会, 那覇. (2018年5月)
- 124) 村松 孝亮, 相内 博, 五老 祐大, 徳村 雅弘, 安保 貴永, 皆川 正和, 石橋 龍太郎, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 触媒併用型フォトフェントン反応による汚染物質除去機構の反応速度論的解析, 第27回環境化学討論会, 那覇. (2018年5月)
- 125) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 底質および魚介類中の塩素化ピレンとそのヒドロキシ誘導体の分析法の開発, 第27回環境化学討論会, 那覇. (2018年5月)
- 126) 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, マニキュア液に含まれるリン系化合物の経皮曝露を考慮した確率論的リスク評価スキームの構築, USフォーラム 2018, 静岡. (2018年4月)
- 127) 増田 美里, 相内 博, 徳村 雅弘, 五老 祐大, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 水生生物中のハロゲン化多環芳香族炭化水素及びその誘導体の分析法の開発, 第52回日本水環境学会年会, 札幌. (2018年3月)
- 128) 村松 孝亮, 相内 博, 五老 祐大, 徳村 雅弘, 安保 貴永, 皆川 正和, 石橋 龍太郎, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 触媒併用型フォトフェントン反応の汚染物質除去メカニズムの解明, 第52回日本水環境学会年会, 札幌. (2018年3月)
- 129) 相内 博, 徳村 雅弘, 五老 祐大, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和, 塩素化多環芳香族炭化水素類(CIPAHs)とその誘導体の生体毒性評価, 第52回日本水環境学会年会, 札幌. (2018年3月)
- 130) 徳村 雅弘, 王 斉, 三宅 祐一, 甲斐 葉子, 雨谷 敬史: 防災カーテンに含まれる化学構造が未知である難燃剤の定性分析, 平成29年室内環境学会学術大会(佐賀), A21, 2017年12月.
- 131) 古川 美乃里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 高橋 ゆかり: ハウスダストを介した代替難燃剤の曝露・リスク評価-成人と幼稚園児の比較-, 平成29年室内環境学会学術大会(佐賀), P14, 2017年12月.
- 132) 寺尾 琴音, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 達 晃一: 車室内における代替難燃剤の汚染調査とリスク評価, 平成29年室内環境学会学術大会(佐賀), P15, 2017年12月.
- 133) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史: 調理中に発生する多環芳香族炭化水素およびその誘導体の検討, 平成29年室内環境学会学術大会(佐賀), P40, 2017年12月.
- 134) 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史: パッシブサンプラーを用いた室内空気中のグルタルアルデヒドおよびグリオキサール測定法の開発, 平成29年室内環境学会学術大会(佐賀), P42, 2017年12月.
- 135) 瀬尾 真紀子, 徳村 雅弘, 王 斉, 五老 祐大, 甲斐 葉子, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正和: マニキュア液に含まれるリン系化合物の経皮曝露を考慮した確率論的リスク評価, 平成29年室内環境学会学術大会(佐賀), P66, 2017年12月. **【優秀ポスター受賞】**
- 136) 寺尾 琴音, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 達 晃一: 車室内における代替難燃剤の汚染調査とリスク評価, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2017, 2017年11月. **【優秀発表受賞】**
- 137) 増田 美里, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史: 調理中に発生する多環芳香族炭化水素およびその誘導体に関する研究, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2017, 2017年11月. **【優秀発表受賞】**
- 138) 瀬尾 真紀子, 徳村 雅弘, 王 斉, 五老 祐大, 甲斐 葉子, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 牧野 正

- 和：マニキュア液中の可塑剤のリスク評価，富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2017，2017年11月．
- 139) 村松 孝亮，徳村 雅弘，小郷 沙矢香，久米 一成，王 斉，五老 祐大，甲斐 葉子，三宅 祐一，雨谷 敬史，牧野 正和：室内環境中の難燃剤の挙動調査，富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2017，2017年11月．
- 140) 相内 博，五老 祐大，徳村 雅弘，王 斉，甲斐 葉子，三宅 祐一，雨谷 敬史，牧野 正和：環境中のハロゲン化多環芳香族炭化水素類の調査，富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2017，2017年11月．
- 141) 徳村 雅弘，達 晃一，内藤 敏幸，益永 茂樹，三宅 祐一，雨谷 敬史，牧野 正和：車室内空気中の揮発性有機化合物とアルデヒド類の実態調査とリスク評価，自動車技術会2017年秋季大会学術講演会（大阪），2017年10月．
- 142) 古川美乃里，王 斉，徳村 雅弘，三宅 祐一，雨谷 敬史，高橋 ゆかり：一般住宅と幼稚園におけるハウスダスト中の代替難燃剤の実態調査およびリスク評価，環境科学会2017年会（北九州），2C-1345，P-27，2017年9月．【**優秀発表賞受賞**】
- 143) 寺尾琴音，王 斉，徳村 雅弘，三宅 祐一，雨谷 敬史，達 晃一：カーシート中難燃剤の経皮曝露量の推定，環境科学会2017年会（北九州），2C-1415，P-31，2017年9月．
- 144) 増田美里，王 斉，徳村 雅弘，三宅 祐一，雨谷 敬史：食品中の多環芳香族炭化水素およびその誘導体の分析，環境科学会2017年会（北九州），1C-1000，P-29，2017年9月．
- 145) 瀬尾真紀子，徳村雅弘，王斉，甲斐葉子，三宅祐一，雨谷敬史，牧野正和：マニキュア液中に含まれる可塑剤のリスクトレードオフ解析，環境科学会2017年会（北九州），P-33，2017年9月．【**優秀発表賞受賞**】
- 146) 雨谷敬史、三宅祐一：室内環境中の代替難燃剤に対するリスク評価と今後の展開，環境科学会2017年会（北九州）（2017年9月）【シンポジウム講演】
- 147) 雨谷敬史：室内環境中の化学物質リストに基づく優先取組物質の検索とリスク評価，環境科学会2017年会（北九州）（2017年9月）【シンポジウム講演】
- 148) 小林剛・富澤茉佑香：室内環境中で使用される高リスク懸念物質のスクリーニング，環境科学会2017年会（北九州）（2017年9月）【シンポジウム講演】
- 149) 久米一成，小郷沙矢香：家庭用品から室内環境中への化学物質のエミッション評価，環境科学会2017年会（北九州）（2017年9月）【シンポジウム講演】
- 150) 三宅祐一，徳村雅弘，雨谷敬史：ハウスダスト中のリン系・臭素系難燃剤の汚染実態調査と曝露・リスク評価，環境科学会2017年会（北九州）（2017年9月）【シンポジウム講演】
- 151) 小川久美子・高須伸二：新規臭素系難燃剤の毒性影響について，環境科学会2017年会（北九州）（2017年9月）【シンポジウム講演】
- 152) 小郷沙矢香、久米一成：難燃剤の発生源探索手法の開発：第26回環境化学討論会（静岡）（2017年6月）
- 153) 久米一成，小郷沙矢香：防災カーテン中の難燃剤の挙動に関する研究（その2）：平成29年室内環境学会学術大会（佐賀市）（2017年12月）
- 154) 徳村 雅弘，王 斉，三宅 祐一，甲斐 葉子，雨谷 敬史，小郷 沙矢香，久米 一成，小林 剛，高須 伸二，小川 久美子：化学構造が未知である難燃剤を含めた防災カーテン中の臭素系およびリン系難燃剤の実態調査，第26回環境化学討論会（静岡），1A-09，2017年6月．
- 155) 寺尾 琴音，王 斉，徳村 雅弘，三宅 祐一，雨谷 敬史，達 晃一：直接曝露評価のための室内製品における代替難燃剤の分析法開発と実態調査，第26回環境化学討論会（静岡），3A-03，2017年6月．
- 156) 古川 美乃里，王 斉，徳村 雅弘，三宅 祐一，雨谷 敬史，高橋 ゆかり：一般住宅と幼稚園におけるハウスダスト中の代替難燃剤の実態調査，第26回環境化学討論会（静岡），3A-04，2017年6月．【**Royal Society of Chemistry 賞受賞**】
- 157) 瀬尾 真紀子，徳村 雅弘，王 斉，甲斐 葉子，三宅 祐一，雨谷 敬史，牧野 正和：経皮曝露量の推算のためのマニキュア液中リン系化合物の実態調査，第26回環境化学討論会（静岡），3A-05，2017年6月．【**優秀発表賞受賞**】
- 158) 王 斉，三宅 祐一，徳村 雅弘，雨谷 敬史，堀井 勇一：実験炉を用いたヘキサブプロモシクロドデカンの燃焼に伴う非意図的な臭素化多環

芳香族炭化水素類の生成，第26回環境化学討論会（静岡），1A-13，2017年6月．【**優秀発表賞受賞**】

（予定を含む。）

- 159) 王 志偉，王 斉，徳村 雅弘，三宅 祐一，雨谷 敬史，福島 靖弘，鈴木 義浩，榎本 孝紀：市販の捕集剤による作業環境及び一般環境における揮発性有機化合物（VOC）の回収率に関する検討，第26回環境化学討論会（静岡），1B-06，2017年6月．
- 160) 鈴木 進二，倉石 祐，三宅 祐一，雨谷 敬史：くん煙材の発煙温度と発煙量および多環芳香族炭化水素(PAHs)の生成量，第26回環境化学討論会（静岡），1B-11，2017年6月．
- 161) 増田 美里，王 斉，徳村 雅弘，三宅 祐一，雨谷 敬史：魚油を含む食品中の多環芳香族炭化水素とその誘導体の分析法の検討，第26回環境化学討論会（静岡），1B-12，2017年6月．
- 162) 三宅 祐一，徳村 雅弘，岩崎 悠太，王 斉，雨谷 敬史，小林 剛，小口 正弘：廃棄物焼却排ガス中六価クロムの測定法開発と排出濃度調査，第26回環境化学討論会（静岡），1D-16，2017年6月．
- 163) 甲斐 葉子，三宅 祐一，雨谷 敬史：ETS曝露量評価用ニコチンパッシブサンプラーの捕集時間の検討，第26回環境化学討論会（静岡），P-056，2017年6月．
- 164) 新田 しおり，山口 里奈，徳村 雅弘，三宅 祐一，雨谷 敬史，牧野 正和：パーソナルケア製品中のパラベン類の複合曝露量の推算，第26回環境化学討論会（静岡），P-219，2017年6月．
- 165) 徳村 雅弘，三宅 祐一，岩崎 悠太，王 斉，雨谷 敬史，堀井 勇一，大塚 英幸，谷川 昇，小林 剛，小口 正弘：産業廃棄物焼却施設からの排ガス中の六価クロム濃度の測定 - IC-DPC法の改良による高感度化 - ，平成29年度 廃棄物資源循環学会 春の研究発表会（神奈川），P-019，2017年6月．
- 166) 徳村 雅弘，新田 しおり，山口 里奈，三宅 祐一，雨谷 敬史，牧野 正和：パーソナルケア製品に含まれる防腐剤の複合曝露評価 - 成人女性と幼児の複合曝露量の比較 - ，第26回日本臨床環境医学会学術集会（東京），O-26，2017年6月．

1. 特許取得
なし
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし

G．知的財産権の出願・登録状況

表 1 実験に用いた防災カーテン

Sample ID	Make	Type	Material	Flame resisting method
1	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
2	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Post processing
3	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
4	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
5	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
6	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
7	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
8	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
9	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
10	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Post processing
11	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
12	Japan	Curtain	Polyester 97%, Nylon 3%	Post processing
13	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
14	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Post processing
15	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
16	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
17	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Post processing
18	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
19	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
20	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing
			Warp: Polyester 100%	
21	Japan	Net curtain	Weft: Acryl 1%, Nylon 1%, Polyester 98%	Post processing
22	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Post processing
23	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Post processing
24	Korea	Net curtain	Polyester 100%	Post processing
25	Vietnam	Curtain	Polyester 100%	Flame resistant fabrics
26	China	Curtain	Polyester 100%	Flame resistant fabrics
27	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Flame resistant fabrics
28	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Flame resistant fabrics
29	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Flame resistant fabrics

30	Germany	Curtain	Polyester 100%	Flame resistant fabrics
31	Japan	Curtain	Acryl 61%, Polyester 39%	Flame resistant fabrics
32	Japan	Net curtain	Polyester 100%	Flame resistant fabrics
33	Japan	Curtain	Polyester 100%	Flame resistant fabrics
34	Japan	Curtain	Warp: Polyester 100% Weft: Acryl 97%, Rayon 2%, Polyester 1%	Flame resistant fabrics
35	Japan	Curtain	Polyester 52%, Acryl 48%	Flame resistant fabrics
36	Japan	Curtain	Warp Polyester 100% Weft: Acryl 100%	Flame resistant fabrics
37	Japan	Curtain	Warp Polyester 100% Weft: Acryl 98%, Polyester 2%	Flame resistant fabrics
38	Japan	Curtain	Warp: Polyester 100% Weft: Acryl 84%, Polyester 16%	Flame resistant fabrics
39	Japan	Net curtain	Polyester 63%, Acryl 37%	Flame resistant fabrics
40	Japan	Net curtain	Warp Acryl 97%, Polyester 3% Weft: Acryl 100%	Flame resistant fabrics

表 2 防災カーテン中の難燃剤の分析における LC-MS/MS の分析パラメーター

Instrument	TSQ Endura
Ionization mode	APCI
Sheath gas (arbitrary unit)	25
Auxiliary gas (arbitrary unit)	5
Sweep gas (arbitrary unit)	0
Ion transfer tube temperature	250 °C
Vaporizer temperature	300 °C
Positive ion discharge current	4 μ A
Negative ion discharge current	4 μ A

表 3 防災カーテン中の難燃剤の分析における LC-MS/MS の MS パラメーター

	Mode	Precursor ion [m/z]	Product ion 1 [m/z]	Collision energy 1 [V]	Product ion 2 [m/z]	Collision energy 2 [V]
PMMMP	APCI positive	287.3	177.0	16.0	97.1	26.4
BzIDOPO	APCI positive	307.0	91.2	30.7	199.0	25.0
NDPhP	APCI positive	377.2	202.0	34.4	127.1	41.9

表4 測定対象の有機リン系難燃剤

Compound	Abbreviation	CAS number	The limit of quantification (ng mL ⁻¹)	MLQ (ng g ⁻¹)
6-Benzylbenzo[c][2,1]benzoxaphosphinine 6-oxide	BzIDOPO	113504-81-7	0.00036	0.00083–0.017
Cresyl diphenyl phosphate	CsDPhP	26444-49-5	0.00036	0.00083–0.017
2-Ethylhexyl diphenyl phosphate	EHDPhP	1241-94-7	0.00083	0.0019–0.040
Naphthalen-2-yl diphenyl phosphate	NDPhP	18872-49-6	0.00036	0.00083–0.017
(5-Ethyl-2-methyl-2-oxido-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl methyl methylphosphonate	PMMMP	41203-81-0	0.00036	0.00083–0.017
Bis[(5-ethyl-2-methyl-2-oxido-1,3,2-dioxaphosphinan-5-yl)methyl] methylphosphonate	di-PMMMP	42595-45-9	0.00036	0.00083–0.017
Tris(butoxyethyl) phosphate	TBOEP	78-51-3	0.00089	0.0021–0.043
Tributyl phosphate	TBP	126-73-8	0.000020	0.000046–0.0010
Tris(2-chloroethyl) phosphate	TCEP	115-96-8	0.00046	0.0011–0.022
Tris(2-chloroisopropyl) phosphate	TCPP	13674-84-5	0.00029	0.00067–0.014
Tricresyl phosphate	TCsP	1330-78-5	0.000061	0.00014–0.0030
Tris(1,3-dichloro-2-propyl) phosphate	TDCPP	13674-87-8	0.00047	0.0011–0.023
Triethyl phosphate	TEP	78-40-0	0.000055	0.00013–0.0027
Tris(2-ethylhexyl) phosphate	TEHP	78-42-2	0.00010	0.00023–0.0048
Tris(isobutyl) phosphate	TIBP	126-71-6	0.000048	0.00011–0.0023
Trimethyl phosphate	TMP	512-56-1	0.000071	0.00016–0.0034
Triphenyl phosphate	TPhP	115-86-6	0.000034	0.000078–0.0016
Triphenylphosphine oxide	TPhPO	791-28-6	0.000019	0.000044–0.00092
Tripnonyl phosphate	TPP	513-08-6	0.000048	0.00011–0.0023

表5 有害性ランク（吸入曝露）の決定方法

有害性 ランク	大気環境基準値、 WHOガイドライン値、 室内濃度指針値、 環境管理参考濃度(大気) [mg/m ³]	発がん性確度 (IARC他)	変異原性 確度 (EU他 ^{*6})	生殖毒性 確度 (EU他 ^{*6})	感作性 確度 (EU他 ^{*1,4,6,7})
A	$C_a \leq 1.0 \times 10^{-3}$	Group 1		H360	H334
B	$1.0 \times 10^{-3} < C_a \leq 1.0 \times 10^{-2}$	Group 2A, 2B	H340	H361	H317
C	$1.0 \times 10^{-2} < C_a \leq 1.0 \times 10^{-1}$	-	H341	H362	
D	$1.0 \times 10^{-1} < C_a \leq 1.0$	Group 3			
E	$1.0 < C_a$	Group 4			

*1ACGIH, *2OSHA, *3NIOSH, *4DFG, *5AIHA, *6EUCLP, *7産衛会

表 6-1 室内ハウスダスト調査概要 (2018)

No	調査個所	春期調査	夏期調査	秋期調査	冬期調査
1	自室・K		2018 0613		2018 1212
2	自室、居間		2018 0621		2019 0121
3	自室寝室		2018 0625		2018 1218
4	居間		2018 0703		2018 1222
5	居間		2018 0708		2018 1218
6	居間・K		2019 0127		2019 0127
7	居間DK	2018 0520	2018 0725	2018 1010	2019 0201

注) K : キッチン DK : ダイニングキッチン

表6-2 室内ハウスダスト調査概要 (2019)

No	調査個所	春期調査	夏期調査	秋期調査	冬期調査
1	寝室		20190609		20191115
2	居間、和室		20190604		20191202
3	寝室		20190610		20191219
4	居間		20190622		20191216
5	居間、寝室		20190726		20200110
6	居間、台所		20190720		20191207
7	居間、和室		20190709		20191212
8	居間、台所				20200108
9	居間、DK	20190525	20190820	20191010	20200217

注) DK : ダイニングキッチン

表 7 QEESI 問診票の概要

質 問 票	反応・症状の強さ
Q1 化学物質暴露による反応	まったく反応なし(0)～動けなくなる程の症状(10)
Q2 その他物質に対する反応	まったく反応なし(0)～動けなくなる程の症状(10)
Q3 症状	まったく症状なし(0)～動けなくなる程の症状(10)
Q4 マスキング	当てはまるものを選択
Q5 日常生活の支障の程度	まったく支障なし(0)～動けなくなる程の症状(10)

注) Q1、Q2、Q3、Q5は、反応なし等の0点から最も重い症状の10点までの項目をそれぞれの設問について選択する

表8 化学物質放散源の実態調査概要

No	調査場所	夏期調査	冬期調査
1	カーテン	2018年07月06日	2019年01月28日
2	テレビ下	2018年07月06日	2019年01月28日
3	ソファタオルケット	2018年07月06日	2019年01月28日
4	フローリング	2018年07月06日	2019年01月28日
5	カーペット	2018年07月06日	2019年01月28日
6	テレビ下カーペット	2018年07月06日	2019年01月28日
7	上向き(セル)	2018年07月06日	2019年01月28日

表9 MAGMa オンラインデータベースを用いたライブラリ検索の結果.

	Score	Formula	Mass	Δ mass (ppm)	IUPAC name
<u>a (curtain 15)</u>					
1	1.108201	C ₉ H ₂₀ O ₆ P ₂	286.073512	-0.65637	5-dimethoxyphosphoryl-2-methoxy-3,3,5-trimethyl-1,2-oxaphospholane 2-oxide
2	1.182484	C ₉ H ₂₀ O ₆ P ₂	286.073512	-0.65637	5-ethyl-5-[[methoxy(methyl)phosphoryl]oxymethyl]-2-methyl-1,3,2-dioxaphosphinane 2-oxide
3	1.182484	C ₉ H ₂₀ O ₆ P ₂	286.073512	-0.65637	[(5-ethyl-2-methyl-2-oxo-1,3,2-dioxaphosphinan-5-yl)methoxy-methylphosphoryl]methanol
4	1.337656	C ₉ H ₂₁ O ₆ P ₂ ⁺	287.081337	-0.65626	5-ethyl-2-hydroxy-5-[[methoxy(methyl)phosphoryl]oxymethyl]-2-methyl-1,3,2-dioxaphosphinan-2-ium
5	1.337656	C ₉ H ₂₁ O ₆ P ₂ ⁺	287.081337	-0.65626	5-(dimethoxyphosphorylmethyl)-5-ethyl-2-hydroxy-2-methyl-1,3,2-dioxaphosphinan-2-ium
6	1.34239	C ₉ H ₂₀ O ₆ P ₂	286.073512	-0.65637	[(1 <i>R</i> ,3 <i>R</i>)-2-[hydroxy(methyl)phosphoryl]oxy-3-methylcyclopentyl]methoxy-methylphosphinic acid
7	1.34239	C ₉ H ₂₀ O ₆ P ₂	286.073512	-0.65637	[2-[hydroxy(methyl)phosphoryl]oxycyclohexyl]methoxy-methylphosphinic acid
8	1.809343	C ₉ H ₂₀ O ₆ P ₂	286.073512	-0.65637	(<i>E</i>)-1,4-bis(dimethoxyphosphoryl)pent-2-ene
9	1.809343	C ₉ H ₂₀ O ₆ P ₂	286.073512	-0.65637	2,5-bis(dimethoxyphosphoryl)pent-2-ene
10	1.883627	C ₉ H ₂₀ O ₆ P ₂	286.073512	-0.65637	1,4-bis(dimethoxyphosphoryl)-2-methylbut-2-ene
<u>b (curtain 17)</u>					
1	2.494634	C ₂₂ H ₁₇ O ₄ P	376.086446	-0.58986	naphthalen-2-yl diphenyl phosphate
2	2.494634	C ₂₂ H ₁₇ O ₄ P	376.086446	-0.58986	naphthalen-1-yl diphenyl phosphate
3	3.276926	C ₂₂ H ₁₇ O ₄ P	376.086446	-0.58986	1-dinaphthalen-1-yloxyphosphorylethanone
4	3.390609	C ₁₃ H ₂₀ N ₄ O ₅ S ₂	376.087512	-3.41674	<i>N</i> -[2-[furan-2-ylmethyl(methylsulfonyl)amino]ethyl]-3,5-dimethyl-1 <i>H</i> -pyrazole-4-sulfonamide
5	3.563979	C ₁₇ H ₁₂ N ₈ OS	376.085478	1.97714	2-(4-amino-5-cyanopyrimidin-2-yl)sulfanyl- <i>N</i> -(4-cyano-2-phenylpyrazol-3-yl)acetamide
6	3.589437	C ₁₇ H ₁₂ N ₈ OS	376.085478	1.97714	5-[(2 <i>E</i>)-2-[2-(diisocyanomethyl)-5-phenylimidazol-4-ylidene]hydrazinyl]-3-methyl-1,2-thiazole-4-carboxamide
7	3.809829	C ₁₇ H ₁₂ N ₈ OS	376.085478	1.97714	<i>N</i> -(4-cyano-2-phenylpyrazol-3-yl)-2-([1,2,4]triazolo[1,5- <i>a</i>]pyrimidin-2-ylsulfanyl)acetamide
8	3.838671	C ₁₇ H ₁₂ N ₈ OS	376.085478	1.97714	5-[(2 <i>E</i>)-2-[2-(dicyanomethyl)-5-phenylimidazol-4-ylidene]hydrazinyl]-3-methyl-1,2-thiazole-4-carboxamide

9	3.840129	C ₁₄ H ₂₁ N ₂ O ₆ PS	376.085794	1.13915	2-[3-(aminomethyl)phenyl]-3-[hydroxy-[2-methyl-1-(sulfonylamino)propyl]phosphoryl]propanoic acid
10	3.958035	C ₁₃ H ₂₀ N ₄ O ₅ S ₂	376.087512	-3.41674	1-[(4 <i>aR</i> ,7 <i>aS</i>)-1-(2-hydroxyethyl)-6,6-dioxo-2,3,4 <i>a</i> ,5,7,7 <i>a</i> -hexahydrothieno[3,4- <i>b</i>]pyrazin-4-yl]-2-[(5-methyl-1,3,4-oxadiazol-2-yl)sulfanyl]ethanone

c (curtain 21)

1	0.941704	C ₁₉ H ₁₅ O ₂ P	306.080966	-0.13818	6-phenylmethoxybenzo[<i>c</i>][2,1]benzoxaphosphinine
2	0.941704	C ₁₉ H ₁₅ O ₂ P	306.080966	-0.13818	6-(2-methylphenoxy)benzo[<i>c</i>][2,1]benzoxaphosphinine
3	1.014865	C ₁₉ H ₁₆ O ₂ P+	307.088791	-0.13807	6-benzyl-6-hydroxybenzo[<i>c</i>][2,1]benzoxaphosphinin-6-ium
4	1.088025	C ₁₉ H ₁₅ O ₂ P	306.080966	-0.13818	6-benzylbenzo[<i>c</i>][2,1]benzoxaphosphinine 6-oxide
5	1.373614	C ₁₉ H ₁₅ O ₂ P	306.080966	-0.13818	4-benzyl-6-hydroxybenzo[<i>c</i>][1,2]benzoxaphosphinine
6	1.373614	C ₁₉ H ₁₅ O ₂ P	306.080966	-0.13818	8-benzyl-6-hydroxybenzo[<i>c</i>][1,2]benzoxaphosphinine
7	1.373614	C ₁₉ H ₁₅ O ₂ P	306.080966	-0.13818	2-benzyl-6-hydroxybenzo[<i>c</i>][2,1]benzoxaphosphinine
8	1.380666	C ₁₉ H ₁₅ O ₂ P	306.080966	-0.13818	6-(2-methylphenyl)benzo[<i>d</i>][1,3,2]benzodioxaphosphepine
9	1.659202	C ₁₉ H ₁₅ O ₂ P	306.080966	-0.13818	2-diphenylphosphorylbenzaldehyde
10	1.659202	C ₁₉ H ₁₅ O ₂ P	306.080966	-0.13818	4-diphenylphosphanyloxybenzaldehyde

表10 新規に発見した難燃剤.

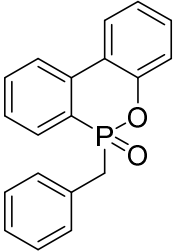
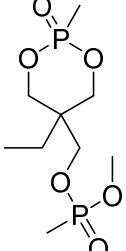
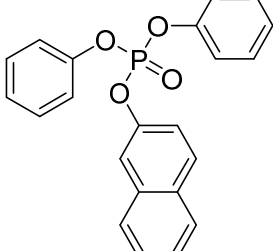
IUPAC名	6-benzylbenzo[c][2,1]benzoxaphosphinine 6-oxide	(5-ethyl-2-methyl-2-oxido-1,3,2-dioxaphosphorinan-5-yl)methyl methyl methyl phosphonate	naphthalen-2-yl diphenyl phosphate
CAS No.	113504-81-7	41203-81-0	18872-49-6
化学構造			

表 11 Information on curtain samples (Miyake et al., 2017).

Sample ID	Make	Type	Material	Flame resisting method	Phosphorus Flame Retardant detected
5	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing	3,900 $\mu\text{g-}$ TDCPP ^{*1} g^{-1}
8	Japan	Curtain	Polyester 100%	Post processing	4,310 $\mu\text{g-}$ TDCPP ^{*1} g^{-1}
12	Japan	Curtain	Polyester 97%, Nylon 3%	Post processing	4,840 $\mu\text{g-}$ TCsP ^{*2} g^{-1}

*1 tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate (TDCPP), *2 tricresyl phosphate (TCsP)

表 12 Emission rates of phosphorus flame retardants (PFRs) from treated polyester curtains.

Time (h)	Area-specific amount of PFR emitted ($\mu\text{g m}^{-2}$) (average \pm standard deviation)		
	TDCPP* ¹ (Curtain 5)	TDCPP* ¹ (Curtain 8)	TCsP* ² (Curtain 12)
0	0	0	0
24	–	6.2 \pm 0.66	–
48	2.3 \pm 0.25	7.2 \pm 1.4	2.8 \pm 0.77
72	4.1 \pm 0.39	12 \pm 2.3	4.8 \pm 0.28
120	–	19 \pm 2.6	–
168	6.9 \pm 0.54	31 \pm 1.3	9.9 \pm 2.3

*¹ tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate (TDCPP), *² tricresyl phosphate (TCsP)

表 13 Pseudo-zero-order rate constants for indirect migration of phosphorus flame retardants from treated polyester curtains to indoor dust

	k' ($\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$)
TDCPP, Curtain 5	0.044
TDCPP, Curtain 8	0.17
TCsP, Curtain 12	0.060

* TDCPP: tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate; TCsP: tricresyl phosphate.

表 14 Effects of temperature on emission rates of tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate (TDCPP) from treated polyester curtains (Curtain 8).

Time (h)	Area-specific amount of PFR emitted ($\mu\text{g m}^{-2}$) (average \pm standard deviation)	
	20°C	60°C
0	0	0
6	—	180 \pm 9.6
24	6.2 \pm 0.66	—
48	7.2 \pm 1.4	500 \pm 63
72	12 \pm 2.3	850 \pm 160
120	19 \pm 2.6	—
168	31 \pm 1.3	—

表 15 Temporal dependence of phosphorus flame retardants (PFRs) in indoor dust.

Time (h)	PFR concentration on dust ($\mu\text{g g}^{-1}$) (average \pm standard deviation)		
	TDCPP* ¹ (Curtain 5)	TDCPP* ¹ (Curtain 8)	TCsP* ² (Curtain 12)
0	0	0	0
6	6.4 \pm 0.60	14 \pm 2.5	10 \pm 0.79
24	10 \pm 2.0	27 \pm 2.8	17 \pm 3.1
48	16 \pm 1.7	62 \pm 9.0	36 \pm 5.0
72	23 \pm 1.1	70 \pm 23	91 \pm 3.2
120	27 \pm 6.0	—	140 \pm 24

*¹ tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate (TDCPP), *² tricresyl phosphate (TCsP)

表 16 Kinetic parameters of our model for direct migration of phosphorus flame retardants from treated polyester curtains to indoor dust.

	k_d (h ⁻¹)	C_d^* (μg g ⁻¹)
TDCPP, Curtain 5	0.017	31
TDCPP, Curtain 8	0.016	110
TCsP, Curtain 12	0.0087	200

* TDCPP: tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate; TCsP: tricresyl phosphate.

表 17 Temperature dependence of direct migration rate of tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate (TDCPP) from treated polyester curtain (Curtain 8) to indoor dust.

Temperature (°C)	Direct migration rate ($\mu\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$)
10	5.5
20	12
40	26

表 18 Previously reported concentrations of phosphorus flame retardants on indoor dust collected from indoor environments.

Indoor environment	Concentration ($\mu\text{g g}^{-1}$)		Reference
	TDCPP	TCsP	
Dwellings in United States	<0.09–56	–	Stapleton et al. (2009)
Dwellings in California	0.49–140	0.18–10	Dodson et al. (2014)
Dwellings in Japan	5.8–130	<4–100	Kanazawa et al. (2010)
Dwellings in Belgium	<0.08–6.6	<0.04–5.1	Van den Eede et al. (2011)
Dwellings in Kuwait	0.06–1.6	0.075–11	
Dwellings in Pakistan	<0.005–0.26	<0.002–0.36	Ali et al. (2013)
Car cabin in Kuwait	0.6–170	–	
Car cabin in Pakistan	<0.005–1.2	–	
Dwellings in Germany	<0.08–0.11	<0.04–0.24	Brommer et al. (2012)
Car cabin in Germany	<0.08–620	<0.04–150	
Car cabin (car seats) in Japan	1.4–190	–	Tokumura et al. (2017)
Car cabin (floor mats) in Japan	0.81–2.1	–	

* TDCPP: tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate; TCsP: tricresyl phosphate.

表 19 Concentrations (ng g⁻¹) and composition (%) of phosphate flame retardants in indoor dust collected from Japanese dwellings in 2015–2019.

	BzDOPO	CsDPhP	EHDPPhP	NDPhP	PMMMP	di-PMMMP	TBOEP	TBP, TIBP	TCEP	TCPP	TCsP	TDCPP	TEP	TEHP	TMP	TPhP	TPhPO	TPP
D1	<1.8	66	440	<1.8	<1.8	<1.8	17000	270	480	1600	450	1300	31	580	<0.36	1400	370	3.5
	(-)	(0.28%)	(1.8%)	(-)	(-)	(-)	(71%)	(1.1%)	(2.0%)	(6.7%)	(1.9%)	(5.4%)	(0.13%)	(2.4%)	(-)	(5.8%)	(1.5%)	(0.015%)
D2	<1.8	620	810	<1.8	310	79	7400	42	4200	9100	420	11000	30	920	<0.36	510	42	<0.24
	(-)	(1.7%)	(2.3%)	(-)	(0.87%)	(0.22%)	(21%)	(0.12%)	(12%)	(26%)	(1.2%)	(31%)	(0.085%)	(2.6%)	(-)	(1.4%)	(0.12%)	(-)
D3	<1.8	970	820	<1.8	<1.8	<1.8	34000	58	6300	810	1700	63000	5.2	330	<0.36	7800	23	<0.24
	(-)	(0.84%)	(0.71%)	(-)	(-)	(-)	(29%)	(0.050%)	(5.4%)	(0.70%)	(1.5%)	(54%)	(0.0045%)	(0.28%)	(-)	(6.7%)	(0.020%)	(-)
D4	<1.8	82	240	<1.8	48	34	30000	34	73	5000	110	28000	1.6	320	<0.36	610	5.8	<0.24
	(-)	(0.13%)	(0.37%)	(-)	(0.074%)	(0.053%)	(46%)	(0.053%)	(0.11%)	(7.7%)	(0.17%)	(43%)	(0.0025%)	(0.50%)	(-)	(0.94%)	(0.0090%)	(-)
D5	<1.8	170	320	<1.8	<1.8	<1.8	3500	49	760	710	730	590	2.6	180	<0.36	780	16	<0.24
	(-)	(2.2%)	(4.1%)	(-)	(-)	(-)	(45%)	(0.63%)	(9.7%)	(9.1%)	(9.3%)	(7.6%)	(0.053%)	(2.3%)	(-)	(10%)	(0.20%)	(-)
D6	<1.8	32	78	<1.8	31	56	3300	42	170	1000	1600	660	11	420	<0.36	260	32	<0.24
	(-)	(0.42%)	(1.0%)	(-)	(0.40%)	(0.73%)	(43%)	(0.55%)	(2.2%)	(13%)	(21%)	(8.6%)	(0.14%)	(5.5%)	(-)	(3.4%)	(0.42%)	(-)
D7	25	130	130	<1.8	<1.8	94	8300	40	150	1600	87	4500	7.4	400	<0.36	860	29	<0.24
	(0.15%)	(0.79%)	(0.79%)	(-)	(-)	(0.57%)	(51%)	(0.24%)	(0.92%)	(9.8%)	(0.53%)	(28%)	(0.045%)	(2.4%)	(-)	(5.3%)	(0.18%)	(-)
D8	<1.8	61	280	<1.8	<1.8	<1.8	33000	420	2700	2100	160	440	<0.28	1100	<0.36	560	98	<0.24
	(-)	(0.15%)	(0.68%)	(-)	(-)	(-)	(81%)	(1.0%)	(6.6%)	(5.1%)	(0.39%)	(1.1%)	(-)	(2.7%)	(-)	(1.4%)	(0.24%)	(-)
D9	<1.8	160	280	<1.8	100	13	310000	34	17000	790	460	560	7.7	890	<0.36	630	27	<0.24
	(-)	(0.048%)	(0.085%)	(-)	(0.030%)	(0.0039%)	(94%)	(0.010%)	(5.1%)	(0.24%)	(0.14%)	(0.17%)	(0.0023%)	(0.27%)	(-)	(0.19%)	(0.0082%)	(-)
D10	<1.8	86	200	<1.8	<1.8	16	1800000	28	550	740	510	4300	29	210	<0.36	820	19	<0.24
	(-)	(0.0048%)	(0.011%)	(-)	(-)	(0.00089%)	(100%)	(0.0015%)	(0.030%)	(0.041%)	(0.028%)	(0.24%)	(0.0016%)	(0.012%)	(-)	(0.045%)	(0.0011%)	(-)

D11	<0.8	64	480	<2.1	17	28	32000	70	910	91000	680	730	83	280	<7.7	3300	<26	<0.8
	(-)	(0.049%)	(0.37%)	(-)	(0.013%)	(0.022%)	(25%)	(0.054%)	(0.70%)	(70%)	(0.52%)	(0.56%)	(0.064%)	(0.22%)	(-)	(2.5%)	(-)	(-)
D12	<2.3	330	530	<6.3	380	590	390000	32	20000	3600	1900	3300	42	150	<23	3900	79	<2.3
	(-)	(0.078%)	(0.12%)	(-)	(0.089%)	(0.14%)	(92%)	(0.0075%)	(4.7%)	(0.85%)	(0.45%)	(0.78%)	(0.010%)	(0.035%)	(-)	(0.92%)	(0.019%)	(-)
D13	<0.7	120	740	<1.9	47	68	55000	35	12000	1300	6700	220	11	460	<7	2700	37	<0.7
	(-)	(0.15%)	(0.93%)	(-)	(0.059%)	(0.086%)	(69%)	(0.044%)	(15%)	(1.6%)	(8.4%)	(0.28%)	(0.014%)	(0.58%)	(-)	(3.4%)	(0.047%)	(-)
D14	<12	510	280	<33	<98	<82	170000	73	1500	740	5100	5100	<41	330	<120	1000	<410	<12
	(-)	(0.28%)	(0.15%)	(-)	(-)	(-)	(92%)	(0.040%)	(0.81%)	(0.40%)	(2.8%)	(2.8%)	(-)	(0.18%)	(-)	(0.54%)	(-)	(-)
D15	<2.6	120	400	10	52	100	450000	89	370	6500	260	290	26	1000	<26	2600	530	<2.6
	(-)	(0.026%)	(0.087%)	(0.0022%)	(0.011%)	(0.022%)	(97%)	(0.019%)	(0.080%)	(1.4%)	(0.056%)	(0.063%)	(0.0056%)	(0.22%)	(-)	(0.56%)	(0.11%)	(-)
D16	<2.9	2200	580	<7.9	<23	29	12000	45	14000	1800	1900	190000	80	380	<29	33000	<97	<2.9
	(-)	(0.86%)	(0.23%)	(-)	(-)	(0.011%)	(4.7%)	(0.018%)	(5.5%)	(0.70%)	(0.74%)	(74%)	(0.031%)	(0.15%)	(-)	(13%)	(-)	(-)
D17	<5.2	200	1600	<14	160	37	91000	49	2200	3900	770	5400	30	350	<52	1500	<170	<5.2
	(-)	(0.19%)	(1.5%)	(-)	(0.15%)	(0.035%)	(85%)	(0.046%)	(2.1%)	(3.6%)	(0.72%)	(5.0%)	(0.028%)	(0.33%)	(-)	(1.4%)	(-)	(-)
D18	<3.9	1200	2000	<8.9	<31	56	240000	840	2900	4200	1800	1900	120	710	<39	2400	2900	<3.9
	(-)	(0.46%)	(0.77%)	(-)	(-)	(0.021%)	(92%)	(0.32%)	(1.1%)	(1.6%)	(0.69%)	(0.73%)	(0.046%)	(0.27%)	(-)	(0.92%)	(1.1%)	(-)
D19	<5	91	1100	<11	<40	100	6400	230	540	7700	290	5600	96	550	<50	1300	<170	<5
	(-)	(0.38%)	(4.6%)	(-)	(-)	(0.42%)	(27%)	(0.96%)	(2.3%)	(32%)	(1.2%)	(23%)	(0.40%)	(2.3%)	(-)	(5.4%)	(-)	(-)
D20	15	45	1300	<5.2	84	62	24000	160	340	580	640	640	50	3300	<23	960	830	<2.3
	(0.045%)	(0.14%)	(3.9%)	(-)	(0.25%)	(0.19%)	(73%)	(0.48%)	(1.0%)	(1.8%)	(1.9%)	(1.9%)	(0.15%)	(10%)	(-)	(2.9%)	(2.5%)	(-)
D21	<1.5	320	310	<3.3	100	92	12000	44	950	13000	710	<15	49	180	<15	2400	<49	<1.5
	(-)	(1.1%)	(1.0%)	(-)	(0.33%)	(0.31%)	(40%)	(0.15%)	(3.2%)	(43%)	(2.4%)	(-)	(0.16%)	(0.60%)	(-)	(8.0%)	(-)	(-)
D22	<3.7	1700	1100	<8.3	<29	<24	14000	71	13000	2700	2000	240000	40	430	<37	36000	<120	<3.7

	(-)	(0.55%)	(0.35%)	(-)	(-)	(-)	(4.5%)	(0.023%)	(4.2%)	(0.87%)	(0.64%)	(77%)	(0.013%)	(0.14%)	(-)	(12%)	(-)	(-)
D23	<2.2	55	900	<4.9	31	65	75000	74	5700	1000	22000	<22	45	420	<22	5000	<73	<2.2
	(-)	(0.050%)	(0.82%)	(-)	(0.028%)	(0.059%)	(68%)	(0.067%)	(5.2%)	(0.91%)	(20%)	(-)	(0.041%)	(0.38%)	(-)	(4.5%)	(-)	(-)
D24	<2.1	59	770	<7.1	59	68	13000	66	90000	160000	180	800	37	140	<21	1100	<21	<7.1
	(-)	(0.022%)	(0.29%)	(-)	(0.022%)	(0.026%)	(4.9%)	(0.025%)	(34%)	(60%)	(0.068%)	(0.30%)	(0.014%)	(0.053%)	(-)	(0.41%)	(-)	(-)
D25	<6.3	170	350	<21	56	66	46000	290	540	11000	390	1500	<21	240	<63	920	<63	<21
	(-)	(0.28%)	(0.57%)	(-)	(0.091%)	(0.11%)	(75%)	(0.47%)	(0.88%)	(18%)	(0.63%)	(2.4%)	(-)	(0.39%)	(-)	(1.5%)	(-)	(-)
D26	<4	81	980	<13	<32	<27	2600	200	310	1800	560	440	31	580	<40	790	1800	<13
	(-)	(0.80%)	(9.6%)	(-)	(-)	(-)	(26%)	(2.0%)	(3.0%)	(18%)	(5.5%)	(4.3%)	(0.30%)	(5.7%)	(-)	(7.8%)	(18%)	(-)
D27	<14	280	740	<48	400	<96	80000	1600	5700	3900	730	950	110	180	<140	930	850	<48
	(-)	(0.29%)	(0.77%)	(-)	(0.42%)	(-)	(83%)	(1.7%)	(5.9%)	(4.0%)	(0.76%)	(0.99%)	(0.11%)	(0.19%)	(-)	(0.97%)	(0.88%)	(-)
D28	<6.6	890	310	<22	<52	<44	480000	340	2000	1700	390	520	150	110	<66	730	190	<22
	(-)	(0.18%)	(0.064%)	(-)	(-)	(-)	(98%)	(0.070%)	(0.41%)	(0.35%)	(0.080%)	(0.11%)	(0.031%)	(0.023%)	(-)	(0.15%)	(0.039%)	(-)
D29	<2.6	310	210	<8.8	<21	<18	73000	130	1100	2300	1100	2000	17	270	<26	1600	170	<8.8
	(-)	(0.38%)	(0.26%)	(-)	(-)	(-)	(89%)	(0.16%)	(1.3%)	(2.8%)	(1.3%)	(2.4%)	(0.021%)	(0.33%)	(-)	(1.9%)	(0.21%)	(-)

表 20 Concentrations of phosphate flame retardants in indoor dust collected from Japanese dwellings in summer and winter seasons of 2017 (ng g⁻¹).

	D11		D12		D13		D14		D15		D16		D17	
	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter	Summer	Winter
BzIDOPO	<0.8	<1.1	<2.3	<1.6	<0.7	<0.8	<12	<5.6	<2.6	<14	<2.9	<0.8	<5.2	16
CsDPhP	64	180	330	310	120	190	510	840	120	<48	2200	3900	200	330
EHDPhP	480	400	530	510	740	660	280	790	400	170	580	1300	1600	1400
NDPhP	<2.1	<4.3	<6.3	<6.4	<1.9	<3.2	<33	<23	10	<59	<7.9	<3.2	<14	<20
PMMMP	17	85	380	420	47	39	<98	92	52	<120	<23	21	160	110
di-PMMMP	28	120	590	490	68	57	<82	180	100	<96	29	33	37	170
TBOEP	32,000	33,000	390,000	340,000	55,000	71,000	170,000	28,000	450,000	280,000	12,000	13,000	91,000	130,000
TBP, TIBP	70	98	32	86	35	38	73	99	89	<50	45	33	49	52
TCEP	910	1200	20,000	25,000	12,000	30,000	1500	48,000	370	<140	14,000	16,000	2200	4600
TCPP	91,000	53,000	3600	10,000	1300	1500	740	2500	6500	2800	1800	2900	3900	3100
TCsP	680	910	1900	900	6700	5400	5100	5900	260	1300	1900	2300	770	1100
TDCPP	730	2000	3300	3300	220	760	5100	620,000	290	1700	190,000	340,000	5400	8900
TEP	83	73	42	110	11	22	<41	100	26	<48	80	20	30	34
TEHP	280	270	150	380	460	410	330	1500	1000	1800	380	650	350	460
TMP	<7.7	<11	<23	<16	<7	<7.9	<120	<56	<26	<140	<29	<7.7	<52	<49
TPhP	3300	5100	3900	2800	2700	6500	1000	1900	2600	1700	33,000	50,000	1500	1900
TPhPO	<26	86	79	<53	37	36	<410	<190	530	<480	<97	47	<170	<160
TPP	<0.8	<1.1	<2.3	<1.6	<0.7	<0.8	<12	<5.6	<2.6	<14	<2.9	<0.8	<5.2	<4.9

表 21 4ヶ所の住宅における測定対象物質の濃度

		住宅 1	住宅 2	住宅 3	住宅 4
グルタルアルデヒド	ppb _v	0.0881	0.0835	0.0503	0.0325
	μg/m ³	0.355	0.337	0.203	0.132
グリオキサール	ppb _v	<0.00150	<0.00150	<0.00150	<0.00150
	μg/m ³	<0.00351	<0.00351	<0.00351	<0.00351
ホルムアルデヒド	ppb _v	177	85.8	187	138
	μg/m ³	214	104	227	168
アセトアルデヒド	ppb _v	90.4	10.1	4.48	9.92
	μg/m ³	160	17.9	7.94	17.6
アセトン	ppb _v	97.2	5.86	3.54	4.02
	μg/m ³	228	13.7	8.30	9.39

表22 Final body weight and organ weight data for male SD rats treated with PMMMP for 1 week.

	Control	0.1 mg/kg	1 mg/kg	10 mg/kg
Final body weights (g)	230 ± 14	228 ± 6	227 ± 10	230 ± 6
Organ weights				
Absolute weights (g)				
Lungs	1.02 ± 0.05	0.96 ± 0.06	0.99 ± 0.09	0.99 ± 0.05
Heart	0.88 ± 0.03	0.88 ± 0.05	0.92 ± 0.07	0.85 ± 0.05
Spleen	0.52 ± 0.08	0.51 ± 0.05	0.56 ± 0.10	0.48 ± 0.03
Liver	7.44 ± 0.40	7.62 ± 0.60	7.53 ± 0.63	7.83 ± 0.53
Kidneys	1.77 ± 0.11	1.80 ± 0.06	1.78 ± 0.08	1.77 ± 0.05
Relative weights (g/100g b.w.)				
Lungs	0.44 ± 0.01	0.42 ± 0.03	0.43 ± 0.02	0.43 ± 0.02
Heart	0.38 ± 0.02	0.39 ± 0.02	0.40 ± 0.01	0.37 ± 0.03
Spleen	0.22 ± 0.03	0.22 ± 0.02	0.25 ± 0.04	0.21 ± 0.02
Liver	3.24 ± 0.09	3.34 ± 0.19	3.31 ± 0.14	3.40 ± 0.18
Kidneys	0.77 ± 0.02	0.79 ± 0.02	0.78 ± 0.02	0.77 ± 0.03

表23 Final body weight and organ weight data for female SD rats treated with PMMMP for 1 week.

	Control	0.1 mg/kg	1 mg/kg	10 mg/kg
Final body weights (g)	154 ± 5	163 ± 10	155 ± 7	159 ± 13
Organ weights				
Absolute weights (g)				
Lungs	0.78 ± 0.04	0.83 ± 0.06	0.78 ± 0.04	0.80 ± 0.05
Heart	0.66 ± 0.05	0.71 ± 0.06	0.65 ± 0.04	0.67 ± 0.01
Spleen	0.32 ± 0.01	0.38 ± 0.03	0.34 ± 0.03	0.37 ± 0.02
Liver	4.65 ± 0.34	5.22 ± 0.46	4.71 ± 0.13	4.91 ± 0.43
Kidneys	1.21 ± 0.05	1.29 ± 0.10	1.24 ± 0.06	1.20 ± 0.10
Relative weights (g/100g b.w.)				
Lungs	0.51 ± 0.02	0.51 ± 0.02	0.50 ± 0.04	0.50 ± 0.02
Heart	0.43 ± 0.03	0.43 ± 0.02	0.43 ± 0.04	0.42 ± 0.03
Spleen	0.21 ± 0.01	0.23 ± 0.02	0.22 ± 0.03	0.24 ± 0.03
Liver	3.03 ± 0.21	3.19 ± 0.21	3.04 ± 0.08	3.09 ± 0.14
Kidneys	0.79 ± 0.01	0.79 ± 0.03	0.80 ± 0.05	0.75 ± 0.05

表24 Final body weight and organ weight data for male CD1 mice treated with PMMMP for 4 weeks.

	Control		100 mg/kg/day		300 mg/kg/day		1000 mg/kg/day	
Final body weights (g)	35.8	± 1.9	35.7	± 1.8	35.4	± 2.3	34.7	± 3.2
Organ weights								
Absolute weights (g)								
Brain	0.49	± 0.03	0.50	± 0.01	0.48	± 0.02	0.48	± 0.03
Lungs	0.18	± 0.03	0.17	± 0.02	0.19	± 0.03	0.19	± 0.02
Heart	0.17	± 0.02	0.17	± 0.01	0.15	± 0.01	0.16	± 0.02
Thymus	0.04	± 0.01	0.05	± 0.01	0.04	± 0.01	0.04	± 0.00
Liver	1.39	± 0.14	1.48	± 0.07	1.34	± 0.11	1.30	± 0.15
Kidneys	0.51	± 0.07	0.47	± 0.05	0.48	± 0.08	0.51	± 0.09
Spleen	0.10	± 0.02	0.09	± 0.01	0.08	± 0.01	0.09	± 0.01
Adrenals	0.0030	± 0.0005	0.0040	± 0.0009 *	0.0043	± 0.0006 *	0.0050	± 0.0004 **
Testes	0.25	± 0.03	0.22	± 0.02	0.25	± 0.04	0.23	± 0.01
Relative weights (g/100g b.w.)								
Brain	1.36	± 0.07	1.40	± 0.09	1.35	± 0.12	1.39	± 0.10
Lungs	0.49	± 0.08	0.48	± 0.06	0.53	± 0.06	0.56	± 0.03
Heart	0.47	± 0.05	0.49	± 0.03	0.44	± 0.02	0.45	± 0.03
Thymus	0.12	± 0.02	0.13	± 0.02	0.13	± 0.02	0.10	± 0.02
Liver	3.87	± 0.32	4.14	± 0.13	3.79	± 0.18	3.75	± 0.15
Kidneys	1.41	± 0.16	1.32	± 0.18	1.36	± 0.20	1.46	± 0.14
Spleen	0.27	± 0.04	0.25	± 0.03	0.23	± 0.03	0.25	± 0.02
Adrenals	0.0084	± 0.0016	0.0113	± 0.003	0.0122	± 0.0019 *	0.0145	± 0.0011 **
Testes	0.69	± 0.04	0.25	± 0.03	0.23	± 0.03	0.25	± 0.02

*, **: Values are significantly different from control at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively.

表25 Serum biochemistry for male CD1 mice treated with PMMMP for 4 weeks.

Item	Control	100 mg/kg	300 mg/kg	1000 mg/kg
TP (g/dL)	4.7 ± 0.2	4.5 ± 0.2	4.7 ± 0.3	4.6 ± 0.1
A/G	1.5 ± 0.0	1.5 ± 0.2	1.7 ± 0.2 *	1.6 ± 0.1
Alb (g/dL)	2.8 ± 0.1	2.7 ± 0.2	3.0 ± 0.2	2.8 ± 0.1
T. Bil (mg/dL)	0.132 ± 0.013	0.120 ± 0.016	0.122 ± 0.022	0.140 ± 0.014
Glu (mg/dL)	111 ± 21	171 ± 31**	149 ± 33	134 ± 21
TG (mg/dL)	54 ± 9	71 ± 24	78 ± 25	49 ± 12
T. Cho (mg/dL)	146 ± 29	127 ± 12	148 ± 21	144 ± 16
PL (mg/dL)	236 ± 32	204 ± 17	233 ± 31	219 ± 20
BUN (mg/dL)	30.5 ± 4.6	31.2 ± 5.8	29.1 ± 4.8	28.8 ± 2.3
CRN (mg/dL)	0.10 ± 0.02	0.09 ± 0.02	0.10 ± 0.02	0.08 ± 0.03
Ca (mg/dL)	9.1 ± 0.1	9.1 ± 0.2	9.3 ± 0.2	9.2 ± 0.4
P (mg/dL)	5.7 ± 0.7	6.3 ± 0.5	7.4 ± 0.5**	7.5 ± 0.4**
Na (mEq/dL)	152.6 ± 0.9	153.6 ± 0.9	151.2 ± 1.5	152.0 ± 0.7
K (mEq/dL)	4.7 ± 0.1	4.2 ± 0.5	4.6 ± 0.4	5.1 ± 0.6
Cl (mEq/dL)	110.6 ± 1.7	113.0 ± 1.6	110.0 ± 3.7	113.4 ± 1.8
AST (IU/L)	51 ± 4	48 ± 5	48 ± 7	44 ± 3
ALT (IU/L)	24 ± 5	22 ± 6	22 ± 5	23 ± 5
ALP (IU/L)	216 ± 46	244 ± 38	260 ± 52	187 ± 29
γ-GT (IU/L)	<3	<3	<3	<3

*, **: Values are significantly different from control at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively.

TP, total protein; A/G, albumin/globulin ratio; Alb, albumin; T. Bil, total bilirubin; Glu, glucose; TG, triglyceride; T. Cho, total cholesterol; PL, phospho lipid; BUN, blood urea nitrogen; CRN, creatinine; Ca, calcium; P, inorganic phosphorus; Na, sodium; K, potassium; Cl, chloride; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; ALP, alkaline phosphatase; γ-GT, γ-glutamyl aminotransferase.

表26 Blood test for male CD1 mice treated with PMMMP for 4 weeks.

Item		Control	100 mg/kg	300 mg/kg	1000 mg/kg
RBC	(10 ⁶ /μL)	8.69 ± 0.62	8.41 ± 0.34	9.10 ± 0.37	9.32 ± 0.12
HGB	(g/dL)	14.2 ± 1.3	13.2 ± 0.5	14.3 ± 0.5	14.8 ± 0.3
HCT	(%)	43.6 ± 3.9	40.8 ± 1.1	44.4 ± 1.4	45.3 ± 0.8
MCV	(fL)	50.0 ± 1.2	48.6 ± 1.5	48.8 ± 1.6	48.6 ± 1.3
MCH	(pg)	16.3 ± 0.6	15.7 ± 0.5	15.7 ± 0.5	15.8 ± 0.2
MCHC	(g/dL)	32.5 ± 0.6	32.4 ± 0.7	32.2 ± 0.7	32.6 ± 1.1
PLT	(10 ³ /μL)	1018.8 ± 86.7	1044.8 ± 105.1	1103.0 ± 56.9	1194.0 ± 45.9 *
WBC	(10 ³ /μL)	4.43 ± 1.85	3.57 ± 0.99	3.45 ± 0.81	3.04 ± 0.46
Differential cell counts					
Neutrophils	(%)	20.7 ± 3.2	25.1 ± 4.9	23.9 ± 9.0	24.4 ± 2.3
Eosinophils	(%)	3.8 ± 1.4	3.9 ± 1.3	3.1 ± 0.9	2.9 ± 1.0
Basophils	(%)	0.2 ± 0.3	0.3 ± 0.3	0.2 ± 0.2	0.1 ± 0.2
Lymphocytes	(%)	75.0 ± 3.6	70.4 ± 5.9	72.4 ± 8.3	72.3 ± 3.4
Monocytes	(%)	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.3 ± 0.3

表27 曝露経路 (吸入曝露)スクリーニング評価結果 (A,B)

CAS RN	物質名	用途 文献情報	有害性ランク			曝露性ランク						
			吸入有害性ランク	経口有害性ランク	経皮有害性ランク	①曝露性ランク(室内空気→吸入)	②曝露性ランク(室内空気→経皮)	③曝露性ランク(水分含有飲食物→経口)	④曝露性ランク(油含有食品→経口)	⑤曝露性ランク(ダストの吸入曝露)	⑥曝露性ランク(ダストのHand-to-mouth)	⑦曝露性ランク(製品に直接接触の経皮曝露)
78-97-5	1,2-ジクロロプロパン	溶剤等	A	B	A	B	E	E	D	E	E	C
79-00-5	1,1,2-トリクロロエタン	油類・ワックス・天然樹脂溶剤	A	A	A	B	E	D	B	E	E	D
80-62-6	メチルメタクリレート	アクリルアミド、アクリル酸エステル、メタクリル酸エステル、酢酸ビニル、スチレンなどのモノマーとの共重合物は、黄変性の少ない。単量、架橋性、耐紫外線に溶溶性ポリウレタン、湿気硬化ポリウレタン、ブロック型ポリウレタン、ウレタンプレポリマーなどの変性用原料およびポリイソシアネート硬化剤の原料に使用される。	A	C	A	B	E	D	D	E	E	C
91-08-7	2-メチル-1,3-フェニレンジイソシアナート	アクリル酸エステル、メタクリル酸エステル、酢酸ビニル、スチレンなどのモノマーとの共重合物はアクリル樹脂として、光沢、硬度、密着性、耐熱性、耐熱性に優れる。アクリル系接着剤、アクリルエポキシ樹脂塗料、塗料・接着剤、床材のコーティングなどに用いられるエポキシ樹脂の原料。	A	A	A	B	D	D	B	E	E	E
101-68-8	ビス(4-イソシアナトフェニル)メタン	アクリル酸エステル、メタクリル酸エステル、酢酸ビニル、スチレンなどのモノマーとの共重合物はアクリル樹脂として、光沢、硬度、密着性、耐熱性、耐熱性に優れる。アクリル系接着剤、アクリルエポキシ樹脂塗料、塗料・接着剤、床材のコーティングなどに用いられるエポキシ樹脂の原料。	A	B	A	B	C	C	B	E	E	C
103-11-7	アクリル酸2-エチルヘキシル	アクリル酸エステル、メタクリル酸エステル、酢酸ビニル、スチレンなどのモノマーとの共重合物はアクリル樹脂として、光沢、硬度、密着性、耐熱性、耐熱性に優れる。アクリル系接着剤、アクリルエポキシ樹脂塗料、塗料・接着剤、床材のコーティングなどに用いられるエポキシ樹脂の原料。	A	D	A	B	E	E	C	E	E	C
106-89-8	2-(クロロメチル)オキシラン	アクリル酸エステル、メタクリル酸エステル、酢酸ビニル、スチレンなどのモノマーとの共重合物はアクリル樹脂として、光沢、硬度、密着性、耐熱性、耐熱性に優れる。アクリル系接着剤、アクリルエポキシ樹脂塗料、塗料・接着剤、床材のコーティングなどに用いられるエポキシ樹脂の原料。	A	A	A	B	E	C	D	E	E	C
106-93-4	1,2-ジプロモエタン	燻蒸剤	A	A	A	B	E	E	B	C	E	E
107-02-8	アクロレイン	室内換出物質、アルデヒド	A	C	A	B	#VALUE!	D	E	#VALUE!	E	#VALUE!
107-15-3	エチレンジアミン	常温硬化型防食塗料原料、エポキシ樹脂硬化剤など、接着剤樹脂の架橋剤	A	D	A	B	A	A	A	E	E	C
109-86-4	2-メトキシエタノール	樹脂溶解剤、ラッカー、水性塗料の可溶化剤、粘上調整剤、シンナー、塗料、インキ、ワックスの溶剤、溶剤系・エマルジョン型接着剤	A	B	A	B	D	A	C	E	E	C
110-00-9	フラン	溶剤、プラスチック安定剤などの製造原料	A	A	A	B	#VALUE!	B	B	E	E	C
110-95-0	ピペラジン	常温硬化型防食塗料原料	A	X	A	B	B	A	A	E	E	C
141-32-2	ブタン-1-イル=アクリレート	アクリル酸エステル、メタクリル酸エステル、酢酸ビニル、スチレンなどのモノマーとの共重合物はアクリル樹脂として、光沢、硬度、密着性、耐熱性、耐熱性に優れる。アクリル系接着剤、アクリルエポキシ樹脂塗料、塗料・接着剤、床材のコーティングなどに用いられるエポキシ樹脂の原料。	A	D	A	B	E	D	C	E	E	C
1314-41-6	四酸化三鉛	防錆、塗料(塗料ペイント、さび止めペイント)、管球ガラス(蛍光灯、真空管、TVブラウン管などの放射線防止剤)、光学ガラス、一般ガラス、陶磁器、ほろろ、蓄電池、顔料、ゴム、合成樹脂、電子材料	A	A	A	B	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	E	E	#VALUE!
4098-71-9	3-イソシアナトメチル-3,5,5-トリメチルシクロヘキシルイソシアナート	無黄変タイプの湿気硬化型ポリウレタン、ブロック型ポリウレタン、ウレタンプレポリマーなどの変性用原料および無黄変ポリイソシアネート硬化剤の原料に使用される。接着剤樹脂の架橋剤	A	A	A	B	E	D	B	E	E	E
7782-50-5	二塩素	殺菌剤、防かび剤、防汚剤、漂白剤、農薬などの合成中間体	A	D	A	B	#VALUE!	E	E	E	E	X
8001-58-9	石炭クレオソート	木材防菌剤、殺菌剤、防かび剤、防汚剤、殺虫剤、防虫剤、合成中間体	A	A	A	B	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	E	E	#VALUE!
26471-62-5	メチル-1,3-フェニレンジイソシアナート	溶剤、プラスチック安定剤などの製造原料	A	A	A	B	D	D	B	E	E	C

表28 曝露経路（吸入曝露）スクリーニング評価結果（B,A）

CAS_RN	物質名	用途 文献情報	有害性ランク			曝露性ランク						
			吸入 有害性 ランク	経口 有害性 ランク	経皮 有害性 ランク	①曝露性ラ ンク(室内空 気→吸入)	②曝露性ラ ンク(室内空 気→経皮)	③曝露性ラ ンク(水分含 有食物→ 経口)	④曝露性ラ ンク(油含有 食品→経 口)	⑤曝露性ラ ンク(ダスト の吸入曝 露)	⑥曝露性ラ ンク(ダスト のHand-to- mouth)	⑦曝露性ラ ンク(製品に 直接接触の 経皮曝露)
67-66-3	クロロホルム	水道水中のトリハロメタン、塗料・インキの溶剤、ゴムやロウの溶剤、フッ素系溶媒、	B	B	B	A	#VALUE!	A	A	D	E	C
71-43-2	ベンゼン	塗料や農薬の溶剤、合成樹脂(ポリスチレン、塩化ビニル樹脂、ポリエステル)・防虫剤(パラジクロロベンゼン)の合成原料	B	A	A	A	E	D	C	D	E	C
75-09-2	ジクロロメタン	ペイント剥離剤、塗料の剥離剤、溶剤等、	B	B	B	A	D	C	C	C	E	B
79-01-6	1, 1, 2-トリクロロエテン	溶剤等、生ゴム、塗料、油脂の溶剤 皮革の洗浄剤	B	B	B	A	E	E	C	D	E	C
84-74-2	ジブタン-1-イル=フタラート	可塑剤、ラッカー、接着剤、レザーク、殺虫剤の製造など、壁紙、床材などに使用される軟質塩化ビニル樹脂系の可塑剤、接着剤・塗料・インキの可塑剤	B	B	B	A	B	B	A	E	E	B
85-68-7	ベンジル=ブタン-1-イル=フタラート	可塑剤、床壁用タイル、塗料用、ペーस्ट用、人口皮革、室内装飾品用、壁紙、床材などに使用される軟質塩化ビニル樹脂系の可塑剤、接着剤・塗料・インキの可塑剤	B	B	B	A	C	B	A	E	E	B
100-41-4	エチルベンゼン	接着剤、塗料、インキ、ワックス、防水剤の溶剤	B	B	B	A	E	E	C	D	E	B
106-46-7	パラジクロロベンゼン	衣類等の防虫・トイの芳香剤、衣類の害虫用	B	B	B	A	E	C	A	D	E	B
107-06-2	1, 2-ジクロロエタン	塩化ビニルの合成原料、塗料、インキ、ワックスの溶剤、塗料剥離剤、濃蒸剤	B	A	A	A	D	D	B	D	E	B
107-13-1	アクリロニトリル	ビニル系、アクリル系の重合物の変性剤として用いられ、塗膜の硬度、乾燥性、耐薬品性の向上の効果がある。	B	A	A	A	E	C	D	D	E	C
108-05-4	ビニル=アセタート	乳化重合物は酢酸ビニル系のエマルジョンペイントとして、比較的コストの分野で使用される。MMAとの溶液共重合物は、互用塗料、コンクリート、建築用塗料として広く用いられる。木材、家具など、接着剤(酢酸ビニル系、木工用ボンドなど)の原料	B	B	B	A	E	C	D	D	E	C
110-71-4	1, 2-ジメトキシエタン	反応溶媒、テフロン等の樹脂溶剤	B	B	B	A	C	A	B	D	E	C
115-86-6	トリフェニル=ホスファート	可塑剤、難燃性可塑剤など、可塑剤、難燃剤	B	C	B	A	C	B	A	E	E	B
117-81-7	ビス(2-エチルヘキサノール-1-イル)=フタラート	可塑剤、シート、レザーク、電線被覆材、ペーメントなど、壁紙、床材などに使用される軟質塩化ビニル樹脂系の可塑剤、接着剤・塗料・インキの可塑剤、接着剤の希釈剤	B	B	B	A	D	C	A	D	E	B
126-73-8	リン酸トリ-n-ブチル	耐光性白色ラッカー、レザーク用消泡剤など、接着剤・塗料・インキ・ワックスの添加剤	B	C	B	A	C	B	A	E	E	B
126-99-8	クロロブレン	クロロブレンゴム、ゴム系接着剤の原料	B	B	B	A	E	E	E	D	E	E
128-37-0	2, 6-ジ-tert-ブチル-4-メチルフェノール	皮膚防止剤、プラスチック酸化防止剤、アルキルフェノール系防止剤で、天然ゴム、ジエン系合成ゴム、CR用、一般製品、チラックス用として用いられる。有機ゴム薬品(酸化防止剤)	B	C	B	A	B	B	A	E	E	C
8003-34-7	ビスリンおよびビスロイド	防虫剤、防除剤	B	A	A	A	E	B	A	E	E	E
22248-79-9	リン酸(Z)-2-クロロ-1-(2, 4, 5-トリクロロ	シロアリ防除剤、防除剤	B	A	A	A	#VALUE!	A	A	E	E	D
52645-53-1	3-フェノキシベンジル=3-(2, 2-ジクロロビ	シロアリ防除剤、ダニ用濃蒸剤、防除剤	B	B	A	A	C	C	A	D	E	D
64742-48-9	ナフテン系溶剤(芳香族含有ミネラルスプリット)	主として油性塗料、アルキド塗料、フェノール樹脂塗料及びシンナーなどに使用する	B	B	B	A	#VALUE!	A	A	C	E	#VALUE!
80844-07-1	4-(4-エトキシフェニル)-4-メチル-1-(3	シロアリ駆除剤、防除剤	B	B	B	A	A	A	A	D	E	D
116714-46-6	ノバルロン	シロアリ防除剤	B	x	B	A	#VALUE!	C	A	E	E	D
122453-73-0	4-プロモ-2-(4-クロロフェニル)-1-エトキ	シロアリ駆除剤、シロアリ防除剤	B	B	B	A	C	A	A	E	E	D
173584-44-6	メチル(S)-7-クロロ-2-(1-メチルシカルボ	シロアリ防除剤、しるあり認定薬剤	B	x	B	A	#VALUE!	A	A	E	E	x

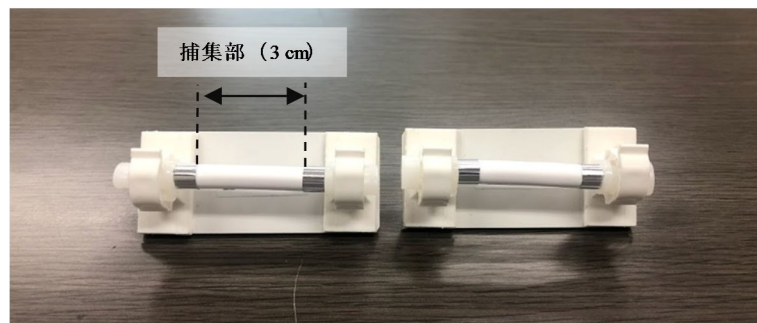


図1 使用したパッシブサンプラー

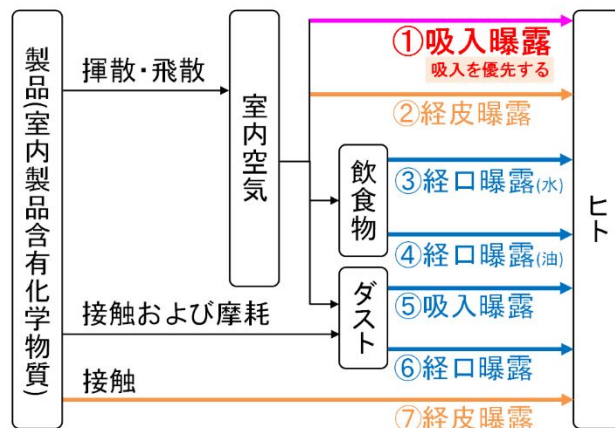


図2 本研究で考慮している室内での曝露経路

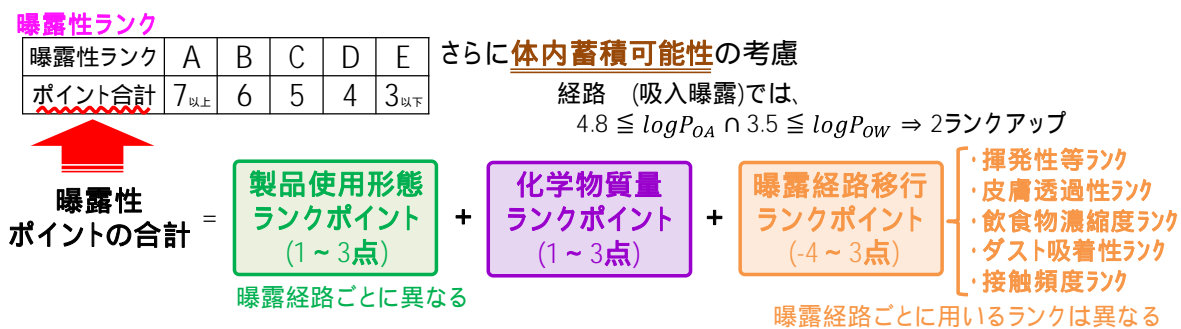


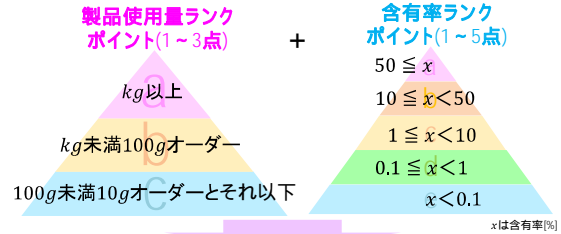
図3 曝露性ランクの考え方

曝露性ランク

製品使用形態ランク

- 室内濃度が短期・高濃度となる使用の製品**
エアゾール剤、ポンプ式スプレー剤、
燻煙剤や燻蒸剤(水による加熱蒸散タイプを含む)などの
瞬時に室内に拡散されるタイプの製品、粉末・粉体状の製品
- 室内濃度が長期・中濃度以上となる使用の製品**
電気蚊取、タンスやクローゼットに入れるタイプの防虫剤などの
長時間使用して室内に放散されるタイプの製品、
床下で使用するシロアリ防除剤等の製品など
- 室内濃度が長期・低濃度となる使用の製品**
室内製品の表面の加工に使用する塗料・ワックスなどの製品、
接着剤のような使用時に揮発する製品、
木材含有の植物油のような材料に含有し室内への放散が考えられる物質
- 室内濃度が影響しない製品**
上記以外の固形剤、液剤、着色料や酸化防止剤を含む
その他製品(不明なものを含む)

化学物質質量ランク



化学物質質量ランク

化学物質質量ランク	a(3点)	b(2点)	c(1点)
ポイント合計 [点]	8,7	6,5,4	3,2

揮発性等ランク

- 25 付近で気体
- 25 付近での蒸気圧が76Torr以上の液体または固体
常圧での沸点が89 以下の液体
- 25 付近での蒸気圧が7.6Torr以上76Torr未満の液体または固体
常圧での沸点が89 を超え、150 以下の液体
微粒子として排出される可能性がある固体
- 25 付近での蒸気圧が0.76Torr以上7.6Torr未満の液体または固体
常圧での沸点が150 を超え、220 以下の液体
- 25 付近での蒸気圧が0.76Torr未満の液体または固体
常圧での沸点が220 を超える液体
いずれも不明なもの

さらに体内蓄積可能性を考慮する

$$4.8 \leq \log P_{OA} \cap 3.5 \leq \log P_{OW} \Rightarrow 2\text{ランクアップ}$$

図4 曝露性ランクの決定方法の例(曝露経路 吸入曝露)



図5 ハンディー掃除機を用いた
ハウスダスト捕集

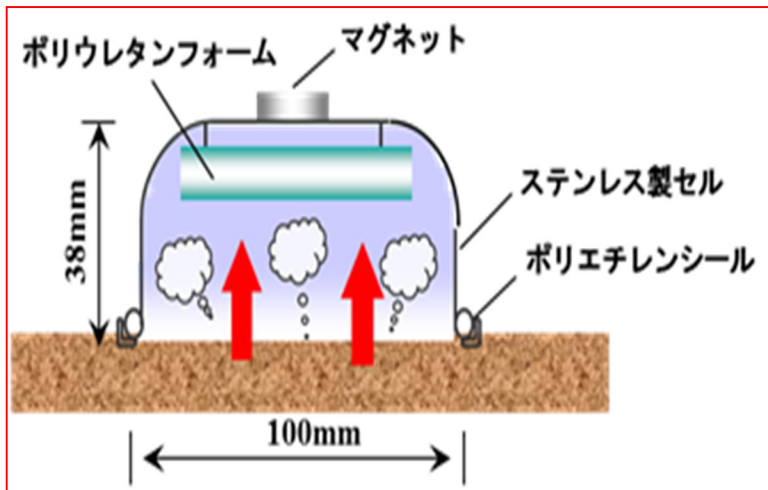


図6 エミッションセルの写真と概要図

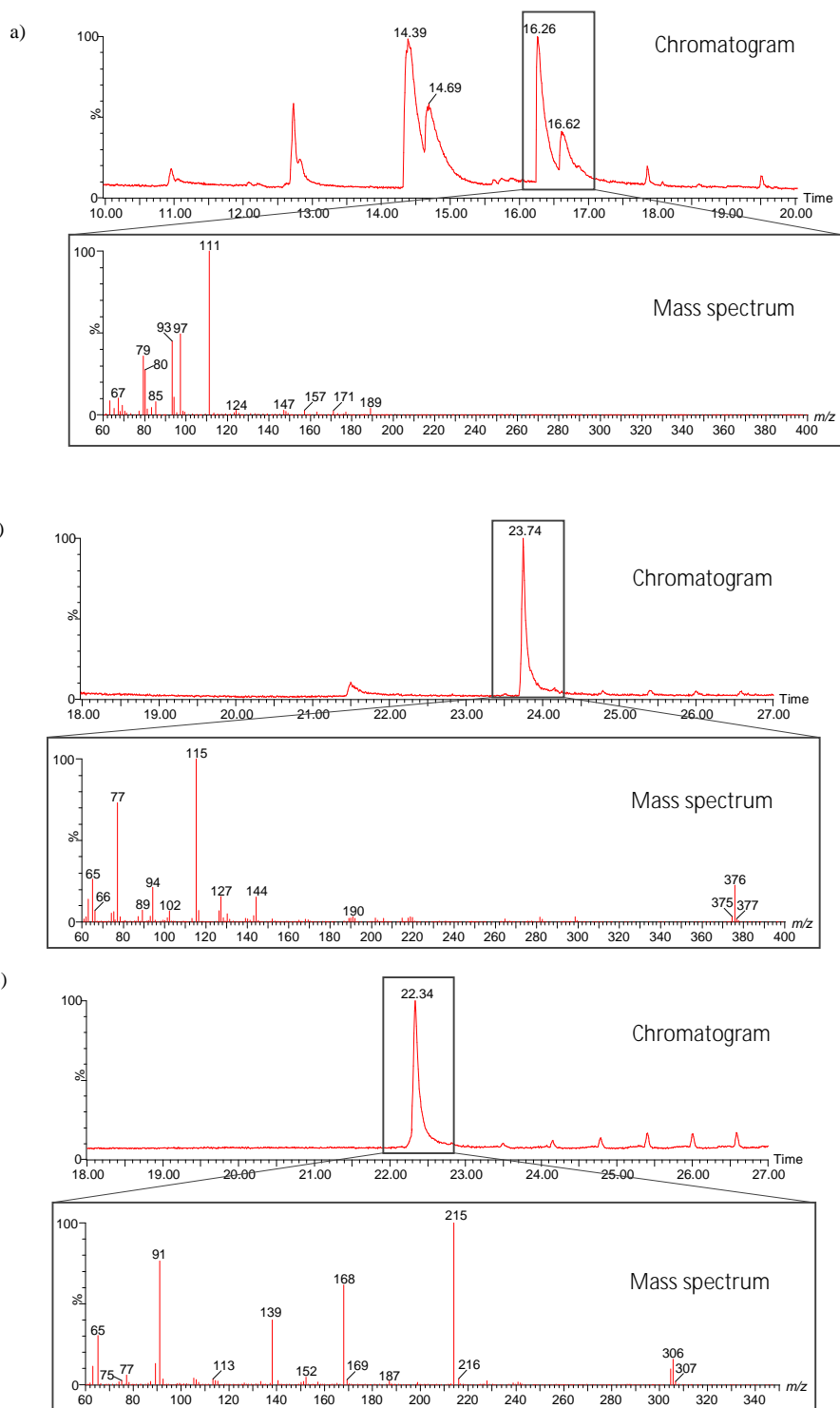


図7 完全溶解法を用いた防災カーテン抽出液のGC-MSのスキャン分析の結果

(a: curtain 15, b: curtain 17, c: curtain 21).

a)

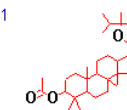
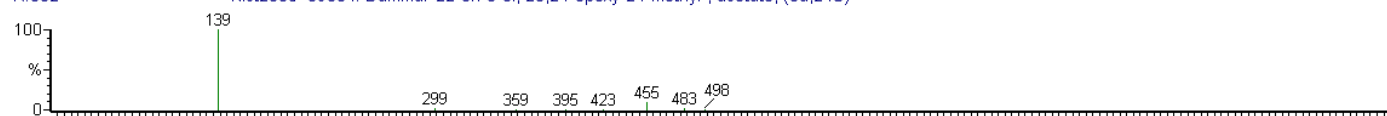
171003_W_std_10ppm-5 1677 (16.263) Cm (1674:1685-1480:1511)

7.82e7



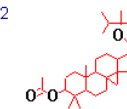
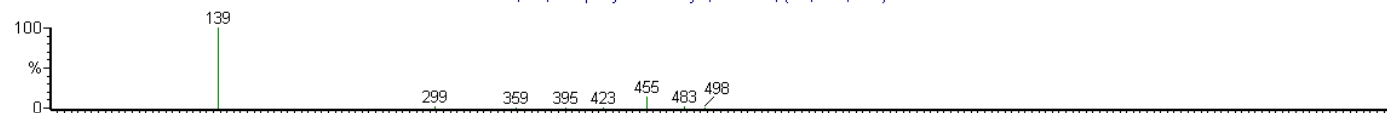
R:882 Nist2005 89884: Dammar-22-en-3-ol, 20,24-epoxy-24-methyl-, acetate, (3 α ,24S)-

Hit 1



R:842 Nist2005 89885: Dammar-22-en-3-ol, 20,24-epoxy-24-methyl-, acetate, (3 α ,20R,24R)-

Hit 2



R:831 Nist2005 27867: 2-Propynenitrile, 3-fluoro-

Hit 3



R:825 Nist2005 25920: Ethyne, difluoro-

Hit 4



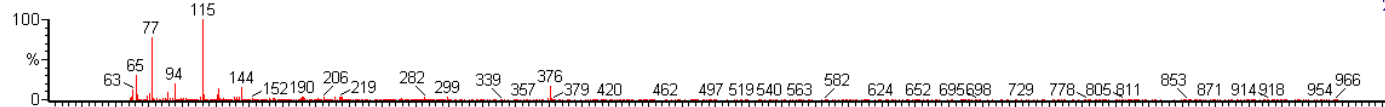
図 8a 完全溶解法を用いた防災カーテン抽出液から検出された未知ピークの MS スペクトルライブラリ検索の結果

(curtain 15)

b)

170920_naphtyl_std_10ppm 2622 (23.740) Cm (2621:2630-2292:2348)

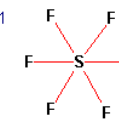
2.76e6



R: 842 Nist2005 79530: Sulfur, pentafluoromethyl-,



Hit 1



R: 825 Nist2005 25920: Ethyne, difluoro-



Hit 2



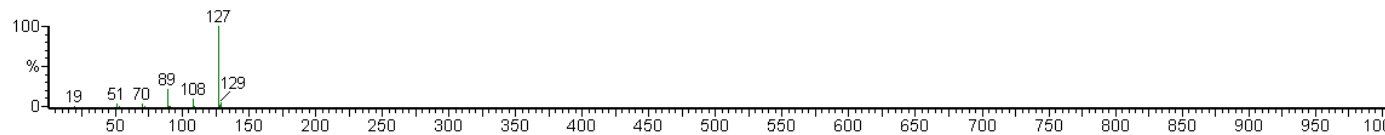
R: 808 Nist2005 148016: Ethyl [5-hydroxy-1-(6-methoxy-4-methyl-3-quinoliny)-3-methyl-1H-pyrazol-4-yl]acetate #



Hit 3

No Structure

R: 793 Nist2005 79529: Sulfur hexafluoride



Hit 4

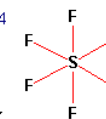


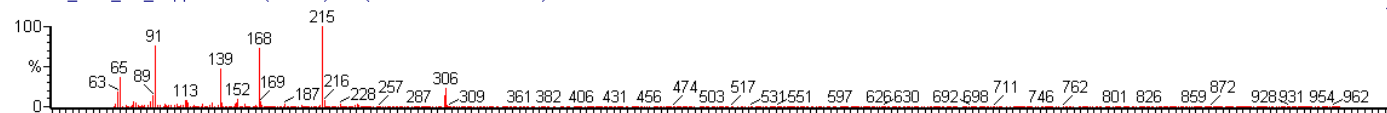
図 8b 完全溶解法を用いた防災カーテン抽出液から検出された未知ピークの MS スペクトルライブラリ検索の結果

(curtain 17)

c)

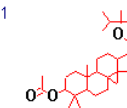
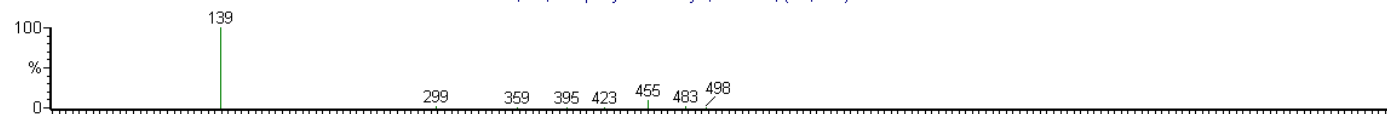
170920_BCA_std_10ppm2 2447 (22.351) Cm (2447:2460-2291:2324)

1.03e7



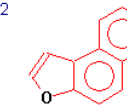
R:882 Nist2005 89884: Dammar-22-en-3-ol, 20,24-epoxy-24-methyl-, acetate, (3 α ,24S)-

Hit 1



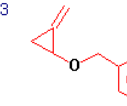
R:858 Nist2005 107681: Naphtho[2,1-b]furan

Hit 2



R:850 Nist2005 48045: 1-Methylene-2-benzyloxy-cyclopropane

Hit 3



R:842 Nist2005 89885: Dammar-22-en-3-ol, 20,24-epoxy-24-methyl-, acetate, (3 α ,20R,24R)-

Hit 4

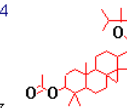
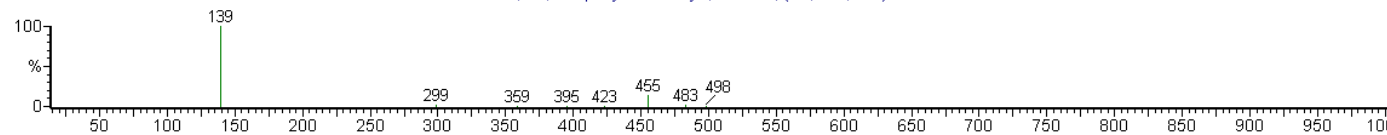


図 8c 完全溶解法を用いた防災カーテン抽出液から検出された未知ピークの MS スペクトルライブラリ検索の結果

(curtain 21)

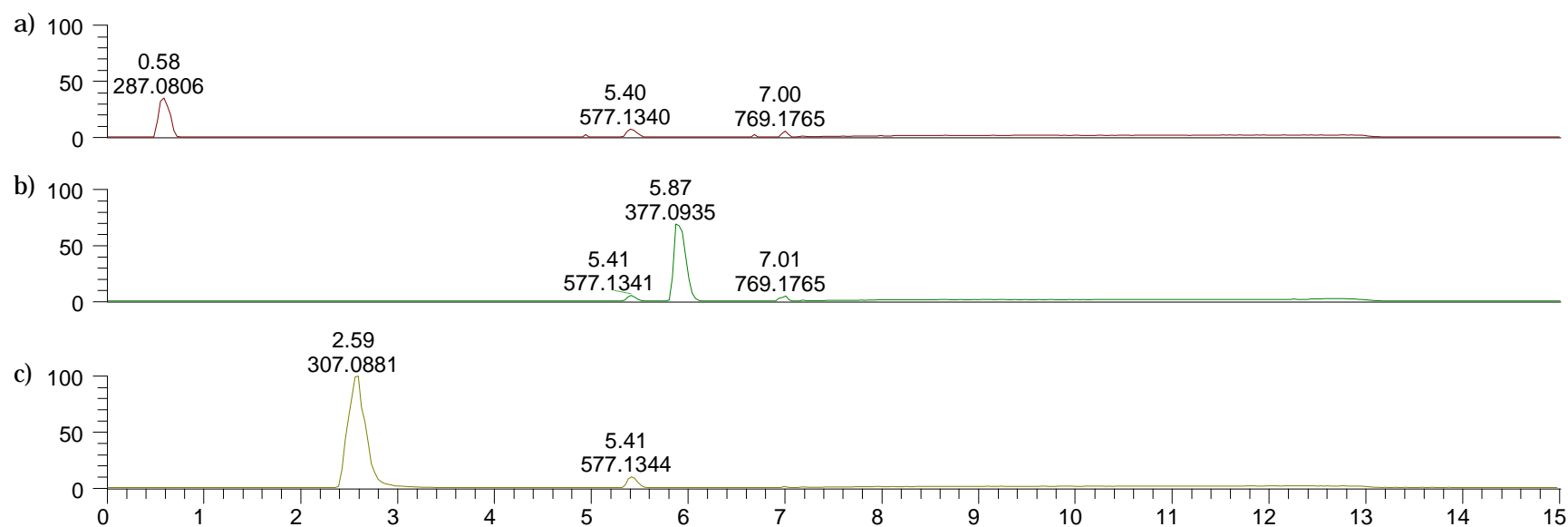


図9 完全溶解法を用いた防災カーテン抽出液のLC-Orbitrap-MSによる分析結果 (a: curtain 15, b: curtain 17, c: curtain 21).

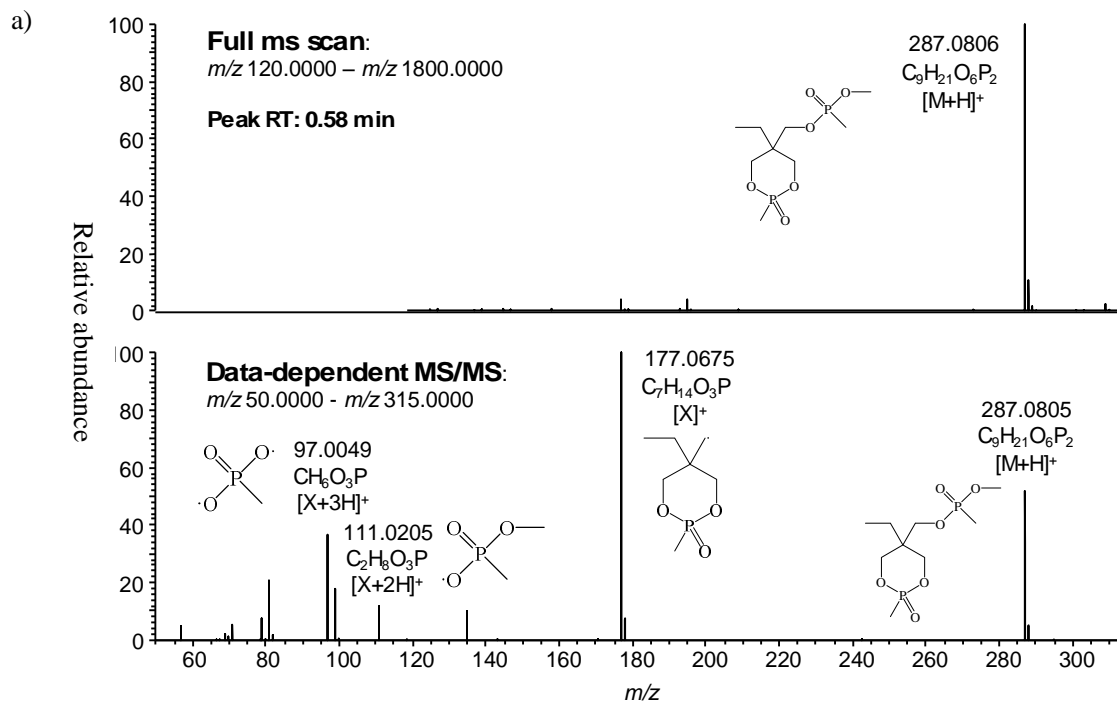


図 10a 完全溶解法を用いた防災カーテン抽出液の LC-Orbitrap-MS の

MS スペクトルデータ (curtain 15)

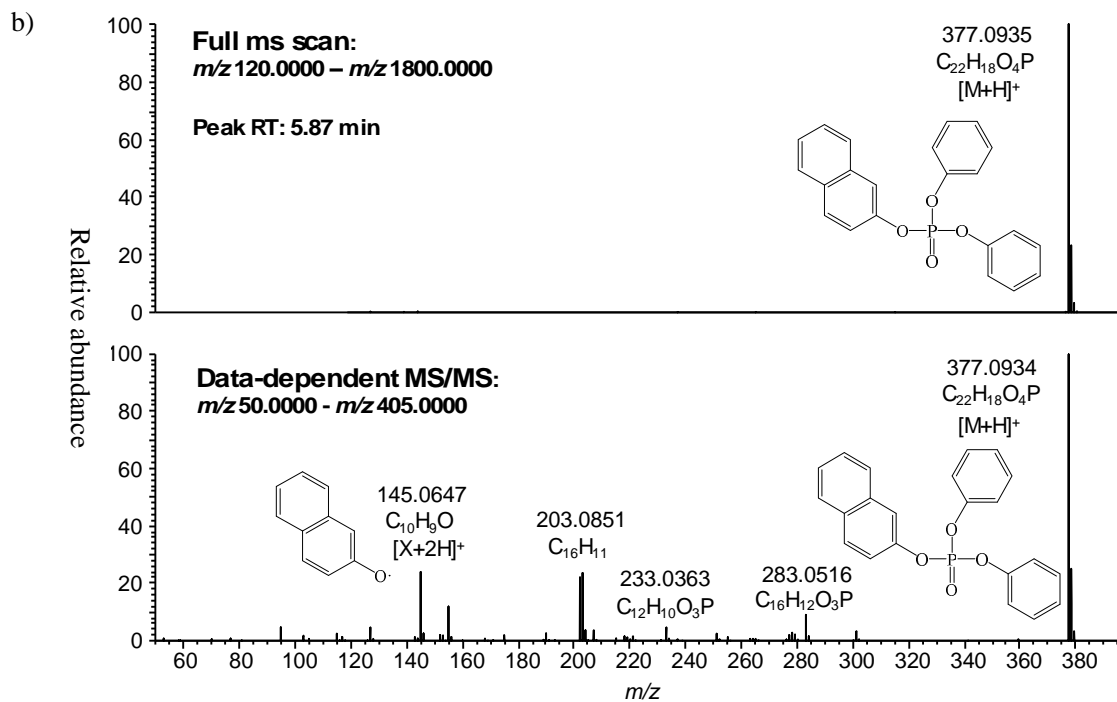


図 10b 完全溶解法を用いた防災カーテン抽出液の LC-Orbitrap-MS の

MS スペクトルデータ (curtain 17)

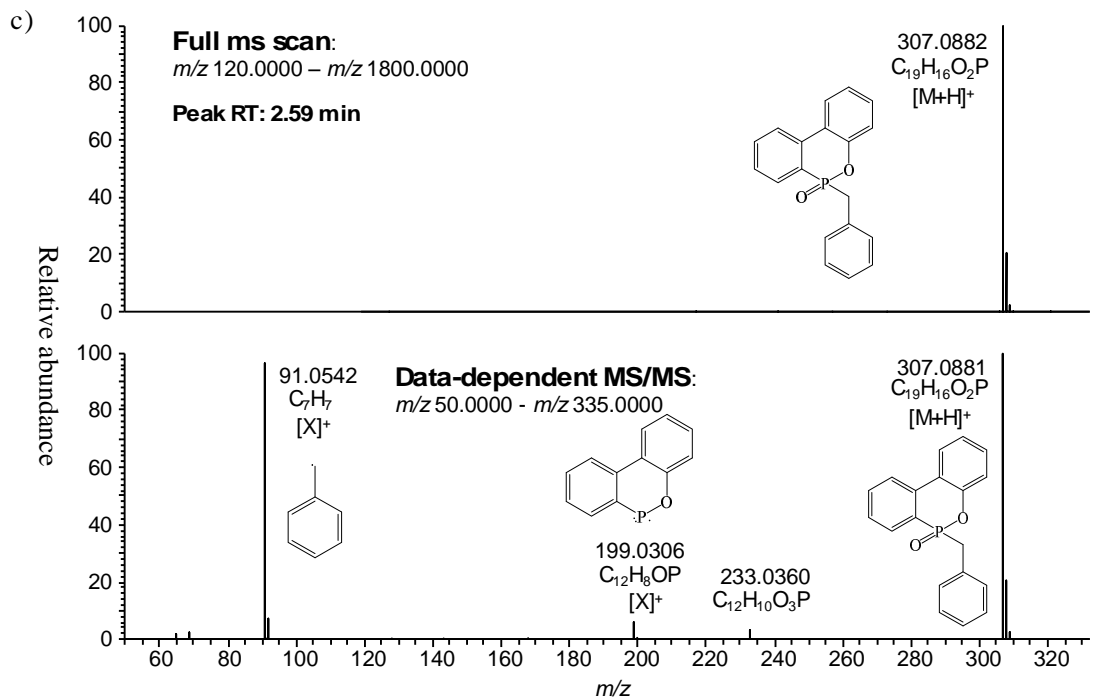


図 10c 完全溶解法を用いた防災カーテン抽出液の LC-Orbitrap-MS の

MS スペクトルデータ (curtain 21)

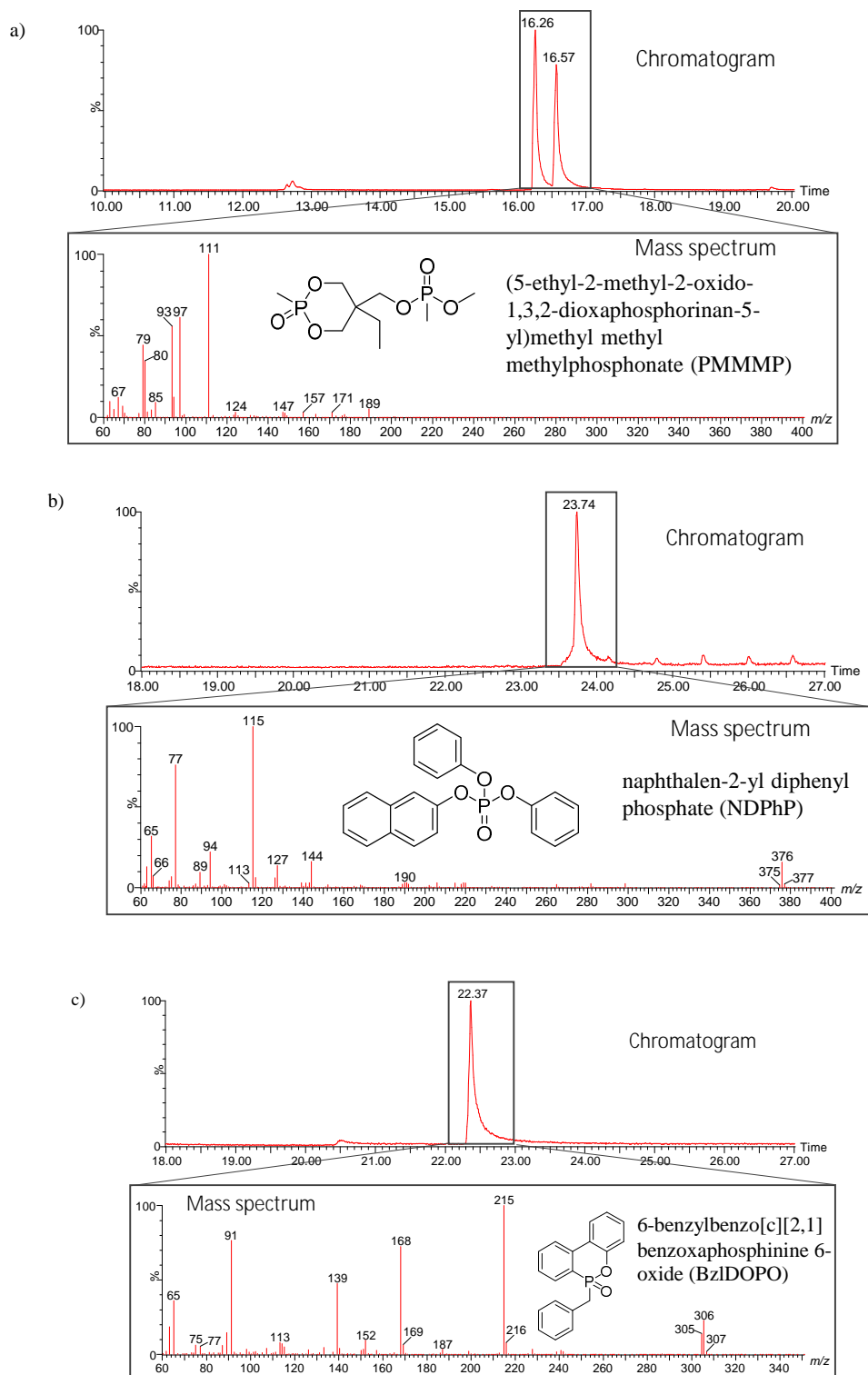


図 11 候補物質の標準試薬の GC-MS の MS スペクトルデータ

(a: PMMMP, b: NDPhP, c: BzIDOPO).

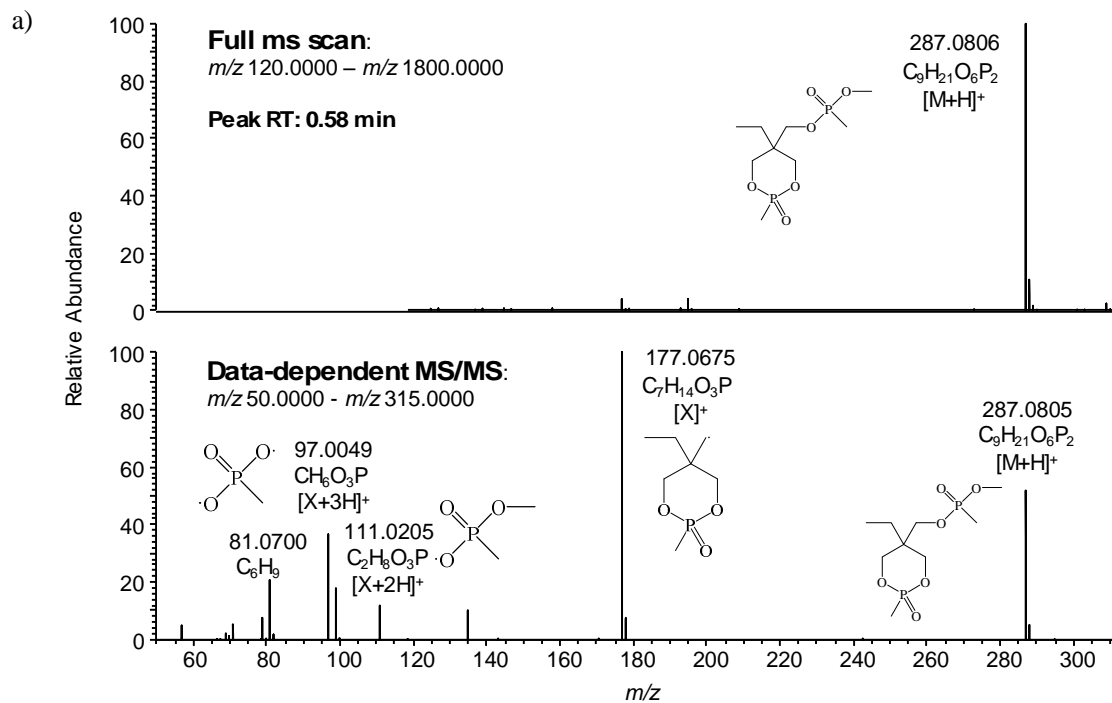


図 12a 候補物質の標準試薬の LC-Orbitrap-MS の MS スペクトルデータ

(PMMMP)

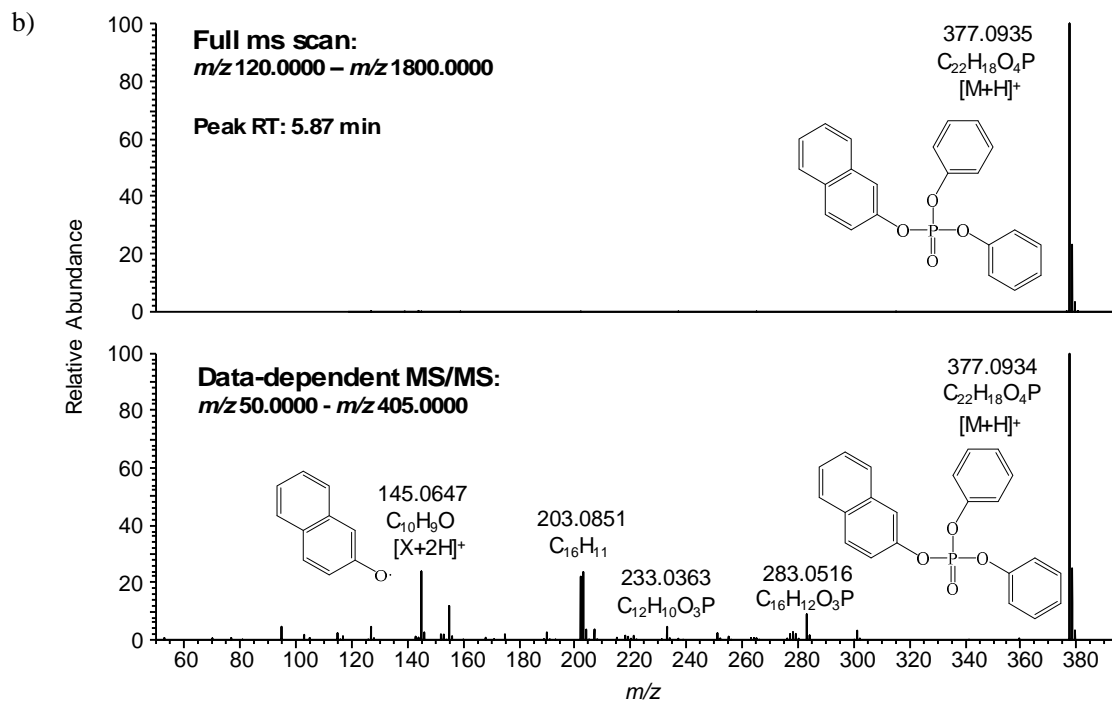


図 12b 候補物質の標準試薬の LC-Orbitrap-MS の MS スペクトルデータ

(NDPhP)

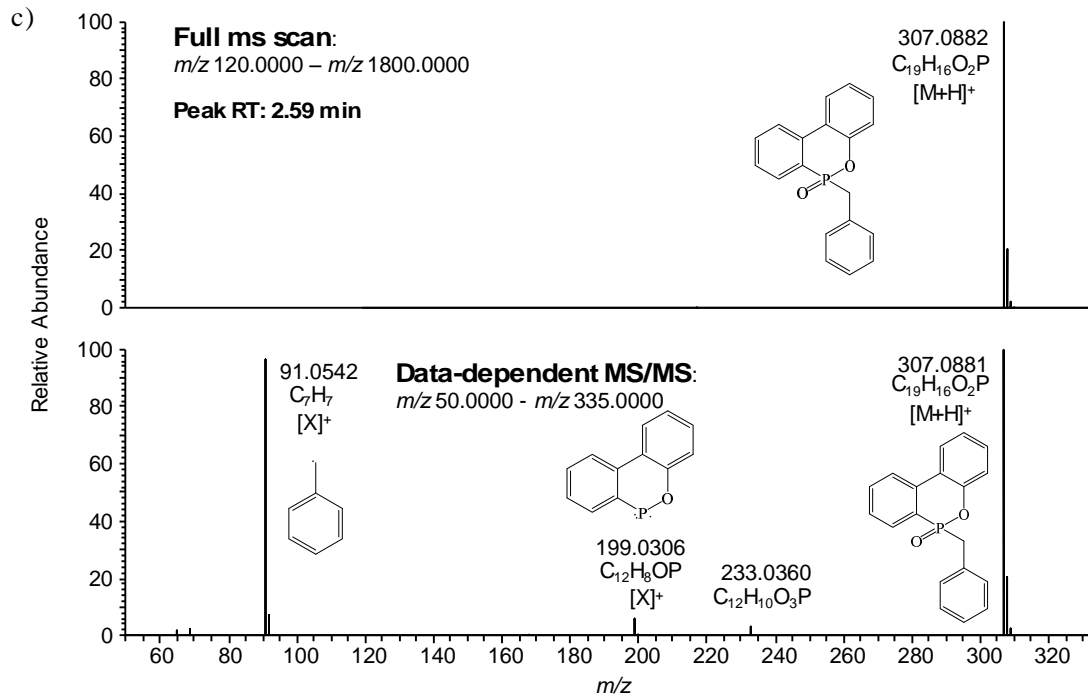


図 12c 候補物質の標準試薬の LC-Orbitrap-MS の MS スペクトルデータ

(BzIDOPO)

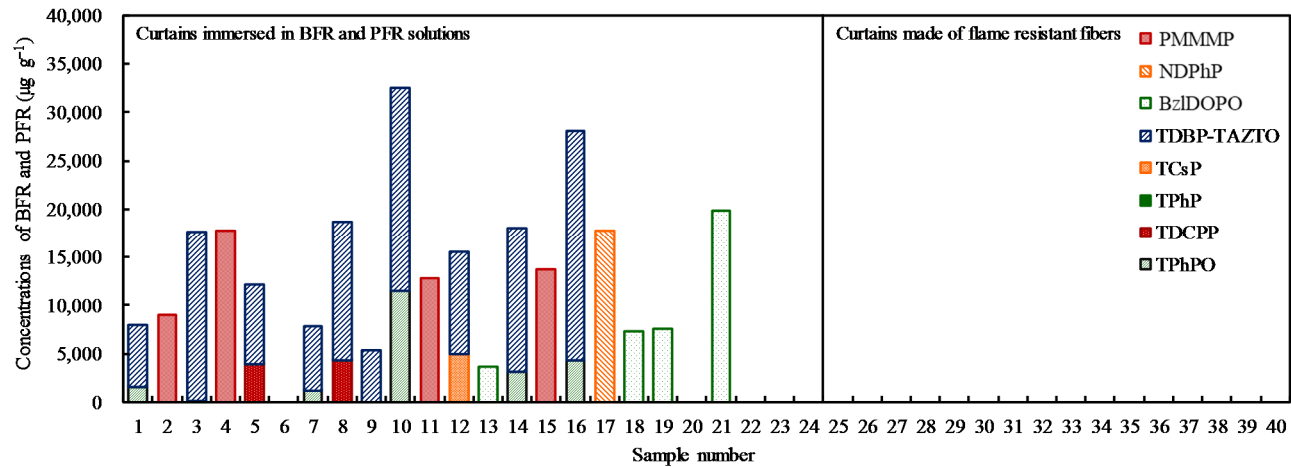


図 13 化学構造が未知であった難燃剤を含む防災カーテン中の難燃剤の測定結果.

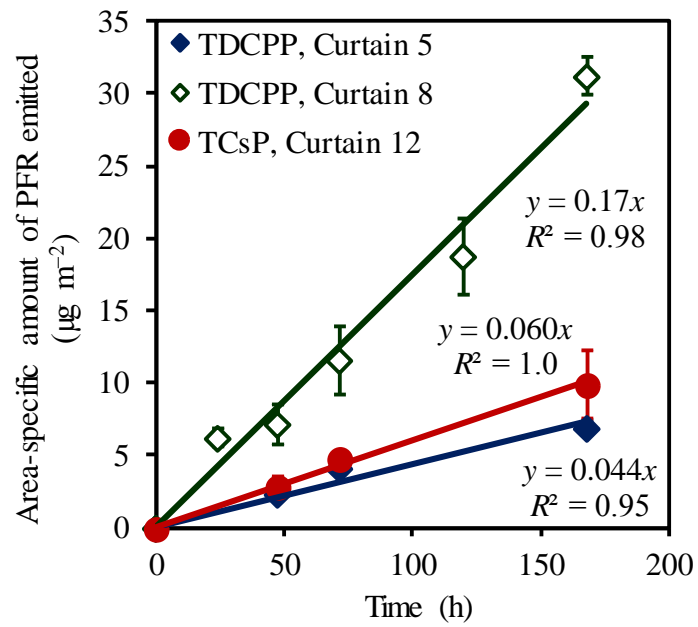


図14 防災カーテン中有機リン系難燃剤（PFR）のハウスダストへの間接移行実験結果（TDCPP：リン酸トリス（1,3-ジクロロ-2-プロピル），TCsP：リン酸トリクレジル）

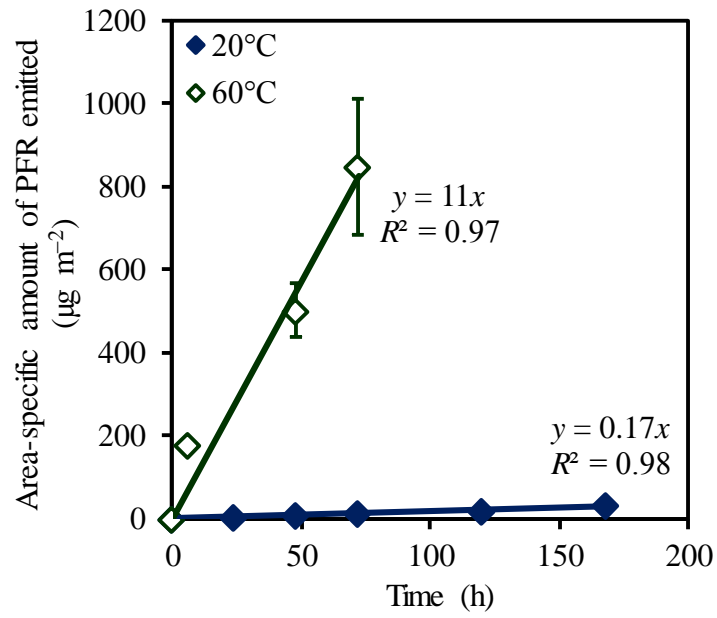


図 15 防災カーテンからのリン酸トリス (1,3-ジクロロプロピル) の発生速度の温度依存性 (カーテン 8)

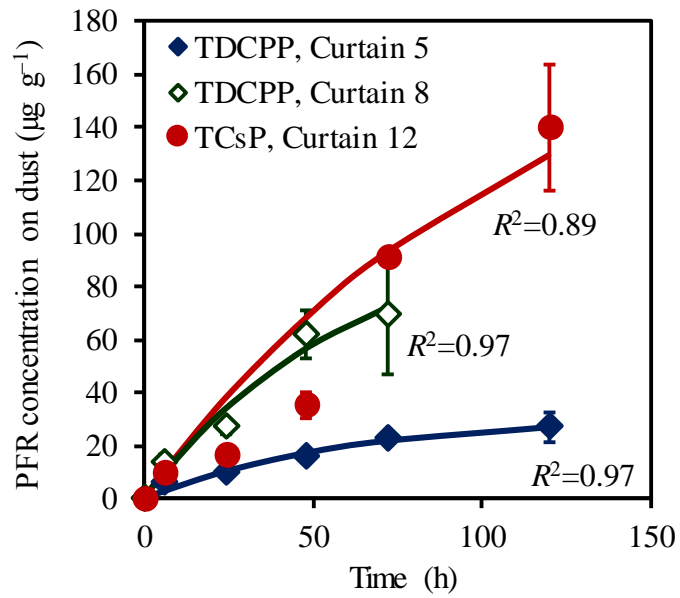


図16 防災カーテン中有機リン系難燃剤（PFR）のハウスダストへの直接移行実験結果（TDCPP：リン酸トリス（1,3-ジクロロ-2-プロピル），TCsP：リン酸トリクレジル）

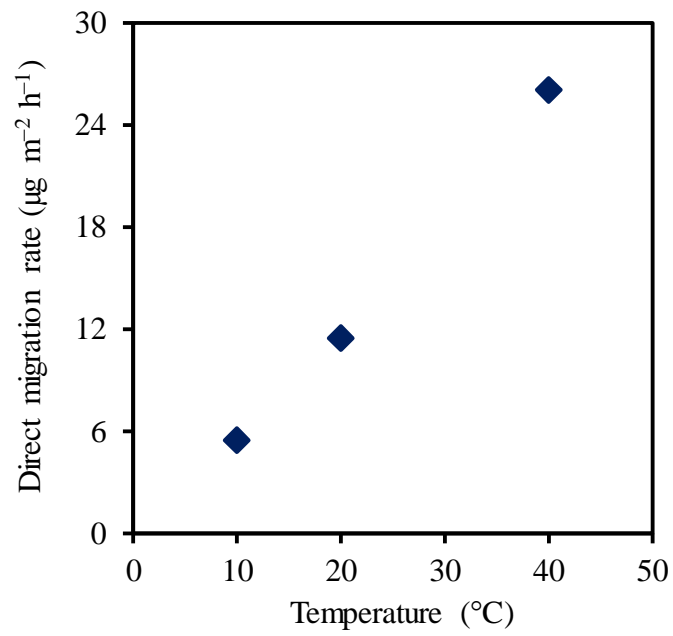


図 17 防災カーテン中リン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピル)のハウスダストへの直接移行速度の温度依存性

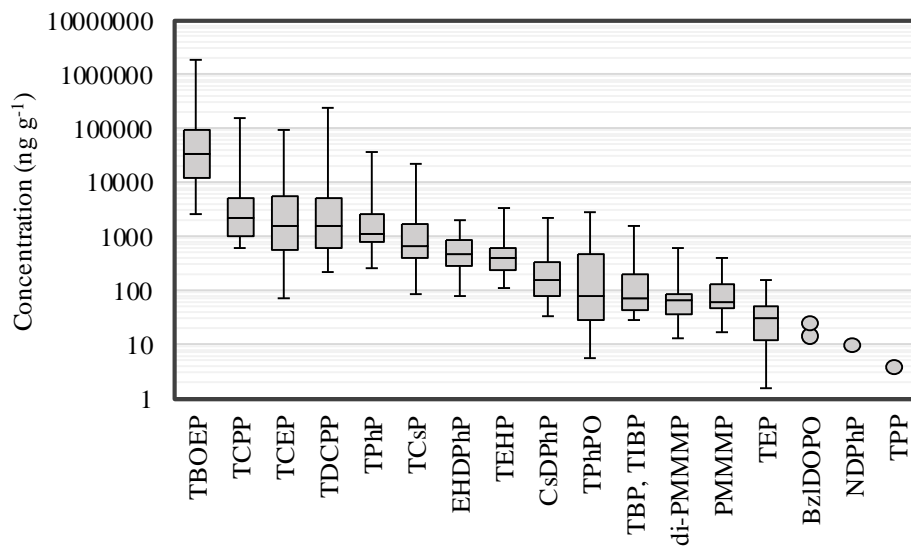


図 18 日本の住宅のハウスダスト中の有機リン系難燃剤の濃度範囲
(2015–2019)

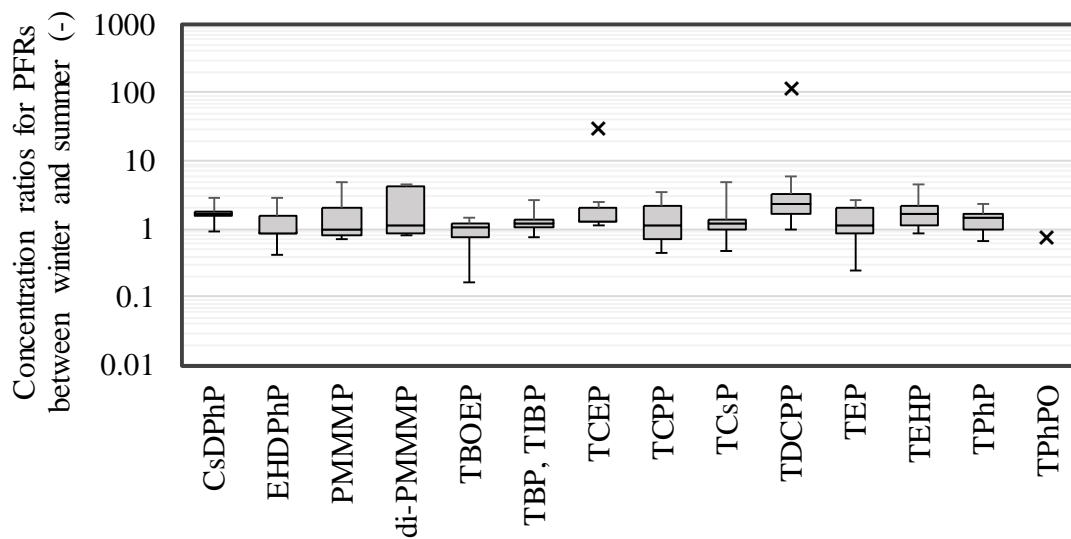
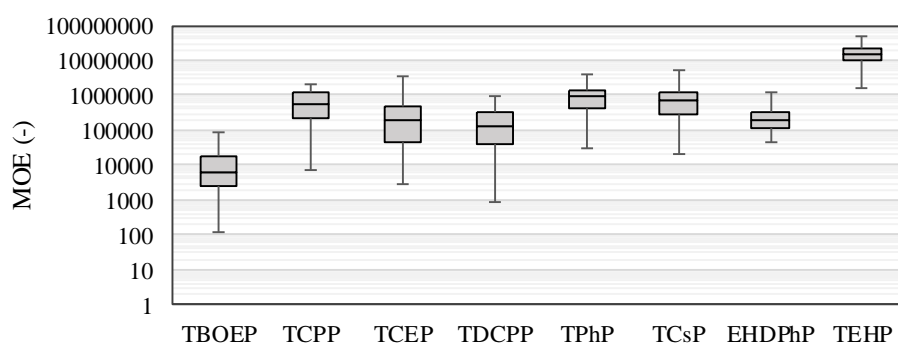


図 19 日本の住宅のハウスダスト中の有機リン系難燃剤濃度の夏期と冬期の比較 (2015-2019)

a) Adult



b) Toddler

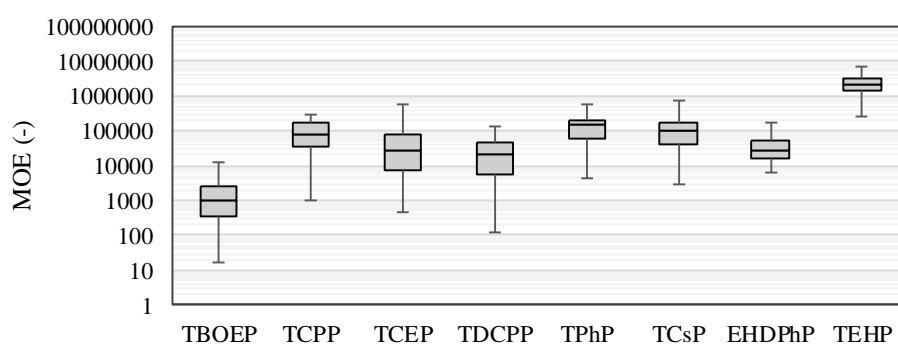


図 20 ハウスダスト中の有機リン系難燃剤のリスク評価

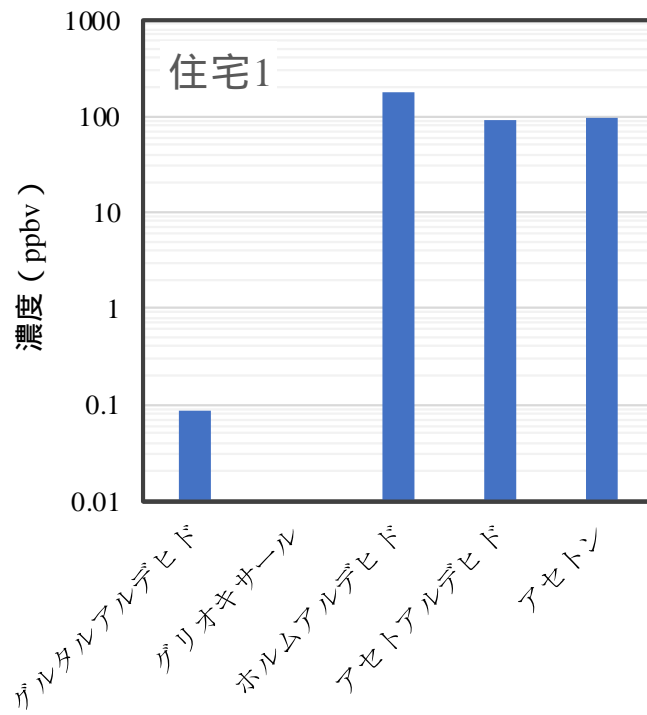


図 21-1 住宅 1 における測定対象物質の濃度

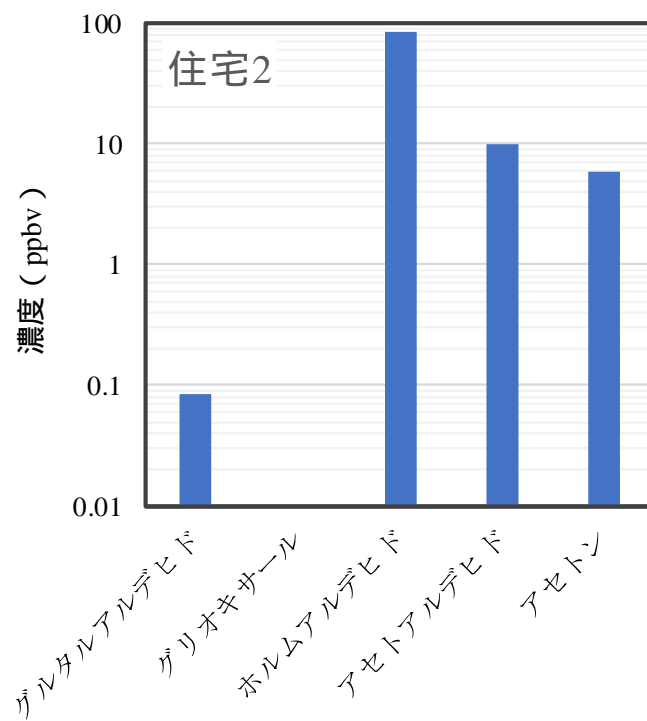


図 21-2 住宅 2 における測定対象物質の濃度

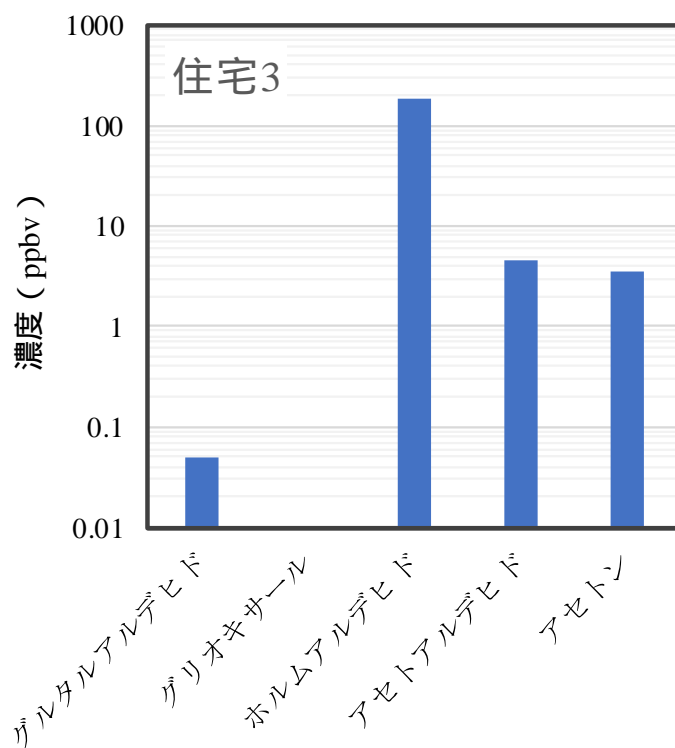


図 21-3 住宅 3 における測定対象物質の濃度

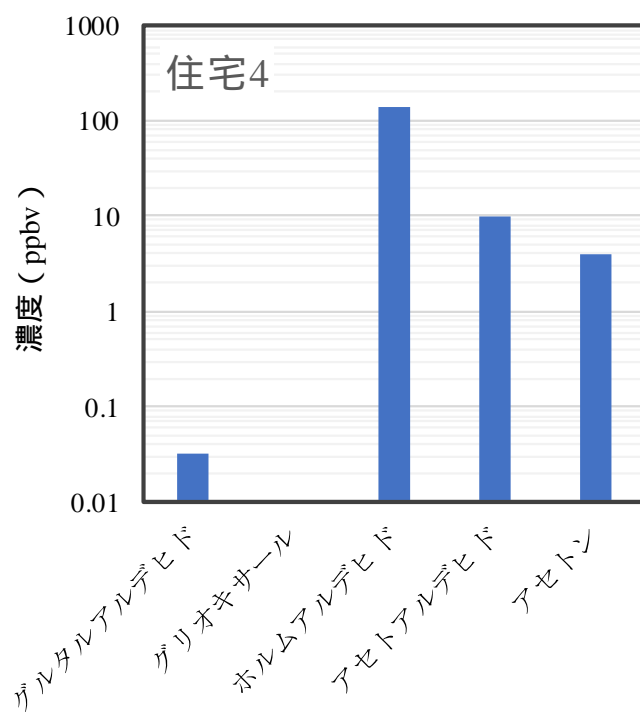


図21-4 住宅4における測定対象物質の濃度

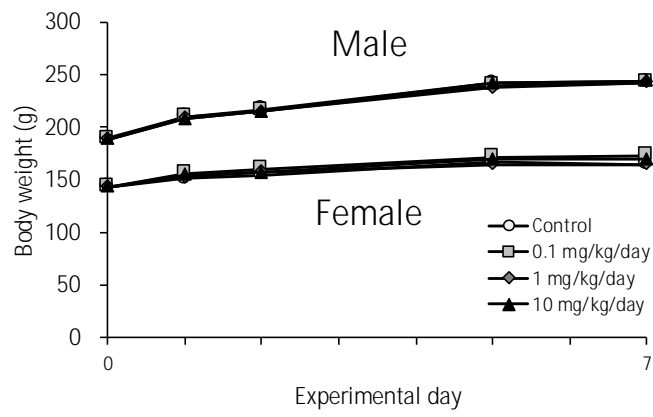


图22 雄性和雌性SD大鼠服用PMMMP 1周后的体重。

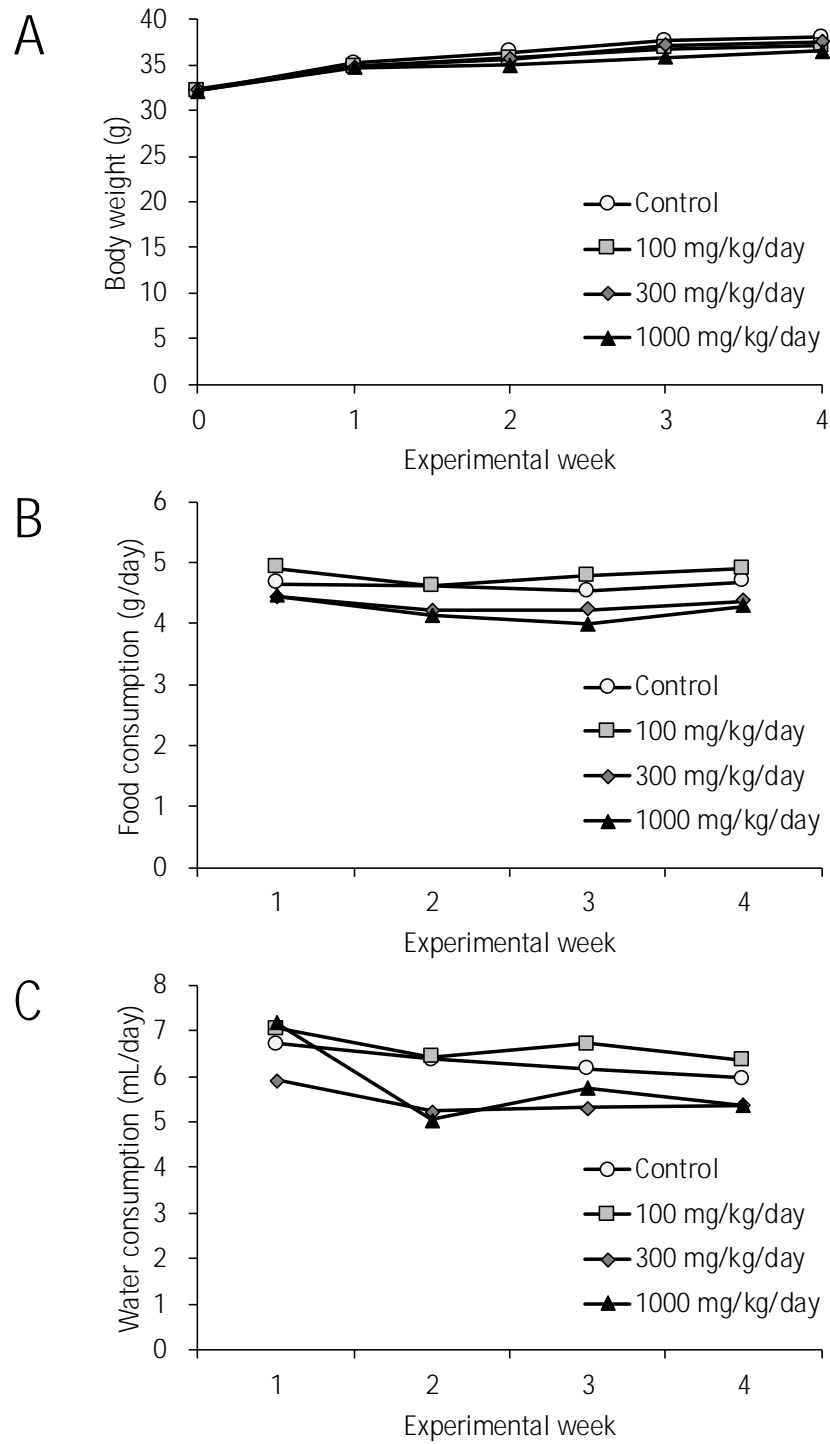
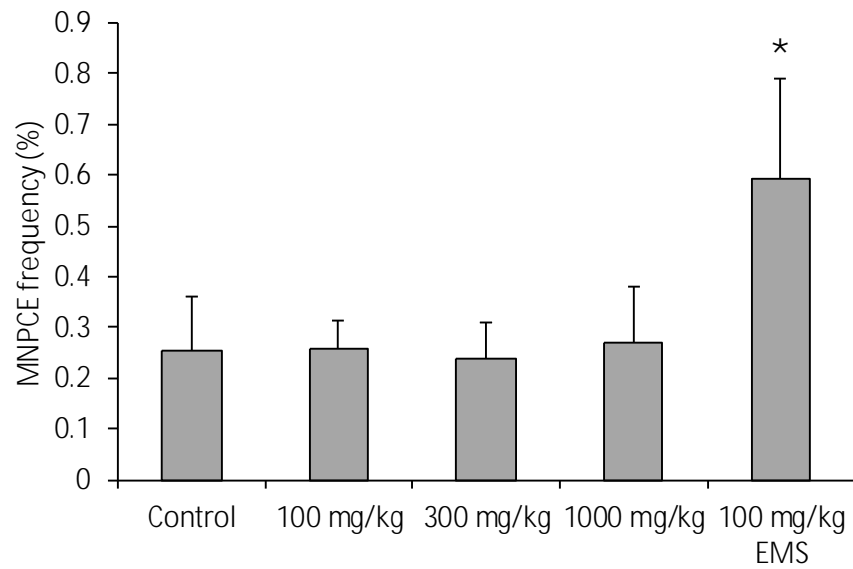
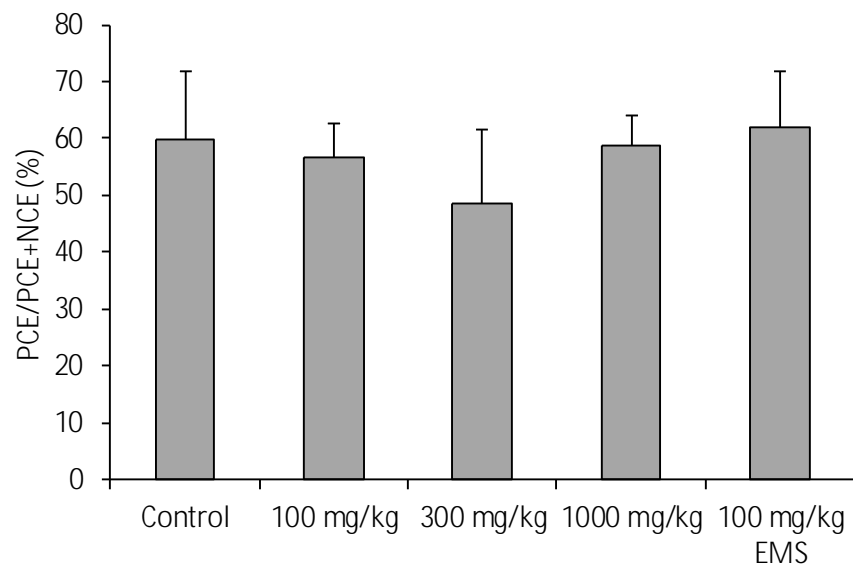


图23 Body weights (A), food consumption (B) and water consumption (C) of male CD1 mice treated with PMMMP for 4 weeks.

(A)



(B)



24 Bone marrow micronucleus assay in the mice treated with PMMMP or EMS. (A) Proportion of micronucleated polychromatic erythrocytes (MNPCE). (B) Ratio of polychromatic erythrocytes. NCE, normochromatic erythrocytes. Data represent the mean \pm S.D. **, significantly different from the control at $p < 0.05$.

室内環境中で使われる化学物質情報の拡充 (高懸念 (A, A) と評価された物質)

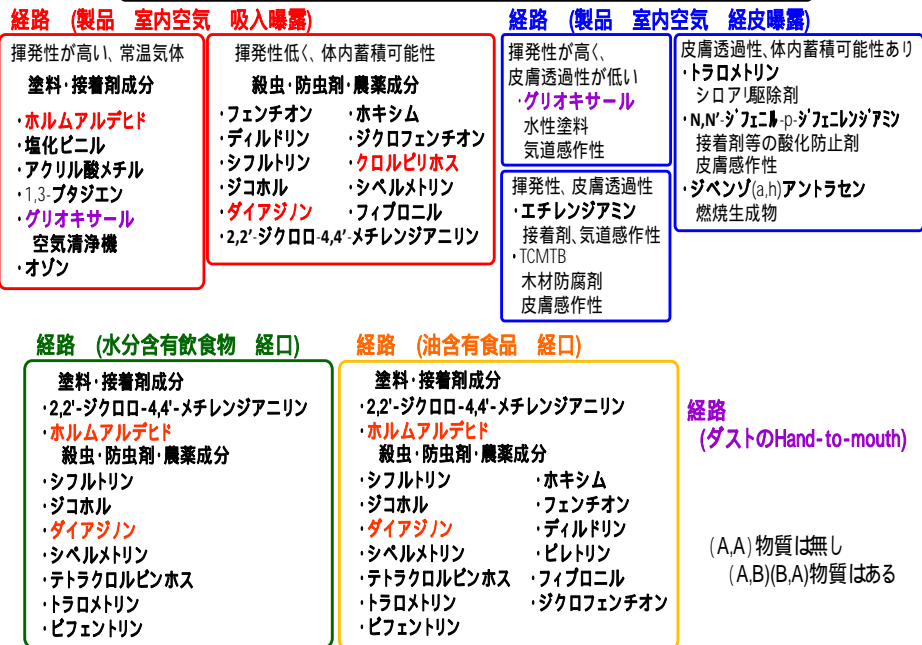


図25 本研究で高懸念 (A,A) とスクリーニング評価された物質

化学物質情報入力シート

CAS_RN	50-00-0	
物質名	ホルムアルデヒド	
	入力箇所	選択箇所

有害性情報			
吸入長期 基準値等		経口長期 基準値等	
[mg/m3]	出典	[mg/L]	出典
0.01		0.1	

有害性情報															
発がん性確度分類(経路 -)															
IARC	IARC ポイント	EU	EU ポイント	EPA	EPA ポイント	NTP	NTP ポイント	旧 労働省	旧 労働省 ポイント	ACGIH	ACGIH ポイント	産衛学会 ポイント	産衛学会 ポイント	発がん性確 度 ポイント	発がん性確 度 有害ラン ク
なし	0	R45 Carc. Cat. 1	5	C	3	B	4	指定物質	3	A5	1	第2群B	4	5	A

有害性情報													
変異原性確度分類(経路 -)							生殖毒性確度(経路 -)						
EU	EU ポイント	CLP ハザード 情報	CLP ハザード 情報 ポイント	変異原性 確度 ポイント	変異原性 確度 有害ラン ク	EU	EU ポイント	CLP ハザード 情報	CLP ハザード 情報 ポイント	生殖毒性 確度 ポイント	生殖毒性 確度 有害ラン ク		
		なし	0	0	×			なし	0	0	×		

有害性情報													
感作性確度分類(経路)							感作性確度分類(経路 ,)						
EU	EU ポイント	CLP ハザード 情報	CLP ハザード 情報 ポイント	感作性 確度 ポイント	感作性 確度 有害ラン ク	EU	EU ポイント	CLP ハザード 情報	CLP ハザード 情報 ポイント	感作性 確度 ポイント	感作性 確度 有害ラン ク		
		なし	0	0	×			なし	0	0	×		

有害性情報ランク						
吸入確度 情報ランク ポイント (経路)	経口確度 情報ランク ポイント (経路)	経口確度 情報ランク ポイント (経路)	経口確度 情報ランク ポイント (経路)	経口確度 情報ランク ポイント (経路)	経口確度 情報ランク ポイント (経路)	経口確度 情報ランク ポイント (経路)
5	5	5	5	5	5	5

物理性情報													
製品 使用量	含有率	蒸気圧	沸点	log P _{oa}	log P _{ow}	製品 使用形態	皮膚透過 係数 log kp_b [m/h]	無次元 ヘンリー 定数 logH	土壌への 吸着係数 logKd	接触 頻度	分子量	主要用途	
kg以上	4	[Torr]	100	[*]	3.6	b	-1	-3	6	b	400	塗料	

図26 化学物質情報入力シート（入力例）

曝露経路 製品 室内空気 吸入曝露

評価結果出力シート

CAS_RN 50-00-0
物質名 ホルムアルデヒド

経路 有害性ランク(室内空気 吸入)					
吸入管理参考濃度ランク	点数	吸入確度情報ランク	点数	吸入有害性ランクポイント	吸入有害性ランク
B	4	A	5	5	A

経路 曝露性ランク(室内空気 吸入) 製品使用形態 + 化学物質 + 揮発性等 + 体内蓄積可能性

製品使用形態ランク	点数	製品使用量ランク	点数	含有率ランク	点数	化学物質量ランク	点数	揮発性等ランク	点数	曝露経路移行ランクポイント	体内蓄積可能性	曝露性合計点	曝露性ランク
b	2	b	2	c	3	b	2	b	2	6	2	8	A

スクリーニング評価結果

経路 (室内空気 吸入)
室内空気の吸入曝露の結果

有害性ランク = **A**

曝露性ランク = **A**

上位 **2%**

		有害性ランク				
		A	B	C	D	E
曝露性ランク	A	19	25	20	25	24
	B	18	20	20	22	26
	C	25	54	39	49	33
	D	69	67	43	46	118
	E	26	22	11	24	24

曝露経路 製品→室内空気→経皮曝露

経路 有害性ランク(室内空気 経皮)							
吸入管理参考濃度ランク	点数	経口管理参考濃度ランク	点数	経口確度情報ランク	点数	経口有害性ランクポイント	経口有害性ランク
B	4	B	4	A	5	5	A

経路 曝露性ランク(室内空気 経皮)

製品使用形態ランク	点数	製品使用量ランク	点数	含有率ランク	点数	製品使用量+含有率ポイント	化学物質量ランク	点数	揮発性等ランク	点数	皮膚透過性ランク	点数	曝露経路移行ランクポイント	体内蓄積可能性	曝露性合計点	曝露性ランク
b	2	b	2	c	3	5	b	2	b	2	d	-1	5	1	6	B

スクリーニング評価結果

経路 (室内空気 経皮)
室内空気の経皮曝露の結果

有害性ランク **A**

曝露性ランク **B**

上位 **6%**

		有害性ランク				
		A	B	C	D	E
曝露性ランク	A	6	4	4	13	35
	B	21	6	14	10	37
	C	17	12	7	17	19
	D	28	10	18	18	27
	E	64	38	41	44	53

図27 評価結果の出力画面の例 (ホルムアルデヒド、曝露経路)

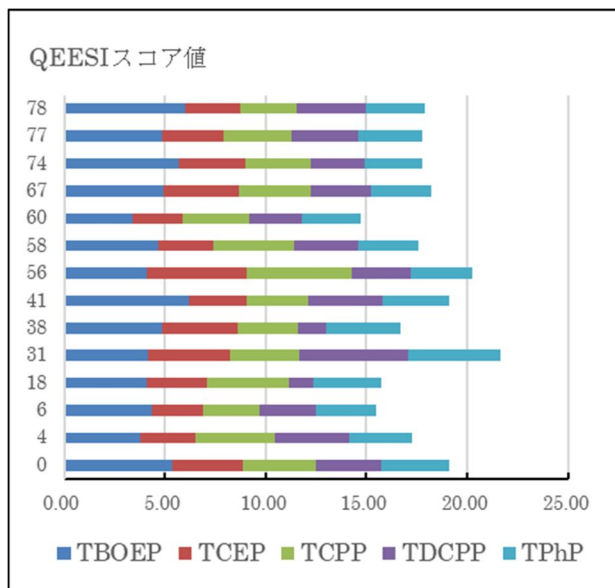


図28 化学物質濃度とQEESIスコア(合計値)