

厚生労働科学研究費補助金（化学物質リスク研究事業）
総括研究年度終了報告書

室内環境中の未規制物質の網羅的解析に関する研究

研究代表者： 雨谷 敬史 静岡県立大学食品栄養科学部

研究要旨

本研究は、室内環境中に存在する多種多様な化学物質について、ハザード評価、曝露評価をベースに、スクリーニング的な簡易リスク評価を行い、健康影響が懸念される化学物質を洗い出すことを目的とした。このために、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各サブテーマを遂行すると共に、情報交換を行い、網羅的な解析になるように努めた。得られた成果は、論文発表、学会発表等で公表すると共に、毎年、環境科学会において、シンポジウムを開催して議論した。以下、サブテーマ毎に研究成果の要旨を報告する。

サブテーマ(a)曝露評価・リスク評価では、室内環境で使用されている有機リン系及び臭素系難燃剤について、それぞれ近年使用され始めた代替物質を含めた一斉分析法の開発を行った。さらに、市販のカーテンに使用されている難燃剤の含有量の分析を行った。このような難燃剤の曝露形態別の曝露量は、ハウスダスト経由の曝露が大きい事が判ったことから、その含有量についても調査し、曝露・リスク評価を行った。曝露マージンを算出した結果、一部のリン系難燃剤の曝露マージンが小さく、今後のリスク評価が必要と考えられた。

サブテーマ(b)ハザード評価では、臭素系難燃剤である decabromodiphenyl ether (DBDE)の *in vivo* 遺伝毒性試験および Tris-(2,3-dibromopropyl) isocyanurate (TDBP-TAZTO)の反復投与毒性試験を行った。6-7週齢雄の B6C3F₁系 *gpt delta* マウスに DBDE を 25,000 または 50,000 ppm の濃度で 28 日間混餌投与したところ、DBDE 投与群の小核出現頻度ならびに *gpt* 及び Spi 変異体頻度は対照群に対して有意な変化を示さなかった。TDBP-TAZTO については、6 週齢雌雄 SD ラットに 28 日間混餌投与したところ影響が見られる可能性が示唆されたため、同ラットに 0.3%、1.2%または 5.0%の濃度で 13 週間混餌投与したところ、雌雄の投与群で何れの用量においても肝臓の相対重量の高値が認められた。また、雄の 5.0%投与群において、腎臓の相対重量が対照群に比して有意に上昇した。

サブテーマ(c)室内化学物質ライブラリの構築では、室内環境中に存在する製品情報、製品中化学物質情報の収集・整理と、室内環境での主要曝露経路における高リスク懸念物質のスクリーニング手法の構築を行った。また、曝露性ランクと有害性ランクを設定し、各ランクを組み合わせて高リスク懸念物質のスクリーニングを行った。現在までに、1698 物質の情報をデータベース化した。また、室内の油含有食品や埃などへの移行に係わる物性値 Poa について、高精度の予測手法を開発した。

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、市販の防災カーテンやハウスダストから TDBP-TAZTO などの臭素系難燃剤を検出した。難燃剤を含有する防災カーテンからは、20℃の室温においても難燃剤を放出することが実験で確認されたが、防災カーテンからの難燃剤の放散速度より、ダストへの直接の移行速度の方が 2 オーダーも大きく、ほとんどがダストに付着して存在することがわかった。そこで現場で難燃剤の放散源探索を可能とするため、エミッションセルを用いて測定する方法を開発し、実際の放散量を測定した結果、カーテンに加え別の部材から難燃剤の放散も確認でき、捕集された難燃剤は発生源によって異なることなどが判った。

(総括)以上の4サブテーマでは、連携して室内環境中の難燃剤の動態や人への曝露、そして健康影響に関する基礎的知見を得ることができた。また、今後検討すべき化学物質のリストの開発は、本研究の大きな成果である。さらに、曝露評価手法の開発や簡易リスク評価の開発により、室内の未規制の化学物質のスクリーニングが可能となった。また、ハザード評価と連携することにより、健康影響が不明な化合物も含めて評価対象として検討することができた。

難燃剤に関して、臭素系よりも有機リン系難燃剤の方が、リスクが高い可能性が示されたことから、今後は、本研究結果をもとに、有機リン系化合物の網羅的な評価がなされるきっかけになることを期待したい。

研究分担者：

サブテーマ (a)

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)

サブテーマ (b)

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)

サブテーマ (c)

小林 剛 (横浜国立大学大学院環境情報研究院・准教授)

サブテーマ (d)

久米 一成 (東京都市大学環境学部・客員教授)

小郷 沙矢香 (静岡県環境衛生科学研究所・主任)

A. 研究目的

建築物の高気密化により発生する化学物質の問題は、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、室内の化学物質は多種多様であり、原因が解明されない例も報告されている。そこで本研究では、室内に配置されている多種多様な製品に関するハザード・曝露評価を行い、安全性が十分でない物質や商品を洗い出すことを目的とした。

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、室内環境中に存在する未規制物質の網羅的な解析に努めた。

本研究を開始した平成26年の少し前(平成15年)にヘキサブロモシクロドデカンという難燃剤がPOPs条約で禁止されたことを受けて、この代替品が問題となると考えた。一方、WHOでは、WHO guidelines for indoor air qualityにおいて、難燃剤をGroup 2に入れている。そこで、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のリストを作成し、難燃剤以外に緊急に調査すべき化学物質がないかどうか、検討した。

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、まず評価すべき有機リン系及び臭素系難燃剤について、GC-MSやLC-MSを駆使した分析方法の確立を目指した。開発した分析手法を用いて、曝露経路を念頭に置き、カーテンに使用されている代替難燃剤の調査を行った。また、難燃剤のような高沸点化合物は、ハウスダストを経由した曝露量が多いことがわかっていることから、ハウスダストに含まれる難燃剤濃度の実態調査を行い、リスク評価を行った。

サブテーマ (b)

臭素系難燃剤の decabromodiphenyl ether (DBDE) は、ラット肝臓に発がん性を有する事が報告されており、マウスへの投与では明確な発がん性は示さないものの肝腫瘍の発生率が上昇するとされている。一方、種々の *in vitro* 遺伝毒性試験では陰性結果が報告されているが、*in vivo* 試験系での検討は限られており、マウス並びに発がん標的臓器の遺伝子突然変異誘発性については検討されていない。また、Tris-(2,3-dibromopropyl) isocyanurate (TDBP-TAZTO) はカーテンなどの難燃化を目的に使用されている臭素系難燃剤であり、環境中からも検出されることからヒトへの曝露の可能性が懸念されている。しかし、その毒性評価はあまりされておらず、特に哺乳動物を用いた検討はごく限られている。そこで、本研究ではDBDEおよびTDBP-TAZTOのハザード評価に資するデータの取得を目的に、DBDEの *in vivo* 遺伝毒性およびラットを用いたTDBP-TAZTOの反復投与毒性を検討した。

サブテーマ (c)

室内に存在する製品情報、製品中化学物質情報の収集・整理と、室内環境での主要曝露経路における高リスク物質のスクリーニング手法の構築を行う。初年度は製品情報、製品中化学物質情報の収集・整理を進めるとともに、比較的高リスクと考えられる物質を選定するためのスクリーニング手法の考え方を検討する。また、これまでに

十分な知見の無い曝露経路に関しては、スクリーニング結果の妥当性の検証方法も検討した。なお詳細なデータとともに詳細評価の候補物質の情報を他のサブテーマグループに提供することと、更に主要曝露経路における高リスク物質のスクリーニング手法の精度を高めると共に、情報を拡充した。

サブテーマ (d)

室内に持ち込まれるカーテンは、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として国内外で広く使用されていた臭素系難燃剤ヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)が有害性(難分解性・高蓄積性)を指摘され使用禁止となったため、近年はリン系難燃剤などその他の難燃剤に代替が進んでいる。しかし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。

そこで、本研究では、まず市販されている防災カーテンについて、難燃剤として使用されている化学物質の現状を把握するため、実態調査を行うことを目的とした。また難燃剤のような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。そこでハウスダストに含まれる難燃剤濃度の実態調査を行うこと、ダストへ移行経路を考えるため、標準ダストを用いた防災カーテンからの難燃剤の直接接触による移行試験調査を行うことを目的とした。

さらに現場での難燃剤の放散源探索を可能とするため、エミッションセルを用いた室内環境中の難燃剤放散源探索手法を開発しその有効性を確認した。

B. 研究方法

サブテーマ (a)

(a-1) カーテン中の代替難燃剤の調査

本研究で構築した一斉分析法を用いて、カーテンに含まれる臭素系・リン系難燃剤を測定した。分析対象物質は、ヘキサブロモシクロドデカン(HBCD)やポリプロモジフェニルエーテル(PBDEs)を含む24種類の臭素系難燃剤と、リン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピル)(TDCPP)

リン酸トリフェニル(TPHP)を含む15種のリン系難燃剤とした。

カーテンからの抽出では、25% 1,1,1,3,3,3-ヘキサフルオロ-2-プロパノール/クロロホルム溶液を用いてカーテンを完全溶解し、トルエンを添加し遠心分離を行った。その上澄み液を100倍希釈して分析試料とした。難燃剤の定量には、Thermo Scientific製Ultimate 3000に質量検出器TSQ Enduraを接続した、液体クロマトグラフ/タンデム質量分析計(LC-MS/MS)を使用した。移動相には、水(A)とメタノール80%/アセトニトリル20%(B)を用いてグラジエント法で分析し、イオン化法は大気圧化学イオン化法(APCI)を用いた。

(a-2) ハウスダストを経由した難燃剤の曝露量調査とリスク評価

9ヶ所の日本一般住宅において、ハウスダストを収集した。収集したハウスダストをメッシュサイズ250 μ mのステンレス篩で分取し、250 μ m以下のダストをポリエチレン袋に入れ、-20 $^{\circ}$ Cで抽出まで保管した。0.1gのハウスダストを量り、200mLのジクロロメタン/ヘキサン混合溶液(1:1, v:v)を用いてソックスレー抽出法で18時間抽出し、内標準物質として 13 Cラベル化のBDE-28、BDE-47、BDE-99、BDE-100、BDE-153、BDE-154、BDE-183、HBCD、TBBPA、TBP、PBP、HBBを各5ng、BDE-209を50ng添加した。抽出液をエバポレーターと窒素パージで濃縮後、TCEP- d_{12} 、TBP- d_{27} 、TPHP- d_{15} 、TPCP- d_{21} 、TEHP- d_{51} をシリジスパイクとして各5ng添加し、最終液量を100 μ Lに調製した。分析は、カーテンの分析と同様の方法で行った。

次に、ハウスダスト中の難燃剤濃度とハウスダストの曝露量(大人:通常20mg/day、最大50mg/day; 幼児:通常50mg/day、最大200mg/day)から、各種難燃剤の曝露量を算出した。算出した曝露量と各種難燃剤のNOAEL等により曝露マージン(MOE)を算出した。

サブテーマ (b)

(実験1)

DBDEの*in vivo* 遺伝毒性の検討(平成26年度)6-7週齢の雄B6C3F₁系gpt deltaマウス各群5匹にDBDEを25,000ppmまたは50,000ppmの用量で28日間混餌投与した。対照群には基礎食を自由摂取させた。投与終了後、肝臓を摘出し、gpt assay

および Spi assay を行った。また、大腿骨より骨髓を採取し、骨髓小核試験を実施した。

(実験2) TDBP-TAZTO のラット 28 日間反復投与毒性の検討(平成 26~27 年度)

6 週齢の雌雄 Slc:SD ラット各群 5 匹に TDBP-TAZTO を 0.3%、1.2% または 5.0% の濃度で 28 日間混餌投与し、対照群には基礎食を自由摂取させた。対照群および 5.0% 投与群には 14 日間の回復群を設けた。実験期間中はラットの一般状態を観察するとともに、体重および摂餌量を週 1 回測定し、実験終了時、血液学的検査および血清生化学的検査、主要臓器の重量を測定および病理組織学的検査を実施した。

(実験3) TDBP-TAZTO のラット 13 週間反復投与毒性の検討(平成 28 年度)

6 週齢の雌雄 Slc:SD ラット各群 10 匹に TDBP-TAZTO を 0.3%、1.2% または 5.0% の濃度で 13 週間混餌投与し、対照群には基礎食を自由摂取させた。実験期間中はラットの一般状態を観察するとともに、体重および摂餌量を週 1 回測定し、実験終了時、血液学的検査および血清生化学的検査、主要臓器の重量を測定および病理組織学的検査を実施した。

(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) 室内に存在する製品情報、製品中化学物質情報の収集・整理

室内空気への移行が多いと想定される塗料成分、接着剤成分、殺虫・防虫剤、プラスチック添加剤に着目して、スクリーニングに必要な情報の収集、整理を実施した。特に、多様な物質について、物性情報、毒性情報を拡充するとともに、新たに検討した「化学物質の体内への蓄積性」や「室内化学物質使用量」を考慮した曝露性ランクのために、主要用途情報や含有率情報、オクタノール空気分配係数 Poa についても情報の収集、整理を行った。なお、情報が得られない場合には、推算値を用いることとした。

(c-2) 室内環境での主要曝露経路における高リスク物質のスクリーニング手法の構築

室内環境で考慮すべき主要な曝露経路とし

て、「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揮発 食品や水への溶解・吸収(濃縮) 経口曝露(特に油脂および脂肪性食品への気相からの濃縮)」、「製品からの室内空気への揮発 or 製品等の直接接触 経皮曝露(or 経口曝露)」について、収集した毒性情報から有害性ランクを、製品中含有情報や物性情報から曝露性ランクを分類し、その結果から高懸念となる化学物質のスクリーニング手法を検討することとした。

2 年目は、初年度に提案したスクリーニング方法について、スクリーニング結果を検証し、ランク分け方法等を改良した。生物蓄積性のある化学物質の考慮や、有害性と室内空気への移行のし易さのみでなく、「室内での当該化学物質の存在量」を考慮したランク分け方法やスクリーニング手法について検討した。また、曝露経路についても、で検討した考え方や情報を用いて、手法を整理した。の曝露経路に関しては、推算した Poa による媒体間移行の評価の妥当性を確認するための簡易実験装置を用いて、オクタノールへの気液吸収を測定し、推算 Poa の精度を確認した。

また、3 年目は ~ の主要曝露経路毎に提案した手法によるスクリーニング結果の検証・改善や各曝露経路のランクが同等となるようランク分けの方法を修正した。また、Poa の推定精度についても、ガス濃度を変えて実験し、Poa (推算値) によるランク分けの精度を確認した。総括として、各曝露経路に関して、今後検討すべき物質を選択するための基礎資料となる高リスク懸念物質リストをまとめることとした。

(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、研究発表等を行う。また、毒劇物等、高圧ガス等の取り扱いについて、法令や学内管理規則等の遵守を徹底する。

サブテーマ(d)

(d-1) 市販防災カーテンに使用されている難燃剤の実態調査

市販されている防災加工表示のあるカーテン品 40 試料中の難燃剤の実態調査を行った。

カーテン1gを約5 mm片に細切し、50 mLの遠沈管に入れアセトン50 mLを正確に加えて、20分間超音波抽出した。3000 rpmで5分間遠心分離した後、上澄み液0.5 mLをアセトンで2倍希釈し、GC-MSで分析した。

(d-2) 居住室内ハウスダスト中の難燃剤の実態調査

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。採取したダストは、メッシュサイズ250 μmで篩い後、超音波抽出で前処理後、GC/MSで難燃剤を測定した。

(d-3) 防災カーテンからの難燃剤のダストへの移行試験

あらかじめ製品由来のダストを取り除いた防災カーテン(TDCPPまたはTCsP含有)の表面にダスト約50mgを付着させ、その上をエミッションセルで覆った。TDCPP及びTCsPのダストへの移行量の温度と時間の依存性を評価するために、恒温槽内で温度および時間の条件を変えて静置した。試験後、ダストを回収し、その捕集量を秤量した。捕集したダストは、アセトン2.0 mLで超音波抽出(20 min)し、適宜濃縮した後GC/MSで測定した。

(d-4) エミッションセルを用いた難燃剤放散源探索手法の開発と室内環境での実態調査

d-4-1. エミッションセルを用いた難燃剤の放散量の測定

防災カーテン試料(TDCPP または TCsP 含有)にエミッションセルを設置し、TDCPP 及び TCsP の放散量の温度及び時間依存性を評価した。

恒温槽内で防災カーテンの上にエミッションセル(図1-1)を設置し、温度及び時間の条件を変えて静置した。

試験後、PUFをアセトン30 mLで30分間超音波抽出し濃縮した試料をGC/MSにより測定した。またエミッションセルの内壁にも付着されることが想定されるため、アセトン10 mLで内壁を洗い、濃縮した溶液も別途試料としてGC/MSにより測定した。

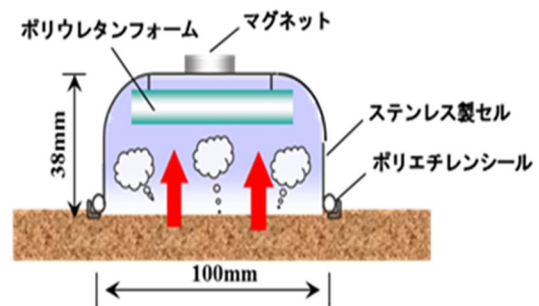


図 1-1 エミッションセルの構造

d-4-2. エミッションセルを用いた現場での難燃剤の放散量の測定

一般住宅において難燃剤の発生源を探索するため、エミッションセルをリビング内の各部材(カーテン、ソファ、テレビ)や床及び壁に設置し(図1-2)、72時間放置した。このうち2つのサンプルについては、カーテンの近く及び部屋の中央の室内空気を採取する目的で、エミッションセルをひっくり返して床に静置した。

72時間静置後、PUFをアセトン30 mLで超音波抽出し(30 min)、濃縮した試料をGC/MSにより測定した。

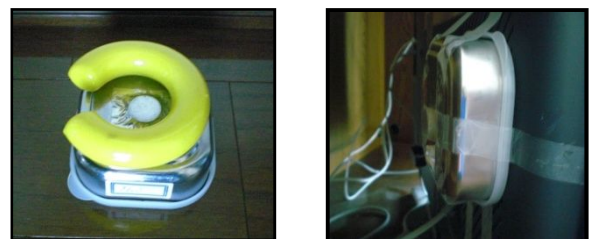


図 1-2 エミッションセルを用いた調査

C. 研究結果

サブテーマ(a)

(a-1) カーテン中の代替難燃剤の調査結果

市販されているカーテンに含まれる難燃剤の調査を行ったところ、40 サンプルのうち 14 サンプルから対象とした難燃剤が検出された。難燃剤が検出されたカーテンにおいて、トリス(2,3-ジブロモプロピル)イソシアネート(TDBP-TAZTO)が最も高濃度であり、1%程度含有していることがあった。また、トリフェニルホスフィンオキシド(TPhPO)も高濃度であった。TDBP-TAZTOは、平成26年5月に化審法の第一種特定化学物質に指定されたヘキサブプロモシクロドデカン(HBCD)の代替物質であると考えられ、HBCDに代

わり市販カーテンに高濃度で存在していることが明らかになった。

(a-2) ハウスダストを經由した難燃剤の曝露量調査とリスク評価

9ヶ所の日本一般住宅において採取されたハウスダスト中の臭素系・リン系難燃剤の濃度を分析した。臭素系難燃剤の中では、製造・使用量が多い TBBPA とその誘導体が高濃度となっていることなどが判った。使用が禁止されている HBCD も比較的高濃度で検出され、かつて販売・使用された HBCD を含有する製品を、未だに廃棄することなく、室内環境で使用していることを示唆してい

に一般家庭のハウスダストに存在していることが明らかになり、カーテンの繊維がほつれてハウスダストとなったこと、またはハウスダストに移行したことが考えられる。TDBP-TAZTOを含んだカーテンは、今後さらに増えることが考えられるため、ハウスダスト中のTDBP-TAZTO濃度も上昇していくことが考えられる。また、ハウスダストを經由した難燃剤のリスク評価を行った結果、一部の難燃剤のMOEは今後詳細検討すべきレベルにあることがわかった。

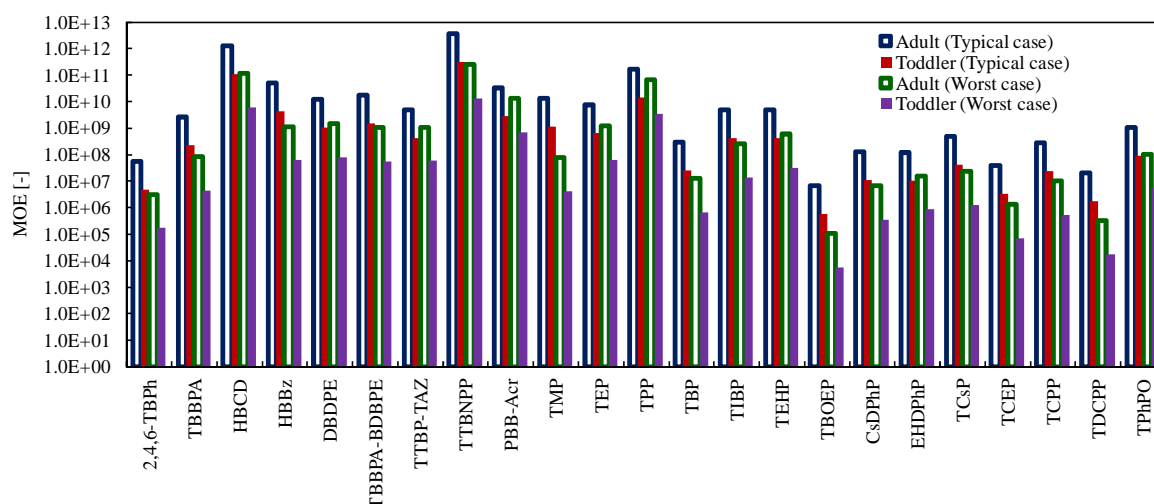


図 1-3 ハウスダストの経口曝露を想定した難燃剤の曝露マージン

る。また、HBCD の代替物としてカーテン等で使用され始めている TDBP-TAZTO は、HBCD とほぼ同等の濃度となり、本研究で初めてハウスダスト中に存在していることが明らかになった。

ハウスダスト中のリン系難燃剤は、TDCPP、TCEP、TCPP などの塩素を含む物質が高濃度であった。また、リン系難燃剤は臭素系難燃剤と比較し、40 倍ほど高濃度であった。これは、製品からダストへの難燃剤の放散・移動速度の違いが原因の一つであると考えられた。

また、ハウスダストの摂取量を用いて難燃剤の曝露評価を行い、入手可能な有害性情報を用いて曝露マージン (MOE) を算出した。結果を図1-3に示す。どの曝露シナリオにおいても、最も曝露マージンが低かったのは有機リン系難燃剤である TBOEPであった。

本研究において、HBCDの代替物としてカーテン等で使用され始めているTDBP-TAZTOが、すで

サブテーマ (b)

(実験 1)

DBDE を投与した群における肝臓の絶対重量および相対重量は対照群に比較して有意な高値を示した。骨髄小核試験の結果、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、DBDE 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。gpt 変異体頻度 (MF) は DBDE 投与群では対照群との間に有意な差は認められず、Spi MF においても、DBDE 投与群に有意な変化は認められなかった。

(実験 2)

TDBP-TAZTO 曝露量を推計したところ、雄の 0.3% 投与群で 245.7 mg/kg 体重/日、1.2% 投与群で 1003.4 mg/kg 体重/日、5.0% 投与群で 4420.6 mg/kg 体重/日であった。また、雌の 0.3% 投与群で 240.1 mg/kg 体重/日、1.2% 投与群で 969.1 mg/kg 体重/日、5.0% 投与群で 4587.2 mg/kg 体重/日であった。さら

に、回復性試験群における TDBP-TAZTO 暴露量は、雄 5.0% 投与群で 4731.3 mg/kg 体重/日、雌 5.0% 投与群で 4587.2 mg/kg 体重/日であった。

実験期間中、雌雄何れの群においても死亡動物は認めず、一般状態の変化も認めなかった。投与終了後および回復期間終了後の最終体重において、TDBP-TAZTO 投与群とそれぞれの対照群の間に有意な差は認めなかった。器官重量では、雄の TDBP-TAZTO 投与群で何れの用量においても肝臓および腎臓の絶対および相対重量の高値が認められた。また、雌の 1.2% および 5.0% 投与群において、肝臓の相対重量が対照群に比して有意に上昇した。一方、回復期間終了後は統計学的に有意な差は認められなかった。

血液学的検査の結果、雌雄何れの投与群においても、対照群に比して有意な変化は認められなかった。血清生化学的検査の結果、雌雄の全ての投与群で塩素イオンが統計学的に有意に上昇した。また、血清ビリルビン濃度は雄の 1.2%、5.0% 投与群および雌の全ての投与群において有意な低値を示した。一方、回復期間終了後、これらの項目は統計学的に有意な変化は認めなかった。

病理組織学的検査の結果、雌雄の TDBP-TAZTO 投与群において、小葉中心性肝細胞肥大が認められ（図 1-4）、5.0% 投与群における発生頻度は対照群に比して統計学的に有意に高かった。雄の TDBP-TAZTO 投与群において、腎臓近位尿細管の hyaline droplet が認められた。さらに、5.0% TDBP-TAZTO 投与群において、軽度のびまん性の甲状腺濾胞上皮細胞過形成が、雄 2 例、雌 1 例で認められた。しかしながら、何れの所見も回復期間終了後には認められなかった。

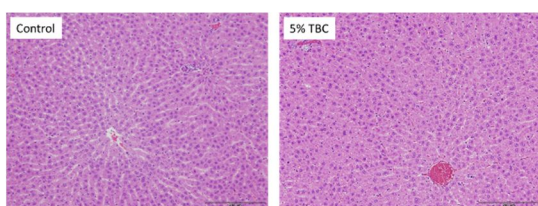


図 1-4 28 日間 TDBP-TAZTO 投与ラット肝臓において認められた病理組織学的変化

（実験 3）

TDBP-TAZTO 暴露量を推計したところ、雄の 0.3% 投与群では 170.8 mg/kg 体重/日、1.2% 投与群では 666.3 mg/kg 体重/日、5.0% 投与群では 2866.1 mg/kg 体重/日であった。また、雌の 0.3% 投与群で

は 228.7 mg/kg 体重/日、1.2% 投与群では 811.4 mg/kg 体重/日、5.0% 投与群では 3429.6 mg/kg 体重/日であった。実験期間中、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。投与終了後の最終体重において、TDBP-TAZTO 投与群とそれぞれの対照群の間に有意な差は認められなかった。器官重量では、雌雄の TDBP-TAZTO 投与群で何れの用量においても肝臓の相対重量の高値が認められた。雄 5.0% 投与群において、腎臓の相対重量が対照群に比して有意に上昇した。

本研究では、DBDE の *in vivo* 遺伝毒性を検討した結果、骨髄小核出現頻度ならびに肝臓の *gpt* および *Spi* 変異体頻度に有意な変化は認められず、マウスにおいて *in vivo* 遺伝毒性を示さないと考えられた。

TDBP-TAZTO のハザード評価に資するデータの取得を目的に、ラットを用いた TDBP-TAZTO の反復投与毒性試験を行った。28 日間の TDBP-TAZTO 投与の結果、雄の TDBP-TAZTO 投与群で肝臓および腎臓の絶対および相対重量の高値が認められた。また、雌の 1.2% および 5.0% 投与群において、肝臓の相対重量が対照群に比して有意に上昇した。さらに、病理組織学的に雌雄の肝臓において軽度の小葉中心性肝細胞肥大および雄の腎臓において近位尿細管の hyaline droplet が認められた。これまでに、臭素系難燃剤の代表的な 1 つである hexabromocyclododecan はラットにおいて肝重量の増加を引き起こすことが報告されている¹⁾。また、DBDE は雄ラットに小葉中心性肝細胞肥大および空胞化、腎臓の尿細管の硝子変性を引き起こすことが報告されている¹⁾。従って、TDBP-TAZTO も他の臭素系難燃剤と同様の臓器を標的とする毒性作用を有する可能性が考えられた。また、びまん性の甲状腺濾胞上皮細胞過形成の初期像がみられ、TDBP-TAZTO は甲状腺に対しても影響を与える可能性が示唆されたことから、より長期間の試験や詳細な解析を行う必要があると考えた。

そこで、13 週間の TDBP-TAZTO 反復投与の影響を検討した結果、雌雄の TDBP-TAZTO 投与群で肝臓の相対重量の高値が認められた。さらに、雄の 5.0% 投与群において、腎臓の相対重量が対照群に比して有意に上昇した。今後、血清生化学的検査ならびに病理組織学的検査を実施し、TDBP-TAZTO の毒性影響を明らかにする。

サブテーマ(c)

(c-1) 室内に存在する製品情報、製品中化学物質情報の収集・整理

塗料、接着剤、殺虫・防虫剤、プラスチック添加剤に用いられる化学物質の含有情報を収集し、情報が全て揃っていないわけではないが物質数としては、1,698物質まで拡充できた。含有化学物質のCAS番号とともに、図1-5のような書籍や業界情報、学術情報、CHRIP等のデータベースなどから、有害性情報(リスク評価情報、一般環境や作業環境、室内環境等での管理濃度情報、慢性毒性、発がん性、感作性など)、物性情報(蒸気圧や沸点、溶解度、Pow、Henry定数など)を収集して、ワークシートにまとめた。また、各化合物の用途情報とともに、製品中での機能や主要用途での含有率について、MSDSやホームページなど業界情報も活用して情報収集した。これらは、製品別含有化学物質情報ライブラリワークシートに整理することができた。また、室内での化学物質検出濃度情報も、収集・整理した。

室内製品含有化学物質情報
(物質名、CAS-RN、取扱形態、含有形態、含有率)

物性情報
(分子量、オクタノール/水分配係数、ヘンリー定数、蒸気圧、沸点、水溶解度、取扱量)

有害性に関する情報
(室内濃度指針値、大気環境基準値、WHOガイドライン値、発がん性・生殖毒性・変異原性・感作性確度情報、慢性毒性情報、環境管理参考濃度)

室内での検出情報
(濃度範囲、検出状況)

- 1) 『16514の化学商品』化学工業日報社、2014年
- 2) 東賢一、久留飛克明、長合川あゆみ、池田耕一、中川雅至「建築に用いられる化学物質事典」、風土社、2006年
- 3) 『塗料原料便覧 第9版』一般社団法人 日本塗料工業会、2014年
- 4) 『身の回りの製品に含まれる化学物質シリーズ』、NITE、2011年
- 5) 『塗料原材料物質の有害性データベース』(日本塗料工業会)
- 6) 『塗料産業に係る化学物質の有害性調査』(社)塗料工業会、1997年
- 7) 春名徹編、『高分子添加剤ハンドブック』、(株)シーエム出版、2010年
- 8) 日本合成樹脂技術協会、『やさしいプラスチック配合剤』、三光出版、2008年
- 9) カレン・アシュトン/エリザベス・ソルター・グリーン、『家庭にひそむ有害化学物質』、株式会社時事通信社、2009年
- 10) ダイオキシン・環境ホルモン対策国民会議「知らずに使っていますかー家庭用品の有害物質ー」、2010年
- 11) 化学物質問題市民研究会、『脱ケミカルライフ』、2010年
- 12) 化学物質問題市民研究会、『調べてみよう家庭用品』、2013年
- 13) 化学物質総合情報提供システム(CHRIP)
- 14) 日本化学会、『化学便覧 基礎編 改訂5版』、2004年
- 15) EPI Suite
- 16) 国内外学術論文(Science Direct, ACS, SciFinder等を利用)
- 17) 厚生労働省・環境省・経済産業省・農林水産省等の各庁ホームページ
- 18) 世界保健機関(WHO)等の各国際機関ホームページ
- 19) 米国家産衛生専門家会議(ACGIH)
- 20) 国際安全衛生センター(OSHA)
- 21) ドイツ研究振興協会(DFG)
- 22) 産業衛生学雑誌(許容濃度動向)
- 23) 厚生労働省 職場の安全サイトモデル SDS
- 24) 環境省 化学物質情報検索システム
- 25) (独) 農林水産消費安全技術センター
- 26) 高梨、亀屋、小林ら、『人の健康保護を考えた自主管理のための環境管理参考濃度の提案とPRTR対象物質への適用』、環境科学会誌、18(2): 71-83 (2005)
- 27) エコケミストリー研究会ホームページ <http://www.ecochemi.jp/>
- 28) その他(各社が公開しているMSDS等)
- 29) 居住環境中の揮発性有機化合物の全国実態調査
- 30) 国内外報告書・論文

図1-5 収集した有害性・曝露性関連情報

(c-2) 室内環境での主要曝露経路における高リスク物質のスクリーニング手法の構築

高懸念となる化学物質のスクリーニング手法について、有害性ランクと曝露性ランクとを収集した情報から設定できる方法を検討・提案し

て、曝露経路毎にリスクスクリーニングすることとした。

c-2-1. 有害性ランク

有害性ランクは発がん性確度、変異原性確度、生殖毒性確度、感作性確度の情報に基づき A~Eの5ランクに分類した。各基準値および環境管理参考濃度と各確度情報から最も高ランクとなる毒性情報を用いて決定することとした。経口摂取や経皮での摂取を考える場合には、水質に関する基準値や環境管理参考濃度を用いることとし、経口摂取の場合は、感作性の情報は用いないこととした。なお、毒性の種類が同じ場合には、確度情報の方が高ランクとなる場合でも定量情報を優先することとした。発がん性の情報が得られているものに関しては、変異原性よりも発がん性の情報を優先することとした。

c-2-2. 曝露性ランク

曝露性ランクは、使用形態ランク、化学物質用量ランク(製品使用量ランクポイントと含有率ランクポイントから決定)、媒体間移行ランク(曝露経路毎に設定)にそれぞれポイントを与えて、その点数の合計から分類することとした。媒体間移行ランクについては、室内空気から飲食物への移行後の経口曝露については、水分含有飲食物と油含有食品とに分けて、揮発性ランクと飲食物への移行のしやすさ(水分の場合はヘンリー定数、油分の場合はPoa)によりランクを決定することとした。室内空気からの経皮曝露については、揮発性ランクと皮膚透過性ランクから決定することとした。また、曝露量が同等となる場合の曝露性ランクが同じランクとなるように、吸入による摂取量を基準に設定することとした。経口摂取の場合は1日の水や油分の摂取量からランクを調整し、経皮摂取の場合も文献から皮膚透過係数と体表面積、室内濃度から1日当たりの摂取量を求めて調整した。また、Poaが大きく、Powの大きな物質(文献情報から、logPoa 4.8かつlogPow 3.5)は吸入摂取後に排泄されにくいと考え、曝露性ランクを2段階高めることとした。

このようにしてスクリーニングした結果を表1-1に示した。以上のように情報が得られた物質については、高リスク懸念物質をスクリーニングすることができた。

表 1-1 スクリーニング結果

室内空気から吸入

753物質	有害性ランク					指針値設定物質のスクリーニング結果 (A)…ホルムアルデヒド、 ダイアジノン、クロルピリホス (B)…p-ジクロロベンゼン、 フタル酸ジ-n-ブチル、 フタル酸ビス(2-エチルヘキシル) エチルベンゼン (C)…スチレン (D)…トルエン、アセトアルデヒド (E)…フェニルカルブ (A)…キシレン (D)…テトラデカン
	A	B	C	D	E	
曝露性ランク	A	17*	25*	17*	23*	25
	B	15	18	17	23	24
	C	23	49*	39*	46	27
	D	51	53	42	44*	111
	E	9	16	12	15	12

*は指針値設定物質の存在を示す。

室内空気から飲食物への移行後の経口

297物質	有害性ランク					329物質	有害性ランク					
	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
曝露性ランク	A	9	10	4	7	5	A	15	16	14	5	4
	B	7	19	16	10	4	B	14	14	10	5	5
	C	11	24	25	16	10	C	20	26	23	25	17
	D	13	12	14	6	13	D	15	17	16	7	10
	E	11	16	15	12	8	E	7	12	18	8	6

室内空気からの経皮曝露

491物質	有害性ランク					指針値設定物質のスクリーニング結果 (A)…ホルムアルデヒド (B)…フタル酸ジ-n-ブチル (A)…アセトアルデヒド (C)…キシレン (A)…クロルピリホス、ダイアジノン (B)…フタル酸ビス(2-エチルヘキシル) エチルベンゼン、スチレン p-ジクロロベンゼン、フェニルカルブ (C)…トルエン (D)…テトラデカン
	A	B	C	D	E	
曝露性ランク	A	5	3	4	13	32
	B	16	5	14	8	35
	C	15	8	6	13	15
	D	21	9	15	17	25
	E	56	31	37	40	47

更に、油含有食品への移行を考慮した曝露経路に関しては、Poa（オクタノール-空気分配係数）を想定し、実測も行った。昨年に引き続き、Poa が大きな値となる p-ジクロロベンゼンで Poa について気相濃度を変化させて、平衡到達時間を測定した。境膜拡散が律速とならないように液面に吹き付ける形で吸収速度を測定したところ、3 濃度（85, 130, 520 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）とも 6~7 時間程度で平衡に到達した。吹き付けることなく静かに吸収させた場合には数十時間かけて平衡到達しており、空気の流れが吸収に大きく影響することが分かった。

多様な曝露経路を想定して、高リスク懸念物質のスクリーニング手法について検討、提案することが出来た。各曝露経路について、室内空気から吸入は 57 物質、室内空気から飲食物への移行後の経口は水分含有飲食物 26 物質、油含有飲食物 45 物質、室内空気からの経皮曝露は 24 物質が(AA), (AB), (BA)と高リスク懸念とスクリーニングされた。

室内濃度指針値の既設定物質を用いて、吸入曝露のスクリーニング結果を検証し、多くの物質が「高懸念」とスクリーニングできること、高懸念とならない物質もその理由が確認できた。クロルピリホスやダイアジノンなどの揮発

性が低く蓄積性が高い物質を考慮した曝露性ランクに修正し、使用量や含有率が十分考慮できていない物質についても考慮できるよう、「化学物質質量」ランクを追加して修正することができた。

化学物質の有害性、物性、含有情報を収集、整理したが、有害性情報については更なる拡充をするにも限界もある。経口毒性から吸入毒性をランク分けするなど、できるだけ評価できる物質が多くなるようにすることができた。製品含有情報についても、十分に情報が得られないが、用途と機能に関する情報からおおよその含有率を桁数程度でランク分けする手法を検討、提案することが出来た。これらのような、不確実性の高い情報に基づくスクリーニング結果については、懸念の高くなった物質から、詳細リスク評価の過程で、その精度を高める必要があると考えられた。

また、Poa が大きな物質で濃度を変化させて測定しても、1桁以内の程度精度で予測できることを確認でき、ヘンリー定数と Pow とからの推算の予測精度を確認できた。

サブテーマ (d)

(d-1)市販防災カーテンに使用されている難燃剤の実態調査

今回調査した防災加工のカーテンは、生地に難燃剤を染み込ませる等の防災処理加工をする方法（後加工）と、難燃剤を糸に練りこみ、糸自体に難燃性能を持たせる方法（難燃糸）の 2 種類の防災加工法が施されていたが、今回の抽出条件では、後加工の防災カーテンからは難燃剤が検出されたのに対し、難燃糸の防災カーテンからは、難燃剤が検出できなかった

後加工の防災カーテンからは、臭素系難燃剤 TDBP-TAZTO が試料の 25% から検出され、今回の調査で最も高い検出率であり、HBCD の代替物質であると考えられた。また TDCPP、TPPO、TCsP 及び TPhP の 4 種類のリン系難燃剤も検出したことから、リン系難燃剤も代替物質として利用されていることが伺えた。

(d-2) 居住室内ハウスダスト中の難燃剤の実態調査

調査した 7 室内中濃度が最も高かったのは TBOEP（47.1~1439 $\mu\text{g}/\text{g}$ ）であり、7 室内全てから

検出された。TBOEPは床面で多く使用されており、本調査では、面積の大きい床面に付着したダストの捕集量が多かったためと推測された。(7家庭の床はすべてフローリングであった。)リン系難燃剤の方が臭素系難燃剤より高濃度で検出された。

(d-3) 防災カーテンからの難燃剤のダスト移行試験

TDCPPの防災カーテンからダストへの直接接触による移行量を測定した。10、20及び40で72時間静置した結果、温度が上昇すると、ダスト中への難燃剤の移行量(ng/mg)が増加し、温度依存性が見られた。

時間依存性を見るため3つの防災カーテンを用いてTDCPP及びTCsPのそれぞれの防災カーテンからダストへの直接接触による移行量を測定した。20で6時間～72時間ダストを静置した結果、すべての防災カーテンで6時間においても、 6.0ng/mg 以上の難燃剤がダスト中から検出され、短時間から難燃剤のダストへの移行が確認された。また時間の経過に伴って濃度が高くなった。移行速度(ng/mg/h)については6時間が最も速く、その後減少したが24時間から72時間の間では大きな差が見られなかった。

(d-4) エミッションセルを用いた難燃剤放散源探索手法の開発と室内環境での実態調査

d-4-1. エミッションセルを用いた難燃剤の放散量の測定

TDCPPを含む防災カーテンを20、40及び60で24時間静置した結果、温度が上昇すると、セル内に設置したPUFやセル壁面での捕集量(μg)が指数関数的に増加した。またPUFとセル壁面の捕集量の合計と静置時間から放散速度($\text{ug/m}^2/\text{h}$)を求め、放散速度の自然対数と1/温度の関係では相関関係が見られ、反応速度論に基づく温度依存性が確認できた。

時間依存性を見るため防災カーテンを20で6時間～768時間それぞれ恒温槽に静置し、放散量を測定した結果20の試験で6時間の場合は定量下限値未満($<0.023\mu\text{g}$)となったが、捕集時間が長くなると捕集量は上昇した。この結果をもとに放散速度を計算したところ、20においては24時間から768時間の間では $0.15\sim 0.27\mu\text{g/m}^2/\text{h}$ となり大きな減少は見られなかった。

d-4-2. エミッションセルを用いた現場での難燃剤の放散量の測定

現場で使用されていた防災カーテンはHBCDにより難燃処理が施され、リン系難燃剤のTPHP、TPPO、TCsP及びTCEPも検出された。防災カーテンに使用されている難燃剤のうち、エミッションセルに捕集された難燃剤はTPPO及びTCEPであった。またTPPOはソファからも捕集された。その他の局所からの難燃剤の放散については、TBPはソファ、テレビ背面、床フローリングから、TDCPPはテレビ背面から、TBOEPは床フローリングからそれぞれ捕集され放散が確認された。サンプル7及び8の防災カーテン下と部屋中央の室内空気からはTBP、TDCPP及びTBOEPが捕集された。

後加工の防災カーテンからは、臭素系難燃剤TDBP-TAZTOが試料の25%から検出され、今回の調査で最も高い検出率であり、HBCDの代替物質であると考えられた。またTDCPPなどのリン系難燃剤も検出したことから、リン系の難燃剤も代替物質として利用されていることが伺えた。後加工の防災カーテンからは難燃剤が検出されたのに対し、難燃系の防災カーテンからは、難燃剤が検出できなかったことから、難燃系の防災カーテンは化学的結合など、後加工の物理的結合と比べてより素材に強く吸着していることが推測された。

また居住室内中のハウスダスト中の難燃剤については、ワックスとして使用されるTBOEPが一番高濃度で検出されたが、防災カーテンに使用されているリン系難燃剤も検出されていた。室内環境中にはハウスダスト中に難燃剤が含まれ、曝露されることが判った。

ハウスダストから高濃度で検出されたことから、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考えられ、ダストへの移行経路を考えるため、標準ダストを用いた防災カーテンからの難燃剤の直接接触による移行試験調査を行った。その結果、温度が上昇するとダスト中の難燃剤の濃度が増加するなど温度依存性がみられ、温度上昇にともない難燃剤の移行が促進されることが伺えた。また206時間の短時間でもTDCPPおよびTCsPのダストへの移行が確認され、72時間後も移行が継続していた。さらに防災カーテンからの難燃剤の放散速度より、ダストへの直接の移行速度の方が2オーダーも大きく室内環境への影響は直接移行が主要ルートと推測された。室温でも室内環境中でダストへの吸着が

推測され、健康被害への懸念も想定される。健康被害を予防するためには、ダストの除去が重要であると考えられた。

さらに実際の室内環境で放散される難燃剤の放散源探索を可能とするため、エミッションセルを用いて防災カーテンから放散される TDCPP および TCsP の放散速度を測定した。その結果 20, 40, 60 において TDCPP の放散速度の温度依存性が確認された。また 20 では TDCPP については 24 時間～768 時間の放散速度 TCsP については 48 時間～168 時間の放散速度は、試験期間中に大幅な減少は見られず時間依存性が確認された。以上のことから、このエミッションセル法の実環境中での適用の可能性が示され、実際の室内環境でサンプリングを行ったところ、カーテンやその他の部材からリン系難燃剤が数種類検出された。この部屋では HBCD がカーテンにメインの難燃剤として使用されていたが、3 日間のサンプリング期間ではカーテン局所のサンプルから検出されなかった。ダストには存在しているため、カーテンからの直接移行やカーテン繊維そのものがダストに含まれていることが要因であると考えられた。床の局所サンプルに加え、床の近くで捕集した室内空気から TBP 及び TBOEP が多く検出されたが、TBP や TBOEP はワックスの添加剤や可塑剤として使用されるため、床フローリング近辺の空气中濃度が高かったと推定された。また局所部材から検出された難燃剤は TBP を除いてハウスダスト中からも検出された。TBP は他の難燃剤より比較的蒸気圧が高いためダストに吸着される量は少ないと考えられた。逆に局所からの発生源がなくハウスダストに存在している難燃剤については、サンプリング箇所以外の発生源が存在するか、または直接移行によるものと推定された。以上のようにカーテンに加え別の部材から難燃剤の放散も確認でき、発生源の探索手法として適用の可能性が示された。

D . 健康危険情報

本研究でリスク評価の対象とした臭素系難燃剤の TDBP-TAZTO は、6 週齢雌雄 SD ラット各群 10 匹に TDBP-TAZTO を 0.3%、1.2%または 5.0%の濃度で 13 週間混餌投与し、体重、摂餌量測定、血液学的検査、血清生化学的検査、器官

重量測定および病理組織学的検査を実施した。その結果、雌雄の TDBP-TAZTO 投与群で何れの用量においても肝臓の相対重量の高値が認められた。しかしながら、曝露評価と合わせて考えると、そのリスクは、現在使用されている有機リン系難燃剤と比較して、小さいものと考えられた。

E . 結論

サブテーマ (a)

カーテンに含まれる難燃剤を測定した結果、トリス(2,3-ジブロモプロピル)イソシアネート (TDBP-TAZTO)やトリフェニルホスフィンオキシド (TPhPO) が高濃度で検出され、HBCDの主要な代替難燃剤であると考えられた。本研究において採取したハウスダウト中にTDBP-TAZTOがHBCDとほぼ同等の濃度であり、体内動態解析等を含めた詳細なリスク評価が必要であると考えられる。また、ハウスダウト中の臭素系・リン系難燃剤の濃度レベルを明らかにし、検出された物質のNOAEL等により曝露マージンを算出した結果、一部のリン系難燃剤の曝露マージンが比較的小さく、今後、他の曝露経路を含めたリスク評価が必要である。

サブテーマ (b)

臭素系難燃剤である decabromodiphenyl ether (DBDE) および Tris-(2,3-dibromopropyl) isocyanurate (TDBP-TAZTO)のハザード評価に資するデータの取得を目的に、DBDEのin vivo遺伝毒性およびラットを用いたTDBP-TAZTOの反復投与毒性を検討した。6-7週齢雄のB6C3F1系gpt deltaマウスにDBDEを25,000または50,000 ppmの濃度で28日間混餌投与した。投与終了後、骨髄小核試験ならびに肝臓のgpt及びSpi-変異体頻度(MF)解析を実施した。その結果、DBDE投与群の小核出現頻度ならびにgpt及びSpi- MFは対照群に対して有意な変化を示さなかった。以上より、DBDEはマウスにおいてin vivo遺伝毒性を示さないことが示唆された。6週齢雌雄SDラット各群5匹にTDBP-TAZTOを0.3%、1.2%または5.0%の濃度で28日間混餌投与し、さらに対照群および5.0%投与群には雌雄各群5匹の14日間回復群を設けた。実験期間中の体重、摂餌量測定、並びに解剖時の血液学的検査、血清生化学的検査、器官重量測定お

よび病理組織学的検査を実施した。病理組織学的検査の結果、雌雄の肝臓において軽度な小葉中心性肝細胞肥大および雄の腎臓において近位尿管のhyaline dropletが認められた。また、びまん性の甲状腺濾胞上皮細胞過形成の初期像がみられ、甲状腺に対しても影響を与える可能性が示唆されたものの、その発生頻度は低く、病変の程度もごく軽度であったことから、より長期間の試験や詳細な解析を行う必要があると考えられた。そこで、6週齢雌雄SDラット各群10匹にTDBP-TAZTOを0.3%、1.2%または5.0%の濃度で13週間混餌投与し、体重、摂餌量測定、血液学的検査、血清生化学的検査、器官重量測定および病理組織学的検査を実施した。その結果、雌雄のTDBP-TAZTO投与群で何れの用量においても肝臓の相対重量の高値が認められた。また、雄の5.0%投与群において、腎臓の相対重量が対照群に比して有意に上昇した。今後、血清生化学的検査ならびに病理組織学的検査を実施し、TDBP-TAZTOの毒性影響を明らかにする。

サブテーマ(c)

新たに、主要製品・機能情報から分類した「室内化学物質使用量」も考慮した「曝露性ランク」を決定する方法を提案でき、情報不足から精度に関しては不確実な点もあるが、有害性と曝露性に関する必要な情報を一通り考慮して「リスク」により優先度を検討できるスクリーニング手法を提案した。また、その結果をリストアップすることができた。高リスク懸念物質となった物質については、詳細なリスク評価のための情報収集や室内環境の濃度調査などが望まれる。

サブテーマ(d)

居住室内での難燃剤は、その高沸点の性質により気体として存在するよりダスト等の固体に付着して存在していると考えられている。

今回の調査で、実際に防災カーテンに使用されている難燃剤がハウスダストから検出され、難燃剤を含有するカーテンからは、20の室温においても難燃剤を放出することが実験で確認されたが、カーテンからの難燃剤の放散速度より、ダストへの直接の移行速度の方が2オーダーも大きく室内環境への影響は直接移行が主要ルートと推測され、室内では気体で存在するの

ではなく、多くはダストに付着して存在することがわかった。

さらに現場で難燃剤の放散源探索を可能とするため、エミッションセルを用いたカーテンから放散される難燃剤の放散量の測定する方法を開発した。実際の室内で局所から放散される難燃剤の放散量を測定した結果、カーテンに加え別の部材から難燃剤の放散も確認でき、捕集された難燃剤は発生源によって異なることから、室内汚染の発生源を探索する手法としてエミッションセル法は有効であると考えられた。

以上の4サブテーマでは、連携して室内環境中の難燃剤の動態や人への曝露、そして健康影響に関する基礎的知見を得ることができた。また、今後検討すべき化学物質のリストの開発は、本研究の大きな成果である。さらに、曝露評価手法の開発や簡易リスク評価の開発により、室内の未規制の化学物質のスクリーニングが可能となった。また、ハザード評価と連携することにより、健康影響が不明な化合物も含めて評価対象として検討することができた。

難燃剤に関しては、臭素系難燃剤よりも有機リン系難燃剤の方が、リスクが高い可能性が示されたことから、今後は、本研究結果をもとに、有機リン系化合物の網羅的な評価がなされるきっかけになることを期待したい。

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) Miyake Y., Tokumura M., Nakayama H., Wang Q., Amagai T., Ogo S., Kume K., Kobayashi T., Takasu S., Ogawa K., Kannan K.: Simultaneous Determination of Brominated and Phosphorus Flame Retardants in Flame-Retarded Polyester Curtains, Environmental Science & Technology, In revision.
- 2) Miyake Y., Tokumura M., Wang Q., Wang ZW., Amagai T., Comparison of the Volatile Organic Compound Recovery Rates of Commercial Active Samplers for Evaluation of Indoor Air Quality in Work Environments, Air Quality, Atmosphere & Health, In revision.
- 3) Sakurai K., Miyake Y., Amagai T., Development of a Dehumidification System for a Passive Sampler for Determining 1,3-

- Butadiene, *Journal of UOEH*, 38, 215-221 (2016).
- 4) Wang Q., Miyake Y., Amagai T., Suzuki G., Matsukami H., Nguyen Minh Tue, Takahashi S., Tanabe S., Le Huu Tuyen, Pham Hung Viet, Takigami H., Halogenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soil and River Sediment from E-waste Recycling Sites in Vietnam, *Journal of Water and Environment Technology*, 14, 166-176 (2016).
 - 5) 雨谷敬史, 三宅祐一, 室内環境中の難燃剤に対するリスク評価とその課題, *環境科学会誌*, 29, 348-350 (2016).
 - 6) 三宅祐一, 孫 瑋玢, 雨谷敬史, ピネン類の個人曝露/室内外濃度とその初期リスク評価, *環境科学会誌*, 28, 283-290 (2015).
 - 7) Takashi Amagai, Huan Bai, Qi Wang, Yuichi Miyake, Miyuki Noguchi, and Satoshi Nakai, Determination of nicotine exposure using passive sampler and high performance liquid chromatography. *Pharmaceutica Analytica Acta*, 6(7), No.399 (2015).
 - 8) 雨谷敬史, 三宅祐一, 室内環境中の臭素系・リン系難燃剤の現状と課題, *環境科学会誌*, 28, 475-477 (2015).
 - 9) 雨谷敬史, 三宅祐一, 室内環境中の未規制物質問題へのアプローチ, *クリーンテクノロジー*, 25, 65-68 (2015).
 - 10) Yuichi Miyake, Qi Wang, Takashi Amagai and Yuichi Horii, Decomposition rate of hexabromocyclododecane (HBCD) and its by-products, *Organohalogen compounds*, 77, 695-698 (2015).
 - 11) 雨谷敬史, 三宅祐一, 室内環境中の未規制物質の問題, *環境科学会誌*, 27, 339-401 (2014).
 - 12) Cho YM, Hasumura M, Imai T, Takami S, Nishikawa A, Ogawa K. Horseradish extract promotes urinary bladder carcinogenesis when administered to F344 rats in drinking water. *J Appl Toxicol* (in press)
 - 13) 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* (in press).
 - 14) 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* (in press).
 - 15) 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* (in press).
 - 16) 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
 - 17) Suzuki, I., Cho, Y-M., Hirata, T., Toyoda, T., Akagi, J., Nakamura, Y., Park, E-Y., Sasaki, A., Nakamura, T., Okamoto, S., Shiota, K., Suetome, N., Nishikawa, A., Ogawa, K. 4-Methylthio-3-butenyl isothiocyanate (Raphasatin) exerts chemopreventive effects against esophageal carcinogenesis in rats. *J Toxicol Pathol.* 29(4): 237-246, 2016.
 - 18) Goto, K., Ogawa, K. Lanthanum deposition is frequently observed in the gastric mucosa of dialysis patients with Lanthanum carbonate therapy: A clinicopathologic study of 13 cases, including 1 case of lanthanum granuloma in the colon and 2 nongranulomatous gastric cases. *Int J Surg Pathol.* 24 (1): 89-92, 2016.
 - 19) Toyoda, T., Shi, L., Takasu, S., Cho, Y-M., Kiriya, Y., Nishikawa, A., Ogawa, K., Tatematsu, M., Tsukamoto, T. Anti-inflammatory effects of capsaicin and piperine on *Helicobacter pylori*-induced chronic gastritis in Mongolian gerbils. *Helicobacter.* 21 (2): 131-142, 2016.
 - 20) Ishii Y, Matsushita K, Kuroda K, Yoko Y, Kijima A, Takasu S, Kodama Y, Nishikawa A, Umemura T. Acrylamide induces specific DNA adduct formation and gene mutations in a carcinogenic target site, the mouse lung. *Mutagenesis.* 30: 227-35, 2015
 - 21) Toyoda T, Cho YM, Akagi J, Mizuta Y, Hirata T, Nishikawa A, Ogawa K. Early detection of genotoxic urinary bladder carcin

- ogens by immunohistochemistry for γ -H2AX. *Toxicol Sci*, 148: 400-8, 2015
- 22) Onami S, Cho YM, Toyoda T, Akagi J, Fujiwara S, Ochiai R, Tsujino K, Nishikawa A, Ogawa K. Orally administered glycidol and its fatty acid esters as well as 3-MCPD fatty acid esters are metabolized to 3-MCPD in the F344 rat. *Regul Toxicol Pharmacol*, 73: 726-31, 2015
- 23) Naiki-Ito A, Chewonarin T, Tang M, Pichakarn P, Kuno T, Ogawa K, Asamoto M, Shirai T, Takahashi S. Ellagic acid, a component of pomegranate fruit juice, suppresses androgen-dependent prostate carcinogenesis via induction of apoptosis. *Prostate*, 75: 151-60, 2015
- 24) Tokudome S, Kuriki K, Yokoyama Y, Sasaki M, Joh T, Kamiya T, Cheng J, Ogawa K, Shirai T, Imaeda N, Goto C, Tokudome Y, Ichikawa H, Okuyama H. Dietary n-3/long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids for prevention of sporadic colorectal tumor: A randomized controlled trial in polypectomized participants. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 94: 1-11, 2015
- 25) Matsushita K, Ishii Y, Takasu S, Kuroda K, Kijima A, Tsuchiya T, Kawaguchi H, Miyoshi N, Nohmi T, Ogawa K, Nishikawa A, Umemura T. A medium-term gpt delta rat model as an in vivo system for analysis of renal carcinogenesis and the underlying mode of action. *Exp Toxicol Pathol*, 67: 31-9, 2015
- 26) Akagi J-I, Toyoda T, Cho Y-M, Mizuta Y, Nohmi T, Nishikawa A, Ogawa K. Validation study of the combined repeated-dose toxicity and genotoxicity assay using gpt delta rats. *Cancer Sci*, 106: 529-41, 2015
- 27) Kijima A, Ishii Y, Takasu S, Matsushita K, Kuroda K, Hibi D, Suzuki Y, Nohmi T, Umemura T. Chemical structure-related mechanisms underlying in vivo genotoxicity induced by nitrofurantoin and its constituent moieties in gpt delta rats. *Toxicology*, 331: 125-35, 2015
- 28) Kuroda K, Hibi D, Ishii Y, Yokoo Y, Takasu S, Kijima A, Matsushita K, Masumura K, Kodama Y, Yanai T, Sakai H, Nohmi T, Ogawa K, Umemura T. Role of p53 in the progression from Ochratoxin A-induced DNA damage to gene mutations in the kidneys of mice. *Toxicol Sci*, 144: 65-76, 2015
- 29) Inoue K, Morikawa T, Takahashi M, Yoshida M, Ogawa K. Obstructive nephropathy induced with DL-potassium hydrogen tartrate in F344 rats. *J Toxicol Pathol*, 28: 89-97, 2015
2. プロシーディングス (Full Paper, 査読あり)
- 1) Miyake Y., Nakayama H., Amagai T., Ogo S., Kume K., Kobayashi T., Takasu S., Ogawa K.: Simultaneous determination of alternative flame retardants of hexabromocyclododecane in curtain, The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate (Indoor air 2016) (2016)
- 2) Wang Q., Nakayama H., Miyake Y., Amagai T., Kume K.: Concentrations of new flame retardants in house dust from Japan, The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate (Indoor air 2016) (2016)
- 3) Wang ZW., Wang Q., Miyake Y., Amagai T., Fukushima Y., Suzuki Y., Enomoto T.: Evaluation of a tube-type passive sampler in the chamber by the methods described in ISO 16107, The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate (Indoor air 2016) (2016)
- 4) Amagai T., Miyake Y., Wang Q., Bai H., Noguchi M., Nakai S.: A preliminary study for nicotine exposure of the passive smokers by using passive sampler, The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate (Indoor air 2016) (2016)
3. 学会発表
- 1) 雨谷敬史, 室内環境中の未規制物質の網羅的解析・管理への展開, 環境科学会2016年会 (横浜) (2016年9月). 【シンポジウム講演】
- 2) 小林 剛, 富澤 茉佑香, 室内で使われる化学物質のリスクスクリーニング手法と難燃剤の評価, 環境科学会2016年会 (横浜) (2016年9月). 【シンポジウム講演】
- 3) 小郷沙矢香, 久米一成, 防災カーテンに含まれる難燃剤の放散量とダストへの移行量測定, 環境科学会2016年会 (横浜) (2016年9月). 【シ

ンポジウム講演】

- 4) 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2016年会(横浜)(2016年9月).【シンポジウム講演】
- 5) 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2016年会(横浜)(2016年9月).【シンポジウム講演】
- 6) Tokumura M., Miyake Y., Wang Q., Nakayama H., Amagai T., Ogo S., Kume K., Kobayashi T., Takasu S., Ogawa K.: Analytical Methods for Phosphorus Flame Retardants – A Comparison among GC-EI-MS, GC-NCI-MS, and LC-APCI- MS/MS, 36th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (Dioxin2016), Firenze, Italy (2016)
- 7) Miyake Y., Wang Q., Amagai T., Suzuki G., Matsukami H., Tue N.M., Takahashi S., Tanabe S., Tuyen L.H., Viet P.H., Takigami H.: Concentration profiles of halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons in soil and river sediment from recycling sites in Vietnam, 36th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (Dioxin2016), Firenze, Italy (2016)
- 8) Wang Q., Miyake Y., Tokumura M., Amagai T., Horii Y., Minomo K., Ohtsuka N.: Concentrations of Halogenated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Atmosphere in Japan, The 9th International PCB Workshop, Kobe, Japan (2016)
- 9) Miyake Y., Tokumura M., Iwazaki Y., Wang Q., Amagai T., Horii Y., Otsuka H., Tanikawa N., Kobayashi T., Oguchi M.: An analytical method for trace levels of hexavalent chromium in stack gas using ion chromatography, The 5th International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management (CRETE 2016), Crete, Greece (2016)
- 10) 王齊, 中山勇人, 三宅祐一, 雨谷敬史, カーテンに含まれる有機リン系・臭素系化合物の定性分析, 第25回環境化学討論会(新潟), 2016年6月.
- 11) 阮允豪, 王志偉, 三宅祐一, 雨谷敬史, パッシブサンプラーの除湿装置に関する研究, 第25回環境化学討論会(新潟), 2016年6月.
- 12) 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, 難燃カーテンに含まれるヘキサブロモシクロドデカン代替物質に調査, 環境科学会2016年会(横浜), 2016年9月.
- 13) 阮允豪, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, DNPHを用いたグリオキサールの分析法に関する研究, 環境科学会2016年会(横浜), 2016年9月.
- 14) 王志偉, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, 市販の捕集剤による作業環境物質の回収率に関する研究, 環境科学会2016年会(横浜), 2016年9月.
- 15) 徳村雅弘, 甲斐葉子, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, ハウスダストを介した臭素・リン系難燃剤の曝露のリスク評価, 環境科学会2016年会(横浜), 2016年9月.
- 16) 王齊, 三宅祐一, 徳村雅弘, 甲斐葉子, 雨谷敬史, 武川泰啓, 山岸陽子, 完全溶解法を用いた難燃後加工カーテン中の未知剤精密質量数に基づく定性分析手法の開発, 平成28年度室内環境学会学術大会(つくば)(2016年12月)
- 17) 阮允豪, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, 室内空気中のグリオキサール測定に関する研究, 平成28年度室内環境学会学術大会(つくば)(2016年12月)
- 18) 王志偉, 王齊, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史, 福島靖弘, 鈴木義浩, 榎本孝紀, パッシブサンプラー評価用チャンバーの改良, 平成28年度室内環境学会学術大会(つくば)(2016年12月)
- 19) 徳村雅弘, 三宅祐一, 王齊, 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, ハウスダスト中の臭素・リン系難燃剤曝露・リスク評価, 平成28年度室内環境学会学術大会(つくば)(2016年12月)
- 20) 新田しおり, 林知美, 山口里奈, 徳村雅弘, 三宅祐一, 雨谷敬史, 確率論的リスク評価ツールを用いたパソナケア製品中のパラベン類複合曝露による健康リスク評価, 平成28年度室内環境学会学術大会(つくば)(2016年12月)
- 21) 雨谷敬史, 室内環境中の未規制物質の網羅的解析に関する研究について, 環境科学会2015年会(大阪)(2015年9月).【シンポジウム講演】
- 22) 小林剛, 室内で使われる化学物質のデータベース構築と難燃剤で懸念される曝露経路, 環境科学会2015年会(大阪)(2015年9月).【シンポジウム講演】
- 23) 小郷沙矢香, 久米一成, 市販カーテンに含有する難燃剤の実態調査及び難燃剤の放散挙動について, 環境科学会2015年会(大阪)(2015年9月).【シンポジウム講演】
- 24) 三宅祐一, 雨谷敬史, 市販カーテン中の新

- 規難燃剤の分析法開発と含有量調査, 環境科学会2015年会(大阪)(2015年9月).【シンポジウム講演】
- 25) 小川久美子, 高須伸二: 未規制難燃剤の毒性評価, 環境科学会2015年会(大阪)(2015年9月).【シンポジウム講演】
- 26) 中山勇人, 三宅祐一, 雨谷敬史, 有機リン系及び臭素系難燃剤のLC-MSによる分析法の開発, 第24回環境化学討論会(北海道)(2015年6月).
- 27) Miyake Y, Wang Q, Amagai T., and Horii Y, Decomposition rate of hexabromocyclododecane (HBCD) and its by-products, 35th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (Dioxin2015), São Paulo, Brazil (2015)
- 28) Wang Q., Miyake Y., Amagai T., Suzuki G., Matsukami H., Tue N. M., Takahashi S., Tanabe S., Tuyen L. H., Viet P. H. and Takigami H.: Halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons in soil and river sediment from e-waste recycling sites in Vietnam. Water and Environment Technology Conference 2015 (WET2015), Tokyo, Japan (2015)
- 29) 中山勇人, 三宅祐一, 雨谷敬史, 室内環境中に含まれる有機リン系及び臭素系難燃剤の一斉分析, 環境科学会2015年会(大阪)(2015年9月).
- 30) 中山勇人, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, カーテン中の難燃剤成分の分析法, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2015(静岡)(2015年12月).
- 31) 王齊, 中山勇人, 三宅祐一, 雨谷敬史, 久米一成, ハウスダストに含まれる残留性有機化合物の評価, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2015(静岡)(2015年12月).
- 32) 羅習文, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, 殺菌消毒剤グルタルアルデヒドの分析法, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2015(静岡)(2015年12月).
- 33) 白歆, 三宅祐一, 雨谷敬史, 非喫煙者の曝露量も評価できるニコチン分析法, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2015(静岡)(2015年12月).
- 34) 王志偉, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, 置いておくだけで捕集するパッシブサンプラーの評価チャンバー, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2015(静岡)(2015年12月).
- 35) 阮允豪, 王志偉, 三宅祐一, 雨谷敬史, パッシブサンプラーの湿度の影響低減に関する研究, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア2015(静岡)(2015年12月).
- 36) 中山勇人, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, カーテン中に含まれる有機リン系及び臭素系難燃剤の一斉分析, 平成27年度室内環境学会学術大会(沖縄)(2015年12月)
- 37) 王齊, 中山勇人, 三宅祐一, 雨谷敬史, 久米一成, ハウスダスト中の臭素系及びリン系難燃剤の実態調査, 平成27年度室内環境学会学術大会(沖縄)(2015年12月)
- 38) 白歆, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, ニコチンパッシブサンプラーを用いた受動喫煙の曝露量測定法に関する研究, 平成27年度室内環境学会学術大会(沖縄)(2015年12月)
- 39) 羅習文, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, 福島靖弘, 鈴木義浩, 榎本孝紀, DNPH アクティブサンプラーを用いたグルタルアルデヒドの分析方法の開発, 平成27年度室内環境学会学術大会(沖縄)(2015年12月)
- 40) 王志偉, 王齊, 三宅祐一, 雨谷敬史, 福島靖弘, 鈴木義浩, 榎本孝紀, チャンバーを用いたパッシブサンプラーで捕集したVOCの逆拡散に関する研究, 平成27年度室内環境学会学術大会(沖縄)(2015年12月)
- 41) Miyake Y, Nakayama H, Amagai T, Ogo S, Kume K, Kobayashi T, Takasu S, Ogawa K, An analytical method for simultaneous determination of alternative flame retardants of hexabromocyclododecane in indoors, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015 (Pacifichem 2015), Hawaii, USA (2015)
- 42) ○高須伸二、石井雄二、木島綾希、横尾諭、土屋卓磨、小川久美子、梅村隆志: *gpt delta* マウスを用いた decabromodiphenyl ether の *in vivo* 遺伝毒性の検討. 日本環境変異原学会第44回大会・福岡、2015年11月27
- 43) 富澤茉佑香, 高橋裕美子, 小林剛, 亀屋隆志, 藤江幸一, 室内で使われる化学物質の吸入曝露を考慮したリスクスクリーニング手法 殺虫・防虫剤を例として 環境科学会2015年会(吹田市)(2015年9月)
- 44) ○富澤茉佑香, 小林剛, 高橋裕美子, 田小維, 室内で使われる化学物質のデータベースの構築と吸入曝露を考慮したリスクスクリーニング手法の検討, 平成27年室内環境学会学術大会(宜野湾市)(2015年12月)
- 45) 小郷沙矢香, 久米一成: カーテンに含有す

る難燃剤の実態調査及び放散試験: 第24回環境化学討論会(北海道)(2015年6月)。

46) 小郷沙矢香、久米一成:市販カーテンに含有する難燃剤の実態調査及び放散挙動について:環境科学会 年会(2015.09)。

47) ○Shinji Takasu, Yuji Ishii, Yuh Yokoo, Takuya Tsuchiya, Aki Kijima, Yukio Kodama, Kumiko Ogawa, Takashi Umemura. *In vivo* reporter gene mutation and micronucleus assays in *gpt* delta mice treated with the flame retardant decabromodiphenyl ether. 14th European congress of toxicologic pathology, 2016, Barcelona, Spain. 2016年9月21-22日

48) ○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2016年会シンポジウム「室内環境中の難燃剤に対するリスク評価とその課題」,横浜,2016年9月9日

49) ○高須伸二,石井雄二,横尾諭,土屋卓磨,木島綾希,小川久美子,梅村隆志. Tris(2,3-dibromopropyl) isocyanurate の28日間反復投与毒性試験. 第32回日本毒性病理学会学術集会,香川,2016年1月29日

50) ○小川久美子,高須伸二.未規制難燃剤の毒性評価.環境科学会2015年会,吹田,2015年9月8日

51) ○高須伸二,石井雄二,木島綾希,横尾諭,土屋卓磨,小川久美子,梅村隆志. *gpt* delta マウスを用いた decabromodiphenyl ether の *in vivo* 遺伝毒性の検討. 日本環境変異原学会第44回大会・福岡,2015年11月27日

52) 富澤茉佑香,高橋裕美子,小林剛,亀屋隆志,藤江幸一,室内で使われる化学物質の吸入曝露を考慮したリスクスクリーニング手法 殺虫・防虫剤を例として 環境科学会2015年会(吹田市)(2015年9月)

53) 富澤茉佑香,小林剛,高橋裕美子,田小維,室内で使われる化学物質のデータベースの構築と吸入曝露を考慮したリスクスクリーニング手法の検討,平成27年室内環境学会学術大会(宜野湾市)(2015年12月)

54) 富澤茉佑香,高橋裕美子,小林剛,室内環境での多様な曝露経路における製品含有化学物質のリスクスクリーニング,環境科学会2016年会(横浜市)(2016年9月)

55) 富澤茉佑香,小林剛,田小維,亀屋隆志,藤江幸一,室内環境での製品含有化学物質の飲食物への移行と経口曝露を考慮したリスクスクリーニング,平成28年室内環境学会学術大会(つくば市)(2016年12月)

56) 富澤茉佑香,小林剛,亀屋隆志,田小維,藤江幸一,室内環境での多様な曝露経路における高リスク懸念物質のスクリーニング手法,環境情報科学センター第13回環境情報科学ポスターセッション(東京都)(2016年12月)【学術委員長賞受賞】

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

