

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：12701

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25241023

研究課題名(和文) 製品のライフサイクルと廃棄ステージにおける有害化学物質の挙動と環境影響評価

研究課題名(英文) Environmental behavior and impact assessment of hazardous chemicals in products in their recycling and disposal stage

研究代表者

益永 茂樹 (MASUNAGA, Shigeki)

横浜国立大学・環境情報研究科(研究院)・教授

研究者番号：50282950

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,300,000円

研究成果の概要(和文)：製品に含まれる化学物質のライフサイクル評価を目指し、使用から廃棄・リサイクルステージにおけるプラスチック添加剤の挙動とリスクを解析した。まず、プラスチック添加剤の情報を網羅的に収集し、データベース化した。次いで、プラスチック・リサイクル事業所、および廃棄物の中間処理施設や最終処分場でヒアリング調査を行い、フローをとりまとめた。さらに、臭素系難燃剤の代替として利用が増加しているリン系難燃剤を対象として、自動車室内における人への曝露と健康リスクについて検討した。現段階では健康リスクは低いとの結果であったが、代替の進行や、難燃剤の不純物や分解産物への留意が必要と見られた。

研究成果の概要(英文)：Behavior and fate of plastic additive chemicals at their use, recycle, and disposal stage were investigated for the better understanding of their environmental risk. Firstly, information on plastic additives was collected to construct a chemical additive database. Secondly, we visited recycling, intermediate treatment, and disposal facilities of plastic wastes and collected information on how the plastics and additives were treated and disposed in those stages. Lastly, as a case study, we took phosphate flame retardants (PFRs) which are alternatives to brominated flame retardants. We studied their exposure and health risk to human in car cabin because a lot of plastics containing PFRs are used in cars. Our results indicated that current risk of PFR exposure through air and dust to human was negligible but we should be cautious as use of PFRs is increasing and PFRs may transform into more toxic chemicals.

研究分野：環境リスク管理

キーワード：化学物質管理 製品 プラスチック添加剤 難燃剤 リスク評価 リサイクル 車室内環境

1. 研究開始当初の背景

2006年2月の国際化学物質管理会議において「国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ」(SAICM)が採択され、その包括的な戦略方針の目的は、「ライフサイクルの全般を通して化学物質の適正管理を達成し、2020年までに化学物質が人の健康と環境への悪影響を最小化する方法で製造・使用されることにある」と記載された。この期限が迫り、ヨーロッパでは欧州連合の「化学物質の登録、評価、認可及び制限に関する規則(Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals: REACH)」が実施になり、また、米国でも1976年の成立以来改正の無かった「有害物質規制法(Toxic Substances Control Act: TSCA)」の改正が議論されている。

日本でも2009年5月に「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律(化審法)」の改正が公布された。そして、新規化学物質を対象にした上市前審査を中心とする体制に加え、既存の全ての化学物質を対象とした情報収集により、「優先評価化学物質」への指定、次いで、段階的リスク評価により、悪影響が懸念される物質については「特定化学物質」に指定し、規制を強化することとなった。このように、今後は現に使用されている化学物質が、使用実態を反映したリスク評価に基づき、その生産や使用の制限、あるいは禁止の措置を受けることになる。その結果、代替物質の使用を余儀なくされる物質が増えてくるが、この代替を適切に進めるには課題が多く残されている。

2. 研究の目的

上記の社会的な背景から、本研究では廃製品とその添加剤などを対象として、廃棄物リサイクルにおける有害化学物質のマテリアルフローを可能な限り定量的に明らかにし、今後の対策に資する情報を整理し提供することを目的とした。具体的には、以下の課題を本研究で明らかにした。

主要な工業製品の素材と添加剤に関する情報の収集・整理：比較的大量に使用されている素材としてプラスチックを挙げ、その添加剤となる化学物質について調査し、データベース化を行った。次いで、それらからリスクが懸念される製品や添加剤を探索し、事例研究の対象製品と物質として、車と難燃剤を選択した。

主要な工業製品のリサイクル・廃棄ステージにおける処理プロセスとフローの把握：研究対象としたプラスチックを対象として、その添加剤について、廃製品の処理プロセスとフローを調査した。既存資料からは必要なデータが得られないと想定されたので、実施へのヒアリング調査を主体的に行った。

廃製品とリサイクル製品の添加剤含有量の把握：実際のリサイクルプラスチック製

品に含まれる難燃剤濃度の測定を行った。リサイクル・廃棄ステージにおけるマテリアルフローと環境排出量の把握：リサイクル・廃棄ステージにおける難燃剤のマテリアルフローと環境排出量を把握するため、実施へのヒアリングを行った。

難燃剤の事例研究：難燃剤として主流であった臭素系難燃剤の代替物質として利用が増加しているリン系難燃剤について、その部材への利用があり、またリサイクル部材の使用もある自動車を取り上げ、使用ステージにおけるリン系難燃剤(Organic Phosphorus Flame Retardants: OPFRs)の車室内空気およびダストを経由した人への曝露とリスクレベルを明らかにすることを目的とした調査を行った。

本報告では、リン系難燃剤に関する研究に焦点を絞り報告する。

3. 研究の方法

(1) 測定対象車

本研究では、神奈川県横浜市および埼玉県川越市の屋外駐車場にて、26台の自動車の車室内空気およびダストのサンプリングを行った。サンプリング日は2013年11月17日～2013年11月23日である。サンプリング時の天気は、晴れもしくは曇りで、外気温は14.3～20.3℃であった。サンプリングは、車のエンジンを切り、すべてのドアおよび窓を閉めた状態(静的条件下)で行った。

(2) 車室内空気中リン系難燃剤の分析法

本研究で測定対象としたリン系難燃剤のリストを表1に示す。気相中のリン系難燃剤のサンプリングは、スチレンジビニルベンゼン(styrene divinylbenzene: SDB)カートリッジ(ジーエルサイエンス株式会社 AERO LE Cartridge SDB)を専用ホルダー(東京ダイレック株式会社 AEROホルダー)にセットし、ヘッドレスト部分に設置し、エアサンプラー(東京ダイレック株式会社)により、10L/minで2時間捕集した(計1.2m³)。サンプリング後、SDBカートリッジに充填されているSDBを試験管に取り出し、2mLのアセトンを加え、10分間超音波抽出を行った。抽出後、抽出液をバイアルに移し、内部標準物質としてd₁₅-TPHP(Isotopes Inc. C/D/N)、d₂₇-TNBP(Toronto Research Chemicals)、d₁₂-TCEP(Toronto Research Chemicals)を加えた。サンプルの分析には、ガスクロマトグラフィー・タンデム質量分析計(GC-MS/MS)(アジレント・テクノロジー株式会社 7890A)を用いた。

(3) 車室内ダスト中リン系難燃剤の分析法

車室内ダストのサンプリングには、紙パック式のコードレスクリーナー(マキタ株式会社 CL102DW)を用いた。カーシートおよびフロアマットごとに3分間ずつ吸引し、紙パックにそれぞれのダストをサンプリングし

た。なお、使用した紙パック（マキタ株式会社 A-48511）は、前実験にて、本研究で測定対象のリン系難燃剤が含まれていないことを確認してある。サンプリングしたダストは、60 mg を量り取り、500 μm メッシュの篩（株）野中理化学製作所 SF-300XH60-0.5MM）にかけた。篩ったダストを試験管に移し、2 mL のアセトン・ヘキサン混合液（アセトン：ヘキサン = 1:3, v/v）を加え、2 分間ボルテックスミキサーにかけた。その後、遠心分離機に 10 分間かけ（3000 rpm）上澄み液を試験管に採取した。この抽出操作を 3 回繰り返し、計 6 mL の上澄み液を得た。内部標準物質を加え、上澄み液をバイアルに採取し、GC-MS/MS で分析を行った。

表 1 分析対象リン系難燃剤とその略称

OPFRs	Abbreviations
2-Ethylhexyldiphenyl phosphate	EHDPP
Tris(2-butoxyethyl) phosphate	TBOEP
Tri-n-butyl phosphate	TNBP
Tris(2-chloroethyl) phosphate	TCEP
<i>o</i> -Tricresyl phosphate	<i>o</i> -TMPP
<i>p</i> -Tricresyl phosphate	<i>p</i> -TMPP
Tris(1-chloro-2-propyl) phosphate	TCIPP
Tris(1,3-dichloroisopropyl) phosphate	TDCIPP
Triethyl phosphate	TEP
Tris(2-ethylhexyl) phosphate	TEHP
Tripropyl phosphate	TPP
Triphenyl phosphate	TPHP

4. 研究成果

(1) 車室内空気中のリン系難燃剤濃度

自動車 9 台を対象とした車室内空気中のリン系難燃剤濃度の測定結果を表 2 に示す。実験データより、本研究で測定対象とした 12 種類のリン系難燃剤のうち、ほとんどのリン系難燃剤は車室内空気中から検出されなかった。Harrad et al. (2010) も車室内空気中のリン系難燃剤を測定し、同様の結果を得たと報告している。一般的に、リン系難燃剤は準揮発性有機化合物（Semi Volatile Organic Compound: SVOC）に分類され、揮発性有機化合物（Volatile Organic Compound: VOC）と比較して揮発性が低い。そのため、車室内空気中からはあまり検出されなかったと考えられる。一方、TCIPP はほとんどすべての車室内空気から検出された（ $<$ Method Quantitation Limit (MQL) \sim 1502 ng/m^3 ）。また、TEP も他のリン系難燃剤と比較し、多くの車室内空気から検出され、その検出頻度は 67% であったが、その濃度はすべて MQL を下回っていた。TNBP と TPP の検出頻度はそれぞれ

れ 11%、12% であり、これらのリン系難燃剤濃度も MQL より低かった。本研究において車室内空気から比較的高頻度で検出されたリン系難燃剤の蒸気圧は、TCIPP が 2.69×10^{-3} Pa、TPP が 5.24×10^1 Pa、TNBP が 1.51×10^{-1} Pa であった (Bergman et al., 2012)。一方で、どの車室内空気からも検出されなかったリン系難燃剤の蒸気圧は、TCEP を除いて、 8.67×10^{-7} から 8.37×10^{-4} Pa の範囲であった (Bergman et al., 2012)。これは、以前、日本において TCEP の発がん性が問題となったため (Matthews et al., 1993; Saito et al., 2001)、TCEP の代替物質として TCIPP を用いており、そのため、TCEP が 1.44×10^{-2} Pa (Bergman et al., 2012) と他のリン系難燃剤と比較して高い蒸気圧をもつにもかかわらず、どの車からも検出されなかったのだと考えられる。以上の事実より、蒸気圧の高いリン系難燃剤は、その揮発性の高さから車室内空気中より検出されやすかったのだと考えられる。本研究で得られた車室内空気中において最も高い濃度を示したリン系難燃剤は TCIPP であり、乗車年数 9 年目の車（日本製のセダン）の 1,502 ng/m^3 であった。Hartmann et al. (2004) も車室内空気中のリン系難燃剤濃度を測定しているが、本研究と同様に、乗車年数 9 年の車で TCIPP 濃度の最高値（260 ng/m^3 ）を示した。また、Saito et al. (2001) は、日本の室内から TCIPP を検出し、その濃度は 14,230 ng/m^3 であったと報告している。

表 2 車室内空気中のリン系難燃剤濃度

OPFRs	Concentration [ng/m^3]		
	Median	Min	Max
EHDPP	N.D.	N.D.	N.D.
TBOEP	N.D.	N.D.	N.D.
TNBP	N.D.	N.D.	$<$ MQL
TCEP	N.D.	N.D.	N.D.
<i>o</i> -TMPP	N.D.	N.D.	N.D.
<i>p</i> -TMPP	N.D.	N.D.	N.D.
TCIPP	$<$ MQL	$<$ MQL	1,502
TDCIPP	N.D.	N.D.	N.D.
TEHP	N.D.	N.D.	N.D.
TEP	$<$ MQL	N.D.	$<$ MQL
TPHP	N.D.	N.D.	N.D.
TPP	N.D.	N.D.	$<$ MQL

N.D.: 検出下限以下、 $<$ MQL: 分析定量下限以下

(2) 車室内ダスト中のリン系難燃剤濃度

自動車のカーシートやフロアマットに使用されている部材が異なるため、それらに含まれるリン系難燃剤の種類も異なると考えられる。そのため、本研究ではカーシートとフロアマット部を分けてダストの捕集を行った。車室内ダスト中のリン系難燃剤濃度の測定結果を表 3 に示す。車室内空気と比較すると、車室内ダストからは多種のリン系難燃

表3 車室内ダスト中のリン系難燃剤濃度

OPFRs	Sampling	Concentration [$\mu\text{g/g}$]	
		Median	Max
EHDPP	Sheet	6.9	106
	Floor mat	8.0	30.3
TBOEP	Sheet	36.7	68.4
	Floor mat	52.6	385
TNBP	Sheet	0.3	1.3
	Floor mat	0.5	5.9
TCEP	Sheet	2.7	71.2
	Floor mat	0.7	5.5
<i>o</i> -TMPP	Sheet	0.0	2.9
	Floor mat	0.0	0.0
<i>p</i> -TMPP	Sheet	0.0	1.0
	Floor mat	0.0	0.1
TCIPP	Sheet	1.2	389
	Floor mat	0.3	1.9
TDCIPP	Sheet	1.4	192
	Floor mat	0.8	2.1
TEHP	Sheet	2.5	4.2
	Floor mat	2.2	637
TEP	Sheet	0.1	0.6
	Floor mat	0.1	1.3
TPHP	Sheet	1.5	202
	Floor mat	1.2	7.8
TPP	Sheet	0.0	0.1
	Floor mat	0.0	0.1

剤が検出された。前述のとおり、リン系難燃剤は SVOC に分類されるため揮発性が低く、ダストなどの固体に吸着しやすいため、固相であるダストから多種のリン系難燃剤が検出されたのだと考えられる。カーシートおよびフロアマットから採取した両方のダストより9種類のリン系難燃剤 EHDPP (カーシートからの検出率: 100%、フロアマットからの検出率: 100%)、TBOEP (83%、96%)、TNBP (100%、100%)、TCEP (100%、100%)、TCIPP (100%、100%)、TDCIPP (100%、100%)、TEHP (100%、96%)、TEP (100%、100%)、TPHP (92%、76%) が検出された。*o*-TMPP および *p*-TMPP はカーシートからのみ検出された (*o*-TMPP: 17%、*p*-TMPP: 25%)。また、カーシートから採取したダスト中の TCIPP および TDCIPP 濃度の中央値は、フロアマットから採取したダストのそれぞれ4倍と2倍であった。カーシートから採取したダストの中で、最も高濃度で検出されたリン系難燃剤は TCIPP であり、その濃度は 389 $\mu\text{g/g}$ であった。一方、フロアマットの場合は TEHP が最も高濃度で検出され、637 $\mu\text{g/g}$ であった。中央値がもっとも高かったのは TBOEP であり、カーシートから採取したダストは 35 $\mu\text{g/g}$ 、フロアマットからの場合は 53 $\mu\text{g/g}$ であった。TCIPP、TDCIPP、EHDPP、TCEP および TPHP は、カーシートから採取したダストの方が高濃度であった。一方、TBOEP、TNBP および TEHP

は、フロアマットから採取したダストの方が、濃度が高い傾向にあった。これらは、リン系難燃剤の使用状況が、内装材によって異なるためだと考えられる。例えば、TBOEP、TNBP および TEHP は、フロアマットに用いられているポリ塩化ビニルの可塑剤として使用されており (Marklund et al., 2003)、TCIPP および TDCIPP は、カーシートのクッション材として用いられているポリウレタンフォームに使用されている (Hartmann et al., 2004)。

クウェート、パキスタン、ドイツの車から採取したダスト中のリン系難燃剤濃度と比較すると (Brommer et al., 2012; Ali et al., 2013)、本研究で得られた測定値は、TBOEP を除いて、同じような濃度の傾向であった。本研究で得られた TBOEP 濃度の中央値は、既往研究の数値より高かった。一方、クウェート国内の車室内ダスト中の TCIPP 濃度は 30.725 $\mu\text{g/g}$ であり、ドイツ国内の車室内中の TDCIPP 濃度は 20.000 $\mu\text{g/g}$ であり、今回比較した4か国間の中で、最も高い値であった。反対に、パキスタン国内の車室内ダスト中のリン系難燃剤濃度は、ほとんどのリン系難燃剤において、最も低濃度であった。以上の様に、国によって高濃度を示すリン系難燃剤の種類が異なるのは、国ごとにリン系難燃剤の使用状況や、自動車の生産年代の違いによったと考えられる。

(3) 車室内中のリン系難燃剤のリスク評価

車室内におけるリン系難燃剤の曝露による運転手や乗客のリスク評価を行った。車室内空気の吸入による車室内空気中のリン系難燃剤の曝露量は式(1)を用いて算出した。

$$I_{\text{inhal}} = \frac{R_{\text{inhal}} \cdot C_{\text{air}} \cdot t_{\text{car}}}{W} \quad (1)$$

ここで、 I_{inhal} は1日あたりの車室内空気を介したリン系難燃剤の吸入曝露量 [$\text{mg/kg-body weight/day}$] であり、 W は運転手や乗客の体重 [kg]、 C_{air} は車室内空気中のリン系難燃剤濃度 [ng/m^3]、 R_{inhal} は運転手や乗客の1日あたりの呼吸量 [m^3/day]、 t_{car} は運転手や乗客の1日平均乗車時間 [day] である。一方、運転手や乗客の車室内におけるダストを介した経口摂取によるリン系難燃剤の曝露量は次式で計算した。

$$I_{\text{dust}} = \frac{R_{\text{dust}} \cdot C_{\text{dust}} \cdot t_{\text{car}}}{W} \quad (2)$$

ここで、 I_{dust} は1日あたりの車室内ダストを介したリン系難燃剤の経口曝露量 [$\text{mg/kg-body weight/day}$] であり、 C_{dust} は車室内ダスト中のリン系難燃剤濃度 [$\mu\text{g/g}$]、 R_{dust} は運転手や乗客の1日あたりのダストの経口摂取量 [mg/day]、リン系難燃剤の曝露シナリオとして、以下の2つのシナリオを用いた。

一般的な曝露シナリオ: 1日あたりのダストの経口摂取量 R_{dust} として 20 mg/day を用い (Jones-Otazo et al., 2005; Abdallah and

Covaci, 2014)、車室内空気およびダスト中のリン系難燃剤濃度として実測値の中央値を用いた。

ワーストケース下での曝露シナリオ：1日あたりのダストの経口摂取量 R_{dust} として 50 mg/day を用い (Jones-Otazo et al., 2005; Abdallah and Covaci, 2014)、車室内空気およびダスト中のリン系難燃剤濃度として実測値の最大値を用いた。

車室内の滞在時間として 0.05 day を用い (Mandalakis et al., 2008)、日本人の平均体重として 50 kg、日本人の1日あたりの呼吸量として $15 \text{ m}^3/\text{day}$ を用いた (Saito et al., 2007)。

車室内におけるリン系難燃剤の曝露による運転手や乗客のリスク評価の結果、曝露シナリオ (一般的な曝露シナリオ) の場合、車室内空気を介した各リン系難燃剤の吸入による曝露量は $9.0 \times 10^{-10} \sim 7.8 \times 10^{-7} \text{ mg/kg-body weight/day}$ であった。また、曝露シナリオ (ワーストケース下での曝露シナリオ) の場合は $9.0 \times 10^{-10} \sim 2.3 \times 10^{-5} \text{ mg/kg-body weight/day}$ であった。両方の曝露シナリオにおいて、本研究で測定対象としたリン系難燃剤の中で、TCIPP が最も曝露量が多かった。

一方、車室内ダストを介した経口摂取による運転手や乗客のリン系難燃剤の曝露量は、曝露シナリオ の場合、 $9.2 \times 10^{-10} \sim 8.8 \times 10^{-7} \text{ mg/kg-body weight/day}$ であった。曝露シナリオ の場合は $1.9 \times 10^{-8} \sim 1.6 \times 10^{-5} \text{ mg/kg-body weight/day}$ であった。

以上の運転手や乗客の車室内におけるリン系難燃剤の1日の曝露量を、リン系難燃剤の参照用量 (Reference dose : RfD) の文献値 (Van den Eede et al., 2011) と比較すると、1日の曝露量は RfD 値と比較して、5桁以上少ない値となった。本研究で得られた情報からは、車室内における運転手や乗客のリン系難燃剤の経気および経口曝露のリスクは懸念されないと考えられたが、今後の代替の進行や、リン系難燃剤の不純物や分解産物などへの留意が必要と考えられた。

<引用文献>

- Abdallah, M. A., Covaci, A., 2014. Organophosphate flame retardants in indoor dust from Egypt: implications for human exposure, *Environ. Sci. Technol.* 48, 4782-4789.
- Ali, N., et al., 2013. Levels and profiles of organochlorines and flame retardants in car and house dust from Kuwait and Pakistan: implication for human exposure via dust ingestion, *Environ. Int.* 55, 62-70.
- Bergman, A., et al., 2012. A novel abbreviation standard for organobromine, organochlorine and organophosphorus flame retardants and some characteristics of the chemicals. *Environ. Int.* 49, 57-82.
- Brommer, S., et al., 2012. Concentrations of organophosphate esters and brominated flame

retardants in German indoor dust samples. *Journal of environmental monitoring, JEM* 14, 2482-2487.

- Harrad, S., et al., 2010. Indoor contamination with hexabromocyclododecanes, polybrominated diphenyl ethers, and perfluoroalkyl compounds: an important exposure pathway for people? *Environ. Sci. Technol.* 44, 3221-3231.
- Hartmann, P. C., et al., 2004. Organophosphate flame retardants and plasticizers in indoor air, *Chemosphere* 57, 781-787.
- Jones-Otazo, H.A., et al., 2005. Is house dust the missing exposure pathway for PBDEs? An analysis of the urban fate and human exposure to PBDEs, *Environ. Sci. Technol.* 39, 5121-5130.
- Mandalakis, M., et al., 2008. Emerging contaminants in car interiors: evaluating the impact of airborne PBDEs and PBDD/Fs, *Environ. Sci. Technol.* 42, 6431-6436.
- Marklund, A., et al., 2003. Screening of organophosphorus compounds and their distribution in various indoor environments, *Chemosphere* 53, 1137-1146.
- Matthews, H. B., et al., 1993. Toxicity and carcinogenicity of chronic exposure to tris(2-chloroethyl)phosphate, *Fundam. Appl. Toxicol.* 20, 477-485.
- Saito, I., et al., 2001. Determination of organic phosphate triesters in indoor and outdoor air, *Earozoru Kenkyu* 16, 209-216.
- Saito, I., et al., 2007. Indoor organophosphate and polybrominated flame retardants in Tokyo, *Indoor Air* 17, 28-36.
- Van den Eede, N., et al., 2011. Analytical developments and preliminary assessment of human exposure to organophosphate flame retardants from indoor dust, *Environ. Int.* 37, 454-461.

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計3件)

徳村雅弘、小谷健輔、益永茂樹：臭素系難燃剤とその代替物質のリスクトレードオフ評価 - 毒性が未知の代替物質のリスク評価、クリーンテクノロジー、25巻9号、2015、34-38、査読無。

Feng Ye, Yasuyuki Zushi, Shigeki Masunaga: Survey of perfluoroalkyl acids (PFAAs) and their precursors present in Japanese consumer products, *Chemosphere*, 127, 2015, 262-268, 査読有。
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.02.026>

片岡敏行、益永茂樹：直接試料導入質量分析法による工業製品中ビス(トリブチルスズ)オキシドの分析、*分析化学* 62巻11

号, 2013, 965-970, 査読有.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/bunsekikagaku/62/11/62_965/_pdf

[学会発表](計10件)

Masahiro Tokumura, Yuki Yamatori, Youichi Negishi, Shigeki Masunaga: Screening and source identification of flame retardants in car indoor dust using field emission electron probe micro analyzer, The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, (2015.12.15-20; Honolulu, Hawaii, USA).

徳村雅弘、達晃一、畑山瑠莉香、益永茂樹: 車載ウインドウウォシャー液を利用した車室内簡易空気清浄法の開発、平成 27 年室内環境学会学術大会講演要旨集 p. 310-311 (2015.12.3-4、沖縄コンベンションセンター)

徳村雅弘、山取由樹、根岸洋一、益永茂樹: 車室内ダスト中の指標元素を利用した FE-EPMA による汚染物質のスクリーニングと起源解析、環境科学会 2015 年会講演要旨集 p. 79 (2015.9.7-8、大阪大学吹田キャンパス)

徳村雅弘、山取由樹、根岸洋一、益永茂樹: FE-EPMA を用いた車室内ダスト中の指標元素を利用した汚染物質のスクリーニングと起源解析、第 24 回環境化学討論会 PDF 版要旨集 p. 414-415 (2015.6.24-26; 札幌コンベンションセンター)

M. Tokumura, R. Hatayama, K. Uduka, K. Tatsu, T. Naito, T. Takeda, S. Masunaga: Organophosphate flame retardants in car indoor, SETAC North America 35th Annual Meeting Abstract Book, p. 340 (2014.11.9-13; Vancouver, Canada)

徳村雅弘、小谷健輔、益永茂樹: 臭素系難燃剤とその代替物質のリスクトレードオフ、環境科学会 2014 年会講演要旨集 p. 217 (2014.9.18-19; つくば国際会議場)

徳村雅弘、達晃一、畑山瑠莉香、内藤敏幸、竹田哲也、山取由樹、内藤加奈子、益永茂樹: 車室内部材から放散する化学物質による車室内汚染 - 車室内の VOC、SVOC、アルデヒド類濃度の測定 -、第 23 回環境化学討論会 (2014/5/14-16 京都大学)

畑山瑠莉香、徳村雅弘、達晃一、益永茂樹: 車室内における化学物質の実態調査、平成 25 年室内環境学会学術大会講演要旨集、p. 132-133 (2013.12.5-6; 佐世保)

S. Managaki, T. Kobayashi, H. Hondo, T. Nakarai, A. Miyake, S. Masunaga: Environmental risk minimization method based on lifecycle risk assessment and alternative assessment for HBCD in products, Society of Environmental Toxicology and Chemistry North America 34th Annual Meeting Abstract Book p. 272 (2013.11.17-21; Nashville, TN, USA)

片岡敏行、栗原勇、片桐律子、和田丈晴、

益永茂樹: 副生 PCB 含有顔料使用製品からの 3,3'-Dichlorobiphenyl 暴露評価、環境科学会 2013 年会講演要旨集、p. 10 (2013.9.3-4; 静岡県コンベンションアーツセンター)

[図書](計1件)

益永茂樹: 第 9 章 環境分析・モニタリング、第 10 章 化学物質のリスク評価、坂田昌弘 [編著] 磯部友彦、梶井克純、加藤義久、高橋嘉夫、田辺信介、藤江幸一、益永茂樹 [著] エキスパート応用化学テキストシリーズ「環境化学」, p. 185-203, p. 204-223、講談社 (2015.10.20) .

[その他](計1件)

環境科学会優秀発表賞 (富士電機賞) 受賞、徳村雅弘、山取由樹、根岸洋一、益永茂樹: 車室内ダスト中の指標元素を利用した FE-EPMA による汚染物質のスクリーニングと起源解析 (2015 年)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

益永茂樹 (MASUNAGA, Shigeki)
横浜国立大学・環境情報研究院・教授
研究者番号: 50282950

(2) 研究分担者

三宅 淳巳 (MIYAKE, Atsumi)
横浜国立大学・環境情報研究院・教授
研究者番号: 60174140

本藤祐樹 (HONDO, Hiroki)
横浜国立大学・環境情報研究院・教授
研究者番号: 90371210

小林 剛 (KOBAYASHI, Takeshi)
横浜国立大学・環境情報研究院・准教授
研究者番号: 60293172

(3) 研究協力者

徳村雅弘 (TOKUMURA, Masahiro)
横浜国立大学・環境情報研究院・科研費研究員

真名垣聡 (MANAGAKI, Satoshi)
武蔵野大学・工学部・准教授
研究者番号: 00447434