



# 再生プラスチック中の有害化学物質について

国立環境研究所 資源循環領域  
試験評価・適正管理研究室

梶原 夏子

# 製品の一生 (製品ライフサイクル)

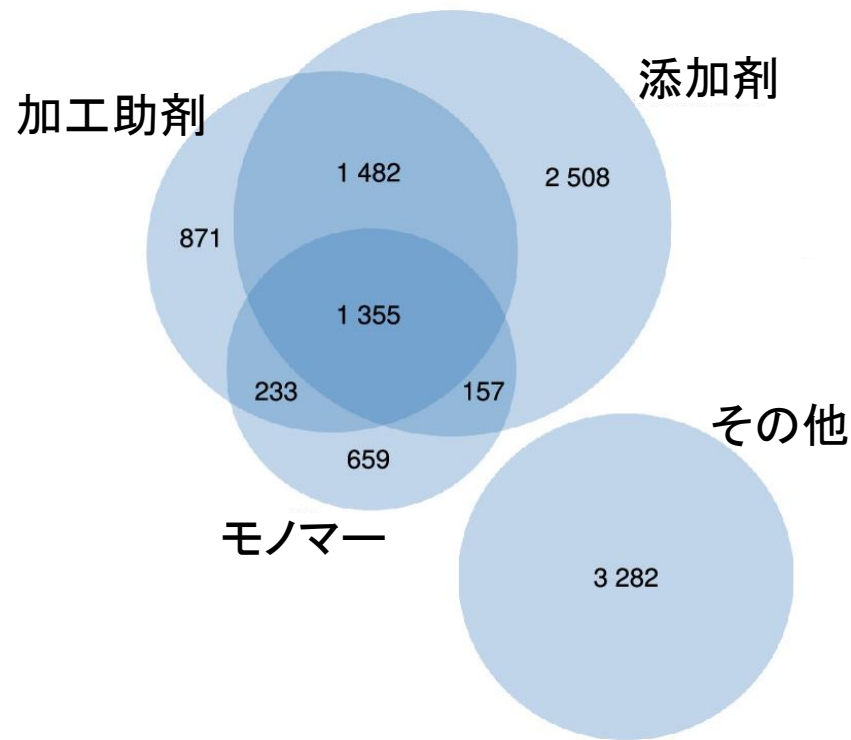


# 製品ライフサイクルを通じた化学物質の流れ



# 研究の背景

- 2019年 国内「プラスチック資源循環戦略」策定
- 2022年 国内「プラスチックに係る資源循環の促進等に関する法律」施行
- 2022年 国連「プラスチック汚染対策に関する国際条約」策定のための準備開始



プラスチック産業に使用される化学物質の数  
(Wiesinger *et al.*, 2021)

- プラスチック産業には**16,000以上**の化学物質が使用され、有害性を有する可能性がある化学物質は**4,200以上**と推定 (Wagner *et al.*, 2024)
- 有害性が懸念される添加剤の再生プラスチックへの混入はプラスチック循環の促進を阻害する要因の一つ

→ 資源循環からの有害物質の排除が国際的な課題



<https://www.unep.org/resources/report/chemicals-plastics-technical-report>

1. 難燃剤(臭素系、塩素系、リン系)
2. 有機フッ素化合物(PFASs)
3. フタル酸エステル類
4. ビスフェノール類
5. アルキルフェノール類
6. 殺生物剤
7. 紫外線吸収剤
8. 重金属類
9. 多環芳香族炭化水素
10. 非意図的の生成物

# 残留性有機汚染物質 (POPs: Persistent Organic Pollutants) に関する ストックホルム条約

## POPsの特徴

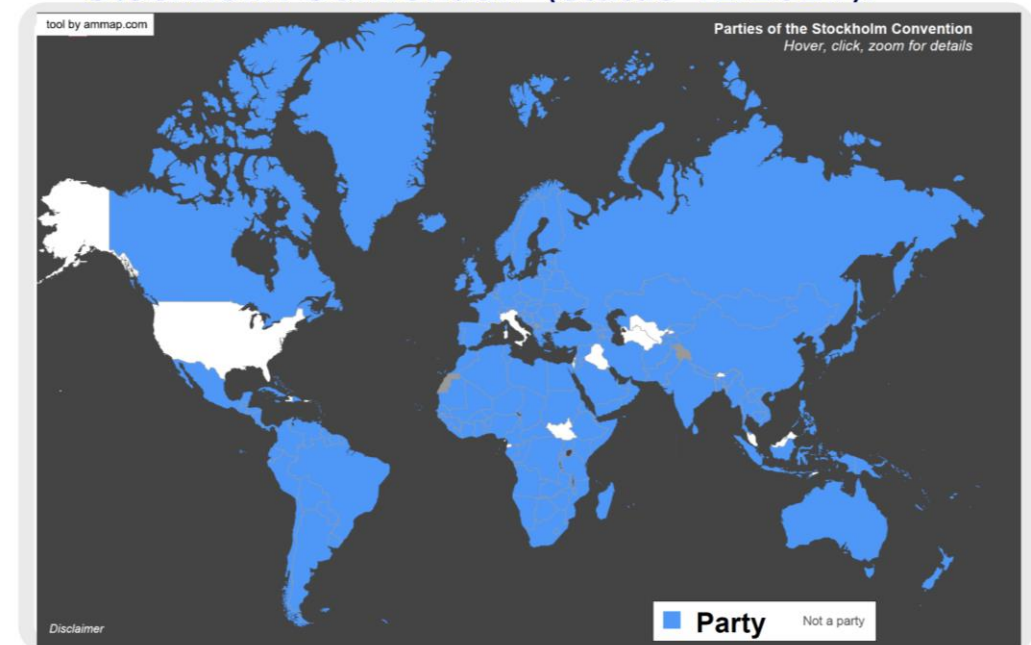
1. **難分解性** (環境中で分解しにくい)
2. **高蓄積性** (生物の体内に蓄積しやすい)
3. **有害性** (人や生物へ有害性がある)
4. **長距離移動性** (環境に放出されると国境を越えて長距離を移動する)

→ POPsから人の健康と環境を保護することを目的に  
2001年にストックホルムで採択、2004年に発効

- 製造・使用、輸出入の原則禁止
- 非意図的生成物の排出の削減および廃絶
- POPsを含むストックパイル・廃棄物の適正管理および処理

## Stockholm Convention Parties

A global effort: Meanwhile 185 Parties ratified the Stockholm Convention (status 12/2021).





# ストックホルム条約対象物質一覧

採択年月	条約採択 2001年5月	COP4 2009年5月	COP5 2011年4月	COP6 2013年5月	COP7 2015年5月	COP8 2017年4月	COP9 2019年5月	COP10 2022年6月	COP11 2023年5月
農薬	アルドリン クロルデン DDT ディルドリン エンドリン ヘプタクロル マイレックス トキサフェン	クロルデコン HCH リンデン	エンドスルフアン		PCPとその塩 及びエステル類		ジコホル		メキシクロル
フッ素系化合物		<u>PFOSとその塩 及びPFOSE</u>					<u>PFOAとその 塩及びPFOA 関連物質</u>	<u>PFHxSとその 塩及びPFHxS 関連物質</u>	
臭素系難燃剤		<u>HBB POP-BDEs</u>		<u>HBCD</u>		<u>DecaBDE</u>			
塩素系製剤	HCB PCB	PeCB			HCB PCN PCP	<u>SCCP</u>			<u>デクロランプラ ス</u>
紫外線吸収剤									<u>UV-328</u>
非意図的生成物	HCB PCB PCDD/DF	PeCB			PCN	HCB			

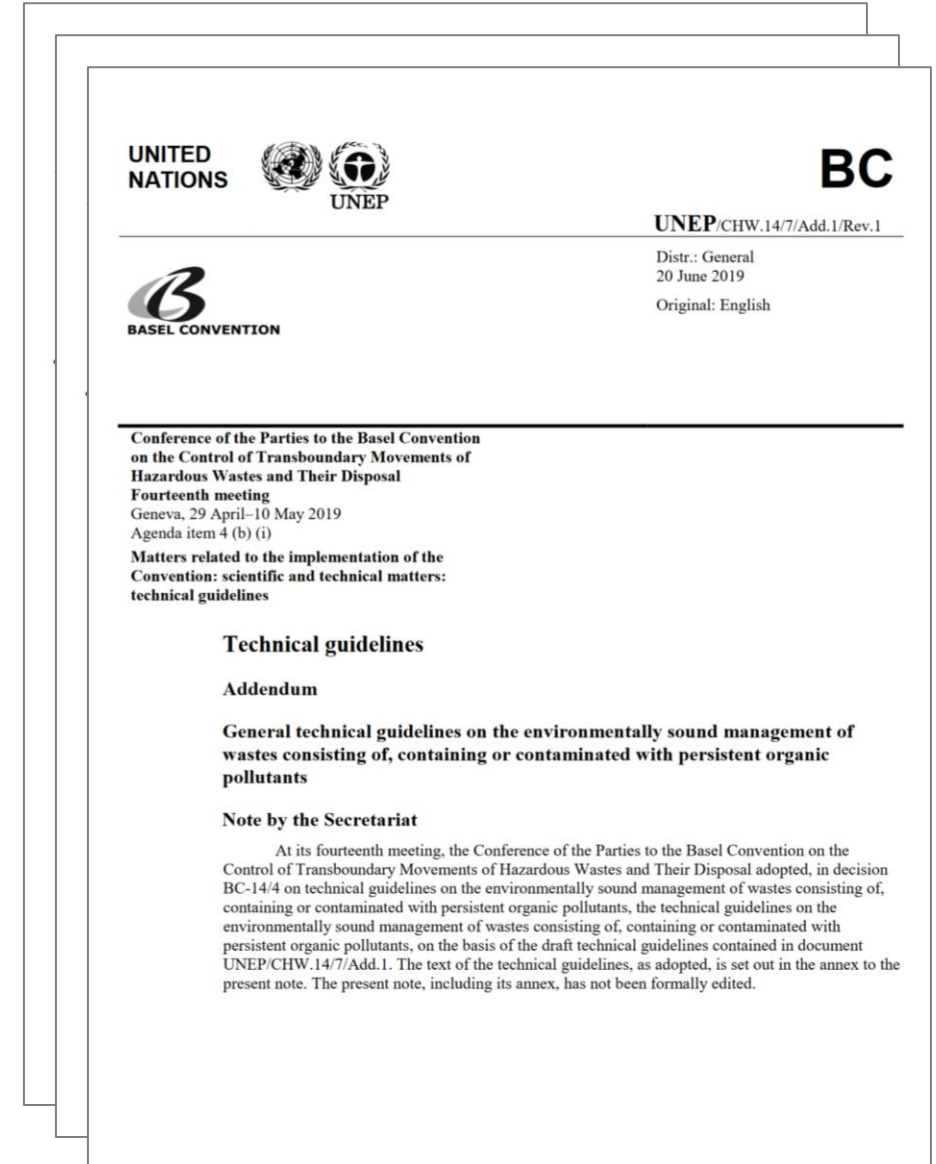
新規物質が相次いでPOPに追加、  
その多くはプラスチック添加剤や  
表面処理剤

✓ 次期POP候補物質：中鎖塩素化パラフィン(MCCP)、長鎖ペルフルオロカルボン酸(LC-PFCA)とその塩及びLC-PFCA関連物質。来年4～5月開催のCOP12で廃絶対象(附属書A)に追加される見込み

COP: 締約国会議

# POPs含有廃棄物の国際的な規制

- POPsを含有するストックパイル・廃棄物の適正管理および処理に関しては、**バーゼル条約**（有害廃棄物の国境を越える移動及びその処分の規制に関する規定）で規定
- バーゼル条約の下、ストックホルム条約との整合性を図ってPOPsの処理技術・低減化技術情報を提供し、**「POPs含有廃棄物の環境上適正な処理に関する技術ガイドライン」**を作成
  1. 処理対象とするPOPs濃度（LPC）
  2. 分解率や排出水準
  3. 分解技術の方法





# 新規POPs含有プラスチック廃棄物

	主な含有製品	製品中含有量	バーゼル条約LPC (mg/kg)
PentaBDE	ポリウレタンフォーム、基板	Up to 40% by weight (1% = 10,000 mg/kg)	[50 mg/kg] or [500 mg/kg] or [1,000 mg/kg] as a sum
OctaBDE	電子機器の筐体		
DecaBDE	電子機器の筐体、繊維、断熱材		
HBCD	繊維、断熱材	Up to 5% by weight in textile, ~0.5% in EPS, ~5% in XPS	100 mg/kg [or 500 mg/kg] or 1,000 mg/kg
SCCP	塩ビ製品、ゴム、潤滑油 <i>etc.</i>	Up to 20% by weight	[100 mg/kg] or [1,500 mg/kg] or [10,000 mg/kg]
Dechlorane Plus	電気電子機器、自動車、建材 <i>etc.</i>	Up to 40% by weight	TBD

➔ プラスチック添加剤についてはLPC策定が難航

➔ LPC超過の場合、マテリアルリサイクル不可、熱回収は適正な条件で可

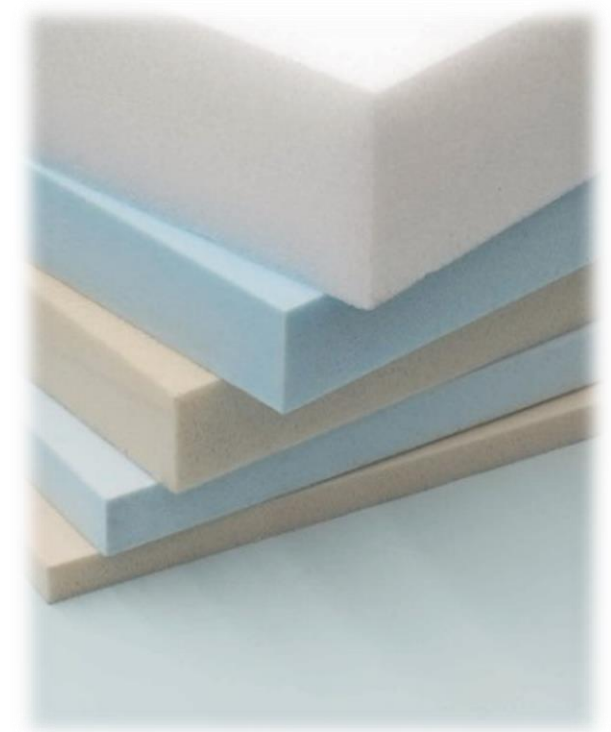
# PBDEやHBCDを含有するプラスチック製品の実測例



ブラウン管式テレビケース：  
～ 120,000 mg/kg of PBDE



防災カーテン：  
• 22,000–43,000 mg/kg of HBCD  
• 120,000 mg/kg of PBDE



建築用断熱材：  
• Expanded polystyrene (EPS): ～ 5,500 mg/kg of HBCD  
• Extruded polystyrene (XPS): ～ 44,000 mg/kg of HBCD

- POPs含有製品はプラスチック循環から除外すべき
- POPs含有廃棄物をどう判別するか？臭素(Br)の含有有無？

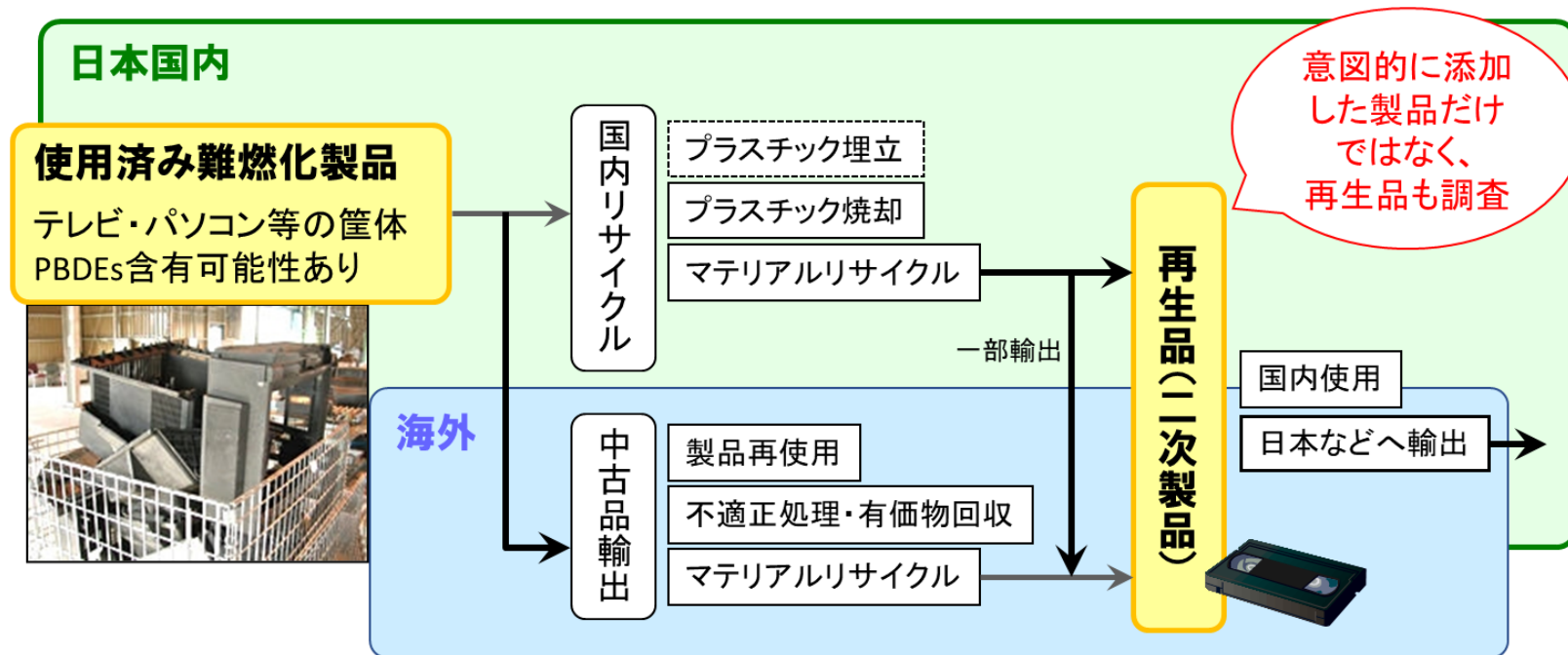
# PBDEやHBCD以外の主な臭素系難燃剤

- Tetrabromobisphenol A (TBBPA) (CAS no. 79-94-7)
- Brominated bisphenol-A type epoxy resin (CAS no. 68928-70-1)
- TBBPA carbonate oligomer (CAS no. 71342-77-3)
- TBBPA bis(dibromopropyl ether) (CAS no. 21850-44-2)
- TBBPA-bis-(allyl ether) (CAS no. 25327-89-3)
- 1,2-Bis(2,3,4,5,6-pentabromophenyl)ethane (DBDPE) (CAS no. 84852-53-9)
- 1,2-Bis(2,4,6-tribromophenoxy)ethane (CAS no. 37853-59-1)
- 2,4,6-Tris(2,4,6-tribromophenoxy)-1,3,5-triazine (CAS no. 25713-60-4)
- Poly(2,6-dibromophenol oxide) (CAS no. 69882-11-7)
- Brominated polystyrene (CAS no. 57137-10-7)
- 1,2-Bis(tetrabromophthalimido) ethane (CAS no. 32588-76-4)
- Hexabromobenzene (CAS no. 87-82-1)
- Pentabromobenzyl Acrylate (CAS no. 59447-55-1)
- Poly(pentabromobenzyl acrylate) (CAS no. 59447-57-3)
- Octabromotrimethylphenylindan (CAS no. 155613-93-7)
- 1,2,3,4,5-pentabromobenzene (CAS no. 608-90-2)
- Pentabromophenol (CAS no. 608-71-9)

And many more...

→ 臭素濃度は臭素系難燃剤含有の指標にはなるが、PBDEやHBCDの含有有無を判断することはできない

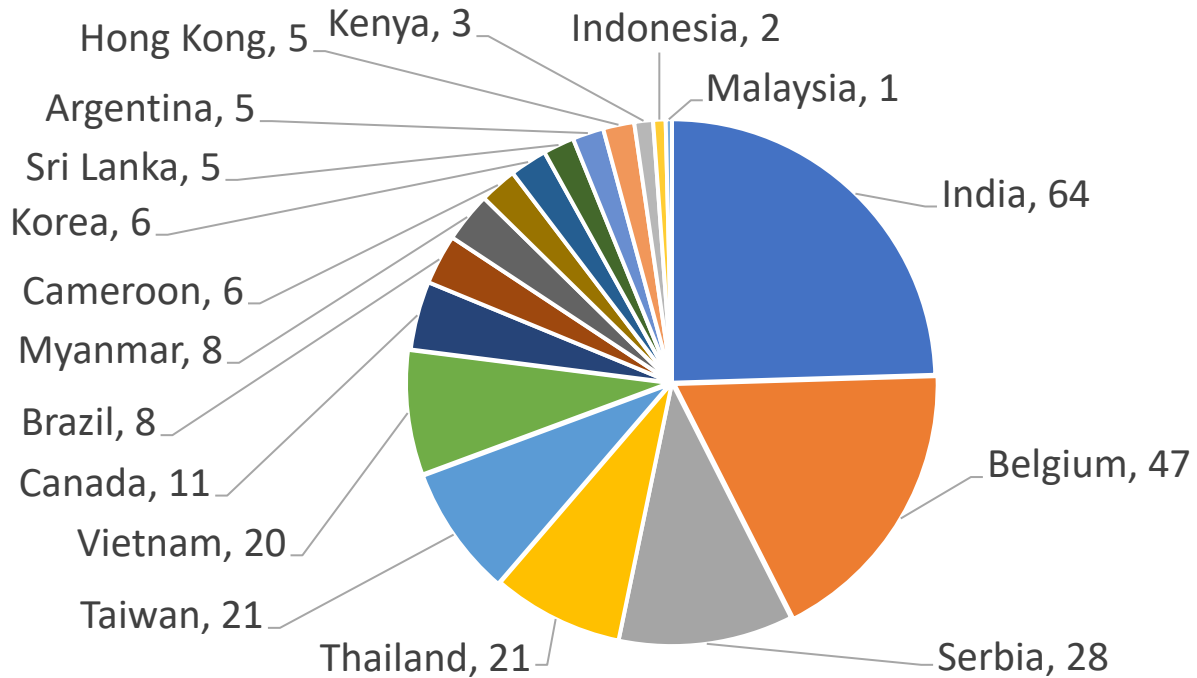
# PBDE含有プラスチックの循環資源としての国際的な流通



- 含有製品・廃棄物の国際的な流通、リサイクルなど循環利用に伴う POPsの希釈・拡散、および 廃棄に伴う環境流出
- 国際的にコンセンサスの得られた 検定方法・調査プロトコルの確立、およびそれらを通じた途上国の 環境問題意識の向上 は喫緊の課題

# 収集したプラスチック製品の内訳 (2015～2019年)

分類	製品数	部材数
景品や販促品	187	393
100円ショップの商品	92	228
海外で購入した安価な製品	261	518
計	540	1,139









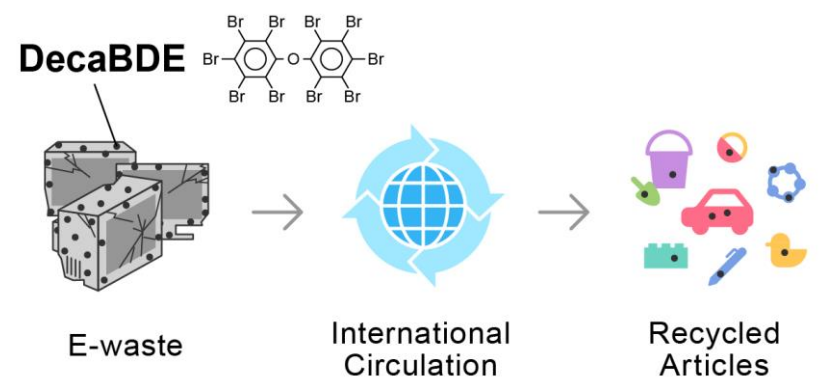
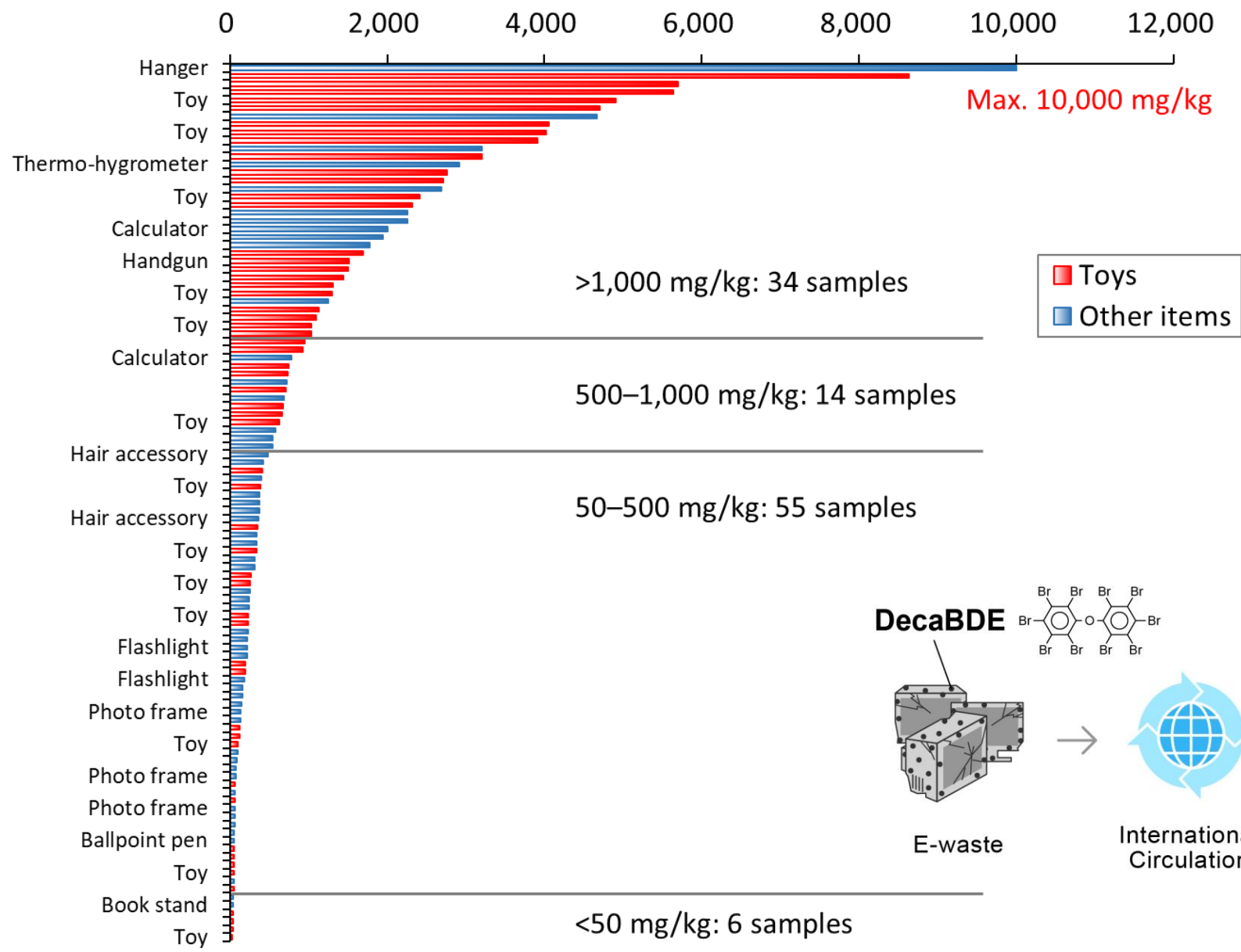
# 100円ショップの商品の例



# 海外で購入した安価な製品の例



# PBDE含有プラスチックの循環利用の実態





# おもちゃから検出されたPBDE濃度

8,600 mg/kg in a guitar



200 mg/kg in a toy car



740 mg/kg in a Reversi



2,800 mg/kg in a toy gun



3,900 mg/kg in accessory beads toys



# おもちゃ以外の雑貨等から検出されたPBDE濃度

10,000 mg/kg in a clothes hanger



380 mg/kg in a water pipe joint



2,000 mg/kg in a calculator



4,700 mg/kg in a flashlight



490 mg/kg in hair accessories



# 100円ショップの商品から検出されたPBDE

—身近なプラスチック製品から禁止有害化学物質PBDEを検出

事務局・科学ジャーナリスト 植田武智

## 100円ショップの プラスチック製品は危険！

100円ショップで売られているおもちゃ、ヘアバンド、スマホホルダーなどの商品のプラスチックから、ストックホルム条約で使用が禁止されているPBDE（有機臭素系難燃剤の一種であるポリ臭化ジフェニルエーテル）が検出されました。国民会議は、2019年2月に国際NGOの

## 有害物質も循環する プラスチックリサイクルの闇

実は、これらのPBDEは、過去にテレビやパソコンなどの筐体に火災防止の目的で使われてきたものです。2010年に使用禁止になってからは、新品のテレビやパソコンのプラスチック部品には使われることはなくなりました。しかしストックホルム条約では例外的に、PBDEを含ん

プラスチックは主に中国に輸出されてきました。2016年には国内で、生活由来・家電由来を合わせて約900万トンの廃プラスチックが発生し、その内約130万トンが中国に輸出されていたというデータ\*1もあります。

そもそも100円ショップの商品は電気を使うものでもないので、難燃剤を添加する必要性はありません。また難燃性を持たせるためには、プラ



# PBDEが検出された100円ショップのプラスチック製品 (JEPAニュース、vol. 118, 2019)

	検体番号	製品	購入店	有機臭素系難燃剤 (PBDE) 単位はppm		Total PBDEs
				臭素の数が 3~8個 (2010年禁止)注1	臭素の数が 10個 (2017年禁止)注2	
①	JP-T-8	おもちゃの望遠鏡	ダイソー	15	61	76
②	JP-T-4	おもちゃの銃	ダイソー	20	127	147
③	JP-T-6	おもちゃのナイフ	ダイソー	22	114	136
④	JP-T-1	おもちゃのギター	キャンドゥ	142	267	409
⑤	JP-H-4	ヘアクリップ	ダイソー	30	91	121
⑥	JP-H-8	ヘアバンド	ダイソー	21	116	137
⑦	JP-O-1	スマートフォンホルダー	キャンドゥ	38	654	692

注1 検査結果一覧のPBDE27~207の値の合計 注2 検査結果のPBDE209の値

# 謝辞

本研究は、国内の多くのプラスチック再資源化施設のご協力を得て実施いたしました。調査にご協力いただいた皆様に心より謝意を表します。本発表は、下記の助成を受けて実施した研究成果を含みます。

- 2023～2025年度 環境省環境研究総合推進費  
「プラスチック循環の推進と調和する化学物質管理に向けた樹脂添加剤の循環実態の解明(3-2301: JPMEERF20233001)」
- UNEP/GEF Global Monitoring Plan (GMP) projects (GEF 4894, GEF 4886 and GEF 6978)
- 2019～2021年度 環境省環境研究総合推進費  
「新規POPs含有プラスチック廃棄物の環境上適正な管理に向けた国際的な分析技術基盤の整備(3-1901: JPMEERF20193001)」
- 平成28～30年度 環境省環境研究総合推進費  
「新規POPsを含有する廃棄物の環境上適正な管理に関する研究(3K163005)」
- 平成27～30年度 文科省科研費若手研究(B)  
「再生プラスチック製品への規制難燃剤混入実態に関する国際調査:適切な再利用に向けて」

