

令和 5 年 5 月 23 日現在

機関番号：34316

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H04353

研究課題名（和文）廃プラスチックの焼却が有機ハロゲン化合物の非意図的生成に与える影響

研究課題名（英文）Influence of waste plastic incineration on unintentional formation of organohalogen compounds

研究代表者

藤森 崇 (Fujimori, Takashi)

龍谷大学・先端理工学部・准教授

研究者番号：20583248

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,700,000円

研究成果の概要（和文）：日本で廃棄されるプラスチックの一部はエネルギー回収または焼却処分という形で焼却される。廃棄物焼却には塩化ナトリウムを始めとする無機塩素が存在するため、塩素フリーのプラスチック焼却であってもダイオキシン類等の有機ハロゲン化合物（OHCs）が発生しないとは必ずしもいえない。本研究では、無機塩素および微量の銅を添加してプラスチックを網羅的かつ系統的に焼却した結果、塩素フリーなプラスチックからOHCsが発生することを明らかにした。プラスチックの種類別にOHCsの発生量や塩素化傾向が大きく異なること、特にポリマー主鎖に結合したベンゼン環を持つプラスチックが強く影響すること等が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

無機塩素や微量の銅を含んだ実際の廃棄物焼却を模したプラスチック焼却実験を行うことで、ダイオキシン類等の有機ハロゲン化合物（OHCs）の生成影響を評価することができる。プラスチックの種類別に比較・評価が可能なOHCsの排出特性データは、廃プラスチックの適正な焼却処分を行う上で必須の定量的知見となる。広義では、OHCsの非意図的生成に寄与する、注意すべきプラスチック構造中の因子を同定し、焼却以外の処理をも含めた今後の統合的な廃プラスチック管理に貢献する。

研究成果の概要（英文）：Some of the plastics disposed of in Japan are incinerated in the form of energy recovery or incineration. Because inorganic chlorine, including sodium chloride, is present in waste incineration, even chlorine-free plastic incineration does not necessarily result in the generation of organic halogenated compounds (OHCs) such as dioxins. In this study, we found that OHCs are generated from chlorine-free plastics as a result of exhaustive and systematic incineration of plastics with inorganic chlorine and trace copper. It was shown that the amount of OHCs generated and the chlorination tendency differed greatly depending on the type of plastic, and that plastics with benzene rings bonded to the polymer main chain were particularly strongly affected.

研究分野：環境影響評価

キーワード：プラスチック 焼却 ダイオキシン類 有機ハロゲン化合物 無機塩素 銅

1. 研究開始当初の背景

プラスチックは容器包装、家電製品、自動車、建設資材など、必要不可欠な素材として広く普及している。2013年において、廃プラスチックは940万トン(全廃棄物の2%相当)排出され、その内98万トンは未利用のまま焼却処理されている。また、リサイクル分としての熱回収は、廃プラスチックの焼却利用で進められている。近年、2017年の中国による廃プラスチック輸入規制や、国連による持続可能な開発目標(SDGs)におけるプラスチックの資源循環に関する達成目標などの影響により、プラスチックの適正処分が今後一層求められる。

「残留性有機汚染物質(POPs)に関するストックホルム条約(POPs条約)」では、有害性、長距離移動性、生物濃縮性、難分解性を有する非意図的生成物の処理過程からの発生を、可能な限り低減することを締約国に求めている(PCDDsなどの塩素化物)、臭素化物(PBDDsなど)も、同様の規制へ向けた動きがある。

廃プラスチックを含む廃棄物の焼却処理は、非意図的生成物の主要な排出源である。プラスチックのうち構造中に塩素を含有するポリ塩化ビニル(PVC)は、焼却によるPCDDsおよびPCDFs(PCDD/Fs)などの非意図的生成物の排出影響研究が進められてきた。PVCに比べ、塩素(さらには臭素)を含有していないハロゲンフリーなプラスチックでは、ハロゲン源や他の廃棄物構成要素と混在した模擬廃棄物を用いた焼却試験研究による、有機ハロゲン化合物の排出特性に関する知見が不足している。粉末化などの試料調製や、模擬廃棄物組成、焼却試験、分析対象などに関して条件を整えた実験系を通じて、プラスチック種類別の系統的な比較・評価が可能となる。

「廃プラスチックの焼却処理によって、本当に有機ハロゲン化合物は生成しないのだろうか?」

これが本研究の核となる問いである。プラスチック自体は、PVCなどの一部を除き主に炭素と官能基の組み合わせで構成されたハロゲンフリーなポリマー材料である。そのため、プラスチック単体を焼却した試験結果からは、PCDD/Fsなどの有機ハロゲン化合物の非意図的生成は、あったとしても不純物の含有ハロゲンの寄与による微量生成のみである。

しかし、実際の廃棄物は、雑多な素材が混在した状態であり、そこに廃プラスチックが入った状態で焼却処理がなされる。一般に、廃棄物には多くの塩素が食塩(NaCl)などを由来として恒常的に含有されている。他方、臭素もプラスチックを難燃化させるために添加されている。ハロゲン源以外にも、有機ハロゲン化合物生成に対し触媒作用を有する重金属類が微量であっても廃棄物中に不可避免的に混入してしまう。ハロゲン源も重金属類も存在しない環境下での廃プラスチックの焼却処理は非現実的と言わざるを得ない。

プラスチックをハロゲン源や重金属と混合し焼却実験を行うことで、実際の廃プラスチック焼却を想定した有機ハロゲン化合物の生成影響を評価することができる。プラスチックの種類別に比較・評価が可能有機ハロゲン化合物の排出特性データは、廃プラスチックの適正な焼却処分を行う上で必須の定量的知見となる。

2. 研究の目的

本研究は、実際の廃棄物焼却を模擬することにより、廃プラスチックの焼却による有機ハロゲン化合物の非意図的生成に与える影響評価を目的とする。特に、ハロゲンフリーなプラスチックがハロゲン源および重金属などと共存した条件下での焼却試験を通じ、プラスチック種類別の系統的な知見を得ることを目指す。

近年のプラスチックの資源循環・廃棄物管理に関わる国内外の動きを背景として、廃プラスチックの適正な焼却処理に資する研究が必要である。本研究は、有機ハロゲン化合物の非意図的生成に関わる基礎的かつ定量的な知見を与える。種類別に比較可能な焼却試験をすることで、プラスチックに含まれる官能基や化学構造による有機ハロゲン化合物の生成影響の相違点(あるいは共通点)を抽出することができる。有機ハロゲン化合物の非意図的生成に寄与する、注意すべきプラスチック構造中の因子を同定し、焼却以外の処理をも含めた今後の統合的な廃プラスチック管理に貢献する。

また、プラスチック由来の有機ハロゲン化合物の生成機構は、定量的知見以上に未解明な課題である。本研究により、ポリマー構造を持つプラスチックの熱分解挙動とハロゲン源、重金属などの因子とを橋渡しする熱化学的な反応経路を見出す可能性がある。

3. 研究の方法

(1) 研究試料

本研究では多種多様なプラスチックから、生産量、排出量、分類群の観点から優先的な候補を選定する。生産・排出共に上位を占める塩素フリーな汎用プラスチックからポリエチレン(PE)、ポリプロピレン(PP)、ポリスチレン(PS)、ポリエチレンテレフタレート(PET)を使用した(Fig. 1)。塩素フリーの汎用プラスチックと比較する目的で、塩素を含有しているPVCおよびポリ塩

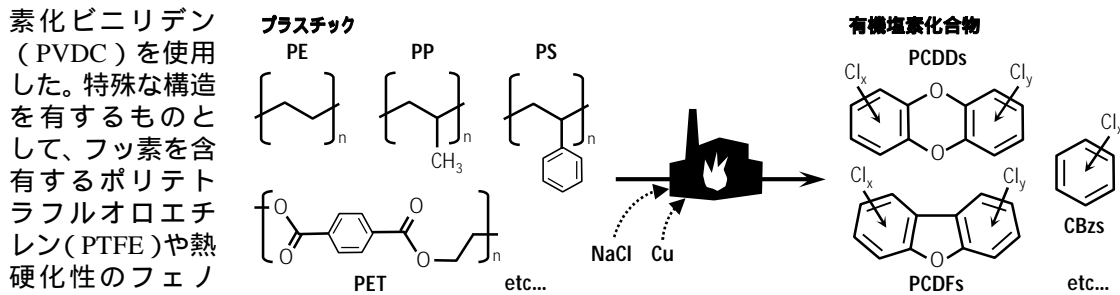


Fig. 1 廃プラ焼却研究のイメージ。

(2) 焼却試験の試料調整および試験
 プラスチックの形状による要因を無くす目的で、磁化インパクトを備える凍結粉砕機 6770 型 (SamplePrep 製) によって粉砕し、ふるいがけによって粒径を 250 μm 以下に調整した。焼却サンプルはプラスチック粉末のほかに、NaCl (1.0 wt%)、銅粉 (0.003 wt%) を加えて合計が 1.0 g となるように調整したものをを使用した。PVC および PVDC はプラスチック粉末と銅粉 (0.003wt%) のみを計 1.0g としたサンプルを作成した。ラボスケールの高温管状炉 (いすゞ製作所製) を用いて、純空気を流量 200 mL/min で流通させ 850 で 60 分間焼却した (滞留時間 13.2 s)。焼却後の石英管内の付着物と石英管出口のグラスウール (付着物)、石英ポート上の残渣、トルエントラップより捕集した排ガスを回収し、対象物質を定量した。

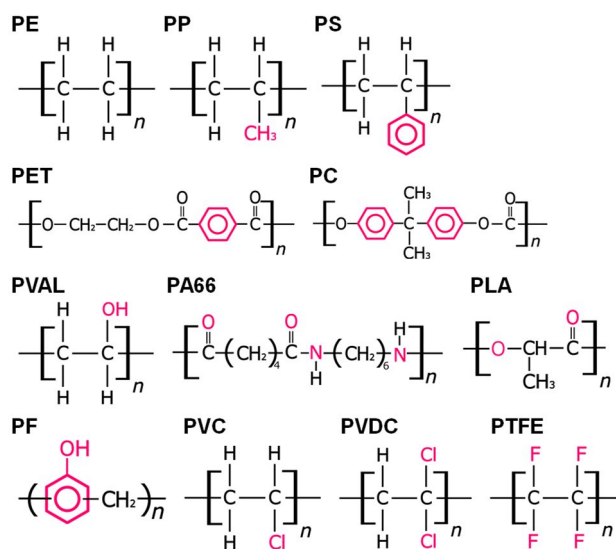


Fig. 2 使用したプラスチック。

(3) 対象とする有機ハロゲン化合物その他

本研究では、広範囲の有機ハロゲン化合物を定量分析の対象とした。POPs 条約を踏まえた非意図的生成物として、塩素化物は PCDD/Fs、PCBs、ポリ塩化ベンゼン類 (CBzs) などを対象とした。また、焼却により生成し、近年その毒性影響が注視されている多環芳香族炭化水素類 (PAHs) とそのハロゲン化物 (Cl-PAHs など) も定量分析を実施した。この内、ナフタレン (Nap) の塩素化物は、POPs 条約で非意図的生成物として挙げられている PCNs に相当する。

プラスチックの熱分解挙動を評価する目的で熱重量示唆熱分析 (TG-DTA) を行った。熱重量曲線から分解開始・終了温度や分解反応に関する指標を導出した。

4. 研究成果

(1) 有機ハロゲン化合物の発生量

単位プラスチック重量当りの有機ハロゲン化合物 (OHCs) の発生量 (ng/g-plastic) および同族体の塩素化傾向は、プラスチックの種類によって大きく異なることが明らかとなった (Fig. 3)。OHCs の中でもダイオキシン類の化合物間の順番は、プラスチックによらず PCDFs が最も大きく、次いで PCDDs、DL-PCBs であった。塩素含有プラスチックである PVC および PVDC からのダイオキシン類発生量に比べて 1 桁程小さいものの、PET および PC からの発生量は無視できない。ポリマー構造中主鎖に結合したベンゼン環が共通した構造であり、熱分解の過程でダイオキシン類を生成する経路の存在が示唆された。また、塩素フリーのプラスチック混合 (MIX) の結果は、各プラスチックを単一で焼却した結果の相加的な値よりも高値を示した。このことより、プラスチック混合によりダイオキシン類の生成が相乗的な効果を示したと考えられる。水素ではなくフッ素が結合した PTFE では塩素化ダイオキシン類の発生量はほぼ見られず最小値を示した。

とりわけ塩素フリーで最大の OHCs 生成量を示した PET に関しては、NaCl 量、Cu 量、および焼却温度の影響をそれぞれ評価した。その結果、NaCl 量、Cu 量が増加すると共にダイオキシ

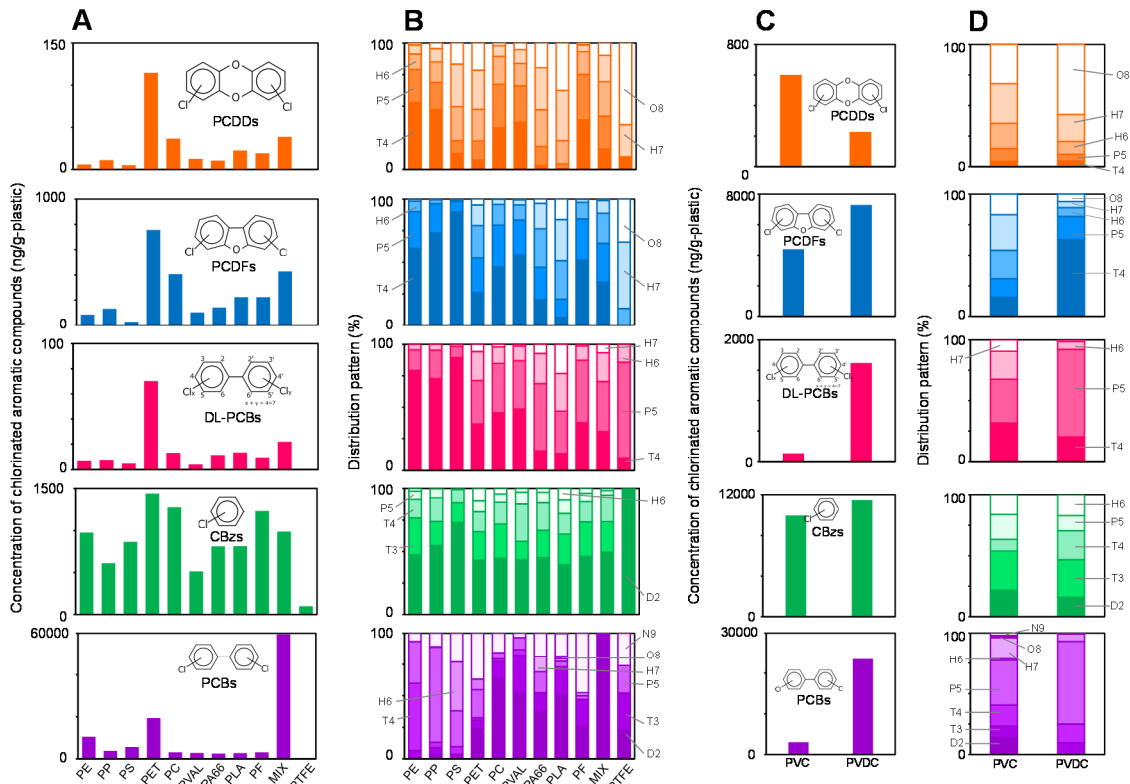


Fig. 3 プラスチックの焼却によるOHCs発生量。

- A: 塩素フリープラスチック単位重量当たりの芳香族有機化合物発生量 (ng/g-plastic),
- B: 塩素化数別の同族体分布 (塩素フリープラスチック),
- C: 塩素含有プラスチック単位重量当たりの芳香族有機化合物発生量 (ng/g-plastic),
- D: 塩素化数別の同族体分布 (塩素含有プラスチック),

ン類の生成量が増大する傾向が示された。また、焼却温度についても 500, 850, 1000 で比較した結果、1000 において最大のダイオキシン類生成量となることが確認された。また、塩素源として NaCl の代わりに PVC を塩素等量で添加した場合、NaCl 添加の方が高いダイオキシン類生成を示した。これらの結果から、PET 焼却によるダイオキシン類生成において無機塩素源と微量の銅、そして焼却する際の温度の強い影響が示唆された。

(2) 生成機序に関する考察

TG-DTA の結果から、PET の熱分解は 313 から 528 付近で起こると考えられるが、この温度領域では、PET の熱分解によりテレフタル酸、モノビニルテレフタレート、安息香酸といった有機化合物が主に生成すると考えられる (Dzieciol et al., 2001)。加藤と飯田 (2005) は安息香酸、塩酸、銅を混合したサンプルの 375 での焼却試験を実施したが、250–450 の温度領域で安息香酸の添加量を大きくするほどダイオキシン類の生成量が増加するという結果を得た。これは、PET の熱分解により生じた安息香酸 (C_6H_5-COOH) が飛灰中に存在した際にダイオキシン類となりうる可能性を示唆している。塩素化ダイオキシン類の生成経路は複数考えられるが、こうした前駆体からの経路が存在する分、PET からの発生量が大きくなったのではないかと考えられる。

塩素を含まないプラスチックで、塩素化ダイオキシン類の発生量が 2 番目に大きかったのは PE、PP、PS、PET を混合した MIX サンプルであった。TG-DTA 試験のプラスチックの混合により熱分解の反応次数は 5 と複雑になり、重量減少の温度幅は 225 から 564 と単体での実験結果よりも広がった。よって単体焼却時と比較してより多種類の熱分解生成物が生じた可能性があり、塩素化ダイオキシン類の発生量が大きくなったのではないかと考えられる。

PC からも比較的多くの芳香族有機塩素化合物が生成した。TG-DTA 試験の結果より、PC では 375 から 648 付近で熱分解が起こったと考えられるが、この温度領域ではビスフェノール A、テトラメチルブチルフェノール、4-エチルフェノール、p-クレゾールが放出されると考えられる (Becker et al., 2001)。さらに、ビスフェノール A は 300 付近でフェノールに分解される (小野ら, 2015)。よって、石英ボート上に載せられた PC は熱分解によりビスフェノール A や p-クレゾールといった芳香族有機化合物に分解されると考えられる。さらに管内付着物として石英管内に付着することで 30-300°C の温度域でフェノールまで分解されると考えられた。フェノール類はダイオキシン類の前駆体として知られており (Altarawneh et al., 2009) PC の熱分解によって生じたフェノール類から芳香族有機塩素化合物が生成するのではないかと考えられる。

PVAL 焼却からの塩素化ダイオキシン類の発生量は比較的小さかったが、先行研究(Liu et al.,

2018)や TG-DTA の結果から PVAL は 200 未満で脱水反応を起こすと考えられた。先行研究では H₂O の添加が PCDD/Fs の生成を 96%抑制し、低塩素化体の PCDD/Fs の割合を増加させたとの結果 (Shao et al., 2010) が報告されており、脱水反応により生じた H₂O の添加により塩素化ダイオキシン類の生成が抑制され生成量が少なくなったのではないかと考えられる。また、同じく比較的生成量が小さかった PA66 は熱分解中に NH₃ を放出するが (Herrera et al., 2001) アンモニアや尿素の添加により PCDD/Fs の生成が抑制されることが報告されており (Kuzuhara et al., 2005) 発生した NH₃ により塩素化ダイオキシン類量が比較的小さくなったのではないかと考えられる。

PTFE は TG-DTA 試験の結果より、熱分解のピークが最も高かった。よって、熱分解が他のプラスチックと比較して起こりにくく、焼却残渣からの検出割合が高くなったのではないかと考えられる。

(3) 総括

日本で廃棄されるプラスチックの一部はエネルギー回収または焼却処分という形で焼却される。廃棄物焼却には塩化ナトリウムを始めとする無機塩素が存在するため、塩素フリーのプラスチック焼却であってもダイオキシン類等の OHCs が発生しないとは必ずしもいえない。本研究では、無機塩素および微量の銅を添加してプラスチックを網羅的かつ系統的に焼却した結果、塩素フリーなプラスチックから OHCs が発生することを明らかにした。プラスチックの種類別に OHCs の発生量や塩素化傾向が大きく異なること、特にポリマー主鎖に結合したベンゼン環を持つプラスチックが強く影響すること等が示された。プラスチックが熱的に分解する際に副生成する芳香族類 (安息香酸、フェノール等) を前駆体とした生成経路が示唆された。

これら以外にも、共同研究者と共にハロゲン化 PAHs の定量法の確立、同族体分布データを効率的に解析する統計手法の適用なども推進した。得られた結果は論文や国内外の学会で発表した。研究テーマの主眼であるプラスチックの種類別評価について、残留性有機汚染物質に関する国際学会 (Dioxin 2021 - 41st International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants) で報告したところ、当該分野における優れた発表として Otto Hutzinger Student Award を受賞した。これは当該分野においてプラスチック種類別の焼却由来の OHCs 発生量の地道な比較評価研究の重要性を改めて認識させられた受賞であり、今後も類似内容の継続・発展させる必要がある。

本研究を通じ、無機塩素や微量の銅を含んだ実際の廃棄物焼却を模したプラスチック焼却実験を行うことで、ダイオキシン類等の OHCs の生成影響を評価することができることを示した。プラスチックの種類別に比較・評価が可能な OHCs の排出特性データは、廃プラスチックの適正な焼却処分を行う上で必須の定量的知見となる。広義では、OHCs の非意図的生成に寄与する、注意すべきプラスチック構造中の因子を同定し、焼却以外の処理をも含めた今後の統合的な廃プラスチック管理に貢献するものと考えられる。

< 引用文献 >

- Altarawneh M., Dlugogorski B. Z., Kennedy E. M., Mackie J. C., 2009. Mechanisms for formation, chlorination, dechlorination and destruction of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs). *Progress in Energy and Combustion Science* 35 (3), 245–274.
- Becker L., Lenoir D., Matuschek G., Ketrup A., 2001. Thermal degradation of halogen-free flame retardant epoxides and polycarbonate in air. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 60 (1), 55–67.
- Dzięcioł M., Trzeczynski J., 2001. Temperature and atmosphere influences on smoke composition during thermal degradation of poly(ethylene terephthalate). *Journal of Applied Polymer Science* 81 (12), 3064–3068.
- Herrera M., Matuschek G., Ketrup A., 2001. Main products and kinetics of the thermal degradation of polyamides. *Chemosphere* 42 (5–7), 601–607.
- 加藤陽一, 飯田勝彦. 2005. 半田付け作業におけるダイオキシン類生成条件の解明. *環境化学* 15 (3), 575-583.
- Kuzuhara S., Sato H., Tsubouchi N., Ohtsuka Y., Kasai E. 2005. Effect of nitrogen-containing compounds polychlorinated dibenzo-p-dioxin/dibenzofuran formation through de novo synthesis. *Environmental Science & Technology* 39 (3), 795-799.
- Liu R., Li L., Liu S., Li S., Zhu X., Yi M., Liao X., 2018. Structure and properties of wool keratin/poly(vinyl alcohol) blended fiber. *Advances in Polymer Technology* 37 (8), 2756–2762.
- 小野俊輔, 熊谷将吾, ギドグラウゼ, 亀田知人, 吉岡敏明. 2015. ビスフェノール A の熱分解挙動の解析. 第 26 回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集 335-336.
- Shao K., Yan J., Li X., Lu S., Wei Y., Fu M., 2010. Experimental study on the effects of H₂O on PCDD/Fs formation by de novo synthesis in carbon/CuCl₂ model system. *Chemosphere* 78 (6), 672–679.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Sei K., Wang Q., Tokumura M., Suzuki S., Miyake Y., Amagai T.	4. 巻 1
2. 論文標題 Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Their Halogenated Derivatives in a Traditional Smoke-Dried Fish Product in Japan: Occurrence and Countermeasures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Food Science & Technology	6. 最初と最後の頁 960 ~ 966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsfoodscitech.1c00085	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sei K., Wang Q., Tokumura M., Hossain A., Raknuzzaman Md., Miyake Y., Amagai T.	4. 巻 196
2. 論文標題 Occurrence, potential source, and cancer risk of PM2.5-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and their halogenated derivatives in Shizuoka, Japan, and Dhaka, Bangladesh	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Environmental Research	6. 最初と最後の頁 110909 ~ 110909
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.envres.2021.110909	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Sei, K.T.; Wang, Q.; Tokumura, M.; Miyake, Y.; Amagai, T.	4. 巻 271
2. 論文標題 Accurate and ultrasensitive determination of 72 parent and halogenated polycyclic aromatic hydrocarbons in a variety of environmental samples via gas chromatography/triple quadrupole mass spectrometry	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemosphere	6. 最初と最後の頁 129535
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.chemosphere.2021.129535	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Terada, A.; Fujimori, T.; Takaoka, M.	4. 巻 82
2. 論文標題 Evaluation of the Formation of Chlorinated Dioxins from the Incineration of Various Types of Plastic	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Organohalogen Compounds 82 (2021) 17	6. 最初と最後の頁 17 ~ 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計21件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Terada, A.; Fujimori, T.; Takaoka, M.
2. 発表標題 Evaluation of the Formation of Chlorinated Dioxins from the Incineration of Various Types of Plastic
3. 学会等名 Dioxin 2021 - 41st International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寺田彩乃, 藤森崇, 高岡昌輝.
2. 発表標題 プラスチック種類別の焼却による塩素化ダイオキシン類生成評価
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 藤森崇, 江口哲史, 寺田彩乃, 高岡昌輝.
2. 発表標題 無機塩素とのプラスチック焼却により生成する芳香族有機塩素化合物：主成分分析を用いた媒体・プラスチック別組成の解析
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三宅祐一
2. 発表標題 多環芳香族炭化水素類およびそのハロゲン化誘導体の高精度・高感度分析法と環境汚染実態の調査事例
3. 学会等名 アジレント・テクノロジー株式会社ユーザーズミーティング (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三宅祐一
2. 発表標題 身近な発がん物質
3. 学会等名 サーモフィッシャーサイエンティフィック株式会社オンライン科学セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史, 寺田 彩乃, 藤森 崇
2. 発表標題 プラスチックの焼却における触媒反応を伴う塩素化多環芳香族炭化水素類の生成機構解析
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 滝川 哲也, 多田 智彦, 王 斉, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 直接導入 GC-MS/MS による粒子状多環芳香族炭化水素類及びハロゲン化誘導体の分析方法の検討
3. 学会等名 第29回環境化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 滝川 哲也, 多田 智彦, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 直接導入法による粒子状多環芳香族炭化水素類およびそのハロゲン化誘導体の分析法開発と大気中濃度調査
3. 学会等名 環境科学会2021年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 多田 智彦, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 多環芳香族炭化水素類及びそのハロゲン化誘導体の新規パッシブサンプリングにおける環境条件の影響を考慮した分析法の検討
3. 学会等名 環境科学会2021年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 滝川 哲也, 多田 智彦, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 直接導入法による粒子状多環芳香族炭化水素類およびそのハロゲン化誘導体の分析法開発と室内空气中濃度調査
3. 学会等名 2021年室内環境学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 多田 智彦, 王 斉, 徳村 雅弘, 三宅 祐一, 雨谷 敬史
2. 発表標題 環境要因による影響を考慮した多環芳香族炭化水素類及びそのハロゲン化誘導体の新規パッシブサンプリング法の検討
3. 学会等名 2021年室内環境学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujimori, T.; Takaoka, M.; Tong, C.; Li, X.; Zhang, M.
2. 発表標題 Mechanistic Study on Bromination of Carbon and Formation of PBDD/Fs by Copper Bromide
3. 学会等名 15th China-POPs Forum (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺田彩乃, 藤森崇, 塩田憲司, 西田崇矩, 高見侑佑, 高岡昌輝.
2. 発表標題 無機塩素とのプラスチック焼却が芳香族有機塩素化合物生成に与える影響
3. 学会等名 第42回京都大学環境衛生工学研究会シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺田彩乃, 藤森崇, 高岡昌輝.
2. 発表標題 熱重量分析を用いたプラスチックの熱分解挙動の理解
3. 学会等名 環境化学オンライン研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhang, M.; Fujimori, T.; Nakayama, MM, S.; Shiota, K.; Nakata, H.; Ishizuka, M.; Takaoka, M.
2. 発表標題 Contamination of Metal(loid)s and Chlorine in Soil from an Open Dumping and Burning Site of Municipal Solid Waste in Kabwe, Zambia
3. 学会等名 環境化学オンライン研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 寺田彩乃, 藤森崇, 西田崇矩, 高岡昌輝.
2. 発表標題 無機塩素とのプラスチック焼却によるクロロベンゼン類とポリ塩化ビフェニル類の媒体別発生挙動
3. 学会等名 第31回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhang, M.; Fujimori, T.; Nakayama, MM, S.; Shiota, K.; Nakata, H.; Ishizuka, M.; Takaoka, M.
2. 発表標題 Characteristics of Chlorine and Metal(loid)s in Residue and Soil from an Open Dumping and Burning Site of Municipal Solid Waste in Kabwe, Zambia
3. 学会等名 第31回廃棄物資源循環学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuichi Miyake, Qi Wang, Masahiro Tokumura, Takashi Amagai
2. 発表標題 PM2.5-bound polycyclic aromatic hydrocarbons and their halogenated derivatives in Japan and Bangladesh
3. 学会等名 42th International Symposium on Halogenated Persistent Organic Pollutants (DIOXIN 2022), New Orleans, USA. (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tetsuya Takikawa, Qi Wang, Kazushi Noro, Yuichi Miyake, Takashi Amagai
2. 発表標題 A high-sensitive analytical method of particulate polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and halogenated PAHs using thermal separation probe coupled to gas chromatograph-triple quadrupole mass spectrometer
3. 学会等名 International Society of Exposure Science (ISES) 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤森崇, 寺田彩乃, 高岡昌輝.
2. 発表標題 プラスチックの違いが無機塩素混合焼却時のダイオキシン類の発生挙動に与える影響
3. 学会等名 第30回環境化学討論会 (環境化学物質3学会合同大会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 王齊, 三宅祐一, 徳村雅弘, 雨宮敬史, 寺田彩乃, 藤森崇.
2. 発表標題 プラスチック焼却時の塩素の存在形態及び触媒反応による塩素化多環芳香族炭化水素類の生成機構解析
3. 学会等名 第30回環境化学討論会 (環境化学物質3学会合同大会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

代表者研究室のWebページ https://sites.google.com/view/fjmogomjf-lab 代表者個人のWebページ https://sites.google.com/site/fjmogomjf 代表者のWebページ https://sites.google.com/site/fjmogomjf/
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	三宅 祐一 (Miyake Yuichi) (40425731)	横浜国立大学・大学院環境情報研究院・准教授 (12701)	
研究分担者	江口 哲史 (Eguchi Akifumi) (70595826)	千葉大学・予防医学センター・講師 (12501)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	寺田 彩乃 (Terada Ayano)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------