

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料
〔令和4（2022）年度 中間評価用〕

令和4年3月31日現在

研究期間：2020年度～2024年度
課題番号：20H05708
研究課題名：環境インパクト低減に向けたハロゲン制御技術の体系化

研究代表者氏名（ローマ字）：吉岡敏明（YOSHIOKA Toshiaki）
所属研究機関・部局・職：東北大学・大学院環境科学研究科・教授
研究者番号：30241532

研究の概要：

プラスチックの高機能化・製品素材の複合化が進み、リサイクルの困難性が高まっている。本研究ではプラスチック循環利用の阻害要因となるハロゲンを循環資源と捉え、二次資源として利用可能な基準にコントロールする「制御」の視点も加え脱ハロゲン技術の最適化を目指す。さらに、本研究の要素技術の深堀と体系化を通して、環境インパクト低減に寄与するリサイクル技術プロセスの基盤構築に挑む。

研究分野：環境材料およびリサイクル技術関連

キーワード：ハロゲン・塩素循環、プラスチックリサイクル、アルカリ工業、演繹的LCA、環境影響評価

1. 研究開始当初の背景

プラスチックの生産量・使用量・廃棄量は世界的に増加傾向にあり、今後もさらなる増大が見込まれる。そうした中でプラスチックリサイクルを如何に進めていくかは重要な課題の一つであるが、プラスチックの高機能化が進み、分離・分別のハードルが上がってきている。製品からの有用部品、有価金属の回収後の混合残渣を動脈システムに戻すためには、コンパウンディング産業または動脈産業側で受け入れ可能な性状・物質への変換と安定供給を実現することが必要である。ここで共通のハードルとなるのが、塩素、臭素などハロゲンの含有である。プラスチックの機能性を高めるこれらの元素は、リサイクルプロセスでは機器の腐食や触媒の被毒、有害性など、プラスチック循環の阻害要因となってきた。従ってこれらの課題解決はプラスチック循環の推進に大きく寄与することが期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、プラスチックリサイクルにおいて忌避物質となるハロゲンを「循環資源」と捉え、脱ハロゲン技術を基軸としてその技術展開の可能性を学術的に問うことにある（図1）。脱ハロゲン技術は「乾式法」「湿式法」に大別されるが、本研究ではそれぞれの手法の利点を最大化し、使用済みプラスチックが二次原料（再生材）・化学原料・高品質燃料となるためのハロゲン除去・回収・有効利用技術開発を行う。本研究では技術の社会実装を見据え、スケールアップした技術開発を行うとともに、徹底的に脱塩素率を行い脱塩素率の最大値を出すための最適条件の導出・塩素回収率最大値のための最適条件の導出という

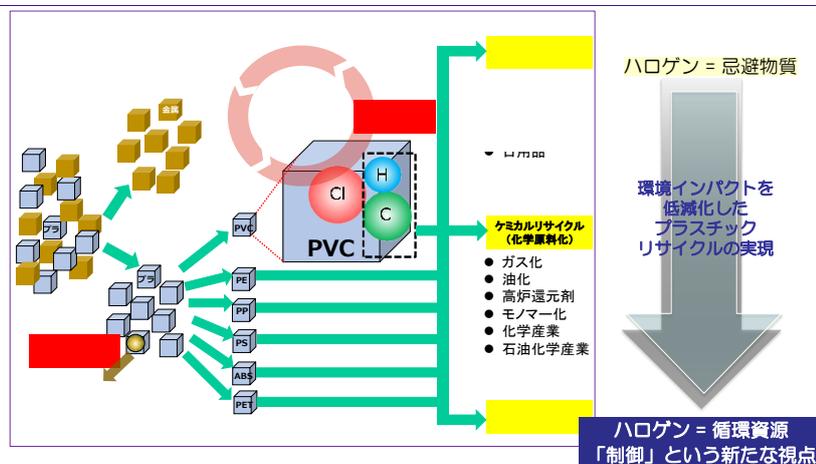


図1 本研究の概要と目的

側面の他、産業界で受け入れ可能な基準にコントロールする「制御」の視点も考慮する。さらに本研究では、技術開発と同時並行でマテリアルフロー解析 (MFA)・演繹的ライフサイクルアセスメント (LCA)、国際的技術・政策の最新動向分析を行い、技術導入速度や社会システムとの適合性に関して最適化を目指す学際的研究を行う。

3. 研究の方法

本研究開発は、「プロセス開発」、「マテリアルフロー解析・ライフサイクルアセスメント」、「技術・政策国際動向分析」、の三つの専門の異なる研究分野が融合することにより成り立つ。本研究では脱ハロゲン技術を基軸とし、そこから展開できる技術手法を探索、要素技術の体系化を試みる。これによりハロゲン循環、プラ有効利用のための技術開発基盤の構築を目指す。この「プロセス開発」研究に加えて、「マテリアルフロー解析・ライフサイクルアセスメント」で「プロセス開発」で得られた実測データをもとにマテリアルフロー解析、環境影響評価分析を行う。さらに、「技術・政策国際動向研究」により国内外の最新の法規制、産業界のプラスチック二次原料利用可能性に関する評価解析を行う。

4. これまでの成果

令和2年度、令和3年度はまず関連研究の学術的知見のサーベイと国内外の社会基盤や産業構造等も含めた基礎的情報収集を行った。塩回収のための電気透析装置をスケールアップし、各種パラメータの検討を行った。また脱塩素技術・塩素回収技術の展開性に着目し、脱臭素実験を開始した。一方、臭素系難燃剤含有素材及び製品の情報をもとに産業連関表を拡張し臭素フローを解析した。また、PVCの50年間における使用形態遷移の可視化、PVC脱塩素技術を導入することで起こり得る貿易フロー変化の分析を行った。さらに、本研究では「技術プロセス開発」「MFA、LCA」「技術・政策国際動向」の三つの研究を同時並行で進め、連携しながら研究の方向性を最適化していくことが重要であることから、各研究の情報フィードバック方法と連携のあり方についても検討を行った。

5. 今後の計画

ラボスケールからスケールアップした実験装置を用いて各種パラメータの影響を整理し、脱塩素処理プロセスと塩素回収プロセスとの接続を考慮した技術開発を行う。また夾雑物や添加剤の技術プロセスへの影響について検討し、回収塩評価を実施する。また本プロセスの臭素、フッ素への展開を検討し、技術体系化の検討を進める。一方、塩素国際フローにおいて様々な変化シナリオを設定することで、塩素循環の様子をモデル化しPVC脱塩素技術及び社会実装への要件を導く。また、他のハロゲンについても同様のアプローチの可能性を検討する。国際政策動向については今後新たに排出が見込まれるハロゲン含有製品も視野に入れ最新動向を把握する。

上記の研究を各々実施するとともに、各研究成果のフィードバックを行い、連携を図りながら全体研究を推進する。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

- ・プラスチック資源循環に向けて - ハロゲン循環・制御の必要性と方策 - , 吉岡敏明, 齋藤優子, 熊谷将吾, ビニリデン協だより, No.83, 1-11 (2022)
- ・湿式脱ハロゲン化とその研究展開, 齋藤優子, 熊谷将吾, 吉岡敏明, 廃プラスチックの科学と技術, 【査読有】 掲載決定 (2022)
- ・Sustainable Advance of Cl Recovery from Polyvinyl Chloride Waste Based on Experiment, Simulation, and Ex Ante Life-Cycle Assessment, Jiaqi Lu, Shogo Kumagai, Yasuhiro Fukushima, Hajime Ohno, Siqingaowa Borjigin, Tomohito Kameda, Yuko Saito, Toshiaki Yoshioka, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 【査読有】, **9**, 14112-14123 (2021)
- ・プラスチックの資源循環へ向けて。研究の現状と課題, 吉岡敏明, PVC News, No.112, 2-4 (2021)
- ・湿式法を用いたハロゲン含有プラスチックの化学リサイクル, 齋藤優子, 熊谷将吾, 吉岡敏明, シーエムシー出版, 【査読無】 266-277 (2021)

7. ホームページ等

<http://www.che.tohoku.ac.jp/~env/index.html>