

研究課題番号	3-2202
研究領域名	資源循環領域
研究課題名	ポリオレフィン系廃プラスチックのケミカルアップサイクル技術の開発
研究代表者名（所属機関名）	田村正純（大阪公立大学）
研究実施期間	2022年度～2024年度
研究キーワード	ケミカルリサイクル、ポリオレフィン、潤滑油、固体触媒、水素化分解

研究概要、研究成果等

廃プラスチックによる環境問題、生体系への影響は年々深刻となっており、プラスチックの適正処理手法の確立は急務である。プラスチックのケミカルリサイクルは低炭素化、廃棄物削減、および原料・化学品供給を可能にするプロセスとして期待されるが、その大半が高炉原料化・コークス炉化学原料化であり、ガス化や油化は限られる。その理由としては、温和な条件でプラスチック原料や有用化学品に高効率に変換できる有効手法がほとんどないことが挙げられる。このような背景において、本提案者らは、2018-2020年の環境研究総合推進費(若手枠【3RF-1803】)の研究により、革新的な触媒系であるRu/CeO₂、Ru/ZrO₂触媒を見出し、温和な条件下において、廃プラスチックの大部分を占めるポリオレフィンから潤滑油などの有用液体化学品への変換が可能であることを見出した。しかし、廃プラスチックに含まれる触媒の被毒物質に対する触媒の高耐久性化技術および、量産プロセスである固定床反応において、廃プラスチック／触媒反応の高効率化のためにプラスチックを液化し速やかに固定床反応装置へ導入する技術といった材料・プロセス技術の開発が実用化に向けての課題であることがわかった。そこで本研究では、材料・プロセス技術課題の解決を図ると共に、プロセスシミュレーションやLCAを組み合わせ、実用化を想定したポリオレフィン系廃プラスチックの回収～処理～有用化学品化に至るケミカルアップサイクルプロセスの基本技術の確立を目指した。

固体触媒系の開発から、ポリエチレンの水素化分解における被毒物質であるSやPを含む化合物に耐被毒性の高いRu/La₂O₃-ZrO₂触媒やRu/ZrO₂-Al₂O₃触媒の開発に成功した。また、触媒解析を通して、被毒メカニズム、被毒抑制のメカニズムも明らかにした。また、高機能触媒の開発にも成功し、安価な生成物であるガス(C1-C4)生成を5%以下に抑制可能なCu-Ru/CeO₂触媒及びRu/La₂O₃-ZrO₂触媒を見出だし、有用化学品収率最大96%を達成した。

ポリエチレン(PE)およびポリプロピレン(PP)を主成分とする使用済みプラスチックを対象に、元素分析および熱分解ガスクロマトグラフィー/質量分析(Py-GC/MS)を用いた詳細な組成解析を行い、化学組成、不純物分布、ならびに熱処理による物性変化を体系的に検討し、触媒反応プロセスに適した前処理技術構築に資する知見を得た。触媒反応試験結果と組成評価結果の総合的な検討から、廃プラスチック中の触媒被毒元素が水素化分解性能に与える影響を明らかにした。熱脱着法処理により、廃プラスチック中の触媒被毒成分の一部を揮発除去できることを確認した。さらに、高温・短時間の熱処理により効率的な低分子化および低粘度化が可能であることも明らかにした。

固体触媒上での水素化分解反応の速度論モデル解析から、水素化に至るまでの「前駆状態、中間状態」といった状態を経由する新たにポリエチレン分子機構を提案した。また、新たにラボスケールの液体流通連続水素化触媒分解反応システムを構築し、連続運転可能であることを明らかにした。技術開発初期の段階から未知のパラメータを含める形でLCA評価を行い、実験と同時並行で進めることで、比較対象技術を早期に設定し、それに対して排出削減の面で優位性を担保するための技術要件を可視化することで、より効率的に新規技術開発を進めた。

環境政策等への貢献

高効率かつ耐久性の高い触媒系の開発に成功したことから、第4次循環型社会形成推進基本計画にある徹底的な資源循環やSDGsやプラスチック資源循環戦略にあるプラスチック資源のリサイクルに資する技術となりうる。

また、仙台市内でのプラスチックの循環型システム構築を目指した研究であり、持続可能な地域づくり～「地域循環共生圏」の創造にも資する技術と期待される。