

フジシール財団 研究助成事業
成果報告書

公益財団法人フジシール財団
理事長 岡 崎 裕 夫 殿

報告日 2026 年 6 月 26 日

研究課題	プラスチック製パッケージの光改質による水素及び液体燃料の製造	助成金額
		100 万円
助成名	特別長期研究助成・研究助成・若手研究助成	
ふりがな	ながかわ はるき	研究助成申請年度
研究者氏名	長川 遥輝	2024 年度
所属機関	茨城大学	研究期間
		2024 年 4 月 - 2025 年 3 月
役 職	助教	

下記の通り、研究成果を報告いたします。

記

1. 研究成果の概要

本研究では、近年利用が拡大しているポリ乳酸（PLA）やポリエチレンテレフタレート（PET）など、パッケージ用途に多く用いられる廃プラスチックを対象に、太陽光を利用して有用な化学物質および水素へと変換する光改質反応プロセスの開発を行った。検討を進める中で、特に生分解性プラスチックである PLA に対して高い反応性と資源化効率を示す反応系を見出し、PLA に適したプロセス条件が明らかとなった。PLA は環境に優しい素材として、食品容器や包装材、医療用器具、3D プリンタフィラメントなど幅広い分野での利用が進んでいるが、その生分解性を活かした資源化や再利用の技術は十分に確立されておらず、使用後の処理は依然として焼却に大きく依存している。こうした現状は、環境負荷の観点から持続可能性に課題を残している。

こうした背景のもと、本研究では、代表的な酸化物光触媒である酸化チタン（ TiO_2 ）および硫化物光触媒の硫化カドミウム（ CdS ）に白金（Pt）助触媒を担持した複合光触媒を用い、水溶液中で PLA を分解しつつ、酸化生成物としての有機酸や還元生成物としての水素を高効率で得るプロセスを構築した（図 1）。

主な成果として、まず、Pt/CdS 光触媒を用いた場合に、30 時間の反応において添加した PLA の 99%以上を分解できることが確認された（図 2a）。これは、加水分解、光開裂、光触媒反応の三者が相乗的に作用することにより、従来報告されてきた分解能力を上回る結果である。また、分解に伴って生成する有機酸類のうち、ピルビン酸が極めて高い選択率（約 96%）で得られた点も重要である（図 2b）。ピルビン酸は、医薬品や農薬、アミノ酸前駆体などの高付加価値化学原料の中間体として利用可能であり、廃棄物からの有価物生成という点で非常に有意義な成果である。

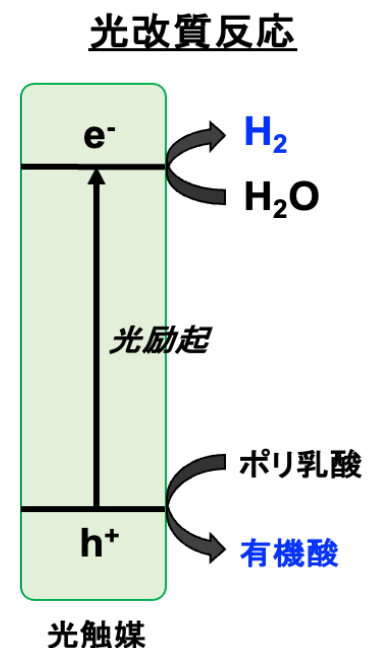


図 1. 光改質反応の概略図

さらに、光触媒反応により水の還元反応が並行して進行し、30 時間の照射において継続的な水素の生成が確認された(図 2b)。特に Pt/CdS 系においては、可視光の吸収特性が優れていることから、擬似太陽光照射下でも高い活性が維持され、太陽光駆動型の反応プロセスとして実用的な可能性を持つことが示された。

TiO₂ と CdS の比較においては、CdS 系の方が乳酸の吸着特性に優れ、ピルビン酸が得られる望ましい反応経路を選択的に進行させることが明らかとなった。TiO₂ では一部にアセトアルデヒドなどの副生成物も確認されたが、CdS ではこれらの生成は抑制されていた。これは、材料表面の電荷状態や構造的特性に起因する吸着様式の違いによるものであり、光触媒設計における指針としても有用である。

以上の結果から、本研究で構築した Pt/CdS 光触媒による PLA 光改質プロセスは、効率的な廃プラスチック処理法としてのみならず、ケミカルリサイクル技術としても非常に高いポテンシャルを有している。今後は、Cd を含まない環境調和型光触媒への代替や、混合系廃棄物への適用拡大、さらにはデバイスの最適化を含めたプロセス設計に発展させることで、実用化を加速させる方針である。

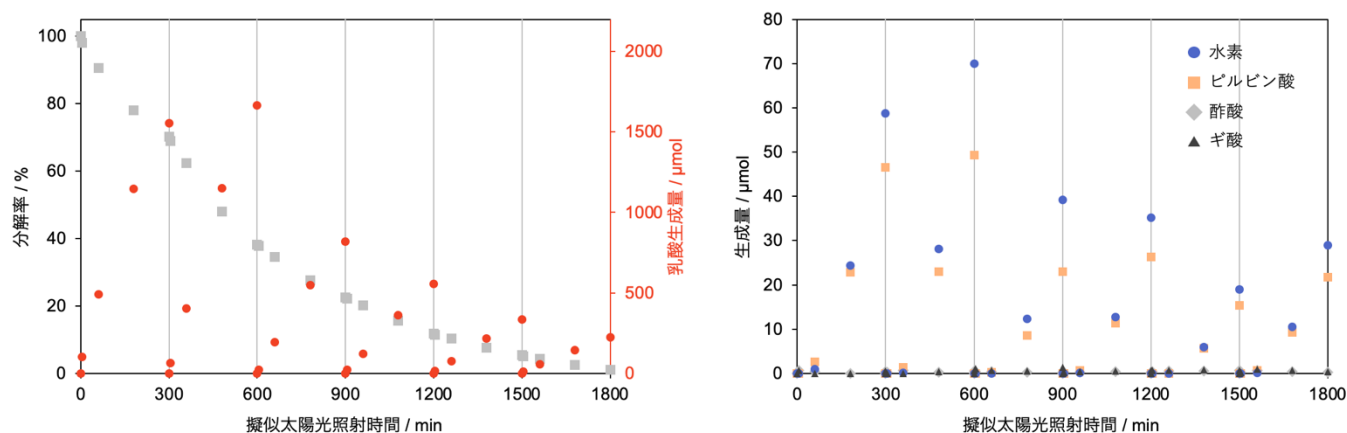


図 2. (a) PLA 分解率及び乳酸生成量の経時変化, (b) 水素および有機酸生成量の経時変化

2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性

本研究は、パッケージ用途での更なる活用が期待されている PLA や、既に広く利用されている PET などの廃プラスチックを対象とし、それらを太陽光エネルギーで有用物質および水素へと変換する光改質プロセスを確立した点で、パッケージ分野に対して以下のような多面的な貢献が期待される。

まず、バイオ由来かつ生分解性を持つ PLA について、単なる分解ではなく、高効率で資源化可能な新たな再利用ルート（水素、ピルビン酸、乳酸モノマーの生成）を提示したことで、環境調和型パッケージ材料の循環利用を

促進する技術的基盤が構築された。これは、従来の焼却依存から脱却し、使用済みパッケージをエネルギー源や高付加価値を持つ化学原料へ変換可能な資源として捉える新たな可能性を示すものである(図 3)。

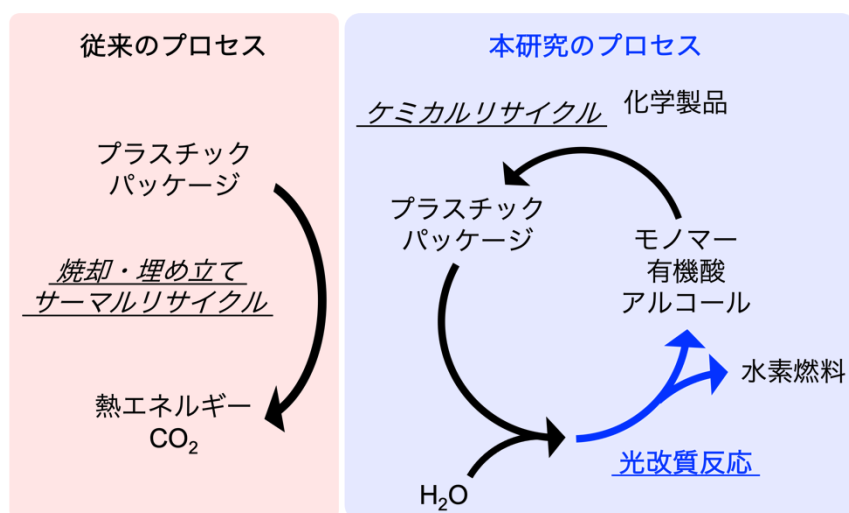


図 3. 焼却による従来のプラスチック廃棄プロセスと本研究が提案する光改質反応に基づいた資源化プロセス

また、本プロセスは光触媒による常温・常圧下での処理が可能であり、将来的には分別・洗浄などの前処理負担を軽減したプロセス設計への展開も期待される。ただし、現時点では高効率の分解のために、アルカリ条件下での反応が必要であり、食品残渣や異種プラスチックとの混在により活性が低下する可能性もあるため、パッケージ素材設計との連携やより温和な反応系開発が重要となる。

このように、資源化プロセス単体での改良だけでなく、対象となる素材自体との整合性を図ることが今後の鍵となる。したがって、パッケージ設計と資源化プロセスの双方向開発によって、より穏やかな条件下でも効率的に資源化可能な材料の開発と、それに対応した光改質プロセスの最適化が実現すれば、真の意味で持続可能なパッケージシステムの構築が可能となる。

さらに、混合廃棄物の処理に関しては、現在は基礎研究段階にあるが、今後はより複雑な実廃棄物を対象にした実用的なプロセスの設計と反応系の最適化が求められる。これは、パッケージ分野における多様な素材構成への対応においても重要であり、業界との連携による研究開発の加速が期待される。

3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績（現時点で未発表・未掲載・未出願のため、上記「1. 研究成果の概要」、「2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性」の当財団ホームページ上の公開の延期を希望される場合、その旨 記載してください。）

学会発表

「光触媒反応による生分解性ポリマーの資源化」

會田飛来，盛田雅人，福元博基，小林芳男，長川遥輝

第 36 回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会 2025 年 12 月 13 日

「光触媒反応によるポリ乳酸の高効率・高選択的資源化」

會田 飛来，小林芳男，長川遥輝

2025 電気化学秋季大会 2025 年 9 月 4 日

「ポリ乳酸の光改質反応における生成物の検討」

會田飛来，長川遥輝

第 35 回日本化学会関東支部茨城地区研究交流会，2024 年 12 月 21 日

「プラスチックの光改質反応における基質前処理手法の検討」

會田飛来，長川遥輝

第 14 回 CSJ 化学フェスタ 2024，2024 年 10 月 24 日

学会誌等

“Enhanced Degradation and Selective Photoreforming of Polylactic Acid via Solar-Driven Photocatalytic Reactions”

Hirai Aida, Masato Morita, Hiroki Fukumoto, Yoshio Kobayashi, and Haruki Nagakawa

ChemCatChem, 17, 23, e01045, 2025 年 12 月 8 日

(論文誌表紙に採択)