

課題番号：1RF-2203

研究課題名： 環境調和型糖鎖高分子微粒子材料の合成技術開拓

研究代表者氏名：北山 雄己哉（大阪公立大学）

体系的番号：JPMEERF20221R03

重点課題：グローバルな課題の解決に貢献する研究・技術開発
（「海洋プラスチックごみ問題への対応」）

研究実施期間：2022年4月～2024年3月

【研究体制】 サブテーマ①

北山雄己哉（大阪公立大学）

【研究の背景】

高分子微粒子材料は、化粧品や研磨剤として用いられているだけでなく、中空化やカプセル化などの構造的機能化により、触媒や自己修復性接着剤などの産業へ展開できるため、高分子微粒子の構造的機能化は重要となる。そのような中、海洋マイクロプラスチック問題が世界的な解決すべき火急の課題として認識され、特に予め微小サイズで合成し使用される一次マイクロプラスチックである高分子微粒子材料は回収が困難であるため、現在は使用制限を課されているが根本的な解決にはなっていない。

このような背景から、生分解性高分子微粒子材料の開発が急務であるが、現状では生分解性高分子を粉砕等により微細化し緻密微粒子として調製することは可能な一方で、構造的機能化された生分解性高分子微粒子材料の開発は未だ実現できていない。そのため、代替材料として生分解性高分子微粒子材料の開発を進めるとともに、構造的機能化を実現する革新的技術の開拓が求められている。

二次マイクロプラスチック

マクロなサイズから自然界で破砕・粉砕を経て微小化したプラスチック



○環境保全のため対策が可能

- ・微小化以前に回収する技術開拓により対策可能

一次マイクロプラスチック

微小サイズで合成され、用いられるプラスチック



×環境保全のための対策困難

- ・排水溝などから河川や海に排出するため、流出抑制困難
- ・現状の対策は使用制限（米国、仏国、英国など）
- ・微小スケールの生分解性プラスチック（高分子微粒子）の直接合成法や機能化技術が未開拓

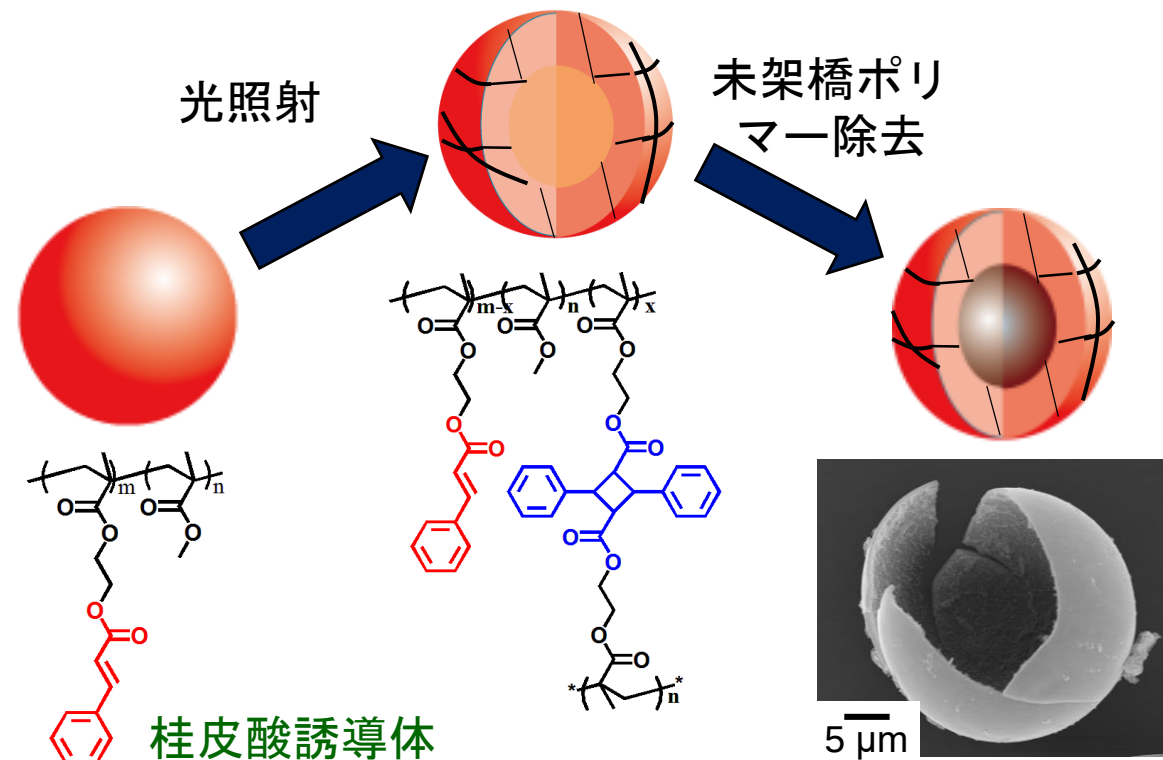
【研究開発目的】

糖鎖高分子は自然界に豊富に存在し、微生物や酵素の働きにより容易に分解される。そのため、糖鎖高分子を基盤材料とした微粒子の自在設計・合成を実現できれば、従来の非生分解性高分子微粒子材料に代わる新たな生分解性微粒子材料を創出できる。

本研究では、糖鎖高分子を主原料としつつ、全て植物由来分子を原料として、新たな構造機能化された生分解性高分子微粒子材料（環境調和型高分子微粒子材料）の創出技術の確立を目指す（右図）。

●研究代表者独自のアプローチ

研究代表者は、これまでに植物由来分子であるシンナモイル基を側鎖にもつ高分子微粒子に光照射を行うと、微粒子界面近傍限定的にシンナモイル基間の光二量化反応（光架橋反応）が生じることを偶然見出した【申請者の独自技術：界面光架橋現象】。この方法を応用すると、最も単純な構造の微粒子である真球状高分子微粒子から、中空状粒子やカプセル粒子などの構造的機能化された種々の微粒子材料ができる。このように、真球状高分子微粒子から直接的に中空粒子やカプセルを作製できる方法は他に類を見ず、その高い簡便性・安全性は本技術の優位性である。



【研究目標（全体の目標）】

糖鎖高分子と桂皮酸を原料とする資源循環可能な環境調和型高分子微粒子材料を創出するための研究目標を以下に示す。

- 【目標①】 側鎖に光反応性基を導入した糖鎖高分子の合成法を確立する。
- 【目標②】 光反応性糖鎖高分子の微粒子化技術を確立する。
- 【目標③】 光反応性糖鎖高分子微粒子に対する界面光架橋反応により、
内部に空隙を有する中空構造を有する糖鎖高分子微粒子の調製法を確立する。
- 【目標④】 中空状糖鎖高分子粒子の空隙部に種々の機能性分子・物質を内包することで、
糖鎖高分子カプセルの調製法を確立する。
- 【目標⑤】 糖鎖高分子カプセルの酵素分解および加水分解による分解性について明らかにする。
- 【目標⑥】 適用可能な糖鎖高分子を最低 3 種以上開拓し、本技術の汎用性を明らかにする。

(1) 進捗状況に対する自己評価

サブテーマ 1 : 環境調和型糖鎖高分子微粒子材料の合成技術開拓

サブテーマ 1 の研究目標 : 全体の目標と同じ

【令和4年度研究計画】

- ・ 光反応性基をもつ糖鎖高分子の合成
- ・ 光反応性糖鎖高分子の微粒子化法の検討
- ・ 光反応性糖鎖高分子の生分解性評価

【令和5年度研究計画】

- ・ 微粒子界面光架橋反応を利用した中空状糖鎖高分子微粒子の合成法の確立
- ・ 光照射条件制御による中空粒子シェル厚み制御
- ・ 糖鎖高分子カプセル粒子の合成
- ・ 実環境下での分解性評価

【令和6年度研究計画】

- ・ 糖鎖高分子の適用範囲拡大
- ・ 異種糖鎖高分子微粒子の生分解性評価

【自己評価】 : 計画通り進展している。

【行政等が活用することが見込まれる成果】

- ・ 本研究で開発した糖鎖高分子微粒子は、全ての原料が植物由来分子であり、緻密微粒子から中空粒子へと構造的機能化に成功した。本微粒子材料は、資源循環が期待できることから、現在世界的規模での問題となっている海洋マイクロプラスチック問題の解決の一助となる微粒子材料を提供できる可能性がある。
- ・ 今後、中空粒子に様々な分子を内包してカプセル化することで、展開できる用途を拡大し、産業応用の可能性を拡大させる。

【行政等が既に活用した成果】

- ・ 特に記載すべき事項はありません。

1. Y. Kitayama, A. Harada, Aggregate 3(6) e251 (2022) (IF : 18.8)
Systematic study on fabrication of hollow poly(vinyl cinnamate) particles by particulate interfacial photocrosslinking.

1. 北山 雄己哉, 第8回化学工学会ソフトマター工学分科会講演会 (2023) (招待講演)
界面光反応を鍵とする機能性高分子カプセルの創製
2. Yukiya Kitayama, The 17th Pacific Polymer Conference, 2022 (招待講演)
Stimuli-Responsive Capsule Polymer Particles Fabricated Through Interfacial Photocrosslinking of Photoreactive Particles
3. Yukiya Kitayama, The International Polymer Conference of Thailand, 2022 (招待講演)
Particulate Interfacial Photocrosslinking: New Fabrication Route of Functional Polymer Particles,
4. 北山 雄己哉, 第71回高分子学会年次大会, (2022) (招待講演)
微粒子界面光反応を基盤とした機能性カプセル創製技術の確立 など

【国民との科学・技術対話：2件】

1. 大阪公立大学産学共同研究会第132回テクノラボツアーにおける研究成果発表
(2022年8月1日、聴講者約40名)
2. JST新技術説明会において最新の研究成果公開した。
(2022年11月1日、聴講者約150名)

【受賞：3件】

1. 北山雄己哉、2022 Emerging Investigator, Aggregate (Wiley)
2022年12月
2. 北山雄己哉、2022 Emerging Investigator, Journal of Materials Chemistry B (RSC)
2022年 9月
3. 小川萌香、北山雄己哉、弓場英司、谷口 暢一、原田敦史、
一般社団法人日本接着学会若手交流シンポジウム2023、ベストポスター賞、2023年6月

【研究を効率的に進めるための工夫】

- ・ 令和4年度は、研究実施のための予算は本研究に必要な研究試薬などに使用し、予定していた研究をおおよそ計画通りに進めることができた。その成果として、国内招待講演2件、国外会議における招待講演2件、学術論文1件を発表できた。学術論文はオープンアクセスであり、幅広く閲覧できるように配慮した。
- ・ 令和5年度からは、さらに研究をスムーズに進行させるため、事務補佐員を雇用した。これにより、研究代表者が研究に集中できる環境を作った。令和6年度も同様に雇用予定である。
- ・ 令和5年度では、環境調和型高分子微粒子材料の微生物による分解性試験を外部委託する。当研究室には微生物による分解性試験の設備がないため、外部委託により研究を効率的に進める工夫をする。