

未来社会創造事業（探索加速型）
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域
終了報告書（探索研究）

令和元年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:平石 知裕]

[所属:理化学研究所 環境資源科学研究センター・専任研究員]

[研究開発課題名:環境別の分解制御が付与されたプラスチックの開発]

実施期間:令和元年 11 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(1) 理研グループ(理化学研究所)

①研究開発代表者: 平石 知裕 (理化学研究所環境資源科学研究センター、専任研究員)

②研究項目

- ・プラスチック付着細菌のオミックス解析
- ・プラスチック代謝関連タンパク質の特性評価
- ・新規バイオプラスチックの化学合成

(2) カネカグループ(株式会社カネカ)

①主たる共同研究者: 福田 竜司 (株式会社カネカ Global Open Innovation 企画部)

②研究項目

- ・同位体標識バイオプラスチックの合成
- ・新規バイオプラスチックの生物合成

(3) 東工大グループ(東京工業大学)

①主たる共同研究者: 朝倉 則行 (東京工業大学生命理工学院、講師)

②研究項目

- ・プラスチック分解過程のリアルタイム測定

§2. 研究開発成果の概要

生分解性プラスチック普及の障害の1つとして、プラスチック生分解の環境依存性が挙げられる。その克服には環境毎の生分解反応全体を明らかにする必要があるが、従来の生分解試験では生分解がどのように制御されているのかを知る術が無かった。そこで本研究では、従来技術と一線を画する「生分解機構の包括的かつリアルタイムな解析法」を確立し、生分解活性発現機構の普遍的知見を獲得し、それをベースにした「環境別の分解制御を付与したプラスチックの開発」を目指した。

まず、細菌付着の初期段階からバイオフィルム形成への過程をリアルタイム観測することを目的として QCM の高感度化を行った。その結果、細菌数個の吸着を測定可能とするピコグラムレベルの感度を達成した。高感度化リアルタイム QCM で PHBH の微生物分解過程をモニターし、菌体の吸着による重量増加と PHBH 分解による重量減少を詳細にとらえることができた。さらに、電気化学的測定を組み合わせることで、分解初期における分解様式を明らかにした。

プラスチック生分解過程で繰り返される「ダイナミックな分解菌叢の変動」を可視化するため、プラスチック分解におけるオミックス解析に必須となる基礎技術の開発を行った。まず、プラスチック分解代謝産物の追跡に必須である ^{13}C 標識 PHBH の生産系を構築し、PHBH 分解過程を NMR 計測により追跡した。構造解析から、ポリマーの非晶構造から優先的に分解反応が起き、3HB より 3HH 領域で分解が速いことが示唆された。また代謝物解析から、PHBH が単量体化され、アミノ酸、核酸といった微生物の構成要素へと変換される過程を追跡することができた。またマイクロバイオーム、トランスクリプトーム解析から、各分解過程特有の微生物や酵素を抽出することができた。

このように探索研究期間において、各分解イベントと関連づけたプラスチック分解反応の細胞レベルにおける包括的解析手法を確立した。

【代表的な原著論文情報】

1) Yokoyama, D., Takamura, A., Tsuboi, Y. and Kikuchi, J.* “Large-scale Omics Dataset of Polymer Degradation Provides Robust Interpretation for Microbial Niche and Succession on Different Plastisphere” *ISME Communications*, 2023, 3, 67.