

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
年次報告書(探索研究期間)

令和3年度 研究開発年次報告書

令和元年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名：松本 謙一郎]

[北海道大学工学研究院・教授]

[研究開発課題名：配列制御技術に基づく生分解性エラストマーの生合成]

実施期間：令和3年4月1日～令和4年3月31日

§1. 研究開発実施体制

(1)「松本」グループ(北海道大学)

① 研究開発代表者:松本 謙一郎 (北海道大学工学研究院、教授)

② 研究項目

・ポリマー生合成と解析

§2. 研究開発成果の概要

持続性のある循環型高分子材料の開発は緊急の課題である。CO₂ 由来再生可能バイオマス原料として合成され海洋分解性を有するプラスチックであるポリヒドロキシアルカン酸(PHA)が有望な材料として注目されているが、PHA の利用拡大のためには、コスト削減以外にも、物性の範囲を拡大させることが重要である。現在商業生産されている PHA の一種 PHBH は、3-ヒドロキシ酪酸(3HB)と 3-ヒドロキシヘキサン酸(3HHx)のランダム共重合により、単独重合物 P(3HB)と比較して結晶化度を低下させ、一定の柔軟性を付与している。さらに粘りのある物性を有する次世代型ポリマーが合成可能になれば、より幅広い用途に使用できる。

本研究課題では、申請者が独自に見出したブロック共重合体を生合成可能な配列制御技術を用いて、新規材料を創成することを目的とする。重合酵素の機能解析の結果、本系は PHA としては極めて幅広いモノマー構造を利用することができ、重合するモノマーの構造に応じて、ランダム共重合体とブロック共重合体の合成が可能であることを見出した(下記文献1)。本方法で得られた PHA ブロック共重合体は、天然型 PHA とは異なり、弾性を示した。このことから、従来型のポリマーとは異なる用途に利用できることが期待された(文献3)。加えて、配列制御型重合酵素の進化工学的改変により、これまで本酵素では合成できなかった中鎖 PHA と呼ばれる構造の合成も可能となった(文献2)。これらの結果より、PHA ブロック共重合体は多様な構造が合成可能であることが示された。今後は、本合成系を拡張して合成される多様な新規ポリマーの構造と物性を調査し、応用利用に適したポリマーを探索するとともに、配列制御が起こる仕組みを分子レベルで明らかにすることを旨とする。

【代表的な原著論文情報】

1. K. Satoh, T. Kawakami, N. Isobe, L. Pasquier, H. Tomita, M. Zinn, K. Matsumoto, Versatile aliphatic polyester biosynthesis system for producing random and block copolymers composed of 2-, 3-, 4-, 5-, and 6-hydroxyalkanoates using the sequence-regulating polyhydroxyalkanoate synthase PhaC_{AR}, *Microbial Cell Factories*, **2022** in press. (10.1186/s12934-022-01811-7)
2. H. T. Phan, Y. Hosoe, M. Guex, M. Tomoi, H. Tomita, M. Zinn, K. Matsumoto, Directed Evolution of Sequence-Regulating Polyhydroxyalkanoate Synthase to Synthesize a Medium-Chain-Length-Short-Chain-Length (MCL-SCL) Block Copolymer, *Biomacromolecules* 23(3) 1221-1231 **2022**.
3. Y. Kageyama, H. Tomita, T. Isono, T. Satoh, K. Matsumoto, Artificial polyhydroxyalkanoate poly[2-hydroxybutyrate-*block*-3-hydroxybutyrate] elastomer-like material, *Scientific Reports* 11(1) **2021**.