

高性能配列制御型PLAバイオプラスチック： 調節可能な海洋分解性

工学研究科 応用化学専攻

准教授 徐 于懿

Researchmap <https://researchmap.jp/yuihsu>



研究の概要

本研究では、生分解性と耐久性を兼ね備えた新規 PEG-PLA バイオプラスチックの開発を行った。ポリエチレングリコール (PEG) とポリ乳酸 (PLA) を組み合わせ、分子配列とブロック構造を精密に制御することで、海水中での迅速な生分解性と水中耐久性の両立を実現した。PEG 導入により表面親水性が向上し、水接触角は 80.9° から 38.3° へ低下、水吸収性も改善された。SEM 観察では、長期水浸漬後も耐水性が確認され、熱機械特性評価により柔軟性と引張強度の向上が示された。さらに、酵素分解および大阪湾の海水を用いた生分解試験により、ランダム構造で PLA 鎖長が短い PEG-PLA は120時間以内に完全分解を達成し、高い BOD 値を示した。これらの結果から、PEG-PLA は包装材や医療用、農業用途などに適した持続可能なバイオプラスチックとして有望である。

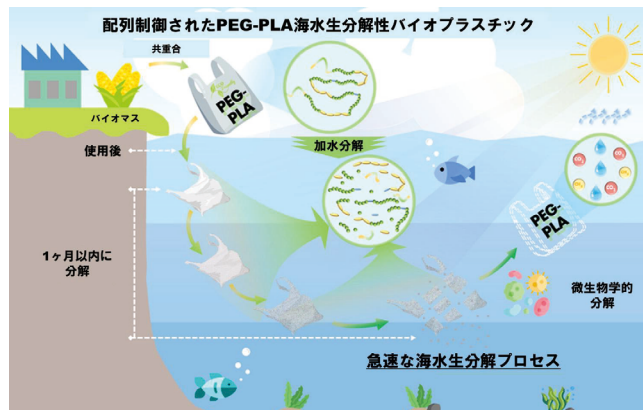


図1

研究の背景と結果

地球規模でのプラスチック汚染は依然として深刻な環境問題であり、特に海洋における廃プラスチックの蓄積は生態系に大きな影響を与えている。そのため、再生可能で生分解性を有する高性能バイオプラスチックの開発が急務となっている。PLA は生分解性、バイオ適合性、機械的特性に優れ、従来の石油由来プラスチックの有力な代替材料として注目されるが、水中での耐久性が十分でなく、特に海洋環境下での長期使用に課題が残されていた。本研究では、PEG と PLA を組み合わせたマルチブロック共重合体を新規に合成し、分子配列およびブロック構造を精密に制御することで、耐水性と海洋分解性の両立を可能にした。PEG 導入により表面親水性は大幅に向上し、水接触角は 80.9° から 38.3° に低下し、水吸収性も大幅に改善された。SEM 観察では、長期の水浸漬後も構造が保持されることが確認され、熱機械特性評価においては、ガラス転移温度の低下に伴い柔軟性が増加し、扱いやすさが向上した。さらに XRD 解析により、PEG 誘起の α 相結晶形成が認められ、結晶性と機械的強度が同時に改善された。引張試験の結果、交互ブロック構造の PEG-PLA は湿潤条件下でも高い伸びと靱性を維持し、実用的な耐久性を示した。加えて、酵素分解試験および大阪湾海水を用いた生分解試験では、ランダム構造かつ PLA 鎖長が短い共重合体が短時間で分解した。これにより、PEG-PLA 共重合体は、耐久性と海洋分解性を同時に制御できる材料としての有用性が明確となった。また、分子設計により物性を自由に調整できることから、将来的な実用化や多用途展開、例えば包装材、農業用フィルム、医療用デバイスなどへの応用可能性も広がると考えられる。本研究は、海洋プラスチック汚染対策に直接貢献する持続可能なバイオプラスチック材料の設計指針を提供するものであり、環境負荷の低減や循環型社会の構築に向けた基盤研究としても意義が大きい。

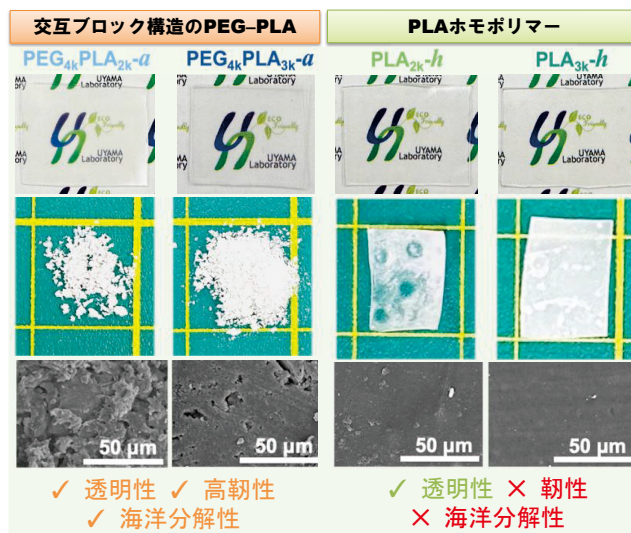
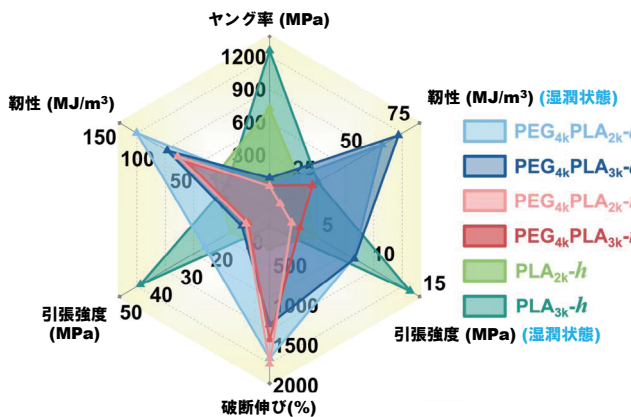


図2

研究の意義と将来展望

本研究の PEG-PLA バイオプラスチックは、耐久性と海洋分解性を両立させた点で従来の PLA 材料と一線を画す。分子設計により、海洋環境下での分解速度を調整可能であり、海洋プラスチック汚染の低減に直接貢献できる。また、PEG 導入による親水性向上と構造制御により、包装材や農業フィルム、医療用デバイスなど多様な応用が期待される。将来的には、異なるブロック比や分子量の調整を通じて、さらに幅広い物性制御が可能であり、持続可能なバイオプラスチックの商業化や環境負荷低減戦略の構築に貢献できる。



交互ブロック構造の PEG-PLA は湿潤条件下でも高い伸びと靱性を維持

図3

特許

論文

He, Manjie; Hsu, Yu-I; Uyama, Hiroshi. Superior sequence-controlled poly(L-lactide)-based bioplastic with tunable seawater biodegradation. Journal of Hazardous Materials. 2024, 474, 134819. doi: 10.1016/j.jhazmat.2024.134819

参考URL

<http://www.chem.eng.osaka-u.ac.jp/~uyamaken/>

キーワード

ポリ乳酸系バイオプラスチック、海水中で調整可能な生分解性、分解メカニズム、BOD 解析