

2023 年度年次報告書

持続可能な材料設計に向けた確実な結合とやさしい分解

2023 年度採択研究代表者

徐 于懿

大阪大学 大学院工学研究科

准教授

塩応答性バイオポリマー複合材料の分解制御

研究成果の概要

近年、プラスチックごみによる海洋汚染を解決するため、優れた海洋生分解性を有するプラスチックが開発されて市場投入されているが、リサイクル性を意図した材料設計がされておらず、プラスチック資源循環には不適である。本研究では、ポリマー複合材料の優しい分解と再複合化による持続可能な循環型材料生産システムの構築を目指して、海水中の塩に応答した溶解性変化(塩応答性)により塩水中で分解する多糖類を基盤とする複合材料を創製する。今年度では、2,2,6,6-テトラメチルピペリジン-1-オキシド (TEMPO)酸化セルロースナノファイバー (TCNF)を作製し、変性デンプンのヒドロキシプロピルデンプン (HPS) およびジアルデヒドデンプン (aldS)をブレンドして TCNF/HPS と TCNF/aldS を作製し、海水中 pH 応答性と、塩基性条件で処理後のリサイクル可能性について実証した。その結果、TCNF は海水中で最も高い湿潤強度を示し、海水に浸漬した後の対イオン架橋により、セルロースナノファイバーが相互に結合した強力な繊維ネットワークの形成を示した。淡水中のひずみエネルギー密度は、TCNF/Di-aldS > TCNF/HPS > TCNF であることに対し、海水中では、TCNF > TCNF/HPS > TCNF/Di-aldS となった。海水中で TCNF/Di-aldS の強度が明らかに低下し、Di-aldS のアルデヒド基と TCNF のヒドロキシ基のヘミアセタール結合は海水中で容易に解離することが示唆された。また、赤外分光測定の結果では、TCNF/Di-aldS は酸性条件下で、ヘミアセタール架橋が増加し、エステル結合が生成することに対して、塩基条件下ではヘミアセタール架橋の形成が阻害された。これらの結果により、TCNF/Di-aldS は pH 応答性を示し、塩基条件下では結合の解離により、フィルムの膨潤が大きくなり、湿潤強度が弱くなったことを明らかにした。さらに、解離した TCNF と Di-aldS を回収して再成形したフィルムは、元のフィルムと同様の強度を有することが判明し、TCNF/Di-aldS フィルムは優れたリサイクル性を示した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Izzah Durrati Binti Haji Abdul Hamid, Raghav Soni, Yu-I Hsu*, Hiroshi Uyama*, “TEMPO-oxidized cellulose nanofiber reinforced starch film with pH-responsive weakening and rapid marine-degradability”, Polym. Degrad. Stab., Vol. 219, 110618 (2023).