

木質バイオマスポリマー分解酵素の探索とモノマーリサイクルシステムの構築

SATテクノロジー・ショーケース2026

■はじめに

プラスチックの大量生産と廃棄に伴う地球温暖化や海洋汚染は、近年、世界的に深刻な環境問題として懸念されている。この環境問題の有効な解決手段として、木質バイオマスであるリグニンやセルロースから生産したポリマー原料を用いた、種々の生分解性ポリマーの開発が進められている。当研究グループでは、リグニン由来芳香族化合物から微生物生産可能な2-pyrone-4,6-dicarboxylic acid (PDC)¹⁾を基本骨格としたPDCポリエステル P(PDC_m) ($m = 3, 6, 8, 12$)を創出してきた²⁾。また、セルロース由来の糖質から化学処理を経て生産される2,5-furandicarboxylic acid (FDCA)を基本骨格としたpolyethylene furanoate (PEF)も次世代プラスチックとして注目されている。今後は、循環型資源利用を高度化するために、微生物変換による木質バイオマスポリマーのモノマーリサイクル技術を確立することが望まれる。本研究では、木質由来バイオマスポリマーに対して分解性を示す酵素の探索、および微生物を用いたモノマーリサイクルシステムの構築を目的とした。本報告では、PDCポリエステルおよびPEFがpolyethylene terephthalate (PET)と類似した基本骨格を持つことに着目し、既知のPET分解酵素の分解性を評価した。さらにPET分解酵素を細胞外に分泌する細菌株の作出を行った。

■活動内容

1. PET分解酵素のPDCポリエステル分解性評価

既知のPET分解酵素から、PETに高い分解性を示し、系統的に離れた7種の酵素を選抜した。7種のPET分解酵素について、精製酵素を用いてP(PDC_m) ($m = 3, 6, 8, 12$)に対する分解能を評価した。しかし、顕著な分解性を示す酵素は認められなかった。

2. PET分解酵素のPEF分解性評価

先の7種に1種の改变体を加えた8種のPET分解酵素について、精製酵素を用いてPEF分解性を評価した。その結果、95%以上の分解率（モノマーの生成量から算出）を示す3種のPET分解酵素が見出された。

3. PET分解酵素の細胞外分泌システムの構築

モノマーリサイクルシステムの構築に向けて、PEF分解活性が認められたPET分解酵素について、*Pseudomonas putida* KT2440株と*Escherichia coli* BL21(DE3)株を宿主とした細胞外分泌システムを構築した。各培養上清中に分泌

されたPET分解酵素を精製し、PEF分解能を評価した結果、*P. putida*を宿主とした場合、細胞内発現型と比較して、分泌型の比活性が著しく低下した。一方、*E. coli*を宿主とした場合、分泌型と細胞内発現型の比活性は同等であった。

今後は、PET分解酵素の細胞外分泌に加え、細胞表層に分解酵素をディスプレイさせた細菌株を作出し、細胞外での分解能の最大化を図る。さらには、木質由来バイオマスポリマー分解で生じるアルキレンジオールモノマーを炭素源として利用し、PDCやFDCAを回収できるモノマーリサイクルシステムの構築を目指す(図1)。

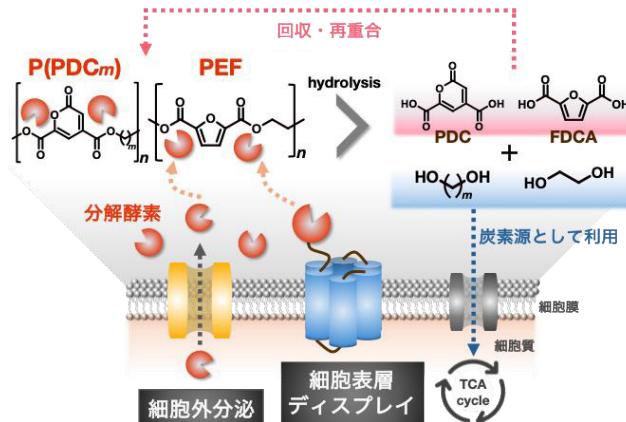


図1. 微生物変換による木質バイオマスポリマーのモノマーリサイクル技術

■関連情報等(特許関係、施設)

本研究は、JST CREST (JPMJCR23L4)の支援を受けて実施した。

参考文献

- 1) Otsuka, Y., et al., High-level production of 2-pyrone-4,6-dicarboxylic acid from vanillic acid as a lignin-related aromatic compound by metabolically engineered fermentation to realize industrial valorization processes of lignin. *Bioresour. Technol.*, 2023. 377:128956.
- 2) Michinobu, T., et al., Polyesters of 2-pyrone-4,6-dicarboxylic acid (PDC) obtained from a metabolic intermediate of lignin. *Polym. J.*, 2008. 40(1): p. 68–75.

■キーワード: (1) 2-pyrone-4,6-dicarboxylic acid (PDC)
(2) polyethylene furanoate (PEF)
(3) PET 分解酵素

■共同研究者: 加藤 誠(長岡技術科学大学)

金 易介(東京科学大学)
藤田 雅也(長岡技術科学大学)
道信 剛志(東京科学大学)
上村 直史(長岡技術科学大学)
政井 英司(長岡技術科学大学)

代表発表者
所 属
小林 未歩(こばやし みほ)
長岡技術科学大学 工学科
物質生物工学分野

問合せ先
〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1
TEL:0258-47-9490
s233278@stn.nagaokaut.ac.jp