

ポリウレタンのリサイクルに向けたウレタン結合分解酵素の作製

大学院人文社会科学研究所
産業ナノマテリアル研究所
大学院自然科学教育部

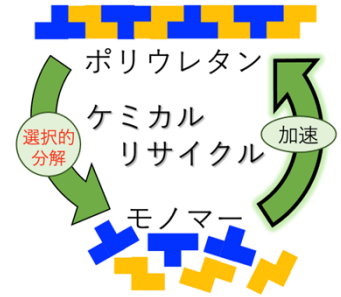
山口佳宏
明石優志
三浦裕心

目的とするSDGsゴール



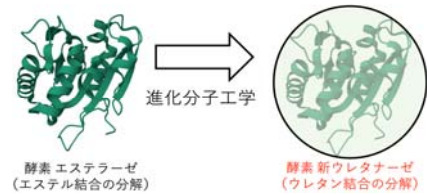
1. 教育・研究の概要

ポリウレタン（PU）は、クッション材や断熱材、衣類など生活のあらゆる場面で使用されている。しかし、その複雑な化学構造ゆえにリサイクルが極めて難しく、現状はその多くが焼却または埋立処分されており、環境への大きな負荷となっている。本研究では、環境負荷の低い「酵素」を用いた循環型リサイクル技術（ケミカルリサイクル）の確立を目指す。



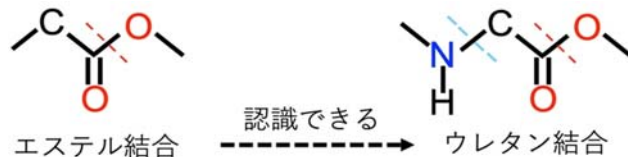
2. 教育・研究の目的

既存の酵素では困難な「ウレタン結合」の効率的な加水分解を実現するため、エステル結合分解能を持つ「枯草菌由来エステラーゼ EstA」を起点とし、**進化分子工学的的手法**を用いて機能を拡張した「**新ウレタナーゼ**」を創製することを目的とする。最終的には、高分子PUを原料レベルまで分解・回収できる技術基盤の構築を目指す。



3. 今年度実施した教育・研究

・本年度中の教育・研究の取組



- ✓ **標的酵素の選定と設計**：枯草菌由来エステラーゼ EstA を起点酵素として選定し、遺伝子改変戦略を計画した。
- ✓ **遺伝子発現系の構築（進行中）**：estA遺伝子のサブクローニングを試みたが、遺伝子増幅が不十分であった。そのため、人工遺伝子作成によるサブクローニングを外部委託している。
- ✓ **スクリーニング系の構築**：変異導入後の膨大な酵素ライブラリから目的の新ウレタナーゼを効率よく選別するため、ナフチルアセテートやナフチルカルバメート誘導体を用いた「コロニー発色法」による評価系を構築した。
- ✓ **ウレタナーゼ活性評価系の構築**：ウレタン結合を有するp-ニトロフェノール遊離化合物に対して、ウレタナーゼ活性がある場合はp-ニトロフェノールの吸光度の上昇で評価できるアッセイ系を構築した。

・上記の取組によって生まれた成果（SDGs達成へどのように貢献するのか）

本年度の取り組みにより、次年度以降の「進化分子工学による変異体創製」に向けたハード・ソフト両面での準備が整った。本研究が目指す酵素によるポリウレタン分解は、従来の熱分解法（焼却）で課題となっていた**CO₂や有害ガスの発生を抑制**し、プラスチックを再び原料へと戻す「ケミカルリサイクル」を可能にする。これは、SDGsゴール12「つくる責任 つかう責任」やゴール13「気候変動に具体的な対策を」の達成に直結する成果へと繋がると考える。

・今後の展望

- **酵素ライブラリの作製**：EstA発現プラスミドを用い、Error Prone PCR（epPCR）や部位飽和変異（SSM）を順次適用し、多様な酵素ライブラリを構築する。
- **活性変異体の探索と評価**：コロニー発色法や速度論解析によるスクリーニングで、ウレタン結合への反応性が向上した変異体を選別する。
- **実用性の検証**：得られた有望株については、実際のPU薄膜を用いた分解試験を行い、GCやHPLCによる分解物の同定を行うことでウレタナーゼ活性の切断過程を推測する。