

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

カスタムメイドの微生物をプラスチックのリサイクルビジネスに活用(米国)

2022年10月13日



ORNL の Adam Guss とその同僚らは、合成生物学技術を利用して分解したプラスチックの混物を価値ある新材料に変換する微生物を作製した。Credit: Carlos Jones/米国エネルギー省(DOE) ORNL

プラスチック廃棄物の課題の解決に取り組む科学者たちが、数種類のプラスチックの混合物を分解して高価値なバイオ製品にアップサイクルする、化学的・生物学的な二段階プロセスを開発した。

複数の研究機関が参加するこのプロジェクトでは、米国エネルギー省(DOE)のオークリッジ国立研究所(ORNL)が有する合成生物学の専門知識により作製した微生物が、分解されたプラスチック廃棄物を次世代材料の構成要素に変換する。

Science に掲載されたこの新しいプロセスは、米国のプラスチック廃棄物のリサイクル率を僅か5%ほどに制限している、コストと手間のかかる材料選別が必要な現行のシステムを代替する可能性がある。

このプロジェクトは、BOTTLE (Bio-Optimized Technologies to keep Thermoplastics out of Landfills and the Environment) コンソーシアムの下、米国立再生可能エネルギー

ー研究所(NREL)が主導し、マサチューセッツ工科大学(MIT)、ウィスコンシン大学マディソン校(UW-Madison)および ORNL の科学者らが参加している。

プラスチックの種類によって含まれるポリマーも異なり、それぞれが特有の化学的構成要素を有している。BOTTLE コンソーシアムの研究者たちは、リサイクル業者による材料分別を省略できるような解決策を目指し、数種類のプラスチックの混ざる廃棄物を単一の化学製品に変換するプロセスを開発した。

この新しいプロセスの第一段階では、大きなポリマー分子を酸素と触媒を用いて小さな化学的構成要素に分解する。使い捨てコーヒーカップに使用されるポリスチレン(PS)、シングルユースの飲料ボトル、ポリエステル製の衣類やカーペットに使用されるポリエチレンテレフタレート (PET)、そして一般的な消費者向けプラスチック製品や牛乳の容器に使用される高密度ポリエチレン(HDPE)の、3 種類の一般的なプラスチックの混合物を使用した。

NREL のシニアリサーチフェローで、BOTTLE のリーダーの Gregg Beckham 氏は、「これは、現在ではまったくリサイクルできていないプラスチック廃棄物の処理への出発点となる可能性があります」と言う。

第一段階の酸化プロセスでは、これら 3 種類のプラスチックの混合物を安息香酸、テレフタル酸、ジカルボン酸を含む複合的な化合物に分解するが、純粋な化学物質を得るには通常では高度でコストのかかる分別が必要となる。ここで、生物学的なプロセスが力を発揮する。

BOTTLE の科学者らは、土壌微生物の *Pseudomonas putida*(シュードモナス・プチダ)を遺伝子操作し、小分子の中間体の混合物を新興の生分解性バイオプラスチックの一種であるポリヒドロキシアルカノエート(PHA)、または、優れた性能の新しいナイロン素材の製造に利用できる β -ケトアジピン酸のいずれかの生成物へと生物学的に「集約 (ファネルリング)させた。

この試みは、ORNL の Adam Guss 氏と NREL の科学者らが開発した、他の有機物の好ましい形質を付与したバクテリアを作製するプロセスをベースとしている。*Metabolic Engineering* 誌に[概要が掲載](#)されているこのプロセスは、分解された PET を、自動車部品等のアプリケーションに最適となる、優れた耐水性と耐熱性をもつナイロン製品の構成要素に変換する。

「つまりは、*Pseudomonas putida* に PET をしっかりと利用させられるような最適な遺伝子の組合せを様々な有機物から見つけ出す、代謝経路構築のコンビナトリアルな

アプローチをとりました」と Guss 氏は説明する。「ORNL は、合成生物学はもとより、トランスクリプトミクスやプロテオミクス分野の深い専門知識を活用して新しい代謝経路を発見する、非モデル微生物の改変を通じたバイオテクノロジーに有益な形質の導入を専門としています」。

Science 誌の論文の共著者である NREL の Allison Werner 氏は、「生物学的なファネリングとは、微生物の代謝ネットワークを改変し、多数の基質の炭素を単一の生成物へと展開することです」と述べる。「そのためには、自然界から——通常は他の微生物からですが——DNA を取り出して *Pseudomonas putida* のゲノムに貼り付けます。この DNA は RNA に転写され、それが今度は色々な生化学的変換を行うタンパク質に翻訳され、新しい代謝ネットワークが構築されます。そして最終的に炭素をより多く捕獲し、その送り先を調整できるようになるのです」。

Guss 氏らは、DOE の [Center for Bioenergy Innovation](#) および [Agile BioFoundry](#) の一環として、*P.putida* を利用してエネルギー作物由来の植物のバイオポリマーであるリグニンを高度なバイオ製品へと変換させる研究を長い間実施してきた。Guss 氏の研究チームは、リグノセルロース系バイオマスに最も豊富に含まれる 5 種類の化合物を同時に消化させることに成功したことを 2020 年に[発表](#)している。

BOTTLE の次の段階では、「より多くの種類のプラスチック、また、より多くの添加物を含むプラスチックの分解を目指し、*P.putida* が食べることのできる分子の範囲を広げていきます」と Guss 氏は述べる。

「プラスチックは主要な環境汚染源であり、主に化石由来の炭素を使用して作られています」と Guss 氏は続ける。「本研究は、現在のプラスチック廃棄物の分解と、リサイクルできる仕様で生分解性である次世代プラスチックの構成要素への変換とが交差する場所に位置しているのです」。

本研究の資金は、DOE の先進製造業室(AMO)とバイオエネルギー技術局(BETO)が提供した。このプロジェクトは、BOTTLE Consortium の一貫として実施された。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国・オークリッジ国立研究所(ORNL)の以下の記事を翻訳したものである。

“Bringing custom microbes to the business of recycling plastic”

(<https://www.ornl.gov/news/bringing-custom-microbes-business-recycling-plastic>)