

【バイオテクノロジー分野】

仮訳

分解を促す微生物の芽胞を内蔵する 生分解性の「生きたプラスチック」(米国)

2024年4月30日

By [Liesel Labios](#)



熱可塑性ポリウレタンのペレット(左)と、プラスチック製造時の高温に耐えるように操作された *Bacillus subtilis* (枯草菌)の孢子(右)を組み合わせて、生分解性の「生きたプラスチック」を作る。

写真提供: David Baillot/UC San Diego Jacobs School of Engineering

新しいタイプのバイオプラスチックが、プラスチック産業の環境的なフットプリントの削減に役立つ可能性がある。カリフォルニア大学サンディエゴ校(UCSD)が率いる研究チームが、生分解性の熱可塑性ポリウレタン (TPU) を開発した。市販されている TPU は柔らかく耐久性に優れ、履物やフロアマット、クッション、記憶フォーム等に使用されている。新しい TPU にはバクテリアの芽胞(孢子)が詰まっていて、コンポストに含まれる栄養素に触れると発芽し、ライフサイクルの最後に材料を分解する。

この研究の詳細は、4月30日に *Nature Communications* に掲載された論文に記載されている。

この生分解性の TPU は、プラスチックポリマーの分解能力を持つ *Bacillus subtilis* (枯草菌) の孢子からできている。

「プラスチックの分解能力は、これらの細菌がもともと持っている特性です」と、本研究の共同上席著者である Jon Pokorski 教授は言う。同教授は UCSD Jacobs School of Engineering のナノ工学の教授であり、同大学の [Materials Research Science and Engineering Center \(MRSEC\)](#) の共同代表である。「その菌株をいくつか取り上げ、TPU を唯一の炭素源として利用する能力を調べ、最もよく成長した株を選びました」。

研究者らは、その過酷な環境条件への耐性から、枯草菌の休眠形態である孢子を利用した。繁殖の役割を担っている真菌孢子とは異なり、孢子はタンパク質の膜で保護され、代謝機能を停止した仮死状態でも生き続けることができる。



コンポスト中で5カ月間の分解段階を経た、普通の TPU 片 (上) と「生きている」TPU 片 (下)。

研究者らは、枯草菌の孢子と TPU ペレットをプラスチック押出機に投入して生分解性プラスチックを作製した。これらの材料を混ぜ合わせ、135° C で溶かした後、薄い TPU 片に押し成形した。

この TPU の生分解性を評価するために、微生物が活発なコンポスト環境と無菌のコンポスト環境の両方に TPU 片を配置し、コンポスト温度を 37°C、相対湿度 44~55% に維持した。するとコンポストに含まれる水と栄養素が TPU 片内の孢子の発芽を引き起

こし、5 カ月以内にその 90%が分解された。

「ここで注目すべき点は、私たちの作った TPU は、微生物がいなくても分解することです」と Pokorski 教授は言う。「この TPU のほとんどが、微生物の豊富なコンポスト施設で処理される可能性は高くはないでしょう。微生物のいない環境で自己分解できるこの能力が、私たちの技術をより汎用性の高いものにしていきます」。

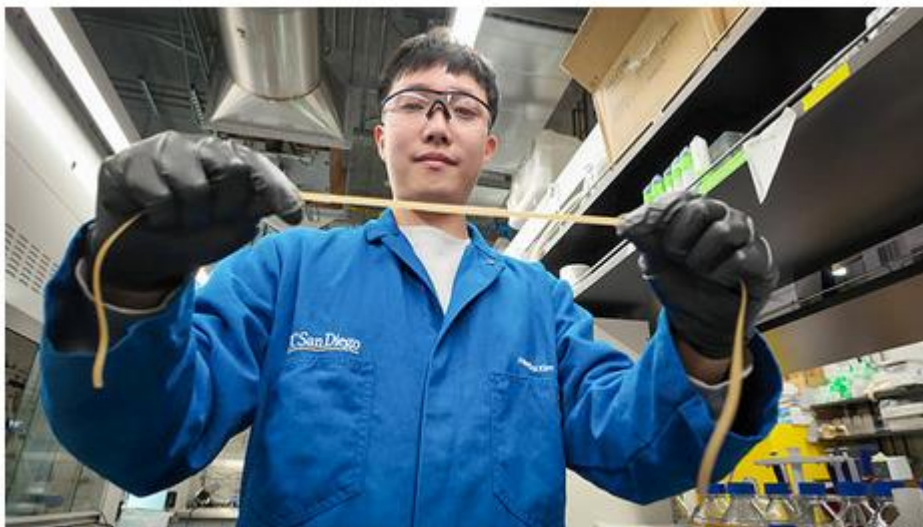
今後はこの TPU の分解後に何が残るかを調べる必要があるが、研究者らは残った胞子が無害である可能性が高いと考えている。枯草菌はプロバイオティクスに使用されている菌株で、一般的に人間や動物に対して安全であるとされており、植物の健康にも有益である可能性がある。

今回の研究では、TPU の製造に必要な高温に耐えられるように枯草菌の胞子を遺伝子操作し、適応的実験室進化(ALE)と呼ばれる技術を利用して押出成形温度に耐性のある菌株を作った。この ALE のプロセスでは、胞子を成長させ、長時間にわたって極端な温度にさらして自然な変異を促す。このプロセスを生き延びた菌株は分離され、再び同じサイクルで処理される。

「熱に強い菌株を獲得するまで、何度も細胞を進化させ続けました」と、研究の共同上席著者で UCSD Jacobs School of Engineering の生物工学研究員である Adam Feist 氏は言う。「バクテリアの進化と選択のプロセスが、この目的のためにうまく機能したことは驚くべきことです」。



※リンク先音楽の音量大きめです



生きたプラスチックの伸縮性と強度の試験を行う Han Sol Kim 氏。同氏は論文の筆頭著者で Pokorski 研究室の博士研究員である。

これらの胞子は、鉄筋がコンクリートを補強するのと同じように、補強材としても機能する。こうして、破壊に強い力を要しながらも優れた伸縮性を呈する、機械的特性の強化された TPU を作ることができた。

「これらの両特性は、胞子を加えるだけで大幅に改善できます」と Pokorski 教授は言う。「これは実に素晴らしいことです。なぜなら、胞子を加えることで従来の引張強度と伸縮性のトレードオフの関係の限界を超えた機械的特性を向上させることができるからです」。

現在の研究活動は、実現可能性を判断するために実験室規模の少量生産に焦点を当てているが、研究者らは産業規模での利用に向けてこのアプローチの最適化に取り組んでいる。現在進行中の取り組みには、キログラム単位の生産量へのスケールアップ、分解速度の向上した菌株の開発や、TPU 以外の種類のプラスチックの探求が含まれる。

「最終的に環境に排出される市販のプラスチックの種類は多岐にわたっていて、TPU はそのうちの 1 つにすぎません」と Feist 氏は言う。「今後の研究ステップの 1 つは、この技術で製造できる生分解性材料の範囲を広げることです」。

論文タイトル: 「Biocomposite Thermoplastic Polyurethanes Containing Evolved Bacterial Spores as Living Fillers to Facilitate Polymer Disintegration」。共著者: Han Sol Kim、Myung Hyun Noh、Debika Datta、Hyun Gyu Lim、Ehtan Smiggs (カリフォルニア大学サンディエゴ校); Evan M. White、Michael V. Kandefer、Austin F. Wright、Jason J. Locklin (ジョージア大学); Md Arifur Rahman (BASF Corporation)

*上記論文著者全員が本研究に等しく貢献した。

訳: NEDO (担当 イノベーション戦略センター)

出典: 本資料は、米カリフォルニア大学サンディエゴ校(UCSD)の記事

“Biodegradable ‘Living Plastic’ Houses Bacterial Spores That Help It Break Down” (<https://today.ucsd.edu/story/biodegradable-living-plastic-houses-bacterial-spores-that-help-it-break-down>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of University of California San Diego)