PRESS RELEASE

報道解禁（日本時間）：10 月 22 日　午前 0 時（22 日朝刊）

配信先：大学記者会（東京大学）　文部科学記者会　科学記者会　桐生市役所記者クラブ

2026 年 10 月 21 日

国立大学法人東京大学
国立研究開発法人海洋研究開発機構
国立大学法人群馬大学

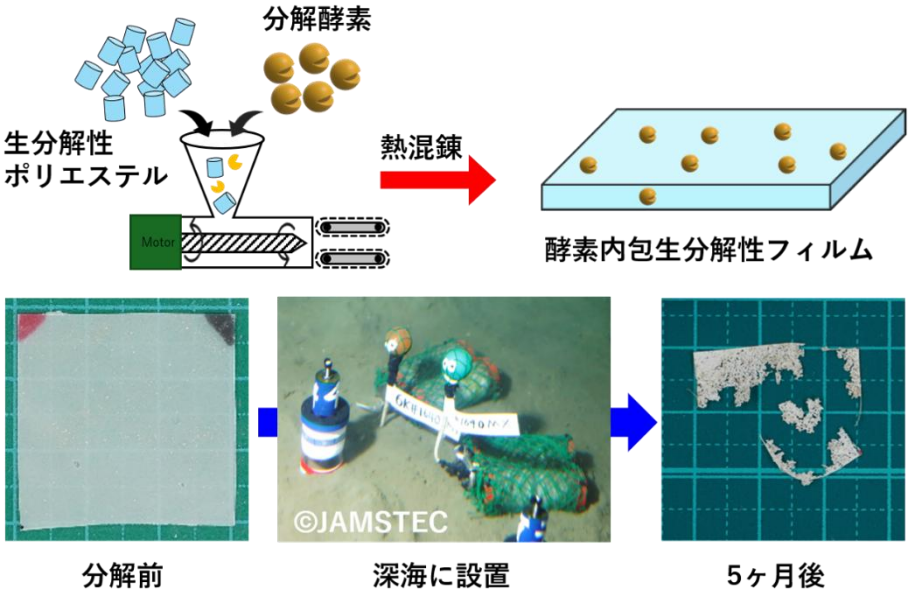
深海でも分解速度が劇的に加速する
酵素内包生分解性プラスチックの開発に成功
～生分解開始スイッチ機能も搭載～

発表のポイント

◆生分解性プラスチックを熱成形加工する時に、分解酵素を混ぜ込むことにより、分解微生物が極めて少ない環境下でも、生分解性プラスチックを分解させることに成功しました。

◆酵素内包の技術により、岸壁に加え、低温かつ高水圧の極限環境下である深海でも速やかに分解が進行し、岸壁では 1 ヶ月以内に、水深 750m 付近の深海でも 5 ヶ月以内に完全に分解させることに成功しました。

◆酵素内包生分解性プラスチックは、使用中は分解せず、環境中に流れ出たとき、摩耗や衝撃によって細かく砕けたことをきっかけとして、内包した分解酵素が水と接触し、生分解が誘発される「生分解開始スイッチ機能」を有しています。



酵素内包生分解性プラスチックの作製と深海における分解途中のフィルム

概要

東京大学大学院農学生命科学研究科黄秋源特任助教と岩田忠久教授、海洋研究開発機構磯部紀之主任研究員と野牧秀隆上席研究員、群馬大学大学院食健康科学研究科粕谷健一教授らによる研究グループは、生分解性プラスチック（注 1）を分解する能力を有する自然由来の分解酵素を、あらかじめプラスチック内に混ぜ込むことにより、浅瀬から深海のあらゆる海洋環境下

でプラスチックを生分解させる革新的な技術の開発に成功しました。ごく微量の酵素を混ぜ込むだけで、岸壁では1ヶ月以内に、水深750m付近の深海（注2）でも5ヶ月以内にほぼ完全に分解することが確認されました。これらの分解速度は、酵素を内包していない生分解性プラスチックと比較して、プラスチックや分解酵素の種類にもよりますが、岸壁では5倍～50倍、深海では12倍～80倍と大幅に加速しました。

プラスチック内に混ぜ込まれた酵素は、水のない環境下では分解活性を発現しません。従って、ドライな環境下で製品として使用している間は決して分解は起こらず、環境中に流出したのち、物理的な崩壊や表面摩耗などにより、混ぜ込まれている酵素に水が触れたときに分解が始まる生分解開始スイッチ機能を備えています。

本研究で確立した酵素内包の技術は、酵素を添加しても、元のプラスチックと同等の強度や柔軟性を維持し、水温が低く・水圧も高い深海へと沈降・拡散した場合でも、生分解性を保持するとともに、生分解速度を著しく加速する革新的なアプローチです。

本研究成果は、2026年10月21日16時（英国夏時間）、10月22日午前0時（日本時間）に、国際総合科学誌「Nature」オンライン版に掲載されます。

発表内容

<研究背景と目的>

現在、世界中で年間約4億トンのプラスチックが生産され、毎年約800万トンのプラスチックごみが海洋に流出している可能性があると報告されています（Science 347, 768 (2015)）。私たちが普段使っているポリエチレンやポリプロピレンに代表される汎用プラスチック（注3）は、山、川、湖、海のいずれの環境においても300年～400年以上も分解しないプラスチックとされています。このような背景の中、現在、あらゆる自然環境下で微生物の働きにより二酸化炭素と水にまで完全に分解される「生分解性プラスチック」の開発が望まれています。

我々は2024年に、様々な生分解性プラスチックが水深757m～5,552mの深海底で、微生物により生分解されることを世界で初めて明らかにしました（Nature Communications, 15, Article Number 568 (2024)）。しかしながら、ポリヒドロキシアルカノエート（PHA）（注4）以外の生分解性プラスチックは、深海での生分解速度が非常に遅く、完全に分解するには速いものでも数年はかかることも同時に明らかになりました。さらに、深海に設置した生分解性プラスチックのフィルム表面に付着した微生物の菌叢解析を行ったところ、世界中のどの海域にも全ての種類の生分解性プラスチックを分解できる微生物が存在しているわけではないことも明らかになりました。

本研究では、生分解性プラスチック内に自然由来の分解酵素を混ぜ込むことにより、分解微生物の存在が乏しい深海を含む極限環境下でも速やかに生分解する「酵素内包生分解性プラスチック」の開発を目指しました。

<研究内容>

本研究で開発した酵素内包生分解性プラスチックのフィルム（4cm×4cm×100μm）とマイクロビーズ（直径＝20μm～200μm）は、4種類の生分解性プラスチック（PBS、PBSA、PCL、PBAT）（注5）に2種類の自然由来の分解酵素（クチナーゼ（注6）とリパーゼ（注7））を、それぞれの生分解性プラスチックの熱軟化点以上で熱混練することにより作製しました。

酵素内包生分解性プラスチックと酵素を内包していない生分解性プラスチックおよび汎用プラスチックを、有人潜水調査船「しんかい6500」（注8）を用いて、4か所の水深の異なる深海

（757m～5,503m）に 3 ヶ月から 18 ヶ月間設置し、それらサンプルの重量や形状の変化、表面に付着した微生物の解析を行いました。また同時に、浮遊プラスチックごみが多い東京湾に面した海洋研究開発機構の岸壁（神奈川県横須賀市、水深約 2m～6m）にも同様のサンプルを設置し、生分解速度の比較を行いました。

その結果、酵素内包生分解性プラスチックのフィルムは、いずれの深海においても、酵素を内包していないフィルムと比較して、分解速度が加速されることを確認しました。特に、神奈川県三崎沖の深海（水深 757m）に 5 か月設置した PBS、PBSA、PCL の 3 つの酵素内包フィルムはほぼ完全に分解していることがわかりました（図 1A）。酵素を内包していない場合は、最大でも重量減少率が 3.4%であることを考えると、約 30 倍の驚異的な速さです。本結果は、低温（4℃）かつ高圧（7.6 MPa、大気圧の約 75 倍）という深海の極限環境下においても、プラスチック内に包埋された酵素が変性・失活することなく分解活性を維持し、基質であるプラスチックの分解を進行させ得ることを実証するものであり、極めて学術的価値が高く、今後の実用化においても有用な知見であると言えます。

さらに、岸壁（常温・常圧環境）においては酵素内包による分解促進効果がより顕著に発現し、PBSA および PCL はわずか 1 ヶ月でほぼ完全に分解しました（図 1B）。この結果は、本酵素内包技術が深海環境のみならず、通常の自然環境下においてさらに高い有用性を発揮することを示唆しています。

最後に、本研究で開発したマイクロビーズがあらゆる海洋環境下で速やかに分解されたことから、酵素内包生分解性プラスチックは、断片化によって生じるマイクロプラスチック汚染の深刻化を抑制する優れた素材であると言えます。

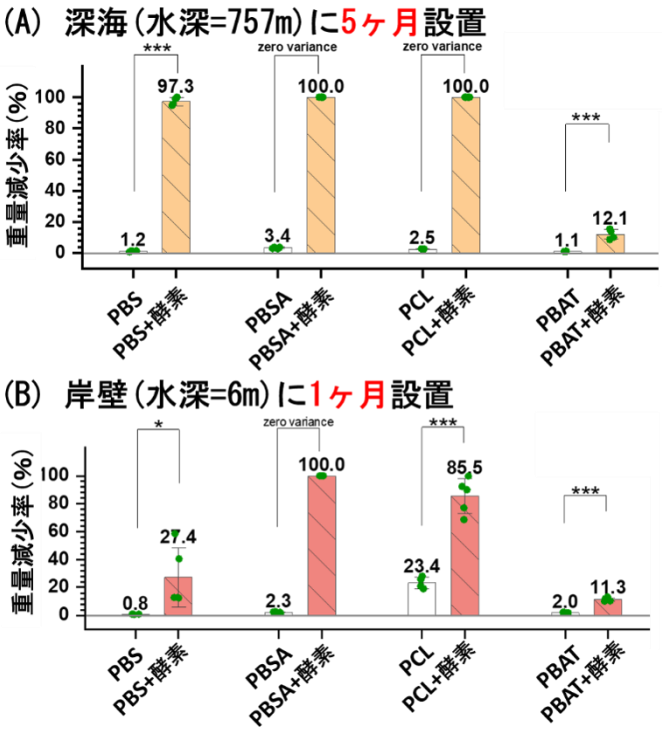


図 1　深海(A)及び岸壁(B)に設置した酵素未内包および酵素内包生分解性プラスチックの重量減少率。深海と岸壁で設置期間が異なることに注意。

〈今後の展望〉

本研究で開発した酵素内包技術により、海洋プラスチックごみの多くが最終的に行き着くと考えられている過酷な環境下である深海でも、生分解性プラスチックの分解速度が劇的に加速されることが証明されました。

今後は、実際の使用環境における長期耐久性や安全性の検証、多様な生分解性プラスチック素材への適用拡大、社会実装に向けた酵素内包プロセスの効率化とコスト低減およびスケールアップ研究を進めていきます。

〇補足説明：

深海設置場所および特徴

・神奈川県三崎沖（水深 757 m）：大型のプラスチックごみが多く集積している深海底

・静岡県初島沖（水深 855 m）：マイクロプラスチックを取り込んだ深海生物が報告されている深海底

・伊豆小笠原島弧海底火山付近の明神海丘（水深 1,292 m）：海底火山で水温や pH などの環境が特殊な深海底

・黒潮続流域の深海平原（水深 5,503 m）：海底堆積物にマイクロプラスチックが多く集積している海域

発表者・研究者等情報

東京大学

大学院農学生命科学研究科

生物材料科学専攻

黄　秋源　　特任助教（当時）

飯田　倫子　修士課程（当時）

加部　泰三　助教

大村　拓　　博士課程（当時）

Manikandan Ilangovan　博士課程（当時）

昔　鎮浩　　特任助教

岩田　忠久　教授（責任著者）

附属技術基盤センター

木村　聡　　技術専門職員

海洋研究開発機構

磯部　紀之　主任研究員

野牧　秀隆　上席研究員

群馬大学

大学院食健康科学研究科

粕谷　健一　教授

論文情報

雑誌名：Nature

題　名：Enzyme-Embedded Polyesters for Accelerated Biodegradation in the Deep Sea

著者名：QY. Huang, N. Iida, N. Isobe, T. Kabe, T. Omura, M. Ilangovan, S. Kimura, J.H. Seok, H. Nomaki, K. Kasuya and T. Iwata*（*責任著者）
DOI：10.1038/s41586-026-11192-1
URL：https://www.nature.com/articles/s41586-026-11192-1

注意事項（解禁情報）

日本時間 2026 年 10 月 22 日午前 0 時（英国夏時間：10 月 21 日 16 時）以前の公表は禁じられています。

研究助成

本研究は、下記の支援により実施されました。

- NEDO 委託事業「ムーンショット型研究開発事業／地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現／生分解開始スイッチ機能を有する海洋分解性プラスチックの研究開発（課題番号：JPNP18016)」(研究代表者：群馬大学・粕谷健一、東京大学・岩田忠久、海洋研究開発機構・野牧秀隆、研究期間：2020 年度～2027 年度)
- 科学研究費補助金「基盤研究 A（課題番号：19H00908)」(研究代表者：岩田忠久、研究期間 2019 年度～2023 年度)
- 科学研究費補助金「若手研究（課題番号：25K21401)」(研究代表者：黄秋源、研究期間 2025 年度～2027 年度)

用語解説

（注1） **生分解性プラスチック：**自然環境中に存在する微生物が分泌する分解酵素により、水に可溶な低分子化合物にまで分解されたのち微生物体内に取り込まれ、最終的に二酸化炭素と水にまで完全に分解されるプラスチック。

（注2） **深海：**一般に水深 200m より深い海のことで、海洋全体の 95%を占めている。

（注3） **汎用プラスチック：**ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレンなどプラスチックの約 8 割を占める熱可塑性プラスチックで、生活用品や工業製品などに大量に使われている。基本的に、石油から合成され、生分解性は有していない。

（注4） **ポリヒドロキシアルカノエート（PHA）：**糖や植物油を原料として、微生物体内で生合成されるエステル結合を持ったポリマー。現在開発されている生分解性プラスチックの中で、最も良く環境中で分解するとされている。

（注5） **PBS、PBSA、PCL、PBAT：**ポリブチレンサクシネート、ポリブチレンサクシネートアジペート、ポリカプロラクトン、ポリブチレンアジペートテレフタレートは、生分解性ポリエステルであり、クチナーゼやリパーゼなどの加水分解酵素でも分解される。

（注6） **クチナーゼ：**エステル結合加水分解酵素の一種で、植物のクチクラを構成するクチンを分解する酵素。クチンと構造が似ている生分解性ポリエステルを分解することができる。本実験では、糸状菌の一種から得られる HiC クチナーゼ（*Humicola insolens* 由来クチナーゼ）を用いている。

（注7） **リパーゼ：**脂肪のエステル結合を切る加水分解酵素。本研究では、南極酵母の一種から得られる CaLB リパーゼ（*Candida antarctica* lipase B）を用いている。

（注8） **しんかい 6500：**海洋研究開発機構が保有する水深 6,500m の深さまで潜ることができる有人潜水調査船。

問合せ先

<研究内容については発表者にお問合せください>

東京大学大学院農学生命科学研究科　生物材料科学専攻
教授　岩田　忠久（いわた　ただひさ）
Tel：03-5841-5266　E-mail：atiwata@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

海洋研究開発機構　物質地球科学研究部門　環境物質研究プログラム
プログラム長代理（主任研究員）　磯部紀之（いそべ　のりゆき）
Tel: 046-867-9674　E-mail：isoben@jamstec.go.jp

群馬大学大学院食健康科学研究科
教授　粕谷　健一（かすや　けんいち）
Tel：0277-30-1481　E-mail：kkasuya@gunma-u.ac.jp

東京大学大学院農学生命科学研究科・農学部　総務課広報情報担当
Tel: 03-5841-5484　E-mail：koho.a@gs.mail.u-tokyo.ac.jp

群馬大学桐生地区事務部事務課庶務係（広報）
Tel: 0277-30-1011　E-mail：rikou-pr@ml.gunma-u.ac.jp

海洋研究開発機構　企画部門　事業推進部　報道室
Tel: 045-778-5690　E-mail：press@jamstec.go.jp