

フジシール財団 研究助成事業
成果報告書

公益財団法人フジシール財団
理事長 岡 崎 裕 夫 殿

報告日 2021 年 5 月 30 日

研究課題	海洋プラスチックゴミ解決に向けた海洋生分解性高分子の開発		助成金額
			500 万円
ふりがな	かすや けんいち	研究助成申請年度	
研究者氏名	粕谷 健一	2020 年度	
所属機関	群馬大学大学院理工学府 群馬大学食健康科学教育研究センター	研究期間	
		2020 年 4 月-2021 年 4 月	
役 職	教授、センター長		
連絡先	〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1 TEL 0277 (30) 1481		

下記の通り、研究成果を報告いたします。

(注：本文中の化合物については、公表できる段階に至れば速やかに具体名を明示します。)

記

1. 研究成果の概要

海洋での生分解性プラスチック分解開始時期制御に資する生分解トリガー創製と評価。 バイオスティムレーション型の生分解性トリガーとして利用可能な化合物に関して、効果をスクリーニングし、分解性に与える影響を、メタゲノム解析を通して評価し、いくつかの有望な物質を発見した。海洋分解性の無い化学合成生分解性プラスチック 1 に対して、効果が大きい **化合物 A および B** を見出した。これらは、化学合成生分解性プラスチック 1 に対して分解開始のバイオスティムラントとして機能することがわかった。またこれらの物質においては、プラスティスフィア（プラスチック上のバイオフィルム）構造、およびその量に大きな変化をもたらすことがわかった。特に化合物 A に関しては化学合成生分解性プラスチック 1 のプラスティスフィア構造を劇的に変化させる効果が確認された。化合物 A および B いずれも単独で海洋中での分解性は高く、これらの化合物に対して海洋中での生物学的炭素サイクルが成立している。この炭素サイクルを利用して海洋分解性の無い化学合成生分解性プラスチック 1 が、生分解性を発現したものと推定される（論文 6、図）。

海洋での生分解性プラスチック分解速度を制御するためのマイクロバイームと材料との相関関係の解明。 生分解性高分子は、1)分解酵素によって加水分解され、その後、2)分解物は微生物により無機化されることによりことにより分解が完了する。一方、実環境中ではこれら 1)および 2)は、材料近傍に形成されたバイオフィルムの中で、進行する複雑な過程である。実環境中での分解速度制御を実現するために、この複雑系の相関関係を、プラスティスフィアとそのメタゲノムとの相関解明をめざした。実海洋環境中でのポリヒドロキシアルカン酸（PHA）、化学合成生分解性プラスチック 2、化学合成生分解性プラスチック 1、化学合成非生分解性プラスチック 3（ネガティブコントロール）に関して、ショットガンメタゲノム法により、プラスティスフィアの構造とその量との関係を調べた。PHA および化学合成生分解性プラスチック 2 は、それぞれ海洋中に 3 ヶ月間浸漬したところ生分解を示したが、一方で化学合成生分解性プラスチック 1、および化学合成非生分解性プラスチック 4 は分解しなかった。また同様の結果は、海水を用いた生物学酸素要求量（BOD）生分解試験（ASTM D6691-17 準拠）においても確認された。バイオフィルム量は、PHA > 化学合成生分解性プラスチック 2 >> 化学合成生分解性プラスチック 1 ≧ 化学合成非生分解性プラスチック 3 の順に低下した。プラスティスフィア構造を解析した

ところ、海洋分解のみられた PHA および化学合成生分解性プラスチック 2 においては、生物種の多様性の低下がみられ、集積が進んでいることが確認できた。一方で、海洋生分解性がほぼ認められなかった、化学合成生分解性プラスチック 1 および化学合成非生分解性プラスチック 3 では、バイオフィーム形成がほとんど見られなかった。これの結果は、海洋でのプラスチック分解と相関があると考えられる。

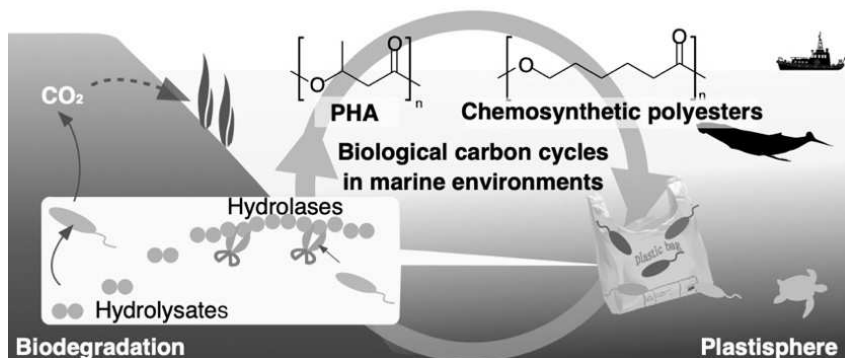


図. 海洋での生物学的炭素サイクルを利用する生分解機構

2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性

プラスチック製品の生産量を産業別に比較すると、パッケージングセクターが最も大きく、全プラスチック生産量の約 40 %を占めている[Plastics Europe, Plastics-the Facts 2019]。一方で、世界で生産されるプラスチック総量の 1.5~4 %に相当する、500~1300 万トンものプラスチックごみは最終的に海洋環境に流出していると見積もられている。日本においては、0.2~0.6 %程度の海洋流出が見積もられている[*Science*, **347**, 768, 2015, H30 経産省生産動態統計年報, 化学工業統計編]。海洋へ流出したプラスチックごみに対して、様々な対策が取られているにもかかわらず、プラスチックごみは、海洋に年々蓄積している[*Sci. Adv.*, **3**, e1700782, 2017]。海洋研究開発機構の調査によると、外洋の深海底のプラスチックごみの 9 割以上は、食品パッケージ関連のプラスチックであることが判明している[*Mar. Policy*, **96**, 204(2018)]。一旦、深海域に拡散、蓄積してしまったプラスチックは回収することは非常に難しい。これらの、深海域に蓄積するプラスチックは、プラスチックの不適正処理によるものもあるが、適性に処理されていたとしても完全には捕捉しきれないものも含まれる（マイクロプラスチックなど）。このことは、現状の生分解性プラスチックを含めた多くの汎用性プラスチックが海洋で全く分解性を発現しないということにも原因がある。

今回、支援を受け実施した研究の成果として、海洋で分解性の低い生分解性プラスチックの生分解性を著しく高める技術開発に成功した。原理としては非常に単純であり、様々な海洋で分解しない生分解性プラスチックに対して、海洋での生分解性を上昇させる効果が確認された。現在、当該要素技術をパッケージングへの応用に向け知財化および製品化に向け検討中であるが公表できる段階に至れば速やかに 1. 研究成果 に記載されている夫々の化合物の具体名を明示したい。

3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績

論文 (査読付き)

1. Degradation of ester linkages in rice straw components by *Sphingobium* species recovered from the sea bottom using a non-secretory tannase-family α/β hydrolase、Yukari Ohta、Madoka Katsumata、Kanakano Kurosawa、Yoshihiro Takaki、Hiroshi Nishimura、Takashi Watanabe、Ken-ichi Kasuya、*Environ. Microbiol.* (2021) doi: 10.1111/1462-2920.15551.
2. Characterization of a poly(butylene adipate-co-terephthalate) hydrolase from the mesophilic actinobacteria、Phouvilay Soulethone、Yuya Tachibana、Miwa Suzuki、Tsukasa Mizuno、Yukari Ohta、Ken-ichi Kasuya、*Polym. Degrad. Stab.* **184** 109481 (2021)
3. Chemically recyclable bio-based polyester composed of bifuran and glycerol acetal、Senri Hayashi、Yuya Tachibana、Naoto Tabata、Ken-ichi Kasuya、*Eur. Polym. J.* **145** 110242 (2021).
4. Environmental biodegradability of recombinant structural protein、Yuya Tachibana、Sunita Darbe、Senri Hayashi、Alina Kudasheva、Haruna Misawa、Yuka Shibata、Ken-ichi Kasuya、*Sci. Rep.* **11**、242(2021).
5. A novel poly(3-hydroxybutyrate)-degrading actinobacterium that was isolated from plastisphere formed on marine plastic debris、Miwa Suzuki、Yuya Tachibana、Reika Takizawa、Takuya Morikawa、Hiroyuki Takeno、Ken-ichi Kasuya、*Polym. Degrad. Stab.* **183**、109461(2021).
6. Biodegradability of poly(3-hydroxyalkanoate) and poly(ϵ -caprolactone) via biological carbon cycles in marine environments、Miwa Suzuki、Yuya Tachibana、Ken-ichi Kasuya、*Polym. J.* **53**、47-66 (2021)
7. Characterization of a mesophilic actinobacteria that degrades poly(butylene adipate-co-terephthalate)、Phouvilay Soulethone、Yuya Tachibana、Fumihito Muroi、Miwa Suzuki、Nariaki Ishii、Yukari Ohta、Ken-ichi Kasuya、*Polym. Degrad. Stab.* **181**、109335 (2020)

解説記事(査読なし)

1. 海洋時限生分解性プラスチック創製を目指して、粕谷健一、鈴木美和、橘熊野、*科学と工業* **95**、135-144 (2021)
2. 海洋時限生分解性プラスチックの開発、粕谷健一、鈴木美和、橘熊野、*JATAFF ジャーナル* **8**、25-29 (2020)

書籍(査読なし)

1. 最新の海洋生分解性プラスチックの研究開発動向ープラごみ・MPsの現状と対策ー、粕谷健一;鈴木美和;橘熊野、*テクノシステム* 2021.05
2. 食品包装産業を取り巻くマイクロプラスチック問題、鈴木美和、橘熊野、粕谷健一、*シーエムシー・リサーチ* 2021.02
3. 生分解性樹脂・バイオプラスチックの開発動向・課題と今後の展望、粕谷健一、鈴木美和、橘熊野、*AndTech* 2020.04

招待講演

1. 生分解性プラスチックの素材・技術開発、粕谷健一、*ファインケミカルジャパン 2021* 2021年4月14日
2. 海洋生分解性プラスチックの技術開発、粕谷健一、令和2年度第2回研究会 2020年12月7日 RC-91 海を拓く現場計測研究会
3. グリーンポリマーの概念と海洋漂流マイクロプラスチック、粕谷健一、第241回講演会 2020年12月3日 フォトポリマー談話会
4. 世界課題への対応 海洋プラスチック/海洋生分解性プラスチック研究開発、粕谷健一、第1回 海洋科学技術・イノベーションについて検討するスタディグループ 2020年11月2日 内閣府
5. 海洋プラスチックごみ解決に向けた 生分解性プラスチックの活用、粕谷健一、高分子同友会 勉強会 2020年10月29日
6. 生分解性プラスチックの最新開発動向、粕谷健一、第10回 CSJ 化学フェスタ 2020年10月21日 日本化学会