



2018年11月29日

報道関係者各位

慶應義塾大学

## ポリエチレンテレフタレート分解酵素 (PETase) の分解速度を 劇的に向上する手法を開発

### —使用済み PET 製品のバイオリサイクルの実用化に繋がる成果—

慶應義塾大学理工学部生命情報学科の宮本憲二教授、川上了史専任講師、大学院理工学研究科の古川洵（博士課程2年）と京都工芸繊維大学の小田耕平名誉教授の研究グループは、同研究グループが世界に先駆けて発見したポリエチレンテレフタレート分解酵素（PETase）の活性向上を目的として研究を行い、微量の界面活性剤を添加するだけで分解速度を100倍以上に向上させることに成功しました。

PETは、ペットボトルや衣服等の素材として世界中で利用されています。PET製品の一部はリサイクルされていますが、環境負荷の少ない分解技術が求められていました。本研究結果は、簡単な操作で酵素のPET分解速度を劇的に向上することができるもので、使用済みPET製品のバイオリサイクル技術の実用化に貢献することが期待されます。

本研究成果は、欧州の科学雑誌「ChemSusChem」に掲載される予定です。

#### 1. 本研究のポイント

- ・PET分解酵素(PETase)の活性を劇的に向上させる方法を発見
- ・活性向上のメカニズムを解明

#### 2. 研究背景

近年、プラスチック樹脂の需要が急増しており、日常生活に欠かせないものとなっている一方で、環境中で分解されることなく堆積するため環境問題となっており、その解決が急務とされています。

これまで、本研究グループではポリエチレンテレフタレート（PET）を栄養源として生育する微生物 *Ideonella sakaiensis* を発見し、PETに高い特異性を示す酵素（PETase）を同定しました（参考文献1）。PETaseは、廃棄PETによる環境汚染を解決する可能性がある酵素として注目されていますが、その活性は低く、未だ実用化に耐えうる活性は得られていません。

酵素によるPET分解は、まず、酵素がPETに接触することで反応が開始されます。ここで、PETaseの活性が低い原因の1つとして、PETaseが水に溶ける性質（親水性）を示す一方で、PETは反対に水に溶けない性質（疎水性）を示すため、これらの間の接触が起こりにくいことが挙げられます。そこで、PETase-PET間の接触頻度の改善による活性向上を目指しました。

### 3. 研究内容・成果

本研究グループは、PET 表面を親水的な分子で被覆することができれば、PETase との接触が改善されるのではないかと考えました (図 1)。そこで、親水的な PETase と疎水的な PET との間をつなぐ分子として、界面活性剤の利用を検討しました。界面活性剤には、洗剤等に用いられるような一般的な分子を選択し、これを添加した条件下で PET 分解活性への影響を調べました。すると、負に帯電する界面活性剤を添加した場合、著しく活性が向上し、最大で 100 倍以上向上することを突き止めました。本手法において、必要な界面活性剤の濃度はわずか 0.005% と極めて低く、非常に簡便かつ効率的に PET 分解を加速することが可能です。

さらに、本反応系では酵素の変性剤である界面活性剤を使用しているにもかかわらず 36 時間以上反応を継続できることが明らかになりました。反応 12 時間後には、図 2 に示すように PET 表面が白濁し、顕微鏡での観察では無数の分解痕を観測することができます。さらに、反応 36 時間後には、厚さが約 20% 薄くなることがわかりました。このときの活性は、30°C での反応にもかかわらず、70°C 以上の高温を必要とする耐熱性酵素の活性に匹敵し、常温での効率的な PET 分解が可能であることを示した初めての例となりました。

### 4. 今後の展開

酵素による PET 分解は、化学処理法と比較してエネルギー消費が小さく、環境に優しい手法です。今回見出された高活性化の手法は、PET バイオリサイクルの実用可能性を開くものだと考えています。

#### <参考文献 1>

タイトル (和訳) : A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate)  
(ポリエチレンテレフタレートを分解・資化する細菌)

著者名 : 吉田昭介 1,2\*, 平賀和三 1、竹花稔彦 3、谷口育雄 1、山地広尚 1、前田康人 4、豊原清綱 4、宮本憲二 2、木村良晴 1、小田耕平 1

1 京都工芸繊維大学、2 慶應義塾大学、3 株式会社 ADEKA、4 帝人株式会社、\*現所属 : 奈良先端科学技術大学院大学

掲載誌 : Science

#### <原論文情報>

タイトル (和訳) : Acceleration of Enzymatic Degradation of Poly(ethylene terephthalate) by Surface Coating with Anionic Surfactants (アニオン性界面活性剤で表面を被覆することによるポリエチレンテレフタレートの酵素分解反応の加速)

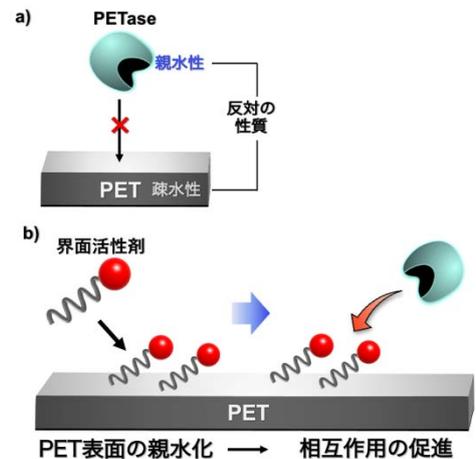


図 1. a) PET 分解反応の問題点  
b) 本研究のコンセプト

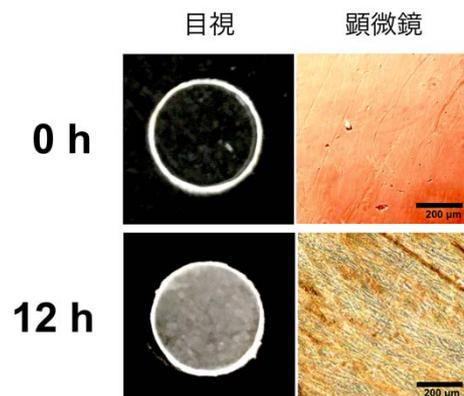


図 2. 12 時間反応後の PET 表面

著者名：古川 洵 1、川上 了史 1、小田 耕平 2、宮本 憲二 1

1 慶應義塾大学、2 京都工芸繊維大学

掲載誌：ChemSusChem

<https://doi.org/10.1002/cssc.201802096>

※本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費助成事業 基盤研究（A）18H03857 及び、イムラ・ジャパン賞の補助を受けて行われました。

<用語説明>

※1 酵素：生物が物質を代謝するために生産するタンパク質。

※2 加水分解：水分子でエステル結合を分解した場合、アルコールとカルボン酸を生成する。

※3 界面活性剤：一つの分子内に親水性の部分と、疎水性の部分を持つ物質の総称で、洗浄剤などとして広く使用されている。

※ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

---

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 生命情報学科 教授 宮本 憲二（みやもと けんじ）

TEL：045-566-1786 E-mail：[kmiyamoto@bio.keio.ac.jp](mailto:kmiyamoto@bio.keio.ac.jp)

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室（村上）

TEL：03-5427-1541 FAX：03-5441-7640

Email：[m-pr@adst.keio.ac.jp](mailto:m-pr@adst.keio.ac.jp) <https://www.keio.ac.jp/>