

iGEM Kyoto 2019 は「洗濯で生じるマイクロプラスチック」の回収をテーマに研究活動を行いました。このテーマと研究成果をもとに、ボストンでの合成生物学の学生世界大会“iGEM”にて研究発表を行いました。

【研究成果：マイクロファイバーを沈殿させるタンパク質を開発】

今回の研究では、「洗濯から生じるマイクロプラスチック」を凝集させて沈殿させるタンパク質を開発しました。実用には継続した研究が必要ですが、このアイデアは将来マイクロプラスチック問題を解決する上での一助となる可能性があります。今回の研究成果を、以下にまとめます。また、この1年、様々な活動を行い、このプロジェクトを発展させてきました。その一部を報告します。

・背景

現在、プラスチックによる海洋汚染は世界的な環境問題となっています。日常的に使っているプラスチック製品が海洋へと流出し、なかなか分解されずに様々な問題を引き起こしています。これは「マイクロプラスチック問題」と呼ばれます。実は、我々が普段着ている合成繊維で出来た服も、マイクロプラスチックの供給源になり得ることが先行研究によって示されています。(Mason, S.A. et al. *Environ. Pollut.* (2016)) 合成繊維を洗濯する際、服から出たプラスチックの「糸くず」が洗濯排水と共に下水へと流れ、下水処理場でも回収しきれずに海に流れて出てしまうのです。この「糸くず」は特に「マイクロファイバー」と呼ばれます。今回の研究ではタンパク質を用いて、このマイクロファイバーの海への流出を防ぐことに挑みました。

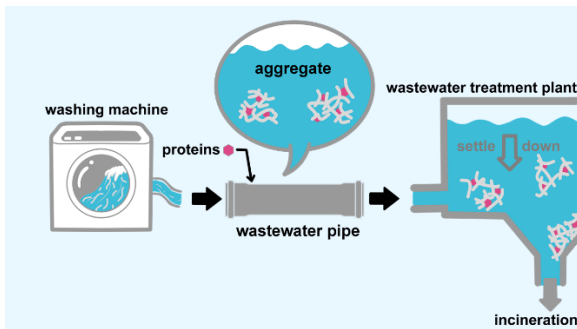
・下水処理場への取材

先に「マイクロファイバーは下水処理場でも回収しきれずに海に流れて出てしまう」、と述べましたが、実際に下水処理場ではどのように下水を処理しているのでしょうか？解決法のヒントを得るために、私たちは下水処理場を取材しました。取材を通して、下水処理場では濾過処理ではなく、主に沈殿を用いて汚れを除去していることが分かりました。下水を長時間静置することで汚れを沈殿させ、沈殿物を回収して焼却しているのです。マイクロファイバーはとても小さいので下水処理の過程で沈殿しきれず、回収が難しいのだと考えられます。

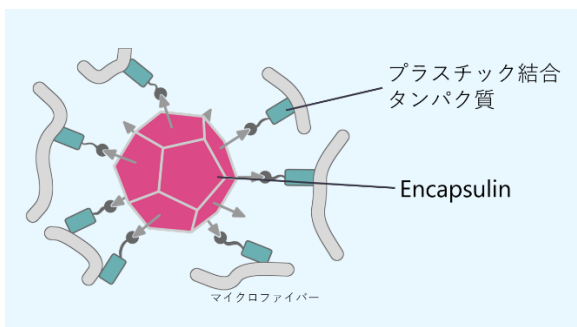


・研究のアイデア

私たちは、マイクロファイバーを凝集させるようなタンパク質を作って洗濯排水に入れば、粒子のサイズは大きくなるので下水処理の過程で沈殿しやすくなると考えました。マイクロファイバーを沈殿させさえ出来れば、あとは下水処理場で回収・焼却されます。



このアイデアを基に、マイクロファイバーを凝集させるための以下の図のようなタンパク質を設計しました。



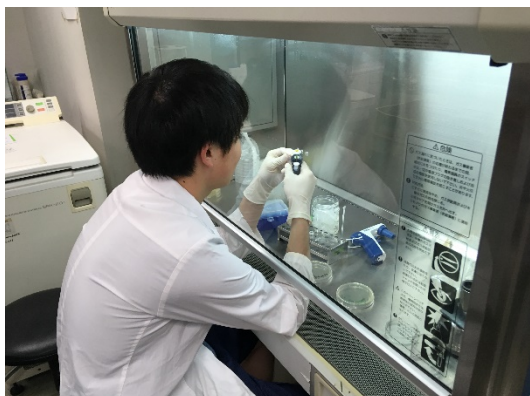
このタンパク質の複合体は Encapsulin と呼ばれるタンパクカプセル（ピンク）を中心に組み立てられ、そのタンパクカプセルの周りに多数のプラスチック結合タンパク質（青緑）が提示されるように設計されています。このようなタンパク質を用いれば、図のようにマイクロファイバー（白）同士を繋げる「のり」のような役割をして、マイクロファイバーを凝集させられると考えました。

・実際の実験

実験ではこれらのタンパク質複合体のパーツをそれぞれ大腸菌に発現させ、そこから目的のタンパク質を精製しました。更に精製したタンパク質を用いて、

- ・プラスチック結合タンパクがプラスチック繊維によく結合すること
- ・Encapsulin が自発的にタンパクカプセルを形成すること
- ・目的のタンパク質複合体が形成されること

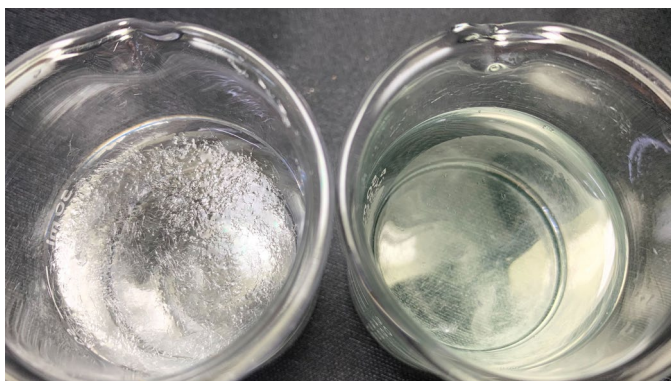
を確認しました。(写真は実験風景)



以上の結果を通して、目的のタンパク質複合体を得られたこと、かつ複合体のパーツがそれぞれ期待したように機能することが分かりました。

・タンパク質複合体によりマイクロファイバーが沈殿した！

目的のタンパク質複合体を得ることが出来たので、このタンパク質を細かく切ったプラスチック繊維に混ぜました。写真の左側が水にマイクロファイバーが入ったもので、右がそれに更にタンパク質複合体を加えたものです。



左側は水面に小さな繊維が浮かんでいるのが見えます。マイクロファイバーは水に加えるとそのままでは一部は沈殿せずに、プカプカと浮かびます。一方タンパク質複合体を加えた右側では水面に繊維が浮かんでいないことが分かります。写真では見辛いのですが、繊維はビーカーの底に沈殿しています。この実験によって、私たちの開発したタンパク質がマイクロファイバーを沈殿させる機能を持つことが明らかになりました。

・まとめ

以上に示したように、私たちの開発したタンパク質は実験においてマイクロファイバーを沈殿させました。これが実際に下水処理場で機能するかを検証するためには、実用には様々な方面からの継続した研究が必要です。しかし今回のプロジェクトでは、将来マイクロプラスチック問題を解決する上で、マイクロファイバーを回収するためのひとつのアイデアを提示することが出来たと考えています。

・Wiki

また、これらの実験内容・活動内容の全ては Wiki と呼ばれるホームページにまとめています。iGEM の大会において、審査員は Wiki とプレゼン・ポスターセッションを見て点数をつけます。したがって自分達の研究成果が分かりやすく伝わるよう、デザインなどチームのメンバーの総力をかけて完成させました。ぜひ、以下のリンクからメインページだけでもご覧ください。また、すべての活動が Wiki に記録されているので、細かいところまでご覧いただくとこのプロジェクトについて更に詳しく知ることが出来ます。

<https://2019.igem.org/Team:Kyoto>

文責：島添將誠