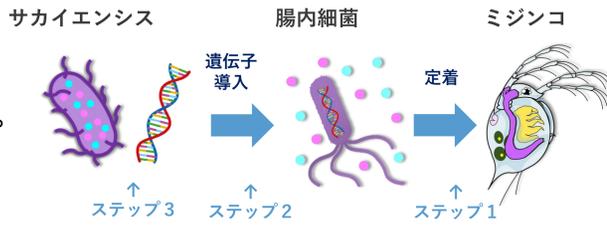


研究アイデアの概要

水の濾過能力が高いミジンコと、プラスチックを分解できるサカイエンシスという細菌の能力を組み合わせ、マイクロプラスチックを分解できるミジンコを作りたい。合成生物学の力を使って、サカイエンシスの遺伝子をミジンコの腸内細菌に付与すれば、これが可能なのではないかと。



背景

近年、海ごみの増加などによりマイクロプラスチックが大量発生している。人間への有害性は定かではないが、研究によりこれが少しずつ危惧され始め、今注目の世界問題となっている。あまりの小ささ故に回収が難しく、一斉処理も困難なため化学的な分解は不向きである。よって、生物のちからを借りた分解を提案する。

12 つくる責任
つかう責任



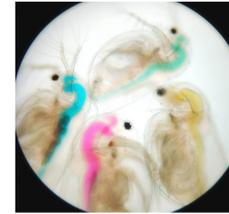
SDGs17の目標12番目
日本SDG協会HPより

ミジンコはすごい

ミジンコは濾過肢毛という器官を使って小さな粒子を濾し集めることができる動物プランクトンである。濾過肢毛には1μm程度の間隔の細かい毛が密集していて、捕らえられる粒子をすべてキャッチして口に運ぶ。これは腸に運ばれ、一定時間とどまることで、さまざまな種類の腸内細菌による分解を受ける。例えば大型の種1匹での濾過速度は1日あたり約100 mlである。茨城県の霞ヶ浦の記録から例えると、単純計算で池の水は1日あたり20回濾されることになる。つまり、ミジンコはマイクロプラスチックの回収に最適といえる。



↑ミジンコの濾過肢毛



↑色付き粒子を腸に取り込んだミジンコ (染まっている部分は腸)

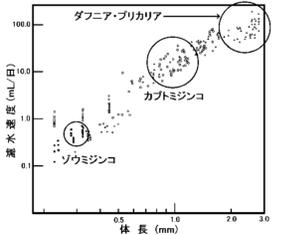
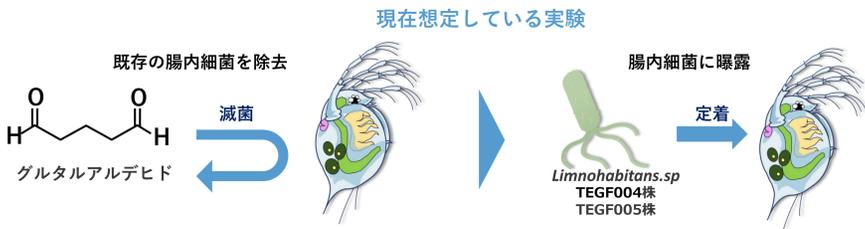


図2 ミジンコ濾水速度(対数)と体長(対数)の関係 (Knoechel and Holtby, 1986)より改変

実験方法

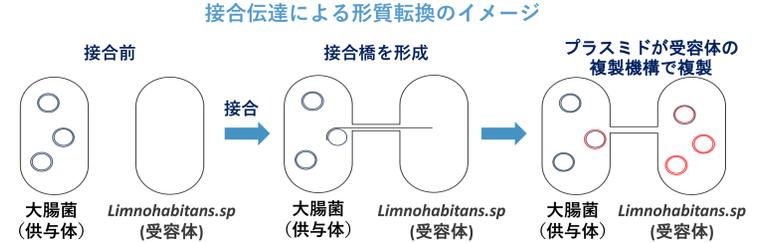
ステップ1. ~腸内細菌の定着法の確立~

- ミジンコの腸の中には、さまざまな種類の腸内細菌が共生関係を持って定着しているため、それらを一度除去して、自分の入れたい特定の菌を定着する手法を確立する必要がある。
- 遺伝子組み換えの対象とする菌は、最も優占しているとされる *Limnohabitans.sp* とする。
- 既存の菌の除去方法や *Limnohabitans.sp* の定着方法は先行研究によりある程度分かっている。



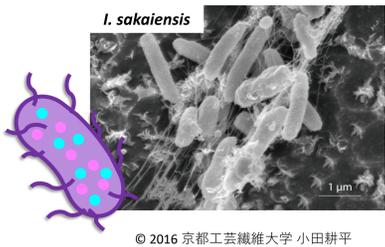
ステップ2. ~腸内細菌の形質転換~

- 近縁の菌の研究を参考に腸内細菌の形質転換法を確立する。
- 大腸菌にプラスミドを作らせ、腸内細菌にエレクトロポレーションにより導入する。
- うまくいかなければ接合伝達なども考えている。
- 初めはGFPなどの実験として扱いやすい遺伝子を導入し、成功すればサカイエンシスの遺伝子を導入する。

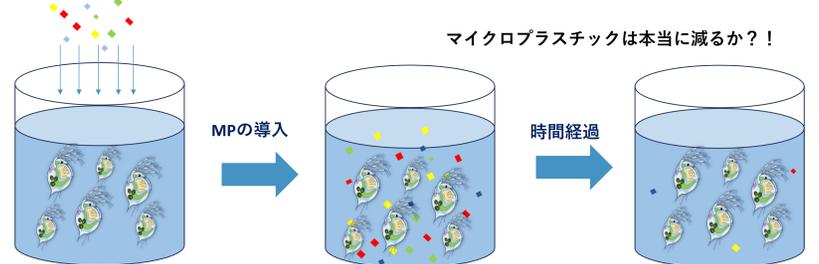


ステップ3. ~PET分解酵素の改良~

- サカイエンシスは、ポリエチレンテレフタレート (PET) を分解する2種類の酵素を持つ。
- 2つの酵素はリンカーでつなげることで、分解効率が向上することが分かっている。
- PETの分解は細胞外での反応となるため、産生した酵素を確実に細胞外に放出するための工夫も必要となる。



GOAL ~MP分解能の測定~



- ステップ3までできたら、すべての成果を組み合わせ、プラスチックを分解できるミジンコができたかを確認する。
- 実際にマイクロプラスチックを曝露すると、その量は減少するか。

研究アイデアの意義と課題

本アイデアには「腸内細菌の遺伝子を操作して、いきものへ新たな能力を付与する」研究の一例として、大きな学術的意義がある。社会実装が有望であるが、組み換え生物を流出させる事ができないことが一番の問題となる。現時点で開放系でミジンコにプラスチックを分解させるには、腸内細菌が環境に流出しない方法 (アポトーシス誘導や増殖能力の破壊など) を考える必要がある。逆に、その課題をクリアできれば、近い将来MP問題が深刻化した際に、この研究もしくはこの研究を発端とするいくつかの後続研究が問題解決の強力な一手になり得る可能性を秘めていると考える。また、ミジンコでできた例を示すことができれば、貝、カイメン、フジツボ、シロナガスクジラなど、他の濾過摂食生物でも応用できる可能性を示せるかもしれない。

Tianyu Li, Stefano Menegatti, Nathan Crook, 14 September 2023, Breakdown of polyethylene terephthalate microplastics under saltwater conditions using engineered *Vibrio natriegens*
Saranya Peerakietkhajorn 1, Yasuhiko Kato 1 2, Vojtěch Kasalický 3, Tomoaki Matsuura 1, Hajime Watanabe 2016, Betaproteobacteria *Limnohabitans* strains increase fecundity in the crustacean *Daphnia magna*: symbiotic relationship between major bacterioplankton and zooplankton in freshwater ecosystem
Janatunaim et.al Construction and Cloning of Plastic-Degrading Recombinant Enzymes (MHETase) (2020) Recent patents on biotechnology