

ゼロカーボン水産養殖用飼料の作出に成功

○概要

京都大学大学院工学研究科の沼田圭司教授（理化学研究所環境資源科学研究センターバイオ高分子研究チーム・チームリーダー）は、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）「共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT)」、公益財団法人京都産業 21「産学公の森推進事業 II 事業化促進コース」の支援のもと、Symbiobe 株式会社と協同で、海洋性紅色光合成細菌を用いたゼロカーボン水産養殖用飼料の作出に成功しました（図 1）。

京都府をはじめ日本国内では魚介類の養殖が盛んに行われており、飼料の安定的な供給が必要とされています。現在、多くの水産養殖用飼料には、その原料として魚粉が多用されていますが、近年では、この魚粉の原料となる天然魚の不安定な漁獲量や燃料費用を含めた経費等の問題から、魚粉の供給が逼迫する事態が生じています。今回用いた海洋性の紅色光合成細菌は、大気中の二酸化炭素と窒素を利用し、代謝物として固定することができます。その過程で紅色光合成細菌が蓄えた光合成代謝産物やタンパク質・アミノ酸等を利用して、今回、独自のプロセスにて水産養殖用の試作飼料を調製しました。この紅色光合成細菌を利用した水産養殖用飼料原料を、魚粉に代わる飼料原料の新たな選択肢として供給していくことで、天然魚の乱獲等による海洋資源・生態系の破壊を防ぎながら、サステナブルな次世代水産養殖の普及・促進を進めるとともに、地域や日本の水産業を活性化させることが期待されます。

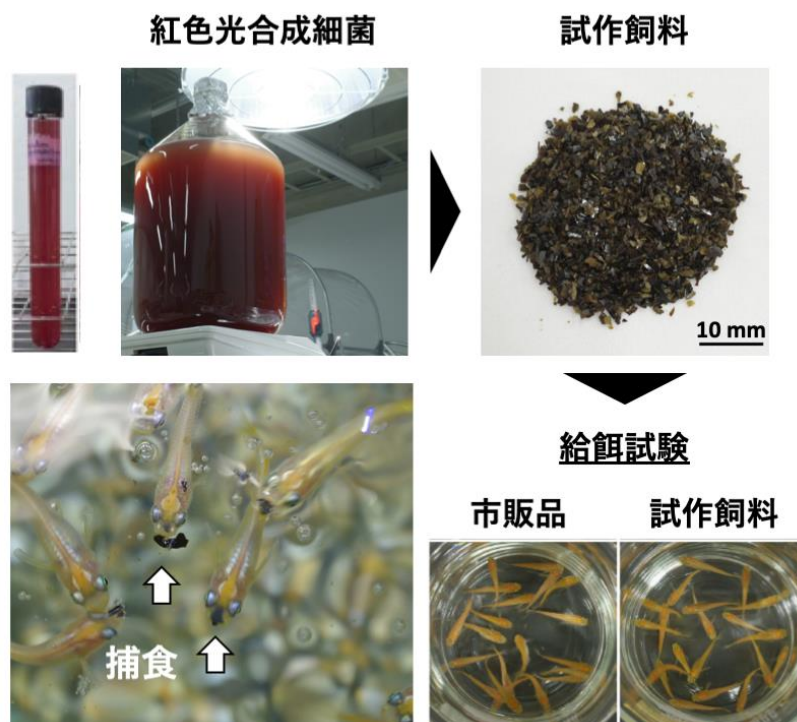


図 1 | 光合成細菌を使用した飼料

1. 背景

世界的な人口増加に伴い食料需要が増加する中で、貴重なタンパク源である水産物の養殖生産を増加させていくことは、今後より一層重要となります。これまで水産物の養殖生産における飼料原料として、天然の小型魚類等を利用した魚粉が多用され、現在でも飼料に50%程度配合されているのが一般的で、残りは、穀類、豆類、糟糠類、油脂類、その他動物性原料や添加物等が使用されています。一方で、近年では、漁業資源減少等の影響による天然魚の不安定な漁獲量や漁船の燃料コストなどの問題から、魚粉の安定的な供給が危ぶまれており、従来の魚で魚を飼育する生産方法から脱却した、安定した持続可能な次世代型水産物養殖生産システムが求められています。

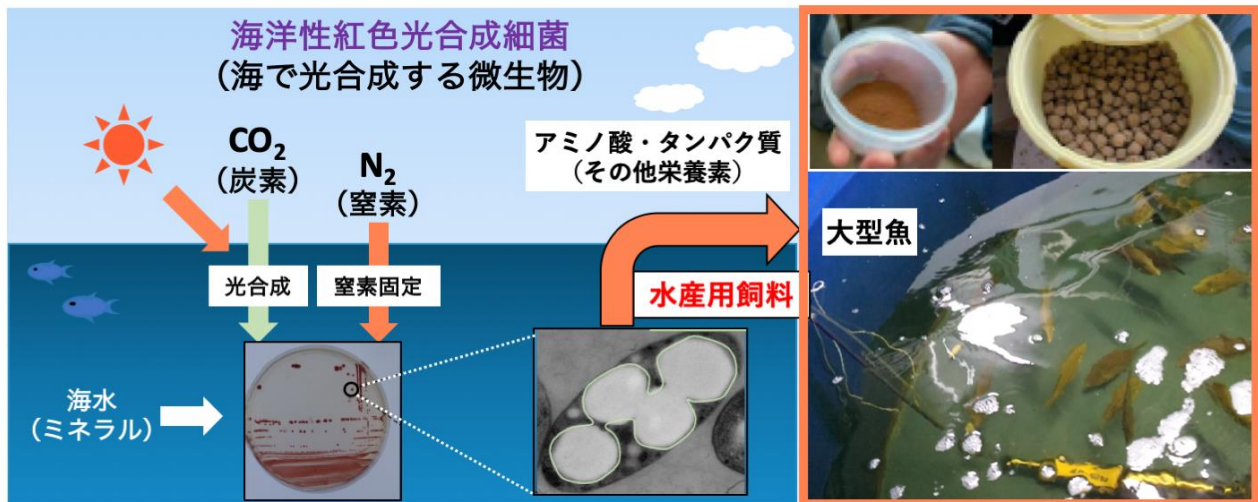


図2 | 海洋性紅色光合成細菌の特徴と水産養殖用飼料としての利用

海洋性の紅色光合成細菌は、光合成により二酸化炭素 (CO_2) を固定し、同時に窒素固定により大気中から固定した窒素 (N_2) と海水中のミネラル成分を利用しながら増殖します (図2)。沼田圭司教授の研究室では、海洋性の紅色光合成細菌を用いて様々なバイオ高分子を生産する研究を進めてきました。この紅色光合成細菌の特性を生かして、光、大気中の CO_2 (炭素源) や N_2 (窒素源) を資源とすることで、ゼロカーボンベースの水産用飼料原料を生産できることを見出しました。

京都大学が代表機関を務め、京都府が幹事自治体を務める JST COI-NEXT「ゼロカーボンバイオ産業創出による資源循環共創拠点」では、天然資源である大気中の二酸化炭素や窒素を固定する海洋性の紅色光合成細菌を有効利用する技術を基盤に、温室効果ガスの削減を進めながら同時に様々な製品や有用物質を生産する資源循環型物質生産プラットフォームの構築を進めることで、地球環境の保全また持続可能な開発目標 (SDGs) に貢献することを目標としています。同時に、地元の自治体、企業等の連携のもと地域共創の場の形成を進めています。

2. 研究手法・成果

ゼロカーボン水産養殖用飼料を効率的に生産するために、JST 戦略的創造研究推進事業 ERATO (京都大学大学院工学研究科材料化学専攻沼田研究室、理化学研究所環境資源科学研究センターバイオ高分子研究チームが参画) 及び Symbiobe 株式会社で培った技術を応用し、紅色光合成細菌の最適な培養条件を確立しました。海洋性紅色光合成細菌の光合成に適した人工光を照射しながら、海水条件下で紅色光合成細菌の培養を可能にしました。さ

らに、集菌、淡水化、細胞破碎、乾燥、造粒・整粒の各条件を給餌対象の魚種に合わせて最適化し、摂餌しやすいサイズの試作飼料を作成しました（図3a）。

次に、この紅色光合成細菌から調製した試作飼料を用いて、メダカへの給餌試験を行いました。（図3b）。メダカを14日間水槽で飼育したのち、市販飼料を比較対象として、市販飼料の指定量、市販飼料指定量の4分の1（1/4）量、紅色光合成細菌を用いた試作飼料の3つの試験区に分けて14日後の体長と体重の測定を行いました（図3cおよびd）。試作飼料を給餌したメダカの成長は、同等量の市販飼料で飼育したメダカの成長と遜色なく、給餌試験中における試作飼料区の生存率も100%でした。また、海洋性紅色光合成細菌由来のコンタミネーション（期待しない菌体の増殖）なども確認されませんでした。これらの結果により、紅色光合成細菌から作成した試作飼料は、既存の飼料原料の代替品として使用できる可能性が示唆されました。

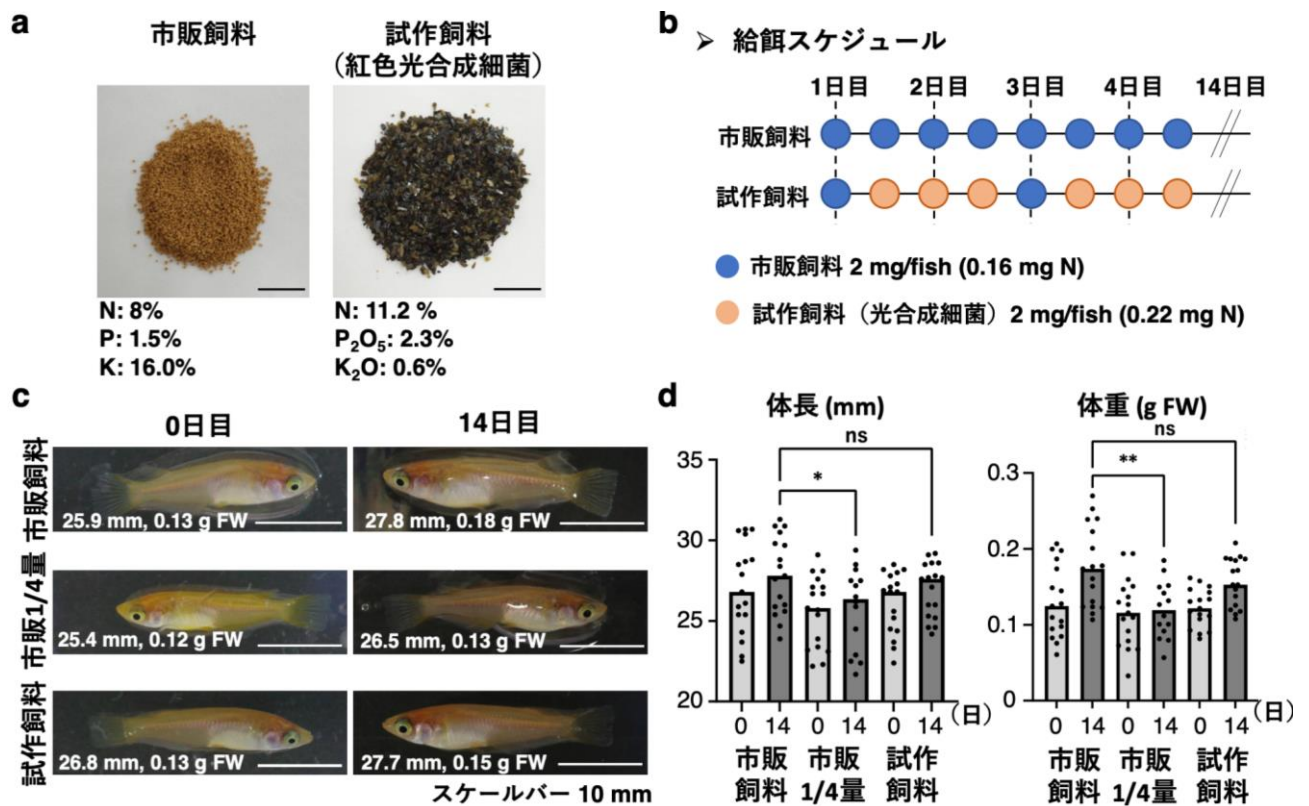


図3 | 紅色光合成細菌飼料のメダカ給餌試験

- a: 各飼料の写真と含有成分率
- b: 各試験区の給餌スケジュール
- c: 各試験区の0日と14日後のメダカの写真
- d: 各試験区の0日と14日後のメダカの体長と体重変化のグラフ（マン-ホイットニーのU検定で、試験区間の差を一元配置分散分析とダネット検定で解析：* < 0.05, ** < 0.01, ns 有意差なし）

3. 波及効果、今後の予定

今回、紅色光合成細菌を用いたゼロカーボンベースでの水産養殖用飼料原料の生産に成

功しました。現在、メダカ以外にも外部の養殖試験場においてカワハギ等での給餌試験を順次進めており、今後は更に幅広い魚種・甲殻類等への給餌試験を進める予定です。空気を原材料とした紅色光合成細菌を利用したサステナブルな水産養殖用飼料原料の生産を拡大し、飼料原料の新たな選択肢として今後普及させていくことで、次世代型の水産養殖の普及・促進への貢献と、産学官の連携のもと地域に根ざしたゼロカーボンバイオ産業創出による資源循環拠点の形成が進展していくことが期待されます。

4. 研究開発プロジェクトについて

本プロジェクトは、主として以下の事業の支援のもと進められました。

(1) 国立研究開発法人科学技術振興機構

共創の場形成支援プログラム(COI-NEXT) 地域共創分野・育成型
「ゼロカーボンバイオ産業創出による資源循環共創拠点」

- ・代表機関 京都大学
- ・幹事自治体 京都府
- ・幹事企業 株式会社島津製作所

<https://www.zero-carbon.saci.kyoto-u.ac.jp/>

https://www.jst.go.jp/pf/platform/file/r3_kyotengaiyou_2114.pdf

(2) 公益財団法人京都産業21

「産学公の森」推進事業 II 事業化促進コース

「二酸化炭素資源化による水産物養殖用飼料生産加工技術及び試作品開発」

<用語解説>

・海洋性紅色光合成細菌

約 1-2 μ m ほどの大きさで、赤紫色の楕円形を示す非硫黄型紅色光合成細菌。近赤外光のもと二酸化炭素を利用して非酸素発生型の光合成を行う。また、大気中の窒素をニトロゲナーゼで固定して生育する。