

「藻類・水圏微生物の機能解明と制御によるバイオエネルギー創成のための基盤技術の創出」

平成24年度採択研究代表者

H27年度
実績報告書

中島田 豊

広島大学大学院先端物質科学研究科

教授

海洋微生物発酵制御を基盤とした大型藻類の完全資源化基盤技術の開発

§1. 研究実施体制

(1) 大型藻類の耐塩無加水メタン発酵技術の開発グループ(広島大学)

① 研究代表者: 中島田 豊 (広島大学大学院先端物質科学研究科、教授)

② 研究項目

- ・耐塩性メタン発酵菌叢の構築
- ・耐塩性藻体資化・メタン発酵微生物・遺伝子群の探索

(2) 高付加価値油脂生産技術の開発グループ(広島大学)

① 主たる共同研究者: 秋 庸裕 (広島大学大学院先端物質科学研究科、教授)

② 研究項目

- ・海藻構成糖質を用いた複合培養系による油脂発酵プロセスの開発
- ・海藻糖質資化系および脂質生合成系を標的とした分子育種

(3) 無機資源回収基盤技術の開発グループ(広島大学)

① 主たる共同研究者: 岡村 好子 (広島大学大学院先端物質科学研究科、准教授)

② 研究項目

- ・金属耐性・細胞内金属蓄積能を有する光合成細菌の探索
- ・レアメタルやレアアースを吸着する生体分子の開発
- ・廃液中の残存有機酸を資化する光合成細菌による有用物質生産

(4) 大型藻類前処理技術の開発グループ(広島大学)

① 主たる共同研究者: 松村 幸彦 (広島大学大学院工学研究院、教授)

② 研究項目

- ・水熱前処理における塩分の影響の確認とその機構の解明

(5) 発酵原料・残渣からの電気・資源回収技術の開発（東京農工大学）

① 主たる共同研究者: 中村 暢文（東京農工大学大学院工学研究院、教授）

② 研究項目

- ・メタン発酵残渣溶解用イオン液体の探索

§2. 研究実施の概要

本研究プロジェクトでは、海洋微生物が持つ耐塩性および海藻糖質代謝機能に着目し、耐塩無加水高効率メタン発酵によるエネルギー回収技術を中心として、海洋藻類を基質とした高付加価値物質生産技術、メタン発酵残渣からの貴重金属の回収技術、そして発酵原料に適した前処理技術など、経済的に成り立ち、かつ廃棄物ゼロを目標とする海洋藻類のエネルギー・資源化システム実用化に必要な要素技術の確立を目指している。

大型藻類の無加水耐塩メタン発酵では塩耐性の低い従来法は適用出来ない。本年度、我々は、昨年度、高度集積した海洋性メタン発酵菌群を用いることで、未希釈・高塩条件下での海洋大型藻類からの200日以上長期・安定メタン発酵試験に成功した¹⁾。取得した微生物群は5%塩存在下でもメタン発酵性能を有しており、海洋藻類はもとより従来メタン発酵困難であった水産廃棄物などの高塩含有有機資源をエネルギー原料として拡大することに道を拓くものである。将来的には、海水利用による大型藻類を原料とした海洋バイオガスプラントの実現が期待される。しかし、本メタン発酵試験において利用できた有機物は80%程度であり、さらなる利用効率の向上が求められる。そこで現在、高温高压の水で藻体を前処理する水熱処理、およびイオン液体処理による有用資源の回収および有機物利用効率の向上を狙った研究開発を行っている。

海藻バイオマスを用いたメタン発酵プロセスで低価格エネルギーを提供するシステムにおいては、高付加価値物質の同時生産によってコストバランスを安定化する技術開発が必要となる。そこで、海洋微生物ラビリンチュラ類 *Aurantiochytrium* 属による、海藻糖質からのドコサヘキサエン酸やアスタキサンチン、スクアレンなど高付加価値油脂高生産を目的として、本菌への海藻糖質の資化性付与、および各種脂肪酸生合成経路の詳細な解析を行っている。その成果の一つとして、本年度、各種脂肪酸の不飽和度の調節に重要となる $\Delta 6$ 及び $\Delta 5$ 不飽和化酵素のアミノ酸配列の比較と変異株作出を通じて検索し、 $\Delta 6$ 及び $\Delta 5$ 不飽和化活性を排他的に置換する複数の残基と、二機能性を与える残基をそれぞれ特定した²⁾。本成果は、*Aurantiochytrium* 属における脂質合成系の分子育種にも資することが期待される。

上記藻体有機物からのエネルギー・高付加価値物質生産後の残渣には、有機物が残存するとともに貴重金属類、レアアース、有害金属類など様々な金属が含まれており、その処理または再資源化が必要である。昨年度、我々はトリアシルグリセロールを生産する *Nitratireductor* sp. OM-1 株を単離したことから、本年度その油脂合成機構について調べた。その結果、メタン発酵の中間産物である酢酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸などの低級有機酸の中で、プロピオン酸は酢酸との同時摂取でトリアシルグリセロールを優先的に合成することを発見した³⁾。さらに、銅、コバルト、カドミウムなどの重金属や、イットリウムなどのレアアースを除去・回収可能な株を取得に成功し、スーパーグリーン環境でのメタゲノム解析による機能分子の取得を進めている。

【主要論文】

1. T. Miura, A. Kita, Y. Okamura, T. Aki, Y. Matsumura, T. Tajima, J. Kato, Y. Nakashimada: Semi-continuous methane production from undiluted brown algae using a halophilic marine microbial community. *Bioresource Technology*, 200,

- 616-623 (2016).
2. K. Watanabe, M. Ohno, M. Taguchi, S. Kawamoto, K. Ono, T. Aki: Identification of amino acid residues that determine the substrate specificity of mammalian membrane-bound front-end fatty acid desaturases. *Journal of Lipid Research*, 57, 89-99 (2016)
 3. Y. Okamura, S. Nakai, M. Ohkawachi, M. Suemitsu, H. Takahashi¹, T. Aki¹, Y. Matsumura, T. Tajima, Y. Nakashimada, M. Matsumoto: Isolation and characterization of bacterium producing lipid from short-chain fatty acids", *Bioresource Technology*, 201, 215-221 (2016)