

「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

H28 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、准教授)
- ② 研究項目
 - ・耐塩性メタン発酵菌叢を活用した無加水耐塩メタン発酵最適法の開発
 - ・耐塩性藻体資化・メタン発酵微生物・遺伝子群の機能解析

(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
 - ・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) 発酵原料・残渣からの電気・資源回収技術の開発グループ(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最適化
- ・イオン液体に溶解した残渣成分からの電気エネルギーの抽出
- ・大型藻類の前処理のためのイオン液体の作製

(5) 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
- ・解明された水熱前処理機構に基づく最適プロセスの開発

§ 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。そこで本プロジェクトにおいて、海洋性メタン発酵菌群を用いることにより、この制限を打破する耐塩性メタン発酵法を開発した。本菌叢は 5%塩存在下でもメタン発酵性能を有しており、未希釈・高塩条件下での海洋大型藻類(コンブ)から、低塩条件と同様の約 2kg/m³/d の有機物投入速度で、200 日以上の高収率長期メタン発酵が可能であった。さらに、海洋藻類の有機酸発酵により生成し、その蓄積がメタン発酵速度を制限する酢酸およびプロピオン酸を 25kg-COD/m³/日の投入速度でも処理可能な超高速耐塩メタン発酵法の開発に成功した。

並行して、上記有機酸からのメタン生成の前段となるコンブ有機物からの有機酸生成を高速化するために、高温高压の水で固形物である藻体を可溶化する水熱プロセスの開発を進めている。コンブの水熱前処理においては、アルギン酸、マンニトールといった含有糖分が得られるが、長時間、高温高压の条件においておくと生成した糖の分解も進行する¹⁾。そこで、水熱処理でのプロセスの最適化を進めるために、反応場からサンプルを直接質量分析に供給できるハイスループット成分分析システムを構築した²⁾。本分析法を活用することで、発酵基質として利用可能な可溶化藻体成分を最大化した水熱処理プロセスの開発が期待できる。

大型藻類からのエネルギー生産における経済性を改善するためには、水熱処理により可溶化した糖類からの高付加価値物質の同時生産が必要である。そこで、海洋微生物ラビリンチュラ類 *Aurantiochytrium* 属を用い、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の高生産プロセスを目指している。*Aurantiochytrium* 属は、海藻を構成する特殊な糖質(アルギン酸、マンニトールなど)に対して資化性を持たないが、これまでに、*Aurantiochytrium* 属が資化可能なフルクトースに変換する微生物を見だし、*Aurantiochytrium* 属との複合培養による褐藻糖質からの油脂発酵技術を確立した。同様に、本年度、本プロジェクトで単離・同定した *Dysgonomonas alginatilytica* HUA-2A 株のアルギン酸代謝生成物を基質とした *Aurantiochytrium* 属株の増殖に成功した。上記技術を活用することにより、褐藻類の主要糖質を原料として遺伝子組換えを使わない食品分野に提供可能な高付加価値油脂の発酵生産プロセスの開発が期待できる。

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発酵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いる。そこで、残存有機物のエネルギー化・ゼロエミッションを目標として、様々なイオン液体による残存有機物の可溶化法を検討した。その結果、[P_{4,4,4,4}] [OH]が残渣中の有機成分を特異的に溶解することを発見した。さらに、P_{4,4,4,4}] [OH]に溶解したメタン発酵残渣について、金ナノ粒子修飾電極を用いた酸化反応

において電流値の増大が観測されたことから、残渣有機物からの電力生産の可能性が期待できる。貴重金属類、レアアース、有害金属類など様々な金属回収技術に関しても、メタゲノム解析を効率的に進めることが可能なスーパークリーン環境を構築し³⁾、海洋メタゲノムライブラリーからレアメタルを特異的に回収可能な機能分子の取得を進めている。

【主要論文】

1. R. Mohamad, T. Aki, Y. Nakashimada, Y. Okamura, T. Tajima, Y. Matsumura, "Decomposition kinetics of uronic acids obtained from kelp under hydrothermal condition", *Journal of the Energy Institute*, , 90(2), 185-190 (2017).
2. P. Duangkaew, S. Inoue, T. Aki, Y. Nakashimada, Y. Okamura, T. Tajima, Y. Matsumura, "In-situ mass spectroscopic analysis of glucose decomposition under hydrothermal condition", *Quantitative analysis for reaction kinetics*, *Journal of the Japan Petroleum Institute*, 60(2), 101-109 (2017)
3. H. Takahashi, T. Satoh, H. Kanahara, Y. Kubota, T. Hirose, H. Yamazaki, K. Yamamoto, Y. Okamura, T. Suzuki, T. Kobori, "Development of a bench-top extra-cleanroom for DNA amplification", *Bio Techniques*, 61, 42-46 (2016).