

「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」

H26 年度
実績報告書

平成24年度採択研究代表者

中島田 豊

広島大学大学院先端物質科学研究科
教授

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

§ 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、1)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、2)海洋藻類を基質とした高付加価値物質生産技術、3)メタン発酵残渣からの貴重金属の回収技術、そして4)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。

メタン発酵は複数の微生物が関与する微生物エコシステムであり、異なった代謝機能を持つ微生物群がバランスよく働くことで成立する。従来のメタン発酵微生物群では海水程度の塩濃度下では、そのバランスが崩れメタン生成が顕著に阻害されてしまう。今回我々は、干潟に豊富に存在する海洋底泥中の微生物群が塩存在下でもコンブから活発にメタンを生成することを見いだすとともに、この海洋メタン発酵微生物群の高度集積培養に成功した¹⁾。この微生物群は、大型藻類の無加水メタン発酵に十分なメタン生成速度を有し、通常3%程度である海水を超える5%もの塩濃度でも旺盛にメタンを生成する能力を持っている。今後、この海洋微生物群を制御・活用することで、淡水を使わない海洋オンサイト型メタン発酵による大型藻類の高効率エネルギー化が期待できる。

海藻バイオマスを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。そこで我々は、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能を有する海洋微生物ラビリンチュラ類 *Aurantiochytrium* 属に着目した。*Aurantiochytrium* 属は本来、マンニトールやアルギン酸など海藻特有の糖質を利用できないが、今回、マンニトールをフルクトース(果糖)に変換する能力をもつ微生物 *Gluconobacter* との共培養システムを開発し、マンニトールからの高付加価値油脂生産に成功した²⁾。本技術は、遺伝子組換え技術を用いないので従来の発酵プロセスを用いることができ、低コストでの油脂生産が期待できる。

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廃液には、少量ではあるが有機物が残存するとともに、食塩以外にも貴重金属類、レアアース、有害金属類など様々な金属が含まれる。そこで、廃液を浄化海水に変換することを目的に、光合成細菌の優れた有機酸資化能および金属耐性を利用した技術開発を行っている。今回、コンブに吸着するCu, Co, Cdなどの重金属が複合的に存在している条件で高耐性を示し、かつ高除去能を発揮する株の取得に成功した。さらに、レアメタルであるテルル、レアアースであるイットリウムを特異的かつ高度に集積する株を得ており、資源確保にも有効に利用できることが期待できる。

大型藻類を高効率かつ残渣が残らないようにエネルギー化・高付加価値物質化するためには、藻体中の有機・無機成分を微生物が利用しやすいように前処理することも重要である。そこで我々は、高温高圧の水で藻体を前処理する水熱処理法を開発している。今回、塩の添加、コンブの乾燥、連続装置と回分装置を用いて水熱処理を行い、処理条件の影響がほとんどないことを確認するとともに、藻体中の有機成分の熱分解挙動を詳細に解析することにより、さらに高効率な処理条件の検討を行った³⁾。

【主要論文】

1. T. Miura, A. Kita, Y. Okamura, T. Aki, Y. Matsumura, T. Tajima, J. Kato, Y. Nakashimada: Improved methane production from brown algae under high salinity by fed-batch acclimation. *Bioresource Technology*, *In press*. (DOI: 10.1016/j.biortech.2015.03.142)
2. K.H.V. Arafiles, H. Iwasaka, Y. Eramoto, Y. Okamura, T. Tajima, Y. Matsumura, Y. Nakashimada, T. Aki: Value-added lipid production from brown seaweed biomass by two-stage fermentation using acetic acid bacterium and thraustochytrid. *Applied Microbiology and Biotechnology*, **98**: 9207-16, 2014. (DOI:10.1007/s00253-014-5980-4)
3. R. Matsumoto, T. Aki, Y. Okamura, T. Tajima, Y. Nakashimada, Y. Matsumura: Determination of mannitol decomposition rate under hydrothermal pretreatment condition, *Journal of the Japan Petroleum Institute*, *Accepted*.