

「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

H24 年度 実績報告

中島田 豊

広島大学大学院先端物質科学研究科・准教授

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) 中島田グループ(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
 - ・大型藻類の耐塩無加水メタン発酵技術の開発

(2) 秋グループ(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、准教授)
- ② 研究項目
 - ・高付加価値油脂生産技術の開発

(3) 岡村グループ(広島大学)

- ① 主たる共同研究者: 岡村好子 (広島大学先端物質科学研究科、准教授)
- ② 研究項目
 - ・無機資源回収基盤技術の開発

(4) 松村グループ(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
 - ・大型藻類前処理技術の開発

§2. 研究実施内容

脱化石・原子力エネルギー・資源の世界的要請を背景に、海洋藻類の高効率エネルギー・資源化技術が求められている。そこで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、本年度、以下の成果を得た。

大型藻類の耐塩無加水メタン発酵高速化は、メタン発酵に関与する加水分解・脂肪酸生成菌群、脂肪酸酸化酢酸生成共生菌群、そして酢酸または水素資化メタン生成菌群の少なくとも三種類の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。我々は、これまでに、海洋由来微生物群が高塩条件下で高い酢酸からのメタン生成活性を有することを見いだした。しかし、海洋藻類のメタン発酵高速化を目的とした海洋メタン発酵微生物群の網羅的な解析は行われていないことから、海洋藻類のメタン発酵高速化に資する上記3種類の微生物群を集積・解析するために、海洋底泥など種々の高塩微生物リソースを採取し、3%塩化ナトリウムを含む培地で海洋藻類(コンブ、アオサ)を炭素源として嫌気培養した。その結果、活性に違いはあるものの海洋底泥サンプルにおいて脂肪酸・メタン生成が確認された。さらに、海洋藻類の主要構成糖であるアルギン酸、アガー、マンニトール、セルロース、または中間代謝産物である酢酸や H_2 - CO_2 を単一基質としたところ、従来の淡水系メタン発酵汚泥よりも高い脂肪酸・メタン生成活性が海洋微生物サンプルにおいて見られた。このことから、海洋性微生物を活用することにより従来の微生物菌群を用いるよりも高性能なメタン発酵プロセスの開発が可能であると考えられる。

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、必然的に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させる技術開発が必要となる。油糧微生物ラビリンチュラ(オーランチオキトリウム属)は、ドコサヘキサエン酸やアスタキサンチン、スクアレンなど高機能性、高付加価値脂質の生産能を有しており、我々が開発した分子育種法を駆使することにより大型藻類からの効率的機能性油脂生産プロセスの構築が期待できる。そこで、従来全く不明であった各種大型藻類の構成糖質に対するオーランチオキトリウム属既存株の資化特性ならびに脂質生産特性を調べたところ、主な藻類構成多糖に対する直接の資化性は低いものの、低分子化された場合には十分に資化しうることが分かった。このことから、多糖資化性油糧微生物およびその遺伝子資源の取得とともに、水熱前処理による大型藻類の低分子化技術、あるいは分子育種による多糖資化代謝系の付与・強化技術を組み合わせることで、海洋藻類を発酵原料とした高効率油脂発酵プロセスの開発が期待できる。

廃棄物ゼロを達成するためには高塩条件下でのメタン発酵残渣の高効率排水処理は重要な要素技術である。一方、海洋藻類には藻体表面の分泌性酸性多糖への吸着によりレアメタル・レアアースを含む様々な金属イオンが濃縮されていることが知られている。レアメタル・レアアース資源

の確保を目指す我が国としては、これを回収・利用することが望まれる。そこでまず藻体含有無機成分を把握するために、国内産コンブおよびアオサの乾燥藻体の全元素分析を行った。結果、コンブおよびアオサ中にそれぞれ 11 種、15 種のレアメタル、および 1 種、2 種のレアアースが検出された。海洋中の溶存金属濃度を基準にするとイットリウム(Y)は 150-400 倍、ニッケル(Ni)は 300-500 倍に濃縮されていることが分かり、これらの資源を回収する技術が重要であることが示唆された。そこで、海洋性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排水処理・無機資源回収の要素技術を開発するために、金属耐性・細胞内金属蓄積能を有する光合成細菌のスクリーニングを開始した。通常集積および高濃度金属添加集積の結果、現在までに、10 種の重金属イオン(500 μ M)に対する耐性株や、マンガン、鉛・ニッケルなどの金属除去能を持つ株が得られている。このことから、通常の海洋性光合成細菌でも、広範囲な金属耐性スペクトルを持つことが分かり、金属添加集積によって得られる光合成細菌の能力に期待がもたれる。

海洋藻類中の多糖成分を適切に加水分解、低分子化する前処理は、無加水・耐塩メタン発酵および脂質発酵の高速・高効率化に重要な要素技術である。そこで我々は、特別な薬剤を必要としない水熱処理を海洋藻類の前処理法として検討することとした。これまでに我々は、各種陸上バイオマスの水熱処理についての知見を有しており、特にバイオマスのモデル化合物であるグルコースについては、亜臨界から超臨界までの高温高压水中での挙動を確認している。しかし、海洋藻類はセルロース、ヘミセルロースを主体とする陸上バイオマスとは異なる多糖類で構成されており、その構成糖類の水熱条件での挙動についての知見はない。そこで、海洋藻類の水熱前処理の最適条件を決定するために、まず、コンブの主要成分のひとつであるマンニトールについて水熱分解特性を確認した。マンニトールの分解挙動はアレニウス式で表され、その前指数項は 3.23 /s、活性化エネルギーは 26.5 kJ/mol と求められた。これはマンニトールがグルコースと比較して低温条件で分解されやすいことを示しており、海洋藻類の水熱前処理には陸上バイオマスとは異なる最適条件を探索する必要があることを示唆している。また、この研究成果からマンニトールの分解挙動が速度論的に得られたので、今後、コンブの主要構成多糖であるアルギン酸などについても同様の検討を行うことで、発酵基質として適した海洋藻類の前処理条件を決定することができる。

§3. 成果発表等

(3-1) 知財出願

- ① 平成 24 年度特許出願件数(国内 1 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 1 件)