

研究成果報告書

所属機関 大阪府立大学 大学院 工学研究科
職名 助教
氏名 黒田 桂菜

研究テーマ
漁港のエコ化に資する二段階発酵に関する基礎的研究

研究報告

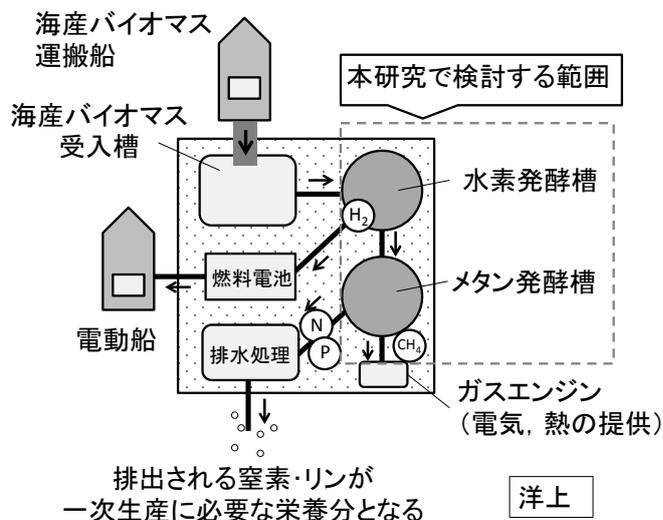
1. 研究の背景と目的

人間活動が盛んな都市部が隣接する大阪湾奥部では、富栄養化によりアオサなどの海藻が大量に発生する、グリーンタイドと呼ばれる現象や、のり・わかめ養殖における色落ちのため焼却処分となったのりやわかめ根元部、加工後の魚のあらなどの漁業系廃棄物が大量に発生している。外観や腐敗臭などの沿岸域の環境悪化、焼却処理に必要な膨大な処理コストが行政や漁業関係者を悩ませている。

一方、多くの電気や燃油を必要とする漁港の低炭素化に多くの関心が寄せられ、電動船の実用化や再生可能エネルギーを用いた漁港のエコ化が検討されている。上述のカーボンニュートラルである未活用バイオマスをエネルギー源として利用できれば、身近に入手可能な地域に根差した海洋資源となり、海域の環境問題とエネルギー問題を同時に解決することができる。

海産バイオマスは水分が多く含まれるため、焼却よりも微生物を用いたメタン発酵などの生物的エネルギー変換が適している。メタン発酵は、家畜ふん尿や農作物などの陸域由来のバイオマスを扱う酪農家を中心に発展したため、海産バイオマスを主として実用的に扱う研究は未だ途上段階にある。また、以下に示す課題により都市部での普及には至っていないのが現状である。本研究では、「メタン発酵=陸域での設置」というこれまでの既成概念を覆し、以下の表に示す着目点から洋上における水素・メタン二段階発酵が有用であると考え、本研究を発展させた図1のような洋上エネルギーステーションによる電動船への電力供給が最終的な目標である。

普及への課題	本研究の着目点
1) メタン発酵装置の大型化	水素・メタン二段階発酵を用いた効率化による小型化
2) 廃棄物の分別・回収が困難	海産バイオマスのため分別が不要
3) 窒素・リンが豊富な発酵残渣の処理	海洋への散布による一次生産の増大



水素発酵の研究事例は、グルコース単体など成分が既知の事例が多く、海藻などの海産バイオマスからの発生ガス量や発酵特性については詳細に検討されていない。本研究では、海域で活用できる海産バイオマスとして、グリーンタイドの代表的な海藻であるアオサや近年栄養不足で生じる色落ち海苔を対象とする。ラボスケールの水素発酵実験を通して、各海産バイオマスの水素発生量や発酵特性を把握するとともに、大阪湾の漁船を対象に、海産バイオマスからの水素供給能力について検討する。

図1 本研究のコンセプト

2. 研究成果及び考察

2. 1 海産バイオマスの水素発酵特性

研究室で馴養しているメタン発酵汚泥を100℃、15分間熱処理を行い、メタン生成細菌の活性を抑えたものを水素発酵実験に使用した。水素発酵実験で使用した海産バイオマス（図2）は、アオサと乾燥のりをミキサーでスラリー状態にしたものである。有機物負荷量が11g-VS/lとなるように100mlのバイアル瓶に各バイオマスを投入後、30mlの汚泥と20mlの蒸留水を加えた。実験は3検体ずつ行い、バイオマスを投入しないコントロールについても3検体行った。



図2 実験試料：アオサとノリ

ガスクロマトグラフ（SHIMAZU, GC-8A）で確認したガスは、水素と二酸化炭素以外に嫌気保持のための曝気で使用した窒素であり、メタンガスの発生はみられず、水素発酵のみ行われたことが確認できた。図3、図4はそれぞれ累積水素ガス発生量と単位重量あたりの水素ガス発生量を示している。乾燥のりはアオサに比べ立ち上がりの発生速度は速いものの、最終収量はアオサの方が1.3倍ほど多かった。一般的に、水素発酵は炭水化物由来のバイオマスが主となることが知られている。投入量あたりの炭水化物量はアオサの方が多かったことから、両バイオマスの最終収量に影響したことが示唆された。一方、最大発生速度は、乾燥のりがアオサの2倍に達したことから、発酵プロセスにおける加水分解に要する差であることが示唆された。

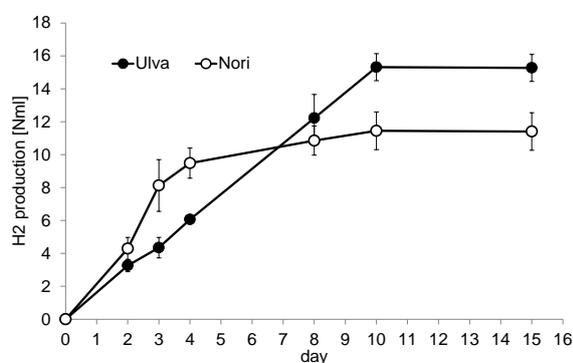


図3 水素累積発生ガス

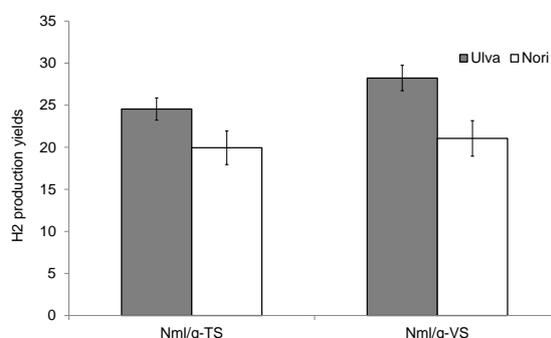


図4 最終水素収量 原単位

2. 2 電動船への適用可能性について

得られた水素は、燃料電池を介して電動船に供給されると仮定した。大阪湾で航行する小型底曳き網漁船を対象に、大阪湾の廃棄バイオマス量から想定される水素発生量を基に供給可能漁船数を求めた。必要水素量は、社団法人海洋水産システム協会の調査結果（社団法人海洋水産システム協会、2012）を基に算出した。表1に全水素発生量と提供可能漁船数を示す。アオサと色落ちのりから24隻の小型底曳き網漁船の年間操業に必要な水素量を満たすことがわかった。これは1024tonの二酸化炭素量の削減に相当する。燃料電池を用いた電動船の課題として、水素供給源が海域から遠い、操業時間に見合う水素タンクの搭載などが挙げられるが、漁港でエネルギーが地産できれば1つ目の課題は解決する。さらに、大阪湾の漁業は沿岸漁業が主であり、漁港との距離が近いこと、水素タンクの大きさについても柔軟な対応が可能といえる。今後は、水素精製や電動船導入の初期費用なども含めた包括的な持続可能性評価を行う必要がある。

表1 提供可能水素量と漁船数

Total H ₂ from <i>Ulva</i> [m ³]	Total H ₂ from <i>Nori</i> [m ³]	Total H ₂ [m ³]	Number of trawl boat with H ₂
90	3224	3314	24

3. 将来展望

水素発酵に関する知見は、グルコース単体など扱いやすいバイオマスを中心に研究が進んできたが、同時に本研究のような実バイオマスを用いた知見も今後必要といえる。陸域系のバイオマスに関する知見は多くみられるが、海産バイオマスを扱った例は非常に少ない。本研究は、海産バイオマスを用いた水素発酵の漁船への適用可能性に関する基礎実験を行うに留まったが、漁港のエコ化に繋がる地産地消エネルギーの有力な候補として海産バイオマスを示すことができた。今後は、海産バイオマス

を用いた水素発酵経路の解明を通じた効率化や実漁港における環境面・経済面・社会面の実現可能性評価に関する取組みを行う予定である。

4. 研究発表

- 1) Kana Kuroda, Hydrogen Fermentation of marine biomass – Self-sufficiency of energy production in fishing port - , Proceedings of International Conference Progress in Biogas IV, pp.1-6, Stuttgart, 2017
- 2) 日本船舶海洋工学会春季講演会（2017.5.23～24, 東京）にて口頭発表予定