

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月11日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21246148

研究課題名（和文） 瀬戸内海海洋浄化副生バイオマスのエネルギー有効利用技術の開発

研究課題名（英文） Development of Energy utilization technology for by-product biomass from cleaning Seto Inland Sea

研究代表者

松村 幸彦 (MATSUMURA YUKIHIKO)

広島大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：80251370

研究成果の概要（和文）：

大阪湾奥部の環境変動に準じた条件において、疑似現場養殖実験を行い、成長効率および環境修復能力を確認した。また、実海域において養殖を行う際の、植え付けおよび回収方法を検討した。工場排水（淡水）を海水に混合すれば、水処理を行う植物として非常に有望である。海洋バイオマスは水熱前処理によってスラリー状となることを確認し、アルギン酸を単一炭素源としてエタノールを生成する菌叢を得た。発酵残渣の臨界水ガス化を行い、塩の添加が反応特性に及ぼす影響を明らかとした。これらの結果を踏まえてシステム設計を行った。エネルギー生産のみを目指した場合には、経済的なメリットは少ないが、システムを構築することは可能と考えられる。

研究成果の概要（英文）：

Under the conditions equivalent to the fluctuating environment at the deep end of the Osaka Bay, experiment on macro algae production was made, and growth rate and environmental recovery potential were determined. Also, procedure for seeding and collection in the actual sea was discussed. When waste water from factories are mixed with the sea water, the macro algae is effective for waste water treatment. This marine biomass can be made into slurry by hydrothermal pretreatment. A group of microorganism was obtained which produces ethanol using alginic acid as the only substrate. The fermentation residue was gasified in the supercritical water, and the effect of salt was elucidated. The system design based on these findings showed that energy production is possible using the macro algae although its economic feasibility is low.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	14,000,000	4,200,000	18,200,000
2010年度	10,900,000	3,270,000	14,170,000
2011年度	7,400,000	2,220,000	9,620,000
年度			
年度			
総計	32,300,000	9,690,000	41,990,000

研究分野：エネルギー工学

科研費の分科・細目：総合工学・エネルギー学

キーワード：自然エネルギーの利用、バイオマスエネルギー、海洋バイオマス、エタノール発酵、膜分離、水熱前処理、超臨界水ガス化

## 1. 研究開始当初の背景

資源確保の観点からも、地球温暖化対策の観点からも海洋バイオマスエネルギーの有効利用技術基盤の確立は重要である。しかしながら、既存技術を用いた海洋バイオマスの単純利用は、水分、塩分、経済性のために困難である。

## 2. 研究の目的

ここでは、経済性を確保するために環境浄化に伴って発生する副生バイオマスを用い、水分と塩分を効率よく除去し、除去しきれない水分と塩分に耐性のある技術を用いて効率よくエネルギー変換・利用するための技術開発を、瀬戸内海を想定対象として実施する。

海洋バイオマスの利用にあたって重要なものは、含水率の低下と塩分の除去、そして経済性の向上である。また、バイオマスの利用にあたっては、生産および回収と変換の段階において議論される。さらに、変換の段階は前処理と変換そのもの、そして後処理のそれぞれが適切に行われる必要がある。

本研究では、この観点から、海藻を用いた海洋浄化、水熱前処理と水分および塩分の膜分離、耐塩性エタノール発酵、耐塩性超臨界水ガス化を用いたシステムを構築し、その実現のために求められる知見を実験的に得るとともに、システムの評価を実施することを目的とする。

## 3. 研究の方法

生産ならびに回収、水熱前処理、膜分離前処理、エタノール発酵、超臨界水ガス化、システム評価の各項目について検討を行う。

・生産ならびに回収：三島が大阪湾湾奥部の環境変動に準じた条件において、疑似現場養殖実験を行い、成長効率および環境修復能力を確認する。また、実海域において養殖を行う際の、植え付けおよび回収方法を検討する。このデータは、システム評価において基礎データとして用いられる。

・水熱前処理：吉田が担当する。三島によって提供された海藻を 200℃の加圧熱水中で処理し、液状化を実施する。

・膜分離前処理：金指が担当する。分離特性の温度依存性を測定し、水熱条件で膜反応器を用いる可能性を確認する。これまで耐熱性ナノろ過膜が市販品として存在しないため、ナノろ過特性に及ぼす操作温度の影響についての報告は極めて限定されている。純水、および溶質（中性溶質、および電解質溶質）の透過実験を 30～100℃の範囲で行うことで

透過特性の評価を行うとともに、細孔内粘度および溶質拡散係数の温度依存性について検討を行い、ナノ細孔内の輸送特性を明らかとする。

・エタノール発酵：中島田と西尾が担当する。候補株について、微生物生態学的検定により微生物種を同定した後、アルギン酸分解速度、およびエタノール生産収率をさらに高くするように、培養 pH、温度、塩濃度、酸化還元電位などの培養条件の検討を行うとともに、バイオリクターによる連続発酵試験を行い、本エタノール生産系の最適化、および長期の安定した生産の可能性を探る。

・超臨界水ガス化：松村が担当する。超臨界水ガス化における塩の添加効果についても反応工学的に確認を行う。500～600℃、25 MPa で 1～5%の数種類の塩について、添加粒子量とガス化速度の関係を確認して反応速度式として整理する。

・システム評価：美濃輪が担当する。各メンバーの得た基礎データを用いてシステムの設計を行い、エネルギー変換システムとしての効率、窒素、リンならびに二酸化炭素排出量の観点からの環境影響評価を LCA の視点も含めて検討を行う。

## 4. 研究成果

海洋バイオマスの生産ならびに回収については、三島が大阪湾湾奥部の環境変動に準じた条件において、疑似現場養殖実験を行い、成長効率および環境修復能力を確認した。また、実海域において養殖を行う際の、植え付けおよび回収方法を検討した。工場排水（淡水）を海水に混合すれば、水処理を行う植物として非常に有望である事が明らかとなった。

吉田は水熱前処理によって試料がスラリー状となることを確認した。

西尾と中島田は、アルギン酸を単一炭素源としてエタノールを生成する菌叢を得た。

松村は臨界水ガス化を行い、塩の添加が反応特性に及ぼす影響を明らかとした。

これらの結果を踏まえて美濃輪がシステム設計を行った。エネルギー生産のみを目指した場合には、経済的なメリットは少ないが、システムを構築することは可能と考えられる。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 4 件）

- (1) Chutinan Promdej and Yukihiro Matsumura, Temperature effect on hydrothermal decomposition of glucose

in sub- and supercritical water, Ind. Eng. Chem. Res., 査読有, 50(14), 2011, 8492-8497 [DOI: 10.1021/ie200298c]

- (2) Rong Xu, Jinhui Wang, Masakoto Kanezashi, Tomohisa Yoshioka, and Toshinori Tsuru, Development of Robust Organosilica Membranes for Reverse Osmosis, Langmuir, 査読有, 27(23), 2011, 13996 - 13999 [DOI: 10.1021/la203711u]
- (3) H. Yabu, C. Sakai, T. Fujiwara, N. Nishio, and Y. Nakashimada, Thermophilic two-stage dry anaerobic digestion of model garbage with ammonia stripping, J. Biosci. Bioeng., 査読有, 111(3), 2011, 312-319 [DOI: 10.1016/j.jbiosc.2010.10.011]
- (4) 伊佐亜希子, 三島康史, 滝村修, 美濃輪智朗, 大型緑藻からのエタノール生産に関する検討, 査読有, J. Jpn. Inst. Energy, 88, 2009, 912-917

[学会発表] (計6件)

- (1) 中島田豊, 河田悟史, 山口健志, 田島誉久, 加藤純一, 西尾尚道, 褐藻類に含まれるアルギン酸の嫌氣的資化性菌の解析, 日本エネルギー学会 第7回バイオマス科学会議, 2012.1.19, 盛岡
- (2) 高井北斗, Chutinan PROMDEJ, 松村幸彦, 酸, 塩基触媒を用いたグルコース超臨界水ガス化の温度依存性, 熱工学コンファレンス 2011, 講演番号 I224, 2011.10.29-30, 浜松
- (3) Rong Xu, Jinhui Wang, Masakoto Kanezashi, Tomohisa Yoshioka, and Toshinori Tsuru, Organic-inorganic hybrid silica membranes with high hydrothermal stability and high chlorine tolerance in reverse osmosis, 化学工学会第43回秋季大会, 講演番号 I118, 2011.9.14-16, 名古屋
- (4) 河田 悟史, 中島田豊, 西尾尚道, 水産バイオマスの有機酸-メタン二段発酵法に関する検討, 第3回広島大学・産総研バイオマスオープンセミナー, 2011.9.17, 東広島

- (5) 山下康貴, 松村幸彦, 吉田拓也, バイオマスモデル物質の超臨界水部分酸化ガス化における分解促進剤の添加効果, 第20回日本エネルギー学会講演要旨集, 講演番号 3-5-3, 2011.8.9-10, 大阪
- (6) Yasufumi Mishima, Akiko Isa, Thom Thi Dang, Hoa Thi Nguyen, and Tomoaki Minowa, Potential of bio-energy production from macro green algae, and mitigation of water environment, Renewable Energy 2010, P-Bm-47, 2011.6.27-7.2, Yokohama.

[図書] (計4件)

- (1) 三島康史, 伊佐亜希子, シーエムシー出版, 海産性植物バイオマスの資源化およびその生産 in 「植物機能のポテンシャルを活かした環境保全・浄化技術」, 2011, pp.246-254
- (2) 三島康史, 伊佐亜希子, シーエムシー出版, 大型緑藻類からのエタノール生産技術 in 「海藻バイオ燃料」, 2011, pp.105-116
- (3) 中島田豊, 西尾尚道, シーエムシー出版, 海藻のメタン発酵技術 in 「海藻バイオ燃料」, 2011, pp.160-169
- (4) 三島康史, サイエンス&テクノロジー, 藻類バイオマスの資源化と実現可能性 in 「未利用バイオマスの活用技術と事業性評価」, 2010, pp.66-78

[その他]

ホームページ等  
[http://home.hiroshima-u.ac.jp/~hpthermo/kiban\\_a\\_2009/](http://home.hiroshima-u.ac.jp/~hpthermo/kiban_a_2009/)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

松村 幸彦 (MATSUMURA YUKIHIKO)  
広島大学・大学院工学研究院・教授  
研究者番号: 80251370

### (2) 研究分担者

西尾 尚道 (NISHIO NAOMICHI)  
広島大学・大学院先端物質科学研究科・教授  
研究者番号: 30034383

中島田 豊 (NAKASHIMADA YUTAKA)  
広島大学・大学院先端物質科学研究科・准  
教授  
研究者番号：10281164

金指 正言 (KANEZASHI MASAKOTO)  
広島大学・大学院工学研究院・助教  
研究者番号：10467764

美濃輪 智朗 (MINOWA TOMOAKI)  
産業技術総合研究所・バイオマス研究セン  
ター・研究チーム長  
研究者番号：30358113

三島 康史 (MISHIMA YASUSHI)  
産業技術総合研究所・バイオマス研究セン  
ター・研究員  
研究者番号：90358086

吉田 拓也 (YOSHIDA TAKUYA)  
広島大学・大学院工学研究院・助教  
研究者番号：20403587

(3) 連携研究者  
なし