

氏名	STANISLAUS MISHMA SILVIA		
学位の種類	博士（ 生物工学 ）		
学位記番号	博 甲 第 8339 号		
学位授与年月日	平成 29年 7月 25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当		
審査研究科	生命環境科学研究科		
学位論文題目	Study on the Effect of Pretreatment Methods of Aquatic Biomass for Improving Bioenergy Generation (バイオエネルギー生産促進のための水生バイオマスの前処理効果に関する研究)		
主査	筑波大学教授	博士（生物工学）	楊 英男
副査	筑波大学教授	博士（農学）	北村 豊
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	内海 真生
副査	筑波大学准教授	博士（理学）	山田 小須弥

論 文 の 要 旨

本審査対象論文は、バイオエネルギー生産促進のための水生バイオマスの前処理効果を検討したものである。

第1章では、バイオマス由来のバイオエネルギー生産において、バイオ水素が再生可能なクリーンエネルギーとして期待されていることが述べられている。本プロセスにおいては、通常の水素発酵に用いられている種菌は下水汚泥由来であり、下水汚泥中に存在する水素資化性菌の除去が重要である。そこで従来の除去方法の利点と欠点、バイオ水素の生産促進のための最適な除去方法を検討する必要性が述べられている。一方、バイオ水素生産用の水生バイオマス原料は炭素化合物の含有量が高く、生長が速いものが適しており、本研究では *Ipomoea aquatica* と *Chlorella vulgaris* が水生バイオマスとして初めて使用した。水生バイオマスを用いたバイオエネルギー生産を促進するためには、バイオマスの可溶化が大きなポイントとなっているが、上記の水生バイオマスを用いた前処理効果に関する研究は未だに行われていない。また、太陽光を利用する光触媒の水生バイオマスへの前処理効果はこれまで検討されておらず、明らかにする必要がある。そこで著者は、まず下水汚泥を処理し、水素発酵に最適化した種菌の生産条件を突き止めた。さらに、上記の水生バイオマスを用いた各種の前処理方法を検討してバイオエネルギー生成への効果をそれぞれ比較し、低コスト高効率な水生バイオマス由来バイオエネルギー生産促進システムの開発を進めた。

第2章では、*Ipomoea aquatica* を用いた高効率バイオ水素発酵における下水汚泥を種菌とした最適な前処理法について検討している。本研究において、水素資化性菌を除去するための酸処理と熱処理を比較した結果、熱処理（100℃、45分）した下水汚泥を種菌とした場合の水素生成量は 166.25 ml/g-VS であり、未処理と酸処理に比べ、それぞれ 6.4 倍と 3.2 倍高い水素が得られ、熱処理が最も効果的であるこ

とが明らかになった。さらに、応答曲面法 (RSM) を用いて熱処理温度と時間を探索した結果、90℃、60分が最適な処理条件であることを突き止めた。最後に、最適条件の種菌を用い、凍結、煮沸、乾燥とアルカリ処理を行った *Ipomoea aquatica* を基質とした水素発酵効果について検討した。その結果、凍結乾燥処理した *Ipomoea aquatica* を用いたところ、217.16ml/g-VS と最も多量の水素が得られたが、アルカリ処理では 15.50ml/g-VS にとどまった。この結果を踏まえて、他のバイオマスの水素発酵に必要とされる熱や化学処理と異なり、*Ipomoea aquatica* の水素発酵はアルカリ等による前処理が不要で、冷凍乾燥のみで高い水素が得られることを明らかにした。そして著者は、実用化を考慮して、採取した *Ipomoea aquatica* を冬期に自然乾燥させ、それから水素発酵を行うことによる低コスト高効率の環境浄化及びクリーンエネルギー生産システムを提案している。

第3章で著者は、前章で明らかにした最適処理条件で処理した下水汚泥を種菌として、*Chlorella vulgaris* 用いた水素生産促進に関する検討を行っている。本研究において、固い細胞膜を持つ *Chlorella vulgaris* を基質とした水素発酵を行うため、酸と熱の前処理方法を比較した。その結果、熱処理した *Chlorella vulgaris* の水素生成量は 76.6 ml/g-VS であり、未処理と酸処理に比べ、それぞれ7倍と2倍高い水素が得られたことから、熱処理が最も効果的であることを明らかにした。また、水素発酵プロセスにおいて、*Chlorella vulgaris* と下水汚泥由来の種菌の最適接種率を検討した。その結果、8:1 (12.5%) で最も高い水素生成が得られた。さらに、RSM を用いて最適熱処理温度と時間を確認した結果、100℃、60分が最も適した処理条件であることを突き止め、検討した最適条件を用いて水素発酵を行った結果、190.9ml/g-VS の水素が得られた。したがって、*Chlorella vulgaris* を基質とした微細藻類は最適化した前処理方法と発酵条件を用いたとき、高い水素生成量が得られることが明らかになった。

第4章で著者は、著者が所属する研究室で開発された太陽光利用可能な新規光触媒 P/Ag/Ag₂O/Ag₃PO₄/TiO₂ 材料を用いて、*Chlorella vulgaris* の前処理システムを構築し、*Chlorella vulgaris* の光触媒処理効果の検討を試みている。PEG 修飾した P/Ag/Ag₂O/Ag₃PO₄/TiO₂ 材料を導入した場合、長時間で安定した処理効果が得られ、24時間の処理では *Chlorella vulgaris* の細胞壁が破壊・分解された。それに伴って脂質、タンパク質、炭水化物、いずれの濃度も最も高い値を示し、本光触媒処理システムにおける最適処理時間が明らかになった。SEM の観察結果も測定と相応の結果が得られた。また、光触媒処理後の残渣は嫌気性消化を行い、未処理に比べ4倍のバイオガス生産量が得られた。本システムを用いて、太陽光を光源とした *Chlorella vulgaris* の前処理が実現可能であることを明らかにしている。

総括として、著者は、低コスト高効率な水生バイオマス由来バイオエネルギー生産促進システムの開発を進め、これらの知見により、難分解性バイオマスの高効率分解、バイオエネルギー生産促進が可能となり、今後、環境・エネルギー分野への貢献が期待できると結論づけている。

審 査 の 要 旨

本論文において著者は、代表的な水生バイオマスとして *Ipomoea aquatica* と *Chlorella vulgaris* を用い、これらのバイオエネルギー生産を促進するための可溶化方法を初めて検討した。その結果、バイオ水素変換のノウハウを把握し、低コスト高効率の環境浄化及びクリーンエネルギー生産システムの提案が可能になった。また太陽光利用可能な光触媒システムを用いて、藻類における前処理効果を検討したのは世界初である。これにより、低いエネルギー消費コストで藻類の脂質が分離され、持続可能な次世代バイオエネルギー生産システムの構築が実現可能であることを明らかにしている。

得られた知見に基づき、バイオエネルギー生産促進のための水生バイオマスの前処理効果に関する重要な学術的ポイントを見出し、さらなる高効率水素発酵システムの提案が可能になっている。これらは、水生バイオマスの新規前処理方法の学術的発展に大きく貢献するとともに、エネルギー・環境分野等への応用にも寄与しうるものと評価できる。

平成29年5月31日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもとに論文の審査及び最終試験を行い、本論文について著者に説明を求め、関連事項について質疑応答を行った。その結果、審査委員全員によって合格と判定された。

よって、著者は博士(生物工学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものとして認める。