The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	植生浄化に伴い発生する余剰水生植物バイオマスからのエタノール生産に関する研究
Author(s)	三嶋, 大介
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48643
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【39】

氏　　名	三　嶋　大　介（みしまだいすけ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　２１６５７　号
学 位 授 与 年 月 日	平成 20 年 1 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第４条第１項該当 工学研究科環境工学専攻
学　位　論　文　名	**植生浄化に伴い発生する余剰水生植物バイオマスからのエタノール生産に関する研究**
論 文 審 査 委 員	（主査） 教　授　池　　道彦 （副査） 教　授　加賀　昭和　　教　授　下田　吉之

論 文 内 容 の 要 旨

水域における富栄養化対策として、水生植物に栄養塩類を吸収・浄化させる植生浄化法が研究されて久しいが、浄化に伴い発生する余剰植物体の有効利用法は、未だ確立に至っていない。他方、バイオマスエタノールが、関連技術の飛躍的進歩や地球温暖化対策としての期待を背景に注目を集めている。本論文は、植生浄化法により生じた余剰植物体をエタノール発酵に供することにより、水質浄化－エタノール生産システムを構築することを目的として、浮遊性水生植物に対して前処理・加水分解・発酵という一連のエタノール発酵プロセスの最適化を図るとともに、それらの植物のエタノール資源としての価値評価に関して行った一連の検討結果をまとめたものであり、緒論、５章からなる本論、総括並びに結論から構成されている。

緒論では、本研究の背景を述べ、その目的を明示した。

第１章では、既往研究を概観し、一般的なバイオマスからのエタノール発酵における前処理・加水分解・発酵といった各プロセスについて、近年の技術の進歩を整理した。

第２章では、増殖能力・水質浄化能力に優れる高生長型水生植物としてホテイアオイおよびボタンウキクサを選定し、これらの化学的前処理法について検討した。葉部への前処理の効果を比較した結果、NaOH 処理が好結果を示し、中でも H_2O_2 を反応中期に追添加する Alkaline/Oxidative（A/O）処理で加水分解効率が最大となった。一方根部に対しては、酸処理で若干の改善効果が確認されたが、大幅な効率改善には至らなかった。さらに前処理過程の各段階で成分分析を行った結果、A/O 前処理はセルロース成分の分解効率改善に寄与している一方、熱水処理はむしろヘミセルロース成分の分解やデンプンの可溶化に効果的であることが判明した。

第３章では、前章と同様の水生植物を基質とし、エタノール発酵における発酵システムや発酵微生物の影響を検討した。酵素加水分解とエタノール発酵を同一槽で行う SSF（Simultaneous saccharification and fermentation）は、両反応を異なる反応槽によって逐次的に行う SHF（Separate hydrolysis and fermentation）を上回るエタノール変換効率を示し、その有効性が証明された。広範な糖を発酵可能な遺伝子組換え大腸菌 *Escherichia coli* KO11 は天然のエタノール発酵酵母である *Saccharomyces cerevisiae* と同等以上の発酵効率を示したが、両者の差は僅かであり、また KO11 株では発酵初期にラグが見られるなど、水生植物を基質とした場合の KO11 株の優位性は大きくないことが明らかとなった。

第４章では、資源型水生植物としてウォルフィアを選定し、A/O 処理後乾燥試料と無処理試料を基質とし、*S.*

cerevisiae を用いた SHF および SSF によるエタノール発酵効率を比較した。添加酵素についても検討した結果、デンプンに富む形態である turion（休眠芽）乾燥試料では、加水分解酵素にセルラーゼより安価なアミラーゼを用いても同等のエタノール変換効率が得られることが示された。さらにコスト削減を目的として無処理で発酵を行った場合でも、turion にアミラーゼを作用させてエタノール発酵を行った場合に非常に高い変換効率を示し、大幅な生産コスト削減の可能性が示唆された。

第５章では、高生長型と資源型それぞれの水生植物に対し、具体的な事例を想定した水質浄化－エタノール生産の試算を行った。高生長型の水生植物は温暖で人件費の安価な発展途上国において、有効な環境浄化・バイオマス資源生産プロセスになり得ることが示された。一方、資源型のウォルフィアを用いるシステムは、先進国の下水二次処理水の仕上げ処理において有効であることが示された。

総括および結論では、今後バイオマスエタノールが石油代替エネルギーのひとつとして社会的な地位を確立させていく上で、陸上の食料資源と競合することがなく、また陸上のエネルギー作物を上回るエタノール資源価値を有する水生植物が担う可能性と期待は、決して小さくないと結論付けた。

論文審査の結果の要旨

水域における富栄養化対策として、水生植物に栄養塩類を吸収・浄化させる植生浄化法が研究されて久しいが、浄化に伴い発生する余剰植物体の処理、資源化法の確立が求められてきた。他方、バイオマスを原料としたカーボンニュートラルなエネルギー源は、地球温暖化防止条約等の枠組みの中で化石燃料を代替するものとして、その生産技術の開発と効率化に向けた動きが加速している。中でもバイオエタノールは、関連技術の飛躍的進歩や地球温暖化対策としての期待を背景に注目を集めているが、その原料としてトウモロコシ等の食料資源の利用や、エネルギー作物用への農地転用などにより、食糧の価格高騰など新たな問題を引き起こしつつある。本論文は、植生浄化法により生じた余剰植物体を陸上の食料資源と競合しないエタノール発酵原料として供する、水質浄化－エタノール生産システムの構築を目的として、浮遊性水生植物に対して前処理・加水分解・発酵という一連のエタノール発酵プロセスの最適化を図るとともに、それらの植物のエタノール資源としての価値評価に関して行った一連の検討結果をまとめたものであり、成果を要約すると以下のようになる。

⑴　増殖能力・水質浄化能力に優れる高生長型水生植物としてホテイアオイおよびボタンウキクサを選定して、加水分解効率化のための化学的前処理法について検討し、特に葉部において NaOH と H_2O_2 を用いた Alkaline/Oxidative（A/O）処理が効果的であることを示している。また、A/O 処理はセルロース成分の加水分解の効率化に寄与し、熱水処理はヘミセルロース成分の分解やデンプンの可溶化に効果的であることを明らかにしている。

⑵　エタノール発酵における発酵システムや発酵微生物の影響を検討し、酵素加水分解とエタノール発酵を異なる反応槽で逐次的に行う SHF（Separate hydrolysis and fermentation）に比べ、同一槽で行う SSF（Simultaneous saccharification and fermentation）で高いエタノール変換効率が得られることを示している。また、広範な糖を発酵可能な遺伝子組換え大腸菌 *Escherichia coli* KO11 と天然のエタノール発酵酵母である *Saccharomyces cerevisiae* では発酵効率に大差ないことを明らかにしている。

⑶　資源型水生植物としてウォルフィアを用いたエタノール発酵プロセスを検討し、デンプン含有量の高い turion 乾燥試料では、前処理を行わず、かつ安価なアミラーゼを加水分解に用いてもセルラーゼと同等のエタノール変換効率が得られることを明らかにするとともに、大幅な生産コスト削減の可能性を示している。

⑷　高生長型と資源型それぞれの水生植物に対し、具体的な事例を想定した水質浄化－エタノール生産の試算を行い、高生長型の水生植物は、温暖で人件費の安価な発展途上国において有効な環境浄化・バイオマス資源生産プロセスになり得ることを示している。また、資源型のウォルフィアを用いるシステムは、先進国の下水二次処理水の仕上げ処理において有効であることを示している。

以上のように、本論文は環境・エネルギー工学、特に未利用バイオマス資源化技術の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。