

【3K122017】エタノール発酵系状菌を活用した製紙廃棄物からの効率的バイオエタノール製造法の開発

(H24~H25 ; 累計交付額 32,776 千円)

星野 一宏 (富山大学)

## 1. 研究開発目的

日本国内において、製紙事業所の製紙で年間 550 万トンのペーパースラッジ (PS) と呼ばれる製紙汚泥が発生する。PS は 50%以上の水分を含んでおり、焼却処理以外に有効な利用方法はなく、大半は焼却され、生成した灰の一部はセメント原料などとして再利用する以外、大半は埋め立てられている。さらに、この燃焼処理は、わが国の多量 CO<sub>2</sub> 発生の原因となっている。このような背景から、PS を省エネルギー的にエネルギー資源へ変換する技術開発が求められている。そこで、この産業廃棄物からエタノールを生産させることを目的として、非発酵糖であるペントースを高収率に発酵でき、さらに、多様なセルロース分解酵素を分泌する野生のエタノール発酵系状菌を利活用して、PS からエタノールを製造するための技術開発を行うことを最終目的とした。具体的には、①実現場である製紙工場から排出される PS 中の糖質、有機成分、無機成分を分析し、PS 発生源の相違による成分分布を明らかにする。②PS 中の糖質成分の結果を踏まえて、効率よく発酵糖へ変換させるための加水分解酵素の最適化を行う。③PS 中に含まれる発酵阻害物質(リグニン、無機成分など)のエタノール発酵系状菌への影響を検討する。さらに、④最適化した加水分解酵素とエタノール発酵系状菌を組み合わせた同時糖化発酵プロセスにより、直接 PS からエタノールを生産させることを検討する。

## 2. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

本研究開発において製紙廃棄物である PS からエタノールを効率良く製造させるために、PS から夾雑物質などを除去し、セルロース繊維を抽出する前処理法、新規なエタノール発酵系状菌、及び処理 PS から直接エタノールを生産する同時糖化発酵 (SSF) システムを開発した。開発したアルカリ-酸処理法は、PS 中に含まれる Ca などの無機成分と界面活性剤などを簡便に分離・除去でき、セルロース繊維を高度濃度できる優れた方法で、科学的に価値の高い。さらに、接合菌 *Mucor* 野生株ライブラリーから PS に対してエタノール発酵に優れた菌株の選別を実施し、*M. circinelloides* 株を見出すとともに、イオンビーム変異法を実施し、40°Cでエタノール発酵が可能な高温発酵株の取得に成功した。本菌株は、セルラーゼの分泌能、かつ 40°Cでのエタノール発酵能を有する”Only-one”の菌株で有り、セルロース系バイオマスからのエタノール生産に適応できる科学的・実用的価値のありカルタヘナ法に抵触しない菌株である。さらに、アルカリ-酸処理最終 PS に対して本変異株と酵素ブレンド剤を組み合わせた SSF により、処理最終 PS から直接 32.5 g/L のエタノールを生産でき、本システムの有用性が示された。

## (2) 得られた成果の実用化

本研究開発で得られた成果を製紙廃棄物である PS からエタノール発酵糸状菌を活用し同時糖化発酵 (SSF) によりバイオエタノールを製造させるために、現在、エタノール発酵糸状菌の発酵温度の上昇とセルラーゼの分泌能の向上を図るとともに、平成 27 年末を目標に某製紙会社事業所内に、PS 前処理装置や 10m<sup>3</sup> の発酵槽などを備えたベンチスケールのエタノール製造装置を建設し実用化試験を実施する。本実用化試験におけるエタノール製造コストの目標は¥40/L-ethanol として、装置操作、PS 処理能力、エタノール製造量や経済性を検証する。さらに、この実証試験の成果により、平成 32 年度末を目標に、200 m<sup>3</sup> 発酵槽 3 基からなるエタノール製造装置を立ち上げ、年間 32,400 t の湿潤最終処理から約 3,700 kL のエタノール製造を目指す計画である。

## (3) 社会への貢献の見込み

近年、地球温暖化対策、原油の高騰化、電力の安定化供給等の問題を解決するための方策として、未利用再生可能バイオマス資源を開拓し、継続的にエネルギーを生産させることが求められている。製紙製造業界では、製造工程で多量の汚泥が発生し、この処理工程に多大な化石燃料を消費するとともに、炭酸ガスの発生など環境を多大に害していることが古くより指摘されており、その改善方法の確立が求められていた。ペーパースラッジから効率的にバイオエタノールを製造させることにより、先の重大な問題点を改善する方策を提案しており、産業廃棄物の削減、新規エネルギー資源の確保・製造、CO<sub>2</sub> ガスの発生抑制など多方面で社会貢献でき、10 年先を見据えた究極の資源利用効率化社会の実現を達成させるための有益なできる技術開発である。

## 3. 委員の指摘及び提言概要

有用な微生物探索に成功し、これを用いたプロセスを作り出しているが、複雑なバイオマス廃棄物の何を制御してこの結果が出ているのか、明確になっていない。実用化に向けては、コスト的にエタノール生産が適用を考えているバイオマスの活用に利用できるかどうか詰めて欲しいところではあるが、やはりアルコール生産のコストの壁は高く、実用化への道のりは遠い。

## 4. 評点

総合評点：B