

セルロース系エタノール生産プロセスのスケールアップ検証

(JXTG エネルギー(株)*, 王子ホールディングス(株)**) ○兼澤みゆき*, 井手浩平*, 福田明*, 中川幸次郎*, 関沢真吾**, 塚本晃**, 安住尚也**, 古城敦**, 池水昭一**

Scale up demonstration of cellulosic ethanol production process from woody biomass

○Miyuki KANEZAWA*, Kohei IDE, Akira FUKUDA*, Kojiro NAKAGAWA*,
Shingo SEKIZAWA**, Akira TSUKAMOTO**, Naoya AZUMI**,
Atsushi FURUJO**, Shoichi IKEMIZU**
(JXTG Nippon Oil&Energy Corporation*, Oji Holdings Corporation**)

ABSTRACT

In order to reduce carbon dioxide emissions from transportation fuels, we have developed integrated cellulosic ethanol production technology from woody biomass that meets the sustainability standard as biofuel in Japan's "Sophisticated method of energy supply structure". First, optimum process selection was conducted at the laboratory level and simultaneous saccharification and fermentation (SSF) was selected as the optimum process. Then a pilot plant designed to enable continuous SSF was constructed and it was achieved that the goals of 20 operation days of the plant, and an ethanol yield of 250 L / t - biomass. As a result of considering plant utilization rate and ethanol productivity, we have concluded that it would be possible to construct an integrated production system for cellulosic ethanol that meets the possibility criteria.

[1] 緒言

輸送用燃料からの二酸化炭素排出量削減のため、バイオエタノールの利用が注目されており、我々は食糧と競合せず、日本の「エネルギー供給構造高度化法」におけるバイオ燃料としての持続可能性基準を満たす、木本バイオマスからのセルロース系エタノール一貫製造技術開発に取り組んでいる。実験室レベルでの要素技術組合せ評価結果を用いて、年産約 100kL のエタノールを生産可能なパイロットプラントでセルロース系エタノール生産プロセスのスケールアップを検証したので、その結果を報告する。

[2] 実験[2]-1. 実験室レベルでの最適プロセスの選定

パルプ 20g (乾燥重量)、酵素液 3.0g、酵母液 2mL (終濃度 1×10^7 個/mL)、尿素 4.4g を含む反応液 200mL を 500mL 容三角フラスコに添加し、逐次糖化発酵 (SHF)、半並行複発酵 (HHF)、並行複発酵 (SSF)

の 3 つのプロセスについてバッチ試験でエタノール生産性を評価した。発酵代謝物は Shodex SUGAR SP0810 カラムを備えた HPLC を用いて定量した。

[2]-2. 最適プロセスでの連続エタノール生産性評価

[2]. 1 の比較試験からセルロース系エタノールの最適生産プロセスと考えられた SSF にてエタノールの連続生産を検討した。パルプ 90g (乾燥重量)、酵素液 13.8g、酵母液 6mL (終濃度 1×10^7 個/mL)、尿素 13.2g を含む反応液 600mL を 1L 培養槽に添加し、糖化発酵温度 33℃、pH5.0、攪拌数 380rpm、通気量 10mL/min、滞留時間 72 時間で試験を開始した。運転 72 時間目からは 24 時間毎に発酵液を 1/3 拔出、エバポレータでエタノール除去した。エバポレータ後エタノール除去発酵液、パルプ 30g (乾燥重量)、酵素液 1.9g を培養槽へ入れ、培養初期重量に超純水で重量を調整し、糖化発酵試験を再開させた。発酵代謝物は [2]-1 記載の方法で測定し、顕微鏡を用いて

菌対数を計測した。

[2]-3. パイロットプラント規模へのスケールアップ

王子ホールディングス呉敷地内に Fig. 1 に示すパイロットプラント（年産：約 100kL）を建設し、実験室レベルで選定した最適プロセスを用いたエタノールの連続生産を検証した。本プラントは前処理設備、糖化発酵設備、蒸留設備で構成される。蒸留後の発酵残渣は全量を糖化発酵設備へ回収することで、酵素の系外排出を防止、エタノール収量向上と酵素使用量削減の両立を目指した。

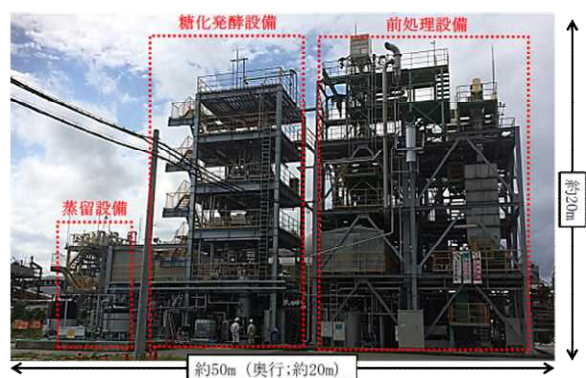


Fig. 1 Overview of the pilot plant

[2]-4. 一貫生産システムの構築

[2]-3 のパイロットプラントでの検証結果を踏まえ、商業設備（年産：数万 kL）の概略設計を実施し、セルロース系エタノールの一貫生産システムの構築検討を実施した。また、構築した一貫生産システムを前提とした原料調達からエタノール生産、日本への供給までの全工程を対象とした生産コストおよび GHG 排出量の積算を実施し、本システムを活用した事業性評価を実施した。

[3] 結果と考察

実験室レベルでの最適プロセスの検討から、反応開始時から最大エタノール濃度を示すまでの時間が短く、生産するエタノール濃度が高い SSF を最適プロセスと判断した。

次に、SSF でエタノール連続生産性を評価したところ、エタノール濃度を 360 時間維持し、連続運転による酵素の回収・再利用が可能となったが、360 時間以降エタノールが低下した。エタノール濃度低下の原因は残渣蓄積による発酵液の流動性悪化に起因すると想定された。

実験室レベルでの検討結果を踏まえ、攪拌性能に優れた翼を備えたパイロットプラントにて、スケールアップおよび連続運転の長期化を検討したところ、下記の目標を達成した（Fig. 2）。

目標エタノール収量：250L/t-バイオマス

目標運転日数：20 日

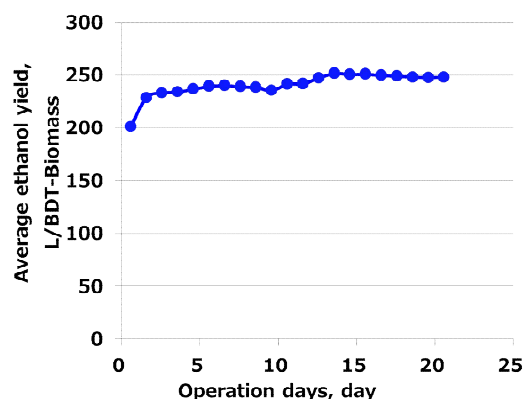


Fig. 2 Ethanol yield at the pilot plant

パイロットプラントでの検証結果から、日本の持続可能性基準を満たすセルロース系エタノールの一貫生産システム構築の見通しを得た。構築した一貫生産システムを採用したビジネスモデルを設定し、生産コストを考慮した想定販売価格および GHG 排出量の概算を実施したところ、いずれの概算結果においても、下記目標を達成見込みであることが分かった。

日本販売価格：

持続可能性基準適合輸入エタノール日本着価格
（商業化想定時期）

目標 GHG 排出量：

エネルギー供給構造高度化法で定める GHG 排出量削減基準を満たすこと

[4] 結言

日本の持続可能性基準を満たす、木本バイオマスからのセルロース系エタノール一貫製造技術開発において、実験室レベルでの要素技術組合せ評価より連続生産の最適プロセスを見出し、年産約 100kL のエタノールが生産可能なパイロットプラントにてセルロース系エタノール生産プロセスのスケールアップを実証した。スケールアップの実証により、一貫生産システムを構築した。

【謝辞】

本研究は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業「セルロース系エタノール生産システム総合開発実証事業」の一部として実施した。関係各位に感謝いたします。

【連絡先】 兼澤みゆき* TEL: 045-625-7320

Email: kanezawa.miyuki@jxtg.com