

# 固体発酵法によるバイオエタノール製造技術とその特性

東京農業大学 応用生物科学部 醸造科学科  
教授 鈴木 昌治

## 1. はじめに

20世紀は化石資源に依存した大量生産・大量消費・大量廃棄の時代であった。21世紀は、エネルギーの安定供給、地球環境保全、経済成長の3つを同時に達成することにより人類の繁栄の存続が可能になると言われている。従って、21世紀は温暖化問題と不可分の関係にある石油依存型社会からの脱却を目指し、枯渇しつつある化石資源や再生可能な資源を有効に活用する資源循環型の社会構造への変革が強く望まれている。そのため、カーボンニュートラルといわれているバイオマスの効率的な利活用技術の開発と確立には、地球と人類の未来が掛かっているといっても過言ではない。

バイオマスの利活用技術は、バイオマスを物理学・化学・生物学的手法を駆使して、環境にやさしい工業用原料やバイオ燃料への転換を図るものである。本講では、演者らが取り組んでいるバイオマスの生物学的エネルギー変換技術であるエタノール発酵の新規システムの構築について話題提供する。

## 2. 固体エタノール発酵システムの開発

### (1) 固体発酵システムの概要

従来型のバイオマスからのエタノール製造法は、原料用のバイオマスを薬剤あるいは酵素剤を用いて液状に糖化してから発酵させる液体発酵法が広く採用されてきた。しかし、安定した発酵状態を確保するために滅菌処理設備を設置しなければならないことや、発酵終了液の蒸留工程から排出される高濃度の蒸留廃液の効率的で安価な処理・処分対策の確立が課題となっている。

本システムの試験装置のフローを図1に示す。本システムは、蒸留廃液の排出を極力抑制することが可能な発酵システムとして、食品廃棄物を固体状のまま糖化と発酵を同時に進行させることを可能にした新規の固体エタノール発酵システムである。食品廃棄物(学校給食の調理くずをと食べ残し)を、蒸気乾燥機により乾燥処理して品質の安定化を図る乾燥工程。乾燥生ごみに雑菌の増殖抑制作用をもつクエン酸生産能とでんぷん分解活性が強い焼酎用麹菌の分生子を散布して生ごみ麹を製造する麹製造工程。乾燥生ごみと生ごみ麹を同量ずつ混合し、これにクエン酸耐性をもつ焼酎酵母を添加後、固体発酵槽に投入し、酵母の増殖とでんぷん質やセルロースの糖化を促進しながら固体状態で並行複発酵を進行させエタノールを生産させる糖化・発酵工程。発酵終了後の発酵物を減圧真空蒸留機により72℃、-0.09Mpaで蒸留しエタノールを回収する蒸留工程。蒸留残渣は固形物として排出される。

本システムにより生ごみ乾燥物10kg(全糖18%)から99%エタノールが約1kg生産される。また、麹菌や焼酎酵母の代謝反応による損失を差し引くと1.8kgが減量化され、残りの8.2kgが固形状の蒸留残渣として排出される。全体の物質収支を図2に示す。なお、固形残

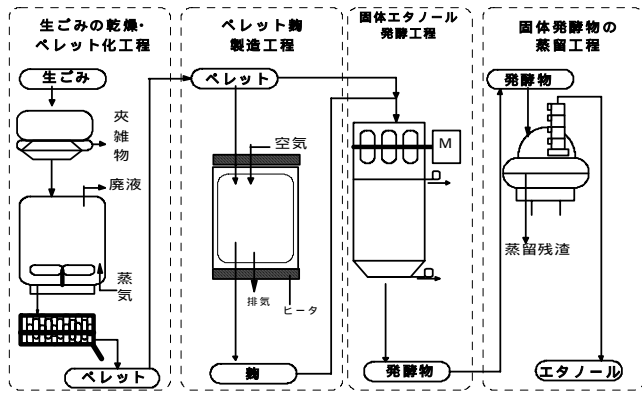


図1 試験装置のシステムフロー

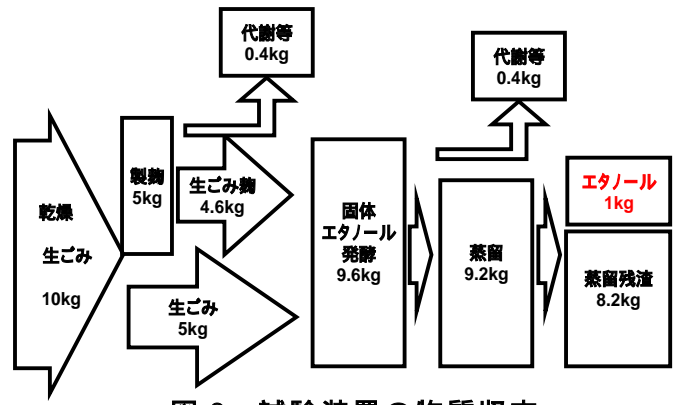


図2 試験装置の物質収支

渣は、発酵作用によりCN比が低下した酵母菌体を含む良質な速効性肥料として利用できる。

### (2) 実証プラントの概要

固体エタノール発酵システムは、他に事例がないため、試験装置により基礎データを集積してきた。平成18年1月には、原料の乾燥、製麹、糖化・発酵、蒸留工程を一体化した1バッチ250kgの処理能力をもつ実証プラントが東京農業大学のエネルギーセンターに設置され稼働している(写真1)。実証プラントにおける物質収支を図3示した。

### (3) 固体発酵システムの特性

従来型の液体発酵法の蒸留工程からは、蒸留廃液が排出されるが、本システムでは排出されないため、蒸留廃液の処理施設の設置が不要である。

固体発酵は、液体発酵に比べて水分含有量が極端に少ないため雑菌の増殖が抑制される。よって、発酵原料の厳密な滅菌処理は不要である。

従来型の液体発酵法で行われる加水処理が不要なため、発酵槽が小型化できる。

エタノールの有効利用(ボイラー燃料・ガソリンの代替品など)により地球温暖化防止に貢献できる。また、食品工場では殺菌剤としても利用できる。一方、蒸留残渣は速効性肥料として利用できる。

デンプンあるいはセルロース系の多くの食品廃棄物(廃棄パン、ジャガイモの加工残渣、屑米、バナナ皮、廃棄弁当など)から幅広くエタノール生成ができる。

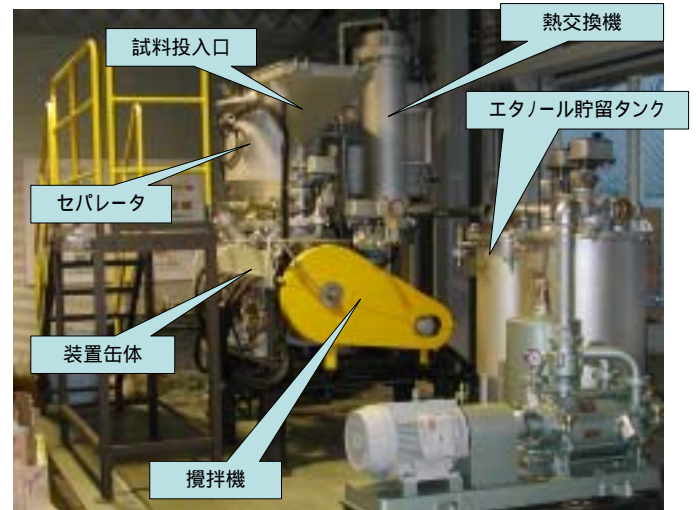


写真1 実証プラント

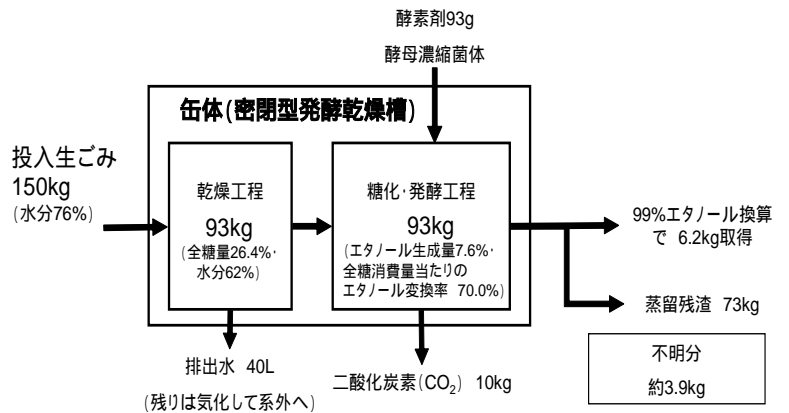


図3 実証プラントの物質収支