

# セルロース系バイオマスからのバイオエタノール生産

## Production of bioethanol from cellulose biomass

○進藤 昌

○Sho Shindo

### 研究の背景

バイオエタノールは、植物由来であるため過剰な炭酸ガスの排出が無く、地球温暖化防止の切り札として注目されている。日本の場合、バイオエタノールの原料として食料と競合しない、雑草や稲ワラなどのような草本系バイオマスと間伐材や廃木材などのような木質系バイオマスを利用するのが望ましいと考えられている。しかし、これらバイオマスからバイオエタノールを生産することは、トウモロコシなどの澱粉系穀物に比較して技術的に難しい点が多い。間伐材や林地残材の場合、国内での発生量は760万トンを超えており、稲わらでは900万トンを超える。これらをバイオエタノールに変換することは資源の乏しい日本にとって有用なことである。セルロース系バイオマスの多くは、6炭糖と5炭糖で構成されており、効率的にバイオエタノールに変換するためには、構成糖を全てバイオエタノールに変換することが不可欠である。しかし、5炭糖をバイオエタノールに変換することは困難である。遺伝子組換え菌を使用する場合には、アルコール耐性の問題や自然界に無い菌を用いるため、外部に菌が漏れないように発酵タンクの設備を厳重にする必要性などからコスト高は否めない。

我々は、これまでに草本系バイオマスと木質系バイオマスからバイオエタノールを生産する研究に取り組み、食品工場の生ゴミや秋田杉の間伐材から効率よくバイオエタノール生産する技術開発に成功した。

### 方法

木質系バイオマスおよび草本系バイオマスであるセルロース・ヘミセルロースからバイオエタノールを生産するには、低コストでの前処理方法と効率的な糖化液の発酵方法を確立する必要がある。そこで、前処理方法として爆砕法および機械的粉碎による微粉末化の検討を行った。また、発酵は5炭糖からのバイオエタノール生産可能な酵母を用いて検討を行った。

食品廃棄物のモデルとしてビール粕を使用し、爆砕方法による物理的な可溶化を試みた。発酵は、*Saccharomyces cerevisiae* と *Pichia stipitis* を用いた。木質系バイオマスは、秋田杉の間伐材を使用し、前処理は秋田県立大学で開発した「高衝撃力負荷型の新規歯車型ロッド粉碎媒体利用振動ミル」を用いて行い、粒径 20  $\mu$  m の粉碎物を得た。エタノール発酵は糖化酵素と *S.cerevisiae* を用いた並行複発酵により行なった。

## 研究の成果

### ビール粕からのバイオエタノール生産

ビール粕は 30kg/cm<sup>2</sup>で 1 分間の爆砕処理することにより可溶化する事ができ、セルラーゼ、ヘミセルラーゼ、グルコアミラーゼで処理することによりグルコース、キシロース、アラビノースで構成された可溶化液を得ることができた。ヘキソースからのエタノール生産を *S. cerevisiae*、ペントースからのエタノール生産を *P. stipitis*に行わせるために、それぞれの酵母をガラスビーズに高濃度に固定化して発酵を行わせたところ、ヘキソースが完全に消費された後ペントースからのエタノール生産が行なわれ、全糖濃度 17%に調製した爆砕可溶化液から 5.8%(w/v)のエタノール溶液を得ることができた。

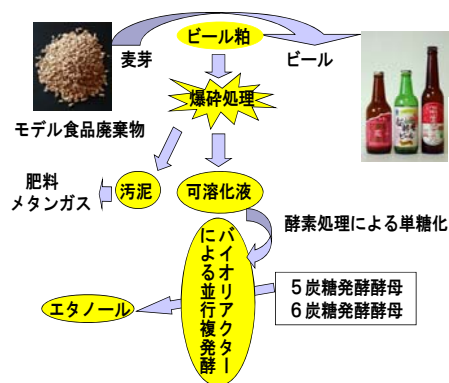


図1. ビール粕からのバイオエタノール生産  
Fig.1. Bioethanol production from spent grain

### 秋田杉からのバイオエタノール生産

微粉碎された秋田杉の糖化条件を検討し、メイセラゼとヘミセルラーゼを同時に作用させることによりマンノースとガラクトースの生産量が上昇することが判明した。糖化条件は pH5.5 が最適であった。秋田杉の糖化液は、グルコースとマンノースで全糖の 80%を占めており、これらの糖のエタノール変換を目的として *S. cerevisiae* を用いて並行複発酵を行い 6.1%(w/v)のエタノール得た。これにより 1 t の乾燥秋田杉から 230L のバイオエタノールを生産できる。

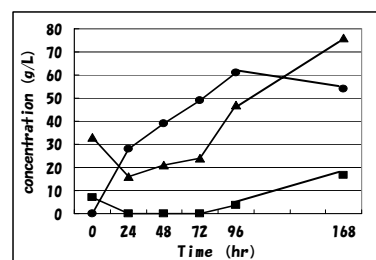


図2. 秋田杉からの並行複発酵によるバイオエタノール生産  
Fig.2. Simultaneous saccharification and bioethanol production from powder of Japanese Cedar

### 今後の課題

世界的に石油は高騰し続け、最近では 100 \$ /バレルを突破し、ますます石油代替エネルギーの必要性が求められるようになった。また、バイオエタノールは地球温暖化防止の新エネルギーとして認識されているため、世界中で研究が行われている。単独でのバイオエタノール生産工場の操業は、コスト的に無理があるというのは、共通の認識となっている。従って、バイオリファイナリーという概念のもとバイオマスからバイオエタノールだけでなく化学製品や医薬品、機能的食品、食糧、飼料を加工するバイオコンビナートによる操業が理想的とされる。実際、ヨーロッパでは、バイオコンビナートの実証プラントが稼働している。バイオエタノールの原料となるバイオマスは、現時点ではサトウキビやトウモロコシ、ビート、小麦などが主流となっているが、バイオエタノールの需要が高まれば、どうしてもセルロース系植物からバイオエタノールを生産しなければならないため、低コスト生産技術の開発が急がれるところである。