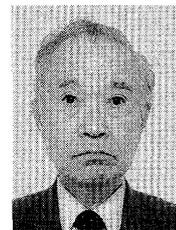




## 耐熱性酵素を用いた セルロースからの バイオエタノール生産



酒井 重男

国産バイオ燃料の生産は、環境、エネルギー、食料、農業といった多面的な観点から推進が求められている。急速な地球温暖化に伴い、排出炭酸ガスの循環によるカーボンニュートラルを唱えた京都議定書の重みが増すなか、バイオマスから生産されるバイオエタノールへの期待は大きく膨らんでいる。このような中、(株)耐熱性酵素研究所は、耐熱性酵素を用いてセルロース、ヘミセルロースからエタノールを製造するプロセスの開発を行っている。以下に、耐熱性酵素のみを用いた触媒反応によるバイオエタノールの製造の概要を述べる。

常温で生活している生物がもつ酵素は、通常50～60℃以上の温度域では失活してしまう。一方、高温(70℃以上)で生活している好熱菌から得られる耐熱性の酵素は次のような特徴をもっている。

- ①70～100℃の高温条件でも高い反応性をもつ。
- ②常温付近で長期保存できる。
- ③高純度の精製酵素が容易に得られる。

耐熱性酵素は遺伝子組換え技術によって作製されており、宿主由来のタンパク質を熱変性して除去することにより高純度まで容易に精製できる。

通常の酵素は安定性が低いため、各種の反応に触媒として利用する場合、反応の過程で酵素を追加しなければならず非常にコストがかかるが、耐熱性酵素を用いると、このような問題は軽減される。遺伝子組換えによって生産され、高度に精製された耐熱性酵素は、食品、製紙、繊維、飼料、洗剤などの分野に加え、化学業界、エネルギー業界、医薬業界などさまざまな分野で利用できる。

耐熱性酵素を物質生産に用いることには以下のようなメリットがある。

- ①安定性が高く長期間の使用に耐え得る。
- ②有機溶媒に対する耐性が見込まれる。構造が強固な耐熱性酵素は、有機溶媒の存在下でも活性を維持し、水と油のような混ざり合わない物質同士の界面でも反応する。
- ③雑菌の繁殖を抑える特別な装置が不要である。耐熱性酵素は反応を60℃以上で行うため、たとえ雑菌が混入しても増殖できず、腐敗を防ぐ特別な措置は必要ない。

④非酵素的な反応に比べて反応特異性がきわめて高い。

⑤温度を上げることで反応速度を高めることができる。反応温度を10℃上げることができれば、反応速度が2倍になる。

以下に紹介する新技術はグルコースを原料としていくつかの耐熱性酵素を用いた反応を組み合わせ、生物による発酵過程を経ずにバイオエタノール、または中間体を生成するものである。本開発ではグルコースからエタノールもしくはアセトアルデヒドを生成するに際し、いかに酵素を長期間、劣化させることなくその性能を保つことができるかが、実用化に向けた重要なカギであった。

反応系において酵素反応を阻害する要因として2点挙げられる。1点は酵素反応により生成する物質が、反応系内に溜まることで逆反応が進むようになって反応を停止させるもの、もう1点はその生成物質が酵素そのものにダメージを与えて失活させてしまうものである。1点目に関しては、反応生成物を反応系から除去することで反応の停止は解除される。2点目も反応生成物を「速やかに」反応系から除去することで酵素へのダメージを抑えることができる。グルコースからエタノールを酵素反応で生成する場合、その過程において生成するアセトアルデヒドが酵素に対して深刻なダメージを与える。しかしながら、この過程を経ないことにはエタノールは合成できない、すなわち、アセトアルデヒドの反応系内の滞留時間をいかにして下げることが、この技術の最も重要なポイントであった。アセトアルデヒドの沸点が約20℃であることを利用して、生成したアセトアルデヒドを速やかに蒸発させて回収し、酵素を添加してエタノールに変換することにより、これらの問題を克服することができた。

近年、環境問題、原油依存脱却の観点から、木質バイオマスを原料としたバイオエタノールの重要性が高まってきている。現在はバイオエタノールの製造は酵母などを用いた発酵法が主流であるが、酵素を用いたバイオエタノールの製造が実現すれば、エタノール生産の高効率化および反応産物精製の簡易化が可能となる。