

研究の“森”から

No.154



木材から車の燃料となるバイオエタノールを造る

風が吹けば桶屋が儲かる／ガソリン価格が高騰すればお菓子の値段が高くなる？

今年（2006年）の夏は、原油価格が高騰しました。それを最も直に感じたのは、ガソリンスタンドでの給油の時ではないでしょうか？

実は、原油・ガソリン価格が上がった陰で、「砂糖」の価格も同時に上がっていたことは、みなさんご存知でしょうか？

日本も含め世界には近年、植物を原料として製造した「バイオエタノール」をガソリンに混ぜて利用しようとする動きがあります。そのバイオエタノール利用の先進国であるブラジルでは、砂糖の原料でもあるサトウキビからバイオエタノールを製造しています。ここで、原油・ガソリン価格と砂糖価格が結びつくのです。原油価格高騰が即、砂糖原料としてのサトウキビの供給に大きな影響を与えた訳ではなく、長期的な将来展望や投機的思惑、砂糖そのものの需要拡大の流れといった様々な要因が複雑に絡み合って、今回の砂糖価格上昇は引き起こされたようです。しかしいつかは、自動車の燃料か、それとも砂糖かと、原料のサトウキビを奪いあう日がくるのかもしれませんが（写真1）。



写真1 健康のためではなく材料費を安く押さえるために、砂糖の量を減らす日がくるのかも…？

そもそも「バイオエタノール」とは…

「バイオエタノール」は化学的にいえば、飲み物（お酒）として嗜好されるエタノールや、化石資源由来のエチレングスを原料として製造される「合成エタノール」となると異なるところはありません。にもかかわらず、植物（バイオマス）資源からつくられるエタノールを「バイオエタノール」と区別して扱うのには、訳があります。それは、バイオエタノールを燃料として利用する際に発生する二酸化炭素が、原料である植物が光合成により大気中から取り込んだ二酸化炭素の量に等しく、そのみを見れば大気中の二酸化炭素総量に影響を与えないからです（この特性を「カーボンニュートラル」といいます）。

このような特性を有することから、地球温暖化対策面でも将来ますます需要が拡大すると思われるバイオエタノールですが、現在はサトウキビから得られる糖蜜やトウモロコシなど、食物と同じ原料から製造されています。では、人類にとって貴重な「食物」以外から、バイオエタノールを製造することはできないのでしょうか？

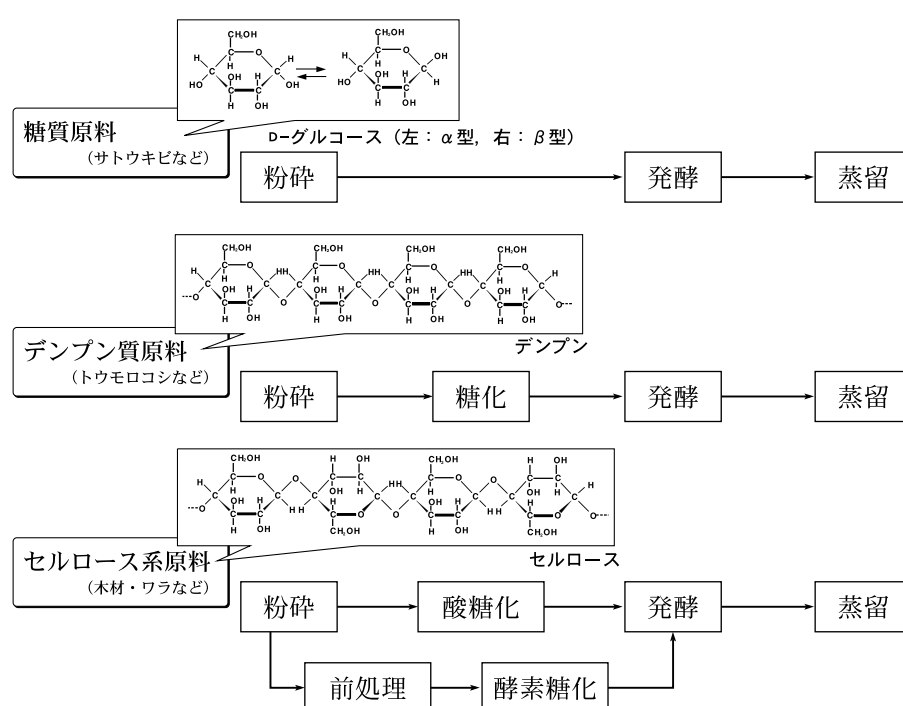


図1 バイオエタノール製造工程（概略図）

結合様式はちがいますが、デンプンもセルロースもグルコースの重合体です。そのため、糖化（加水分解）すると、どちらも全てグルコースとなります。

図1にバイオエタノールの製造工程を示します。先ほど挙げたような糖質・デンプン質原料を用いた場合は、基本的に飲む「お酒」同様、原料の粉碎→糖化*→発酵→蒸留の工程を経て製造されます。

そして実は、稲ワラや木材といった人類が食物としていないセルロース系原料を用いても、うまく糖化することさえ出来れば、発酵から後の工程は同様にしてバイオエタノールを製造することができるのです（写真2）。

*多糖類を加水分解して単糖類に変える工程。すでに主成分が単糖類や二糖類（発酵性糖類）である糖質原料を用いている場合は不要。

木材からバイオエタノールを造るには…

以降は、セルロース系原料の中でも、木材を利用する場合を述べます。

木材は化学的には、主にセルロース（図1）・ヘミセルロース・リグニン（図2）という三つの成分からなっています。そして、バイオエタノール製造工程で糖化の対象となるのは、多糖類であるセルロース・ヘミセルロースです。しかしセルロース・ヘミセルロースとリグニンは、物理的にも化学的にも複雑にからみあっていて、そのことがバイオエタノール製造の際の障壁の一つとなっています（図2）。

そこで私達は、スギのこ屑にオゾン（ O_3 ）による前処理を施すことで、その後の酵素糖化工程で得られる単糖類の収率を上げることを試みました。オゾンには炭素・炭素二重結合と反応するという性質があり、この二重結合は主にリグニン中に存在しています（図2）。そのため糖化の際に邪魔なリグニンをオゾンによって選択的に壊し、糖化原料となるセルロース・ヘミセルロースを得ることができるのでは、と考えたためです。

図3に実験の結果を示します。横軸の右ほどオゾン前処理が進行し（＝よりリグニンが分解）、それに伴い得られる単糖類の収率（縦軸の糖化率）が向上していくことが分かります。糖化が達成できれば、あとは普通に発酵しバイオエタノールを製造することができます。

オゾン前処理は、今まで提案された爆砕などの前処理方法では効果の低かった針葉樹で効果的でした。これにより針葉樹がほとんどである間伐材や建築解体材などからバイオエタノールが製造できるようになれば、自国資源や廃棄物の有効利用にもつながります。温暖化対策で二酸化炭素排出量削減を求められている日本にとっても、ガソリンにバイオエタノールを混ぜて使用することは、非常に有望な対策の一つです。今回の実験では、工程全体のエネルギー収支面などにまだまだ改良の余地がありますが、今後もさらに工程の改善・技術開発を行い、木材を原料とした、よりよいバイオエタノール製造方法をめざした研究を進めていきます。



写真2 バイオエタノールの原料例（左上より時計回りに：サトウキビ・トウモロコシ・木材・稲ワラ）
糖質原料の代表であるサトウキビは、搾り汁や糖蜜からバイオエタノールを生産します。
（スギ林写真提供：水土保全研究領域 壁谷直記氏）

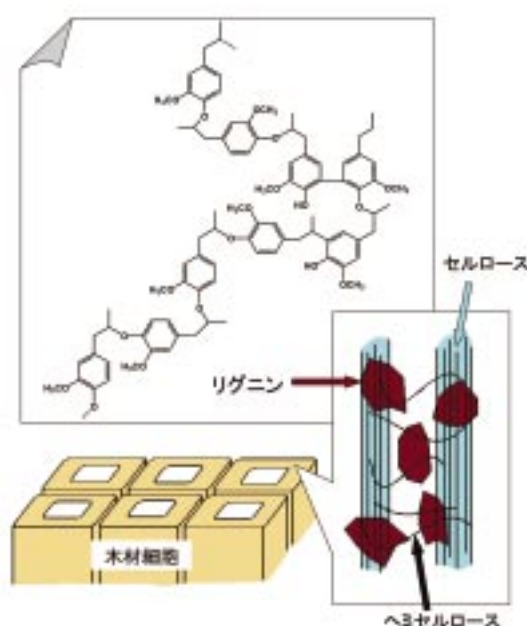


図2 分子レベルで見た木材細胞壁概念図と針葉樹リグニン構造

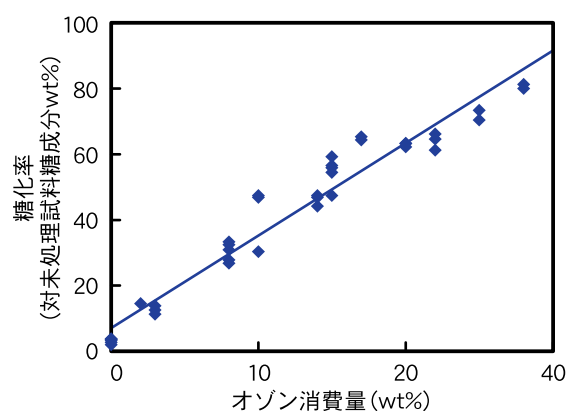


図3 オゾンで前処理したスギのこ屑の酵素糖化率

<実行課題> クア2c

化学的、生化学的手法によるバイオマスエネルギー変換技術の開発

杉元倫子、眞柄謙吾（成分利用研究領域）

研究の“森”から 第154号 平成18年11月30日発行
編集発行：森林総合研究所企画調整部研究情報科広報係
〒305-8687 茨城県つくば市松の里1番地
TEL：029-829-8134 FAX：029-873-0844
E-mail：kouho@ffpri.affrc.go.jp