

古着からエタノール (日本環境設計)

タンスに眠るバイオ燃料

廃棄物からバイオエタノールを生成する技術の開発競争が激化している。
ベンチャー会社の日本環境設計は、古着からエタノールを作り出す技術を開発した。
竹中工務店は、ジャガイモのでんぷん工場から出る廃液などの再利用に取り組む。

次世代エネルギーとして注目されるバイオエタノール。ブラジルや米国などでは既に、代替エネルギーとして大量生産に乗り出している。日本も農林水産省が2030年までに年間600万リットルの国内生産を目標に掲げ、世界の開発競争に参入する意欲を見せる。

バイオエタノールは、ガソリンに比べてCO₂(二酸化炭素)の排出量が少ない点から地球環境に優しいと言われる。一方で、現在生産されているバイオエタノールのほとんどは、トウモロコシやサトウキビなどの農作物を原料にしていることから、様々な懸念材料も指摘されている。例えば、生産に大

量の水を消費するため水不足を誘発したり、原料となる農産物の価格高騰や食糧不足を助長するといった点だ。

そこで農産物による生産以外の方法でバイオエタノールの生産が注目されている。例えば、木の廃材や農作物の残りかすなどの廃棄物を原料にする方法である。日本のベンチャー企業が注目したのは、タンスに眠る古着だ。

1トンの古着で700リットル生成

着なくなってしまった衣服を、タンスの中にしまったままにしている人も多いはずだ。環境技術コンサルタントのベンチャーである日本環境設計(東

京都渋谷区)は、このタンスに眠る不要な衣服からバイオエタノールを生み出す技術を開発した。衣服の素材は綿や絹などの天然素材のほか、ポリエステルやナイロンなどの化学繊維がある。日本環境設計がバイオエタノールの原料にするのは、綿製品の衣服だ。

古着からエタノールを生成する工程は大きく分けて4つになる。まず、回収した綿製の古着を細かく裁断するなどの前処理を施し、水の入ったタンクに入れる。

次に、タンクに「セルローゼ」と呼ばれる3種類の酵素を注ぐ。綿の主成分であるセルロースの分子構造は、グ

回収した古着を酵素で分解

今年8月に、良品計画が運営する「無印良品」などの店舗で古着の回収実験「FUKU-FUKUプロジェクト」を実施した。回収した綿製の衣類に酵素を加えてグルコースに分解し、さらにそれを発酵させてエタノールにする



無印良品などの店舗で古着を回収



細かく裁断するなどの前処理

2 3種類の酵素を加える



セルロース

温度を50度前後にしておくと、酵素が活性化して綿の主成分であるセルロースを分解する

3 3日間、置いておく

ルコース(ブドウ糖)の分子が鎖のように結合した状態になっている。セルロースは、この分子結合を切り離してグルコースにする特性を持つ。タンクの内部の温度を50度前後に保つと、セルロースの働きが活性化する。3日ほど置くと、セルロースの80~90%近くが分解してグルコースに変化する。

そしてグルコースに、最後に、発酵用の酵素を加え、3~4時間ほど置くとエタノールに変化する。このエタノールには、水が大量に含まれている。大量の水分を取り除く方法としては、エタノールと水の沸点の違いを利用して、蒸留装置でエタノールの純度を高める。

理論値では綿製の衣類1トン当たり、718リットルものエタノールが生成できるという。同量のトウモロコシだと約400リットル、木片では250リットル程度と言われている。

日本環境設計は今年8月、「無印良品」を展開する良品計画やアパレル大手のワールドなどと共同で、古着の回収実験「FUKU-FUKUプロジェクト」を実施した。都内や神奈川県のお店で10月下旬までに約1トン回収できた。

このプロジェクトで回収した古着を綿や化学繊維など素材ごとに仕分けして、綿製の衣類をエタノールの原料として使用する。日本環境設計は、この実験の結果を来年2月までに取りまとめ、古着の回収方法やエタノール生成などの課題を整理して、事業化に生かしていく考えだ。

年に200万トン超がごみに

このようにアパレル業界を挙げて取り組む背景には、繊維製品のリサイクルが進んでいないことがある。国内では年間200万トン超もの繊維製品が、ごみとして捨てられている。そのうち、雑巾や自動車の内装材などに再利用される比率は約2割。残りの8割が焼却などで処分されているのが現状だ。

繊維製品のリサイクルが進まないのは、「出口(再利用の用途)が少ないため」と日本環境設計の岩元美智彦社長は説明する。岩元社長は、繊維メーカーで繊維製品のリサイクル事業に取り組んだ経験を持つ。この時点では、繊維製品の再利用の用途があまりにも少なく、事業化に挫折した。

その岩元社長がバイオエタノールの



日本環境設計が愛知県今治市に設置したエタノール生成の試験プラント

事業に取り組むことになったのは2002~03年頃に、米国でガソリンにエタノールを混ぜて使う取り組みが本格化しているのを知ったこと。エタノールの原料の1つとして、植物繊維(セルロース)が有望視されている。それを知り、古着利用の事業化をひらめく。

岩元社長によれば、綿を原料とする繊維製品は全体の6割を占める。綿を構成する成分の95%はセルロースであることから、「綿の衣服はエタノールの原料には最適」と考えたという。

世界の文献を調べると、綿を原料とする取り組みは、誰も着手していなかった。綿の原料である綿花からエタノールを生成する研究はいくつか試みられていたが、綿花の状態では不純物が多く、セルロースをグルコースに変えるような酵素が働きにくいという結果だった。一方で、不純物を取り除いた綿の場合は、酵素で分解しやすくなることが判明した。

日本環境設計は分解酵素を、大阪大学先端科学イノベーションセンターの兼松泰男教授と共同開発することに成



グルコース

酵素の働きによってセルロースの分子構造が壊れ、80~90%がグルコースになる

4
3~4時間発酵させて蒸留



エタノール

グルコースを発酵させた後、水分が多く含まれるので蒸留してエタノールを取り出す

技術&トレンド

功した。兼松教授と組んだのは、同社の高尾正樹専務が2007年に同センターの助教(従来の助手)に赴任したのがきっかけ。共同開発で酵素の種類や活性化する温度、酸性度など様々な条件を試し、生産の基礎技術を確立した。

本格的な事業化のための課題はコスト。岩元社長によれば、最低でもガソリンと同水準の1リットル100円前後にまで下げる必要があるという。さらに競争力を持たせるには、トウモロコシを原料とする場合と、同水準(同60~80円)まで抑えなければならない。

そのカギは、プラント建設費用。セルロースを原料とするエタノールの生成方法は、酵素以外にも硫酸を使う方法など様々な技術が研究されている。日本環境設計が酵素による方法にこだわったのは、大型プラントの建造コストを安くするためだ。

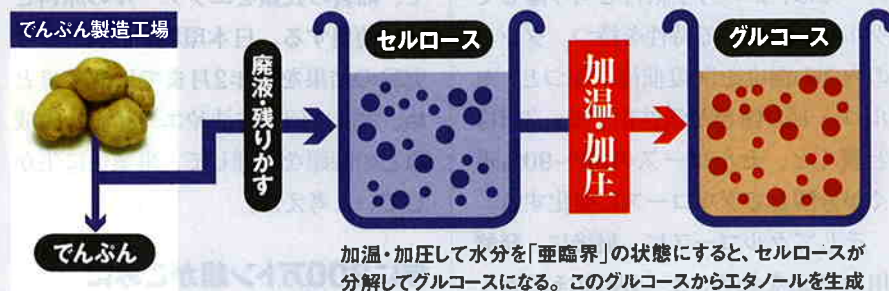
ほかの方法は大規模な装置を必要とするものが多く、プラント建造費用が20億~30億円近くかかる。一方、酵素は基本的にセルロースをタンクに漬けておくだけなので、「1億~2億円程度で建設できる」と岩元社長は言う。

課題は酵素を作用させる工程の短縮化。岩元社長によれば、セルロースからグルコースに3日かかっている期間を1日に縮減できれば、トウモロコシと同じ程度の生産コストになるという。既にそのメドが見ついたことから、日本環境設計は来年にも、事業化に向けて大手商社や化学メーカーと組んで大規模なエタノール製造プラントの開発も進めていく考えだ。

ジャガイモの廃液からも

農作物の加工工場などで発生する廃棄物から、エタノールにする取り組みも進んでいる。竹中工務店は、ジャガイモのでんぷん工場が発生する廃液や

「水」の力でセルロースを分解 竹中工務店が開発したエタノール生成技術



残りかすを再利用して、エタノールを生成する技術を開発している。2010年の実用化を目指す。

国内最大の生産地である北海道では、1年間に200万トン以上のジャガイモが生産されている。このうち半分の100万トン程度がでんぷん製造用に使われる。しかし、このジャガイモから取れるでんぷんの量は20万トン前後。残りの8割は、廃液や残りかすとして処分される。同社の子会社である竹中土木が、この廃液処理の事業を手がけている。

ジャガイモの廃液や残りかすには、綿と同様にセルロースが含まれる。しかも、木片などに比べると、セルロースの分解を阻害する不純物の含有量も比較的少ない。そこに目をつけた同社の環境・エネルギー本部、水谷敦司・資源循環エンジニアリンググループリーダーは、エタノールの生成プロジェクトを立ち上げた。

水を374度、気圧を22.1メガパスカル(217気圧、メガは100万)まで加温・加圧すると、「超臨界」と呼ばれる気体と液体が共存する状態になる。気圧が高くなると沸点も上がる。この中では、どんなに分解しにくい有機物でも短時間で分解する。

竹中は2000年頃から、この超臨界水で生ごみを分解してバイオガスの生

成に取り組んでいる。水谷リーダーはこの技術を応用して、セルロースをグルコースに分解する技術を開発した。

超臨界ではなく亜臨界

まず、ジャガイモの廃液や残りかすを百数十度に温度を上げ、数メガパスカルに加圧する。廃液・残りかすに含まれる水分を、超臨界の一步手前である「亜臨界」の状態にするためだ。すると、セルロースが分解して、数分間でほとんどがグルコースに変わる。その後は日本環境設計の技術と同様に、酵素を加えてグルコースを発酵、蒸留してエタノールを取り出す。

超臨界の状態にしないのは、「エタノールの生成に必要とするエネルギー量を抑えるため」(水谷リーダー)。水を超臨界の状態まで加温・加圧すると、かなりのエネルギーが必要になる。研究の過程で、亜臨界の状態でもセルロースを分解できると確認できた。そのため今回は、エタノールの生産コストの低減で亜臨界の状態にとどめた。

天然資源の乏しい日本にとって、利用価値の低い廃棄物からエネルギーを生み出す技術は不可欠と言える。「エネルギーの自給自足」と「CO₂の25%削減」という両方の目標を達成するためにも、バイオエタノール技術の重要性はさらに高まりそうだ。(中島 勇) ■