



保育園の園児たちが木路歩来に遊びに来ました

着任のごあいさつ	1
特集『木質バイオエタノール』	
木材からエネルギーを取り出す	2
バイオマスからの液体燃料について	5
バイオエタノールとは	9
木材から糖をつくる（木材糖化）	12
水産系廃棄物を利用した木材の耐朽性向上技術の開発	16
行政の窓	
〔道立施設への北海道型ペレットストーブの率先導入〕	18
林産試ニュース	19



着任のごあいさつ

北海道立林産試験場長 浅井 定美

林業，林産業が再生の時代を迎えています。

木材価格がピークにあったのは，昭和55年（1980年）です。第二次オイルショックのあとでした。以後，木材価格は下がりつづけ，ついに往時の3分の1にまで落ち込み，2年前には，国産材は世界一安い木材になりました。が，今ははっきり反転し，長期上昇トレンドに乗っているように思われます。また，前に戻してはなりません。

今から10年前，平成9年（1997年）といえば，住専問題を契機に日本経済は金融不況のどん底でした。拓銀が経営破綻し，企業の倒産が続き，私はその年末に，林業・林産業の金融担当者として，木材関係の制度資金の弾力運用の要請に主な金融機関をまわっていました。しかし色よい返事はなかなかなく，どの機関も「金融ビッグバン」にそなえて自己資本比率の確保のため新規貸し出しを抑えていました。それでなければ銀行は生き残れないし，木材産業などお先まっくら，そんな雰囲気でした。金融機関の考えだけでなく，行政も業界も展望が開けない点では同じでした。「立ち枯れる林業」などという新聞見出しさえ出たのです。

でも，10年は，一昔。

北海道での実感はともかく，アメリカ経済の好調，BRICs諸国の成長，ユーロ経済の発展のなかで，日本経済も復調し，デフレスパイラルという言葉はもう聞かれません。

この間，中国の驚異的な経済成長などを背景に資源インフレが進行し，国際木材需給の逼迫^{ひっばく}で海外からの原木輸入が急速に減少しています。一方，戦後，営々として植林された我が国の人工林資源は利用可能な段階に入り，日本の森林蓄積は史上最高になっています。かつていわれた「国産材時代」というより，国内の木材・木製品の製造業にとって，原木は「国産材しかない」時代，地場資源が優位の時代になりました。

地球の温暖化などの環境問題や，安全・安心と健康が注目されています。

「暮らしの『木づかい』は，森づくり，環境への貢献」

「林業・木材産業は，持続可能な地球の未来を開く産業だ」

この主張を強めようではありませんか。

時代の風をとらえ，北海道の森林の恵みを最大に循環させるため，林産試験場は木材の付加価値向上の先頭に立ちたい。

6月はじめに着任し，そんなことを考えています。

皆様のご指導，ご協力をよろしくお願い申し上げます。

木材からエネルギーを取り出す

利用部 再生利用科 山崎 亨史

はじめに

1997年に京都で開かれた気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3、京都会議）では、温室効果ガスの排出削減が議論され、そのときに採択された京都議定書が、2005年に発効となりました。



この温室効果ガスの中で、最も発生量の多いのが二酸化炭素（CO₂）です。このCO₂の増加は、主に化石燃料をエネルギーとして利用していることに原因があり、化石燃料の使用量を減らすことが求められています。

化石燃料に代わるエネルギー源として、バイオマス、中でも木材に対する期待が高まりつつあります。そこで、木材からエネルギーを取り出す方法についてご紹介します。

バイオマスとしての木材

化石燃料の使用量を減らすために、太陽光や風力などの再生可能エネルギーが注目されており、その一つにバイオマスも含まれます。バイオマスとは生物由来の資源で、石油などの化石資源を除く有機物のことです。バイオマスも燃料などとして利用する際に、CO₂を発生しますが、発生したCO₂は再び植物の働きで有機物に変換されることから、成長量と使用量のバランスが取れていれば、大気中のCO₂を増加させることになりません。この考え方をカーボン（炭素）ニュートラル（中立）と呼んでいます。

このバイオマスの中で、その資源背景（^{ふぞん}賦存量）から最も注目されているのが木材です。木材は古くから薪炭としてエネルギーに利用され、その主役を担っていました。しかし、時代の変遷とともにエネルギーの主役は木材から、石炭、石油へと移ってきました。これは、20世紀の大量生産、大量消費が求められた時代背景において、コストが優先されるようになり、手間のかかる木材は敬遠されるようになって

たのでしょう。しかしながら、木材がエネルギー資源であるという事実は今も昔も変わりありません。

木材は何からできているか

表1に平均的な木材の元素組成を示します。重量割合において最も多く含まれるのが炭素で、木材の重さのほぼ半分を占めています。すなわち、木材は重さの半分を炭素として固定しているといえます。ですから、CO₂の削減のためにエネルギーとして利用することも重要ですが、それ以前に木材をふんだんに、長い間、木材製品として使うということも、炭素の固定、CO₂の削減の意味で重要なことです。

表1 木材に含まれる元素の割合（%）

	重量割合	元素割合*
炭素	49.5	32.09
酸素	44.0	46.36
水素	6.0	21.42
窒素	0.1	0.06
灰分	0.4	0.08

*重量割合と原子量から算出

元素の割合で見ると、木材は炭素（C）、水素（H）、酸素（O）の3種類の元素が99%以上を占めています。これらの割合は、C:H:O=1.5:2.1:1.0¹⁾として表すことができます。

一方、これらの元素がどのような成分として存在しているかですが、木材は、草本類を含めた高等植物同様、植物体の骨格をなすセルロース、ヘミセルロース、リグニン（3大主要成分）で構成されています。木材におけるこれらの成分の含有量は、セルロースが約50%、ヘミセルロースが20～30%、リグニンは30～20%、そのほかに抽出成分や無機成分などが0.5～5%程度となっています。

セルロースはグルコース（ブドウ糖）が直線状に長く連なった多糖類です。ヘミセルロースも多糖類ですが、グルコースやマンノースなどの6炭糖（ヘキソース、炭素6原子を持つ）とキシロースやアラビノースなどの5炭糖（ペントース、炭素5原子を持つ）

が複数結合したもので、直線状ではなく、枝分かれしています。

一方リグニンは、フェノール類であるフェニルプロパン骨格をもつ構成単位が複雑に結合した立体的な構造をしています。リグニンの構成単位は針葉樹、広葉樹、草本植物で異なっています。

これらの成分で構成されている細胞壁の構造は、鉄筋コンクリートに例えられ、セルロースは鉄筋、リグニンはコンクリート、ヘミセルロースは鉄筋をとめる針金に当たります。鉄筋にあたるセルロースは、結晶化して束（マイクロフィブリル）となり、その周りをコンクリートにあたるリグニンが固め、ヘミセルロースは両者のつなぎ役のような働きをしています。このような構造を持ったものをリグノセルロース系材料とかリグノセルロース系バイオマスと呼び、その代表が木材です。

直接、燃やす

木材の一番単純なエネルギー利用は、直接燃焼させることです。古くから薪として使われてきました。木材のように灰分が少なく有機物が多いものは灰分の多いものとは比べ、比較的高い水分でも自燃（そのものだけで燃やすことができる）させることができ、自燃限界の水分は 70%程度²⁾です（含水率で表すと 233%）。一方、樹木を伐採したばかりの生材の水分も、高いものでもほとんどが 70%以下³⁾となっており、水分が多いと着火させるのは困難で、熱もほとんど発生しませんが、燃やすことは可能と思われます。さらに、他の水分の多いバイオマスと異なり、放置しても腐らずに乾燥が進むので、燃料として利用できるようになります。

最近では、薪よりも扱いやすい木質ペレットやブリケットなどが普及しつつあります⁴⁾。産業用では、木屑炊きボイラーやペレットボイラーなどがあります。これらの中には、熱源として利用するだけではなく、蒸気タービンによる発電を組み込んだコジェネレーション（CHP）を行っているところもあります。

ここで、木材がどれぐらいエネルギーを発生するかを考えてみます。木材が燃焼により発生するエネルギーは酸化熱で、CO₂ と H₂O を発生します。木材は C と H に加え、もともと O を持っています。その O も



CO₂ や H₂O となるため、その分を差し引いた残りがエネルギーを発生すると考えることができます。それは、含まれる O がすべて H₂O に変換されたと仮定すると、ほぼ C が CO₂ になる分です。ただし実際には、含まれる化合物の形態によって発生するエネルギー量は多少異なります。

バイオマスの発熱量の推定は、 $HHV=C_0 \times 45.71 - 2.70$ (MJ/kg) の計算式から求めることができます⁵⁾。ここで、HHV は高位発熱量、C₀ は炭素含有率を表しています。なお高位発熱量とは、総発熱量とも呼ばれ、発生した燃焼ガスに含まれる水（水蒸気）の潜熱（気化熱）も含めた値です。この式による推定値は、汚泥を固体化したバイオソリッドなどを除き実測値とほぼ一致すると紹介されています²⁾。なお、実際の木材は 18.4 ~ 22.6MJ/kg^{2, 6, 7)} (1kg あたり 4,390 ~ 5,390kcal 発熱する) の範囲にあります。

熱分解による利用

熱分解は、得るものの対象が、炭、ガス、液体によってそれぞれ炭化、ガス化、液化と呼ばれています。熱分解の方法としては、直接木材を燃焼させながら、空気（酸素）の量を減らすことで不完全燃焼を引き起こす直接法と、空気を遮断し、外から熱を加える間接法があります。一般的な炭焼きは前者です。間接法には、電熱式や燃焼熱利用のほか、マイクロ波で対象の内部から熱を発生させ、熱分解を起こさせる方法もあります。

熱分解でガス化を目的とする場合、ガス化剤と呼ばれる気体が用いられます。ガス化剤には、空気（N₂ + O₂）、酸素、水蒸気、二酸化炭素などがあります。

またこの他に、水熱熱分解があります。水熱状態とは、水に熱と圧力を加え、高温・高圧にすることで液体と気体の区別がつかなくなる状態、臨界点（373℃、22.1MPa : 1cm² に 226kg の圧力が加かった状態）を超える超臨界や、その一步手前で反応性に富む亜臨界のことです。熱と圧力が加えられることにより、熱分解反応を水の中で起こすことができます。目的とする対象によって水熱液化、水熱ガス化と呼ばれます。

ガス化によって得られるガスは、ガス化剤や温度などの条件によって割合は異なりますが、CO、CH₄、H₂ の燃焼性ガスと、CO₂、H₂O が混ざったものになります。逆に、液体燃料など化学合成を目的とするならば、用途から求められるガス成分構成となる条件でのガス化により合成ガス（化学原料となるガス）を

得て、液体燃料などの合成に用いることとなります。なお、合成ガスからの液体燃料や熱分解液化については、次の記事の「バイオマスからの液体燃料について」をご覧ください。

製紙工業におけるエネルギー

最後に、日本の製紙工業におけるバイオマス利用状況を紹介します。

現在、日本の製紙工業では、木材を紙の原料となるパルプにする際、薬品を用いる化学パルプの一つであるクラフトパルプ法を用いることが主流となっています。このクラフトパルプ法では、チップと薬液を釜につめて蒸解することで、リグニンを蒸解液に溶出させて除去（脱リグニン）し、セルロースを主体とした繊維としてのパルプを得ています。パルプ化を終えた蒸解液には、リグニンやヘミセルロースが薬液に溶けた状態にあり、黒液と呼ばれています。この黒液は、薬品の回収のために、固形分 50～80%程度まで濃縮された後、専用のボイラーで燃焼されます。このとき、含まれている有機物が、黒液を燃やすこととなります。薬品の回収が目的ですが、同時に、発生した熱は、蒸気や電力に変換され利用されています。

製紙産業では、エネルギー消費量の約 31%を黒液の燃焼によってまかなっています⁸⁾。そして、日本におけるバイオマスの利用実態で見ると、実際に利用されている全てのバイオマスエネルギーにおいて、

黒液は、原油換算による割合で 48%（一部廃木材を含む、2002 年度実績）程度あり⁹⁾、バイオマスの中では最も利用が進んでいます。

また、最近では黒液の利用のほか、化石燃料に代えて、廃木材などを燃やすボイラーの導入も進められています。

参考資料

- 1) 右田伸彦ほか編：木材化学 上巻、共立出版（1968）
- 2) 日本エネルギー学会編：バイオマスハンドブック、オーム社（2002）
- 3) 宮島寛：木材を知る本（北方林業叢書第 61 集）、北方林業会（1992）
- 4) 山田敦：木質系バイオマスのサーマルリサイクルに関する提言、林産試だより、2006 年 10 月号
- 5) D.L. Klass：Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals, Academic Press（1998）
- 6) 林業試験場編：木材工業ハンドブック 新版、丸善出版、p899（1973）
- 7) J. G. Haygreen and J. L. Bowyer：Forest Products and Wood Science, 3rd ed., Iowa State University Press（1996）
- 8) 日本製紙連合会ホームページ：
<http://www.jpa.gr.jp/ja/chikyu/energy/kokueki.html>
- 9) 平成 17 年総合資源エネルギー調査会需給部会（2005）

バイオマスからの液体燃料について

利用部 再生利用科 檜山 亮

はじめに

地球温暖化の原因のひとつである二酸化炭素排出削減のために、化石燃料からバイオマス資源由来の燃料への転換が求められており、バイオマス利用のための協力や研究開発競争が世界規模で行われています。2007年2月には東京で、世界のバイオマス利用、ビジネスおよび研究の動向に関する情報を交換するための会議「国際バイオフューエル会議 2007 (International Biofuel Conference 2007)」が開催されました。

ここではその会議で情報提供のあった液体燃料に加え、その他の基礎研究段階の液体燃料についても紹介したいと思います。なお、バイオエタノールについては、次の記事「バイオエタノールとは」で詳しくご紹介します。

(1) 植物性油脂から作るバイオディーゼル燃料

バイオディーゼル燃料 (Bio-Diesel Fuel, 以下 BDF と記載) は、ほぼ実用段階まで技術開発が進んでいます。使用済み天ぷら油の回収がニュースに取り上げられることも多いため、比較的なじみがあるバイオ液体燃料かもしれません。

家庭や飲食店などで不要になった天ぷら油などの廃植物油は、ろ過をした後に若干の化学処理 (図) をするだけでディーゼルエンジンに投入することができるようになります¹⁾。

BDF は石油由来のディーゼル燃料よりも低温で粘性が強くなってしまう場合が多く、冬の北海道で使用

する場合には原料の選別や製造段階で多少の工夫がいるようです。石油由来のディーゼル燃料に BDF を混入することにより燃焼効率が上がって、燃費の向上と排ガスの有害物が減少する効果があります。また排ガスからはかすかに天ぷらのような香りを感じる場合があります。

BDF には他に、ストレート・ベジタブル・オイル (SVO) 方式もあります。これは、その名のとおり植物油をそのままディーゼルエンジンに投入する方式で、天ぷらかすなどの不純物をろ過するだけで、グリセリンなどの副生成物を発生させずに作ることができます。ただし、低温での流動性が、先述した脂肪酸メチルエステルよりもさらに低いため、燃料タンクとエンジンルームにヒーターを備える必要があるようです²⁾。

日本国内における廃食用油脂の発生量は 45 ~ 57 万 t で、そのうち未回収で未利用の廃油は 15 ~ 27 万 t であり、これを変換すると 30 万 kL 程度の BDF を作ることができます¹⁾。しかし、未回収廃油を完全に回収するのはなかなか難しいですし、仮に完全回収したとしても、国内のディーゼル燃料消費量は約 4,000 万 kL なので、廃植物油由来の BDF で代替できる部分は 1% 未満に過ぎません。また、バイオマスニッポン総合戦略 (農林水産省) で掲げる、2010 年における輸送用バイオ燃料 50 万 kL という当面の目標にも届きません。そこで油脂を採取することができる植物を育てる試みがなされています。菜の花を遊休農地で育てて (写真) ナタネ油を取ろうとする試みや、東南アジアでのアブラヤシ (パーム) プランテーション等がそれにあたります。国産のナタネ油の大

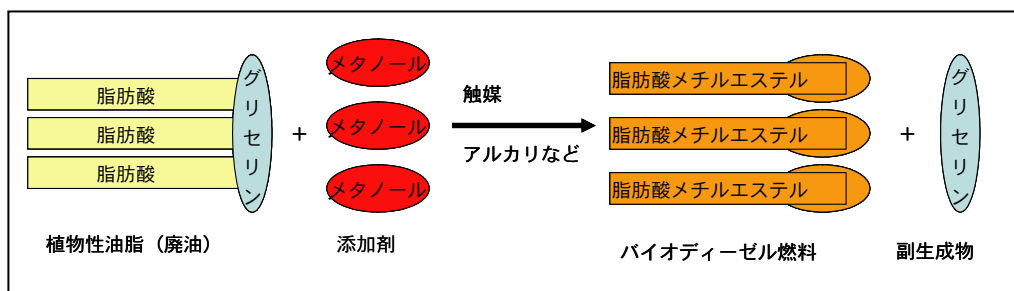


図 植物性油脂からのBDF (脂肪酸メチルエステル) の合成の模式図



写真 菜の花畑（滝川市にて撮影）

幅な増産はコスト的に難しく、現状ではバイオ燃料 50 万 kL を達成するためには東南アジアなどから油脂を輸入することになりそうです。

ただし、アブラヤシから作った BDF は低温で流動性を失いやすいため、北海道のような寒冷地では利用が難しいかもしれません。また、アブラヤシ等のプランテーションに関しては、食糧生産との競合や、森林生態系の大規模な破壊および住民の権利侵害などに気をつける必要があります³⁾。

このような背景から、筆者は農産物や外国の森林から採れる油脂ではなく、北海道の森林から油脂を採取することができないかと考えてみました。寒冷地の樹木から油を採取するとなると、クルミや松の実といった脂質の多い種実類（ナッツ類）が思い浮かびます。実際、食用のクルミは水分を除いた成分の約 7 割が脂質⁴⁾です。しかし、その採集や処理のコスト、資源量などを計算すると、とても燃料には使えそうにありません。

(2) 木質資源からつくる液体燃料

油脂からつくる BDF にも供給量に限界がありそうだ、ということで考えられるのは、北海道に豊富に存在する未利用木質資源をエネルギー



資源として有効活用することです。間伐材や廃材の有効利用は、化石燃料由来の二酸化炭素削減になる上、健全な森を育てることやゴミの減量にもつながります。以下では、木質バイオマスをどのような液体燃料に変換することができるのか、また、できた

液体燃料がどのような性質を持っているのかということについて紹介します。

①木材を熱処理して得るバイオオイル

バイオマスを熱処理してできる油状物質をバイオオイルといいます。木質バイオマスから作ったものは木質バイオオイルとでも言えるでしょうか。木質バイオオイルの製法には大きく分けて二通りあって、無酸素状態で 500℃に急激に温度上昇させる方法⁵⁾と、300℃、10MPa 程度の高温高压の水で処理する方法（水熱処理）⁶⁾です。木質バイオオイルの生成時にはガスと炭状物質も生成されますが、この副生物を燃焼させて熱を回収するとプロセスの熱効率が良くなります。

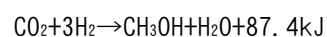
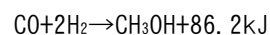
木質バイオオイルは木材成分が熱分解してできた液体ですが、高分子成分を含むため粘度が高く、一部が熱で変性して酢酸などの有機酸を生成するため酸性（pH2～3）を示します。バイオオイル化により、固体である木質バイオマスがスラリー状（泥状）となり、輸送性を向上させることができ、噴霧燃焼すると液体燃料として使用できるようになります。木質バイオオイルは様々な反応条件での製造が検討されていますが、まだ実用化にはいたっていないようです⁶⁾。

②木材を熱分解してできたガスから作る液体燃料

木材や草本に 700～1000℃前後の熱を加えると主に水素、一酸化炭素、二酸化炭素からなるガスが発生します。この水素と一酸化炭素を用いて、メタノール、DME（ジメチルエーテル）および炭化水素の液体燃料を作ることができます。

(i) メタノール

メタノールは銅と亜鉛を主体とした触媒を用いた加圧条件下で、一酸化炭素と水素、二酸化炭素と水素から次の式のような反応で合成されます⁶⁾。



現在は天然ガスから製造されていますが、木質バイオマスをガス化して得られた一酸化炭素と二酸化炭素および水素からも原理的には同様に作ることができます。

メタノールは炭素数がエタノール（ $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ）よりもひとつ少ないアルコールで、エタノールとほとんど似たような性質を持っています。ただし、エタノールとは二つほど違いがあり、その

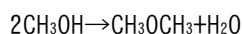
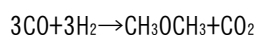
ひとつは毒性です。体重 60kg の人が 25g のメタノールを摂取すると死亡する危険性があり、また少量の摂取でも失明の危険があります。

もうひとつは無水物ができることです。エタノールではいくら精製しても 99.6% 程度の純度までしか精製できずに 0.4% 程度含水してしまうのに対して、100% の無水物を作ることができます。

メタノール 100% 車は排ガスの低公害性が評価され、日本でも関東を中心に 200 台余りが走っています。またアメリカなどを中心に行われるチャンピオンカーという F1 に似た自動車レースでは、メタノールを燃料にしてレースが行われています。

(ii) DME (ジメチルエーテル)

エーテルというのは炭化水素と炭化水素が酸素により結合したもので、下の式のように一酸化炭素と水素、または 2 分子のメタノールの脱水反応から作ることができます⁶⁾。

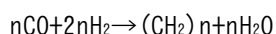


ジメチルエーテルは常温常圧下では気体ですが、比較的容易に液化することができるので液化石油ガスのように扱うことができます。液化石油ガスは日本のタクシーの 95% 程度が採用している燃料です。排ガスがメタノールと同等かそれ以上にクリーンなため、実用化も期待されており、大量生産のための技術開発が行われている段階です。

バイオマスを原料とした生産ではありませんが、北海道白糠町において DME 実証プラントが平成 18 年まで稼動し、天然ガスから生成した一酸化炭素と水素を合成して効率よく DME を生産することが可能であるという実証データが得られています。

(iii) 炭化水素

バイオマス由来のガスを合成してガソリンや軽油を作る試みです。次式に示す一酸化炭素と水素から炭化水素を合成する反応は 1923 年にドイツの研究者フィッシャーとトロプシュラによって報告されたもので、FT 合成反応と呼ばれます⁶⁾。



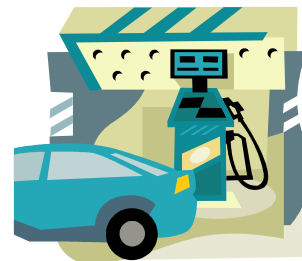
生成した炭化水素の内、n が 5 ~ 11 のものがガソリン、12 ~ 22 のものが灯油と軽油となります。

石炭や天然ガスを原料とした大規模な FT 合成による液体燃料製造でも、まだ石油を精製する場合のコストを下回ることができていません。しかもバイオマス由来では、原料の収集コストを考慮すると石炭や天然ガスより小規模になりがちなので、コスト面でさらに不利となります。効率良く合成を進める触媒の開発などが必要となっています。

③ガソリンにもディーゼル燃料にも混ぜられるブタノール

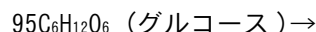
ブタノール (C₄H₉OH)

はアルコールの一種で、エタノール (C₂H₅OH) より炭素数が多く、親水性が低いことから、ガソリンとの相性が良いことから、現行のガソリンエンジンを改造することなく任意の割合で混合することができます。



そのため、エタノールよりも有望なガソリン代替燃料と期待を寄せる専門家も増えています⁷⁾。また、ブタノールは前述した植物性油脂由来の BDF に混ぜて、着火性の改善および黒煙排出抑制の効果をj得ることができます。

ブタノールは現在石油から製造されていますが、糖の微生物による発酵からも得ることができます。この発酵はアセトン・ブタノール発酵と呼ばれ、微生物の種類によって生成物の割合は少し変わりますが、代表的な化学式は



$60\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}+30\text{CH}_3\text{COCH}_3+10\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}+220\text{CO}_2+120\text{H}_2+30\text{H}_2\text{O}$ となっていて、グルコースからの重量収率で 26% のブタノール、10.5% のアセトン、2.7% のエタノールを得ることができます⁶⁾。

日本でも戦中戦後の石油不足の時代に研究開発および生産が盛んに行われていましたが、石油化学が隆盛する 1960 年代頃に姿を消しました。

現在、生物工学の発展とバイオマス燃料の需要の高まりから、このアセトン・ブタノール発酵が見直されており、微生物研究の競争が激化し始めています。

ブタノールは、エタノールと原料が同じですし、製造設備も大きく異なるわけではないので、エタノール製造設備をほんの少し改造するだけでブタノール生産が可能になります。もしかすると、エタノール向けに開発されている木材糖化液もブタノールの生産に使用されることになるかもしれません。

おわりに

現在のバイオマス液体燃料に関する技術開発動向をまとめると、バイオエタノールやバイオディーゼル燃料の実用化に向けて技術開発が進められている一方で、メタノールやブタノールなどでも画期的な成果を目指して基礎研究が進められている、といったところです。

現在の文明は燃料も化学材料も石油に大きく依存していますが、いつまでも現在と同じように石油を使用していくのは難しいので、少しずつ石油からバイオマスへとシフトして行く必要があります。そのためにはバイオマスを液体燃料に変換する技術の開発をさらに進展させていくことが不可欠となると思われます。

参考資料

- 1) 坂 志朗：わが国における木質エネルギーの現状と将来展望，新エネルギー導入促進セミナー「木質資源の有効利用と導入普及の知恵」配布資料，2006年9月18日
<http://www.nedo.go.jp/nedohokkaido/event/photo/180921baio/01saka.pdf>
- 2) “天ぷら油→ディーゼル燃料 北海道オリンピック，ろ過装置開発 車両改造も請負”，北海道新聞朝刊，2007年5月8日
- 3) NPO 法人バイオマス産業ネットワーク：バイオマス白書 2007 ダイジェスト版，NPO 法人バイオマス産業ネットワーク（2007）
- 4) 文部科学省：五訂増補日本食品標準成分表，第2章五訂増補日本食品標準成分表（本表），5. 種実類
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu3/toushin/05031802/002/005.pdf
- 5) 本間千晶：林産試だより 2001年3月号，2-3
- 6) 日本エネルギー学会編：“バイオマスハンドブック”，オーム社（2002）
- 7) 湯川英明：RITE Bioprocess, International Biofuel Conference2007 配布資料，2007年2月2日

バイオエタノールとは

利用部 再生利用科 山崎 亨史

はじめに

温室効果ガスである二酸化炭素 CO₂ の削減に向け、バイオマスエネルギーが注目されています。その一つとして、最近、バイオエタノールが注目されています。主にガソリンに添加して化石燃料の使用量を減らそうと、日本においても、まずは、体積で 3% を加えた E3 の普及を進めています。また、次の段階として 10% を添加した E10 も予定されています¹⁾。なお、海外では既に E25 が使われていたり、E85 などが検討されていたりします。

エタノールとは、いわゆるエチルアルコール (CH₃CH₂OH) のことです。そしてバイオエタノールは生物資源であるバイオマスを発酵させて得るエタノールで、別な言い方をすれば、アルコール度数の高い蒸留酒、焼酎のようなものです。エタノールの生産方法としては発酵のほかに、合成があります。合成エタノールは、石油由来のエチレン (H₂C=CH₂) に水を加えて、触媒下で高温、高圧をかけて製造されます。

合成エタノールの場合、水分をほとんど含んでいませんが、発酵エタノールは蒸留によって濃度を高めても水分が残るので、バイオエタノールとしてガソリンに添加するためには、蒸留後、フィルターなどを通すことで純度を 99.5% 以上に高める必要があります。

発酵エタノールは通常、酵母菌がブドウ糖 (グルコース: C₆H₁₂O₆) や果糖 (フルクトース) などの 6 炭糖 (炭素元素を 6 個持つ糖) を栄養として、CO₂ とともに代謝されたものです。焼酎などの酒類は発酵エタノールであり、バイオエタノールともいえるでしょう。そこで、バイオエタノールの製造方法や利用方法について、お酒を例にしながらお話しします。

砂糖などの糖を用いる

前述したように、酵母菌はブドウ糖や果糖をエネルギー (栄養) 源として利用し、その際にエタノールと CO₂ を排出します。また、ブドウ糖 1 分子と果糖 1 分子が結合したショ糖、すなわち砂糖も利用できます。実際、パンづくりでは、小麦粉に砂糖を入れた

うえでイースト (酵母) 菌で発酵させ、酵母は砂糖からエタノールと CO₂ を作り出し、この CO₂ がパンをふくらませています。なお、エタノールはパンを焼く際に蒸発してなくなっています。



糖分を発酵させたお酒の代表がワインです。ワインはぶどうに含まれる糖を発酵させたもので、シャンパンのように発酵時の CO₂ をビンに残したスパークリングワインもあります。



バイオエタノール原料として考えられている糖作物は、砂糖の原料でもある、沖縄などで栽培されているサトウキビと、北海道のビート (てん菜) があげられます。

でん粉質からのお酒

でん粉は複数のブドウ糖が結合したもので、人を含め多くの生物の栄養に使われています。人の場合は、唾液中の酵素、アミラーゼにより、でん粉を麦芽糖 (マルトース、ブドウ糖 2 つが結合したもの) に、小腸で分泌されるマルターゼで麦芽糖をブドウ糖へと消化し、体内に取り込まれエネルギーとして利用されます。お酒の場合も、酵母はでん粉を利用できないため、でん粉を糖に変換 (糖化) してから発酵に用いられます。でん粉質を使ったお酒で一般的なものに、ビールと日本酒があります。

ビールの原料は麦ですが、麦を発芽させた麦芽では、でん粉をエネルギーに利用するための酵素がつけられます。この酵素が働き、でん粉が糖



化されることにより、酵母が使える糖となり、この糖から酵母はエタノールと CO₂ を作り出します。

一方、日本酒の場合は糖化のために麴こうじを用います。麴は蒸した穀物にコウジカビを繁殖させたものであり、このコウジカビがでん粉をエネルギーに利用す



るための酵素をつくり出します。この酵素はでん粉を糖に変え、お米を使ったものは甘酒となります。なお、この甘酒にはアルコールは含まれていません。酵母を加えてアルコール発酵させることで、日本酒になります。

草や木からはどうか？

草や木などの植物の骨格をなすセルロースは、でん粉と同じブドウ糖が結合したもので、 $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表されます。しかし、その結合は全く異なります(図1)。そのため、でん粉を分解する酵素では分解できません。

セルロースを分解する酵素はセルラーゼと呼ばれていますが、このセルラーゼを持つ生物は限られています。草食動物は草を食べ、そのセルロースを栄養に変えています。その草食動物であっても、自身がセルラーゼを持っているわけではなく、体内の微生物が草のセルロースを消化しているに過ぎません。

また、その状態も、結晶化したセルロースの束をリグニンが取り囲んだリグノセルロースとして存在しているため、酵素も直接働きにくくなっています。草食動物が反すうで、何度も草をかみ砕く理由もこのことにあるのでしょう。

木材は草に比べ、さらに分解されにくくなっています。これは草が短期間で分解され土に返っていくのに対し、木は数年経っても形が保たれていることと通じることです。

このため、木材からのお酒は聞いたことがないと思います。とはいえ、過去には、製紙会社において、針葉樹を原料としたパルプ化法の一つであるサルファイトパルプ法が用いられていて、廃液に含まれる糖からエタノールを生産しており、日本のアルコール生産量(1956年)の29%を占めていた²⁾ こともあるようです。しかし、石油からの合成アルコールの出現や、パルプ化の主流がクラフトパルプ法に替わったことで、糖を回収することもなくなり、エタノールの生産も現在は行われていません。

以上のように、木材の成分はエタノールの原料となる糖を持ち合わせています。木材糖化については次の記事で紹介しますが、糖作物やでん粉より利用しにくいのも事実です。しかしながら、エネルギー用としてのエタノールを生産するに当たり、糖やでん粉は人の食料であることから、食料との競合のないリグノセルロースから生産すべきとの声も多く、技術開発が急がれます。

なお最近では、リグノセルロース資源からのエタノール生産を目指し、グルコースなどの6炭糖だけでは

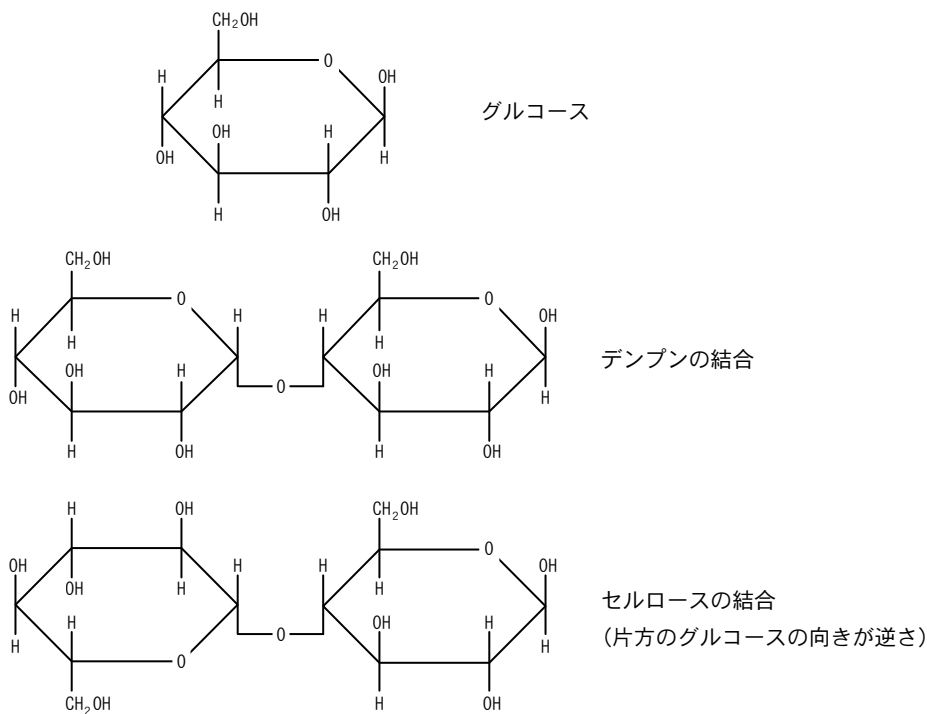


図1 デンプンとセルロースにおける結合の違い

なく、ヘミセルロース由来の5炭糖も同時にエタノールに変換することのできる微生物が人工的につくられています。

自動車燃料としての動向

世界初の量産自動車は、開発当初、エタノール仕様のエンジンでした。しかし、燃料価格の面でガソリン仕様に変更され発売されました²⁾。ガソリンを燃料とするエンジンはエタノールでも動くようになってきました。しかし、実際の自動車の燃料に使用することはどうでしょうか？



エタノールは、ゴムなどから水分を奪うことで劣化を促進させる、あるいは、金属を腐食させるなどが考えられます。そのため、既販車はE3までの使用が可能とされています。ただし、最近開発された国産の普通車はE10まで対応しているようです。また、アメリカやブラジルでは、E85までであれば、どのような混合比にも対応できるフレックス燃料車 (Flexible Fuel Vehicle) の導入が進んでいます。このように、自動車産業においても、バイオエタノールへの対応が進められています。

なお、日本では現在、「揮発油等の品質の確保等に関する法律施行規則」によって、エタノールは3% (体積百分率) まで、次で紹介するETBEは7%までしか添加することができません。E10の実現には今後、法の改正を含めた対応も必要となります。

エタノールの代わりとしてのETBE

エタノールは、お酒が水割りなどのように飲まれていることでも分かるように、水と良く混ざり合います。これに対し、ガソリンと水は、「水と油」であり、当然、混ざり合いません。一方、精製されて水分をほとんど含んでいないエタノールは、ガソリンに混ざり合いますが、空気中の水蒸気がエタノールと結びつくことで、ガソリンと分離するおそれがあります。また、エタノール添加によって、ガソリンの揮発性が高まるため (共沸現象、混合により沸点が低くなる)、大気汚染を懸念する声も上がっています。

これらの問題の対策として、エタノールをそのまま添加するのではなく、ETBE (エチル・ターシャリー・ブチル・エーテル) として添加する方法もE3の実現方法の一つとして検討されています。ETBE 混合ガソ

リンは水分が混入した場合でも、ETBE がガソリンと分離することがないため、現在のガソリンの流通システムを変更する必要がありません。

この ETBE ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OC}(\text{CH}_3)_3$) はエタノールとイソブチレン ($\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$) を原料として合成されます。元々は合成エタノールを用いて合成されていたのですが、バイオエタノールを使用することで、その分はバイオエタノールと同様に、ガソリンに添加することができ、 CO_2 の排出から除外されます。なお、ETBE のE3相当は、7% (体積百分率) 添加です。

日本の石油連盟は ETBE の使用を推進しています。2007年4月27日から首都圏で販売を開始されたバイオガソリンは、経済産業省の補助事業として石油連盟が流通実証として販売しているもので、ETBE を配合したものです³⁾。

なお、この ETBE も分離や共沸の問題がないという利点がありますが、毒性に関するデータが不十分であると敬遠している国もあり、日本でも今後、エタノールと ETBE のどちらがよいか、議論されることでしょうか。

おわりに

バイオエタノールは、ガソリンに添加して使用することで、化石燃料の使用量を減らす有効な手段と考えられます。しかし、その原料は食料や飼料と競合することから、海外の情勢で砂糖や輸入飼料の価格が上昇しています。日本はこれらの資源の多くを輸入に頼っており、より低価格が要求されるエネルギー用の原料を確保するのは難しい状況にあります。

北海道では、とち財団が中心となり規格外小麦やビート (てん菜) からのエタノールを検討されています。しかし、資源としては木材や、稲わらや豆がらなどの農産廃棄物に含まれるリグノセルロース系の資源が豊富に存在することから、これらを用いたエタノール製造技術の早期確立が期待されます。

参考資料

- 1) 環境省ホームページ：
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_ecofuel
- 2) 柴田和雄，木谷収編：バイオマス 生産と変換 上巻，学会出版センター (1981)
- 3) 大聖泰弘，三井物産 (株) 編：図解バイオエタノール最前線，工業調査会 (2004)
- 4) 石油連盟ホームページ：
<http://www.paj.gr.jp/eco/biogasoline/index.html>

木材から糖をつくる（木材糖化）

利用部 再生利用科 山崎 亨史

はじめに

木材は、糖が結合してできたセルロースとヘミセルロースを含んでいます。その割合は樹種によって異なりますが、おおよそセルロースが50%、ヘミセルロースは針葉樹で20%、広葉樹で30%であり¹⁾、多くの糖を含んだ材料といえます。



糖は、エタノールの原料になることに加え、生分解性プラスチックであるポリ乳酸などの化学製品の原料にもなることから、木材から糖を取り出す安価な方法があれば、脱化石燃料に向けた重要な技術といえます。

ここでは木材の糖化技術を紹介します。

セルロースとヘミセルロース

木材の半分を占めるセルロースは、グルコース（ブドウ糖）が直線状に結合したものです。このセルロースを取り出し、加水分解することで単糖化されたグルコースを得ることができます。このことを木材糖化と呼んでいます。しかし実際には、セルロースの多くはそれら同士が水素結合という比較的強い結合により束になって結晶化しています²⁾。さらに、その周りをリグニンが取り囲んだリグノセルロースという形で存在していて、糖として利用するには、リグニンが障害となっています。

一方、ヘミセルロースは、セルロースとリグニンの間に不均一に存在し、セルロースと水素結合、リグニンとは化学結合しています²⁾。リグニンなどと結合しているため、水には溶け出しませんが、セルロースと異なり、希アルカリなどにより比較的容易に抽出することができます。ヘミセルロースは軽度の加水分解でオリゴ糖や単糖に分解できます。ヘミセルロースに含まれる糖の種類は樹種によって異なり、一般的には、広葉樹は針葉樹より5炭糖（炭素元素を5個持つ糖、ペントース）が多くなっています。ヘミセルロースから得られるキシロース（5炭糖）はキシリトールの原料にもなりますが、木材からヘミセル

ロースを抽出して利用するには付加価値が高くなければ経済的に成り立たず³⁾、キシリトールも現在はコーンコブ（トウモロコシの芯）などからつくられています。



北海道法

50年近く前、北海道で、濃硫酸を使用して木材から主に結晶グルコースを生産するプロジェクトが存在しました⁴⁾。その研究開発には主に林産試験場の前身である北海道立林業指導所が当たり、外部委託による研究を含め濃硫酸による木材糖化法が開発されました。この技術は世界的にも名の通った「北海道法（Hokkaido process⁵⁾）」と呼ばれています。この方法ではまず、チップを蒸煮することで、含まれるヘミセルロースをプラスチック原料になるフルフラールとして取り除いた後、濃硫酸を加えセルロースを糖化します（表1）。糖化したものから、固体のリグニンを取り除き、得られた液体をイオン交換膜によって硫酸と糖液に分離するという方法です。

表1 濃硫酸による木材糖化法

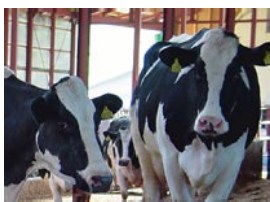
処理工程	硫酸濃度	作用	
		従来の濃硫酸法	NEDO一段法
前加水分解	0~5%	ヘミセルロースの可溶化	X
固液分離		液体：フルフラールなど 固体：セルロース+リグニン	
乾燥		↓	
硫酸添加	70~80%	セルロースの可溶化	セルロース、ヘミセルロースの可溶化
主加水分解	30~40%	セルロースの単糖化	セルロース、ヘミセルロースの単糖化
後加水分解		固体：リグニン 液体：硫酸+グルコース	固体：リグニン 液体：硫酸+グルコースとヘミセルロース由来の5炭糖、6炭糖
固液分離		↓	↓
硫酸の回収、濃縮	30~40% ↓ 70~80%	硫酸：糖液	硫酸：糖液
製品		結晶グルコース	エタノール原料

この技術を実用化するため、北海道が出資した(株)北海道木材化学が工場を建設し、操業を開始しました。しかし、様々なトラブルが発生し、2年足らずで工場は閉鎖されてしまいました。

この後、砂糖(ショ糖)の値段が下がったこともあり、林産試験場では木材糖化について、最近までほとんど検討されてきませんでした。

木質飼料

一方、多糖類であるセルロースの利用法として、1985年ごろ、木材から牛の粗飼料をつくる研究が行われていました⁶⁾。牛が主として食べている牧草も、木材と同じリグ



ノセルロースです。しかし、木材の場合、木化が進むことでリグニンが沈着し、硬く、そして分解されにくくなっています。このままでは、体内で糖に分解できないため、高温高圧による蒸煮処理、あるいは爆砕することで、リグニンの結合を壊してやります。これにより、セルロースの分解酵素、セルラーゼが働けるようになり、餌として利用できるようになります。このとき用いられていたのはシラカンバなどの広葉樹です。針葉樹はリグニンが多いためか、広葉樹より酵素分解が進まなかったようです。

木材糖化

木材糖化とは、セルロースの糖同士の結合に水分子 H₂O を反応させて一方に H、もう一方に OH を加えることで、C₆H₁₁O₆- (C₆H₁₀O₅)_n が C₆H₁₂O₆ + C₆H₁₁O₆- (C₆H₁₀O₅)_{n-1} となる、加水分解のことをいいます(図1)。なお、加水分解は端から起こるとは限りません。

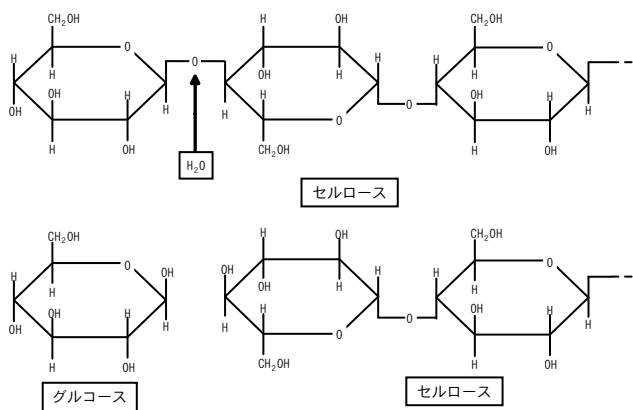


図1 セルロースの加水分解によるグルコースの生成

木材の糖化方法には、北海道法で用いた硫酸や塩酸などの酸を用いた酸加水分解、セルラーゼによる酵素糖化があります。また、最近水を高温・高圧にした亜臨界水による水熱糖化の研究が盛んに行われています。

酸加水分解は、前述の酸が用いられることが多いのですが、他に硝酸、リン酸などの無機酸や、ギ酸、トリフルオロ酢酸などの有機酸なども実験的に用いられることがあります⁶⁾。この酸加水分解にも濃酸法と希酸法がありますが、これらは異なった反応であるため、酸濃度のほかに温度や時間も異なっています。なお、これらの酸は触媒として働いており、酸自体の変性はありません。

酵素糖化は酵素によって加水分解を行う方法ですが、飼料のところでも述べたように、木材そのままでは酵素がセルロースを取り込むことができないため、前処理が必要になります。前処理の方法としては前述の爆砕や蒸煮処理、微粉碎、パルプ化などの脱リグニンが考えられます。

水熱糖化は、反応性の高くなった亜臨界水により加水分解を引き起こして糖を得る方法です。しかし、反応の起こる条件が続くと加水分解で生成した糖も、熱分解してしまうため、特定成分を回収する方法が課題となっています⁷⁾。

このような方法がある中で、国内ではエタノール生産に向け、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)からの委託により(社)アルコール協会らが濃硫酸法を検討しています⁸⁾。また、大阪府堺市でバイオエタノールジャパン関西(株)が建設廃材から希硫酸法によるエタノール生産プラントの操業を始めています⁹⁾。岡山県真庭市では、バイオマスタウン構想の一部として、木材工業の廃木材や林地残材から、希硫酸や酵素などによって糖化した後、エタノール生産を生産するプロジェクトを立ち上げています¹⁰⁾。

林産試験場の取り組み

現在、林産試験場では、北海道法の新展開として、まずはNEDO一段法⁷⁾を参考に濃硫酸法による廃木材の木材糖化技術を検討しています。濃硫酸法を検討している理由は、希硫酸法に比べ比較的低い温度条件であることや、硫酸を回収して再利用することなどが優位に働くと考えるからです。

一方、原料は建設廃木材、特にCCA(クロム・銅・ヒ素系防腐剤)処理木材など木材以外の成分を含むも

のを検討しています。これらは廃棄物として処理料金をもらうことで、デンプンに比べコスト高となる糖化の埋め合わせができると考えられます。

表 1 に濃硫酸法の流れを示しています。北海道法などの従来の濃硫酸加水分解法は、主として、木材からヘミセルロースを取り除く前加水分解工程、セルロースの結晶をくずして硫酸に溶かし出す主加水分解工程、溶け出たセルロースを単糖化させる後加水分解工程からなります。一方、NEDO 一段法は、前加水分解工程を省略し、ヘミセルロースをセルロースと一緒に糖化させます。これは、北海道法の主製品が結晶グルコースであるのに対し、NEDO 一段法はエタノールであり、ヘミセルロースに含まれる 5 炭糖もエタノールに変換できる技術が開発されたことによります。

濃硫酸法では、硫酸を回収し再利用することがコストに影響してきます。使われる硫酸は、主加水分解工程で濃硫酸として加えられ、次の後加水分解工程で水が加えられることで硫酸の濃度が薄まることから、再利用するためには回収した硫酸を濃縮しなければなりません。その際、水分を蒸発させるためエネルギーを要します。このことから、コストを抑えるためには、いかに少ない硫酸で糖化させるかが重要になります。

写真 1 は、木粉重量に対し、100%硫酸の重量に換算して 3 倍となる量の 75%硫酸を加えて 40℃で攪拌したものです。なお、黒っぽく見えますが、これはリグニンが硫酸と反応した色で、硫酸に溶け出たセルロースやヘミセルロースは、水を加え、ろ過することで透明な液として得られます。

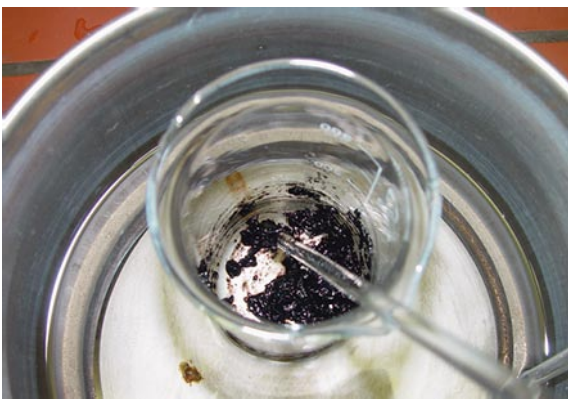


写真 1 濃硫酸による主加水分解

実用化に向けて要求される硫酸の量は木粉の重量とほぼ同じか 1.5 倍程度です。しかし、硫酸の密度は木材の 4 倍、すなわち、体積では木材の 4 分の 1 しかありません。さらに、木粉となるとより高が増すため、重量比が同じでも体積には大きな差があり、硫酸を木粉全体にいきわたらせるのは大変です。

また、硫酸による反応は、木粉表面からセルロースがジェル状に溶けでて表面を覆って硫酸の浸透を妨げ、さらに、溶け出たセルロースが液の粘度を上げるなどにより、少ない硫酸量で処理するのは困難です。このため、1.5 倍以下の硫酸で糖化を行うには、ニーダーと呼ばれる強い力で攪拌する混合装置が必要となります。

今回用いた CCA 処理木材は、無処理の木材と同じように糖化が可能でした¹¹⁾。このとき、CCA 成分は、ほとんどが硫酸に溶出しており、実用化のためには硫酸と糖液の分離のほかに、CCA 成分の分離も必要と考えられます。

また、接着剤を含む合板についても同様に糖化が可能でした。接着剤については、一部が溶出するとともに、硫酸の濃度が下がったときに、溶出したものが析出してくるなどの現象も見られました。

おわりに

バイオエタノールの生産に向け、糖の需要が高まり、砂糖や飼料などの価格が上昇しつつあります。これを解消するには、リグノセルロースから糖を得る方法を確認することです。しかし、糖作物やデンプンの糖化よりも技術的に難しく、現状ではコスト高となると考えられます。

濃硫酸法による木材糖化の歴史は古いのですが、実用化のためには、硫酸の量、糖と硫酸の分離など、コストダウンに向けていくつもの課題が残されています。

一方、建設廃木材の場合、廃棄物処理料を徴収できるならば、原料の段階でコストを下げられます。しかしながら、建設物に用いられていた木材にはその性能を高める様々な処理がなされていることも少なくなく、それらが糖化や発酵を妨げることも考えられます。今回、CCA 処理木材と合板を対象に濃硫酸法による糖化を行ったところ、糖化には大きな影響がみられませんでした。溶け出たものが、糖と硫酸の分離を妨げたり、糖液に入り込み発酵や排水に影響することも考えられます。

今後は、濃硫酸法のコストダウン手法に加え、これらの処理薬剤の分離方法についても検討していく予定です。

参考資料

- 1) 川瀬清：新版林産学概論，北海道大学図書刊行会（1982）
- 2) 福島和彦ほか 5 名編：木質の形成－バイオマス科学への招待，海青社（2003）
- 3) 飯塚堯介監修：ウッドケミカルの最新技術，シーエムシー（2000）
- 4) 林産試験場ホームページ：
<http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/yomimono/biomass/ingredient/touka.html>
- 5) H. F. J. Wenzl：The Chemical Technology of

Wood, Academic Press（1970）

- 6) 遠藤展：林産試だより，1986年5月号
- 7) 日本エネルギー学会編：バイオマス用語事典，オーム社（2006）
- 8) NEDO：バイオマスエネルギー高効率転換技術開発／セルロース系バイオマスを原料とする新規なエタノール醗酵技術等により燃料用エタノールを製造する技術の開発 平成13～17年度成果報告書（2006）
- 9) バイオエタノールジャパン関西(株)ホームページ：
<http://www.bio-ethanol.co.jp/>
- 10) 真庭市ホームページ：
http://www.city.maniwa.lg.jp/html/biomass/gaiyo_zone/gaiyo_new.htm
- 11) 山崎亨史，檜山亮，折橋健，関一人：第2回バイオマス科学会議発表論文集，102-103（2007）。

水産系廃棄物を利用した木材の耐朽性向上技術の開発

性能部 耐朽性能科 杉山 智昭

はじめに

北海道は昆布やニシン等を運ぶ北前船の活躍した江戸時代から現在にいたるまで、上質な海産物の一大供給地として知られています。また、道内の水産加工業は豊かな資源を背景に地域経済を支える重要な産業の一つとして時代とともに発達してきました。

しかし近年、不法投棄の厳罰化や処分場の逼迫等により産業廃棄物の処理費用が増大したため、水産加工製品の製造過程で生じる残さの取り扱いが大きな問題となってきました。

なかでも代表的な北海道の味覚であるカニについては、その製品加工にともない大量のカニ殻が残さとして発生します（写真1）。



写真1 水産加工により発生する大量のカニ殻

現在、カニ殻は肥料として、あるいは凝集剤、健康食品、化粧品等の素材として利用されています。その一方で未利用のまま廃棄処分されている例も多いため、廃棄物削減、バイオマス有効利用の観点から、カニ殻の新規用途開発、需要拡大が強く望まれています。

カニ殻にはカルシウムやタンパク質、色素とともにキチンと呼ばれるセルロースと類似した構造をもつ高分子多糖類が多く含まれています。キチン自体は反応性に乏しいのですが、キチンを化学的に変換（脱アセチル化）したキトサン（図1）には金属吸着能、創傷治癒促進効果など様々な化学的、生物学的機能が確認されています。また、一部の菌類に対する抗菌性も報告されているため、その有効活用に期

待がかかっています。ここではカニ殻由来のキトサンを用いた処理により、木材に耐朽性を付与する試みについて紹介します。

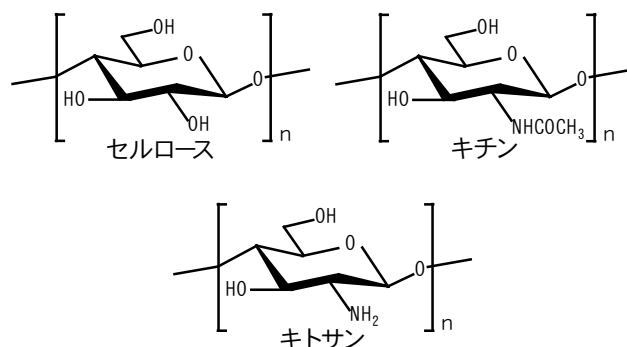


図1 セルロース，キチン，キトサンの化学構造

カニ殻より作製したキトサン溶液の防腐性能

今回の試験ではベニズワイガニの殻より製造したキトサンを薄い酢酸に溶かし、濃度調整したものを木材処理溶液として用意しました（写真2）。



写真2 カニ殻より製造したキトサン溶液

次にスギの辺材（20×20×10mm）に調製したキトサン溶液を注入して、キトサン処理木材を作製し、日本工業規格（JIS K 1571-2004）に準じた防腐性能試験を褐色腐朽菌のオオウズラタケを用いて実施しました。

規格に従って一定期間、木材腐朽菌にさらした後にキトサン処理木材の質量を測定したところ、キトサンによって処理されていない木材（無処理材）の質量が腐朽によって大きく減少していたのに対して（平均質量減少率：45%）、キトサン処理木材については質量減少がほとんど認められませんでした（平均質量減少率：0%）。

JIS 規格では薬剤で処理を行った試験体の平均質量減少率が 3%以下の場合、その薬剤に防腐性能があると判断されます。この基準に照らし合わせると今回カニ殻から作られたキトサン溶液には木材腐朽菌（オオウズラタケ）に対する十分な防腐性能があるものと考えられます。

さらに防腐性能試験後のキトサン処理木材と無処理木材について表面劣化状態の観察を行った結果、キトサン処理木材には顕著な腐朽による欠点（褐変、収縮、崩壊）は認められませんでした。それに対し、無処理木材については大きな欠点の発生が認められ（写真

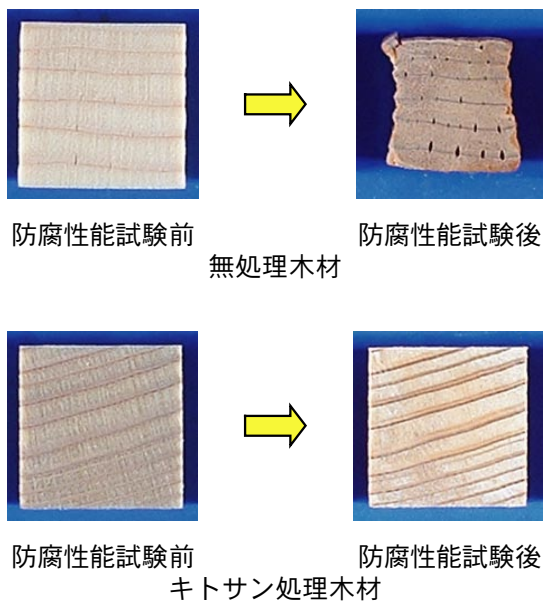


写真 3 防腐性能試験体の表面観察

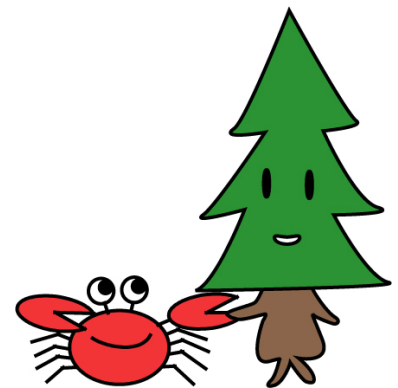
3)、少し力を加えると容易に崩壊してしまいました。

以上の結果をふまえますと、水産加工過程の残さとして発生するカニ殻が宝の山に見えてはこないでしょうか。いつの時代においても、木材保存剤に対しては、「より効果があり」、「より安全で」、「より環境に対する負荷が少なく」、「より低コスト」なものが社会的に望まれています。自然界に大量に存在する天然物由来の多糖類であるキトサンは将来的にこれらの要求をすべて満たすことのできる素材の一つなのかも知れません。

おわりに

カニ以外にも様々な生物によって地球上で合成されるキチン質は年間で 1000 億トンとも推定され、植物が作り出すセルロースに匹敵する豊富かつ貴重な資源と言われています。

近年、鉱物資源や化石燃料への過大な依存から脱却し、環境調和型・循環型社会への移行を目指す上でバイオマス資源の利用拡大が叫ばれています。しかし、キチン・キトサンについてはいまだ限られた用途でしか実際の利用が進んでいません。このような状況を打開し、北海道の水産資源および森林資源の有効利用を推進するためにも、林産試験場と道内企業との共同研究で進めている本検討が一つの糸口になればと願っています。



参考資料

- 1) 古川 郁夫：木材工業，**44**，675-680（1989）。
- 2) M. Morimoto et al.：Trends in Glycoscience and Glycotechnology，**14**(78)，205-222（2002）。

行政の窓

道立施設への北海道型ペレットストーブの率先導入

～木質ペレットの需要拡大をめざして～

◆木質ペレット利用促進

間伐材などの木質バイオマスをペレットに加工し、地域のエネルギーとして活用していくことは、新たな産業おこしや森林資源の循環利用、さらには、地球温暖化防止のためにも大変重要であることから、木質ペレットの利用を促進しています。

◆率先導入の目的

木質ペレットの利用を促進するに当たっては、公共施設での利用拡大を図り、一般住宅や事務所等での利用の先導役を果たしていくことが重要です。

このため、ストーブやボイラーの更新時期を迎える道立施設に、率先して木質ペレット利用機器（ストーブ・ボイラー）の導入を図り、道自らが木質ペレットの利用拡大に取り組むほか、地域住民などに使用施設を実際に見ていただく機会の提供や、実用に関するモニター情報を広く発信することにより、木質ペレットの新たな需要開拓の加速化を図ることとしています。

◆期待する効果

- 産消協働による「北海道型ペレットストーブ」の普及・定着
- 市町村等公共施設や民間施設への導入促進
- 木質ペレットやペレットストーブなど関連産業の育成、雇用の拡大
- 二酸化炭素排出量の削減による地球温暖化防止への貢献

◆北海道型ペレットストーブの開発

道では、厳しい冬を暖かく快適に過ごすことができ、広く道民に愛される北海道型ペレット燃焼機器の開発を促進するため、平成17年10月に「北海道型ペレット燃焼機器の開発指針」を策定しました。この指針に則して、道立林産試験場とサンポット（株）の共同により、比較的安価で、十分な暖房能力や耐久性を持つなど、北海道の地域特性に適したペレットストーブの開発を進めています（一般への販売は年内を予定）。

◆北海道型ペレットストーブの導入状況

対象施設	設置場所	導入時期	台数
石狩森づくりセンター	所長室	平成19年3月	1台
道立林業試験場道南支場	執務室、研修室	平成19年3月	1台



石狩森づくりセンター



道立林業試験場道南支場

(水産林務部林務局林業木材課 需要推進グループ)



●第16回木のグランドフェアを開催します

地球環境の保全から「木育」の究極の目標である人間らしさの形成まで、生活に深く関わる「木」、この木を上手に利用することの大切さを広く道民の皆様知ってもらうためのイベント「木のグランドフェア」を、今年も(社)北海道林産技術普及協会と共同で開催します。期間は、7月28日(土)から8月26日(日)までです。

オープニングフェスティバル(7月28日(土)9:30～16:00)では、バラエティに富んだ木工体験や実験観察などを上川支庁や関係団体、企業、旭川市民の皆さんの協力を得ながら、試験場を広く開放して行います。恒例の我楽多市やキノコ採取、ゲームなども予定しています。ぜひご来場ください。

また期間中、木と暮らしの情報館において「第15回北海道こども木工作品コンクール」の作品を展示します(作品募集は7月10日まで行っています)。

フェアの詳細は林産試験場ホームページ <http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/event/grand/default.htm> をご覧ください。NHK ラジオ第一放送のおはようもぎたてラジオ便「北海道森物語」(7月25日、朝7時49分ころ)でも紹介します。

●サイエンスパーク 2007 のお知らせ

7月31日(火)10～17時、サッポロファクトリーのホール、アトリウムにおいて、「サイエンスパーク 2007」が開催されます(主催:(独)科学技術振興機構、北海道)。道内の多くの試験研究機関・企業が、日頃の研究の中で体験している興味深い事象を子供たちの前で再現してみせたり、工作体験、試作品の提供などを行います。

林産試験場では、木の組織を顕微鏡で観察したり、いろいろな木の精油の香りを楽しんでもらう予定です。また、トドマツの板を釘打ちして「木のペン立て」を作ってもらうことにしています。

普段なかなか経験できない科学体験や工作をお楽しみください。

●あさひかわ工業技術交流会のお知らせ

7月6～8日に旭川市工業技術センターで「あさひかわ工業技術交流会」が開催されます(主催: '07あさひかわ工業技術交流会開催委員会)。

林産試験場からは、CAMソフトの開発により三次元加工が可能になった「チップソーを用いた CNC 木工旋盤」を出展し、プログラムどおりにいろいろな造形物が作り出されていく様子をご覧ください。

●木材加工技術賞を受賞しました

このたび、性能部の菊地主任研究員が(社)日本木材加工技術協会から木材加工技術賞を受けました。「木製防火シャッターの開発と普及」に対する顕著な研究功績が認められたもので、開発製品を製造販売している共同研究先の日本ドアコーポレーション(株)高柳社長と連名での受賞です。

この木製防火シャッターは、従来の木製シャッターが目地からの火炎の貫通や加熱・炭化によるパネルの脱落等を起こしやすかったのに対し、発泡材の採用や目地形状の改良、鋼製カバーの付加などによりそれらの欠点を克服し、屋内・屋外両面の防火性能を飛躍的に向上させたものです。木製としては初めて建設大臣(平成12年当時)の防火認定を取得し、現在でも両面防火性能を有する唯一の木製シャッターとなっています。防火規制の厳しい首都圏を中心に採用されています。

●森林技術賞(努力賞)を受賞しました

このたび、性能部の森耐朽性能科長が(社)日本森林技術協会から森林技術賞(努力賞)を受けました。「北海道の野外環境下における木材・木製土木構造物の耐久性の解明および耐久性予測手法の確立と普及」に対する顕著な研究功績が受賞の理由です。

様々な野外環境で使用されている木材の耐久性を明らかにし、これらの結果をもとに、複雑多様な腐朽、虫害等の生物劣化現象について、被害度の簡易かつ客観的な数値化の方法を提案し、部材の被害度と強度性能との関連づけにより木製屋外構造物の耐用年数を推定する手法を開発したものです。この成果は、北海道が発行する「土木用木材・木製品設計マニュアル」に掲載され、講習会などを通じて広く普及されています。また、木材の公園遊具や土木資材に対する適正使用が図られることから間伐材の利用促進にもつながる成果でもあります。

●場報を発行しました

このたび林産試験場の研究論文集である林産試験場報 21 巻 2 号を発行しました。掲載論文は次の 3 件で、ホームページ上でも公開しています。

- ・道産材を用いた準不燃合板の製造条件の検討（河原崎政行ほか）
- ・北海道における住宅の室内空気質の調査（石井誠ほか）
- ・グイマツ雑種 F1 における繊維傾斜度の遺伝パラメータ推移と早期選抜との関連（再掲）（藤本高明ほか）

<http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/gijutsujoho/kanko/joho.htm>

なお、場報など、今まで林産試験場で発行した刊行物の文献については、ホームページの「刊行物データベース」で検索できますので、併せてご利用ください。

<http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/gijutsujoho/bunken/initial.htm>

●人の動き

◎転出（7月1日付け）

伊藤 晴美	上川支庁総務課総務係 (総務課総務係)
木藤 文雄	釧路支庁林務課林務係 (総務課総務係)

◎転入（7月1日付け）

西崎 嘉	総務課総務係 (上川支庁納税課)
佐々木裕哉	総務課会計係 (森林環境局道有林課)

◎場内異動（7月1日付け）

大谷 亨	総務課財産係 (総務課会計係)
長坂 康弘	総務課総務係 (総務課財産係)

林産試だより

2007年 7月号

編集人 北海道立林産試験場
HP・Web版林産試だより編集委員会
発行人 北海道立林産試験場
URL: <http://www.fpri.asahikawa.hokkaido.jp/>

平成19年7月2日 発行
連絡先 企画指導部普及課技術係
071-0198 旭川市西神楽1線10号
電話0166-75-4233 (代)
FAX 0166-75-3621