

バイオマス利用技術の研究成果

窪田 実

バイオマス資源は再生可能なことから、将来、石油などの化石資源にかわるものとして注目されるようになってきました。なかでも蓄積量の多い木質資源に関心が寄せられ、世界各国で有効利用のための技術開発が進められています。その利用分野は、エネルギー源や化学薬品、食品、飼料など多岐にわたっており、その利用技術も幅広い分野が含まれています。

当場でも、開設以来この問題に取り組んできました。ここでは、木材の化学的、あるいは微生物的処理による利用技術に関して当場の最近の研究を紹介したいと思います。

木質物の飼料化

木材の主成分であるセルロースは、ブドウ糖が数千個あるいは一万個以上も直線上につながった構造をしています。ブドウ糖からできていることではデンプンと同じです。ただブドウ糖のつながり方が両者で若干異なります。そのためデンプンとセルロースではブドウ糖まで分解するための酵素が違います。セルロースの分解酵素はセルラーゼ、デンプンはジアスターゼといいます。多くの高等動物はセルラーゼを持っていないのでセルロースを消化することができません。しかし、牛、山羊、鹿、キリンなどの反芻動物は、胃の中にセルラーゼを持った微生物が共生しているのでセルロースを消化してエネルギー源として利用することができます。ですから、主成分がセルロースである木材を牛などの反芻動物のえさとして利用することができるわけです。



木質飼料による飼育試験

とは言っても木材をそのまま与えてもほとんど消化できません。それは木材のもう一つの主成分であるリグニンがセルロースをがっちり固めていて、簡単にセルラーゼが働くことができないようになっているからです。ですから、木材を飼料とするためにはリグニンの抵抗を弱める必要があります。その方法として、当場では蒸煮処理と微生物による処理の二つの方法を検討しています。

蒸煮処理

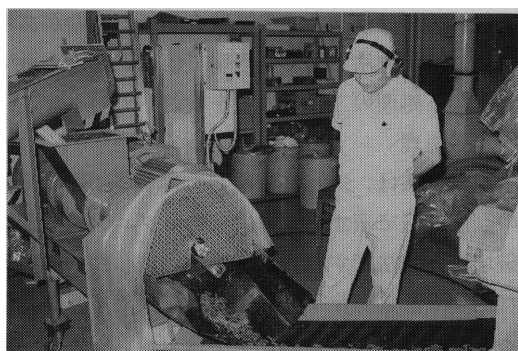
この方法は、チップ状にした木材を180 前後の高圧蒸気で蒸すことによってリグニンの一部を破壊する方法です。表は、蒸煮処理したいろいろな樹種の酵素糖化率を測定した結果です。広葉樹と比べ針葉樹の酵素糖化率が低く、この処理が針葉樹にはむかないこと、広葉樹でもカンバ類が最

各樹種の最大糖化率と蒸煮条件

樹種	蒸煮条件	糖化率
シラカンバ	18kg/cm ² , 5分	73.2%
ダケカンバ	〃 〃	72.2
ウダイカンバ	〃 〃	70.5
シナノキ	〃 〃	63.9
ミズナラ	〃 〃	63.7
ブナ	〃 〃	60.6
イタヤカエデ	〃 〃	59.9
ポプラ	〃 〃	59.1
カラマツ	18kg/cm ² , 5分	34.0%
トドマツ	〃 〃	23.6
チシマザサ	18kg/cm ² , 10分	61.9%

も原料として適していることなどがわかります。

この方法で製造した飼料については、農業試験場、畜産試験場などで飼育試験が行われ、乳牛、肉牛ともに粗飼料としてまったく問題がなく、全乾物量の70%まで給与できることが確認されています。また、木質飼料は、動物の成長に必要なたんぱく質やミネラルに欠けるので、乾草や配合飼料などを組み合わせて与えなければなりません。その手順についてのマニュアルが国の農林水産技術会議で作られています。また、現場では、給飼作業の簡略化や輸送コストの低減、採餌量の増加などを目的として木質飼料と配合飼料を混合してペレット化する技術の開発などを行っています。



木質飼料のペレット化

微生物処理

この方法は、リグニン分解能の高い担子菌（きのこ）や糸状菌などの微生物を使って、稲わらや木材などを消化性の高い飼料に変換しようとするものです。この方法のポイントは、できるだけセルロースの分解が少なく、リグニンを選択的に分解する菌を探すことにあります。

稲わらについては、食用きのこを対象とした選抜試験を行っています。選抜にあたっては、米ぬかのような栄養源を加えなくても活性が高い菌であること、そして特別な施設を使うことなく、自然条件下（ビニールハウスを使う程度）でも簡単に飼料化できることを目標としています。これまでの室内実験の結果、タモギダケに稲わら培地に適する菌株が認められました。この菌の特徴として、菌糸の生長が早く、培地の重量減少率が少なく、かつ稲わらの酵素糖化率も比較的高くなることが認められました。そこで、この菌を使い、めん羊で飼育試験ができる程度の規模の処理試験を行う予定です。

木質系重金属吸着剤

樹皮や樹葉には、カドミウム、銅、ウラン、亜鉛などの重金属を補足する成分が含まれています。また木材中のセルロースやヘミセルロースも化学的に改質すれば重金属補足能を付与することができます。

これまで、いろいろな樹種の樹皮や木粉、針葉などについて、重金属の吸着挙動を調べました。その結果、樹皮は重金属の吸着量が多く、総量で1kgの樹皮が0.10~0.25モルの重金属を吸着し、特に、シナノキ、トドマツはウランを、ヤチダモ、オニグルミはカドミウムを選択的に吸着しました。針葉樹の葉は、樹皮よりも重金属の吸着量が低く、4kg当たり0.05~0.10モルでした。木部はさらに低く、1kg当たり0.02~0.05モルでした。

しかし、針葉の場合、アカマツ、クロマツなどマツ属の針葉ではウランを極めて選択的に吸着する特徴のあることが認められました。

また、木部については、リン酸エステル化処理

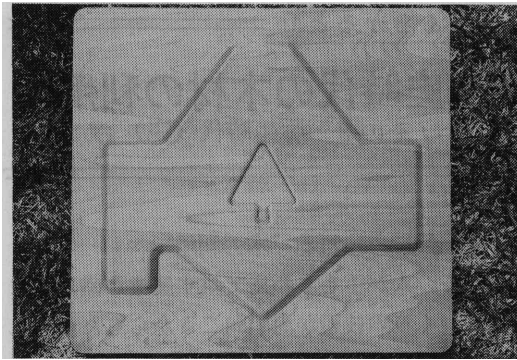
(木粉にオルトリン酸と尿素、ジメチルホルムアミドを加え、150℃で1時間反応)をすると、カドミウム、銅などを1kg当たり1.0モル吸着し、市販吸着剤の約 $\frac{1}{2}$ の能力を持つようになることが明らかとなりました。

吸着剤原料として、経済性などを考慮すると、無処理でも高い吸着能を持つ樹皮が適していると考えられますが、樹皮には水溶性の成分が多く含まれています。ですから、二次公害を防ぐため、水溶性成分をあらかじめ除去しておくか、あるいは不溶化する処理が必要です。不溶化する方法としてはホルマリン処理(ホルマリンの酸性水溶液中で50℃、1時間処理)が効果的です。ホルマリンを処理したトドマツ、ドロノキの樹皮は1kg当たり約0.4モルの重金属を吸着しました。また、針葉をホルマリン処理するとウランの選択吸着性が増加するので、ウランの回収剤として期待されます。現在は、実際の産業排水処理を想定した実験を行い、経済性も含めた検討を行っています。なおこの研究は宮崎医科大学と共同で進めています。

木材の可塑性

固体に力を加えていくと力の強さに比例して変形していきますが、ある点で加える力が一定であるにもかかわらず、どんどん変形していく性質を塑性といいます。またこのような性質を付与することを可塑性といいます。木材は塑性に乏しい材料です。ですから、木材の成型加工は切削と接合を組み合わせるによって行われていますが、塑性を付与すればプラスチックのように扱うことが可能となります。

ところで、木材にはまったく塑性が無いわけではありません。木材が水で膨潤するとわずかながら出現します。これに熱が加わるとさらに可塑性されます。この原理を応用して昔から、煮たり蒸したりすることによって曲げ木が作られてきまし



アルカリ処理による成型加工例

た。また最近では、電子レンジで料理するように、飽水木材をマイクロ波で加熱して曲げ加工する方法も開発されています。これらの方法は材が熱いうちだけ曲げが可能です。さらに、水よりも強く木材を膨潤させる試薬、例えばアンモニアを含浸させると常温でも曲がるようになりますが、この方法は、薬剤が含浸している状態で曲げ加工しなければならぬので、刺激臭の強い薬剤を使う場合には特殊な装置が必要です。

当场では、常温、常圧下でアルカリ水溶液(カ性ソーダなど)に浸せきするだけで曲げ加工が可能になる方法を開発しました。処理方法は、まず材料を10~15%濃度のカ性ソーダ水溶液の中に入れて内部まで十分薬剤を浸透させます。次に、しみこんだ薬剤を水洗して完全にとり除きます。そしてぬれている状態で所定の形に固定し、乾燥して製品にするというものです。このように、この方法は処理が簡単で、特殊な装置を必要とせず、処理材にある程度の水分(50%が最適)があれば、いつでも曲げ加工のできることが特徴です。ただし、欠点もあります。それは乾燥に伴う収縮の大きいことです。現在、この技術は、クラフト、工芸品などの分野で利用されていますが、より付加価値の高い用途への応用研究が進められています。

(林産試験場 利用部)