

# 木質粗飼料の品質はどのくらいバラツクか

松 本 章

## バラツキは自然界ではあたり前

北海道における木材の用途は建築用とパルプ用が圧倒的に多く、両者で全需要の90%近くを占めています。

建築用として木材を使う場合は、主としてその強度的性質が重要視されます。しかし、例えばトドマツの曲げ強さが650kg/cm<sup>2</sup>ぐらいと一般に言われていても、それはあくまでも無欠点材の平均値であって、その強度試験結果をみると異常に低い値もありますので実際の使用に際しては、安全を十分見越した方法が講じられなければなりません。

一方、パルプ用として木材を使う場合は、木材中の化学成分であるセルロースを主たるターゲットとして取り出して紙などを作っています。木材中にはセルロースのほか、リグニンとヘミセルロースという成分も含まれています。通常、これら3成分の割合は、針葉樹ではセルロースが45～50%、リグニンが25～30%、ヘミセルロースが15～20%で、一方広葉樹ではそれぞれ45～50%、20～25%、20～25%とされています。しかし、これらの値は樹種によって当然変わり、同じ樹種であっても生育環境により異なります。その上、1

本の樹木であっても幹や梢<sup>こぶ</sup>、更には枝などその部位により差があります。

このように、もともとバラツキのある木材に対して、人間が手を加えて何かを作ろうとして、その時の処理あるいは加工条件をいかにコントロールしても、その結果（製品の性能）がバラツキのは避けられません。あとはいかにしてそのバラツキを小さくするか、あるいはそのバラツキの程度を事前に知っておき、その製品を使った時のトラブルを少なくするかが重要になります。

ここでは、このような原木を用いて飼料を製造したとき、得られた木質飼料の品質のバラツキはどの程度であったかということ述べてみます。

## どんな原木を使ったか？

試験に用いた樹種はシラカンバ、シナノキおよびナラで、1985年8月末に旭川林務署管内当麻事業所第74林班から採取したものです。全部で20本の樹木を伐倒しましたが、各樹種についてそれぞれ胸高直径がおよそ10、15、20および25cm前後のものを採取しました。伐倒後はそれぞれの樹木の幹の部分について、5、10、15および20cmの太さ

供試樹木の胸高直径、樹高および樹齢

シラカンバ				シナノキ				ナラ			
No.	胸高直径	樹高	樹齢	No.	胸高直径	樹高	樹齢	No.	胸高直径	樹高	樹齢
1	24.0(cm)	19.7(m)	41	1	21.0(cm)	17.8(m)	31	1	23.0(cm)	12.5(m)	43
2	15.0	17.8	35	2	14.0	12.9	21	2	15.5	12.7	23
3	14.5	17.8	32	3	13.5	14.7	28	3	12.5	13.0	35
4	13.0	12.0	35	4	13.5	15.9	31	4	10.0	12.7	34
5	12.5	15.0	34	5	11.0	9.1	38	5	8.5	9.5	37
6	9.5	14.9	20	6	10.0	10.5	24	6	7.5	10.4	22
7	9.0	9.2	23	7	10.0	9.0	24				

のものを110cmの長さに裁断し、1本の木の部位別性状のバラツキを調べるための試料としました。なお、5cm前後の枝の採取可能なものについても同様に検討しました。

伐倒した樹木の胸高直径、樹高および樹齢を表に示しました。

### チップを蒸煮しその栄養価を評価する

長さ110cmの丸太の樹皮を手むきにより取り除いた後、チップにかけ原料チップを調整しました。

このチップを圧力18kg/cm<sup>2</sup> (209 )の蒸気で5分間蒸煮しました。これは各樹種について、最高の栄養価が得られる蒸煮条件です。したがって、この条件で蒸煮しますと、原料の間(個体あるいは部位別)にかりに蒸煮のされやすさに差があったとしても、それぞれの原料については最高の値が得られるわけですから、この時の値のバラツキは理想的には最小になるはずですが、次に蒸煮が十分進んでいないような条件の場合、蒸煮のされやすさに差があると、得られた蒸煮チップの栄養価にも差がでますので、そのような蒸煮条件として12kg/cm<sup>2</sup> (191 )で10分間という条件を選び蒸煮しました。

蒸煮チップの栄養価は次のようにして求めました。まず、蒸煮後のチップ水分はおよそ40%前後であり、このままの状態では粉碎できませんので、40の乾燥器の中で10%前後の水分になるまで乾燥します。次にこれをウイレーミルという粉碎機で細かくし、32~60メッシュ(平均粒径約0.37mm)の部分<sup>ふるい</sup>を篩分けして取り出しました。この試料を200mgと、酵素(メイセラゼ)50mgを含むpH4.8の酢酸緩衝液10mlとをL字型試験管に入れ、40で48時間振とうします。この時、酵素は反すう動の栄養源となり得るセルロース系物質を分解して可溶状態にします。溶けないで残った物は非栄養成分ということになりますが、これは主にリグニンから成り立っています。しかし、セルロース系物質がすべて溶け出してくるとは限らず、蒸煮条件が穏和な場合にはセルロースも残存しますので、非栄養成分として測定されることになりま

す。飼料の栄養価とは、このような処理により可溶となった物の割合のことで、一般に「糖化率」という言葉で言い表しています。

### 乾き過ぎたチップはよく煮えない

採取したサンプル数はシラカンパで26個、シナノキで24個、ナラで19個です。この時のチップ水分のバラツキはシラカンパで34~46%、シナノキで39~53%、ナラで29~40%といずれもかなりの幅をもっています。

蒸煮というのは一般に物理的処理と言われているのですが、高温蒸気でチップを処理することになるので、その中では化学反応も起こります。この時、水分の果たす役割は単に熱の伝導という物理的な意味のみならず、化学反応における触媒としての重要な役割も果たします。そのため、前述のチップ水分のバラツキが蒸煮のしやすさ、ひいては糖化率に影響を及ぼすようなことになると、飼料の栄養値のバラツキの原因がはっきりしなくなります。そこでまず、チップ水分が糖化率に及ぼす影響をチェックしました。蒸煮条件は前述の条件です。なお、チップ水分の調整は、50%前後の水分を含

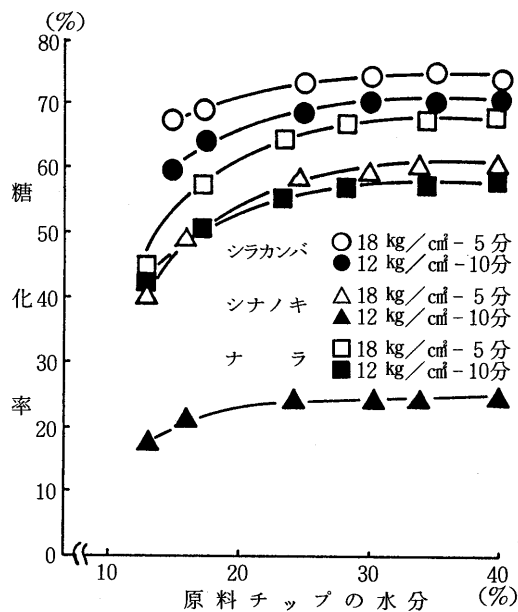


図1 原料チップ水分と糖化率との関係

むチップを室温で乾燥させて行い、およそ40, 35, 30, 25, 20, 15%となったものを用いました。

試験結果を図1に示しました。これによると、いずれの樹種、蒸煮条件についても、水分が30%以上ならば、ほぼ一定の糖化率を示すことが分かります。したがって、今回試験した計69個の試料について、糖化率にバラツキがあったとしても、それは水分の影響ではなく他に原因があることとなります。しかし、水分含量が25%以下では、糖化率が低くなることも明白ですから、製品品質コントロールの際には、まずチップ水分を少なくとも30%以上に保持することが重要です。

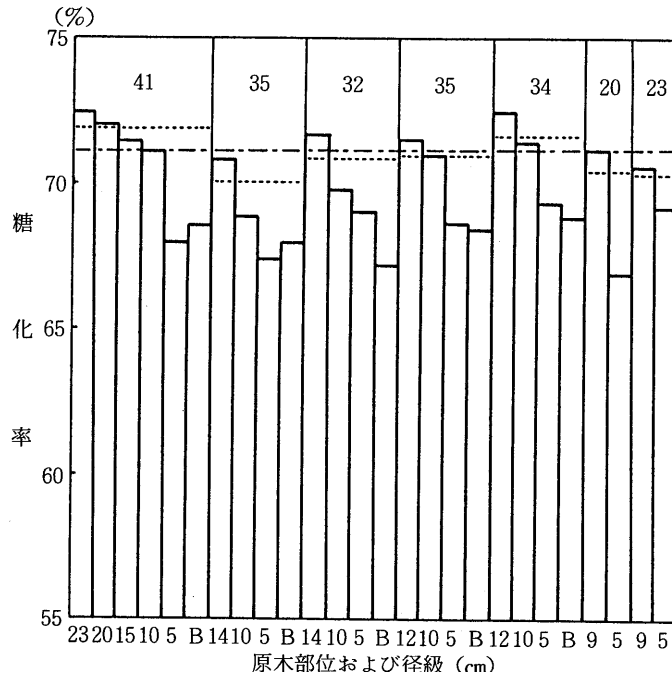


図2 シラカンバの部位別糖化率 (図中数字は樹齢)

### 個体間、幹・梢・枝で糖化率はどうか

各樹種の糖化率測定結果を図2 (シラカンバ), 図3 (シナノキ) および図4 (ナラ) に示します。横軸は各樹種について、採取した部分の太さを表しています。なお、Bは枝を意味しています。点線は1本の樹木について、各部位別の材積を考慮して加重平均したものです。一点鎖線はそれぞれの樹木(個体)の材積を考慮して加重平均したものです(18kg/cm<sup>2</sup>-5分)。

シラカンバでは1本の樹木内における各部位のバラツキ(最大糖化率と最小糖化率の差)は1.4~4.6%で、平均3.6%です。また、図からも明らかのように幹の先の方へいくに従って、いずれの樹木

(個体)も糖化率が小さくなることが分かります。いいかえれば、幹の梢や枝の部分は糖化率が低く

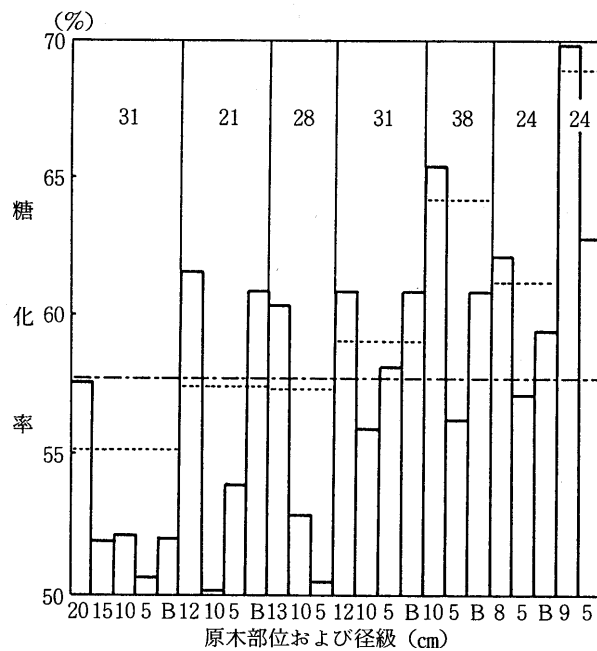


図3 シナノキの部位別糖化率 (図中数字は樹齢)

なるということです。ただこれらの部分は樹木の中に占める材積割合が小さいので、1本の樹木の

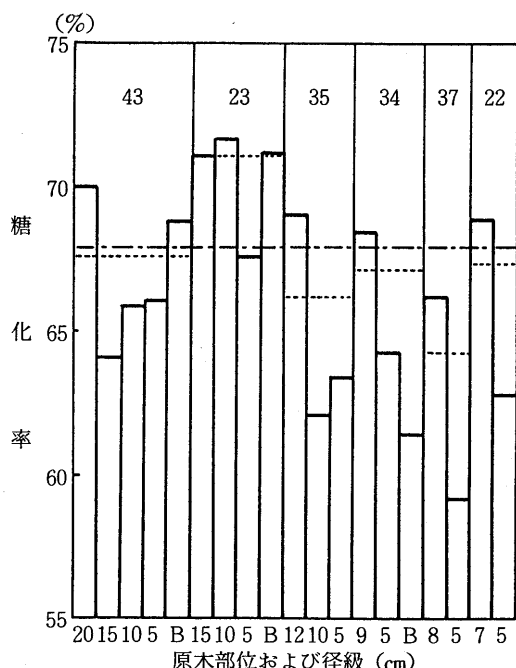


図4 ナラの部位別糖化率 (图中数字は樹齢)

平均糖化率に対する影響は無視できるものと思います。更に各個体の平均糖化率は最大で71.9%、最小で70.0%、平均71.2%です。このように最大糖化率が得られる条件で蒸煮した場合、シラカンバからは非常に糖化率のバラツキが小さい飼料が得られることが分かります。

次にシナノキについて、1本の樹木内における各部位別の糖化率のバラツキをみますと、最小で4.9%、最大では実に11.4%もの差があり、平均でも7.8%で、シラカンバに比較して非常にバラツキの大きいことが分かります。また、シラカンバほどはっきりした傾向ではありませんが、幹の一番太い部分の糖化率はいずれの個体についても高いようです。各個体の糖化率は平均57.7%ですが、最大では68.9%、最小では55.2%で個体間のバラツキは実に13.7%もあります。したがって、もしもシナノキを飼料製造における原料として用いるようなことがある場合には、製品の品質管理に十分配慮する必要があります。

ナラについてはシナノキほどではありませんが、シラカンバよりも大きなバラツキを示しました。

部位別のバラツキの小さいもので4.1%、大きいもので7.0%、平均して6.2%です。各個体の最大糖化率は70.9%、最小糖化率は64.2%平均67.8%で、絶対値、バラツキ共にシラカンバとシナノキの間に位置しています。

一方、12kg/cm<sup>2</sup>で10分という不十分な条件で蒸煮しますと、いずれの樹種も絶対値は小さく、なおかつバラツキが大きくなります。シラカンバでは個体の平均糖化率は60.4%から69.7%まで変動し個体間のバラツキが大きくなりました。さらにこれを部位別にみた場合、56.0%という異常に小さな値を与えたものから、70.5%という18kg/cm<sup>2</sup>で5分という条件で蒸煮したものと大差のないものまで得られました。シナノキやナラでは一層バラツキが大きくなりますが、詳細については紙面の都合で割愛させていただきます。

#### なぜ糖化率に差がでるのか？

これまで多くの樹種を扱ってきましたが、一般に針葉樹は蒸煮されにくく、広葉樹は蒸煮されやすいという結果が得られています。

木材の中の構造を見ると、主要3成分のうち、栄養となるセルロースあるいはヘミセルロースと言う物質（両者合わせたものをホロセルロースと言う）の回りをリグニンと言う物質が固く取り囲んでいます。針葉樹が蒸煮されにくいのは、広葉樹に比べてリグニン含有量が平均10%ほど多く、更にリグニンの構造が広葉樹のそれとは異なるため、セルロースやヘミセルロースなどとの結びつきも、広葉樹の場合とは違うためであろうと一般に言われています。今のところ、決定的な原因は分かりませんが、いずれにしてもリグニンが関与していることだけは明白なようです。

そこで、試験した3樹種の中から、特に部位別に糖化率の変動が大きかった個体について、各3本ずつ選び、通常の木材分析法に従って、原料チップ中の成分分析を行ってみました。測定した項目は熱水抽出率、1%カセイソーダ抽出率、アルコール・ベンゼン抽出率、リグニンおよびホロセルロース含有率です。

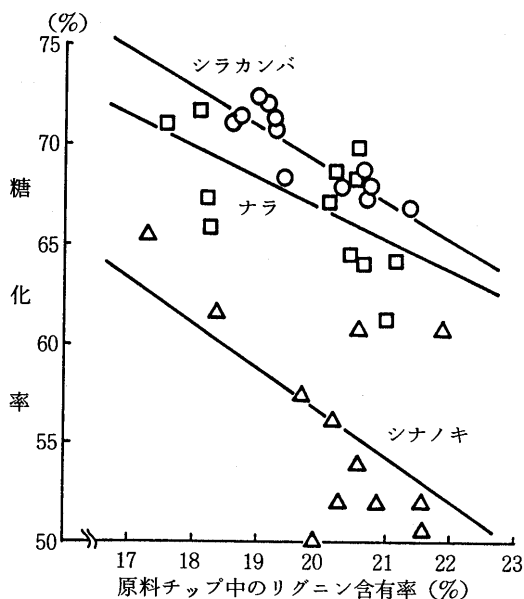


図5 リグニン含有率と糖化率との関係

原料についての各測定値と、蒸煮後チップ（粉砕物）の糖化率との間に、何らかの相関性が認められたのは、やはりリグニン含有率との間にでした。各樹種について、データ数は12～13個と少ないのですが、原料チップ中のリグニン含有率と蒸煮飼料の糖化率との間には、統計的にみて、いずれの樹種も相関性のあることが分かりました（図5）。

シラカンバについては、糖化率と原料チップ中のリグニン含有率との間の相関性が最も高く、相関係数は -0.89 でした。符号がマイナスになっているということは、リグニン含有率が減ると糖化率は上がるということです。他の2樹種についても一応統計的に有意（相関性がある）であるとの結果が得られましたが、シナノキで相関係数が -0.58、ナラで -0.63 でした。これら2樹種ではシラカンバに比べると「リグニン量が減ると糖化率が上がる」という確かさの度合いがやや小さいと言えます。

広葉樹は針葉樹に比べて、確かに蒸煮されやすいと言えます。しかし、同じ広葉樹であっても、これまで述べてきたように、試験した3樹種の内、

同一蒸煮条件下では、シラカンバを用いた時に一番高い糖化率が得られています。

同じ広葉樹の中で、どうしてシラカンバのように蒸煮されやすい（高い糖化率が得られる）樹種とシナノキのように蒸煮されにくい（低い糖化率が得られる）樹種があるのでしょうか？ しかも蒸煮されやすい樹種はその栄養価としての糖化率のバラツキも小さく、シナノキのように蒸煮されにくい樹種はバラツキも大きくなります。

このような事実は、単にリグニンの含有率のみならず、そのリグニンが木材細胞のどの部分に偏在しているのかという、細胞壁レベルの微細構造まで言及されなければ、原因の究明ができない問題かも知れません。

### 実際の生産ではどのくらい品質がバラツクか？

木材を原料とする粗飼料生産が実用化されれば1本の樹木を丸ごと用いますので、糖化率の低い梢や枝などはその材積割合が小さいので、部位別糖化率のバラツキはほとんど無視できます。

この2年間、粗飼料の実用化試験を通じ、シラカンバを原料として一定条件で飼料を生産し、乳牛に対する飼養試験を行ってきました。この間に生産した飼料はおよそ19トンになりますが、品質管理の意味で生産ロットごとに糖化率を測定してきました。そのバラツキは図6に示したとおりです。

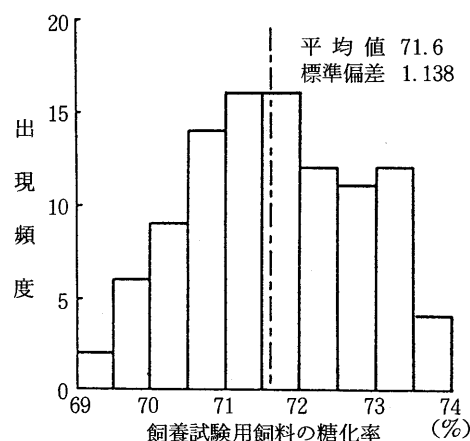


図6 飼養試験用飼料の糖化率のバラツキ

図からも分かるとおり、試料数がかかなり多い割には、糖化率のバラツキは小さいと言えるでしょう。シラカンバは前述したように部位別糖化率のバラツキも確かに小さく、粗飼料生産用の原料としては適した樹種と言えます。しかし、シラカンバはどこにでも大量に生育しているという樹種ではありません。ナラやシナノキの生育割合が多い地域もあるでしょう。畜産が盛んな地域とシ

ラカンバ生育地帯が一致していれば事は簡単です。そうでない地域で木質粗飼料生産を試みる場合、あるいは、何かの事情で梢や枝の多い林地残材などを原料として用いなければならない時には、ここで紹介した「バラツキの程度を事前に予測」すること、それが安定した品質の飼料を生み出すことにつながると言うことを、思い出していただければ幸いです。 (林産試験場 調査科)