

## 木質飼料の製造法と性質

葛 西 章

### はじめに

我が国では、戦時中の食糧難の時代から、農業・畜産業の振興努力によって、今や肉料理を始めバラエティーに富んだ食事を楽しむ時代へと様相は一変いたしました。特に畜産の振興にはめざましいものがあります。しかし、飼料用穀物の大半を海外に依存し、また粗飼料も北海道を除いては慢性的不足を来たし、我が国の畜産業は急成長の姿とはうらはらに、その基盤はきわめて不安定なものといえます。

このため、畜産では国内で自給可能な新たな未利用資源の開発に対しても大きな関心を持つようになりました。

一方、林業についてながめると、我が国の広葉樹およびササの蓄積量は乾重にして5億トン以上、利用可能量を1/4としても1億3,000万トン存在<sup>1)</sup>し、これらの付加価値の高い新たな需要先の開発は、林業、林産業にとっても重要な課題です。この木材やササが飼料として利用可能になると、30%にも満たない我が国の飼料自給率の向上にも寄与することになり、林業、畜産におよぼす効果は大きいと思われれます。

こうしたなかで、農林水産省林業試験場、畜産試験場の共同研究により、蒸煮法といわれる処理法で木材を飼料化する基本技術が開発<sup>2,3)</sup>され、農林水産省の大型プロジェクト研究「バイオマス変換計画」の中で、当场も参画しながら、種々の樹種の蒸煮条件など、飼料化のための本格的な研究が行われました。そのなかで家畜に対する給与

試験も行われ、シラカンバを中心とする広葉樹については、牛や山羊などの反すう動物の飼料として利用できる見通しが立ち、特にシラカンバ飼料については給与マニュアルが作成されました。他の広葉樹類についても、給与マニュアル作成が検討され、近々公表されることになっています。

このように、木質飼料は畜産農家に普及させるための体制が整いつつありますので、その製造法、特徴などについて紹介いたします。

### 木材が飼料になるわけ

木材はセルロース、ヘミセルロース、リグニンの主要3成分からなっております。このうち、75~80%を占めるセルロースとヘミセルロースが栄養源となりますが、これらはリグニンに覆われているため、単に砕いただけでは消化酵素が接触できず、栄養として吸収されることはありません。

しかし、木材を蒸煮法という簡単な方法で処理することにより、リグニンが分解や変質を受けて消化酵素が侵入できるようになるため、セルロースやヘミセルロースが栄養として消化吸収されるようになります。

蒸煮法とは、原理的には繊維板製造の前半の工程に相当するもので、木材チップをオートクレーブで150~200 の飽和水蒸気で10~20分間蒸煮したものを、リファイナーなどの粉砕機で砕く方法です。この温度や時間のかけ方によって、また樹種の違いによって、リグニンの分解の程度も異なるため、消化性も異なってきます。

一般的には、蒸煮温度が高く、時間が長い程、消化率は高くなりますが、ある温度を超えたり、蒸煮時間が長すぎると、消化率すなわち栄養価が下がるだけでなく、製品収率も下がりますので、それぞれの樹種に適した蒸煮条件を選ぶことが肝心です。

### 蒸煮木材の最大消化率

第1表は道産広葉樹類、針葉樹類およびチシマザサの最大消化率と、それを得るための蒸煮条件をまとめたものです。表からわかるように、これらの樹種の持つ栄養源を最大に引き出すためには、チシマザサの18kgf/cm<sup>2</sup>、10分を除いて、いずれの樹種とも18kgf/cm<sup>2</sup>、5分すなわち高压短時間の蒸煮条件を選定すれば良いことがわかります。

また、最大消化率の値はカンバ類はすべて70%以上、シナノキ、ミズナラは約64%、ブナ、イタヤカエデ、ポプラは約60%、チシマザサは62%と高い値が得られます。しかし、針葉樹であるカラマツ、トドマツはそれぞれ34%、24%と広葉樹に対して極めて低く、これらを単独で飼料として用いることができません。したがって、針葉樹を飼料として用いたい場合は、何らかの薬品を併用した蒸煮処理を行うか、広葉樹に混ぜて使うかなどの方法を考える必要があります。

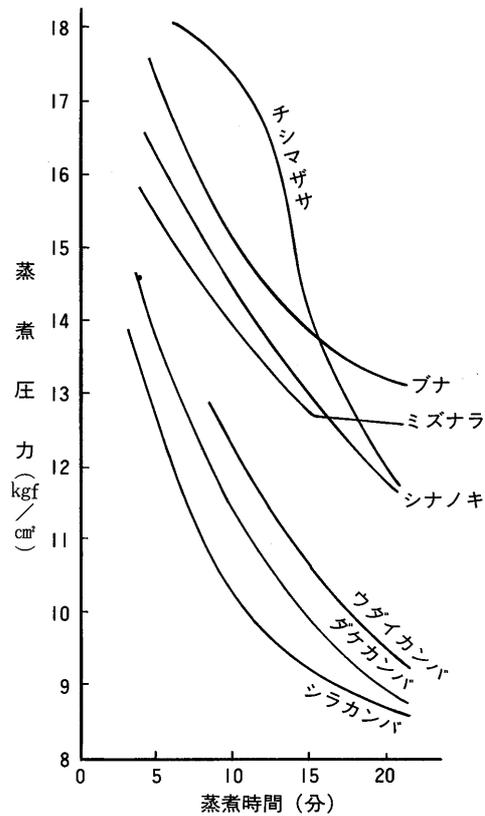
### 消化率を60%にするための蒸煮条件

木質飼料を牛などに与える場合、他の濃厚飼料などを混ぜて栄養のバランスを取ります。この場

合、樹種のいかに問わず、常に一定の消化率のものを供給できれば大変便利です。このため、良質牧草に匹敵するといわれる消化率60%を木質飼料の目標値と設定し、これを得るための蒸煮条件をまとめたものが第1図です。この図から、シラカンバの場合、蒸煮圧力を12kgf/cm<sup>2</sup>にすれば蒸煮時間は6分、10kgf/cm<sup>2</sup>にすれば11分、またシナノキの場合、圧力を15kgf/cm<sup>2</sup>とすれば時間は9分、12kgf/cm<sup>2</sup>にすれば20分などと、蒸煮圧力と時間の組み合わせがわかります。

さて、それでは実際に木質飼料を製造する場合、高压短時間の組み合わせが良いか、あるいは低压長時間の組み合わせが良いのか、生産性および蒸気コストの両面から検討してみました。検討の経過は省略しますが、結果は第2表のようになりました。

ここで蒸煮時間とは所定圧に到達以後の保持時



第1図 消化率60%を得るための蒸煮条件

第1表 各樹種の最大消化率と蒸煮条件

樹種	蒸煮条件	消化率
シラカンバ	18kgf/cm <sup>2</sup> , 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	18kgf/cm <sup>2</sup> , 5分	34.0%
トドマツ	" "	23.6
チシマザサ	18kgf/cm <sup>2</sup> , 10分	61.9%

第2表 消化率60%を得るための最適蒸煮条件

樹種	蒸煮圧力	蒸煮時間	全蒸煮時間
シラカンバ	16kgf/cm <sup>2</sup>	1分	12分
ウダイカンバ	〃	3	14
ダケカンバ	〃	2	13
ミズナラ	〃	4	15
シナノキ	18	3	15
ブナ	18	2	14

間、全蒸煮時間とは所定圧に到達するまでの時間と蒸煮時間との和のことです。表から明らかなように、消化率60%の飼料を得るための最適蒸煮条件はシラカンバの場合は16kgf/cm<sup>2</sup>、1分、シナノキの場合は18kgf/cm<sup>2</sup>、3分のようになり、蒸気発生圧力が20kgf/cm<sup>2</sup>程度の能力を持つボイラーの設置が必要になります。

ところで、道内には割り箸工場がかなりありますが、原料樹種はシラカンバ、シナノキが大半を占めています。したがって、木質飼料の製造を実用化する場合、廃材や設備の一部を用いることができるため、プラントを割り箸工場に併設することも考えられます。この場合、現有設備のボイラーは高々10kgf/cm<sup>2</sup>以下の蒸気発生能力しかありませんので、シラカンバのような消化率を上げやすい樹種でも、6~7kgf/cm<sup>2</sup>程度の低い蒸煮圧力で消化率60%を達成できるように、薬品処理の併用など何らかの方法が今後の検討課題になるものと思われま

### 樹皮の消化率と木部への混入比率

原料コストを下げるためには、皮付きチップの状態での飼料化することが考えられます。このため樹皮の消化率についてもふれておきます。

まず、樹皮の消化率も木部と同様に、蒸煮圧力、時間と共に増加しますが、やはり圧力が高過ぎたり、時間が長過ぎると逆に低下する傾向を示します。しかし、樹皮と木部とのきわだった相異点は、樹皮の消化率が木部に比べて極めて小さい点です。このことを示すため、シラカンバなど8種の樹皮の最大消化率とそれを得るための蒸煮条件を記し

第3表 樹皮の最大消化率と蒸煮条件

樹種	消化率	蒸煮条件
シラカンバ	21.7%	16kgf/cm <sup>2</sup> 5分
ウダイカンバ	17.6	16 5
ダケカンバ	23.6	18 15
ミズナラ	18.1	12 20
シナノキ	34.7	16 20
イタヤカエデ	17.2	18 20
トドマツ	21.5%	12kg/cm <sup>2</sup> 20分
カラマツ	17.3	14 10

第4表 消化率60%を得るための樹皮の混入比率

樹種	混入比率	
	11kgf/cm <sup>2</sup> , 20分	18kgf/cm <sup>2</sup> , 5分
シラカンバ	19.0%	22.1%
ウダイカンバ	13.2	18.7
ダケカンバ	18.0	25.6
ミズナラ	0	7.7
シナノキ	0	10.1

たものが第3表です。表から明らかなように、カンバ類やミズナラ、トドマツなどほとんどの樹種が20%前後、最も高いシナノキの場合でも35%に過ぎず、樹皮の消化率は木部に比べて著しく低いことがわかります。

そこで、消化率60%を得るために木部に混入し得る樹皮の混合割合を、蒸煮条件11kgf/cm<sup>2</sup>、20分と18kgf/cm<sup>2</sup>、5分の例についてまとめてみましたが、結果は第4表のようになりました。この表から明らかなように、シラカンバの場合は11kgf/cm<sup>2</sup>の低圧でも19%まで、18kgf/cm<sup>2</sup>の高圧では22%まで混入可能ですが、シナノキの場合は低圧では0%、18kgf/cm<sup>2</sup>でも10%しか混入できないことがわかります。このように、目標消化率を60%に設定する限り、樹種や樹皮率にもよりますが、皮付きチップを原料として使うには、今後検討すべき点があることに留意する必要があります。

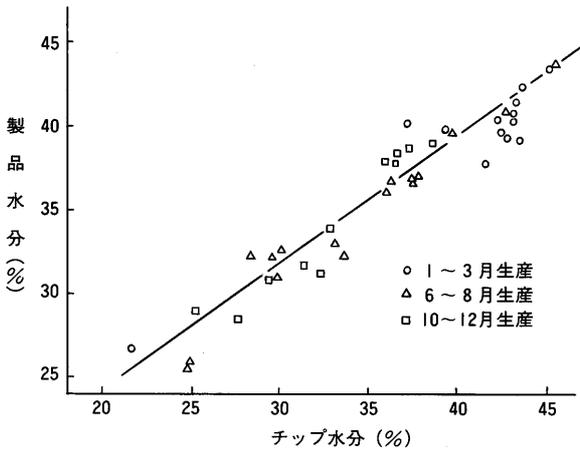
### 原料チップ水分と製品水分、消化率

木質飼料と他飼料の混合量を固定するためには製品水分が常に一定になるように製造することが望まれます。このため、製品の水分を支配する因

子として原料チップ水分に着目し、チップ水分と製品水分の関係を検討しました。結果は第2図に示すとおりです。この製品はシラカンバチップを11kgf/cm<sup>2</sup>、20分の条件で蒸煮したものを、リファイナーで解繊した場合ですが、図から明らかなように、製造時期のいかにかわらず製品水分はおおむねチップ水分の±2~3%程度の範囲におさまっております。したがって、製品水分を一定に保つためには、原料チップの水分をコントロールすれば良いことがわかります。

次に、原料チップの水分により蒸煮効果が影響

を受けるか否かの検討を、シラカンバ、ミズナラ、シナノキを用い、蒸煮条件12kgf/cm<sup>2</sup>、10分および18kgf/cm<sup>2</sup>、5分について行いました。結果は第3図に示すように、いずれの樹種とも蒸煮条件のいかに問わず、チップ水分30%までは消化率に大きな差はありませんが、水分が30%以下になると消化率は急激に低下する傾向があります。特に、繊維飽和点を下回る20~25%以下になると、消化率の低下は著しくなります。このように、原料チップの乾き過ぎは飼料化のマイナス要因となり、チップ水分を少なくとも30%以上に保持するよう留意する必要があります。

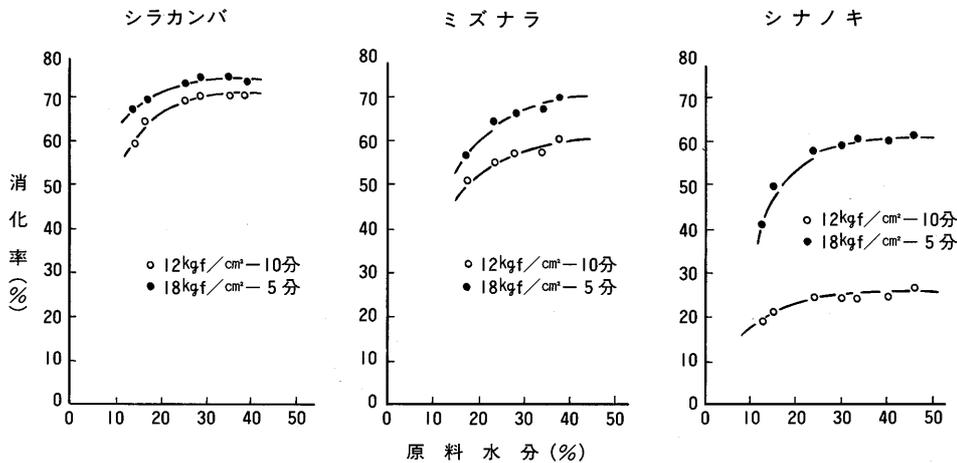


第2図 原料チップ水分と製品水分の関係

### 木質飼料の飼料価値

第5表は10kgf/cm<sup>2</sup>、15分の条件で蒸煮されたシラカンバ飼料と牧草アルファルファの飼料成分分析表<sup>4)</sup>です。表から明らかなように、木材はアルファルファに比し粗繊維やADF（酸可溶性繊維）含量が多く、牛の消化生理を正常に保つための粗飼料因子にすぐれていることがわかります。

また、蒸煮シラカンバはカロリー源としての価値を示すTDN（可消化養分総量）が65.5%とアルファルファの56.4%をしのぎ、すぐれたエネルギー飼料であることもわかります。しかし、蛋白質はアルファルファの14.3%に対しシラカンバは0%であり、またミネラルも少ないことから、蒸



第3図 原料水分と消化率の関係

第6表 蒸煮シラカンバによるホルスタイン種去勢雄子牛の長期飼養試験成績

試験期	前期			後期		
	0%	30%	60%	0%	30%	60%
蒸煮木材給与割合(乾物)						
開始時体重(kg)	196	191	225	411	413	455
終了時体重(kg)	343	355	389	518	530	566
増体重(kg/日)	1.3	1.4	1.4	1.0	1.1	1.1
乾物摂取量(kg/日)	7.6	8.0	8.3	9.8	12.5	12.6
同体重比(%)	2.9	2.9	2.7	2.1	2.6	2.5

煮木材を牛に与える場合には、蛋白やミネラルなどを補給し、栄養のバランスを整えることが必要です。

次に、実際に牛に給与したときの飼養試験結果の一例を紹介いたします。

ホルスタイン種去勢牛6頭を用いて、上記蒸煮シラカンバを10か月間給与し、成長試験を行った例ですが、結果は第6表に示すとおりです。

蒸煮木材の混合割合は、化学組成からみて上限と考えられる60%混合区、実用的な混合割合と考えられる30%区、蒸煮シラカンバ無混合の0%区の3水準とし、また各区の給与飼料の構成は、牧草、稲ワラ、配合飼料の組成を変えて、全体としてTDNとDCPの値が一定になるよう調整しております。第5表から明らかのように、各区間にほとんど差はなく、蒸煮シラカンバはTDN含量に相応したすぐれた飼料価値があることがわかります。

第5表 シラカンバチップの各種加工処理品の栄養価

測定項目	シラカンバチップ		アルファアルファユーブ	
	粉碎	蒸煮		
水分	7.3	23.1	10.3	
化学組成	粗蛋白質	0.8	0.8	18.9
	粗脂肪	1.0	1.8	2.2
	粗繊維	60.3	60.4	32.1
	A D F	67.9	60.4	37.7
	可溶無窒素物	37.7	36.8	37.3
	リグニン(A D L)	17.8	13.0	9.1
	粗灰分	0.4	0.2	9.4
消化率	乾物	4.7	60.6	60.4
	粗蛋白質	0	0	75.7
	粗繊維	2.2	62.1	45.2
	A D F	8.0	59.0	45.9
養分量	D C P	0	0	14.3
	T D N	8.0	65.5	56.4

### おわりに

以上のように、木質飼料は従来の飼料に比しエネルギー価値は全く遜色のないものであることが確かめられておりますが、北海道においては牧草が豊富で安価なため、実用化を図るためには一層のコストダウン努力が求められます。

しかし、飼料形状に対する嗜好性は解繊したもので、チップ状のものでも差がないこと、消化性についても形状の差がほとんどないこと、逆に解繊などの粉碎処理により粗飼料効果の減少することが明らかになりつつあり、蒸煮工程のみで飼料化が可能となれば、粉碎工程の省略によるコストダウンも可能となります。

さらに、木質飼料には天候に左右されることなく、一年をとおして一定品質の飼料を安定供給できる利点や、牧草に比べて作業労働をはるかに軽減できるメリットもあります。

また、供給方法によっては高価なサイロを設置する必要もなくなります。

道内に数多い割り箸工場にプラントを併設するなどの方法でコストダウンを図り、一日も早い木質飼料の実用化が望まれるところです。

### 引用文献

- 1) 佐々木恵彦, 山林, 9月号, p. 4 (1983)
- 2) 志水一允ほか, 特開昭 50 - 78651 .
- 3) 志水一允ほか, 木材学会誌, 29, 428 (1983)
- 4) 滝川明宏, 農林水産省研究成果発表会要旨, p. 50 (1985)

(林産試験場 普及課)