

木材から作る牛のエサは、いくらでできる

遠藤 展

1. はじめに

林産試験場では、農林水産省の大型プロジェクト研究「生物資源の効率的利用技術の開発に関する研究」（バイオマス変換計画）の一端として、農林水産省林業試験場の委託を受け、「蒸煮による素材化のための最適条件の検討」を昭和60年度より3か年計画で実施しました。本文では、この成果¹⁾を基に、小規模バッチ（非連続）生産システムにおける木質飼料の生産コストについて報告します。

紙工場へ売却されており、その価格は、割り箸工場のサイロ下で14,000～16,000円/tと、山棒（山土場における丸太パルプ材）と比較してかなり安く、選木費が不要という利点があります。ただし、工場数が63工場と多く、1工場あたりの廃材チップの排出は、平均して200t強となるため、立地は比較的大工場が隣接している地域に限られると考えられます。本文においては、この条件が満たされるとした場合を想定し、検討対象樹種としてシラカンバ割り箸廃材チップもとり上げることとしました。

2. 原料木材

1) パルプ材

道産材広葉樹の蓄積は、カンバ類6.3%、ナラ類15.5%、シナノキ12.1%の順で多く、これらの樹種で広葉樹蓄積の約4割を占めます。

飼料化可能樹種としては、カンバ類が最も適性であり、消化率で70%を示し、ナラ類、シナノキでは62～63%に留まっています。したがって、飼料化適性・蓄積の点より、本文におけるコスト試算はカンバ類について行います。

2) 割り箸廃材

北海道における割り箸用原木の消費状況²⁾によると、シラカンバは、国産材が24,443m³、輸入材が26,764m³、計51,207m³使われています。製品歩留まりを約50%、材の密度をL材チップ流通時に用いられる乾物密度0.54t/m³としますと、廃材は年間25,603m³、約13,825t排出されています。この廃材は主に、割り箸工場でチップ化し製

1988年10月号

3. 原料価格の試算

検討の対象とした原木の価格試算を表1に示しました。

1) シラカンバ剥皮チップ

ケースAは、シラカンバ剥皮チップを購入する場合です。この形態が、原料購入としては、1番可能性の高い形といえます。シラカンバ山棒価格は、パルプL材チップ工場渡価格8,500円/m³としました。これに、山土場における選木費3,000円/m³が加わります。チップ化歩留まり113%、切削費3,000円/m³、L材チップ流通時に用いられる乾物密度0.54t/m³より、ケースAの場合、原料価格は24.4円/kg（乾物基準）となりました。

2) シラカンバ割り箸廃材チップ

ケースBは、シラカンバ割り箸廃材チップの場合です。この場合は、価格がサイロ下で、16,000円/t、また価格がサイロ下であるため輸送費がか

表1 原料チップ価格試算

ケース	樹種	購入形態	皮	選木費 (円/m ³)	運賃 (円/m ³)	チップ化 歩留り(%)	切削費 (円/m ³)	チップ価格 (円/kg)
①	シラカンバ	チップ	なし	3,000	0	113	3,000	24.4
②	シラカンバ 割り箸廃材	チップ	なし	0	1,350			18.5
③	シラカンバ	チップ	あり	3,000	0	133	3,000	21.6
④	シラカンバ	山棒	あり	3,000	0	133	2,500	20.8
⑤	カンバ類	チップ	なし	2,000	0	113	3,000	22.8
⑥	カンバ類	チップ	あり	2,000	0	133	3,000	20.2
⑦	カンバ類	山棒	あり	2,000	0	133	2,500	19.4

注1) 工場着値(運賃込み)の原木価格は、8,500円/m³とした。

注2) シラカンバ、カンバ類の乾物密度は、雑木パルプチップ流通時に用いられている0.54t/m³の値を用いた

かります。ケースBの場合は、18.5円/kgとなりました。

3) シラカンバ皮つきチップ

ケースCは、シラカンバを皮つきの状態でチップ化し購入する場合です。原木価格は、Aの場合と同様に8,500円/m³としました。チップ化の歩留まりは、皮付きのため133%となります。

ケースCの場合、原料価格は21.6円/kgとなりました。

4) シラカンバ山棒を皮つき自家チップ化

ケースDは、シラカンバ山棒を皮つき自家チップ化する場合です。自家でチップ化する場合、切削費が500円程度安くなるという点、およびチップ化の歩留まりを確実に得ることができるという利点があります。

この場合の原料価格は、20.8円/kgとなりました。

5) カンバ類チップ(皮なし)

ケースEは、カンバ類チップ(皮なし)を購入する場合です。この場合選木費はカンバ類以外の樹種を抜き取るという作業となるので、2,000円/m³となり、原料価格は、22.8円/kgとなりました。

6) カンバ類チップ(皮つき)

ケースFは、カンバ類チップ(皮つき)を購入

する場合です。Eの場合において、チップ化の歩留まりのみが133%となり、原料価格は、20.2円/kgとなりました。

7) カンバ類自家チップ(皮つき)

ケースGは、カンバ類を木質飼料工場でチップ化(皮つき)する場合です。原料価格は、19.4円/kgとなりました。

4. 蒸煮条件

蒸煮条件の選定にあたっては、最大消化率を得ること、蒸煮時間が短いことが必要です。蒸煮時間を短くするためには、高圧で蒸煮することが必要です。生産性の点で蒸煮条件は、16kgf/cm²、5分程度が最適であると考えられます。この条件においては、シラカンバの場合、蒸煮収率は90%、消化率は65%程度となります。15%皮つきの場合は、消化率は5%程度低下し、60%程度となります。カンバ類の場合、適性の最も低いウダイカンバのみを原料とした場合を想定すると、消化率は、皮なしにおいて60%、皮つきにおいて55%程度でしょう。

5. オートクレーブ、ボイラーの仕様

オートクレーブの容量は、生産性の点より大きい方が望ましいですが、4m³程度とすると、直

径、高さ共に170cm程度となります。16kgf/cm²の蒸煮圧力になってから、4m³オートクレーブの中心（外周より85cm）の消化率が、シラカンバ飼料の最大値65%を示すための蒸煮時間を求めると約7分です。

バッチ式（非連続）蒸煮においては、連続型と異なり工程における時間的ロスが大きくなります。このロスを無くすためには、オートクレーブの数を増やし、製品が連続的に生産されるシステムとすべきです。

蒸煮条件は、前に示したように、高圧短時間処理が生産性の点で優れています。ただし、蒸気発生量の少ないボイラーの場合、高圧処理の条件ではその圧力に到達するまでの時間が長くなるため、このメリットを発揮することができません。高圧短時間処理のためには、蒸気発生量の多いボイラーが必要となります。蒸煮工程において、ボイラーが最大稼働するのは昇圧時であり、昇圧後の蒸気消費はあまりありません。そこで、オートクレーブを数台並列に設置し、昇圧工程を時間的にずらすことが考えられます。

用いるボイラーは、市販されている貫流ボイラーで最高使用圧力21.1kgf/cm²、蒸気発生量2,400kg/hの仕様のもを用いるとします。このボイラーを用いると、4m³のオートクレーブでは、昇圧時間に15.2分、降圧時間に約7分かかります。したがって、4m³オートクレーブ、粉碎機を並列にそれぞれ3台設置し、蒸煮1工程を、チップ充てん5分、昇圧16分、蒸煮8分、降圧8分とすると、工程をきめるのは、ボイラーの蒸気発生量であるので、工程は1時間当たり4工程、1日27工程、効率を80%として1日22工程となります。この場合原料消費量は、年間300日稼働として4,752tとなり、収率90%として生産量は、4,277tとなります。

オートクレーブの価格は、本体776万円、タイマー付き圧力制御システム259万円、合計1,035万円、3台で3,105万円となります。

ボイラーは、本体1,100万円、工事費ほか500万円、合計1,600万円となります。

1988年10月号

選定したボイラーにおける蒸気コストは、A重油40円/lとして、2.96円/kgとなり、原料1kg当たり0.724kgの蒸気消費量、年間原料消費量4,752tなので、燃料費は、1,406万円/年となります。

水道料金は、150円/tとして、原料1t当たり約0.79tの蒸気を消費するので、56万円/年となります。

6. 粉碎機

粉碎物の形状は、蒸煮条件によって異なりますが、粉碎条件によっても大きく変化します。この粉碎物の形状が、製品のかさ密度に大きく影響をおよぼし、製品配送時の容器の大きさ・数、酪農家における貯蔵スペースを左右する大きな課題です。また、粉碎動力も、他の鉱物系よりは少ないですが、無視できない値です。

実験の結果より、設備動力30kWで、直径0.7m、長さ1.3m程度の粉碎機が3台必要となります。価格は1台600万円とし、1,800万円程度です。

7. 副工程

1) チップ捕収

破碎したチップは、サイクロン下に蒸煮バスケットをおき、このバスケットで捕収することになります。捕収したチップは、レールにてオートクレーブまで運びます。作業員は1名、バスケットは1日の工程分22個用意すると、1台50万円として1,100万円となります。

2) チップ出し入れ、蒸煮

蒸煮バスケットをホイストにてオートクレーブへ出し入れします。ホイストは、1台50万円として、3台150万円となります。蒸煮圧力、時間は自動制御とし、作業員は3名とします。

3) 粉碎機への供給

蒸煮チップは、定量供給ホッパーに投入し、粉碎機へ定量的に供給します。定量供給ホッパーは、1台350万、3台で1,050万円です。

4) 輸送について

木質飼料は、一部カビの発生がみられるため、

保管は密閉容器中で行うことにします。この密閉容器として市販のビニルバッグサイロを用いる場合について述べます。

を設置し捕収します。風管，サイクロンで80万円程度です。

ビニルバッグサイロ必要量は，最低480袋とすると，1年あたり480万円となります。

粉碎物は，サイクロン下にビニルバッグサイロ

表2 コスト試算 - 1

項目	詳細	備考	年間経費	
人件費	蒸煮関係	4名		
	配送関係	2名		
	事務員	1名		
	工場長	1名		
	合計	8名	(240万/年×7名+400万/年×1名)×1.3	2,704万/年
減価償却費	ボイラー	1,600万		
	オートクレーブ	2,328万		
	オートクレーブ制御系	777万		
	蒸煮バスケット	1,100万		
	ホイス	150万		
	粉碎機用定量供給機	1,050万		
	粉碎机	1,800万		
	コンベア	40万		
	受電設備	1,000万		
	工事費	1,000万		
他	1,000万			
小計	11,845万	11,845万×0.1	1,185万/年	
減価償却費	配送トラック	500万		
	フォークリフト	500万		
	小計	1,000万	1,000万×0.2	200万/年
	建屋	3,770万	3,770万×0.1	377万/年
	合計	16,615万		1,762万/年
消耗品費	粉碎机ハンマー	70万		
	タイヤ	50万		
	ビニルバッグサイロ	480万		
	蒸煮バスケット	100万		
	合計	700万		700万/年
光熱水費	電力	ボイラー 14kW 粉碎机 90kW 他 50kW	基本料金 15kW×1,640円/kW×12か月 従量料金 154kW×0.7×7時間/日 ×300日/年×18.8円/kWh	303万/年 426万/年
	水道料		4,752t/年×0.79t/t×150円/t	56万/年
	A重油			1,115万/年
	トラック等燃料			128万/年
	その他	金利 全設備費の 7% 保全費 全設備費の 2% 固定資産税 全設備費の 1.4% 保険料 全設備費の 1%		
合計	全設備費の 11.4%	16,615万×0.114	1,894万/年	
管理費			1,000万/年	
合計			10,088万/年	

表3 コスト試算 - 2

原 料	原 料 費 (万円/年)	チップ価格 (円/kg)	製品価格(水分18%換算) (円/kg)
シラカンバ 剥皮チップ	11,590	24.4	41.6
シラカンバ 割箸廃材チップ	8,800	18.5	36.2
シラカンバ 皮付チップ	10,300	21.6	39.1
シラカンバ山棒 自家チップ	9,900	20.8	38.3
カンバ類 剥皮チップ	10,800	22.8	40.1
カンバ類 皮付チップ	9,600	20.2	37.8
カンバ類山棒 自家チップ	9,200	19.4	37.0

注1) 原木消費量8,800m³/年(4,752t/年)
注2) 年間木質飼料生産量4,277t

配送トラックは、1台500万円、積込用フォークリフト1台500万円、作業員は2名とします。木質飼料の配送量は、1軒当たり2.1tなので、1日約7軒の配送で、燃料費は、1軒当たり50kmで軒、燃費7km/lとして128万円/年となります。

5) 管理人員

工場長1名(ボイラー取扱技能講習を終了した者)、事務員1名とします。

6) 建 屋

ボイラー室41m²、粉碎機105m²、オートクレーブ41m²、事務室20m²、休憩室20m²、チップ補収場100m²、車庫50m²、合計377m²、その倍の754m²とすると、3,770万円となります。

7) 土 地

原木土場を、1,000m²として、1,052万円程度となります。

8. コスト試算

表2,3には、前項までの検討を基にコスト試算を示しました。販売管理費1,000万円とすると、水分18%換算で36~42円/kgの値となりました。

9. おわりに

北海道における牧乾草の農家庭先価格は、17~40円/kg、極端に安い宗谷地域を除けば、平均で34.4円/kg程度となります。今回試算した価格は、そのいずれもがこの価格より高い値を示しており、木質飼料工場の北海道における立地は、いかに今回検討した工程の合理化、簡素化をはかるか、また資源、流通の適地をいかに選定するかにかかっているといえます。

酪農を含めた我が国の農業の将来は、円高の一層の進行、農産物自由化を求める外圧等その将来は、決して明るいものであるとはいえません。こ

1988年10月号

のような状況の中で、木質飼料工業の立地は、さらに困難な状況にたたさされているといえます。本文においては、木質飼料生産コストにかかわる要素を可能な限り抽出して検討を加えましたが、実際の企業化の段階では、簡素化できる部分、補強すべき部分が必然的に生ずると考えられます。本文が、これら検討の基礎となれば幸いです。最後に、この試算を取りまとめるにあたり、適切な助言、示唆を与えていただいた当該技術部鎌田主任研究員、および関係機関、関係企業の方々に深く謝意を表するものです。

引用文献

- 1) 遠藤 展他：バイオマス変換計画昭和62年度委託事業報告書「蒸煮による素材化のための最適条件の検討()」, 昭和63年3月, 北海道立林産試験場.
- 2) 林務部林産振興課：昭和60年度 割ばし製造事業所等に関する調査表
- 3) 農林水産省：蒸煮シラカンバによる乳牛および肉用牛の飼養マニュアル

(林産試験場 物性利用科)