

## 木質飼料の製造に関する研究 (第4報)

- 製造条件に関する研究 -

遠藤 展 葛 西 章  
森山 実 中 村 繁 夫  
大宮 康 則

### Studies on the Production Wood Roughage by Steaming ( )

- Conditions for producing wood roughage -

Hiromu ENDO                      Akira KASAI  
Minoru MORIYAMA                Shigeo NAKAMURA  
Yasunori OMIYA

Research has been progressing to find out better conditions for producing ruminant roughage from wood, and as part of the research several wood species were treated for several minutes with saturated steam of elevated temperatures. The results of the experiment are summarized as follows :

- 1) Homogeneity in wood quality was realized in the auto-clave by purging the steam at a rate of 1 kg/min while the wood was steamed.
- 2) In the 500-liter auto-clave, 1-ton steam was required for steaming 1-ton chips.
- 3) Different initial moisture contents led to considerably different results after the steam treatment, and the proper content was found to be more than 30 percent.
- 4) The water content of wood roughage, related to that of raw chips, was found within  $\pm 2$  to 3 percent of the latter.
- 5) The amount of steam needed to produce wood roughage was recognized to be approximately 20 percent larger in winter than in summer.

木質飼料の生産における蒸気の消費量、及び原料チップの前処理条件等について検討を行った。結果を要約すると、

- 1) オートクレーブ内での蒸煮ムラを防ぐために、常に1kg/min程度の流量の蒸気流れをオートクレーブ内につくらなければならない。
- 2) 蒸煮に必要な蒸気量は、原料乾物1kgに対して約1kgである。
- 3) 原料水分が30%以下になると、製品の糖化率は低下する。
- 4) 製品木質飼料の水分は、原料水分と比例的な関係にあり、原料水分の $\pm 2 \sim 3\%$ の範囲となつ

た。

5)冬期の蒸気消費量は,夏期より20数%高くなる。

## 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」(略称:バイオマス変換計画)の一端として,農林水産省技術会議の委託を受け,「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か年計画で実施している。

本報告は,これらの検討の中で得られた,比較的大きな木質飼料生産設備における飼料化条件の検討結果について述べた。

## 2. 実験方法

### 2.1 パージ蒸気量と製品品質

500lのオートクレーブに,ほぼ満杯のチップ約90kg(乾物)を詰め込み,JIS20-20のバルブの回転距離を5,10,15mmにした時のパージ蒸気量,オートクレーブの内部温度を求めた。

パージ蒸気量は放出された蒸気をトラップし,その重量を測定することによって求めた。内部温度は,熱電対を充てんされたチップ層内部に差し込むことによって測定した。また,オートクレーブ内部の蒸煮むらの有無を確認するため,深さ方向7点,幅方向6点,合計13か所の蒸煮チップを採取し,糖化率の測定を行った。

### 2.2 蒸煮圧力と蒸気消費量

500lのオートクレーブに,約90kgのチップを詰め込み,蒸煮圧力6~18kgf/cm<sup>2</sup>における所定圧到達時間と蒸気消費量を求めた。蒸気量は,積算蒸気流量計により求めた。

### 2.3 原料水分と製品水分,糖化率

水分26~46%シラカンバチップを,11kgf/cm<sup>2</sup>-20分の蒸煮条件で処理し,クリアランス7mmのD.D.R.で解繊した製品の水分を測定し,原料チップ水分と製品水分の関係を求めた。

また,水分15~45%のシラカンバ,ミズナラ,シナ

ノキを12kgf/cm<sup>2</sup>-10分及び18kgf/cm<sup>2</sup>-5分の条件で蒸煮し,原料水分と糖化率の関係を求めた。

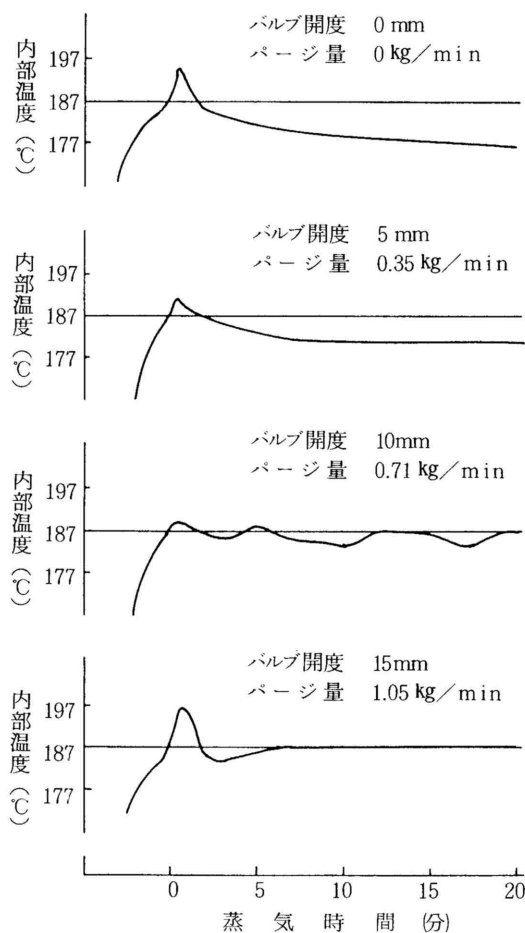
### 2.4 製造時期,チップ水分と蒸気消費量

水分20~45%のシラカンバチップを500lのオートクレーブを用いて,冬(1月16日~25日),春(3月18日~20日),夏(6月12日~19日)の3つの季節に分けて蒸煮し,季節ごとの平均蒸気消費量を求めた。

## 3. 結果と考察

### 3.1 パージ蒸気量と製品品質

第1図は,シラカンバチップ約90kgを500lのオートクレーブで,11kgf/cm<sup>2</sup>-20分の条件で蒸煮した時の,



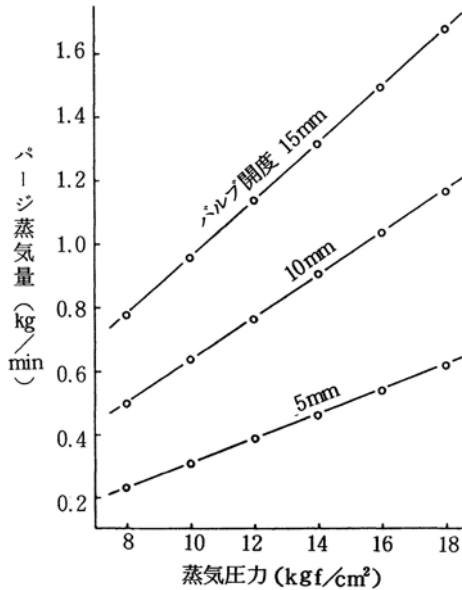
第1図 パージ蒸気量と内部温度

[J. Hokkaido For. Prod. Res. Inst. Vol. 1, No. 6, 1987]

第1表 バルブ開度とパージ蒸気量

蒸煮圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )		8	10	12	14	16	18
バルブ開度	5 mm	0.23	0.31	0.39	0.46	0.54	0.62
	10 mm	0.50	0.64	0.77	0.91	1.04	1.17
	15 mm	0.78	0.96	1.14	1.32	1.50	1.68

注) 蒸気量は約90kgのチップを充てんした状態における単位時間当たりのパージ量 (kg/min)



第2図 バルブ開度とパージ蒸気量

た。蒸煮圧力8~18kgf/cm<sup>2</sup>における測定結果は第1表及び第2図に示すとおりである。

表及び図から明らかとなっており、蒸煮圧力、バルブ開度の増加と共にパージ蒸気量が增大していくことが分かる。図上から求めた11kgf/cm<sup>2</sup>におけるパージ蒸気量は、バルブ開度5mmの場合0.35kg/min、10mmの場合0.7kg/min、15mmの場合1.05kg/minとなった。すなわち、オートクレーブ内の温度を一定に保つためには、蒸煮圧力、オートクレーブ容量により若干の変動はあるとは思われるが、おおむね1分間に約1kgの割合で蒸気をパージすれば良いことになる。

次に、バルブ開度15mmの時のオートクレーブ内部における蒸煮むらの有無を調べるため、シラカンパチップを11kgf/cm<sup>2</sup>-20分蒸煮した後、深さ方向7か所、幅方向6か所、計13か所から試料を採取し、糖化率を測定したが、結果は第3図に示すとおりである。すなわち、幅方向の糖化率は69.0~70.2%、深さ方向は69.5~71.5%とほぼ均質なものが得られ、パージ蒸気量を約1kg/minとすることにより、オートクレーブ内での蒸煮むらを防ぐことができ、均一な製品が得られることが分かった。

### 3.2 蒸煮圧力と蒸気消費量

飼料製造における蒸気コストは、パージ蒸気のみではなく、所定圧に到達するまでに消費される蒸気量にもよる。このため、シラカンパチップ約90kgを充てんした状態で、6~18kgf/cm<sup>2</sup>の圧力に到達するまでの時間と蒸気量を測定した。結果は第2表、及び第4図に示すとおりである。

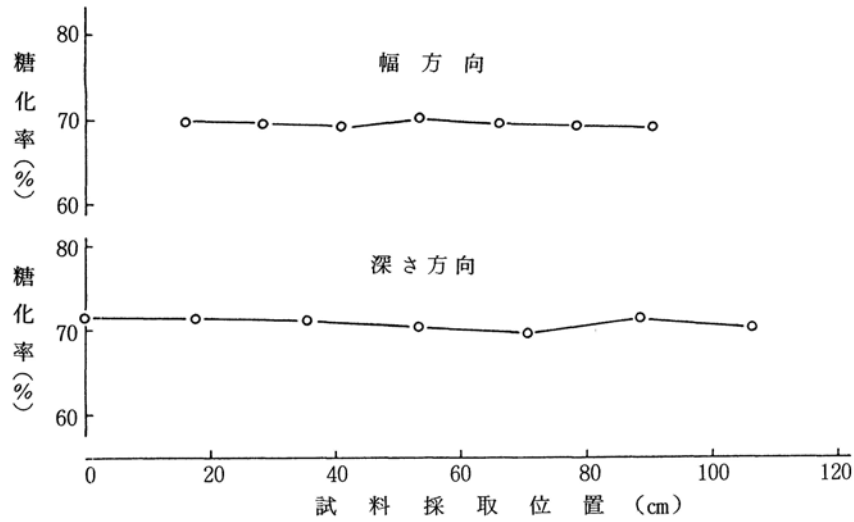
なお、蒸気量は乾物チップ1kgあたりに換算した値である。図から明らかとなっており、蒸気量及び所定圧到

内部温度の経時変化を示したものである。所定圧、すなわち11kgf/cm<sup>2</sup>(187°C)に到達した直後からパージ用バルブを開き、パージ蒸気量を調節したものであるが、図から明らかとなっており、バルブを閉じた状態では所定温度を保持することができず、連続的に温度は低下し続け、20分後には約11°Cも温度が低下した。

パージ用バルブを回転距離にして5mm開いた場合でも、7分以後はほぼ一定温度を保つとは言え、181°Cと所定温度より6°C低い。

バルブを10mm開いた場合でも、低温側での変動が観測されるが、15mm開くことによってようやく所定の内部温度を保持し得ることが分かった。これは内部温度を一定に保つためには、常に一定流量の蒸気をチップ層中に流し続ける必要があることを示すものである。

そこで、バルブの開度とパージ蒸気量の関係を求め

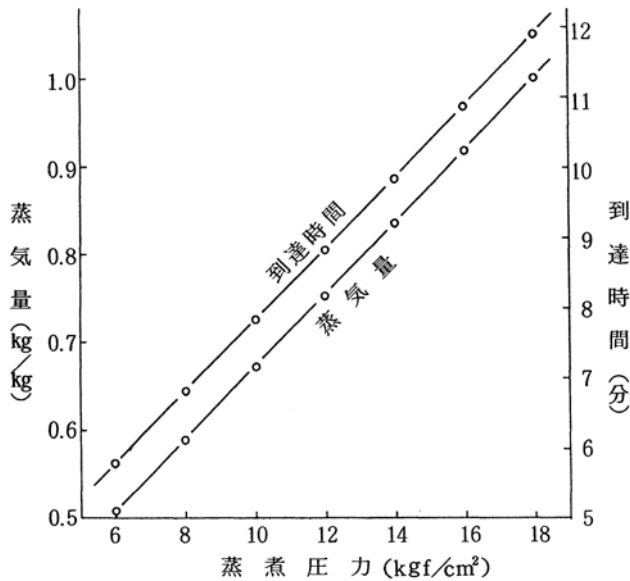


第3図 オートクレーブ内部の蒸煮均一性

第2表 所定圧に到達する時間と蒸気量

蒸煮圧力(kgf/cm <sup>2</sup> )	6	8	10	12	14	16	18
到達時間 (min)	5.8	6.9	7.8	8.8	9.8	10.8	11.9
蒸気量 (kg/kg) <sup>a)</sup>	0.508	0.593	0.683	0.762	0.847	0.910	1.016

注 a) チップ1kg当たりの蒸気量



第4図 所定圧に到達するまでに要する時間と蒸気量

9分50秒, 11分50秒, 蒸気消費量はそれぞれチップ乾物1kg当たり0.68, 0.85, 1.02kgとなった。

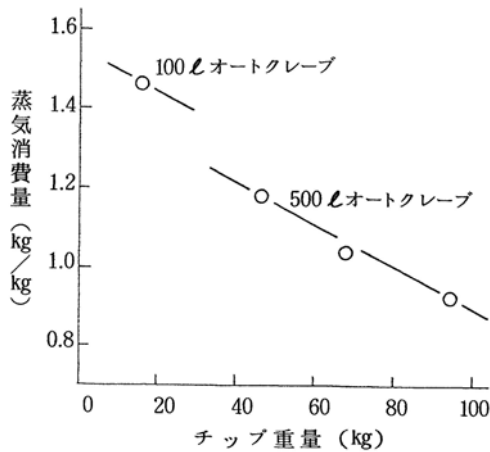
現在, 北海道農業試験場で乳牛の飼養試験に供しているシラカンバ飼料は, 11 kgf/cm<sup>2</sup>-20分の条件で蒸煮しているが, これに要する蒸気量は1バッチ当たりチップ重量を90kgとすれば, 所定圧に到達するまでに64 kg, パージで21kg, 合計85 kgとなる。したがって, チップ1kg当たり約1kgの蒸気

量が必要とすることになる。  
 達時間は, 蒸煮圧力と共に直線的に増大することが分かった。例えば, 蒸煮圧力を10, 14, 18kgf/cm<sup>2</sup>とする場合, 所定圧に到達する時間はそれぞれ7分50秒,

量が必要とすることになる。  
 志水ら<sup>1)</sup>は, 木質飼料製造に必要な蒸気量はチップ1kg当たり0.5kgと, 今回得られた結果の約半分とし

第3表 仕込みチップ量による所定圧到達時間と蒸気消費量

オートクレーブ	仕込み量	蒸 煮 時 間		蒸 気 消 費 量			
		昇 圧	パ ー ジ	昇 圧	パ ー ジ	合 計	チップ1kg当たり
100 ℓ	15.9 kg	3.0 分	20 分	11.3 kg	11.9 kg	23.2 kg	1.46 kg
	46.4 kg	4.3 分	20 分	34 kg	20.8 kg	54.8 kg	1.18 kg
	67.9 kg	5.2 分	20 分	50 kg	20.8 kg	70.8 kg	1.04 kg
500 ℓ	94.5 kg	8.3 分	20 分	67 kg	20.8 kg	87.8 kg	0.93 kg



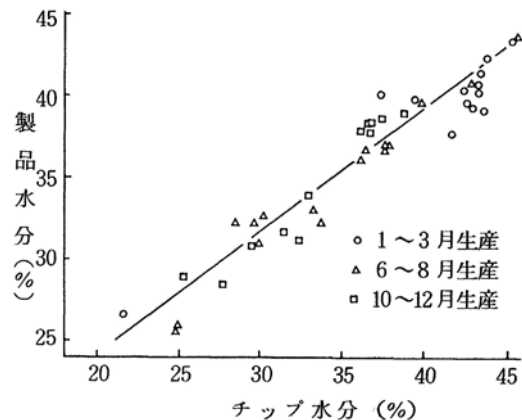
第5図 チップの仕込量と蒸気消費量

ほどチップ量に対する割合が大きくなり、容器そのものを加熱するための熱量や放熱量のチップに対する割合が大きくなったためと考えられる。オートクレーブをチップで満量にした時のチップ1kg当たりの蒸気量は、100ℓで1.46kg、500ℓで0.93kgと両者の間に50%もの差が生じた。このことから、木質飼料を企業化する場合生産規模の大きいものほど有利と言えよう。

### 3.3 原料水分と製品水分、糖化率

現在、シラカンバ飼料はD. D. R. で解繊したファイバ一状で供給されている。したがって乾燥度が高いと牛が実際に食べる時や、他の飼料の混合の際微粉が飛散して好ましくない。また、他飼料の混合量を固定するためにも製品水分をできるだけ一定に抑えることが好ましい。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との関係について検討した。結果第6図にした。蒸煮条件は11kgf/cm<sup>2</sup>-20分であり、D. D. R. の解繊条件はクリアランス7mmである。

図から明らかなように、製品水分は原料チップ水分

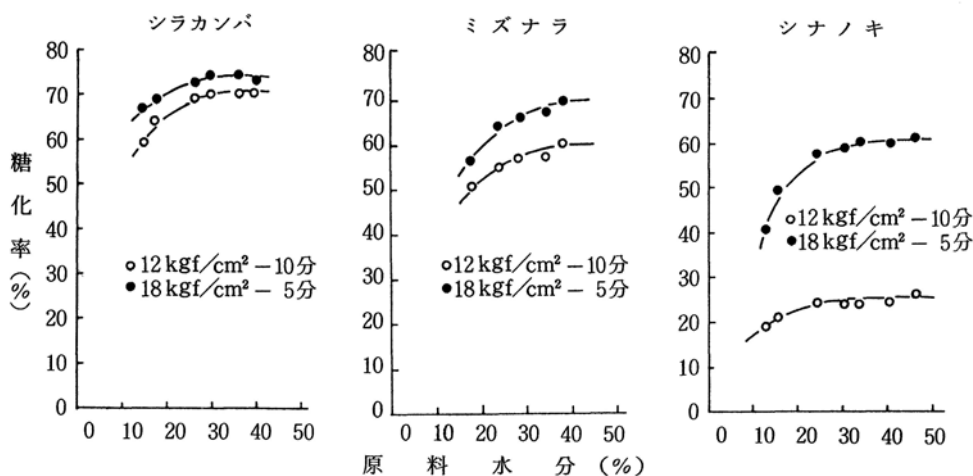


第6図 原料チップ水分と製品水分の関係

ている。この相異は、生産方式の差異に基づくものと思われる。すなわち、今回試験に用いたオートクレーブは容量500ℓでチップの充てん量は約90kg、これに対して志水らの試算の基礎は1日25トンの連続生産方式としているため、蒸気消費量が少なくなったものと思われる。

バッチ法による生産規模と蒸気消費量の関係を推定するため、100ℓ及び500ℓのオートクレーブを用い、チップ仕込み量と蒸気消費量の関係についても検討を加えることにした。100ℓのオートクレーブには約15kg、500ℓのオートクレーブには容量の1/2、3/4、及び満量のそれぞれ46、68、95kgを仕込み11kgf/cm<sup>2</sup>-20分の条件で蒸煮した。結果を第3表、及び第5図に示した。

図から明らかなごとく、仕込みチップ量が増加するにつれて原料チップ乾物1kg当たり蒸気消費量が減少することが分かる。また、オートクレーブ容量の小さい



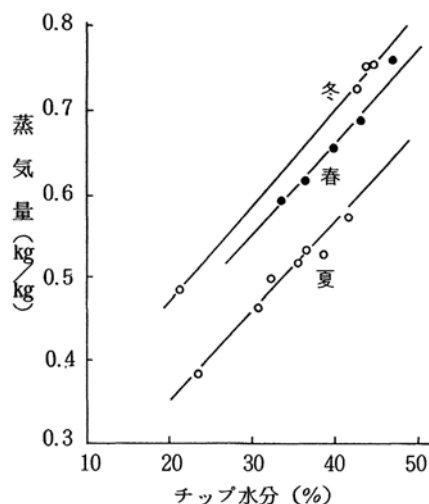
第7図 原料水分と糖化率の関係

によって決まり、生産時期によって異なるが、おおむねチップ水分の±2~3%の範囲となる。したがって、製品水分を一定に保つためにはチップ水分をコントロールすれば良いことになる。

次に、原料チップの水分により糖化率が影響を受けるか否かを確認するため、シラカンパ、ミズナラ、シナノキについて12kgf/cm<sup>2</sup>-10分、及び18kgf/cm<sup>2</sup>-5分の条件で蒸煮し、チップ水分と糖化率との関係について検討を加えた。結果を第7図に示した。図より、いずれの樹種とも蒸煮条件によらずチップ水分30%以上では糖化率に大きな変化は見られない。しかし、水分が30%以下になると糖化率は急激に低下する傾向を示した。特に、繊維飽和点と言われる20~25%以下における糖化率の低下は著しい。これは、細胞内腔に含まれる遊離水分や、細胞膜中に含まれる吸収水分の離脱に伴って空げきの大きさが収縮したり、膜孔が閉鎖して水蒸気がチップ内部に浸透しにくくなるためと思われる。いずれにしても、チップの乾燥し過ぎは飼料化のマイナス要因となり、チップ水分を30%以上に保持するよう留意する必要がある。

### 3.4 製造時期、チップ水分と蒸気消費量

原料チップ水分の蒸気消費量に及ぼす影響を知るため、シラカンパチップを用い、蒸気圧力11kgf/cm<sup>2</sup>で蒸煮する場合について検討した。なお、ここでの消費量は、11kgf/cm<sup>2</sup>に到達するまでに消費した蒸気量のことで



第8図 シラカンパ飼料の製造時期と11kgf/cm<sup>2</sup>に到達するまでに要する蒸気消費量

ある。

チップ1kg当たりの蒸気量の測定結果を第8図に示した。図に示されたごとく、製造時期によらずチップ水分と共にほぼ直線的に蒸気消費量が増大することが分かった。また、寒い時期などチップ温度が低いため、蒸気消費量が増大する。図上からチップ水分が40%時の蒸気消費量を求め、製造時期におけるチップ表面の平均温度との関係を第4表(33頁)に示した。表より、冬期は夏期より20数%程度多い蒸気量を必要とすることになる。

第4表 シラカンバ飼料の製造時期におけるチップ表面温度と11kgf/cm<sup>2</sup>に到達するまでに要する蒸気消費量

製造時期	チップ表面温度	蒸気量	蒸気比率
冬 1.16 ~ 1.25	-6 ℃	0.703 kg/kg	1.24
春 3.18 ~ 3.20	0 ℃	0.660 kg/kg	1.16
夏 6.12 ~ 6.19	16 ℃	0.588 kg/kg	1.00

#### 4. まとめ

以上、製造条件に関する検討について述べてきたが、結果をまとめると次のようになる。

- 1) パージ蒸気量を1kg/minにすることにより、オートクレーブの内部温度低下、蒸煮むらを防ぐことができる。
- 2) 容量500l程度のオートクレーブの場合、チップ1kg当たりの蒸気消費量は約1kgとなる。
- 3) 製品水分は原料チップ水分によって決まる。
- 4) 糖化率の低下を防ぐため、原料チップ水分を30%以上に保つのが望ましい。
- 5) 冬期の製造では、夏期よりも蒸気消費量は20数%多くなる。

#### 文献

- 1) 志水一允, 須藤賢一, 長沢定男, 石原光朗: 木材学会誌, 29, 428 (1983)

—試験部 繊維板試験科—  
(原稿受理 昭62. 11. 27)

### 林産試験場報は隔月発行

林産試験場報は第1巻 第3号（昭和62年3月20日発行）以降奇数月の隔月発行となっております。

### 林産試験場報

第1巻 第6号

(略号 林産試験場報 林産試験場月報からの通巻第425号)

編集人 北海道立林産試験場編集委員会

昭和62年9月20日 発行

発行人 北海道立林産試験場

印刷所 東信印刷株式会社

郵便番号071-01 旭川市西神楽1線10号

郵便番号 078 旭川市豊岡1条2丁目

電話 0166-75-4233番(代)

電話 0166-31-0810(代)

FAX 0166-75-3621