

## 連続型混合・成形装置の開発

遠 藤 展

### はじめに

木材資源も含めたバイオマス資源は、石油や石炭などの化石資源と比較して、広く浅く分布しているため、大量生産、大量消費を前提とした大規模な工業の立地は難しいのが現状です。したがって、その立地条件は、地域に産出する資源を用いて、地域の労働力で、地域で消費する製品を生み出していき、地域循環システムの構築ができるかにかかっています。

本研究では、その一つとして、未利用材や工場廃材などの林産バイオマスを原料とした木質飼料を取り上げ、木質飼料の高付加価値化と、農家における飼料給与の作業能率の向上のために、木質飼料と濃厚飼料を連続的に混合成形して、木質添加成形飼料を製造する装置の開発を研究目標としました。

### 開発した連続型混合・成形装置の概要

開発した連続型混合・成形装置を写真1に、その断面図を図1に示しました。濃厚飼料や牧草な

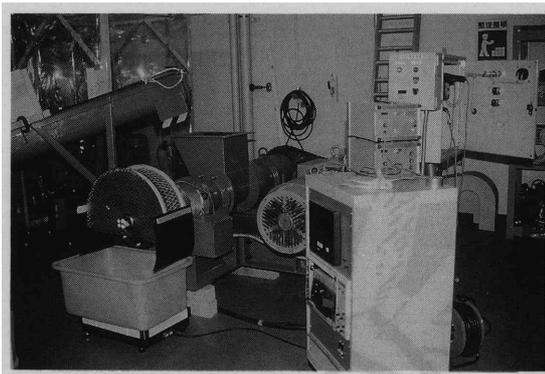


写真1 開発した連続型混合・成形装置

どの飼料と木質飼料は、投入後、まず混合部で処理されます。混合部は密閉型であるので、密度差があるものや、形状が異なるものでも十分混合することができます。混合された飼料は練り込み部に入ります。この練り込み部は外部から加熱されています。加熱によって、濃厚飼料中の糖蜜などが軟化し、混合飼料の流動性が増加すると共に、成形後の飼料ペレットの強度も増加します。成形部は環状ダイスを用いました。通常環状ダイスを用いる場合は、飼料のダイスへの加圧に遊びロールを用いています。遊びロールの回転は飼料の物性、特に、その流動性に大きな影響を受けるため、飼料の水分調整が必要となります。そこで本装置では遊びロールではなく、スクリュシャフトに固定した押し出し羽根を用いて、飼料を強制的に

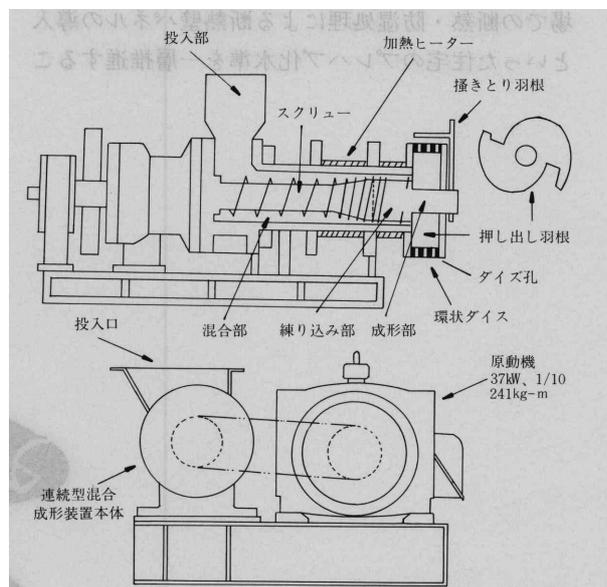


図1 連続型混合・成形装置の断面図

環状ダイスに押し付ける機構としました。この機構によって、練り込み部で流動性が高められた飼料も成形できます。この装置は、設備動力30kW、スクリーンの回転数は141rpm、スクリーンの駆動トルクは155kg-mです。

### 開発した連続型混合・成形装置の能力について

本試験では、木質飼料飼養マニュアル<sup>1)</sup>にもとづいて、現物重量比で濃厚飼料に対して木質飼料を1から7の割合の試料を連続型混合・成形装置に供給しました。木質飼料は、シラカンパチプを蒸煮圧力16kg/cm<sup>2</sup>、蒸煮時間7.5分の条件で処理したのち、粉碎機で平均7.2mmの粒度に粉碎したものです。濃厚飼料は乳牛用ペレットで、全乾重量で0.1から2.0kgを、投入口から混合・成形装置にいきなり投入し、ダイスから排出される製品ペレットの速度を測定しました。成形装置からの製品ペレットの排出速度は、投入された試料の量が少ない場合、投入量の影響を受けます。しかし、排出速度には限度があり、ある決まった量以上の試料を投入すると排出速度は頭打ちとなり、一定の値を示すと考えられます。この値が成形装置の最大処理能力です。図2には、投入量（全乾重量に換算）と製品ペレットの排出速度との関係を示しました。排出速度は投入量が1kgをすぎると急激に増加し、前述のように、投入量1.2kg以上では一定の値になりました。この値は本成形装置の場合、1時間当たり全乾重量で550kg程度

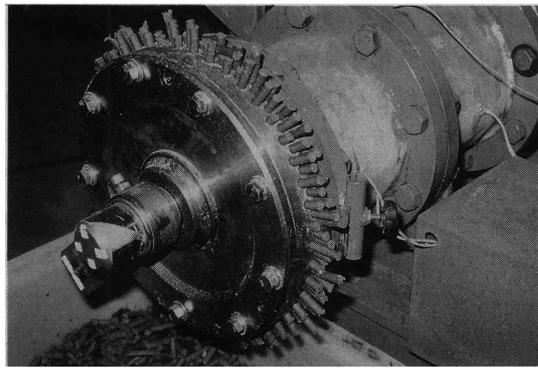
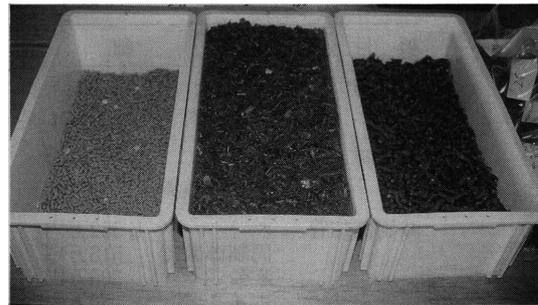


写真2 成形ペレットがダイスから出てくる状況



濃厚飼料 木質飼料 木質添加成形飼料ペレット  
写真3 木質添加成形飼料ペレットの一例

でした。なお混合比の影響はみられませんでした。本装置は、定量供給装置を組み合わせることにより無人運転が可能です。1日8時間、300日稼働で、乾物で年間約1,300tの混合・成形飼料ペレットを製造することができます。成形に要する動力は48kWh/tです。写真2には、成形ペレットがダイスから出てくる状況を、写真3には、現物重量比で濃厚飼料1に対して木質飼料を6の割合で、連続的に混合・成形した木質添加成形飼料ペレットと原料を示しました。

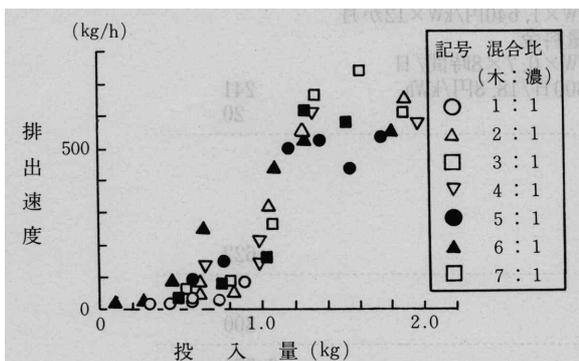


図2 投入量（全乾重量に換算）と製品ペレットの排出速度との関係

### 割箸廃材を用いた小規模木質添加成形飼料生産システムのコスト試算

木質飼料の製品価格は原料チップの全乾物価格に17.5円を上乗せした価格です<sup>2)</sup>。本道における流通乾燥牧草価格は年次的・地域的変動が大きく、昭和60年から平成元年までの5年間で、最低は20円/kg、最高は50円/kg、平均価格は35円/kg程度で、年次的・地域的変動を加味しても木質

飼料が高く、木質飼料工場の立地のためには、製造工程の簡略化や安価な原料が求められます。

飼料用原料として最も適している樹種はシラカンバですが、チップ工場の土場においてシラカンバのみを選別するためには、選別費として1m<sup>3</sup>当たり 3,000円、カンパ類の平均全乾密度0.63 t/m<sup>3</sup>を用いますと、kg当たり4.8円かかります。これを現状のパルプチップ価格23円/kgに上乘せして、原料価格は28円/kgとなります。したがって、木質飼料の配送費も含めた、製品価格は

46円/kg程度と推定されます。木質添加成形飼料工場の立地にあたっては、競合する乾燥牧草の現状価格との対比から、42円/kgが上限と考えられますので、この条件では立地はかなり難しいこととなります。

以上の結果から、ここでは、このような条件を満たす木質添加成形飼料生産システムとして、割箸工場に併設し、原料、蒸気、土地、建屋、人員、運搬具を共用できるシステムを提案すると共に、この価格試算を行いました。以下個々の項目ごと

表1 コスト試算結果

項目	詳細	備考	年間経費(万円)
原材料	シラカンバ 1,296 t	1,296 t × 18円/kg	2,333
	濃厚飼料 367 t	367 t × 47円/kg	1,725
人件費	蒸煮 1名	240万円/年 × 2名 × 1.3	624
	配送兼蒸煮 1名		
減価償却費	オートクレーブ 1,552万円	4,130万円 × 0.1 500万円 × 0.2 820万円 × 0.1	(413)
	同制御装置 518万円		
	蒸煮バスケット 300万円		
	ホイスト 50万円		
	成形装置 420万円		
	固定量供給機 350万円		
	コンベア 40万円		
	受電設備 300万円		
	工事費 300万円		
	他 300万円		
	小計 4,130万円		
配送トラック 500万円	(100)		
建屋 820万円	(82)		
合計 5,450万円	595		
消耗品費	成形装置グイス 50万円		114
	トラックタイヤ 14万円		
	蒸煮バスケット 50万円		
	合計 114万円		
光熱水費	電力	基本料金	241
	成形装置 37kW	47kW × 1,640円/kW × 12か月	
	他 10kW	従量料金	
	合計 47kW	47kW × 0.7 × 8時間/日 × 300日 / 18.8円/kWh	
	トラック燃料		20
その他	金利 全設備の7%		622
	保全費 全設備の2%		
	固定資産税 全設備の1.4%		
	保険料 全設備の1%		
	合計 全設備の11.4%		
管理費			300
経費			
合計			6,574
製品価格(年間生産量、全乾物で1,486 t) 水分を18%含んだ価格で、36.3円/kg			

に検討します。

原材料 - 割箸廃材は現状では全乾重量で16円/kgですが、この価格では、製紙工場の原料チップ価格と同じとなるため18円/kgとします。濃厚飼料は製品のTDN（飼料中の栄養分の総量）を60%とするため、TDN85%、47円/kg（水分13%）の濃厚飼料を全乾物量の22%添加します。蒸煮装置 - 内容積4m<sup>3</sup>のバッチ式オートクレーブ2台を用います。圧力制御は自動制御とします。オートクレーブの価格は1台776万円として2台で1,552万円となります。蒸煮条件 - 蒸煮圧力は6kg/cm<sup>2</sup>とします。原料樹種は、シナノキより短時間で処理できるシラカンバのみを使用することとし、蒸煮時間は、150分とします。蒸煮収率は90%です。原料の出し入れは、バスケット方式とします。バスケットはホイストによりオートクレーブに運び、バスケットは1個50万円で6個用意します。ボイラー - 割箸工場の既設の廃材ボイラーを用います。一般にこの既設のボイラーの蒸気発生量には余裕があり、さらに、蒸煮においては、所定圧力に到達するまでの蒸気消費量は大きくなりますが、蒸煮中に消費される量はわずかです。このような理由から、燃料費は計上しません。混合・成形装置 - 処理能力の点から、装置は今回開発した連続型混合・成形装置と同様のものとし、原動機のみ37kWとします。配送トラック - 専用の配送トラックとします。価格は500万円です。人員 - 蒸煮専属要員1名、蒸煮、配送を兼ねる要員1名、合計2名とします。生産規模 - 4m<sup>3</sup>オートクレーブでシラカンバ720kgが処理できます。1日6回、年間300日稼働するとして、濃厚飼料を全乾重量で全体の22%含んだ木質添加成形飼料を、全乾重量で1,486t/年生産できます。建屋 - オートクレーブ27m<sup>2</sup>、混合成形装置70m<sup>2</sup>、チップ置場67m<sup>2</sup>、合計164m<sup>2</sup>とします。建設費用は1m<sup>2</sup>あたり5万円です。

以上の条件をもとに、表1にコスト試算結果を示しました。年間全乾重量で1,486tを生産する場合、水分18%を含んだ製品価格では36.3円/kg

となりました。

### おわりに

木質飼料と競合すると考えられる乾燥牧草の価格は、十勝地域全体の平均では、41.8円/kgですが、十勝地域の大規模肉牛農家においては、35円/kg程度が実態です。北海道酪農・肉用牛生産近代化計画に示されているように、大幅に飼養規模の拡大が見込める肉用牛においては、今後、大規模な肉牛の飼養農家が増加していくと考えられます。粗飼料資源は、地域で生産される資源量で充足されている場合は、比較的安価で供給が可能です。しかし、その形状は、一般に、かさ高であるため、長距離の輸送には適していません。したがって、需要の増加は、地域の粗飼料不足を招くと共に、粗飼料価格の上昇をもたらすと考えられます。木質飼料の特徴としては、牛の内臓の発育に効果があること、また、天候に左右されずに一定の栄養価で安定して供給することができること、さらには、濃厚飼料を添加成形することにより、取り扱いが容易になるなどの数々の利点があります。飼養規模拡大に伴い、給餌作業は大幅に機械化されると共に、給与される飼料の栄養価と給与量はコンピュータで管理されることになると考えられます。大量に購入される飼料は、より安価なことも求められますが、品質が一定していること、給餌機械に適合した形状であることが求められます。木質添加成形飼料はこのような各種条件をほぼ満たすものと考えられ、その実用化は、今後、多いに期待できるものと言えます。

### 参考資料

- 1) バイオマス飼料飼養マニュアルシリーズNo.2、蒸煮広葉樹による乳牛および肉用牛の飼養マニュアル、農林水産省、1988
- 2) 遠藤 展ほか：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

(林産試験場 機械科)