流通化のための梱包サイレージ調製作業について

第1報 タイトベアラを利用した梱包サイレージ
調製作業の改善*

我妻幸雄・柿沼 計・矢治幸夫・今園支和・雁野勝宣

Studies on Making of Bale-silage as Commercial Roughage.
I. Improvement of Preparation Techniques of Bale-silage as
Commercial Roughage.

Yukio AZUMA⁺, Shin KAKINUMA⁺, Yukio YAJI⁺, Sasakazu IMAZONO⁺
and Katsunobu GANNŌ⁺

1. 緒 言

関東地域における酪農の現状は、乳牛飼養の多頭化の進展に伴い、粗飼料が不足し、購入粗飼料も増加している。また、天候が不安定で、牧草収穫調製作業に、乾草だけでなくサイレージとして処理する必要もあり、この場合、乾草用の作業機をサイレージ調製にも利用したい。さらに、粗飼料生産の場合大規模集団圃場としてまとめることが困難な場合が多く、分散した耕地を利用するための現地貯蔵方式を考える必要がある。

以上の問題を解決するために、これまで、ルースベアラとトレンチサイロの組合わせによるサイレージ調製作業の省力化¹⁾が図られ、さらに、タイトベアラとトレンチサイロ、バキュームスタックサイロを組合わせた方法に発展し大幅な省力化²⁾がなされた。本報では、これらの方法を発展させ、現地貯蔵方式による流通化という新たな視点からサイレージ生産コストを低下させ、取扱いの簡便な良質サイレージを安定供給させるために、規格という点に注目し、梱包サイレージの生産から流通までの一貫した機械作業としての方法について、従来乾草調製作業に利用されているヘーベアラの予乾草での梱包調製技術、ベールローダ利用による梱包

牧草の拾い上げ、運搬等の諸作業の省力化について検討を行った。

この技術の評価については第2報で、またビニールスタックサイロのもつ不安定性、二次発酵、品質等の問題については後報で検討する予定である。

この試験は、別枠研究「粗飼料流通化のための技術開発」で、昭和47年～49年にわたり、農事試験場畑作部において実施された課題の1つである。

なお、本試験実施にあたっては、農事試験場畑作部機械化研究室細田英次技官ならびに、作業体系第2研究室、家畜導入研究部の御協力を得た。ここに記して謝意を表する。

第1表 供試機械一覧表

項 目		作 業 機 名	主 要 諸 元
刈 反 集 梱 拾い上げ・搬送 運	取 転 草 包 搬 搬	トラクタ	MF135 45PS
		"	Ford2000 39PS
		モーター	フレール型 作業幅1.8m
		ヘーテータ	たて軸回転型 作業幅3.2m
		ヘーレーキ	回転輪型 6輪1列 作業幅可変
		ヘーベアラ	NH-268 タイト・トワイン ピックアップ幅 1.5m
		"	NH-273 タイト・ワイヤ (改良)ピックアップ幅 1.5m
		ベールローダ	NH-471 側方装荷型 エレベータ幅 0.56m
		トレアラ	牽引型 2輪 積載量1.5t

* 昭和50年11月25日受理

※ 農事試験場畑作部 北本市荒井160

※※ 現農事試験場企画連絡室 鴻巣市鴻巣

+ Upland Farming Division, Central Agr. Exp. Station, Kitamoto, Saitama, 364

2. 試験方法

供試材料としては、短年牧草（イタリアンライグラスおよびローズグラス）の各生育時期のものをを用いた。収穫時の牧草収量は生草で10a当り約3,000～1,600kgであった。

供試機械は第1表に示したが、トラクタとモータ、ヘーベラ、ベールローダ（トレーラ牽引）を基幹とした体系で試験を実施した。

サイレージ調製作業はモータで刈取り、約1～2日予乾（ヘーテッダで2回程度反転）し、含水率（40%、50%、60%、70%前後）と整形性について検討し、その結果、梱包長さおよび圧縮密度調節部の改良を行ない、作業精度が向上するように検討を重ねた。また、梱包の運搬作業の省力化をはかるため、トラクタ側方装着型ベールローダを供試して、水分別、形状別梱包の拾い上げ搬送作業性能を調べた。なお、運搬は、トラクタ+トレーラ、人力による荷下し作業を実施し、その作業能率を調査した。

3. 試験結果および考察

梱包サイレージの流通化を目的とする梱包調製作業においては、取扱性、品質、保蔵性など包含された技術であることが前提条件である。

サイレージ調製の品質上適当とされる原料牧草の含水率は、40～60%であることから牧草をフレールモータで刈取り後ヘーテッダで反転を行ないながら目標含水率まで低下させた。供試ベラは、現在普及し乾草の梱包を主目的とした作業機で、一般的に高水分含量の牧草への適応には問題が指摘されており、対応技術の解明がなされていない。したがって、本報告は、ヘーベラでどの程度の牧草水分まで流通に耐える梱包成形が出来るか、梱包性能や機構的な問題抽出を主眼に試験を実施した。

1) 圧縮力と梱包密度・形状

圧縮力と梱包密度との関係は、作業速度およびプランジャーの圧縮速度を一定条件にし、梱包室内の圧縮力が梱包密度に及ぼす影響を調べた。ベールテンションレールの圧縮力50～100kg/cm²の範囲において、牧草含水率30%では52から78DM

—kg/m³、40%では64から91DM—kg/m³、50%で76から120DM—kg/m³となり、梱包室内の圧縮力を大きくするにしたがい、また牧草の水分含量が多くなるに伴い梱包密度が増加する傾向を示した。

梱包室内の圧縮力と梱包形状の関係は、水分含量の少ないほど梱包時の梱包長さの変動が少なく、水分含量が高くなるに伴い梱包長さが不規則になることを示している。このことは、供給量あるいは集草量の条件（ウィンドローの大きさ）などによっても異なると考えられるが、牧草は水分含量が少ないほど梱包室内での復元作用や、プランジャーによる圧縮作用に対して、移動が容易で、梱包長さを規制するメタリングホイールが円滑に作動するため、梱包状態、長さは設定条件にそった結果がえられる。

（第1図）

第1図 材料含水率別・圧縮力別における梱包長さの変化

水分含量が高い場合は、梱包室内での復元作用が低下すると同時に密度が高くなるために移動が悪くなる。一方、上部テンションレールと牧草との間に空間を生じ、メタリングホイールの作動が不規則となることなどが梱包形状に影響している。

以上の結果から、含水率40%程度までの予乾牧草を梱包する場合は比較的整一な梱包が得られたが、50～60%の高水分含量の牧草を梱包調製作業に適用するには、部分的な改良が必要と考えられた。

2) ヘーベラの改良と作業精度

ヘーベラ利用による予乾牧草（40～60%）の梱包長さや圧縮密度に係る構造部分を改良した。梱包の幅と厚みはベールチャンバによって規制され、梱包密度は一般にテンションレールの間隔調整で規制する。更に梱包長さ調整は、トリップアー

ムとメタリングホイール軸とのかみ合わせで設定し、メタリングホイールの作用により、トリップアームの作動を同調させる構造になっている。したがって梱包長さは、メタリングホイールがベールチャンパ内で、送り込まれる牧草に対して常時喰い込みながら回転作動していることが必要であり、それらの作用を確実に作動させるため次のように改造した。

①メタリングホイールの直径を240mmから290mmに拡大した。②同時に軸受を改造し、たて穴(75mm)を設け、メタリングホイールがベールチャンパに送り込まれる草量に順応して上下動出来るようにした。③メタリングホイールの順応作用を適切に行なうことと、トリップアームの軸回転が円滑に作用するようスプリングを取付けた。④メタリングホイールの直径を大きくしたことによって、テンションレールたて溝を340×17mmに切り開いた。この結果、ベールチャンパ内における床面テンションレールとメタリングホイールの間隔は改良前に比較して50mm狭くなり280mmとなった。

(第2図参照)

改良型ヘーベラによる梱包調製性能について検

① メタリングホイール ④ スプリング
② メタリングホイール軸受 ⑤ テンションレール
③ たて穴

第2図 ヘーベラ梱包部の改良

第3図 改良前・後における梱包長さ

討した。梱包長さについて改良前と改良後の関係を第3図に示す。梱包長さ60cmに設定した場合、改良前・後の梱包状態を比較すると、改良前においてはテンションレールの圧縮力が変化することによって梱包長さも変化しやすく、規格統一した梱包が得られなかったが、改良後は圧縮力の変化による梱包長さの変動が少なく、規制した長さに梱包できる見通しが得られた。

梱包時の梱包重量は、同一条件での梱包重量が改良前後ともテンションレールの圧縮力を高めることによって増加する傾向を示したが、重量増加範囲は、改良前1梱包当り19.0～28.0kgに対して改良後19.5～23.0kgとなり、その範囲が小さい。これは、梱包重量に関係したとみられるテンションレールの圧縮力と梱包長さなどからみて、改良前は梱包が不整形であったことが重量変化にも影響し、改良後は梱包が均一なため重量変化の割合が少なかったものと推察される。

以上、ヘーベラの梱包長さおよび圧縮密度調節部の改良を行なった結果、牧草含水率40～60%程度の作業において、不整形な梱包の発生が少なく、また梱包長さも規制できるようになった。

3) 高水分における梱包作業

梱包形状については、梱包後の拾い上げ搬送作業を一貫して機械化するため、トラクタ+ベールローダ+トレラによる作業体系を考え実施した。この場合後述するように供試ベールローダの作業精度から梱包長さ60cm以下では拾い上げ不可能となる。したがって、梱包は60cm以上の長さが必要である。そこで、改良型ヘーベラ（ワイヤ）について梱包長さを65cmに設定し、牧草水分と梱包形状との関係を検討した結果、牧草水分47%では梱包長さ65±3cm、梱包重量22.0～28.0kg、56%では66±4cm、27.0kg～36.0kg、70%の場合、74±8cm、30.0～43.0kgとなり、梱包長さ、梱包重量ともに牧草水分が高くなるほど整一性が悪くなる傾向を示した。また、梱包厚さもそれぞれ平均35.0cm、34.6cm、32.8cmというように水分含量が高いと牧草がベールチャンパ下方へ堆積する結果、厚さが薄くなる傾向を示した。牧草水分65%以上の梱包作業は、場合により波をうつような

変形した梱包になることもあった。なお、トワインベアラの場合も直方体の正しい梱包形状にならず、底辺が長く側面が台形の変形された形状になるものがあった。この原因は、牧草水分が高くなると、牧草がベールチャンパ内で下方に堆積し、下面が厚くなることと、ワイヤベアラの場合は特に圧縮密度が高いため、圧縮される際に梱包がわん曲してしまう。また乾草と異なり、供給量に関係するウインドローの大きさと作業速度のうち、ウインドローの大きさの変化によるとみられる変形した梱包の発生があった。つまりウインドローが小さな場合には、牧草が下方に堆積することも、前述のわん曲変形梱包発生の原因の1つとなる。このため、牧草水分が高い場合には、ウインドローをある程度以上大きくするとよいと思われる。したがって、改良型ヘーベアラによる梱包作業は、梱包形状から牧草水分60%程度以下で行なうことが望ましいと考える。

第4図 牧草含水率と梱包密度

第5図 梱包形状と搬送精度

4) トワインベアラとワイヤベアラ

トワインベアラとワイヤベアラの作業精度を比較検討した。これまでは主にワイヤベアラについて試験し、改良を加えてきたが、メタリングホイールが固定されている未改造の構造では、メタリングホイールの作用が不十分で、牧草水分が高い場合は梱包厚さが小さくなるため、梱包長さの規制がうまくゆかず長くなる傾向があった。

トワインベアラとワイヤベアラ(改良型)との梱包作業精度の比較は、第4図に示すとおりワイヤベアラの梱包密度が高くなった。

5) ベールローダの作業性能

ベールローダで各種大きさの梱包について拾い上げ作業を検討した結果、ヘーベアラによる梱包形状が作業精度に影響し、特に梱包長さは第5図に示すとおり60cm以下のものはピックアップ部で回転し、リフティングチェーンが外れるなどのトラブルを起こすことが多い。梱包長さ60cm以上のものは、スムーズに拾い上げられる。このため、ヘーベアラで梱包する場合、梱包放出口をできるだけ下げて、梱包方向を統一にすればスムーズに拾い上げられる。このためヘーベアラで梱包する場合、梱包放出口を出るだけ下げる配慮が必要である。また、本試験では梱包長さが100cmを超えるものも作業に支障はなかった。しかし、梱包長さはベールローダの制約から60cm以上となるが、梱包長さ60cmの場合を考えると、梱包重量は含水率40%で約22kg、50%で約25kg、60%で約33kgとなり、いずれも20kg以上となり、トレーラからの荷下し作業、サイロ詰作業等の人力での取扱いが困難となる。したがって、供試ベールローダの改造によって、梱包重量20kg以下の取扱い容易な梱包も拾い上げ搬送作業できるようにする(この場合は取扱い個数の増加となる)か、人力での取扱い不用を一貫機械化体系によらざるをえないと考える。

そのほか作業精度に影響を与える要因には梱包の整形性がある。直方体になっていない場合ピックアップ不能となる。このため整形性についてトワイン梱包とワイヤ梱包とを比較すると、圧縮密度の差などからワイヤ梱包のほうがよく、トワイン梱包がベールローダによる拾い上げ作業精度が劣る傾向もみ

られた。

6) 梱包サイレージの取出し作業精度

サイロで調製された梱包サイレージをサイロから取出し、運搬給与する過程で、ベールローダの有効利用を考え試験を実施した。梱包サイレージ取出し作業で特に問題となるのは、梱包の整形性がベールローダ作業精度に顕著に現われることである。ベールローダを定置し、サイレージを供給するトレーラなど運搬車に搬送する場合、サイレージ含水率52%の梱包は第2表に示すように梱包のたわみが大きく、形くずれを起しているため、ピックアップ不能、搬送不能などのトラブルが多かったが、サイレージ含水率37%の場合には形くずれも少なく搬送トラブルも減少した。

第2表 含水率別梱包サイレージ形状比較

	梱包幅	梱包厚さ	梱包長さ	ワイヤ※ たわみ
梱包サイレージ(37%)	45.0cm	30.3cm	63.2cm	9.3cm
" (52%)	45.0	22.8	63.0	16.2

※ 梱包サイレージをつり上げた時にできるサイレージとワイヤとの間隙

ピックアップチェーン速度と作業精度との関係では、サイレージ含水率37%の場合、0.3m/s以下で使用すれば作業可能であると思われた。これは、梱包牧草をサイレージと同様に定置して搬送させる場合ピックアップチェーン速度0.5m/sの約1/2の能率しか得られない。この差は梱包牧草と梱包サイレージの差によるものであるが、この結果から、供試

第3表 改良型ヘーベラ作業能率

草 種	含水率	平均作業速度	平均回 行時間	10a当り 所要時間	時間当り 処理量	供試面積	備 考
イタリアンライ ラス 3番草	% 36	m/s 0.75	s/回 66	min/10a 6.0	kg/hr 1,700	a 73.6	ローリンク※ 装着
"	42	1.33	18	2.4	3,900	39.6	スイングドロ※※ ロー装着

※ …… 6月20日

※※ …… 6月21日

第4表 ベールローダ作業能率

草 種	含水率	平均 梱包長	平均作 業速度	平均回 行時間	10a当り 所要時間	時間当り 処理量
イタリアンライ ラス 3番草	% 36	cm 69.5	m/s 1.18	s/回 39.3	min/10a 4.3	kg/hr 2,500
"	42	64.8	1.42	33.3	3.8	2,400

但し、6月21日

ベールローダを梱包サイレージ取出し作業に使用するには、ピックアップ部の改良が必要と思われる。

7) 梱包・拾い上げ・運搬作業能率

改良型ヘーベラ(ワイヤ)の作業能率を第3表に示した。ここで6月20日ではローリンク装着、6月21日ではスイングドロバ装着となり、それぞれ回行時間に差を生じた。ベールローダの作業能率は、ベールローダをトラクタ側方に装着し、同時にトレーラを牽引する方法で、満載になればベールローダを外し、サイロまで運搬した。梱包長さ65cmに設定した調査結果を第4表に示す。表から知られるように、ピックアップチェーン速度0.98m/sとなり、定置試験の限界0.5m/sの約2倍の速度で作業が可能であった。これは定置試験の場合はピックアップ部に人力で供給したために低い限界となったものと思われる。

平均作業速度は1.4m/sであったが、梱包牧草の並び方、梱包と梱包の間隔などによって変化する。また、本作業の場合トレーラに補助作業員1名が必要であり、作業速度が速くなると補助作業が遅れることにもなる。

梱包・拾い上げ・運搬・荷下しの諸作業の能率を

第5表 梱包から荷下し作業までの作業能率

草 種	含水率	10a当り所要時間				合 計
		梱 包	拾い上げ	運 搬	荷下し	
イタリアンライ ラス 3番草	% 36	min 6.0	min 4.3	min 3.9	min 1.3	min 15.5
"	42	2.4	3.8	1.2	2.5	9.9

第5表に示した。

4. 要 約

予乾による牧草サイレージの調製技術を確立するため、流通化の視点から乾草調製作業に使用されているヘーベラ、ベールローダ

を利用した梱包サイレージ調製について検討した。

1) ヘーベラによる梱包作業で流通に耐えうる整形が得られるか検討した結果、含水率50～60%の予乾草では均一な成形が得られず、梱包長さの規制も困難であった。

2) したがって、ヘーベラの梱包長さ規制装置および圧縮密度調節部の改良を行った。その結果、含水率 40～60% 程度までの予乾梱包作業において、供給量を維持しうれば、不整形な梱包の発生もなく、規格の均一化をはかりうる見通しを得た。

3) トワインベラとワイヤベラ（改良型）との作業精度の比較では、ワイヤベラが梱包密度が高くなった。しかし、梱包牧草の取扱い上からは若干問題が残る。

4) 供試ベールローダの作業精度は、梱包長さが大きく影響し、梱包長さが 60 cm 以上であればスムーズに拾い上げ搬送されることが明らかになった。

5) 調製された梱包サイレージ取出し・運搬作業にベールローダを利用する場合は、含水率 37% 程度のもものではピックアップチェーン速度 0.3 m/s 以下では問題なかったが、それ以上の含水率では梱包のたわみが大きく形くずれを起し、搬送トラブルが多くなった。

6) 作業能率は、改良型ヘーベラで 1.0 hr/ha、ベールローダとトレーラの組作業で梱包拾い上げ搬送・運搬・荷下しまで 1.6 hr/ha であった。

7) 本試験では、含水率 40～60% 程度までの予乾草を統一に梱包し、サイロ詰込みまでの諸作業による省力化をなし得た。しかし、本体系上残された問題としては、取扱いの面から 1 梱包重量を 20 kg 以下にする場合には、ベールローダを改造し 60 cm 以下の梱包でも拾い上げ搬送可能にするか、人力による取扱いを不要とする一貫機械体系による方式を検討することが必要であろう。

5. 引用文献

- 1) 一戸貞光他 2 名：(1967)・ヘイベラ利用によるサイレージ調製法について，農作業研究，第 4 号，P 16～20
- 2) 加藤明治他 5 名：(1973)・タイトベラを利用した梱包サイレージの調製作業について，農作業研究，第 17 号，P 28～34
- 3) 農林水産技術会議事務局：(1973)・高品質サイレージの大量調製と飼養技術に関する研究
- 4) 農林水産技術会議事務局：(1974)・サイレージ研究の成果と展望