ミニロールベールラッピング処理技術の開発

第1報 車載式細断物梱包装置の開発

宮崎昌宏・岡崎紘一郎・長崎裕司

Development of the Small-Bale Wrapping System for the Silage-making Operation.

1. Development of the Mounted Roll Baler for Chopped Forage

Masahiro MIYAZAKI, Koichiro OKAZAKI and Yuji NAGASAKI

1 緒 言

西南暖地の分散した小区画な水田転換畑圃場において、中・小型機による低コストで取り扱いやすい高品質サイレージの調製技術を確立するため、収穫と同時に収穫物を小容量のベールに梱包し、フィルムで密封するミニロールベールラッピング処理技術を開発した。第1報では細断物の梱包機として試作した車載式細断物梱包装置の概要とその基本性能について、第2報では車載式細断物梱包装置で梱包したミニロールベールをラッピング処理したサイレージの品質とミニロールベールのハンドリングについて報告する。

なお、供試機の試作に当っては、四国農業試験場地域基盤研究部香川信次氏、平田孝和氏、元四国農業試験場機械工作専門官龍瀬義美氏に多大の御協力を頂いた。記して深謝の意を表する。

2 開発機の構造及び諸元

開発した車載式細断物梱包装置は、市販されているけん引式の小型ロールベールを改造したものであり、コーンまたはフォレージハーベスタを前装した多輪型汎用作業車の荷台に装着した。主要諸元を表1、概略図を図1に示した。

本装置は、全長1.6m、全幅1.35m、機体質量595kgと小型であり、搬送部と梱包部から構成され各種ハーベスタのシュートから吐き出される細断収穫物を成形・梱包する。本装置は油圧駆動であり、多輪型汎用作業車に3.7kWのエンジンと吐出圧力10.3MPaで吐出量18ℓ/minの油圧ポンプ及び容量42ℓのオイルタンクを追加して取り付けた。

搬送部は、ハーベスタのシュートから吐き出される細断収穫物を受け止める金網状の容量0.32m³のホッパーと、梱包部へ収穫物を搬送するホッパー下部のスラットコンベアから構成されている。スラットコンベアは、スラットピッチ20cm、機長80cm、機幅70cmでホッパー下部から梱包部入口へ5度傾斜している。

梱包部では、図2に示したように、スラットコンベアから送られてくる材料を、成形室周りを回転しているチェーンに取り付けたパイプ（タイトバー）で転がし円筒状に成形する。タイトバーには幅2cmの横板を両端に取り付け、細断物が成形室から落下するのを防いでいる。また、成形室から収穫物が吐き出されないように成形室を水平軸に対して15度上向きに取り付けた。

梱包は、成形室内が設定された圧力になるとブ

平成4月7月11日受理

日本農作業学会第26、27回講演会で発表

四国農業試験場 〒765 香川県善通寺市生野町2575

Shikoku National Agricultural Experiment Station, Zentsuji, Kagawa, 765

表1 車載式細断物梱包装置の主要諸元

全長・全幅・全高(m) 機体質量(kg)	1.60・1.35・1.85 595
エンジン	3.7kW/1800rpm
油圧ポンプ	18ℓ/min, 10.3MPa, 1800rpm
油圧モータ	80N・m, 200rpm
油圧バルブ	手動, 四方切換弁, 2連
オイルタンク	容量 42ℓ
搬送部 ホッパ スラットコンベア	容量 0.32m³ 機長80cm・機幅70cm 傾斜角 5°, スラットピッチ20cm
梱包部 梱包形状 成形方式 成形室 結束方式 成形室傾斜角	円柱形 定径チェーン式 直径45cm・幅75cm トウィン巻付式 15°

ザーが鳴るとともにトウィンが自動的に繰り出され回転しているベールに巻きつく。トウィンの巻き付けピッチは11cmで、結束が終了するとブザーで知らせるとともにトウィンが自動切断され、運転席手元のベール排出レバーで排出ゲートを開き、ベールを機体後方に放出する仕組みである。

3 試験方法

1) 供試機械

(1) 多輪型汎用作業車(K社製800D): 全長2.6m, 全幅1.6m, 機体質量965kg, エンジン14kW, 8輪式, 油圧駆動方式, フロントヒッチ

(2) 車載式細断物梱包装置(開発機): 前述した開発機を前記作業車に装着した。装着に当たっては作業車の後方に160kgのウェイトを取り付けた。

(3) コーンハーベスタ(K社製KDH15): 1条用, フライホイール形, 処理能力5~10t/h

(4) フレール形フォレージハーベスタ(K社製KF500): 刈幅0.5m, 処理能力3t/h

(5) ユニット形フォレージハーベスタ(試作機, 写真1): ピックアップ幅0.8m, オーガ式搬送, シリンダ形カッター, 処理能力3t/h

2) 供試作物

トウモロコシ: 草丈 201.5 ± 21.1 cm, 部分刈収量 3.16 kg/m^2 (水分65.8%), ソルガム: 草丈 199.0 ± 22.3 cm, 部分刈収量 5.43 kg/m^2 (水分71.0%), 大麦: 草丈 87.1 ± 4.7 cm, 部分刈収量 1.89 kg/m^2 (水分59.5%), イタリアンライグラス: 草丈 87.4 ± 13.6 cm, 部分刈収量 3.99 kg/m^2 (水分85.5%),

図1 車載式細断物梱包装置の概略図

図2 車載式細断物梱包装置の成形作用図

ギニアグラス: 草丈 134.7 ± 13.2 cm, 部分刈収量 3.30 kg/m^2 (水分78.1%)

3) 測定項目

供試材料の切断長, 供試材料の含水率, ベールの大きさ(質量, 周長, 幅), 梱包ロス, 梱包強度(高さ2mのベール落下試験時の破損割合), 所要動力, 作業能率

4 試験結果および考察

開発した車載式細断物梱包装置による収穫・梱包作業状況を写真1及び2に示した。

なお, トウモロコシ, ソルガム及び大麦は, コーンハーベスタまたはフレール形フォレージハーベスタで直接収穫し, イタリアンライグラスやギニアグラスについては, 歩行型モアで刈り取り, 1~2日間圃場で予乾したのちユニット形フォレージハーベスタで拾い上げ・細断して梱包した。

写真1 イタリアンライグラスの収穫・梱包作業

写真2 トウモロコシの収穫・梱包作業

表2 飼料作物における車載式細断物梱包装置の梱包質量及び梱包密度

供 試 材 料			ミニロールベール			
材料名	切断長 (cm)	含水率 (%)	直径 (cm)	幅 (cm)	質量 (kg)	密 度 (kg・DM/m ³)
トウモロコシ	2.7±2.9	59.9	45	75	46.3	156
		62.0	45	75	46.6	148
		64.0	45	75	47.5	143
ソルガム	6.2±6.7	68.3	45	75	46.0	122
		71.8	45	71	47.8	119
		72.8	45	71	48.8	117
大 麦	9.6±7.2	57.3	47	75	35.6	117
		59.6	45	75	34.5	117
		65.8	45	75	43.3	124

1) 梱包精度

各種ハーベスタのシュートから吐き出される細断物は、ホッパに当りスラットコンベアに落下して円滑に梱包部へ送り込まれた。スラットコンベアの搬送速度は17m/minであり、搬送能力は十分であった。しかし、スラットコンベアの戻り過程で成形室内の細断物の一部をかき出し室外へ落下させたため、図2に示したように、スラットコンベア下部にカバーを取り付けた。この結果、スラットコンベアで成形室からかき出された細断物はカバーに沿って再び搬送され細断物の室外への落下はなくなった。

なお、成形室での細断物の片寄りがなくベールを均一な円筒形に仕上げるため、収穫においてはハーベスタのシュートの搬出方向を随時調節した。

(1) 梱包質量及び梱包密度

表2に、細断した飼料作物における本装置の梱

包質量及び梱包密度を示した。梱包したベールの大きさは、直径45～47cm、幅71～75cmであった。コーンハーベスタで収穫した含水率60～64%のトウモロコシの梱包では、1梱包当りの質量は46～48kgで、密度は143～156kg・DM/m³であった。フォレージハーベスタで収穫した含水率68～73%のソルガムの梱包では、質量はトウモロコシと同様であったが、密度はトウモロコシより小さく117～122kg・DM/m³であった。含水率57～65%の大麦の梱包では、質量が35～43kgで、密度はソルガムと同程度の値を示した。

ユニット形フォレージハーベスタで収穫した予乾後のイタリアンライグラスやギニアグラスの梱包では、図3に示すように予乾程度によって質量と密度が異なり、梱包時の含水率が小さいほど質量が小さいが密度は高くなった。含水率60～70%の中水分の梱包では、質量40～50kg、密度108～115kg・DM/m³であり、含水率40～60%の低水分ではそれぞれ35～40kg、115～123kg・DM/m³であった。

以上のように、本装置で梱包したミニロールベールの質量と密度は、供試作物と梱包時の含水率によって異なるが、質量35～50kg、密度120～150kg・DM/m³と軽量で高密度に梱包できることが分かった。

(2) 梱包ロス

本装置は、図2で示したように成形室が密閉されているため成形中のロスはなかったが、ベール放出時に梱包ロスがあり、次式で算出した。

梱包ロス = (成形室に入った収穫物質量(kg) - ベール質量(kg)) / 成形室に入った収穫物質量

図3 予乾牧草における車載式細断物梱包装置の梱包質量及び梱包密度

(kg)×100(%)

細断物の切断長と梱包ロスの関係を図4に示した。これによると本機の梱包ロスは、切断長3cmのトウモロコシの梱包時では9～10%であり、切断長6cmのソルガムや切断長10cmの大麦では2～3%，切断長7cmのイタリアンライグラスやギニアグラスでは、1～2%と小さかった。これは、トウモロコシの結束ピッチが11cmと大きいため、切断長が短い場合は結束されない細断物が多くなり、梱包ロスが増大したものと考えられる。なお、成形室のチェーン速度が28.6～38.1m/minの範囲では、速度の違いによる梱包ロスへの影響は認められなかった。

以上のように、本装置の梱包ロスは、細断物の切断長の影響が大きく、切断長3cmでは梱包ロスが10%と大きいものの、切断長6cm以上では梱包ロスが3%以下と十分な作業精度が得られた。

(3) 梱包強度

本装置で梱包したバールの梱包強度として、バールを高さ2mから落下させた時のバールの破損割合で示し、その結果を表3に示した。コーンハーベスタで収穫した切断長が1.8cmと短く、切断長の標準偏差が1.0cmと切断長のばらつきが少ないソルガムの梱包では、本機からバールを放出する際にバールが割れることがあり、また落下試験

図4 車載式細断物梱包装置の梱包ロス

表3 車載式細断物梱包装置によるミニロールバールの梱包強度

材 料	ミニロールバール				破損割合 (%)
	含水率 (%)	切断長 (cm)	質量 (kg)	梱包密度 (kg·DM/m³)	
トウモロコシ	62.0	2.7±2.9	44.5	141	3.8
	64.0	2.7±2.9	47.5	143	4.5
ソルガム	71.7	1.8±1.0	46.5	110	破裂
	69.1	6.2±6.7	46.0	118	2.2
大 麦	57.3	9.6±7.2	33.6	120	0.7
	64.7	9.6±7.2	35.0	103	0.6
イタリアンライグラス	40.1	7.5±6.3	35.4	124	0.6
	66.9	7.5±6.3	47.5	107	0.8

注) 破損割合はバールを高さ2mから落下させ測定

では全てのバールが破裂した。切断長2.7cmのトウモロコシのミニロールバールの落下試験による破損割合は4～5%であり、切断長が6cm以上の細断物のバールでは、いずれも3%以下と小さかった。

この結果、本装置は切断長3cm以上の細断物を梱包することができ、細断物の切断長が長いミニロールバールほど衝撃力による破損量は小さく梱包強度が大きいことが分かった。

(4) 所要動力

本装置の成形室内細断収穫物の質量と所要動力の変化を図5に示した。本装置の所要トルク及び所要動力は、成形室内細断物の質量が30kgまではほとんど無負荷に近い値をとるが、それ以後は成形室内の細断物の質量が増大するに従って急勾配で増大した。これは、成形室内が細断収穫物で一杯になり、さらに送り込まれてくる細断物がタイトバーによってバールの内方向へ圧縮され、タイ

表 4 車載式細断物梱包装置による収穫・梱包作業能率

(区画20×50 m)

供 試 作 物			収 穫 作 業		梱包数 (個/10a)	作業時間の内訳 (%)				所要時間 (h/10a)	作業能率 (t/h)
作物名	収 量 (t/10a)	含水率 (%)	走行速度 (m/s)	作業幅 (m)		刈取	旋回	結束	放出		
トウモロコシ	3.16	65.8	0.41	0.7	56	39.3	12.6	42.0	6.1	2.39	1.32
大 麦	1.53	57.3	0.87	0.5	45	41.4	23.0	30.8	4.8	1.54	0.99
	1.89	64.7	0.60	0.5	49	46.9	18.0	31.0	4.1	1.98	0.95
イタリアン ライグラス	0.97	40.1	0.61	0.8	28	52.3	18.3	25.1	4.3	1.09	0.89
	1.75	66.9	0.58	0.8	39	47.2	15.8	31.9	5.1	1.27	1.38

図 5 車載式細断物梱包装置の動力特性
注)細断物：含水率59%で2.7cmのトウモロコシ

トバーと細断物の摩擦力が増大したためであると
考えられる。

本装置でバール質量50kgを梱包するのに必要な
所要トルクと所要動力は、それぞれ51 N・m、1.2
kWであり、低馬力で梱包できることが分かった。

2) 作業能率

各種収穫機と車載式細断物梱包装置による収
穫・梱包作業能率を表4に示した。本装置は、収
穫と同時に成形しているため、梱包作業による収
穫作業の中断時間は、トワインの巻き付けの結束
時間とバール放出時間である。本装置のバール1
個当りの放出時間は6秒と短い、結束は40～60
秒と多くの時間を要した。このため、収穫・梱包
作業に占める結束時間の割合は、10 a 当りの梱包
数が56個と多いトウモロコシでは42%で、大麦及
びイタリアンライグラスでは、単位面積当りの梱
包数がトウモロコシよりも少なくなるため25～32
%であった。本装置の作業能率の向上には、結束
時間の短縮が必要であった。

本装置の収穫・梱包作業能率は、トウモロコシ
で1.3t/hであり、大麦では1.0t/hであった。イ

タリアンライグラスでは、含水率40%で1.4t/h、
含水率67%で0.9t/hであった。

3) まとめ

西南暖地の水田転換畑において取り扱いやすい
サイレージ調製技術を開発するため、細断した収
穫物を梱包できる車載式細断物梱包装置を開発
し、その作業性能を検討した。本開発装置の特徴
は、ハーベスタを装着した作業車の荷台に装着
し、ハーベスタから吐き出される細断収穫物を収
穫と同時に小容量に梱包できる方式としたところ
にある。

従来、水田転換畑で栽培されたトウモロコシや
大麦のホールクロップサイレージは、収穫された
細断物を固定サイロへ運搬して調製貯蔵を行って
いる。この点、本装置を用いると細断収穫物が梱
包されているためバールラップによる密封がで
き、固定サイロを用いずにサイレージ調製が行う
ことができ^{1, 2)}、機械・施設費の低減を図ること
ができる。また、圃場内で調製作業が行え、梱包
・密封後にまとめて運搬することができるので、
遠隔地に圃場が分散している場合でも収穫機の利
用効率が低下することはない。

北海道を中心とする大規模畑作地帯で普及して
いるロールベアラは、バールの直径が1 m以上で
1個当りの質量が500kg以上と重く、バールの積
み込みと荷降ろしに大型トラクタのフロントロー
ダが利用されている^{3, 4)}。しかし、本機の1個当
りのバール質量は、35～50kgと軽量であるため大
型の積み込み装置が不用である。

現在、市販されているロールベアラは無切断の
長物を拾い上げながら梱包する機構で梱包密度が
小さいために、梱包数の増加による作業能率の低
下やその後のサイレージ調製の不良が問題になっ
ている⁵⁾。しかし、本機はハーベスタで収穫した

細断物を梱包しているため、梱包密度が120～150 kg・DM/m³と高く、バール内の空気の排除と空気の侵入を困難にさせ、バールをフィルムで密封することにより良質なバールサイレージ調製が期待できる。

本機の梱包精度をみると、コーンハーベスタで収穫したトウモロコシでは梱包ロスが10%と大きく梱包強度も小さいため、バールの結束方法としてネット掛けが必要と考えられる。しかし、フォレージハーベスタで収穫したソルガムや大麦、予乾した牧草では梱包ロスが3%以下であり、しかもバールのハンドリングに支障のない梱包強度が得られ、実用化の見通しを得たと考える。

以上のように、開発した車載式細断物梱包装置は、細断した収穫物を梱包できるため、水田転換畑で栽培される多様な粗飼料資源を固定サイロを用いずサイレージ調製できる特徴を有している。今後は、車載式細断物梱包装置で梱包したミニロールバールをラッピング処理したサイレージの品質とミニロールバールのハンドリング方法の検討が必要であり、この点については次報で報告する。

5 摘 要

水田転換畑において取り扱いやすいサイレージ調製技術を開発するため、収穫と同時に細断収穫物を小容量のミニロールバールに梱包できる車載式細断物梱包装置を開発し、その作業性能を明らかにした。

1) 本装置は車載式であり、収穫機から吹き上げられた細断物をホッパで受け止め、密閉した成形室に搬送する。成形室では、細断収穫物を円筒状に成形し、トワインで結束して直径45cm、幅75cmのバールに梱包する。

2) 本装置の梱包精度は、コーンハーベスタで収穫したトウモロコシでは、梱包ロスが10%と大きかったものの、質量50kg、密度150kg・DM/m³に梱包することができた。フォレージハーベスタで収穫したソルガム、大麦や予乾牧草の梱包では、梱包ロスが3%以下であり、質量35～50kg、密度120kg・DM/m³に梱包することができた。本機の所要動力は1.2kWであり、収穫・梱包作業能

率は1.0～1.4t/hであった。

引用文献

- 1) 松本博紀他(1989): ロールバールラッパーによるサイレージ調製試験 畜産の研究, 43(5)35～40
- 2) 杉本亘之他(1990): ロールバールサイレージの調製とその利用法, 畜産の研究, 44(7)43～47, 44(8)57～63
- 3) 糸川信弘他(1992): ロールバールサイレージ体系の現状と課題(1)畜産の研究, 46(2)33～40
- 4) 本田善文(1992): ロールバールロードワゴン 機械化農業, 5 13～18
- 5) 諏澤健三(1991): カッティングロールバールの開発 機械化農業, 9 48～52

Summary

The mounted roll baler packing chopped material for silage into small roll bales was developed in order to improve the silage-making operations on a small scale paddy field.

1. This mounted roll baler which was top-filled from either the field chopper or the forage harvester produced small roll bales at 45cm in diameter and 75cm long. Chopped material were caught by the hopper and moved toward the bale chamber. The roll bale was formed by chain-driven roller surrounding the bale chamber and tied with twine.

2. The chopped corn from the field chopper were baled weighing 50kg and at the density of 150kg per cu meter at dry matter on condition that the losses by baling missed were 10%. In the case of chopped forage from forage harvester such as sorghum, barley, and grass, the density of the bale produced was 120kg per cu meter at dry matter that weigh 35 to 50kg, when the losses by baling were less than 3%. The power requirements for this machine were found to be 1.2kW for baling work. The field capacity of harvesting and baling was obtained 1.0 to 1.4 tons per hour.