

# 細断型ロールベアラを使用した飼料用トウモロコシの省力的収穫調製技術

増田隆晴・平久保友美・川畑茂樹

## 摘 要

飼料用トウモロコシの新しい収穫調製技術である細断型ロールベアラ体系について、①生産されたロールベアラップサイレージの形状的特性の把握、②収穫調製時の作業能率並びに省力性について、従来体系（タワーサイロ）との比較・検証を行った。ロールベアラの形状は直径80cm、幅88cm、容積0.45 m<sup>3</sup>で重量が316.5kgと密度の高いベアラが成形された。また、これら収穫調製時に発生する損失は、梱包、密封作業時合計で2.1%程度であった。作業能率は細断型ロールベアラによる梱包作業（85psトラクタ駆動、2条刈りハーベスタ使用）では21.4 a/hであった。一方、自載式専用ラッパによる密封作業の能率は15.1 a/hであり、細断型ロールベアラの作業能率には追いつかなかった。また、従来体系との延べ労働時間の比較では細断型ロールベアラ体系は従来体系の43%の時間で済み大幅な労力低減が図られた。

ロールベアラップサイレージの品質は良好で、冬期間（貯蔵日数108～134日）及び夏期間（保存日数262日～312日間）いずれもベアラ毎の発酵品質にばらつきが少なく均質でV-scoreは平均で94.7±1.3点（良）と高い発酵品質を維持した。カビ及び変敗による廃棄量も0.03%とごく僅かであった。

キーワード：細断型ロールベアラ、トウモロコシ、作業能率、労力低減、発酵品質

## 緒 言

本県で栽培される飼料作物の中でも飼料用トウモロコシは単収が高く、また栄養価にも優れることから牧草に次ぐ主要な飼料作物として位置づけられる。しかしながらその作付面積は平成2年度(6,980ha)をピークに、以降漸減傾向にあり、平成14年度現在では5,770haと、毎年約200haもの作付けが減少している（図1）<sup>1)</sup>。

この作付けが減少する要因の一つとして、収穫時にかかる労力負担が挙げられる。平成14年に生物系特定産業技術研究推進機構が全国の酪農家を対象に行った意向調査<sup>2)</sup>では、飼料用トウモロコシのサイレージ調製に対する要望として「サイロ詰め作業を省力化したい。」という意見が最も多く、現行の人手によるサイロ詰め作業に関する問題を浮き彫りとしている（図2）。現状の飼料用トウモロコシの収穫は、限られた収穫期間内に大量の生産物を圃場から調製貯蔵位置（固定式サイロ）まで往復運搬しなければならない。更に鎮圧、密封までの一連の

作業を人力作業も含め5～6名の組作業により同時かつ短期間で行う等、著しい労働負担を余儀なくされている。このため、高齢化・労力不足により組作業が成立しない場合、その作付けを断念せざるを得ないこととなる。

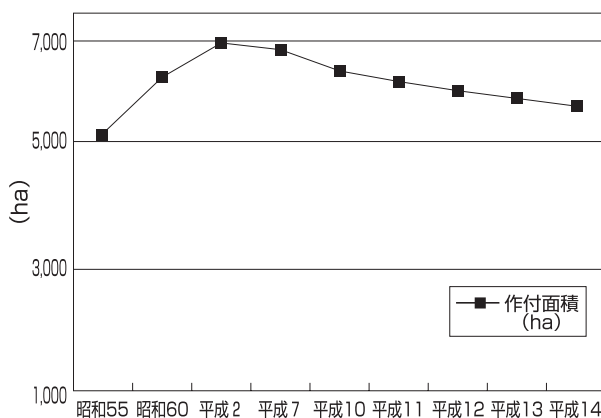


図1. 岩手県における飼料用トウモロコシ作付面積の推移 (2004年「畜産いわて」より)

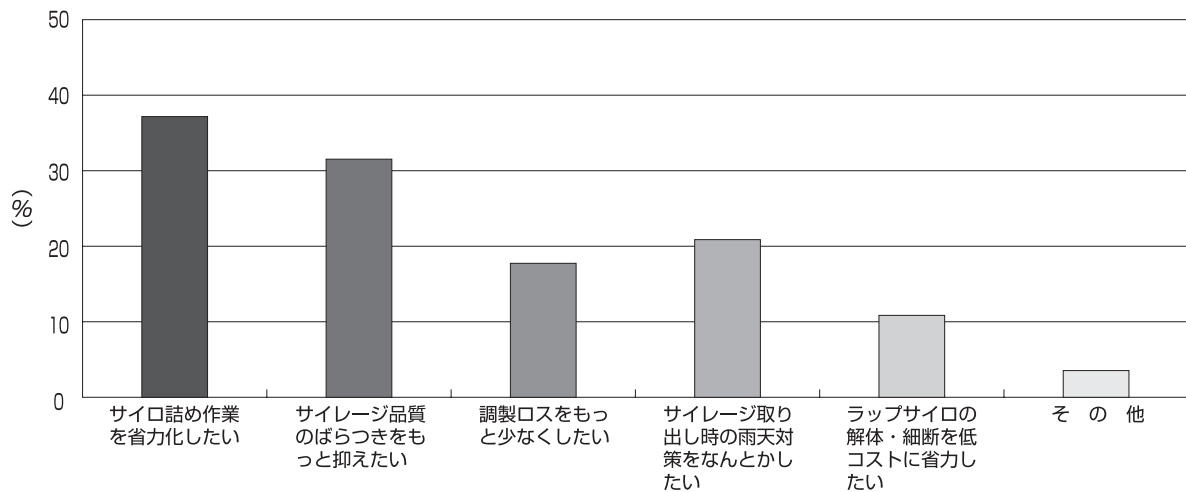


図2. サイレージ調製に対する要望 (2002年 生物系特定産業技術研究推進機構)

この問題の作業技術的解決策として飼料用トウモロコシ等の長大型飼料作物をロールベールラップサイレージ体系により収穫調製する技術が開発されたところである<sup>34)</sup>。本体系では、牧草収穫技術として広く普及しているロールベール梱包、及びストレッチフィルムによる密封の技術を取り入れることにより少人数（2名）での作業が可能となった。また一連の作業が機械化されることから大幅な省力化・労力の軽減が期待できる。

岩手県農業研究センター畜産研究所では、2002、2003年両年において生物系特定産業技術研究推進機構（現（独）生物系特定産業技術研究支援センター）より当該技術の改良及び評価に関する委託を受け、作業機の基礎的試験に取り組み、その性能及び生産物の特徴等を明らかにしてきた。本報ではこれら基礎的知見に加え、従来体系との比較により省力性の検証及びサイレージの発酵特性等に関する知見を得たので報告する。

## 材料及び方法

### 1. 供試試験機の仕様

#### (1) 細断型ロールベアラ

細断型ロールベアラ（T社製 写真1、表1、以下「細表2. 自載式専用ラップの主要諸元

型 式	MCW1000	
名 称	コーンラップマシン	
装着方式	3点リンク・半直装式	
適応トラクタ	22kW(30ps)以上	
寸 法	全 長	1,800mm
	全 幅	1,750mm
	全 高	2,700mm(アーム開放時)
質 量	500kgf	
適応ベール	φ800~1,000mm	
積載方式	特殊アーム式	
密閉方式	ターンテーブル式	

断ベアラ」は、トラクタ牽引式で、コーンハーベスタのシュート部から供給される細断材料を荷受けし、これをロールベール状に成形する。成形室は細断材料がこぼ

表1. 細断型ロールベアラの主要諸元

型 式	MR-810	
名 称	細断型ロールベアラ	
装着方式	牽引方式	
駆動方式	PTO駆動(回転速度540min <sup>-1</sup> (rpm))	
適応トラクタ	定置作業・伴走作業22.1kW(30ps)以上	
寸 法	全 長	4,760mm
	全 幅	1,960mm
	全 高	2,860mm(当て板取付け時) 2,470(当て板取り外し時)
質 量	1,590kgf	
ロール寸法	約φ85cm×85cm	
ロール重量	約300kgf	
結束装置	ネット巻き	
チャンバー開閉	全自動運転	
ホッパー上下	(内蔵油圧パッケージによる油圧)	
前コンベア駆動		
タイヤサイズ	11L-15 6プライ	

※2条刈りハーベスタ使用時

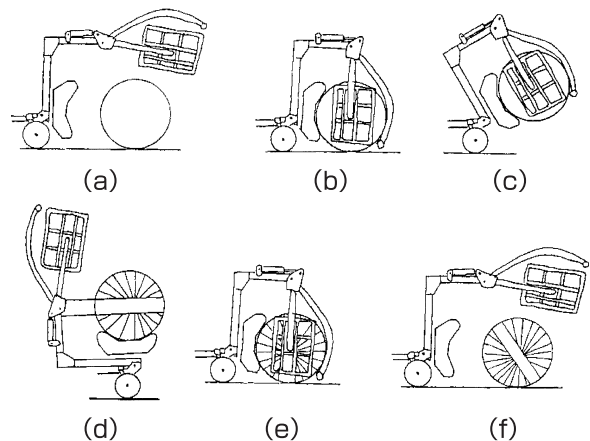


図3 自載式専用ラップの作業手順 (2002年 山名ら<sup>4)</sup>)

れないようにタイトバーの隙間を詰め、更に梱包時にかかる高密度調製に耐えうる特殊なバーチェーン構造を有している。また、結束はネット（幅120cm 4回巻）で行うことから成形放出後もロールベール形状を保持することを可能としている。

今回実施した収穫作業では1台のトラクタにコーンハーベスタをオフセット装着し、更に細断ベアラを牽引する体系で行った。

(2) 自載式専用ラッパ

自載式専用ラッパ（S社製 写真2、表2、図3、以下「専用ラッパ」）は、トラクタ3点リンク半直装式で、細断ベアラにより成形されたロールベール（以下「細断ベール」）の形状を崩すことなく積載するために、ターンテーブルのダンプ機能及びアッパーアーム、細断ベール両平面を保持するサイドアームを有している。フィルム密封はダブルストレッチ方式で、本試験では3回6層巻きにより密封を行った。またターンテーブルにはベルト式を採用し高質量のベールのテーブル上での回転を可能としている。

2. 試験実施場所及び圃場条件

表3に耕種概要、収穫時期（試験実施日）及び収量を示した。試験は2002、2003年度の2カ年において岩手県農業研究センター畜産研究所内圃場（12号畑6.0ha）で実施した。供試品種は飼料用トウモロコシ「32K61」で、播種日は両年とも5月13日とし、収穫時期は黄熟期とした。2003年度は記録的な冷害に見舞われ登熟が若干遅れたが、両年の収量に大きな差は認められなかった。

3. 調査概要

(1) 作業精度試験

細断ベールの形状的特性を把握するために、細断ベアラから放出直後に寸法・重量の測定を行った（n=16）。ベール寸法は幅と両底面の長径及び短径を測定し、密封後ホイストスケールにより重量を測定した。更にこれら

測定値から容積を求め、同時に採取したトウモロコシサンプルから得た水分含量と合わせて乾物量及び乾物密度を推定した。

また、細断ベアラがロールベールを放出する際に発生する細断材料の損失量（梱包ロス）及び専用ラッパが細断ベールを積み上げ密封するまでに発生する損失量（ラップロス）測定のため、各々の作業をビニールシート上で行い、こぼれた材料を収集し細断ベールの質量を含めた全重量との割合として求めた。

(2) 作業能率試験

① 細断型ロールベアラ体系(以下「細断ベアラ体系」)の作業能率

細断ベアラ及び専用ラッパを使用した飼料用トウモロコシ収穫技術の作業性を把握するため、各作業機の作業時間及び作業能率を測定した。試験区は走行方向100m、幅30mの30aの試験区を設置し、また、枕地幅を走行方向4m、転回方向6m設けた。作業は85psトラクタに2条刈りコーンハーベスタをオフセット装着し、更に細断ベアラを同一トラクタ後方に牽引して収穫・梱包を行い（1名）、またベール放出の都度専用ラッパ（駆動トラクタ79.5ps）によりフィルム密封を行った（1名）。専用ラッパは、密封後の細断ベールのフィルム破損を防ぐため、トウモロコシ残茎のない圃場脇に細断ベールを荷下ろした。

また、フィルム密封は作業能率向上のためこの圃場脇への移動と同時に行った。移動中の振動による細断ベールの崩れを防ぐために予めフィルムを1層のみ巻いてから移動を開始した。

生産された細断ベールは、後日圃場からトレーラにより保管位置（畜産研究所肉牛舎、圃場までの距離2000m）まで移動した。

② 従来体系との比較

細断ベアラ体系の省力性を検証するために、従来の固定式サイロ貯蔵による体系（FRP製タワースイロ、27.18㎡）との労働時間の比較を行った。試験区は前述

表3. 作物条件(2003年岩手県農業研究センター畜産研究所)

	精度試験区	能率試験区
播種日	2003.5.13	
供試品種	32K61(バイオニア122)	
植栽条件	株間22cm、畝間75cm	
収穫日	2003.10.3	2003.10.4
収穫時熟度	黄熟初期	
草丈(cm)	256.3	253.4
桿径(mm)長径	28.0	27.6
短径	24.7	24.8
生草収量(kg/10a)	4764.8	4708.9
乾物収量(kg/10a)	1314.7	1278.6
乾物率(%)	27.6	27.2

(参考)2002年度作物条件

	精度試験区	能率試験区
播種日	2002.5.13	
供試品種	32K61(バイオニア122)	
植栽条件	株間22cm、畝間75cm	
収穫日	2003.10.5	2002.10.6
収穫時熟度	黄熟初期	
草丈(cm)	311.4	310.0
桿径(mm)長径	25.1	23.6
短径	22.5	21.4
生草収量(kg/10a)	4832.8	4770.8
乾物収量(kg/10a)	1391.8	1421.7
乾物率(%)	28.8	29.8

の細断ベアラ体系と同様に30a (100m×30m) の区画を設置し、枕地幅も同様とした。作業は刈取りに2条刈りコーンハーベスタ (駆動トラクタ85ps, 1名)、圃場からタワーサイロまでの収穫物の往復運搬、積降ろしにフォーレージワゴン (積載量2.5 t/台、駆動トラクタ85ps, 2名) 2台、サイロへの収穫物の吹き上げにブロー (駆動トラクタ79.5ps, 1名)、サイロ内での鎮圧・均平作業を2名の人力作業にて実施した。

なお、圃場からタワーサイロまでの距離は2000mで、細断ベアラ保管位置と同地点とした。

### (3) 細断ベアラの品質評価

#### ① 発酵品質

2002年10月6日に収穫した細断ベアラについて、翌2003年1月及び2月の冬期間に2点、6～8月の夏期間に約1週間おきに合計8点を開封し、サイレージ発酵品質を調査した。発酵品質はpH (ガラス電極法)、VBN (水蒸気蒸留法)、乳酸及びVFA (キャピラリー電気泳動法)、T-N (ケルダール法) を各々測定し、これらの結果を基にV-scoreで評価した。なお、サイレージのサンプリングはロール表層部3カ所、中央部3カ所から行った。

また、同様に2002年10月15日に収穫調製を行ったタワーサイロ2基のサイレージについても上記の細断ベアラの開封に合わせてサンプリングを行い、細断ベアラとの比較を実施した。サンプリングに際して、目測によりカビ等変敗が生じていた場合はその部分を廃棄してからサンプリングを行った。

#### ② 給与時の取りこぼし及び変敗による廃棄量の比較

細断ベアラ体系及び従来体系により収穫・調製され

たサイレージを、2003年6月25日から8月14日までの50日間に家畜に給与した。この際に発生した取りこぼしによる損失量及びカビ、変敗による廃棄量を測定した。

サイレージの取り出しは、細断ベアラではフロントローダにより給与位置である牛舎飼槽前まで移動後に開封し、タワーサイロからは人力による取り出しを行い、コンテナを用いて飼槽まで運搬・給与した。なお、細断ベアラについては開封前にピンホールを含むフィルム破損の有無を調査した。

## 結 果

### 1. 作業精度試験

表4に生産された細断ベアラの形状的特性を示した(写真3)。細断ベアラは直径が長・短径平均で80.6cm、幅88.1cm、容積が0.449 m<sup>3</sup>と、中型ロールベアラ並のサイズであるが、重量は316.8kgと非常に重いベアラが成形された。また2003年に当所において生産された牧草用ロールベアラを使用した無細断のソルガムの中型ロールベアラ(表5、直径85cm 容積0.48 m<sup>3</sup>)の密度との比較では、ほぼ同様の容積であるにもかかわらず湿潤密度で約1.9倍、乾物密度でも1.5倍と細断ベアラが高密度であることが示された。なお、ダイレクトカットで収穫した青刈り作物をサイレージ調製する場合は材料の水分含量が高いと廃汁の発生及び処理が問題となる。しかしながら、本試験においては黄熟期での刈取りであるので調査を行ったベアラには廃汁の発生は見られなかった。

表6に梱包ロス及びラップロスの発生状況を示した。

表4. ロールベアラの形状的特性 (2003年作業精度試験)

ベアラ No.	寸法(cm)					重量(kg)	容積(m <sup>3</sup> )	含水率(%)	乾物量 (kg/個)	湿潤密度 (kg/m <sup>3</sup> )	乾物密度 (kg/m <sup>3</sup> )
	右		左		幅						
	長径	短径	長径	短径							
1	83	80	83	80	89	319.0	0.464	72.6	87.4	687.5	188.4
2	83	80	85	76	90	322.0	0.463	72.6	88.2	695.5	190.6
3	85	80	83	76	88	323.0	0.453	72.6	88.5	713.0	195.4
4	82	81	85	74	89	330.3	0.452	72.6	90.5	730.8	200.2
5	82	80	84	80	90	331.2	0.469	72.6	90.7	706.2	193.5
6	82	80	80	78	88	317.0	0.442	72.1	88.4	717.2	200.1
7	83	78	82	80	87	312.2	0.445	72.1	87.1	701.6	195.7
8	81	80	81	80	87	319.0	0.443	72.1	89.0	720.1	200.9
9	83	78	81	78	89	322.2	0.447	72.1	89.9	720.8	201.1
10	82	80	84	78	89	315.2	0.458	72.1	87.9	688.2	192.0
11	80	76	83	80	88	311.4	0.439	72.1	86.9	709.3	197.9
12	82	84	81	78	87	314.0	0.451	72.1	87.6	696.2	194.2
13	81	78	83	80	87	310.0	0.442	72.1	86.5	701.4	195.7
14	82	77	83	79	88	306.6	0.444	72.1	85.5	690.5	192.7
15	81	80	83	80	87	316.6	0.448	72.1	88.3	706.7	197.2
16	80	79	81	79	86	299.6	0.429	72.1	83.6	698.4	194.8
平均	82.0	79.4	82.6	78.5	88.1	316.8	0.449	72.3	87.9	705.2	195.6
STD.	1.3	1.8	1.5	1.8	1.2	8.2	0.01	0.2	1.8	12.7	3.8

梱包ロス率は全重比1.82%、ラップロス0.28%、ロス率合計で2.09%とその発生量はきわめて少なかった。志藤<sup>5)</sup>は細断ベアラ放出時に生じるロスを2%程度に抑えることができ、また細断ベアラの積載・密封時に生じるロスは

表5. ソルガム無細断ベアラとの密度比較

	重量 (kg)	容積 (m <sup>3</sup> )	湿潤密度 (kg/m <sup>3</sup> )	乾物密度 (kg/m <sup>3</sup> )
ソルガム中型ベアラ(n=5) <sup>*</sup>	175.0	0.48	364.6	127.6
細断ベアラ(n=16)	316.8	0.45	705.2	195.6
比率(ソルガムロール=100)	181.0	93.2	193.4	153.3

<sup>\*</sup>ソルガム中型ベアラは、牧草ロールサイレージと同様に刈取・予乾後、中型ロールベアラ(直径85cm)で梱包、密閉したもので、収穫物は無細断である。

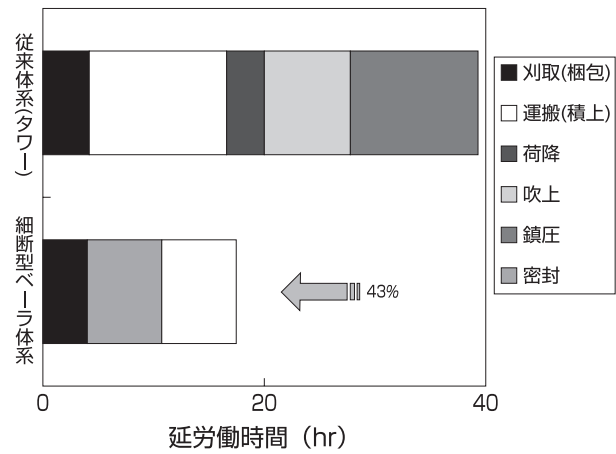


図4. 延べ労働時間の比較

表6. 梱包・ラップロスの発生状況 (2003年 作業精度試験)

ベアラ No.	ロス重量 (kg)			ベアラ重量 (kg)	ロス率 (%)		
	梱包ロス	ラップロス	ロス合計		梱包ロス	ラップロス	ロス率合計
1	3.80	0.76	4.56	319.0	1.17	0.23	1.41
2	1.90	0.96	2.86	322.0	0.58	0.29	0.88
3	6.92	0.75	7.67	323.0	2.09	0.23	2.32
4	7.30	0.88	8.18	330.3	2.16	0.26	2.42
5	7.16	0.67	7.82	331.2	2.11	0.20	2.31
6	4.26	0.48	4.74	317.0	1.32	0.15	1.47
7	5.05	1.03	6.08	312.2	1.59	0.32	1.91
8	5.67	0.71	6.38	319.0	1.74	0.22	1.96
9	5.35	0.43	5.78	322.2	1.63	0.13	1.76
10	5.62	0.73	6.35	315.2	1.75	0.23	1.97
11	7.75	1.11	8.86	311.4	2.42	0.35	2.77
12	5.22	1.18	6.39	314.0	1.63	0.37	1.99
13	8.19	0.84	9.03	310.0	2.57	0.26	2.83
14	7.56	1.32	8.88	306.6	2.39	0.42	2.81
15	5.63	0.89	6.51	316.6	1.74	0.27	2.01
16	6.68	1.50	8.18	299.6	2.17	0.49	2.66
平均	5.88	0.89	6.76	316.8	1.82	0.28	2.09
STD.	1.66	0.29	1.75	8.2	0.51	0.09	0.55

表7. 機械の作業能率 (2003年場内作業能率試験)

細断型ロールベアラ <sup>※1</sup>	作業時間 (h:m:s/30a)	自載式専用ラップ <sup>※2</sup>	作業時間 (h:m:s/30a)
総刈取時間 <sup>※3</sup>	1:03:35	総積込時間	0:26:12
総空走時間	0:20:24	総荷降ろし時間	0:13:46
待機時間	0:00:00	総移動・待機時間	0:50:29
		移動開始前の密閉時間 <sup>※4</sup>	0:28:46
全作業時間	1:23:59	全作業時間	1:59:13
作業能率(a/hr)	21.4	作業能率(a/hr)	15.1

- ※1 細断型ロールベアラ駆動トラクタ ジョンディア6200 D(85ps)、2条刈りハーベスタ(スターMFH3MFH3510510)使用
- ※2 自載式専用ラップ駆動トラクタ クボタM7970DFS (79.5ps)
- ※3 平均走行速度 0.52m/s
- ※4 密封はラップ移動と並行して行ったが、走行中の振動によるベアラ崩れを防ぐために、移動を開始する前に予めフィルムを1層のみ巻いた。

表8 細断型ロールベアラ体系による作業能率・延べ労働時間 (2003年作業能率試験)

作業内容	刈取	梱包	密封	運搬・積上 <sup>※</sup>	合計
作業人数(人)	1		1	1	3
作業機械	コーンハーベスタ(2条刈) 細断型ロールベアラ		専用ラップ	トレーラ ハンドラー	
駆動トラクタ馬力(ps)	85		79.5	85	
作業能率(a/hr)	21.4		15.1	17.1	
(FMT/hr)	10.1		7.1	8.1	
(DMT/hr)	2.7		1.9	2.2	
延べ労働時間 (人・hr/ha)	4h 40m 22s		6h 37m 21s	5h 50m 52s	17h 08m 35a

<sup>※</sup>運搬・積上げは収穫の後日(2003.10.24)に別途行った。

表9 従来体系(タワーサイロ)による作業能率・延べ労働時間(2002年作業能率試験)

作業内容	刈取	運搬	荷降ろし	吹上	鎮圧・均平	合計
作業人数(人)	1	2		1	2	6
作業機械	コーンハーベスタ (2条刈)	フォーレージワゴン(2.5t2台)		プロア	人力	
駆動トラクタ馬力(ps)	85	85(2台)		79.5	—	
作業能率(a/hr)	22	8.6	29.4	21.4	19.4	
(FMt/hr)	10.4	4.1	13.9	10.2	9.2	
(DMt/hr)	3.2	1.3	4.3	3.2	2.9	
延べ労働時間 (人・hr/ha)	4h 32m 03s	11h 35m 28s	3h 23m 34s	6h 38m 22s	13h 16m 45s	39h 26m 12s

1%未満であったと報告しており、本試験においても同様の成績を得た。

## 2. 作業能率試験

### (1) 細断ペーラ体系の作業能率

表7に機械の作業能率を示した。2条刈りコーンハーベスタ及び細断ペーラを85psトラクタで駆動した際の収穫時にかかる作業能率は21.4 a/hであった。細断ペーラは一般普及している牧草用ロールペーラとは異なり、ハーベスタより荷受けした細断材料を成形室への供給を停止しホッパ部に一時貯留することが可能である。このためネット結束及びバール放出のために刈り取りを中断することなく作業を行うことが可能であった。なお、1条刈りハーベスタを使用した際の細断ペーラの作業能率は9.3a/h程度である<sup>9)</sup>ことから、1条刈りから2条刈りのハーベスタへ変えることにより細断ペーラの作業能率が向上した。

一方、専用ラッパの作業能率は15.1a/hと細断ペーラ

に劣った。各作業時間の内訳を見ると、総移動・待機時間の占める割合が大きく、全作業中42%に及んだ。このため30aの試験区を供した本試験においても専用ラッパは細断ペーラとの組作業では作業が追いつかなくなることが確認された。

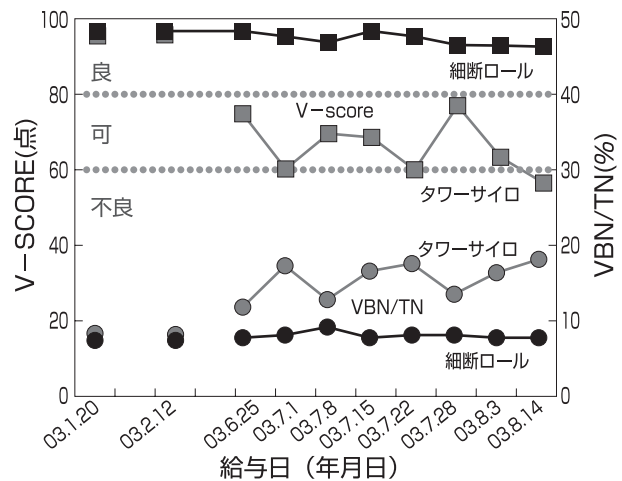


図5. 発酵品質の比較

表10 発酵品質の推移及び比較

区分	サイロ形体	給与年月日	貯蔵期間(日)	水分(%)	pH	現物中(%)			VBN/TN(%)	フリーク評点(点)	V-score(点(評価))
						乳酸	酢酸	酪酸			
冬期給与	タワースイロ	03.1.20	97	67.9	4.06	0.918	0.141	0.000	7.5	100	95(良)
	細断型ロールバール	03.1.22	108	68.5	3.96	0.781	0.128	0.000	7.1	100	96(良)
	タワースイロ	03.2.12	120	67.0	3.94	1.153	0.170	0.000	7.3	100	95(良)
	細断型ロールバール	03.2.17	134	69.1	3.90	0.965	0.162	0.000	7.0	100	96(良)
夏期給与	タワースイロ	03.6.25	253	69.7	4.22	1.168	0.150	0.206	10.3	57	72(可)
	細断型ロールバール	03.6.25	262	68.8	3.87	1.175	0.147	0.000	6.9	100	96(良)
	タワースイロ	03.7.01	259	67.5	4.59	0.813	0.130	0.096	15.5	59	60(可)
	細断型ロールバール	03.7.01	268	69.1	3.82	1.210	0.155	0.000	7.3	100	95(良)
	タワースイロ	03.7.08	266	68.6	4.92	1.101	0.110	0.216	11.3	56	68(可)
	細断型ロールバール	03.7.08	275	70.5	3.82	1.282	0.140	0.000	8.1	100	94(良)
	タワースイロ	03.7.15	273	68.5	4.69	1.170	0.119	0.038	15.1	80	67(可)
	細断型ロールバール	03.7.15	282	69.5	3.86	1.360	0.126	0.000	7.0	100	96(良)
	タワースイロ	03.7.22	280	68.9	5.11	1.244	0.145	0.078	16.3	65	59(不良)
	細断型ロールバール	03.7.22	289	70.5	3.99	1.269	0.153	0.010	7.3	100	95(良)
	タワースイロ	03.7.28	286	67.0	4.16	1.220	0.142	0.060	12.3	65	76(可)
	細断型ロールバール	03.7.28	295	69.0	4.07	1.450	0.168	0.025	7.6	80	93(良)
	タワースイロ	03.8.03	292	68.0	4.36	1.383	0.186	0.077	15.3	65	63(可)
	細断型ロールバール	03.8.03	301	66.7	4.03	1.256	0.179	0.023	7.4	80	93(良)
	タワースイロ	03.8.14	303	70.6	4.99	1.520	0.145	0.098	16.8	65	55(不良)
	細断型ロールバール	03.8.14	312	67.1	3.88	1.469	0.158	0.012	8.0	100	93(良)

※冬期間給与のタワースイロと夏期間給与のタワースイロは別基である。

(2) 従来体系（タワーサイロ）との比較

表8, 9及び図4に細断ベアラ体系及び従来体系の延べ労働時間を示した。

従来体系の収穫調製作業では、圃場におけるトウモロコシ刈り取りから収穫物のサイロまでの往復運搬、荷降ろし、サイロ内へのブロー吹き上げ及び鎮圧までの一連の組作業に合計6名の作業員が必要であり、延べ労働時間は39時間26分・人/haであった。一方、細断ベアラ体系では収穫・梱包に1名、密封に1名の合計2名のみでの収穫調製が可能で、これに調製後日の圃場外運搬を含めても（3名）延べ労働時間で17時間8分・人/haであった。細断ベアラ体系は、従来体系の43%の延べ労働時間であり大幅な省力化が可能であった。

3. 細断ベアラの品質評価

(1) 発酵品質

表10, 図5に細断ベアラ及びタワーサイロの開封時期別の発酵品質の推移を示した。冬期間に開封したサイレージはいずれもpHは低く酪酸生成も認められなかった。V-scoreは細断ベアラで96点、従来体系で95点（良）と高い発酵品質を示した。

一方、夏期間に開封したサイレージについて、細断ベアラでは冬期間同様に高い発酵品質を維持し、全サンプルのV-score平均は94.7±1.3点と均質であり、貯蔵日数300日を超えるものでもV-score=93点（良）と高位安定していた。これに対し、従来体系については2003年6月25日の開封以降、pHの上昇や酪酸生成及びVBN/T-N(%)が増加するなど好気的変敗の発生が認められた。このため、V-score=55（不良）～76（可）と品質にばらつきが生じた。

(2) 給与時の取りこぼし及び変敗による廃棄量の比較

表11に細断ベアラ及びタワーサイロの調製条件(密度),

表11. タワーサイロ及び細断型ロールベアラの密度条件 (30a)

供試品種	播種日	収穫日	生草収量 (kg)	乾物収量 (kg)	乾物率 (%)	湿潤密度 (kg/m <sup>3</sup> )	乾物密度 (kg/m <sup>3</sup> )
タワーサイロ ・容積27.18m <sup>3</sup>		2002.10.15	13060.0	4074.7	31.1	480.4	149.9
細断型 ・ロール個数44個 ・重量315.1kg/個	32K61 (RM122) 2002.5.13	2002.10.06	13864.4	4131.6	29.8	609.5	192.4

表12. 夏期間給与時における給与ロス及び変敗ロス発生状況

	給与期間 <sup>※1</sup>	給与ロス (kg)	変敗ロス (kg)	正味給与量 (kg)	ロス率(%)	
					給与ロス	変敗ロス
タワーサイロ	2003.6.25 ~8.14 (50日)	97.8	1828.10	11134.1	0.7	14.00
細断型ロールベアラ (n=8)	2003.6.25	0.0	0.00	306.0	0.0	0.00
	2003.7. 1	0.0	0.41	320.5	0.0	0.12
	2003.7. 8	0.0	0.00	315.8	0.0	0.00
	2003.7.15	0.0	0.00	318.8	0.0	0.00
	2003.7.22	0.0	0.25	312.6	0.0	0.08
	2003.7.28	0.0	0.00	320.8	0.0	0.00
	2003.8. 6	0.0	0.00	322.2	0.0	0.00
	2003.8.14	0.0	0.00	300.0	0.0	0.00
	合計	0.0	0.66	2516.7	0.0	0.20
	平均	0.0	0.08	314.6	0.0	0.03

※1 細断型ロールベアラにあっては給与日

表13. 現地における機械の作業能率 (2003年岩手郡滝沢村鶴飼太田牧場)

細断型ロールベアラ <sup>※1</sup>	作業時間 (h:m:s/15a)	自載式専用ラッパ <sup>※2</sup>	作業時間 (h:m:s/15a)
総刈取時間 <sup>※3</sup>	0:25:20	総積込時間	0:09:50
総空走時間	0:09:35	総荷降ろし時間	0:02:46
待機時間	0:00:00	総移動・待機時間	0:19:52
		移動開始前の密封時間	0:12:27
全作業時間	0:34:55	全作業時間	0:44:55
作業能率(a/hr)	25.8	作業能率(a/hr)	20.0

※1 細断型ロールベアラ駆動トラクタ FORD7840(100ps)  
 ※2 自載式専用ラッパ駆動トラクタ FORD6600(79ps)  
 ※3 平均走行速度 0.66m/s

表12に夏期給与時における給与ロス及び変敗ロスの発生状況を示した。タワーサイロでは、2003年6月25日（開封）から8月14日（サイレージ全量消費）までの50日間、毎日人力によりサイロ内からサイレージを取り出し牛舎内飼槽まで運搬給与を行ったが、取出作業中に取りこぼしが発生しタワーサイロ取出し口付近に蓄積するのが認められ、その量は期間合計で97.8kg、全重比で0.7%であった。一方、細断ベールは、フィルム未開封のままフロントローダにより給与位置まで移動させることが可能であったことから、取りこぼしによる給与ロスは生じなかった。

また、タワーサイロでは給与期間中のカビの発生等好気的変敗によりサイレージを一部廃棄する必要が生じ、本試験ではその廃棄量は全重比14%にも及んだ。これに対し、細断ベールは開封するまでは変敗が生じることがなく品質が安定していた。廃棄量はフィルムにピンホールが生じた場合（8個中2個）、ベール表面にパッチ状にカビが生じた程度で1個当りの平均で0.03%とごく僅かな量であった。

## 考 察

細断型ロールベールによる収穫調製技術は2つの大きな特徴を有している。一つは収穫作業の少人数化による省力化、もう一つは生産物（ロールベールラップサイレージ）の品質の良さである。省力化は作業行程の簡素化に伴う作業員数の低減により実現されている。更には鎮圧など人力に頼る部分の機械化により作業労力の軽減が図られる。本試験での細断ベール本体の作業速度及び能率はハーベスタ作業並みであったが、この作業能率は、より大きな馬力を有するトラクタを使用することにより向上する余地がある。1台のトラクタでコーンハーベスタと細断型ロールベールを同時に駆動するために必要なトラクタ能力の目安は、2条刈りハーベスタ使用時で58.8kW（80ps）以上、1条刈りハーベスタでは36.7kW（50ps）以上である<sup>5</sup>。本試験では2条刈りハーベスタ及び62.5kW（85ps）のトラクタを供試し作業能率21.4a/hという結果を得たが、現地酪農家が所有する73.5kW（100ps）の大型トラクタを使用した現地試験（表13）の結果では、作業能率は25.8a/hと本試験よりも高い成績を得た。このことから機械条件によっては更なる能率の向上が図られるものと考えられた。

一方、専用ラップについては本報で述べるように密封の都度、圃場脇までベールの移動が必要なことからその分移動時間が生じ、作業能率が細断型ロールベール以下

となることが確認された。この傾向は圃場面積が大きくなるほど専用ラップの移動する距離が長くなるため拡大することが想定される。今後、細断型ロールベールの効率を最大限生かすためにも対応する専用ラップの能率向上が望まれる。

また、本技術の上記以外の利点として、作業時の天候変化への柔軟な対応が挙げられる。従来のいわゆる「サイロ詰め」作業では、途中で作業を中断することが好ましくないため、収穫作業期間中はまとまった好天日を要していた。しかし細断型ロールベールではダイレクトカットで収穫物を直ちに梱包・密封することができ、また密封単位もロールベール毎となるため、急な降雨でも作業を中断することが可能であった。

良質なサイレージ調製の基本原則の一つは、気密性を保つために細断材料を堅く詰め込むことであり<sup>7</sup>、詰め込みにより乾物密度が高まるほど好気的変敗が防がれ、発酵品質も良好となる<sup>8</sup>。本試験で得られた細断ベールは直径80cm程度のロールベールサイズでありながらも重量は300kgを超え、乾物密度は195.6kg/m<sup>3</sup>と、対照としたタワーサイロに調製したサイレージ（149.9kg/m<sup>3</sup>）よりも高い密度で調製された。このことはとりわけ変敗の起こりやすい夏期サイレージ給与時の発酵品質に影響したと考えられる。

固定式サイロでは収穫物を連続して同一サイロへ保存することから、一度給与のためにサイロを開封すると、以降は完全な気密性を維持することが難しい。このため特にサイレージの変敗が発生しやすい夏期ではサイレージ表層または取出し面の品質が劣化し廃棄量が増加する。これに対し、細断ベールは収穫物がロールベール毎小分けに保存されており、基本的にベールを開封若しくはフィルムに破損が生じない限り空気に晒されないため、好気的変敗を避けて長期保存することが可能である。蔡ら<sup>9</sup>は、細断ベールの発酵品質は1年以上の貯蔵でも安定的に保持されると報告しており、本試験においても300日を超える貯蔵期間でも好気的変敗による品質の劣化は認められなかった。

牧草収穫において普及しているロールベールラップサイレージ技術では、刈取り時の収穫物の調製条件や圃場条件の違いからベール毎の品質が安定しないことが問題となっている<sup>10</sup>。これに対し、トウモロコシを対象とする本試験のロールベールでは調製されたベールの品質が一樣でありばらつきが見られなかった。これはトウモロコシの収穫時の作物条件が圃場において一樣であり、また収穫梱包がダイレクト方式で行われることから予乾行程を必要とせず、品質の劣化の要因が牧草調製よりも少



ないことによると思われる。

給与面においては、サイレージがロールベール単位で小分けにされるためベール単位の移動が可能であり、フロントローダー等運搬を行う機械があれば効率的な給与が可能となる。また、移動が簡易であることに併せてベール毎の品質が安定していることから、今までは困難であったトウモロコシサイレージの流通が容易となることが期待される。

## 謝 辞

本研究を行うに当たり、(独)生物系特定産業研究支援センター畜産工学研究部山名伸樹博士、志藤博克氏、高橋仁康氏、澁谷幸憲氏(現 生産システム研究部)並びに(株)タカキタ技術部正田幹彦氏、上村雄二氏には懇切な御指導と御高閲を賜った。(株)タカキタ東北営業所高野健作所長、菅原昭夫氏、穴口将行氏には多大なる技術支援及び研究協力をいただいた。

岩手県滝沢村鶏飼太田牧場 太田豊氏、太田哲氏には現地試験に対するご協力をはじめ貴重なご助言をいただいた。

岩手県農業研究センター畜産研究所関村武志氏、米澤健治氏、右京隆二氏、竹田政則氏、中村健氏、水澤博征氏にオペレーターとしてご尽力いただいたとともに円滑な試験遂行にご協力をいただいた。記して、ここに深甚なる感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 岩手県農林水産部畜産課(2004), 畜産いわて, 53
- 2) 生物系特定産業技術研究推進機構(2002), トウモロコシ収穫調製作業の省力化に関する意向調査, 22
- 3) 志藤博克・山名伸樹(2002), 試作細断型ロールベアラを基軸とした長大型作物収穫調製技術の開発, 日本草地学会誌47-6, 610-614
- 4) 山名伸樹・志藤博克(2002), 細断ロールベール用ベアラの開発, 農業機械学会誌64-1, 136-138
- 5) 志藤博克(2003), 細断型ロールベアラを基軸とした新しい収穫調製技術—青刈りトウモロコシの省力的収穫調製技術の開発—, 畜産の研究57-2, 245-250
- 6) 生物系特定産業技術研究推進機構(2002), 微細断型ロールベアラによる長大型飼料作物梱包技術の開発(第3報), 8-9
- 7) Pit,R.E.(1983),Mathematical prediction of density and

temperature of ensiled forage,Transactions of the ASAE,26,1522-1527

8) 高野信雄(1981), トウモロコシサイレージの調製利用, 畜産の研究35-1, 21-37

9) 蔡義民・藤田泰仁・市戸万丈(2003), 細断型ロールベアラを用いて調製したトウモロコシロールベールサイレージの発酵特性, 平成13年度日本草地学会大会講演要旨, 252-253

10) 近藤恒夫・久馬忠・村元隆行・東山雅一(2004), 岩手県内公共草地におけるロールベアラサイレージの生産と品質に関する実態調査, 第47回東北農業試験研究発表会講演資料, 17

## The Labor Saving Technique of Maize Harvesting and Ensiling by the Roll Baler for Chopped Material.

Takaharu MASUDA, Tomomi HIRAKUBO and Shigeki KAWAHATA

### Summary

The roll baler and the bale wrapper for chopped material, a new technique of maize harvesting and ensiling, is able to gather chopped maize into a roll bale of 80cm diameter, 88cm width, 0.45m<sup>3</sup> volume, 316.5kg weight of high density. The percentage loss of product at bale release and wrapping was 2.1%.

The results of a maize harvesting test using a 85ps tractor and a double row harvester show the work efficiency of the roll baler to be 21.4 are per hour, however in the case of the bale wrapper, it was able to ensile only 15.1a/h, and could not follow the roll baler efficiently.

A comparison of the time taken for the roll baler to complete a work task and standard time taken showed a decrease in 43%, a significant reduction in work expenditure(work force).

The silage products were able to maintain excellent fermentation quality during the preservation term of wintertime(108~134days) and summertime(~312days), and showed no irregularity(average V-score= 94.7±1.3) among the bales. The spoilage loss was less than 0.03%.

Keywords : roll baler, chopped material, maize, work efficiency, minimal work force, fermentation quality.



写真1 細断型ロールペーラ  
(85psトラクタ駆動, 2条刈りハーベスタ使用)



写真2 自載式専用ラッパ



写真3 生産された細断ペール (手前: 密封前 後: 密封後)