

細断型ロールベアラ体系の能率向上に向けた改良ハンドラの開発

増田隆晴・平久保友美

はじめに

細断型ロールベアラ（以下「細断型RB」）を用いた飼料用トウモロコシ収穫体系において、自載式専用ラッパ（以下「専用ラッパ」）はストレッチフィルムの破損を防ぐため密封の都度バールをトウモロコシ残茎のない圃場脇まで搬出する必要があることから移動時間を要し、大面積の収穫では作業がロールベアラに追いつかず密封遅延によるサイレージ品質低下を招くことが懸念される³⁾⁴⁾。一方、密封前バールを牧草用ラッパへ積載するためのハンドリングでは、変形及び崩れを防ぐためにバール両底面の保持により行う必要があり、湾曲したバール側面の保持を前提とした通常のハンドラでは作業が困難である。

本報告では、第一に細断型RBにより生産されたトウモロコシのロールバールサイレージについて密封遅延時間がサイレージ品質に及ぼす影響について確認し、第二に実際に密封遅延時間が生じない新たな体系として、密封前バールの変形及びロスの発生を極力抑え、かつ密封後にフィルムを破損することなくハンドリングが行えるハンドラ（以下「改良ハンドラ」）を開発し、これによるバールの拾上げ、ラッパまでの移動及び積載等のハンドリングと、圃場脇における密封作業のための既存の牧草用ラッパとの組み合わせを考案し、その作業精度・能率の検討を行った。

試験方法

1 ロールバールサイレージの密封遅延時間が品質に及ぼす影響

細断型RBで梱包した飼料用トウモロコシのロールバールについて、バール成形からストレッチフィルム密封までの遅延時間がサイレージ発酵品質に及ぼす影響について調査した。供試品種は35G86（パイオニア108日）の黄熟初期の収穫とし、バール成形は2003年9月28日、密封は成形後0時間（対照区、試験区I）、4時間（試験区II）、6時間（試験区III）、20時間（試験区V）、24時間（試験区IV）の5水準でそれぞれ行った（n=各3、表1）。調製当日の平均気温は16℃、最高気温は21℃であった。密封前バールの放置中、2003年9月28日21時以降23時までの間に最大1.5mm/hrの降雨があり、29日に密封した区（試験区IV、V）についてはブルーシートと鉄柱により通気性を保ちながら被雨を防いだ。また、遅延時間20時間で、シートによる被覆を行わず降雨に晒したバールを用意し、これを試験区VIとした（n=2）。

サイレージの開封は収穫調製後110日目の2004年1月15日に行い、バール表層部（表面から10cm）及び内部の各々3箇所からのサンプリングにより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（高速液体クロマトグラフィ法）、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。

表1 各試験区の設定

	梱包日時		密封日時		密封遅延時間 (hr) ^{※1}	処理数(n=)	備考
I	'03.9.28	AM 9:00	'03.9.28	AM 9:00	0	3	
II	'03.9.28	AM 9:30	'03.9.28	PM 1:30	4	3	
III	'03.9.28	AM10:00	'03.9.28	PM 4:00	6	3	
IV	'03.9.28	AM10:30	'03.9.29	AM10:30	24	3	
V	'03.9.28	PM 1:00	'03.9.29	AM 9:00	20	3	
VI	'03.9.28	PM 1:00	'03.9.29	AM 9:00	20	2	降雨あり ^{※2}

調製時の気象条件 平均気温16℃、最高気温21℃

※1 密封遅延時間；バール成型からフィルム密封までの時間

※2 バール放置時、2003.9.28午後9時以降に1.5mm/hrの降雨があった。試験区IV、Vはブルーシートで被雨を防ぎ、VIは降雨にさらした。

2 改良ハンドラを用いた収穫作業の検討

(1) 作業精度試験

形状の異なる2種類の改良ハンドラを試作し、それぞれについて密封前の細断ベールの持上げ、ラッパへの積載及びベール保持の際の移動により発生するロスについて調査した。改良ハンドラは1号機(図1)、2号機(図2)とも汎用の牧草用ベールハンドラ(丸久製作所BG120)に装着して使用する仕様とした。1号機はベール保持部分として4列の山形鋼をベールに対し水平方向に配置し、ベール保持部の接点は少なく、かつ広く分散させる形状とした。装着方式はボルト及び自在クランプによる着脱式とし、更に密封後のベールのフィルム破損を防ぐために、山形鋼には带状のゴムチューブを巻きつけた。2号機は単管パイプを縦に並べて溶接し、ベール保持部の接点を集中させることで全体を極力小型化した。また、未使用時は牧草用ベールハンドラを軸に回転させることで収納し、取り外しのいらぬ形状とした。

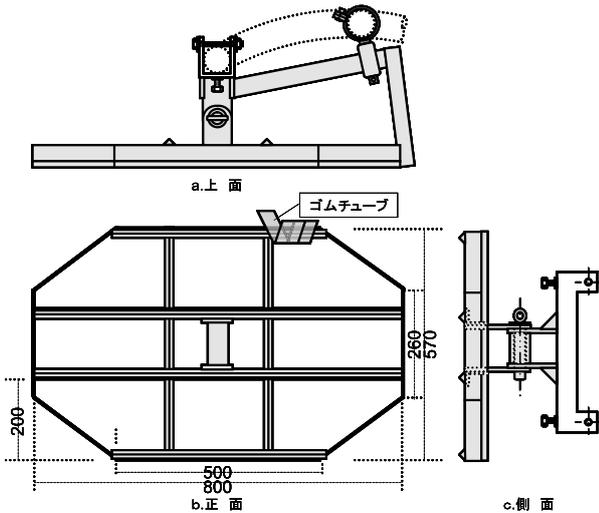


図1 改良ハンドラ(1号機)の概略図

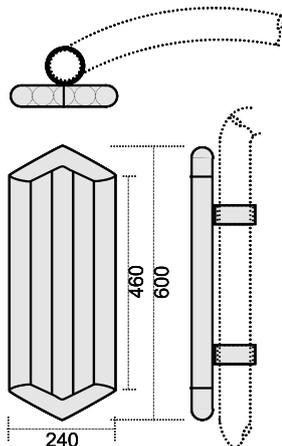


図2 改良ハンドラ(2号機)の概略図

①ベール持上・ラッパ積載時のロス及びロールベール形状の比較

作業精度試験では、第1に細断型RBから放出されたベールを改良ハンドラで持上げる際及びラッパへの積込時に発生したトウモロコシ細断物の取りこぼし量をビニルシート上で回収しロス量として求めた。また同時にハンドリングに伴うベールの変形状況を把握するためにベール直径、高さ及び重量を測定しハンドラ間の比較を行った(n=各7)。

②改良ハンドラ走行時のロスの発生及びベール変形(窪み)の比較

次に改良ハンドラ走行時に発生するロスを把握するために、各改良ハンドラでベールを持上げた状態で100m走行し、その間に発生した細断材料の取りこぼし量を、ベール下部を覆うようにビニルシートを付設することで回収しロスを測定した。走行速度は通常速度(7.2km/hr)及び高速(10km/hr)の2水準とし、ロスは20mごとに測定した(n=各6)。また、走行後、ベール保持部にハンドラ接点の形状に応じて窪みが生じることが観測されたので、その最大深さを測定した。

試験は2004年9月29日に岩手県農業研究センター畜産研究所内の飼料用トウモロコシ圃場の一様に平坦な畑地で行った。供試品種は32K61(パイオニア122日,黄熟中期)を用いた。

(2) 作業能率試験及び延べ労働時間の比較

改良ハンドラを組み入れた細断型RB作業体系の作業能率について、通常の専用ラッパを使用した体系と比較を行った。改良ハンドラは、前述の作業精度試験の結果より移動後にベールの窪み程度が小さい1号機を用いた。試験区は走行方向100m,転回方向30mの30aを用い、枕地幅を走行方向に4m,転回方向に6m設けた。供試品種は32K61(パイオニア122日)を用い、黄熟中期の2004年10月5日に実施した。

改良ハンドラ体系では細断型RBによる梱包に1名,改良ハンドラによるベール積載に1名,牧草用ラッパによる密封作業に1名の計3名で行った。ラッパは圃場脇の定置作業とし,改良ハンドラは密封前ベールの回収,ラッパへの積載及び密封後のベールがラッパ作業の障害とならない位置までの簡易な移動を行う体系とした。供試機械は表6のとおり。

また、これらの結果を基に延べ労働時間を算出し、専用ラッパ体系及び固定式サイロ(タワーサイロ)との比較を行った。

試験結果

1 ロールペールサイレージの密封遅延時間が品質に及ぼす影響

表2及び図3に密封遅延におけるペール表層部と内部の発酵品質の比較を示した。ペール成形当日中に密封を行った処理区(I~III, 密封遅延時間0~6時間)では、ペール表層部及び内部の発酵品質に差は認められず、いずれもV-score=90点以上(評点「良」)、pHは4以下、VBN/T-Nは8以下を保ち、乳酸含量も0.72~0.85%と高い発酵品質を示した。一方、密封作業を翌日に行った区(IV~VI, 密封遅延時間20, 24時間)ではペール内部は高い発酵品質を維持したものの、表層部において乳酸含量が低下し、pH、VBN/T-Nが上昇する傾向が認められた。また、ペール放置中に降雨を受けたもの(VI)ではその傾向が大きくなった。

2 改良ハンドラを用いた収穫作業の検討

(1) 作業精度試験

表3に改良ハンドラによるハンドリング時のロスの発生状況及びペール形状を示した。1号機ではペール持上げ時のロスが少ない反面、ラッパへの積載時、特

に保持部がペールから離脱する際に発生するロスが2号機に較べて有意に多くなった。しかし、ロス率では1号機で0.31%、2号機で0.17%といずれも1%にも満たずごく僅かな量であった。また、ペールの形状では直径、高さ及び重量に有意な差は見られず、大きな変形は生じなかった。

表4に改良ハンドラ走行時のロス発生状況及び移動後のペールの変形(窪み深さ)を示した。いずれの区においても走行開始時に発生するロスが大きく、以降漸減する傾向が見られた。また、1号機に較べ2号機において有意にロスが多くなる傾向が見られたが、ロ

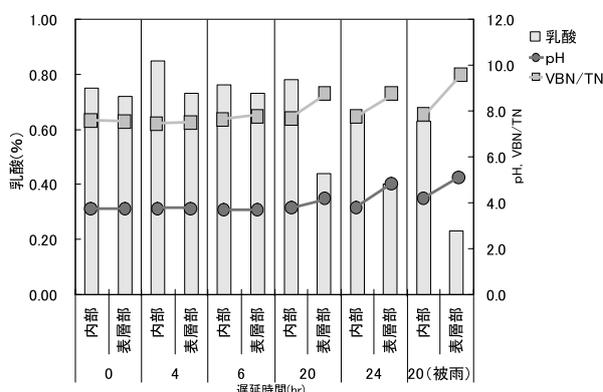


図3 密封遅延におけるペール表層部と内部の品質の比較

表2 密封遅延におけるペール表層部と内部の発酵品質の比較

試験区	密封遅延時間*1	サンプリング位置*2	水分	pH	VBN/TN	現物中(%)				V-score(点)	フリーク評点(点)
						乳酸	酢酸	プロピオン酸	酪酸		
I	0	内部	69.2	3.8	7.6	0.75	0.19	0.00	0.00	94.8	100
		表層部	68.8	3.8	7.6	0.72	0.20	0.00	0.00	94.9	100
II	4	内部	68.9	3.8	7.5	0.85	0.21	0.00	0.00	95.0	100
		表層部	68.6	3.8	7.5	0.73	0.20	0.00	0.00	95.0	100
III	6	内部	68.8	3.7	7.7	0.76	0.20	0.00	0.00	94.7	100
		表層部	68.4	3.8	7.8	0.73	0.19	0.00	0.00	94.4	100
IV	20	内部	67.7	3.9	7.7	0.78	0.21	0.00	0.00	94.5	100
		表層部	68.1	4.2	8.8	0.44	0.23	0.00	0.00	92.2	90
V	24	内部	68.5	3.9	7.8	0.66	0.13	0.00	0.00	94.4	100
		表層部	68.2	4.9	8.8	0.40	0.20	0.00	0.01	91.6	90
VI	20(被雨) *3	内部	69.7	4.2	7.9	0.63	0.25	0.00	0.00	93.9	96
		表層部	70.9	5.1	9.6	0.23	0.27	0.00	0.04	87.1	79

2003.9.28調製(平均気温16.0℃, 最高気温21.0℃, 降雨1.5mm/hr(21時以降)), 2004.1.15開封

*1 密封遅延時間 ペール成型からフィルム密封までの時間

*2 サンプリング位置 外部:ペール表面から10cmまで 内部:ペール表面から10cmより内部

*3 調製当日, 降雨に晒したものを(ブルーシートで保護しない)

表3 改良ハンドラによるペール積込ロス発生状況及びペールの形状

	ロス発生量(kg)			ロス率(%)	ペール寸法(cm)				重量(kg)
	ペール持上時	ペール積載時	計		長径/短径比(%)			高さ	
					長径	短径	比(%)		
1号機(n=7)	0.142±0.044	0.847±0.527	0.989	0.31	79.4	78.0	98.0±2.0	82.0±1.8	316.7±8.91
2号機(n=7)	0.300±0.137	0.246±0.173	0.546	0.17	79.7	76.7	95.9±3.1	82.6±1.5	313.9±8.84
(参考※) 専用ラッパ(n=16)	-	-	0.890	0.28	82.3	79.0	95.9±2.9	88.1±1.2	316.8±8.17

・2004.9.29 試験実施(品種「32K61」;黄熟中期)(※「専用ラッパ」データは「2003.10.3試験」)

・** : 1%水準で有意差あり * : 5%水準で有意差あり ns : 有意差なし

表4 改良ハンドラ走行時のロス発生及びベール変形(窪み)状況

	速度 ^{※1}	ロス発生量 (g)						合計	ロス率(%)	ベール窪み ^{※2} (mm)
		距離(m)	20	40	60	80	100			
1号機 (n=6)	通常速度		27.7	9.7	14.3	9.0	8.3	69.0 ^a	0.02	31.0±10.3
	高速		33.3	22.7	10.3	11.7	9.0	87.0 ^b	0.03	34.0±9.4
2号機 (n=6)	通常速度		49.3	21.0	27.7	9.3	11.7	119.0 ^a	0.04	88.0±13.3
	高速		69.0	36.0	28.0	9.0	11.0	153.0 ^b	0.05	88.8±28.3

※1 通常速度7.2km/h 高速10km/h ※2 ベール窪み=ハンドラ保持部のベール最大窪み深さ
 ・2004.9.29実施, (品種「32K61」黄熟中期)
 ・a: 5%水準で有意差あり b: 1%水準で有意差あり

ス率にして0.02~0.05%と極めて僅かな量であった。一方、走行後、保持部であるベールの両底面にハンドラ接点の形状に応じて窪みが生じることが観察された。1号機では4列の山形鋼のとおりに深さ31~34mm程度の窪みが筋状に発生したのに対し、2号機ではハンドラ接点の形状どおりに約0.14m²の窪みが深さ88mm程度発生した。1号機ではこの窪みによるフィルムの密封には問題が見られなかったが2号機では窪み深さが大きかったことから、全てのベールにおいて密封後にフィルムとベールの間に空気が溜まることが確認された。

(2) 作業能率試験及び延べ労働時間の比較

表5及び図4に各機械の作業能率を示した。

専用ラッパによる体系では、密封作業を行うラッパが圃場内でベールを積載し、密封後に圃場脇までベールを移動して荷降ろしするために移動時間を要し、1ベール当りの処理に要する時間が162.6秒と細断型RB

の梱包作業よりも約50秒程多く要した。これに対し、改良ハンドラを用いた体系では、ベールの移動と密封作業が分担されることから、各機械の作業能率は細断型RBの梱包作業と同等以上となり梱包作業と密封作業が並行して行われ密封遅延は生じなかった。

改良ハンドラの作業では、ベールの回収及びラッパへの積込の他に、密封終了直後のベールを次の密封作業の障害とならない位置まで移動することが必要となる。このため1号機の山形鋼をゴムチューブで保護したところ密封後のベール移動によるフィルム破損は全てのベールにおいて認められなかった。

表6及び図5に延べ労働時間を示した。

改良ハンドラを組み入れた体系では作業員数が3名となり、専用ラッパによる体系に比べ1名増員となるため、これに応じて延べ労働時間が30%増加したが、従来体系である固定式サイロ(タワーサイロ)との比較ではその39%の延べ労働時間であった。

表5 各機械の作業能率 (30a, 生産ベール個数51個)

細断型ロールベアラ	作業時間 (h:m:s/30a)	改良ハンドラ	作業時間 (h:m:s/30a)	ラッパ	作業時間 (h:m:s/30a)	(参考) 自載式専用ラッパ ^{※1}	作業時間 (h:m:s/30a)
総刈取時間	1:14:18	総移動時間	0:55:57	総密封時間	1:16:01	総積込み時間	0:26:12
総空走時間	0:20:38	総積込み時間	0:15:30	総待機時間	0:13:51	総荷下ろし時間	0:13:46
待機時間	0:00:00	総密封ベール搬出時間	0:19:23			総移動・密封時間	0:50:29
		総待機時間	0:02:42			移動開始前の密封時間 ^{※2}	0:28:46
全作業時間	1:34:56		1:33:32		1:29:52		1:59:13
作業能率(a/hr)	19.0		19.2		20.0		15.1
1ロール当り処理時間(秒)	111.7		110.0		105.7		162.6

※1 自載式専用ラッパの作業能率は、試作ハンドラを用いずラッパのみでベールの積込み・密封・移動を行った体系(2004年試験成績; 30a 44ロール)

※2 自載式専用ラッパでは、ベールの崩れを防ぐために予めフィルムを1層巻いてから移動同時密封を行った。



図4 各機械の全作業時間(時間/ha当り)

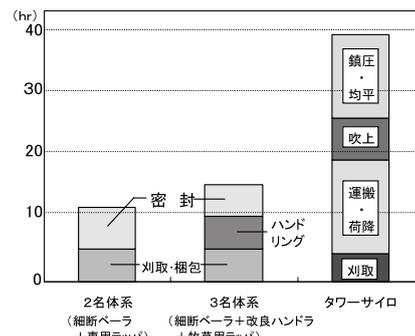


図5 延べ労働時間の比較

表6 延べ労働時間の比較

作業内容		刈 取	梱 包	ハンドリング	密 封*	合計
2名体系 (ハンドラなし)	作業人数(人)	1			1	2
	作業機械	細断型ロールベアラ コーンハーベスタ(2条刈)			自載式専用 ラッパ	
		駆動トラクタ	85ps			79.5ps
	作業能率(a/hr)	19.0			15.1	
	延べ労働時間(人・hr/ha)	5h15m47s			6h37m21s	11h53m08s
トラクタ燃費(L/hr)	13.3			3.83	17.1	
3名体系 (ハンドラあり)	作業人数(人)	1		1	1	3
	作業機械	細断型ロールベアラ コーンハーベスタ(2条刈)		試作ハンドラ (1号機)	ラッパ	
		駆動トラクタ	85ps		85ps	79.5ps
	作業能率(a/hr)	19.0		19.2	20.0	
	延べ労働時間(人・hr/ha)	5h15m47s		5h12m30s	5h00m00s	15h28m17s
トラクタ燃費(L/hr)	13.3		7.1	2.7	23.1	
(参考)	作業人数(人)	刈取(1)	運搬・荷降(2)	吹上(1)	鎮圧・均平(2)	6
従来体系**	作業能率(a/hr)	22.0	運搬8.6 荷降29.4	21.4	19.4	
(タワーサイロ)	延べ労働時間(人・hr/ha)	4h32m03s	14h59m02s	6h38m22s	13h16m45s	39h26m12s

※ハンドラなし体系の密封作業は2004年度試験成績 ※※従来体系(タワーサイロ)は2002年度試験成績

考 察

細断型RBの作業能率は63kw (85ps) トラクタと2条刈りハーベスタ使用時に24a/hr, 85kw (115ps) トラクタで使用時には39a/hrの収穫が可能²⁾であることから、1日6時間の作業を仮定すると処理可能面積は1.4~2.3ha/日に相当する。これに対し専用ラッパの作業能率は15.1a/hrであり、細断型RB作業後に2時間の作業延長(全作業時間8時間)を仮定しても処理可能面積は1.2ha/日である。このことから2条刈りハーベスタを使用し、なおかつ細断型RB最大の効率が要求される比較的大面積な圃場では密封遅延が生じることが懸念される。本報では、密封遅延時間が6時間まで、つまりベール成形当日中の密封であれば発酵品質には影響が生じないことを確認した。これは午前中にベールを成形し、午後に密封することを想定している。

また、翌日密封の区においてもV-scoreによるベール表層部の発酵品質の評点は87~94点と高く、本試験と同様に調製後100日程度で開封した場合には給与上問題とはならない。しかしながら、ベール表層部の乳酸含量の低下及びpH及びVBN/T-Nの上昇により、これらサイレージの長期にわたる保存性については今後検討の余地がある。また、数日間連続して収穫作業を行う必要がある場合には、これら密封作業の遅延が累積する結果となることから、限られた収穫期間中に比較的大きな面積を収穫する必要のあるコントラクタ組織の作業には留意が必要である。

密封遅延の発生を防ぐことを目的に開発した改良ハンドラを組み込んだ作業では、ハンドリングという作業行程が加わることから、これによるロスが新たに生じた。

しかしながら、その発生量はベールの持ち上げ、移動から積載までを合計しても0.3~0.4%と少なく、収穫調製上問題とはならない水準であるものと考えられる。ただし、2号機のように保持範囲が狭く、ハンドリング時にベールにかかる圧力が集中する形状ではベールの変形(窪み)が生じ、結果として密封後変形部に空気が溜まることが確認されたことから、その部位の品質低下が懸念される。このことから、改良ハンドラの形状については1号機のように保持部分は小さく、かつ広く分散させることが肝要と思われる。

作業能率及び延べ労働時間では、30aの試験区において密封遅延を生じることなく作業を行うことができたが、延べ労働時間は増加した。しかしながら、既往の固定式サイロにおける収穫調製作業では通常5~6名の多数の作業員数を要することから、改良ハンドラによる新しい体系においても細断型RB体系の特徴である省力性¹⁾を依然確保することができた。

また、改良ハンドラを使用することで、既存の牧草用ラッパの使用が可能となる。更には改良ハンドラ(1号機)の資材費は1組17,358円(表7)と安価で溶接等により自作が可能である。このことから新たな投資が抑制されることも期待される。

表7 改良ハンドラ製作資材費(1組)

資材名・規格	数量	単価(円)	計(円)
・平鋼 6mm×38mm×5.5m	1	1,460	1,460
・等辺山形鋼 3mm×25mm×5.5m	2	830	1,660
・等辺山形鋼 6mm×50mm×5.5m	1	2,950	2,950
・鉄板 12mm×500mm×500mm	2	4,220	8,440
・単管パイプ 3m	1	1,340	1,340
・自在クランプ	2	210	420
・ボルト 11T 10mm×120mm N.W.s/w	8	136	1,088
資材費合計			17,358

摘 要

細断型ロールベアラ体系において、2条刈りハーベスタを使用した場合のベアラ作業能率に較べ専用ラッパによる密封作業の能率が劣ることから、ベール成形後に密封遅延が生じることが想定される。このため、第1にこの遅延時間がサイレージ品質に及ぼす影響について調査し、次に密封遅延を抑える新たな作業体系として密封作業の能率向上を目的とした改良ハンドラを組み入れた体系を考案し、作業精度・能率の評価を行った。

密封遅延時間は、ベール成形当日中の密封（密封遅延時間6時間）ではサイレージ品質に影響は認められなかった。一方、成形翌日の密封ではベール表層部の乳酸含量の低下及びpH、VBN/T-Nの上昇が認められ、この傾向は放置期間中の被雨により大きくなった。このことから、細断型ロールベアラによるサイレージ調製では密封作業をベール成形当日中に行うことが望ましいと考えられた。

改良ハンドラの作業精度では、ハンドリングにより発生するロスが合計でも0.3~0.4%程度であり、ごく僅かなロスで、ベールの大きな変形を伴うことなく作業を行うことができた。また、ハンドラの形状はベール保持部分を広くかつ分散させることで、保持部の窪みを抑えることができた。

改良ハンドラを組み入れた作業体系では、ベアラ、ハンドラ及びラッパの各機械の作業能率がほぼ同等となり、密封遅延時間を生ずることなく梱包、密封作業が並行して行うことができた。延べ労働時間では専用ラッパを用いた体系に較べ作業員数が1名増加することから、これに伴い延べ労働時間も増加するが、固定式サイロ（タワーサイロ）調製との比較では依然省力性を確保することができた。

引用文献

- 1) 岩手県農研セ（2003），細断型ロールベアラによる飼料用トウモロコシの省力的収穫調製技術，平成15年度東北農業研究成果情報，No.18，330-331
- 2) 志藤博克ら（2003），細断型ロールベアラを機軸とした収穫調製技術の開発（第1報），日本草地学会誌，49，232-233
- 3) 福島畜試（2003），細断型ロールベアラによる飼料用トウモロコシ等の収穫調製法，平成15年度東北農業研究成果情報，No.18，332-333
- 4) 増田隆晴・平久保友美・川畑茂樹（2005），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，岩手県農業研究センター研究報告第5号，63-73