

細断型ロールベアラの開発と

高品質コーンサイレージの調製技術



生物系特定産業技術研究支援センター
細断型ロールベアラ研究開発グループ
(代表：道宗 直昭)

1 技術開発の背景と目的

飼料作物としての青刈りトウモロコシの作付面積は、倒伏しにくい品種の普及やコーンハーベスタを中心とした機械作業体系の確立などによって昭和 50 年代後期までは増加傾向を続けたが、昭和 58 年頃から微増ないし横ばい傾向となり、昭和 62 年の 12.7 万 ha を境に減少傾向に転じ、平成 15 年には 9.01 万 ha まで減少している。この減少傾向の背景のとしては、トウモロコシの収穫調製作業は一般に炎暑化での作業が中心であり、牧草のようにロールベアラを基軸とした省力的な作業ができず労働強度が大きいために、青刈りトウモロコシから牧草へと転換する農家が増加したこと、1 戸当たりの飼養頭数が昭和 62 年の 27.5 頭から平成 13 年には 53.6 頭と約 2 倍に多頭化し労力不足となっていることなどがあげられる。さらに輸入粗飼料の増加もこの傾向に拍車をかけている。

このような状況下にあって、トウモロコシの収量性、飼料価値等は十分に認識されているところではあるが、特に府県において自給飼料を基盤とした畜産経営を発展させていくためには、トウモロコシの収穫に係る作業の軽労化と一層の省力化、具体的には従来の固定サイロによる作業体系を越えた新たな機械開発（ロールベアラ、ラップサイレージ体系による作業機）が求められていた。また、畜産農家においてもトウモロコシのラップサイレージを希求する声が強かった。

2 技術開発への取り組み

1) 構想

全国の酪農家の3分の2を占める府県では、飼料畑一枚当たりの面積が狭く、分散しているところが多い。従って北海道や九州の一部で導入されているような自走式ハーベスタなどの大型機械では作業の能率及び効率が著しく低下し、本来の能力を十分に発揮することができない。しかも、府県の酪農家の大半を占める中小規模経営では、大型機械の購入は負担が大きすぎるため、農家手持ちのトラクターを基軸とした中型機械体系が必要とされている。全国の酪農家を対象に細断型ロールベアラ開発に関するアンケート調査を行った結果、全国の約半数を占める成牛30～80頭飼養規模の酪農家の大半は、今後も自らの手で良質な自給飼料を作りたい、との意向を示しており、細断型ロールベアラへの期待が大きかった。さらに、トウモロコシサイレージをラップサイロに調製することにより、サイロ詰めの際の過酷な人力作業から解放される、誰でも簡単に高品質なサイレージが調製できる、必要数だけ開封して使うことができ、開封後の品質低下がまったくないなどのメリットが府県を中心とした中小規模農家に対して考えられたことから、この層を主な対象として開発を進めることとした。

基礎技術確立後の実用化研究に関しては、普及も見据えた開発体制の構築が必須であると判断し、生物系特定産業技術研究支援センター（以下、「生研センター」とする。）畜産草地研究所、県立試験研究機関、家畜改良センター及び農機メーカーが一体となって、現地試験結果を速やかに開発にフィードバックできる体制を構築した。仮想ユーザーとしては県立試験研究機関及び家畜改良センターの現場に依頼した

2) 体制

生研センター（開発開始当時は生研機構）は、細断物を少ないロスで高密度にロール成形する試作機の開発を行った。この開発技術は、農機メーカーではリスクが高く研究開発が困難なキーテクノロジーである。また、実用化開発段階では開発機の市場性を調査するとともに実用化に向けて必要な機械性能・機能の要件を整理した。さらに想定ユーザーの明確化、普及に際して解明が必要な知見をリストアップし、現地実証試験の体制構築及び試験内容を企画立案し、実施を指揮した。また、現地検討会などの普及活動も行った。

農機メーカーは、生研センターが開発した基礎技術を基に実用に耐えうるための要件を検討し、これまでの商品開発のノウハウを活かしつつ、商品化に向けた改良を加えた。また、生研センター、県立試験研究機関及び家畜改良センターとともに現地実証試験を実施し、そこで明らかになった課題を解決するために改良を実施した。

畜産草地研究所（当時の草地試験場）は、開発前・中期においてはほ場試験の実施協力と発酵品質の調査を行い1年後も品質を保持することを示し、後期においては、ロールベアラの解体・給与法の検討といった実用化に向けた技術の開発を行った。後期においては細断型ロールベアラを基軸にした作業体系のメリットを最大限に引き

出すためのトウモロコシ品種の選抜と栽培技術の開発などを行った。

家畜改良センター及び県立試験研究機関は、開発後期における現地実証試験において機械の性能評価と普及場面を想定した条件下におけるサイレージ品質の調査など幅広い知見の解明を行った。特に、現業職員による機械改良に向けたアドバイスやアイデアの積極的な提供は、機械開発の促進に大いに役立った。また、様々な条件下でのサイレージ品質等の貴重なデータは、普及に際して農家への重要な情報となった。さらに、現地検討会を積極的に主催するなど地域における広告塔の役割も演じた。なお、岡山県では試験の実施にあたり、おかやま酪農業協同組合及び津山地区コントラクター組合の全面的な協力を頂いた。

3 研究の経過

前期（平成 8～10 年（「新用途畑作物」プロ））では、試作した基礎試験装置において細断物の成形方法を検討し、細断物をこぼさないようにロール成形するための新開発の成形室構造とネットによる結束方法の組み合わせを発案した。そしてロールベール放出時に崩れることが多いながらも 1cm 前後に細断したトウモロコシを直径 85cm のロールベールに成形することに成功した。

中期（平成 11～13 年（「転作作物」プロ））では、試作機の実用性を高めるため、ロールベール放出時のロス低減化を図るための改良を重ね、5%程度まで抑える効果を確認した。さらに細断物を成形したロールベールに対応できるベールラッパを開発し、ベラとラッパによる組作業が可能であることを確認した。

後期（平成 13～15 年（21 緊プロ））では、農機メーカーとともに市販化を目指した開発に着手し、ロールベールをネットで結束する間もノンストップで作業できる機能（従来のロールベラでは不可能な機能）を盛り込むなど、大幅にレベルアップした実用試作機を開発した。さらに、全国 10 カ所における現地実証試験を行い、試験場スタッフからの意見・要望を基に 90 カ所以上に及ぶ改良を重ねブラッシュアップを図った。実証試験では機械性能面だけでなく、各地試験場の協力により様々な作業条件下におけるサイレージの品質保持とや長期保存性、既存サイロとのロス比較、乳牛への給与試験、肉牛繁殖農家への適応性検討、資材費の調査等、各地域の特徴に合わせた作業方法の検討、ロールベールの解体・給与作業方法の検討等、普及の際に役立てるべく幅広い知見の解明に努めた。

4 . 開発技術の内容

1) 開発機

(1) 実用化の経緯

平成 16 年度、新農業機械実用化促進株式会社による実用化促進事業を経て、株式会社タカキタ、スター農機株式会社が市販化した(写真 1)。



写真 1 細断型ロールベアラによる収穫作業

(2) 細断型ロールベアラの構造、機能

ハーベスタで収穫されたトウモロコシ等をホッパで荷受けし、特殊構造の成形室で高密度にロール成形し、ネットで外周を結束した後、放出する。ネット結束中もノンストップで作業を続行できる。成形室構造の違いによりバーチェーン式とローラ式がある(図 1、2、表 1)。作業能率はいずれも 30a/h、ベール放出時に生じる崩れは 1% 前後、密封時に生じる崩れは 0.3% 程度とロスが少ない作業が可能である(写真 2、3)。



写真 2 細断型ロールベアラ (左: バーチェーン式、右: ローラ式)

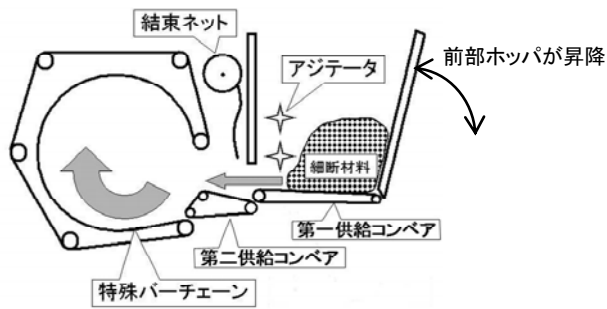


図1 バーチェーン式の構造図

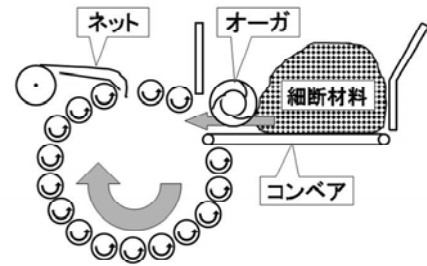


図2 ローラ式の構造図

表1 細断型ロールベアラと対応ベールラップの主要諸元

細断型ロールベアラ	バーチェーン式	ローラ式	細断ベール対応ベールラップ	
全長(mm)	4,880	4,950	全長(mm)	1,800
全幅(mm)	1,905	1,850	全幅(mm)	1,750
全高(mm)	3,180	2,850	全高(mm)	2,700*
質量(kg)	1,700	1,800	質量(kg)	500
成形室寸法(mm)	800×850	860×860	積載方式	特殊アーム式
ホツパ容量(m ³)	2	1.5	適応ベール(mm)	800～1,000
ネット幅(mm)	1,200 または,1000	1,060	装着方式	半直装式
駆動方法	トラクタ PTO 出力	トラクタ PTO 出及 びトラクタ外部油圧	密封方法	ターンテーブル式
所要動力(kW)	15	20	適応トラクタ	22kW 以上

* アーム開放時の寸法



写真3 放出時のベール(左)とラップしたベール(右)、崩れ等によるロスが極めて少ない

(3) 細断ベール対応ベールラッパ

細断ベール対応ベールラッパは、崩れやすい細断ベールの両側面を特殊アームで把持して拾い上げ、密封調製を行う(写真 4)。機体真後ろでベールを積載することができるので、枕地が狭い段階も、トラクターとベールラッパの幅さえあれば、作業が可能である。なお、直径 80~100cm の従来の牧草ロールベールにも利用可能であり、作業能率は 25 個/h である。



写真 4 対応ベールラッパ(左:特殊アームでピックアップ、右:ラップ中)

2) サイレージの品質、貯蔵性等

(1) 発酵品質と貯蔵性

貯蔵 2 カ月後の発酵品質は、家畜改良センター、岩手県畜試をはじめとする 7 試験地においても pH が 4.0 以下で酪酸の生成は見られず、フリーク評点が平均 94、V-score が平均 96 となり、良好であった。また、密封後 3~12 カ月間貯蔵した場合の発酵品質も良好であり、調製 12 カ月月後までの間、pH、フリーク評点および V-score はほとんど変わらずに推移した(図 3)。

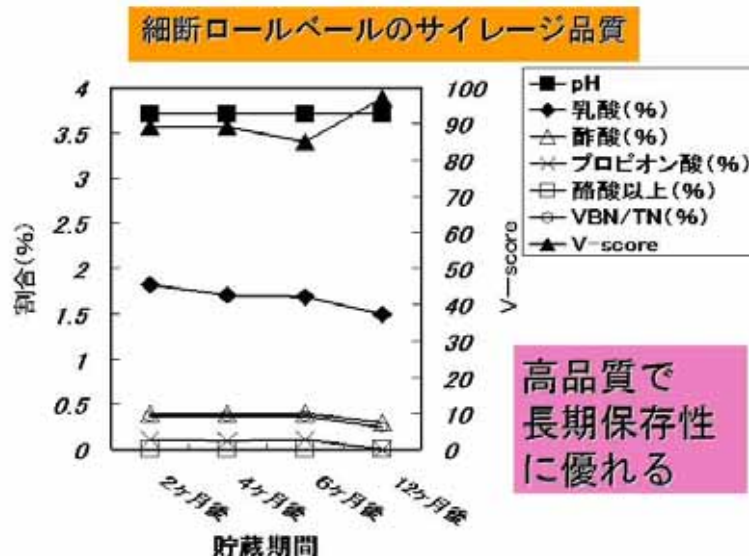


図 3 貯蔵期間中のサイレージの品質

(2) 小規模経営を想定した少量取り出し時のサイレージ品質

小規模経営での利用を想定し、1個のロールから少量ずつ取り出した時のサイレージ品質の経時変化を調査した。取り出し時の層の厚さを18cmとした試験の結果は、開封3日目まではpH、有機酸含量ともに変化は見られず、4日目からpHの若干の上昇と乳酸の減少が見られたが、V-scoreは5日間90以上を維持した。(図4)

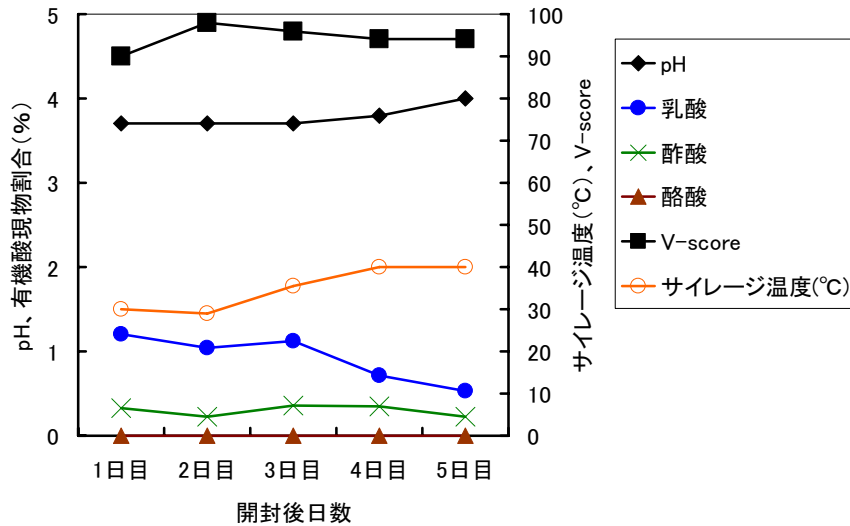
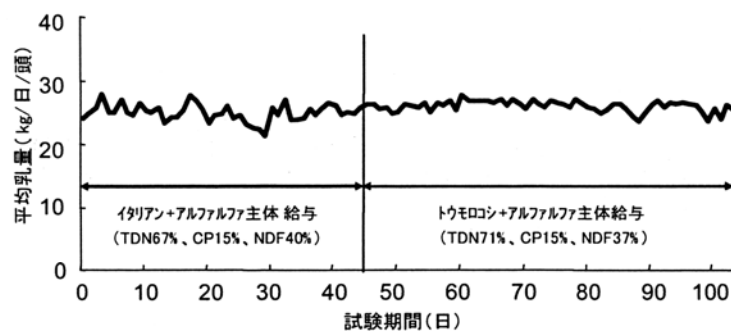


図4 開封後のサイレージの品質評価(宮崎畜試)

(3) 生乳生産への影響

細断型ロールベアラで調製したトウモロコシサイレージを主体としたTMRを泌乳牛に給与すると、イタリアンライグラスやアルファルファのサイレージを主体としたTMRの給与時に比べて乳量の変動が少なく、安定した生乳生産が得られた(畜草研、図5)



注1) 試験期間中の搾乳牛頭数は20~28頭。
 注2) 試験期間は、イタリアン+アルファルファ主体給与が2004年9月14日~10月28日、トウモロコシ+アルファルファ主体給与が2004年10月29日~12月26日。
 注3) 乳脂率は毎月15日に測定し、その平均値は9月4.22%、10月4.36%、11月4.46%、12月4.56%であった。

図5 細断型トウモロコシサイレージを長期給与した乳牛群の乳量の推移(畜草研)

(4) トウモロコシ以外の作物への適用

ソルガム、ローズグラスといった牧草の収穫調製に細断型ロールベアラを適用した試験でも、それぞれに良好な発酵品質のサイレージに調製できることが明らかになった。また、従来の切断機構のないロールベアラと比較して、ロールベアラの密度が高くなり、ローズグラスでは、発酵品質に有意差が見られた。

(5) 二次発酵等によるロス

サイロからの取り出しから給与までに生じるロスを FRP 製サイロ (27m³) と比較した結果、FRP 製サイロでは取り出し時にこぼしたり、変敗した部分を廃棄したことにより約 15% の調製ロスがあったのに対し、ロールベアラでは平均 0.03% とほとんど生じなかった。

3) 作業体系

(1) 定置作業 (写真 5)

圃場の一角あるいは畜舎周辺に細断型ロールベアラを定置し、ハーベスタをリバース装着したトラクターで収穫し、そのローダーバケットやボンネットワゴンから細断材料を荷受けしてロール成形を行う作業。枕地処理や小区画ほ場での作業に適する。細断型ロールベアラは 22kW (30PS) クラスのトラクターで、対応ベアララッパは 22kW (30PS) 以上のトラクターで作業が可能である。

(2) ワンマン作業 (写真 6)

フォレージハーベスタを装着したトラクターの後方に細断型ロールベアラをけん引して作業する方法で、対応ベアララッパと組み合わせて 2 名での収穫・調製作業が可能である。枕地処理を行った後の残りが 30a 以上のほ場での作業に適する。1 条ハーベスタを用いる場合は 44kW(60PS)以上、2 条ハーベスタを用いる場合は 59kW(80PS)以上のトラクターが推奨される。



写真 5 定置作業



写真 6 ワンマン作業

(3) 伴走作業 (写真7)

手持ちトラクターでワンマン作業を行うには出力が足りない場合、22kW (30PS) クラスの小型トラクターがもう1台あれば、ハーベスタに伴走して作業することが可能となる。また、ある程度圃場が広い場合は、定置作業で枕地処理を行った後、ハーベスタに伴走して作業を行うことにより、作業がより効率的になる。



写真7 伴走作業

5. 開発技術の成果

1) 作業時間

現地実証試験では、従来の固定式サイロ (バンカーサイロやスタックサイロ) を基軸とした作業体系に対して、延べ労働時間が半減する省力効果が確認された (図6)。

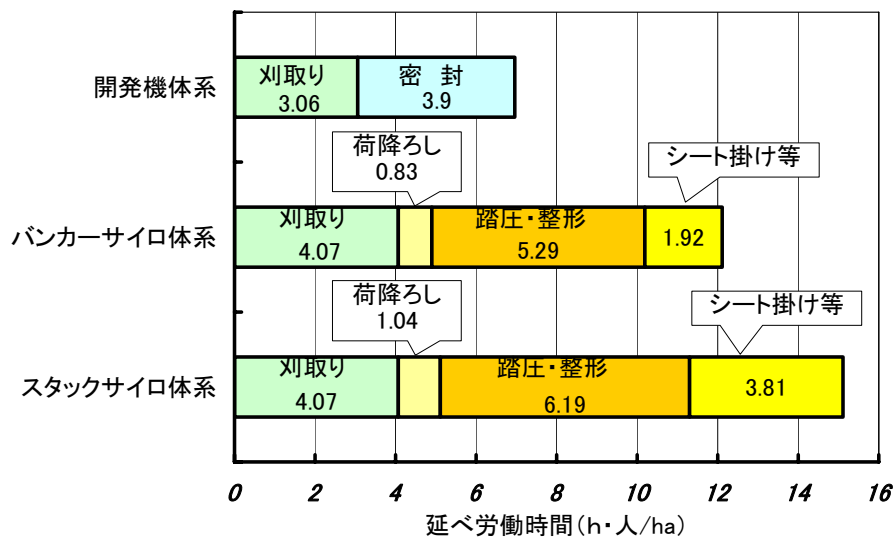


図6 延べ労働時間の従来体系との比較 (宮崎)

2) 作業可能面積

トウモロコシの早生・晩生の組み合わせ、播種時期をずらすなど収穫期間を長くすることによって、20ha程度の面積が可能となった。

3) 生産コスト

作付面積 8.5ha、収量 5.6t/10a (含水率 62%) の時、半地下式サイロを基軸とする従来体系と比較した結果では、開発機体系のサイレージ生産費が従来体系よりも低減した(表2)。

表2 サイレージ生産費の従来体系との比較

[生産費比較]		計算基礎面積 (8.5) ha		(10 a 当たり、単位：円)	
		10a 当たり生産費		使用資材量、単価等	
		実証区	慣行区	実証区	慣行区
栽 培 経 費 (円)	種苗費	2,980	2,980	種子 2Kg	
	肥料費	12,540	12,540	高度化成 (13-16-14) 40Kg @ 3,240	
	農業薬剤費	1,357	1,357	石灰窒素 20Kg @ 2,100	
	動力光熱費	1,290	1,290	苦土石灰 100Kg @ 2,500	
	諸材料費	0	0	ヨウリン 60Kg @ 3,500	
	減価償却費	23,174	23,174	硫化カリ 20Kg @ 1,250	
	労働費	3,240	3,240	ラッソー乳剤 300cc @ 879	
	小計	44,581	44,581	ゲザプリムフロアブル 150cc @ 478	
				トラクター 減 9,450	
				マニーフレッカー 燃費 4 L/hr 減 3,620	
			チゼルブラウ 燃費 10 L/hr 減 1,209		
			ロータリー 燃費 9 L/hr 減 2,029		
			フーフトキャスター 燃費 2.5L/hr 減 853		
			ジョブラクター 燃費 5.5L/hr 減 1,446		
			鎮圧ローラー 燃費 4 L/hr 減 966		
			フームスプレー 燃費 3.5L/hr 減 3,619		
			軽油 @ 100		
			労働費 @ 1,000/hr		
取 穫 調 製 経 費 (円)	動力光熱費	396	1,077	ハーベスター 8 L/hr 減 7,338	ハーベスター 8 L/hr 減 7,338
	諸材料費	10,629	923	ロールローラー 8 L/hr 減 7,671	フームワゴン 5 L/hr 減 4,449
	減価償却費	20,790	18,309	ラッピングマシン 3 L/hr 減 5,781	被覆用ビニール @ 923
	労働費	10,800	31,050	ネット @ 2,447	落込み式サイロ 減 6,522
	小計	42,615	51,359	ラップフィルム @ 8,182	(フームワゴンをけん引するトラクターは減価償却費に計上せず延作業時間として労働費に計上した)
生産費合計(円) ①		87,196	95,940		
運搬経費(円)		0	0		
農家購入価格 (円/kg)		31.1円/現物 81.4円/DM	34.2円/現物 89.6円/DM	①/8.91/314.7 ①/8.91/314.7/0.342	

(出典：平成 17 年度全国農業システム化研究会現地実証調査成績書)

今後、府県を中心とした中規模経営の酪農家、肉牛繁殖農家での個人利用または共同利用、コントラクター等で効果が見込まれる。

4) 技術の導入によるメリット・デメリット

メリット

- 過酷な炎天下での人力によるサイロ詰め作業から解放される
- 少ない人数で効率的な収穫調製作業が可能
- 急な雨でもラップさえすればサイレージ品質低下の心配がない
- いつでも作業の中断・再開が可能のため、柔軟な作業スケジュールを取り組むことが可能
- コーンハーベスタ、トラクター、ベールグリッパ等農家手持ちの機械をそのまま利用することができる
- サイロからの取り出し作業も軽労化
- 夏季でもサイレージ品質が変わらず高く、変質によるロスもわずか
- 固定式サイロを新規建設することなく飼養頭数の増加に柔軟に対応可能
- 高品質サイレージの通年給与を実現し、生乳生産性の向上に寄与
- 高品質コーンサイレージの流通が容易に

デメリット

- 経営規模や耕地面積が小さいとかえって飼料生産コストの増大を招く場合がある。
- 北海道などの大規模圃場・大規模経営では、作業能率が低く、また、ロールベールのサイズが小さいため、ロールベールのハンドリングが煩雑になる。
- コーンハーベスタやベールグリッパなどの機械を所有していない農家にとっては、細断型ロールベアラ体系導入のための初期投資が大きくなる。

5) 開発技術に対する受益者等の声

(1) 酪農家

- 一番楽な作業体系、給飼作業も楽になった
- サイレージとしての価値が高く、牛の反応が良く食べ残しが少ない
- 良質サイレージの年間給与が可能となったことによって乳量が増え、乳質が向上した

(2) 肉牛繁殖農家

- 炎天下でのサイロ詰めから解放された母親が一番喜んでいる
- 二次発酵しないので悪臭が発生せず、給飼作業後にいちいちシャワーを浴びる必要が無く、次の仕事に移れる余裕が生まれた
- 高品質なトウモロコシサイレージを給与することができるようになり、受胎率が向上した

6 . 今後の展望

(1) 飼料用トウモロコシの今後の見通し

トウモロコシは単位面積あたりの TDN がイネ科牧草の 2.3 倍もあり、耕地面積の限られる我が国にとっては最も有用な作物である。また、トウモロコシサイレージを積極的に利用すれば、濃厚飼料の使用量を減らすことができ、生乳生産コストの低減につながるだけでなく、飼料自給率向上にも寄与できる。さらに、トウモロコシはバイオ燃料の原料でもあり、今後世界的に利用拡大が図られる傾向にある。加えて、中国が飼料穀物の輸出国から輸入国に転じ、その輸入量は今後増大すると見られていることから、将来的にトウモロコシの流通価格が高騰する危険をはらんでいる。細断型ロールベアラは、国内でのトウモロコシ生産拡大に寄与できるものであり、その果たすべき役割は今後益々大きくなるものと考えられる。

(2) 今後の技術的展開

細断型ロールベアラの汎用利用化

ハーベスタに牧草収穫用の部品を取付けることにより、トウモロコシやソルガムだけでなく、牧草や飼料イネ等にも幅広く利用することが可能である。細断型ロールベアラで調製したロールサイレージは、これまでのロールベールサイレージよりも高密度であるため、発酵品質が向上する（飼料イネでも乳酸発酵するため乳酸菌添加剤が不要）だけでなく、単位面積あたりに作られるロールベールの数が少なくなるため、運搬の手間が軽くなる上に、ラップフィルムの使用量が低減される。

また、材料があらため細断されているため、TMR にそのまま利用でき、再切断する手間が不要となり、輸入乾草の使用量を低減できる。

新たな開発への展開、汎用型飼料収穫機の開発に向けて

細断型ロールベアラで対象とした経営層よりも大きい府県の経営層及び小さい経営層は、飼料作の外部化への必要性に迫られており、コントラクターのさらなる普及が望まれているが、水田飼料作が多い府県においては、水田特有の作業条件の悪さが一因となってコントラクター組織数の増加が伸び悩んでいる。そこで、細断型ロールベアラで培った技術を発展させ、府県のコントラクターを対象とし、軟弱圃場でも機動性が高く、トウモロコシ、牧草、飼料イネ等を 1 台で収穫・細断・ロール成形できる自走式収穫機「汎用型飼料収穫機」の開発に取り組んでおり、平成 20 年に実用化する予定である。

(3) その他

価格

細断型ロールベアラ：345 万円、対応ベールラップ：180 万円（いずれも税別）

普及台数

平成 18 年 8 月現在で、約 100 台

開発各主要開発担当者一覧（研究開発時）

（敬称略）

1) 企画・開発・統括チーム

生物系特定産業技術研究支援センター

志藤博克、山名伸樹、澁谷幸憲、高橋仁康

2) 実用化推進チーム

株式会社タカキタ

若山東男、奥村政信、正田幹彦、福森宏一、上村雄二

スター農機株式会社

根本佳成、奥井広美、昆 明彦、高田雅透、松倉崇博

3) 実証試験チーム

畜産草地研究所

重田一人、野中和久、塩谷 繁、吉村義則、菅野 勉、伊東栄作

家畜改良センター

滑川拓朗、戸上啓一、長田廣一、宗方正美、高崎 昇

宮崎県畜産試験場

小畑 寿、溝辺敬美、藤井真理、恒吉吉和、川野耕次、鶴田清秀、日高和幸、七夕 学、
鳥越靖裕、吉谷 工

熊本県農業研究センター畜産研究所

古閑護博、網田昌信、富森健助、石橋 誠、橋口純也、高木弘之、津留誠也、平田勝勅、
城 裕一、平野力久、中島 豊

愛媛県畜産試験場

村上恭彦、竹中尚徳、兵頭昌利、上田美徳、大野 巖

岡山県畜産総合センター

串田晴彦、太田義治、山本重治、大本昌也、服部一洋、有富勝仁

三重県科学技術振興センター畜産研究部

浦川修司、平岡啓司、山本泰也、乾 清人、吉村雄志

群馬県畜産試験場

新井一博、柚木芳雄、北爪治夫、須藤和久、新井英雄、茂木活徳、間庭 進、樺澤和行

福島県畜産試験場

大槻健治、伊藤純一、佐藤茂次、矢内清恭、柳田和弘、酒井将次、富塚秋次、嶋原 武、
菅野智康、門馬利延

岩手県農業研究センター畜産研究所

増田隆晴、関村武志、米澤健司、右京隆二、竹田政則、中村 健、水澤博征

北海道立根釧農業試験場

高橋圭二、堂腰 顕、吉田邦彦、松久 勸、清野智樹

おかやま酪農業協同組合

高山勝好、禰元俊英

おかやま酪農業協同組合津山地区コントラクター組合

石原聖康、福島康仁