

## 細断型ロールベアラと研究開発の展開

志藤博克・橋 保宏・川出哲生

(農業・食品産業技術総合研究機構生物系特定産業技術研究支援センター)

### はじめに

細断型ロールベアラ（以下、細断型ベアラ）はコーンハーベスタで収穫・細断されたトウモロコシを高密度にロールベール成形できる作業機として、生研センターと農機メーカーによって共同開発された。平成16年度の市販化以来、府県の家族経営の酪農家を中心に普及が進んでいる。細断型ベアラは、垂直型サイロに4～6m詰込んだ時の底部に相当する高い密度でロール成形できることから、発酵品質が高く、長期保存性に優れたサイレージを誰でも簡単に生産することを可能とした。高品質なサイレージの評判は北海道にも伝播し、大規模経営に見合った大型化への要望が高まり、平成19年からシリーズ機種種の普及も始まった。本稿では、細断型ベアラの体系別利用法について紹介するとともに、普及間近の汎用型飼料収穫機および開発中の機械について述べる。

### 1. 細断型ベアラの概要

細断型ロールベアラはけん引式作業機であり、コーンハーベスタで1cm前後に細断されたトウモロコシを荷受けして、直径約85cm、幅約90cm、重さ約300kgのロールベールに成形できる。主要部は、細断されたトウモロコシを荷受けするホップ、細かい材料もこぼさず高密度成形する定径式の成形室、ネット結束装置から構成される。成形室構造の違いからパーチェーン式（図1、写真1）とローラ式（図2、写真2）の2種類がある。いずれのタイプもネットの結束中、ホップに材料を一時貯留するため、その間もノンストップで作業を行うことができる。

細断型ベアラは、次の3通りの使い方ができる。

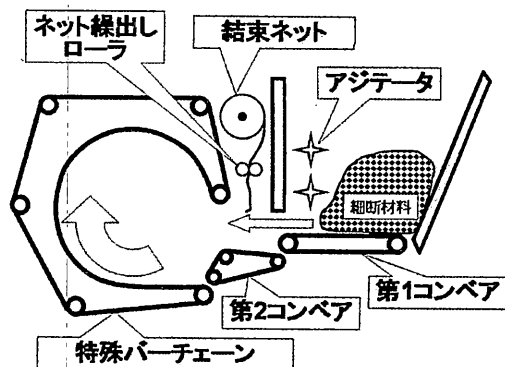


図1 パーチェーン式の構造



写真1 パーチェーン式

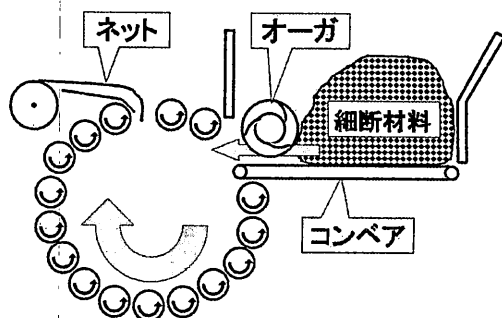


図2 ローラ式の構造

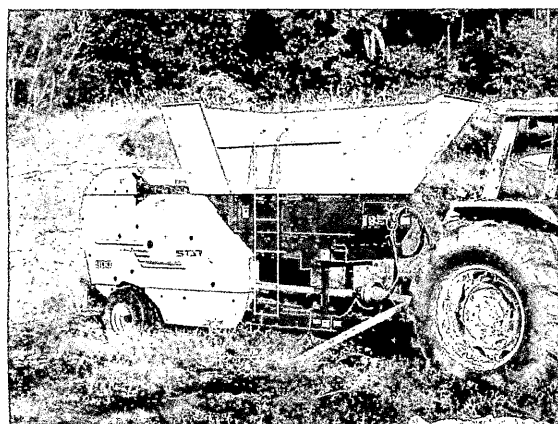


写真2 ローラ式

1つめは、コーンハーベスタを装着したトラクタで細断型ペーラをけん引する「ワンマン収穫作業」(写真3)である。府県では、1条刈あるいは2条刈コーンハーベスタをトラクタの右側方にオフセット装着しての作業がもっぱらであるが、北海道では、4条刈コーンハーベスタをトラクタの前部3点リンクヒッチに装着して作業を行っている事例がある。2つめは、ハーベスタに併走して作業を行う「伴走作業」である(写真4)。3つめは、コーンハーベスタを装着したトラクタとは別のトラクタで細断型ペーラをけん引し、圃場の隅等でローダーバケット等から細断材料を荷受けする「定置作業」であり、府県ではこの方法が最も多い(写真5)。細断型ペーラは22kW (30PS) クラスのトラクタで作業可能である。



写真3 ワンマン作業



写真4 伴走作業

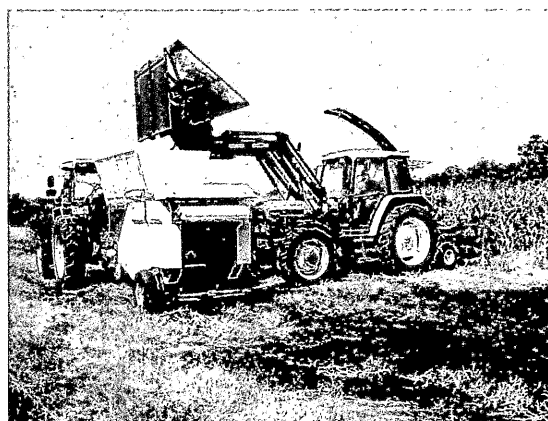


写真5 定置作業

## 2. 派生機による体系

細断型ペーラの普及が進むに連れ、ロールベールサイズの拡大や新たな利用法への要望が寄せられた。これに応じて細断型ペーラの共同開発メーカーがベールラップを一体化することによってロール成形から密封までを一気に自動で行える派生機を開発した(写真6、7)。S社製のロールベールサイズは、直径1m、幅1mであり、T社製は、直径1.15m、幅1mの大型タイプと直径1m、幅0.85mの中型タイプがある。この機械を畜舎周辺に置いて、圃場から運搬してきた材料をコンクリート上に荷降ろしし、ローダー等でホッパに投入すれば、ロール成形と密封作業が能率的に行われ、後はラップされたロールベールをローダーなどで積んでゆくだけの省力的な作業が可能となる。また、一旦バンカーサイロに詰めたサイレージを翌

春、二次発酵が進む前にラップサイロに再調製してしまえば、発酵品質を損なわずに少ないロスで長期間利用することができる。

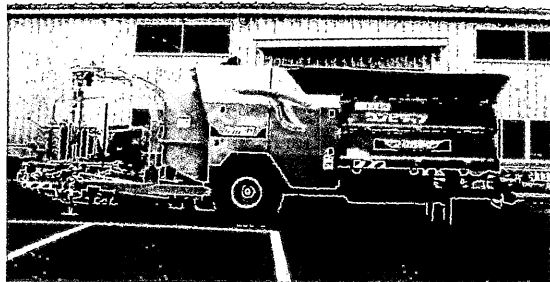


写真6 ベールラッパー体型の派生機 (T社製)

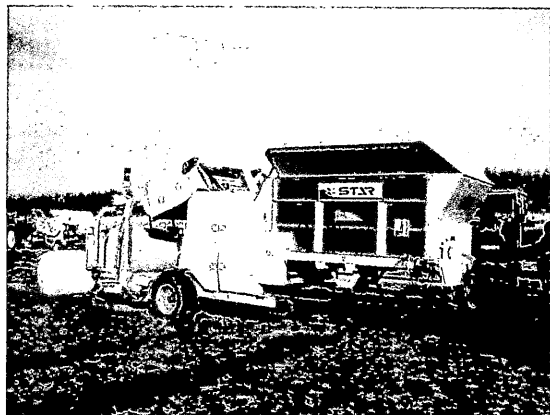


写真7 ベールラッパー体型の派生機 (S社製)

なお、T社製の大型タイプはコーンハーベスタとの伴走作業が可能であり、トウモロコシの刈株をつぶす機能が付いている。また、中型タイプでベールラッパが付いていないタイプもある。

### 3. 実用化間近の汎用型飼料収穫機

#### 1) 汎用型飼料収穫機の概要

生研センターでは、主に府県のコントラクタを対象として、1台でトウモロコシ、牧草、飼料イネといった多様な飼料作物を収穫・細断・ロール成形する「汎用型飼料収穫機」を農機メーカーと共同で開発している。本機は、クローラ式走行部

を持つ台車の前面に、フォレージハーベスタをベースにした収穫部を装備し、台車上に細断型ベアラの成形室(直径1m、幅0.85m)を搭載しており、収穫部はトウモロコシ用、予乾牧草用、飼料イネ用のアタッチメントを着脱交換することにより多様な飼料作物に対応することができる(図3)。本機も細断型ベアラと同様に、ベール放出時に止まることなくノンストップで作業を続けることができる。

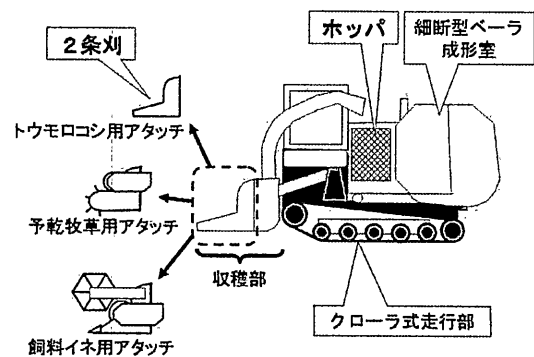


図3 汎用型飼料収穫機のご概念

府県では圃場一枚あたりの面積が小さく、分散しているために自走式ハーベスタのような大型機械の導入が困難である。従って、多くの府県のコントラクタ組織はトラクタを基幹とした機械体系で作業しているが、利用農家から要望される多様な飼料作物に対応するために、コーンハーベスタ体系、ロールベアラ体系、飼料イネ専用収穫機体系と多くの機械を揃えなければならず、機械投資額が莫大になる。さらに、府県の飼料作付面積の約3分の1は転作水田や水田裏作であることから、降雨後の圃場条件の回復が遅く、作業スケジュールが遅延しがちになることが多い。本機は、年間稼働率を高めることにより機械償却費を削減することをねらいとしており、平成21年度の市販化を目指している。

#### 2) 汎用型飼料収穫機の性能

トウモロコシ収穫時(写真8)の作業能率は、

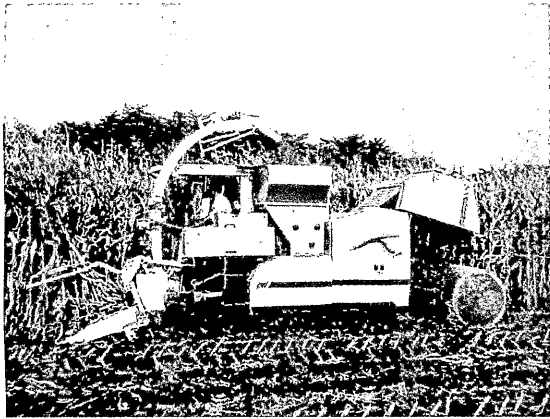


写真8 トウモロコシ収穫作業風景

100×30m区画の圃場で、収量5.6t/10a、材料含水率70%の条件下で42a/hであった。枕地開けでは、手刈りによる作業は一切行わなかった。この時に作られたロールバールの重さは平均458kgであった。なお、条播したソルガムもこのアタッチメントで収穫可能である。

予乾牧草（イタリアンライグラス1番草）収穫時（写真9）の作業能率は、100×30m区画の圃場で、収量5.6t/10a、平均含水率52%の条件下で、89a/hであった。ロールバールの重量は、平均含水率55%の時で平均416kgであった。なお、本機の予乾牧草収穫機能は、転換畑における冬作牧草や水田裏作を対象としており、永年草地での牧草収穫は目的としていない。

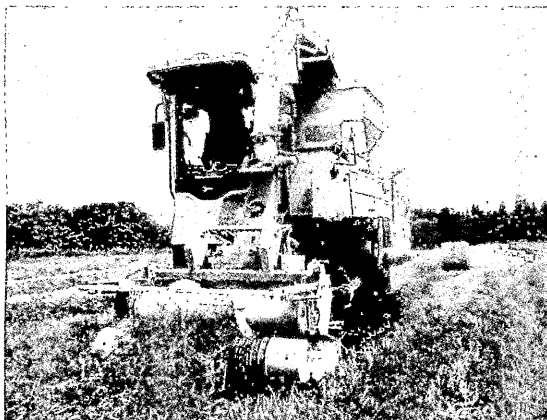


写真9 牧草収穫作業風景

飼料イネ収穫時（写真10）の作業能率は、3～5aの小規模圃場では平均14a/h、25aの圃場では29a/hであった。ロールバールの重量は平均314kgであった。本機は飼料イネ用アタッチメントを装着した時に機体全長と重量が最大となるが、これまでの試験で、幅2m程度の農道と5a程度の小区画圃場でも作業が可能であり、人が長靴を捕られながらもやっと歩ける状態の軟弱圃場（円錐貫入抵抗値0.36MPa）でも十分に作業できることを確認した。なお、このアタッチメントでムギの収穫も可能である。

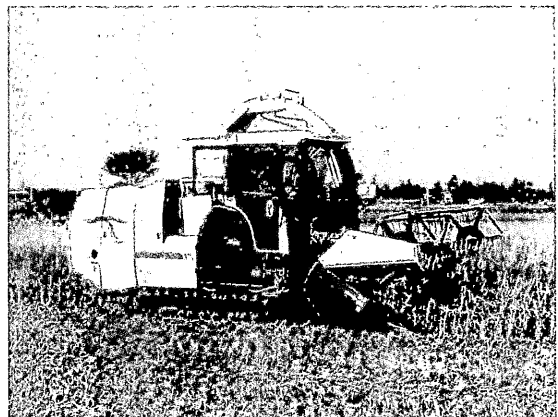


写真10 飼料イネ収穫作業風景

#### 4. サイレージの特徴と調製上の留意点

派生機を含む細断型ベアラ及び汎用型飼料収穫機で調製したロールバール（以下、細断バール）は、170～250kg/m<sup>3</sup>という高い乾物密度になる。従って、その発酵品質も高く、1年間貯蔵した後も品質の低下がほとんど無い。また、二次発酵等によって生じるロスも極めて少ない。これは、収穫時の熟期等、サイレージ調製の基本を遵守することにより得られる。しかし、台風の接近等によりやむを得ず高水分の状態であっても急いで収穫せざるを得ない場合もある。乳熟期（含水率77～79%）のトウモロコシを細断型ベアラで収穫調製して2カ月間及び6カ月間貯蔵したサイレージは、排汁がフィルムの隙間から外部へしみ出し、バール内部にも排汁が大量に溜まる状態であった

が、発酵品質は黄熟期（含水率70%）に収穫調製した細断ベールと比較してもほとんど変わらず良好であった（表1）。また、2カ月間貯蔵したものと6カ月間貯蔵したのものにも発酵品質に大きな相違はなかった。ただし、発酵品質が良好でも含水率が80%近いサイレージをそのまま給与しても嗜好性が劣る問題がある。これについては、給与する前日に細断ベールの底部近くにくつつか穴を開けて排汁を抜いておけば、翌日には給与が可能となる。

収穫時期が早い材料でも発酵品質は保たれるが、排汁による栄養ロスは避けられない。従って、なるべく適期収穫を心がけることが重要であることには変わりはない。

牧草では、従来のロールベアラよりもさらに高密度なロールベールを作ることができ、高品質なサイレージに安定して調製することができた。調製してから7カ月後に開封したイタリアンライグラス（品種「いなずま」）のサイレージのV-scoreは99点と高く、従来の定径式ロールベアラ（直径90cm、無切断）で梱包されたロールベールよりも良好であった（表2）。

飼料イネでも、これまで以上に高品質なサイレージ調製が可能である。従来、安定した発酵を得るためには乳酸菌製剤を添加する必要があったが、開発機によるロールベールでは、乾物密度が従来の1.5~2倍に高まり、乳酸菌製剤を添加しなくても安定した乳酸発酵が促進された。また、長期保存性にも優れており、調製後1年のサイレージ（品種「はまさり」）でも2カ月貯蔵したものとほとんど同様の発酵品質を維持した（表3）。さらに、単位面積当りのロールベール数を従来の専用収穫機に対して30~50%減らすことができることになり、資材費の大幅な節約が期待できる。

このように、本機は作物の種類によらず長期保存性に優れたサイレージを提供できるため、年間を通して安定した品質のサイレージの確保が求められるTMRセンターにとっても貢献できる。また、予め細断されているため、ミキサーでの混合時間を短縮化できる等、TMRセンターにとっても大きなメリットを提供できるものと考えられる。

### 5. 細断型ベアラの新たな使い道とさらなる開発展開

府県の広域流通型TMRセンターでは、粗飼料

表1 高水分トウモロコシサイレージの発酵品質

|        | 含水率 (%) | pH  | 現物割合 (FM%) |      |      | VBN/TN (%) | フリーク評点 |
|--------|---------|-----|------------|------|------|------------|--------|
|        |         |     | 乳酸         | 酢酸   | 酪酸   |            |        |
| 貯蔵2カ月後 | 77      | 3.8 | 3.70       | 0.65 | 0.00 | 13.30      | 100    |
|        | 70      | 3.7 | 2.66       | 0.60 | 0.00 | 7.60       | 98     |
| 貯蔵6カ月後 | 79      | 3.8 | 2.33       | 0.76 | 0.00 | 6.47       | 93     |

表2 調製7カ月後のイタリアンライグラスサイレージの発酵品質比較

|     | 含水率 (%) | pH   | 現物割合 (FM%) |      |      | VBN/TN (%) | V-score |
|-----|---------|------|------------|------|------|------------|---------|
|     |         |      | 乳酸         | 酢酸   | 酪酸   |            |         |
| 開発機 | 54      | 5.09 | 1.31       | 0.26 | 0.00 | 8.00       | 99      |
| 従来機 | 60      | 5.1  | 1.24       | 0.28 | 0.39 | 4.80       | 61      |

表3 稲発酵粗飼料の品質 (2006, 喜田ら)

| 貯蔵期間 | 含水率 (%) | pH   | 有機酸(現物中%) |      |      | VBN/TN (%) | V-score |
|------|---------|------|-----------|------|------|------------|---------|
|      |         |      | 乳酸        | 酢酸   | 酪酸   |            |         |
| 2カ月  | 60      | 4.00 | 1.38      | 0.26 | 0.00 | 0.96       | 99.5    |
| 12カ月 | 59      | 4.01 | 1.16      | 0.26 | 0.00 | 1.96       | 99.5    |

と粕類、濃厚飼料等を混合してトランスバッグに詰めて乳酸発酵させたTMRを流通している。これは発酵TMRと呼ばれ、開封後に二次発酵しにくいという特長があるため、普及が拡がりつつある。その一方で、トランスバッグへの袋詰めと、その直後に袋内の空気を抜き取る作業に2～3名が必要となる。また、袋詰め後には発酵ガスが発生するためトランスバッグを積み重ねて貯蔵することができず、ストックヤードの不足が課題となっている。さらには、夏場のカビ抑制に課題がある。そこで、細断型ペーラでTMRをロール成形し、ペールラップで密封(あるいは派生機で成形・密封)する試みが試験研究機関でなされてきた。最近では、北海道の一部のTMRセンターや九州の大規模肉牛生産農家でも試みられている。三重畜研では、粗飼料に稲発酵粗飼料と牧草サイレージを用いたTMR(含水率42%)を細断型ペーラで成形・密封したラップサイロの密度は、同じ材料をトランスバッグに詰めたものの約1.4倍に達することを明らかにし(表4)、発酵ガスによる膨張もないことを確認した。岩手畜研では、粗飼料にコーンサイレージを主体に用いたTMR(含水率46%)を細断型ペーラで調製したものは、同じ材料をトランスバッグに詰めたものと比較して、カビの発生が全くなく、乾物ロスも低いことを明らかにした(表5)。これら以外にも、現在、政府委託プロジェクト「粗飼料多給による日本型家畜飼養技術の開発」(略称、えさプロ)では、細断型

ペーラで調製した発酵TMRの発酵品質、発酵後の栄養損失の有無、乳牛への影響、メニューの開発等が取り組まれている。

生研センターではさらに、TMRセンター向けの機械として、TMRを配布先農家の飼養規模に合わせたサイズのロールペールに自動で成形・密封できる「可変径式TMR成形密封装置」の開発に農機メーカーとともに着手した。TMRセンターでは、1梱包あたりの重量が異なるメニュー数種類を生産しているが、現行の細断型ペーラでは1種類の梱包重量に限られ、飼養規模に見合ったニーズには応えることができない。従って、細断型ペーラを導入したTMRセンターではTMRロールの配送先を限定しているのが現状である。そこで本機(図4)では、ニーズに応じた梱包重量に応じてロールペール直径を自動的に変えることにより、より広い範囲の経営層に高品質な発酵TMRを提供することをねらいとしており、平成23年以降の実用化を目指している。

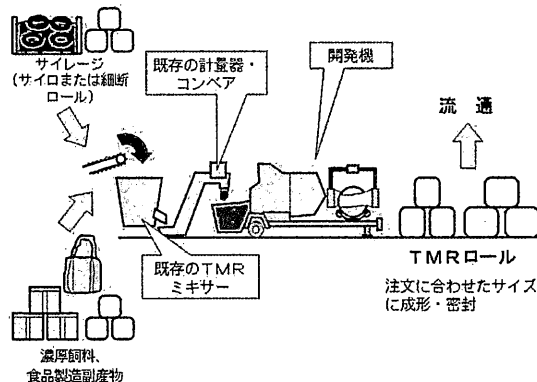


図4 可変径式TMR成形密封装置の概念

表4 発酵TMRの梱包密度比較(2005, 平岡ら)

|         | 調査個数 | 容積 (m <sup>3</sup> ) | 質量 (kg) | 乾物密度 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|---------|------|----------------------|---------|---------------------------|
| ラップサイロ  | 3    | 0.54                 | 305.3   | 328.7                     |
| トランスバッグ | 6    | 1.00                 | 404.7   | 234.0                     |

表5 発酵TMRの品質比較(2007, 増田ら)

|         | 貯蔵日数 | 含水率(%) | 乾物密度(kg/m <sup>3</sup> ) | カビ・変敗によるロス(kg) | 乾物ロス(%) |
|---------|------|--------|--------------------------|----------------|---------|
| ラップサイロ  | 34   | 45.5   | 339                      | 0              | 0.3     |
| トランスバッグ | 35   | 47     | 248                      | 0.4            | 1.4     |

### さいごに

細断型ペーラを始めとした一連の開発機により、飼料生産の現場が大きく変わりつつある。新たな機械の開発や利用技術の開発が進んでおり、現場からの期待も大きい。生研センターでは引き続き、安価で付加価値の高い飼料生産の実現に向けて取り組む所存である。