

農業機械化研究所研究報告

第 35 号

Technical Report
of
the Institute of Agricultural Machinery
(Nogyo Kikaika Kenkyusyo)
Saitama-city, Saitama, Japan
No.35 February 2007

平成 19 年 2 月

農機研報

Tech. Rep.,
Inst. of Agric.
Mach.
35 : 1-49
Feb. 2007

独立行政法人 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
農業機械化研究所
埼玉県さいたま市北区日進町 1 丁目

独立行政法人 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
農業機械化研究所

Institute of Agricultural Machinery
Bio-oriented Technology Research Advancement Institution
National Agriculture and Food Research Organization

編集委員会
Editorial Committee

行本 修 (委員長)	Osamu YUKUMOTO (Chief)
水野 隆史	Takashi MIZUNO
小倉 昭男	Akio OGURA
杉山 隆夫	Takao SUGIYAMA
久保田 興太郎	Kotaro KUBOTA
道宗 直昭	Naoaki DOSHU
森本 國夫	Kunio MORIMOTO
高橋 正光	Masamitsu TAKAHASHI
安食 恵治	Keiji AJIKI

目 次

志藤博克・山名伸樹・澁谷幸憲・亀井雅浩・高橋仁康・奥村政信・正田幹彦
福森宏一・上村雄二・只野克紀・玉森幸雄・高田雅透

長大型飼料作物に対応したロールベアラの開発研究

緒 言	1
第1章 研究の背景と目的	3
1. 1 酪農経営の現状	3
1. 1. 1 飼養管理面の現状	3
1. 1. 2 粗飼料の役割	5
1. 1. 3 粗飼料生産の現状と問題	5
1. 2 本研究の目的	7
第2章 長大型飼料作物の梱包技術の検討	8
2. 1 序言	8
2. 2 長大型作物の収穫調製法に関する既往の研究成果	8
2. 3 成形室構造の検討と予備試験	9
2. 3. 1 成形室構造の検討	9
2. 3. 2 定置型試験装置を用いた予備試験	10
2. 4 摘要	12
第3章 試作ベアラ及び試作ラッパの開発	12
3. 1 序言	12
3. 2 試作ベアラの開発	12
3. 3 試作ベアラの収穫試験	14
3. 3. 1 収穫試験方法	14
3. 3. 2 収穫試験結果	15
3. 4 試作ラッパの開発と試験	18
3. 4. 1 試作ラッパの開発目的	18
3. 4. 2 試作ラッパの開発	18
3. 4. 3 密封試験方法	19
3. 4. 4 密封試験結果	19
3. 5 試作ベアラ及び試作ラッパによる作業能率試験	20
3. 5. 1 試験方法	20

3. 5. 2	試験結果	-----	21
3. 6	試作機及び作業体系の実用化に向けた課題	-----	21
3. 6. 1	試作機に関する課題	-----	21
3. 6. 2	作業体系に関する課題	-----	22
3. 6. 3	実用化に向けた課題のまとめ	-----	22
3. 7	摘要	-----	23
第4章	実用機の開発と現地実証試験	-----	23
4. 1	序言	-----	23
4. 2	実用機の開発	-----	24
4. 2. 1	ベアラ実用機の開発	-----	24
4. 2. 2	ラッパ実用機の開発	-----	25
4. 3	現地実証試験の実施	-----	25
4. 3. 1	試験実施地の選定	-----	25
4. 3. 2	試験方法	-----	26
4. 4	現地実証試験の結果	-----	30
4. 4. 1	機械性能	-----	30
4. 4. 2	サイレージ発酵品質	-----	33
4. 4. 3	農家からの評価	-----	36
4. 4. 4	他草種への適用拡大	-----	37
4. 5	現地実証試験のまとめ	-----	38
4. 5. 1	実用機の評価	-----	38
4. 5. 2	細断ロールベールサイレージの評価	-----	39
4. 6	摘要	-----	39
第5章	総括	-----	39
	謝辞	-----	41
	引用文献	-----	43
	Summary	-----	45

Technical Report of the Institute of Agricultural Machinery

(Nogyo Kikaika Kenkyusyo)

No.35, Feb. 2007

Contents

Hirokatsu SHITO, Nobuki YAMANA, Yukinori SHIBUYA,
Masahiro KAMEI, Kimiyasu TAKAHASHI, Masanobu OKUMURA,
Mikihiko SYODA, Koichi FUKUMORI, Yuji UEMURA, Katsunori TADANO,
Yukio TAMAMORI, Masato TAKATA

Developmental Study on Roll Baler for Maize and Sorghum

Introduction	1
1. Background and Purpose of the Study	3
2. Investigating Production Technology for Maize and Sorghum	8
3. Developing the Test Baler and the Wrapper	12
4. Developing the Practical Machine; On-site Proof Tests	23
5. Conclusion	39
Acknowledgement	41
Reference	43
Summary in English	45

長大型飼料作物に対応したロールベアラの開発研究

志藤博克*・山名伸樹**・澁谷幸憲***・亀井雅浩****・高橋仁康*・奥村政信*****・正田幹彦*****・福森宏一*****・上村雄二*****・只野克紀*****・玉森幸雄*****・高田雅透*****

2006-3-24 受理

- * 畜産工学研究部
- ** 畜産工学研究部（現：鳥取大学）
- *** 畜産工学研究部（現：東北農業研究センター）
- **** 畜産工学研究部（現：近畿中国四国農業研究センター）
- ***** (株)タカキタ
- ***** スター農機(株)

抄 録

収量及び栄養価が高い一方、収穫調製作業の労働負荷が大きいと、作付けが減少している青刈りトウモロコシの収穫調製作業の省力化を図るため、フォレージハーベスタで細断した材料をロール成形できるロールベアラとベールラップを開発した。ロールベアラは1cm前後に細断したトウモロコシを直径85cm、幅90cm、質量約330kg、乾物密度約180kg/m³の高密度なロールベールに成形でき、同時開発のベールラップは、ロールベールを速やかに拾い上げ密封することができる。作業条件や作物条件の異なる全国10箇所での実証試験の結果、開発機による作業体系の延べ労働時間がタワーやバンカーサイロ等の慣行作業体系の約半分となる省力効果が確認され、慣行体系からの移行も円滑にでき、実用性が高いことが明らかになった。また、開発機によって調製されたサイレージの品質は高く、長期の貯蔵性にも優れることが明らかになった。開発機は、平成16年に市販化された。

緒 言

農林水産省の平成14年度の調査によると、我が国の畜産の産出額は2.57兆円にのぼり、国内農業生産額全体の28.6%を占め、米麦・穀物類の26.7%を上回り、野菜・根菜・果実生産の34.4%に次いで2番目のシェアを占める。我が国における畜産は明治期に端を発し、その歴史は比較的浅いにもかかわらず、今やこのように大きなシェアを占めるに至った。また、畜産物は動物性タンパク質の供給源として消費者にとってなくてはならないものとなり、確固たる地位を築いている。畜産のうち酪農の産出額は、乳用牛生産と乳製品生産を合わせて1.46兆円と農業全体の16.2%を占める。これまで我が国の酪農は、

農家戸数が減少を続ける一方で、1戸当たりの飼養規模が拡大されてきた。昭和50年に全国で17.9万戸あった酪農家は平成14年には3.1万戸と約1/6に減少し、1戸当たりの成畜飼養頭数は昭和50年に9.8頭であったのが平成14年には55.7頭と約6倍となった（畜産統計、農林水産省統計情報部）。昭和60年当時に最も大きいシェアを占めていたのが10頭未満の成牛飼養規模であったのに対し（36.2%）、平成12年では30～49頭の飼養規模が28.9%と最も大きい割合を占めた。図1-1に成牛飼養規模の推移を示す。

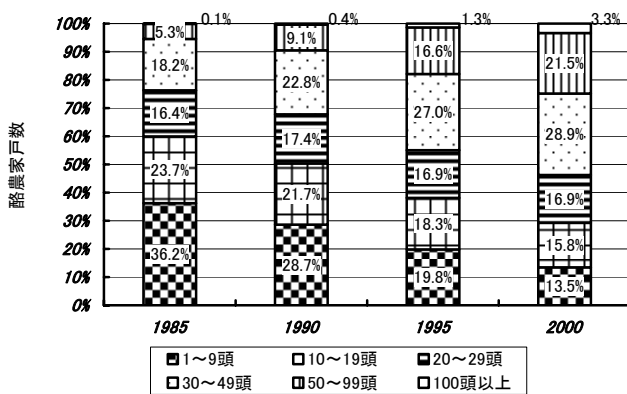


図1-1 酪農家の飼養規模の推移*

* 畜産統計（農林水産省）より作図

また、泌乳牛1頭当たりの年間乳量も増大する傾向にあり、昭和40年当時では全国平均で約4,000kgに過ぎなかったのが、平成13年では約7,400kgに増加し、特に北海道を中心に10,000kg以上に達する乳牛の存在もごく当たり前のように見られるようになった。平成13年の時点で海外と比較するとアメリカが8,223kg、次いでスウェーデンが7,980kg、オランダの7,415kgに続いて我が国が位置し、デンマークの7,300kgを上回っている（平成15年畜産経営の動向、中央畜産会）。我が国の酪農の歴史はこれらの国々に比較して浅いが、乳牛のレベルはすでに世界に肩を並べていると言える。一方、生乳販売価格は、昭和40年の1kg当たり35.6円から昭和55年のピーク時には2.8倍の99.5円に上昇したが、それ以降は漸減傾向を示し、近年では1kg当たり82円前後で推移している。「水より安い」と嘆かれているゆえんである。こういった生乳販売価格の伸び悩みが、より一層の多頭化と乳量の増加を目指そうとする薄利多売の傾向に拍車を掛けている。また、近年、アメリカ、オーストラリアなどのいわゆるケアンズグループがWTO交渉で乳製品の輸入自由化を迫るなど、外圧が高まる中で国際競争力の強化が求められている。こうした情勢を背景に、乳牛の高泌乳化と飼養規模の拡大が進展するに伴い、いくつかの問題も生じることとなった。まず、高泌乳化に伴って濃厚飼料の給与が多用されるとともに、飼養規模の拡大により飼養管理作業時間が増大したことも手伝って、粗飼料でさえ購入に頼る農家が増加した。その結果、飼料自給率が低下し、購入飼料価格の相場の影響を強く受ける経営体質を招いた点が挙げられる。自給飼料から購入飼料重

視へと転換した経営では、限られた圃場への過剰施肥による飼料作物への硝酸態窒素の集積が顕在化し、圃場還元しきれないふん尿が環境に及ぼす影響が懸念されている。これを受けて、平成16年11月から家畜排泄物管理法が施行され、ふん尿処理を適切に行うことが義務付けられることになった。しかし、たい肥化施設等の新規建設には多額な投資を伴うことから、安定した経営の存続が危ぶまれるケースも見られる。

このように我が国の酪農は、効率的な乳生産の拡大への努力が払われてきた反面、飼料自給率の低下やふん尿の過剰といった問題も生じてきた。そもそも酪農とは土地利用型農業であり、土-草-牛という資源循環に基づく持続的な営農形態であるはずであった。欧米の酪農が恵まれた土地基盤の上に成立しているのに対して、我が国は土地が限られているにもかかわらず、乳価の低迷等が背景にあったにせよ、この土-草-牛というバランスを崩したまま飼養規模の拡大が図られてきたことが現在の状況を招いた大きな原因の一つと判断される。持続的な酪農経営の実現のためには、資源循環可能な飼料生産が不可欠であることに異論はないと考える。実際、都府県でも土地基盤が確保しやすい地域では、飼料生産を重視し、飼養頭数の大幅な拡大を行わずに、ふん尿は全量、飼料畑に還元することにより、ふん尿処理への多額な投資を抑えて効率的な経営に成功している例も見られる。行政もこの重要性に鑑み、平成14年に農林水産省が「酪農及び肉用牛生産の近代化を図るための基本方針」を定め、その中で土地基盤に立脚した資源循環型の酪農を推進することを謳っている。こうした情勢を受けて、土-草-牛の高い次元でのバランスを実現化する技術開発が求められており、特に、自給飼料生産の拡大と増産を推進し得る技術の開発が強く求められている。

我が国で生産されている粗飼料は、牧草類、長大型作物、飼料用イネ・ムギ等に大きく分けられる。この中で栄養価と収量のいずれもが高いのが長大型作物の飼料用トウモロコシであり、単位面積当たりで得られるTDN（可消化養分総量）が、イネ科牧草を主体とした混播牧草の2.3倍にも達する^{1,2)}ことから、国土の限られる我が国にとっては、重要な飼料作物として認識されている。また、たい肥の施用量の上限値が牧草等に比較して高い^{3,4)}ため、資源循環型酪農実現の鍵を握るとの評価も高い。

しかしながら、その収穫調製作業の労働負荷が高いことが一因となり、作付面積は年々減少の一途をたどっている。

本研究は、粗飼料生産の中核として高く評価されている飼料用トウモロコシの収穫調製作業の省力化及び高品質なサイレージ生産の実現化を目的とした。本研究は、農林水産省草地試験場（現、(独)農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）畜産草地研究所）からの委託を受けて平成8年度から取り組みを開始し、基礎技術を確立した。その後、平成13年度からは生物系特定産業技術研究推進機構（現、農研機構生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター））の21世紀型農業機械等緊急開発事業で農機メーカーとともに実用化を目指した開発に取り組んだ。この中で行なった全国10箇所での実証試験においては、開発機の性能評価、作業体系の実用性の実証などについて取り組んだ。

本論文の構成は次の通りである。第1章は、本研究の背景と目的について、第2章は、既往の研究成果等を参考に細断した長大型作物の梱包技術を検討し、予備試験を行い、その妥当性を検証した結果について述べた。第3章は、細断型ロールベアラの試作1号機及び対応ベールラップの開発と改良、細断型ロールベアラと対応ベールラップによる収穫調製作業体系の検討について述べた。第4章は、ベアラ及びラップの実用機の開発・改良及び開発機のトウモロコシ以外の飼料作物への適用も含めた実証試験について述べ、第5章で全体を総括した。

研究期間中、農業機械学会及び日本草地学会の年次大会に研究の進捗を発表し、これらをまとめて、農業機械学会誌に3報^{5,6,42)}、日本草地学会誌に2報^{7,43)}の論文を投稿した。なお、平成14年度に「細断型ロールベアラによる長大型作物の省力的収穫調製技術の開発研究」とし

て日本草地学会研究奨励賞を受賞した。また、研究成果情報として平成10年度に細断材料のロールベール化技術が確立した試作1号機について「長大型作物細断収穫用ロールベアラ（技術・研究）」⁸⁾が取り上げられた。平成14年度には、細断型ロールベアラとの組み合わせにより作業員2名で収穫から密封までの作業を可能とすることをねらいとし、崩れやすい細断ロールベールを拾い上げて密封することが可能な「細断ロールベール対応型ベールラップ（技術・普及）」⁹⁾が取り上げられた。さらに、平成15年度には、実用化を見据えて細断型ロールベアラの性能向上と機能拡大を図った「細断型ロールベアラ（普及）」¹⁰⁾が取り上げられた。本研究で開発した細断型ロールベアラ及びベールラップは、平成16年の春から市販が開始された。

細断型ロールベアラの開発については、行政からも高い評価を得ている。農林水産省では食料・農業・農村基本法に基づく基本計画を達成するため、農業の主な分野において行政、試験研究機関、普及組織、関係団体、民間企業等が一体となって取り組む重要な技術をキーテクノロジーとして位置づけている。細断型ロールベアラは、平成13～16年度の畜産分野における3つのキーテクノロジーのうちの一つとして取り上げられた。さらに、平成16年度からは、自給飼料増産のための各種助成事業において、細断型ロールベアラが対象機種として取り上げられるに至った。

さらに、平成19年2月には、畜産大賞の研究開発部門において最優秀賞を受賞した。

第1章 研究の背景と目的

1.1 酪農経営の現状

1.1.1 飼養管理面の現状

酪農家の主たる従事者1日当たりの平均労働時間は、北海道で8.1時間、都府県で6.9時間であり、これが飼料作物の収穫時期などの繁忙期になると北海道で12時間、

都府県で10時間にも達する¹¹⁾。搾乳牛1頭当たりの飼養管理時間を見ると、搾乳及び牛乳処理に要する時間が最も多い割合を占め、北海道で約50%、都府県で約45%にもなる。搾乳牛1頭当たりの飼養管理作業に要する労働時間は、バケットミルクカー、パイプラインミルクカー、ミ

ルキングパーラー等の技術の普及によって減少し、近年ではほぼ横ばい状態となっているが、昭和50年に比較すると平成14年では北海道、都府県ともに半減している(図1-2、1-3)。その一方で、緒言にも述べたように飼養頭数が約6倍にも増加していることから、1日の飼養管理作業に要する労働時間は、逆に約3倍にも増加している。作業人数の限られる家族経営で多頭化を図ってきた結果、一頭一頭きめ細かく管理する時間的余裕がなくなり、作業をこなすので精一杯という状況に追い込まれていると判断される。そういった状況下では、乳牛の疾病や発情の兆候を見逃すといった、直接収益に関わる支障を来すことが危惧される。

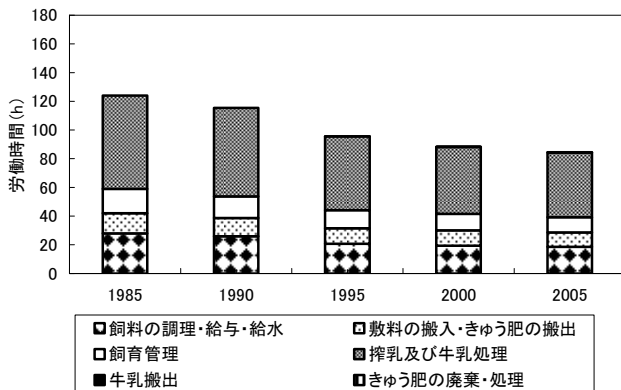


図1-2 搾乳牛1頭当たりの飼養管理労働時間の推移 (北海道)

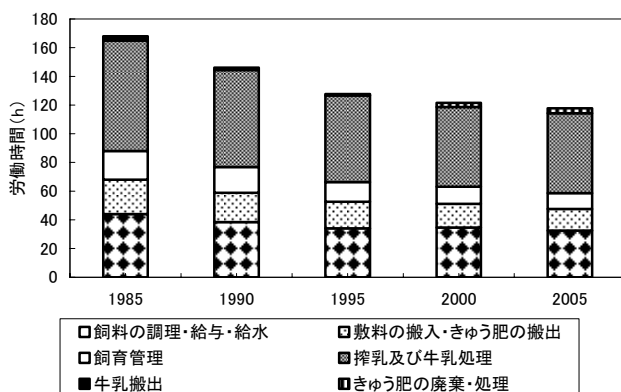


図1-3 搾乳牛1頭当たりの飼養管理労働時間の推移 (都府県)

飼養管理作業に忙殺されている状況にあっては、飼料生産やふん尿処理にまで手が回らない状況にあることは容易に想像がつく。飼料生産については項を改めて後述することとし、ここではふん尿処理の現状について触れることとする。社団法人中央酪農会議が平成13年に行

った調査によると、都府県の酪農家の約30%が、「ふん尿を経営内で処理しきれない」と回答している。経営内で処理できないふん尿は、周囲の耕種農家に有償あるいは稲わらとの交換、さらには無償で提供されているが、相手先への運搬(32%)、圃場への散布作業までも請け負う(16%)ことで成立しているケースもある。また、それでもなお処理し切れていないと回答した酪農家が約7%あったと報告している¹³⁾。

ここで成牛1頭当たりの飼料作物作付面積を見てみると、北海道で0.5ha以上で推移しているのに対し、東北で0.2~0.3ha、その他の地域では0.05~0.1ha前後と少ない(図1-4)。飼料作物への硝酸態窒素の集積等の影響を及ぼさないためのたい肥等の施用限度と、乳牛から発生するふん尿の量を考慮すると、1頭当たりに必要な圃場面積は、志賀らの試算¹⁴⁾によると、約0.5haとなる。従って、北海道以外の地域では、これを下回っていることから、経営内での処理が不可能となるケースが多いものと推測され、先の調査結果はこれを裏付けている。一方、ヨーロッパでは、ふん尿の環境への影響を考慮し、圃場面積に基づいて飼養頭数を制限しており、これも1頭当たり約0.5haとしている¹⁵⁾。我が国の酪農は、資源循環の環が断ち切れ、不自然な形で肥大化してきたと言え、このままの状態では、将来にわたって持続的に経営することが困難になるものと危惧される。こういった状況を背景として平成16年11月から、家畜排泄物処理法が施行されることになり、ふん尿はこれまで多く見られてきたようないわゆる野積みが許されなくなった。多くの農家が新たなたい肥舎の建設などの対応に迫られ、労力と経済的な面で難問に突き当たっている様子を新聞報道等で目にする機会が多い。経営的にできるだけ余分なコストをかけずに、資源循環に基づいた持続的な経営を目指すためには、飼養規模を飼料作物面積あるいは周囲の耕種農家のたい肥の需要量とバランスさせることが重要なポイントとなる。こういった面からも、自給飼料の積極的な拡大は重要であり、たい肥施用量の上限値が高く、しかも収量及び栄養価が高い青刈りトウモロコシの作付け推進が必要となっている。

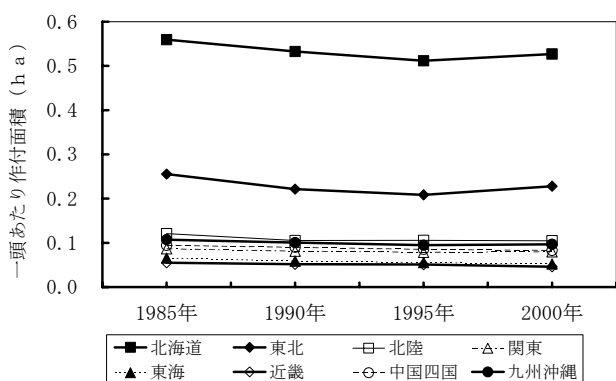


図1-4 成牛1頭当たりの作付面積の推移
(世界農業センサス経営部門別農家統計報告書より作図)

1.1.2 粗飼料の役割

乳牛は草を主食とする反芻動物である。乳牛が乳生産を行う上ではルーメン（第一胃）内に生息する微生物の働きが重要な役割を果たす。牛が摂取した飼料はルーメン内で微生物の作用による発酵を受け、その過程で糖類、でんぷん、繊維などの炭水化物が最終的に酢酸、プロピオン酸、酪酸などのVFA（揮発性脂肪酸）に分解され、第一胃壁から牛のエネルギー源として吸収される。この時、牛が最大のエネルギーを摂取するためには、ルーメン内微生物が正常に機能する必要がある、そのためには飼料中に14~16%の粗繊維が必要であると考えられている。ルーメン内でVFAが生成されるとpHが低下するが、pHが一定値を下回るとルーメン内微生物の活性が低下する。しかし、繊維質があれば反芻行動が喚起され、アルカリ性である唾液がルーメン内に流入することによって、ルーメン内のpHを微生物の活動に適した状態に保つことができる。もちろん、繊維質が分解されることによってエネルギーが生成されていることは言うまでもない。高泌乳化が進んだ現在では、消化速度の速い濃厚飼料を多給するケースが多いが、一回の給与量が一定量を超えると、濃厚飼料の物性上、VFAへの分解速度が速く、反芻が喚起されないことからルーメン内のpHが低下しすぎて、微生物の活動が低下し、かえってエネルギー摂取量の低下を生じ、消化不良や飼料摂取量の低減をきたすルーメンアシドーシスと言う障害が生じる¹⁶⁾。こういった障害が生じると乳量の低下や繁殖障害をもたらし、様々な疾病へと繋がる恐れがある。高泌乳牛においても、牛

体の健康を維持し、安定的な乳量を確保するためには、粗飼料は不可欠である。要するに、繊維質の供給源である粗飼料は牛体の維持と乳生産能力の維持のうえで非常に重要な存在であるといえる。

1.1.3 粗飼料生産の現状と問題

飼料作物の作付面積は、昭和62年の105.4万haをピークに漸減傾向にあり、平成14年は93.4万haとなっている(図1-5)。このうち牧草については、平成5年のピーク時に比較して約4%の減少であるが、トウモロコシでは、平成元年の12.6万haに比べて9.1万haと、実に約25%減の3.5万haも減少した(図1-6)^{17,18)}。酪農家1戸当たりで見ると、北海道では着実な増加傾向を示しており、2000年では約45haに達しているものの、それ以外の地域では6ha以下に過ぎず、ほとんど横ばい状態で推移している(図1-7)。一方、購入粗飼料の推移を見ると、特に輸入乾草が価格の低下に伴って、輸入量が増加している傾向が明らかである¹⁹⁾(図1-8)。

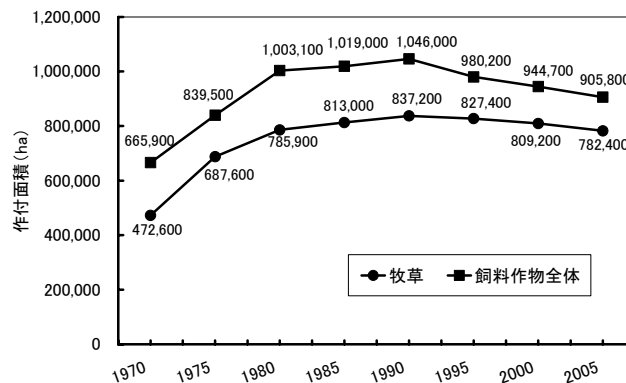


図1-5 飼料作物作付面積の推移
(農林水産省生産局飼料作物関係資料より作図)

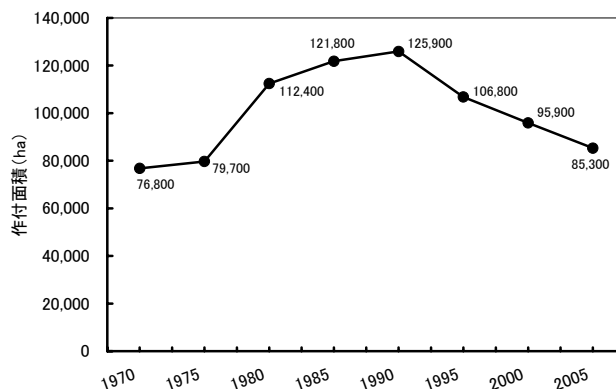


図1-6 飼料用トウモロコシ作付面積の推移
(農林水産省生産局飼料作物関係資料より作図)

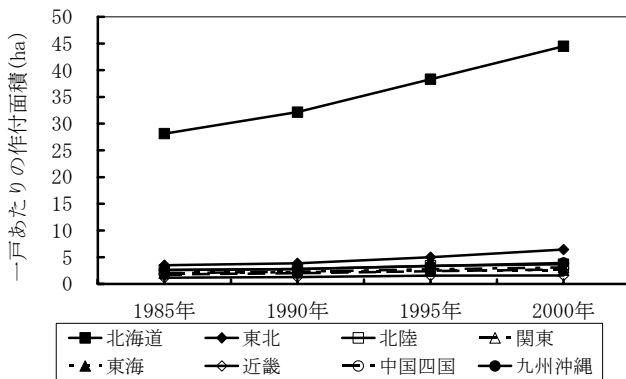


図 1-7 酪農家 1 戸当たりの作付面積の推移

(世界農林業センサス経営部門別農家統計報告書から作図)

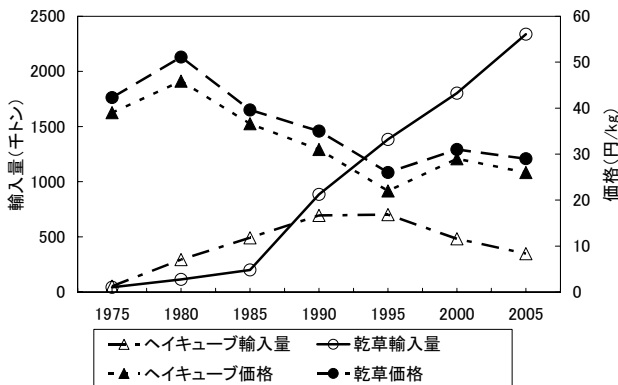


図 1-8 購入粗飼料の価格と輸入量の推移

(飼料作物関係資料より作図)

飼養管理作業にかかる労働時間の増加によって、粗飼料生産にまで手が回らない経営にとって、購入飼料は便利な存在である。輸入粗飼料は安価で品質が一定であると言われ、しかも電話一本で庭先まで配達してくれるという利便性が影響して需要が増加した。その一方、飼料作物の作付けは減少したものと推察される。前出の社団法人中央酪農会議が行った平成 11 年度の調査によれば、飼料作付けを拡大しない理由として都府県で最も多かったのが「労働力・労働時間に余裕がないから」(約 40%)であった²⁰⁾。購入飼料に依存した経営には、飼料価格が安い状態ではコストの削減が図れる、飼料生産用地の制約がない、飼養規模の拡大が容易、家畜管理に集中できる、といったメリットがある反面、海外から病原菌などの潜入の危険性がある、雑草種子の潜入の可能性があり、飼料の不消化成分が土地等に蓄積する危険がある、生産地の地力が消耗する、輸送用石油の消費が地球温暖化に

繋がるといったデメリットもある²¹⁾。また、購入飼料の価格は、生産地の豊作・不作に強く影響を受けて変動するため、これにより経営に占める粗飼料コストも大きく影響を受けることになる。しかも、近年では世界的な気候の変化が著しく、生産状況は不安定な状況にある。このような背景の下では、購入飼料に依存した経営は潜在的な不安材料を抱えることとなり、持続的に経営を行うにはリスクが高いと判断せざるを得ない。

粗飼料生産にかかる手間を省きながらも、飼料基盤に立脚した経営を目指す酪農家ももちろん存在する。その方法の一つが放牧であろう。草地管理が適切に行なわれること、冬場の餌が確保できること等が前提となるが、放牧期間中の粗飼料の収穫調製作業やふん尿処理作業が不要となるうえに、傾斜地でも有効に利用できる利点がある。近年では中山間地等での水田放牧が注目を集めており、農林水産省の「飼料増産推進計画」にも今後推進すべき技術として位置づけられている²²⁾。元来、牛は天然のハーベスタでありマニユアスプレッダである。しかし、飼養頭数とのバランスを保ち得るだけの圃場面積が必要であることは、その他の飼養形態と同様であり、また、効率的な経営を成立させるためには、放牧草地在畜舎付近に集中している必要がある²³⁾。平成 8 年度の酪農全国基礎調査によると、全国の酪農家の 48%が放牧を実施していないと回答している。このことから、放牧が選択肢の一つとしてはあり得ても、全国標準的な経営形態となるのは難しい。

もう一つの方法は、粗飼料生産を外部委託する方法である。粗飼料生産をはじめとする農作業を請け負うコントラクターは、近年急速に増加しており、平成 5 年に全国でわずか 47 法人に過ぎなかったのが、平成 16 年には 400 法人に達している(平成 18 年生産局畜産部畜産振興課調べ)。このうち 146 法人が北海道であり、残り 254 法人のうち九州が半数近くを占めている。コントラクターを利用する農家戸数及び受託面積もおおよそ右肩上がり推移しており、平成 16 年には約 1.9 万戸の農家が利用し、受託面積は約 8.9 万 ha となっている(図 1-9)。

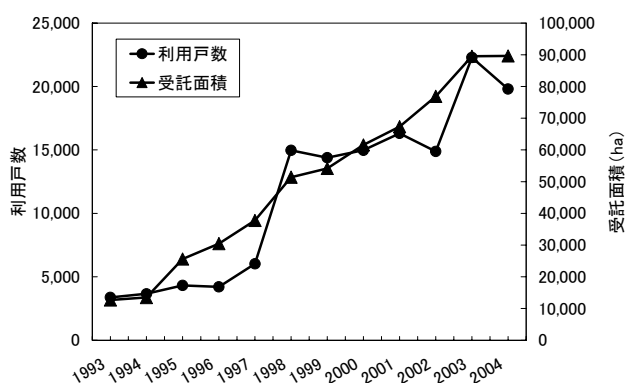


図 1-9 コントラクタの利用戸数と受託面積の推移
(平成 16 年生産局畜産部畜産振興課調べより作図)

粗飼料生産の外部委託化は政策でも推進されているが、北海道及び九州以外の都府県での法人数は伸び悩んでいる。これは、圃場一筆当たりの面積が小さく、しかも分散していることにより、作業が非効率的にならざるを得ず、負担面積の拡大による利益の確保が困難であるケースが多いためと推測される。行政面でもコントラクタの一層の推進を図るためには、圃場を団地化するなどの基盤整備が必要であるとの認識に立ち、その推進に取り組んでいる²⁴⁾。また、購入飼料依存型経営の多い地域では、粗飼料生産そのものが縮小しており、外部委託するまでもない状態であり、委託農家が少ないためにコントラクタの普及が滞り、コントラクタが身近にないために飼料の自給も振興されにくいという悪循環にあるものと推測される。

その一方で、生研センターが平成 14 年に全国の酪農家 3,800 戸に行ったアンケート調査 (回答数 686、回収率 18%)²⁵⁾ では、今後の飼料作への意向についての問いに対して、最も多かった回答は「今後も自分で良質な粗飼料を作りたい」であり、北海道で 49%、都府県では 62% であった。このように飼料の自給について一定の理解が得られているにもかかわらず、粗飼料自給率の減少傾向が続く背景には、飼養管理に多忙を極めるが故に飼料作に手が回らないという原因の他に、飼料作の作業面での問題も存在することが挙げられる。飼料作に要する労働時間のうち、最も多くを占めるのが収穫調製作業で、約 50% に及ぶ。特に、都府県においては、北海道の約 3 倍もの時間を要し²⁶⁾、圃場の一区画が小さく、分散していることによる作業効率の悪さを物語っている。コントラ

クタへ委託するにせよ、家族経営で飼料作を行うにせよ、粗飼料の自給を推進するためには、まず作業面の問題を解決する必要がある。

1.2 本研究の目的

代表的な飼料作物であるトウモロコシの収穫・調製方法は、フォレンジハーベスタによる収穫・細断、フォレンジワゴンやダンプトラックによる荷受けとサイロまでの往復運搬、サイロでの材料の詰め込み・鎮圧及び密封、というのが一般的である。細断されたトウモロコシは好气的条件下に晒され続けると、短時間で変敗してしまうため、収穫からサイロ詰めまでの作業は一気に行う必要がある。この一連の作業を短時間に効率良く行うには 5~6 名が必要とされる。サイロ詰めでは、均平・鎮圧またはビニールシート等による密封を人手による作業で行うことがほとんどである。この作業は真夏の炎天下で行われることも多く、大変な労働負荷となっている。また、特に都府県においては、これまで家族経営の酪農家数戸が共同作業を行ってきたが、近年では、離農者の増加等によって人手不足が深刻化しており、組作業の成立が困難になっている。こうした問題点が原因の一つとなって、トウモロコシの作付けは年々減少の一途をたどっている²⁸⁾。

一方、飼料作の中でも牧草生産については、昭和 40 年代後半からロールペーラの導入が始まり、昭和 50 年代後半には小区画圃場に対応した小型ロールペーラが開発された。さらに昭和 60 年代に入るとベールラップが開発・導入されたことにより、固定式サイロを必要とせず、それまでのハーベスタを中心としたサイレージ生産作業体系に比べ、少ない人数でも能率的に収穫調製作業を行うことが可能となった。こうしたメリットによりロールペーラ・ベールラップ体系は家族経営を中心に広く普及した²⁷⁾。また、収穫から密封調製までが完全に機械化され、サイロ詰めの人作業を不要とした点も普及の大きな要因として挙げられる。このロールペーラ作業体系がトウモロコシの収穫・調製作業にも利用することができないか、との要望がかねてから寄せられていた。しかし、トウモロコシでは、高品質なサイレージ調製のために 1cm 前後に細断する必要がある上に、牧草のように材料同士が絡みつくことによってロールペーラの成形性を保つ効

果が期待できなかったことから、その実現は技術的に困難と考えられていた。

緒言でも述べたように、トウモロコシは単位面積当たり得られるTDNが牧草の約2.3倍と非常に優れた飼料作物であることから、飼料自給率を向上させる上で非常に重要な鍵を握っている。トウモロコシの収穫調製作業を省力化することにより、その作付けを促進し、良質粗飼料の増産に資することは、我が国の酪農経営を資源循環に根ざした形態に再構築する上で欠かせない。そこで、本研究は、トウモロコシの省力的で高能率かつ高品質なサイレージ生産が可能な収穫・調製作業体系を確立するために、細断したトウモロコシを少ないロスで高密度なロールベールに成形することが可能なロールベアラ（以下、細断型ロールベアラ）と、これに対応したベアラ

（以下、対応ベアラ）を開発することを目的とする。

なお、開発機の主な対象となるユーザーは、中小規模・分散圃場が多い都府県の平均的な飼養規模を中心とする家族経営とした。具体的な数値としては、我が国の成牛の半数以上、酪農家の47%を占める30～79頭規模を対象とすることとした²⁸⁾。開発機の負担すべき面積は、飼養規模30～79頭の都府県の酪農家の半数以上を占める3～10ha規模を対象とした²⁹⁾。

注) トウモロコシの作付面積が減少した原因としては、この他に獣害によるもの、天候不順（特に北海道）や台風被害³⁰⁾によるもの等が挙げられている。

第2章 長大型飼料作物の梱包技術の開発

2.1 序言

本研究の目的は、効率的に行うには従来、5～6名を必要とし、人手による作業を伴う飼料用トウモロコシの刈り取りからサイロ詰めまでの作業を省力化することにある。そのためには、牧草収穫調製作業に多く用いられているロールベアラ・ベアラ体系のように作業員2名で能率的に行え、人手による作業から解放し得る作業機を開発することが有効であると考えられた。しかし、細断されたトウモロコシをロールベール成形することは困難であるといわれてきた。この章では、トウモロコシなどの長大型作物の収穫調製法に関する既往の研究成果を調査し、開発機で用いるべきロールベール成形方式の開発について述べる。その妥当性を検証するため、定置型の試験装置を試作し、牧草を用いた予備試験を行い、細断型ロールベアラの試作に向けて必要な項目を抽出し、整理する。

2.2 長大型作物の収穫調製法に関する既往の研究成果

トウモロコシをロールベールに成形するには、二つの方式が考えられる。その一つは、細断しないで収穫する方法で、立毛したトウモロコシをモア等で刈り倒し、

圃場で予乾した後に拾い上げて梱包する、あるいは、数10cm程度に切断して、拾い上げる方法³¹⁾が考えられる。しかし、茎部が固く、折り曲げられにくいために材料同士に隙間が生じて高い梱包密度が望めないこと、土砂が混入する恐れがあること、等の難点がある。また、折れた茎によってラップフィルムが破れる恐れがある上に、給飼前に改めて細断する必要もある。

もう一つの細断して収穫する方法では、切断長を1cm前後に短くすると梱包密度が高くなるため、良好なサイレージの発酵品質が期待できる³²⁾。一方、細断されたトウモロコシは牧草のように互いに絡み付いてロールベールの成形性を保つという作用は期待できないことから、どのようにして成形性を保つかがロールベール化の重要なキーとなる。鳥取県畜産試験場では、細断したトウモロコシをフレコンバッグに詰めてラップフィルムで密封する技術を開発しており、収穫・調製ロスが少なく、開封後も数日は変敗しない良好なサイレージ調製に成功している。これは、フォレージハーベスタからワゴンに荷受した細断トウモロコシをブロワのダンプボックスに荷降ろしし、ブロワでフレコンバッグに吹き込み、人力作業で踏圧した後にベアラで密封するという作業体系を構成している。既存の機械だけで作業体系を構築で

きる反面、多くの機械と作業が必要となり、人力作業も伴うため、作業工程の簡素化と省人化が問題点として指摘されている³³⁾。

四国農業試験場（現、農研機構近畿中国四国農業研究センター）では、小規模農家を対象として、成形室の呼び直径が50cmのミニロールベアラによるトウモロコシの収穫技術の開発に成功した。しかし、トウモロコシの切断長が3cm程度になるとトワインがけによる結束では成形性の維持が困難になり、ロールベアラ放出時の衝撃による崩れも合わせたロス合計がおよそ10%程度に達したと報告している³⁴⁾。この機械はその後、ロス低減のために施設型機械となり、トワインがけ直前に稲わらを供給する方式を採り、ロスを3%台にまで抑えることに成功している³⁵⁾が、設置場所及び稲わらの確保が課題とされている。

本研究では、少ないロスでのロールベアラ成形に困難が伴うものと予想されたが、高品質なサイレージ生産を実現するため、1cm前後に細断したトウモロコシを高密度に梱包する方法を検討することとした。

2.3 成形室構造の検討と予備試験

2.3.1 成形室構造の検討

ロールベアラの成形室構造は、成形室にそれぞれが駆動されるローラを配したローラ式（図2-1）と、成

形室の円周上を周回する2本のチェーンとタイトバーと呼ばれるパイプから構成されるバーチェーン式がある（図2-2）。バーチェーンの代わりにベルトを用いたタイプもある。また、これら固定径式の他に成形室の直径を変えることができる可変径式がある。可変径式はバーチェーン式あるいはベルト式がもっぱら採用されている。1cm前後に細断したトウモロコシのロールベアラ成形を考慮した場合、可変径式は牧草と同様に成形室内の材料が少ない段階から梱包密度を保つことができ、成形時に生じるロスを低く抑えることが期待できる。しかし、構造が複雑であり、機体が大型化するという欠点がある。固定径式のうち、ローラ式の場合、ローラとローラの間隙から材料がこぼれることが予想された。もう一方のバーチェーン式は、そのままではローラ式同様、タイトバー間の隙間から材料がこぼれてしまうが、タイトバー間の隙間を塞ぐ工夫を施せば、材料がこぼれるのを防ぐことが期待できた。前述の四国農業試験場が開発したミニロールベアラでは、バーチェーン式ロールベアラのタイトバーの両側面にヒレを取り付け、タイトバー間の隙間を塞ぐ方式が採られていた。

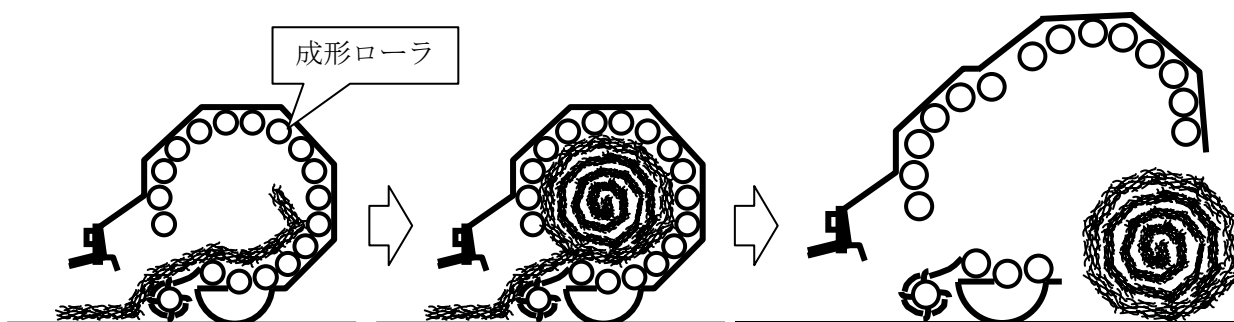


図2-1 ローラ式ロールベアラの概要

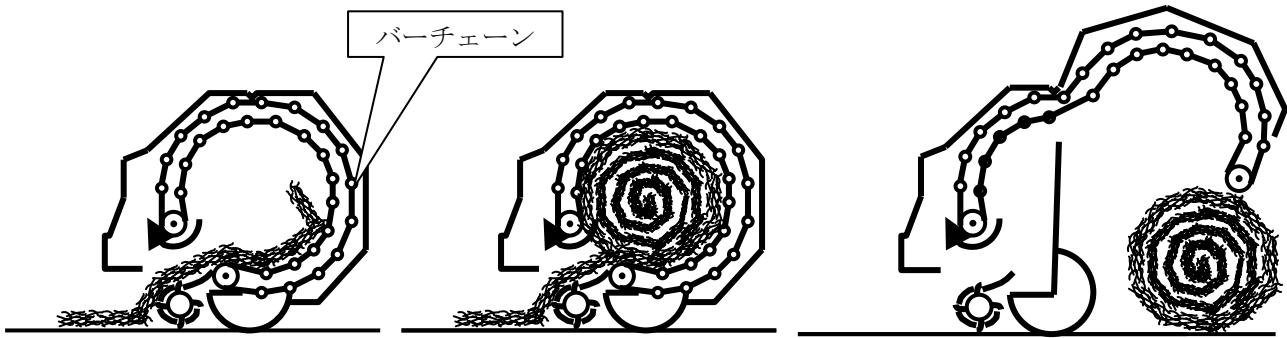


図 2-2 バーチェーン式ロールベアラの概要

以上の知見等を踏まえ、構造が比較的単純で細断材料のこぼれ防止対策の効果が期待できると思われるバーチェーン式ロールベアラの成形室をベースに梱包方法を検討することとした。本研究では、タイトバーにベルトを編むようにして組み合わせることにより、タイトバーの間から細断材料がこぼれることを防ぐ構造を考案した(図 2-3)。試作に入る前にまず、この方式による成形室構造の有効性を確認するために、成形室呼び直径 50cm の市販のミニロールベアラをベースにベルトを編み込む改造を施した定置型の試験装置を試作し、予備試験を行った。

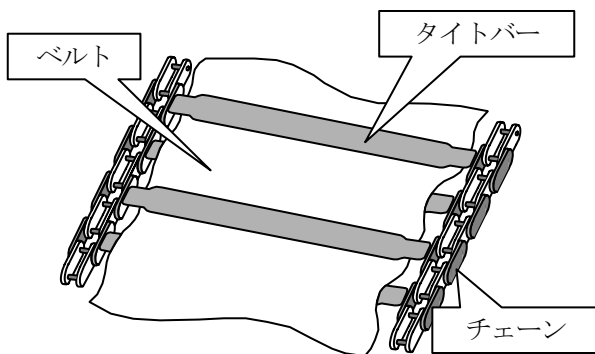


図 2-3 タイトバーにベルトを組み合わせた構造

2.3.2 定置型試験装置を用いた予備試験

1) 試験方法

定置型試験装置は、市販のバーチェーン式ミニロールベアラのタイトバーにベルトを組み合わせ、成形室への供給口が正面を向くように 25 度上方に傾けた状態でスタンドを介して定置するように改造を加え、トラクタ P T

O 軸を利用して駆動した。ロールベアラの結束方式はトワイン式(巻き付けピッチ 110mm)とした。供試材料は、いきなり細断したトウモロコシを使うのではなく、まず、サイレージ調製用に切断した牧草を用いて試験装置の様子を見ることとした。試験は、オーチャードグラスを主体とした混播牧草を跳ね出し式カッタで切断した材料を成形室供給口から人手によって供給してロールベアラ成形を行った(図 2-4)。この時のベルトの有無による成形時のロス之差、切断長が梱包密度に及ぼす影響を調査した。切断長は、中位値が 15.7cm、7.1cm、3.5cm の 3 通りとし、材料草の含水率は 42~46%、試験時の P T O 軸回転数は 400rpm とした。



図 2-4 定置型試験装置による試験風景

なお、ロスは以下のように定義する。

a) 成形時ロス

材料の供給を開始してから、トワインがけ(紐かけ)を終了するまでにベアラからこぼれ落ちたもの。ただし、

供給時に供給口からこぼれたものは含まない。全てのロスとロールペールの質量の和との割合で示す。

b) 梱包ロス

トワインがけ終了後、ペーラのリヤチャンバを開けて放出するとき生じるロス。コンクリート床面（ペーラ成形室下面から90cm）に落下した時に生じる崩れも含む。全てのロスとロールペールの質量の和との割合で示す。

c) 全ロス

成形時ロスと梱包ロスを加えたもの。

2) 試験結果

ベルト装着の有無による切断長と成形時ロスの関係を図2-5に示す。

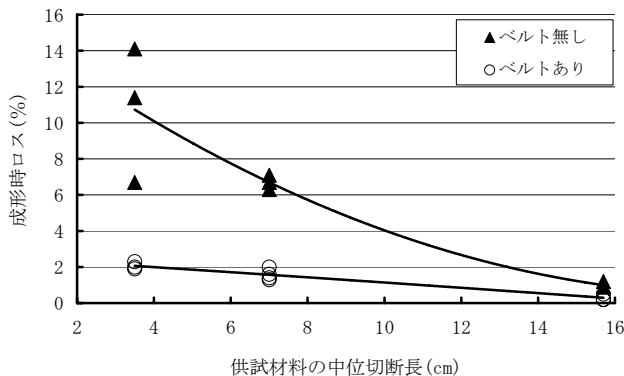


図 2-5 切断長と成形時ロス

ベルトなしの場合は、材料の切断長が短くなるに連れて成形時ロスが増加し、切断長 3.5cm の時には 6.7~14% に達したのに対して、ベルトを取り付けることにより、切断長 3.5cm の時でも 2%程度に抑えることができた。ベルトありの場合でも切断長が短くなると成形時ロスが増える傾向が見られたが、成形室底部にカバーを設けるなどの対策を施すことにより成形時ロスを低減できるものと判断できた。

ベルト装着の有無による、切断長と梱包ロスの関係を図2-6に示す。材料切断長と成形時ロスとの関係とは逆に、ベルトを取り付けた場合の方がベルトなしの場合よりも梱包ロスが多い結果となり、切断長3.5cmの時には、成形時ロスの約2倍の約4%となった。これは、ベルトなしの場合は、トワイン結束が終わるまでに梱包ロスにつながる材料はほとんど成形室からこぼれ落ち、成形時ロ

スとなったのに対し、ベルト有りの場合は、ペールを放出するまでは成形室内に留まったものの、結束方法がトワインがけ（巻き付けピッチ110cm）であったため、トワインで梱包しきれなかった材料がペール放出時にこぼれ、あるいはペールの落下時にペールから崩れ落ちたためである。ロールペールの結束方法には、トワイン方式のほかにネットによる結束方式がある。ネットは面で材料を抑えて結束することができ、細断材料のこぼれを抑制することが期待できる。宮崎ら³⁴⁾も梱包ロスを低減するにはネットによる結束方式が望ましいと言及している。この当時はミニロールペーラ用の幅50cmのネットが流通していなかったため、中型ロールペーラをベースにした次の試作機からネットを用いた結束方法を採用することとした。

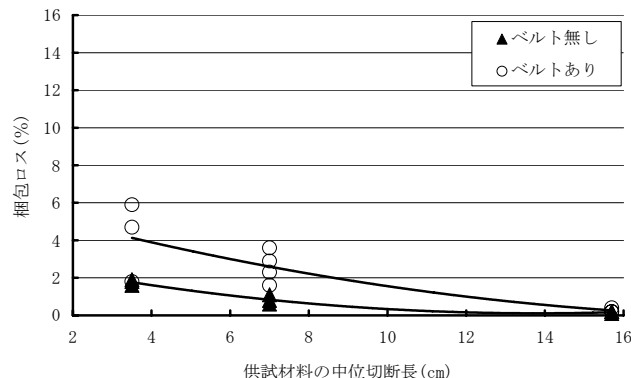


図 2-6 切断長と梱包ロスの関係

切断長とロールペールの乾物密度の関係を図2-7に示す。切断長が15.7cmから7.1cmにかけては、乾物密度の増加はほとんど見られなかったが、7.1cmから3.5cmにかけて急激に高くなる傾向を示し、切断長3.5cmの時に乾物密度は90~120kg/m³となった。玉城ら³⁷⁾は、切断した牧草をフォレージワゴンに吹き込んで切断長と密度の関係を調査したところ、切断長が短くなるほど密度及びその増加率は上昇することを確認している。また、亀井ら³⁸⁾は、乾燥稲わらを圧縮した条件でも、切断長が5cm以下になると急激に密度が高くなることを報告している。これらのことから、材料切断長が1cm前後になるとさらに梱包密度が高くなり、ロールペールの質量も大きくなるものと推測された。ベルト装着の有無で密度を比較すると、切断長7.1cm以上では両者に差が見られなかったが、切断長3.5cmでは、ベルト装着有りの方が高い梱包

密度を示した。ベルトを取り付け、成形時ロスを低減させることにより、一層、梱包密度が増すことが明らかになった。

以上、予備試験を通して、タイトバーとベルトを組み合わせた方式の有効性が確認されるとともに、成形時ロスの低減化及びネットによる結束方式の採用などの対策を講じる必要性が示唆された。

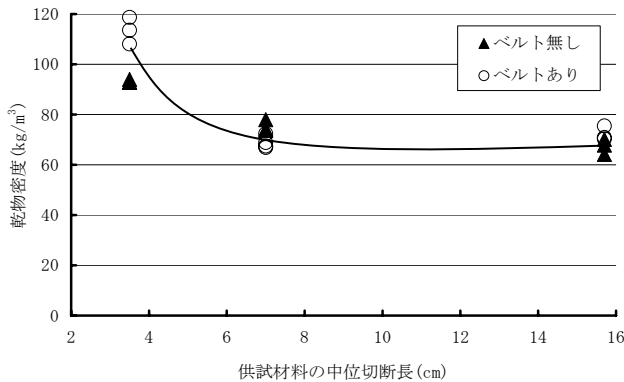


図 2-7 切断長と乾物密度の関係

2.4 摘要

飼料用トウモロコシに対応可能な細断型ロールベアラの開発に先立ち、長大型作物の収穫調製技術に関する既往の研究成果を参考とし、高品質なサイレージ調製が期待でき、ロスの少ないロールベアラ成形方法を検討した。

高品質なサイレージを調製するためには、材料を 1cm 前後に切断することが必要であり、こうした細かい材料をこぼさずにロールベアラ成形するため、タイトバーとベルトを組み合わせたバーチェーン方式の成形室構造を考案した。この成形室構造の妥当性を検証するため、ベアラ直径 50cm のミニロールベアラを改造した定置型試験装置を用い、中位切断長が 3.5cm、7.1cm、15.7cm の牧草を供試して予備試験を行った。その結果、タイトバーにベルトを組み合わせることにより、成形室からの材料のこぼれを低減することが可能であることが明らかとなった。材料の切断長が短くなると成形中に生じるロスが若干増えたが、成形室下面にカバーを設ける等の対策を講じることにより、低減できるものと判断された。また、ロールベアラをトワインによって結束する方法では、材料の切断長が短くなるほどにロールベアラ放出時のロスが増加することが明らかになったため、ネットによる結束方法を試行することとした。

ロールベアラの密度は、材料の切断長が 15.7cm から 7.1cm に変わった時よりも 7.1cm から 3.5cm に変わった時の方が急激に上がる傾向が見られ、他の研究成果でも同様の傾向が報告されていることから、1cm 前後に細断した材料によるロールベアラの密度は、従来の無切断のロールベアラよりも格段に高密度になるものと推測された。

第 3 章 試作ベアラ及び試作ラッパの開発

3.1 序言

第 2 章では細断材料を少ないロスで高密度梱包できる成形方法への見通しを得た。しかし、供試材料が牧草であり、また、直径 50cm のミニロールベアラを用いての予備試験での結果であったことから、開発目的に沿ったスペックを有する試作機を開発し、その機能と性能を確認する必要がある。そこで、想定されるユーザーの飼養規模に見合った大きさのロールベアラを成形可能な細断型ロールベアラの試作機 (以下、試作ベアラ) を開発する。また、作業者 2 名による高能率な作業体系を実現するためのベアララッパの試作機 (以下、試作ラッパ) を開発

する。そして、両試作機をトウモロコシの収穫調製作業に供試し、性能を把握するとともに、改良すべき点を抽出する。さらに、試作ベアラ及び試作ラッパを組み合わせ、トウモロコシの収穫調製作業を連続して行い、作業能率を把握するとともに、より高いレベルで円滑な作業を行うために改良すべき課題を抽出する。

3.2 試作ベアラの開発

既往の研究成果及び予備試験結果に基づいて、試作ベアラを開発した。まず、ロールベアラのサイズについて検討した。開発機の対象は、家族経営が中心である飼養

規模 30～79 頭の中規模農家であり、一頭あたりの一日の給与量を 10kg とすると、一戸あたりでは一日 300～790kg が必要となる。この量を 1～2 個のロールベアラで供給するためには、ロールベアラのサイズを直径 90cm、幅 90cm 程度とするのが妥当である。青刈りトウモロコシの含水率は、収穫適期と言われる黄熟期で 70～75%程度と、牧草サイレージの場合（50～60%程度）に比べて高水分になり、質量が大きくなるため、直径 1m、幅 1m あるいは直径 1.2m、幅 1.2m 等の大型サイズになると、都府県の中規模農家にとってはロールベアラのハンドリングが困難になる。また、直径 50cm のミニロールベアラとすれば、給与量の面では小規模農家も対象になり得るが、質量が 50～60kg になる³⁵⁾ため、人手によるハンドリングは困難となり、新たにハンドリング用機械を開発・導入する必要が生じる。さらに、10a あたりに作り出されるロールベアラは、90～100 個にもなるため、ハンドリングに手間がかかる。従って、まずは直径 90cm、幅 90cm の中型ロールベアラをベースに開発を進めた。

ネット式結束装置を組み込んだ試作 1 号機のプロット図を図 3-1 に示す。

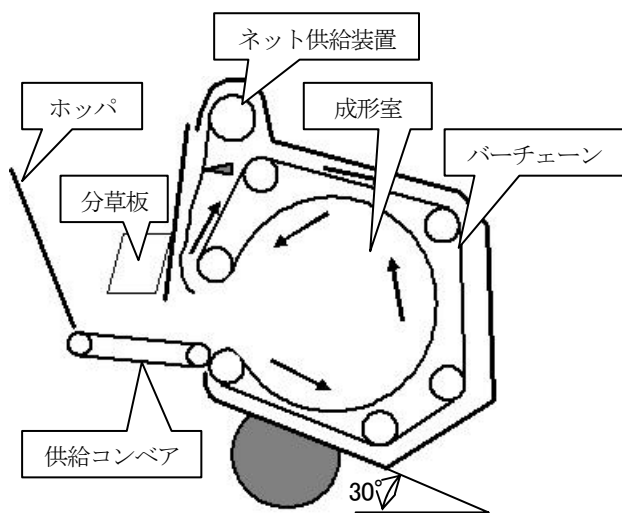


図 3-1 試作ベアラの概念

成形室の前方にフォレンジハーベスタから吹き込まれる材料を受けるためのホッパを配した。ホッパの内部には、吹き込まれた材料を成形室に均等に供給するための分草板を設けた（図 3-2）。材料の成形室への供給は、ホッパの底部に配したコンベアで搬送する方式とし、ピッ

クアップ装置は取り外した。従来のロールベアラでは、ピックアップ装置で牧草を拾い上げるため、成形室入口が水平に対して約 30 度下方を向いている。牧草の場合は、互いに絡みつくことによって塊状になりやすく、成形室内部での材料塊の回転が維持される。これにより、ピックアップ装置で拾い上げられる材料がさらに成形室内へ引きずり込まれるよう作用し、満量まで材料供給が可能となる。しかし、1cm 前後に細断されたトウモロコシの場合、特に成形室内密度が低い成形初期においては、材料が互いに絡みつかないために塊状にはならない。そのため、成形室入口が下方を向いていると、一定量が成形室内に供給された時点から材料が供給口から排出されるようになり、以降の材料供給ができずに成形室入口付近で材料が滞留する現象が生じた。そこで、本試作機では、一度供給された材料が供給口から排出されるのを防ぐため、供給口が正面を向くようにベアラ本体を後方へ 30 度傾けた状態とした。成形室は、予備試験機と同様にタイトバーにベルトを編むようにして組み合わせて構成し、下面を全面的にカバーで覆った。

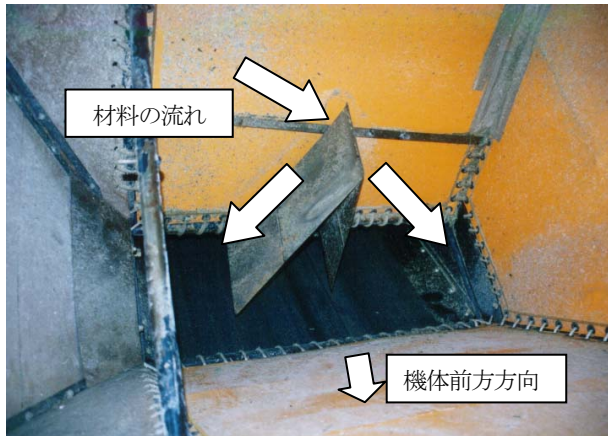


図 3-2 ホッパ内に設けられた分草板と材料の流れ

ロールベアラの幅よりも広い 1.2m 幅のネットを用いて、ロールベアラの円周端部を包み込み、ロールベアラの成形性を維持しながら、梱包ロス及び放出時の落下衝撃によるロスを低減した。牧草用のロールベアラで使われる場合は、ネットの巻き数は 2 回程度であるが、本試作機の場合は巻き数を 4 回とした。これは、巻き数を増やして結束力を高めることにより、ベアラの放出後もベアラの膨張を防ぎ、成形室内での梱包密度を維持するためで

ある。なお、3回巻き以下では放出後のロールベールの形状維持ができなかった。

試作ベアラは、トラクタにフォレージハーベスタをオフセット装着し、その後方に試作ベアラをけん引して作業し(図3-3)、作業員1名で収穫とロールベール成形が可能である。ホッパに吹き込まれた材料は、ホッパ内部の分草板によって左右方向に振り分けられ、コンベアで成形室に供給される。成形室内が材料で満たされると、開閉扉を兼ねる成形室後半部分(リアチャンバ)が開こうとする圧力をセンサが感知し、ブザー音を発するとともに、ネット式結束装置を駆動する。この時、トラクタは作業を停止し、材料の供給を中断する。ネットを4回巻いた後、リアチャンバを開いてロールベールを放出する。リアチャンバの開閉はトラクタの外部油圧取り出しを使用した。また、リアチャンバが成形室満量付近で開こうとする圧力を利用して、成形室左右の圧力バランスを表示するインジケータを機体前部に取り付けた。収穫作業は、このインジケータを見ながら、フォレージハーベスタのシュート位置を調整して行うこととした。試作ベアラの外観を図3-4に、主要諸元を表3-1に記す。

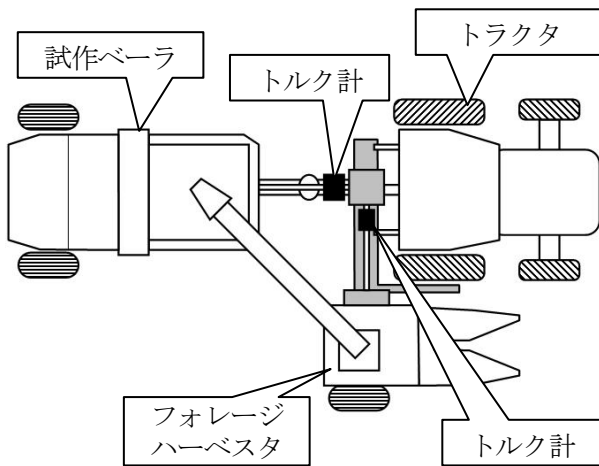


図3-3 試作ベアラの作業時のレイアウト

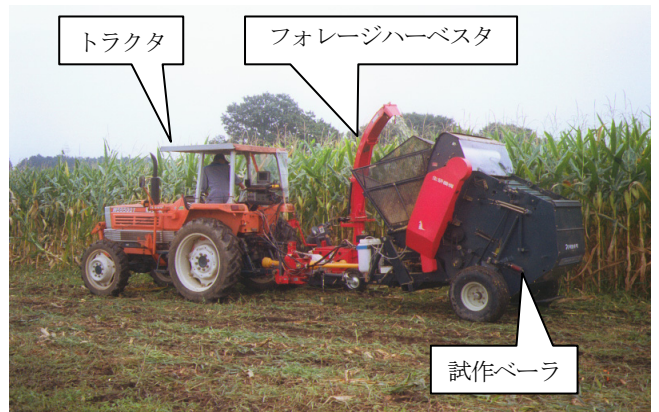


図3-4 試作ベアラの外観

表3-1 試作ベアラの主要諸元

全長(mm)	3,555
全高(mm)	2,335
全幅(mm)	1,475
全質量 ¹⁾ (kg)	1,020
ホッパ容量(m ³)	0.9

1) 結束用ネットを含む

3.3 試作ベアラの収穫試験

3.3.1 収穫試験方法

試作ベアラの性能を把握するため、トウモロコシとイタリアンライグラスの収穫作業に供試した。イタリアンライグラスは、ディスクモアで刈り倒した後に転・集草して収穫した。調査項目は、所要動力、梱包ロス、出来上がったロールベール(以下、細断ベールという)の質量及び乾物密度とした。供試トラクタは44kWの四輪駆動、供試した市販フォレージハーベスタはユニット型で、トウモロコシ収穫では1条ロックロップアタッチメント、イタリアンライグラス収穫では拾い上げ幅90cmのピックアップ装置を装着した。いずれも設定切断長は12mmとした。所要動力は、供試ハーベスタと試作ベアラのPIT軸にそれぞれ回転計付きトルク計を取り付け、作業速度を0.1、0.2、0.3、0.5、0.6、0.7、1.1m/sの7通りに変えて測定した。なお、ハーベスタの所要動力は、安定した作業速度で刈取作業を連続して行っている区間のデータの平均値とした。試作ベアラの成形室満量時の所要動力は、成形室満量時付近に1m走行した区間のデータを平

均して求め、全所要動力はハーベスタ所要動力と試作ベアラの所要動力の和とした。梱包ロス、圃場に敷いたビニールシート上で細断ベアラを放出することにより収集し、細断ベアラの質量を含めた全質量に対する割合として求めた。成形時ロス、観察するにとどめた。供試したトウモロコシの品種は「セシリア」、収穫時の含水率は65～74%、平均草丈は288cm、作物列1mあたりの平均乾物収量は1.2kgであった。イタリアンライグラスの品種は「はるかぜ」で、平均草丈121cm、集草列の含水率は45～66%、平均集草列乾物量は1.5kg/mであった。イタリアンライグラス収穫試験では、成形室呼び直径90cm、幅90cmの市販のバーチェーン式中型ロールベアラ（無切断）でも収穫し（供試トラクタは試作ベアラと同じ）、満量時所要動力及びロールベアラの質量や密度を比較した。

細断ベアラは、市販のターンテーブル式ベアララップで密封調製した。細断ベアラは、通常のロールベアラのように胴の部分を持持すると端面から崩れてしまうため、滑り止めの突起を設けた鉄板を取り付けたベアラグラブでベアラ両端面を持持して、ベアララップに積載した（図3-5、以下、この方法による作業をベアラグラブ方式と呼ぶ）。調査した細断ベアラの個数は、トウモロコシで20個、イタリアングラスで6個、市販ロールベアラで作ったベアラは6個であった。



図3-5 ベアラグラブ方式による密封作業

3.3.2 収穫試験結果

1) 試作ベアラの動作状況

試作ベアラのトウモロコシ収穫作業風景を図3-6に示す。ハーベスタから吹き込まれる材料をホッパ内の分草板に当てることにより、材料が左右に振り分けられ、そ

の結果、作られた細断ベアラは左右の直径がほぼ同じである良好な形状に成形することができた（図3-7）。この分草板をはずした状態で作業を行うと、進行方向右側に位置するハーベスタから吹き込まれる材料はホッパの左側に集中し、細断ベアラの形状は、材料供給量の少なかった側の直径が小さく、この部分の崩れが多くなった（図3-8）。このことから、分草板が効果を発揮していることが確認できた。また、良好な形状の細断ベアラを作るために、満量を知らせるブザーが鳴るまでは、ホッパ内の分草板に材料を当てるようにハーベスタのシュート位置をこまめに調節した。ブザーが鳴った時点では、作業速度を若干落とす、成形室の圧力を示すインジケータを見ながら、ハーベスタのシュートを左右に振り、成形室の左右両端に材料を供給してから、ネット結束を行うよう心がけた。良好な形状の細断ベアラでは、ネットの端部がロールベアラの円周端部に回り込んでおり、放出時の落下衝撃に対しても大きく崩れることがなかった。ネット供給も滞りなく安定して行うことができた。



図3-6 試作ベアラのトウモロコシ収穫作業風景



図3-7 試作ベアラから放出された細断ベアラ



図3-8 材料供給の偏りによる成形不良の細断バール

細断バールを数個作ったところで、バーチェーンとそのレールの隙間に材料が詰まり、バーチェーンがレールから浮いた状態になった(図3-9)。この状態で作業を続けると駆動負荷がかかり、バーチェーンの切断にも繋がると判断されたため、左右のバーチェーンのそれぞれ一ヶ所ずつに、材料を掻き出すための突起(スクレーパ)をチェーンプレート側面に取り付けた。その結果、この部分への材料の詰まりは解消され、スクレーパが機能していることが確認された。

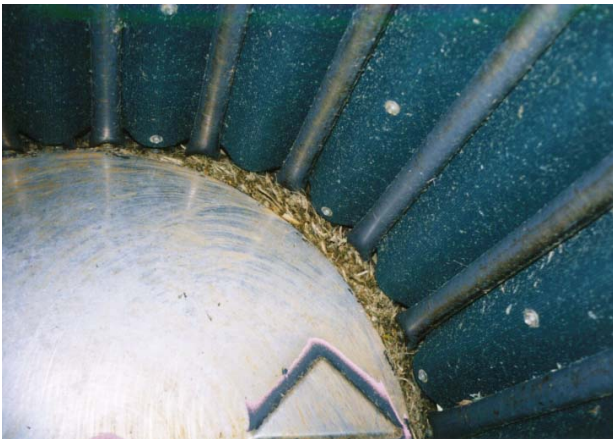


図3-9 バーチェーンとレールに材料が詰まった状態

イタリアンライグラス収穫においても、トウモロコシ収穫作業と同様に良好な形状の細断バールを作ることができた。試作バールは、ユニット型フォレージハーベスタを用いることによって、長大型作物と牧草の両方に対応することができることが確認できた。

2) 所要動力測定結果

トウモロコシの倒伏が激しかったため、作業速度0.7m/sまでの測定に止まったが、倒伏のない個所では1.1m/sでの作業も可能であった。試作バールの所要動力は、成形室の材料が増加するに連れて上昇し、満量時に最大となった。満量時所要動力は作業速度の違いによらず、約16kW前後で一定であった。ハーベスタの所要動力は、作業速度の増加に対してほぼ直線的に増加し、作業速度0.7m/sの時で17kWとなり、全所要動力は32kWとなった(図3-10)。また、この時の毎時乾物処理量は3.0t/hであった。

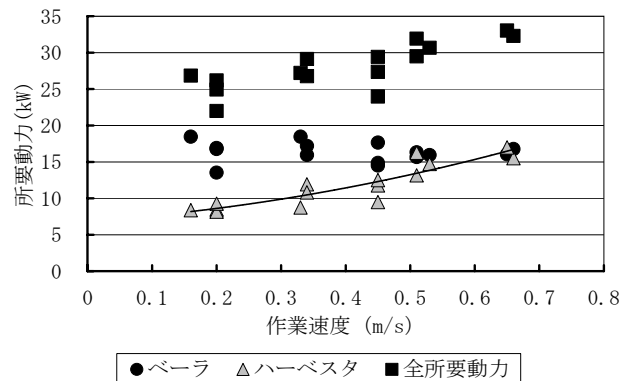


図3-10 トウモロコシ収穫時の所要動力

イタリアンライグラス収穫では、試作バールの満量時所要動力は15.9kWであり、トウモロコシ収穫時とほぼ同等であったが、作業速度は0.3m/sまでに限られた。この時のハーベスタの所要動力は16.0kWであり、これは、作業速度0.7m/sでトウモロコシを収穫した時の所要動力に相当した。また、毎時乾物処理量は1.5t/hであった。予乾牧草の収穫では、トウモロコシ収穫時の同等の所要動力の場合に比較して作業速度及び毎時処理量が抑えられた理由として、予乾した材料草は切断抵抗が高く、切断に要する動力をより多く必要とする³⁹⁾のに対し、供試したハーベスタが市販機の中では最小クラスのもので処理能力が小さいためである。

なお、市販ロールバールの所要動力は、作業速度1.5m/sの時で11.0kW、毎時乾物処理量は6.1t/hであった。

3) ロス測定結果及び細断バールの質量と密度

トウモロコシ収穫作業中の観察により、成形室からこぼれる細断物はほとんどないことが確認できたため、成

形時ロスの測定は行うに及ばないと判断した。トウモロコシ収穫時の梱包ロス率は0.8~2.9%で平均1.6%であった。含水率と梱包ロス率の関係には相関性は見られなかった(図3-11)。細断材料はタイトバーとカバーの間隙にある程度溜まるが、タイトバーによって成形室内へ掻き出される作用も働いているものと思われ、一定量以上には溜まらなかった。また、細断ベールを2個作った時点でカバー内に溜まった材料は約1%であり、特に問題となる量ではないと判断した。

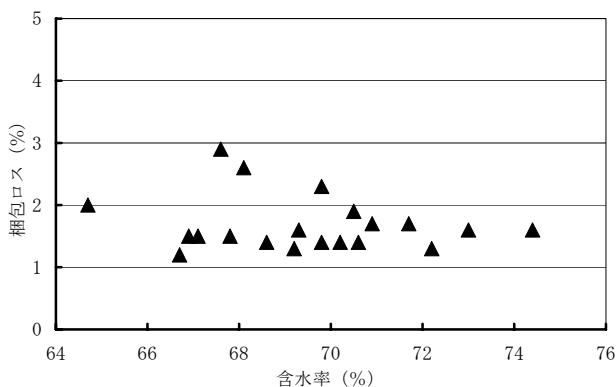


図3-11 材料含水率と梱包ロス率の関係

トウモロコシ収穫時の細断ベールの質量は379~468kgで平均422kgであった。これは同じサイズの牧草ロールベールの2倍以上に相当する。湿潤密度は574~733kg/m³で平均656kg/m³、乾物密度は177~236kg/m³で平均208kg/m³であった。これは、垂直式サイロにトウモロコシサイレージを5~6m堆積した時の底部の密度に匹敵し⁴⁰⁾、高品質なサイレージ発酵が期待された。細断ベールの乾物密度は、含水率が低くなるほど高まる傾向が $r^2=0.52$ と若干見られた(図3-12)。

なお、含水率80%の材料を用いて行った別の試験では、細断ベールの質量が500kg近くにも達することがあった。

ベール質量と満量時所要動力、ベール乾物密度と満量時所要動力の間には、いずれも相関性は見られなかった(図3-13、14)。また、細断ベールの密度は作業速度によらず、一定であった(図3-15)。これは、成形室の満量間際に圧力インジケータで成形室内圧力の左右バランスを見ながら、フォレージハーベスタからの吹き込み位置を調整したためである。

なお、トウモロコシ収穫試験中に細断材料を詰め込み過ぎたことによる過負荷運転を数度繰り返した結果、バ

ーチェーンが切断することがあった。細断ベールが、細断型ベアラのベース機が対象とするロールベールの2倍以上の質量に達することからも、今後の実用化を視野に入れた取組みでは、機体強度の向上について検討する必要がある。

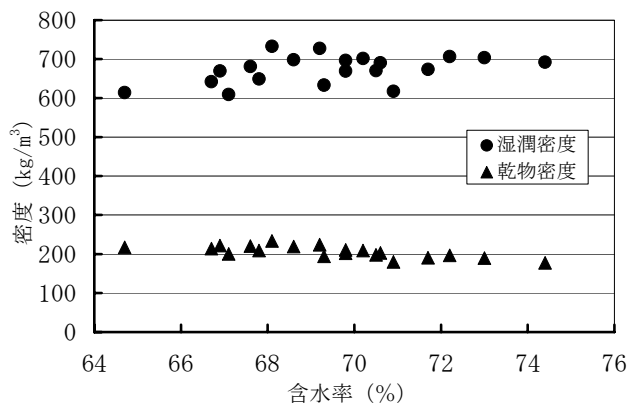


図3-12 材料含水率と密度の関係

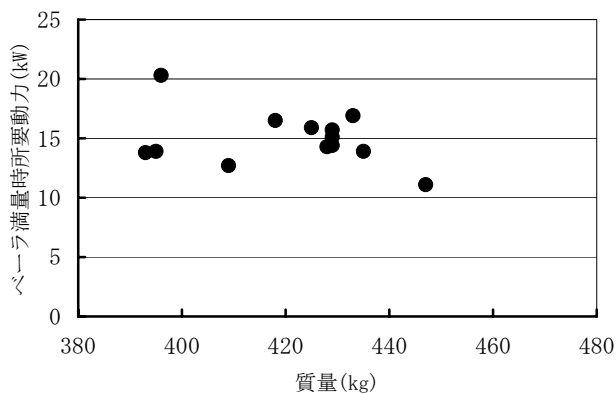


図3-13 ベール質量とベアラ満量時所要動力の関係

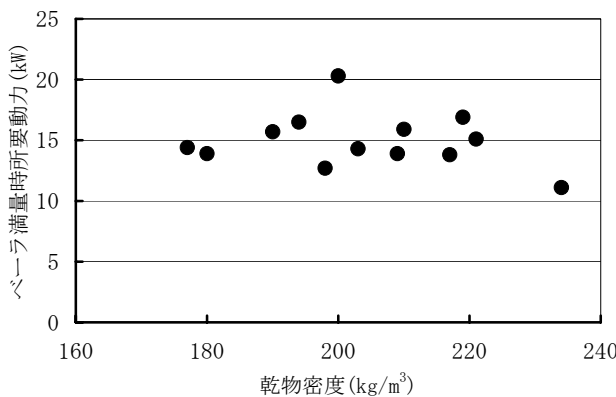


図3-14 ベール乾物密度とベアラ満量時所要動力の関係

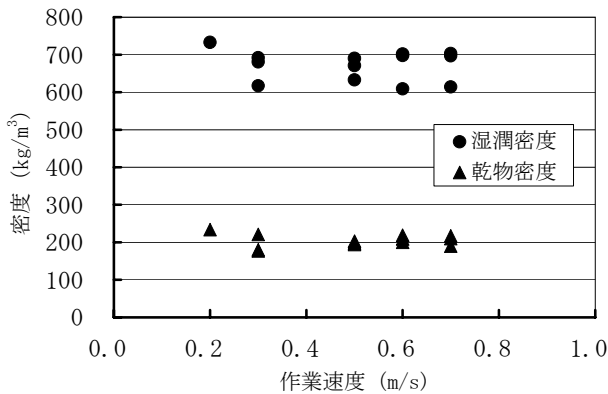


図3-15 作業速度と密度の関係

イタリアンライグラス収穫時の梱包ロス率は平均1.1%、細断ベールの平均質量は296kg、平均乾物密度は175kg/m³であった。これに対して、市販のロールベールで作ったロールベールの平均質量は155kg、平均乾物密度は104kg/m³であり、細断ベールは従来の無切断ロールベールの1.7倍の質量及び乾物密度を有することが明らかになった。

3.4 試作ラッパの開発と試験

3.4.1 試作ラッパの開発目的

試作ベールの収穫試験では、滑り止めの突起を設けた鉄板を取り付けたベールグラブで細断ベールの両端面を把持し、市販ターンテーブル式ベールラッパに積載して密封調製作業を行ったが、この方法ではトラクタが3台必要となる。ベールラッパが細断ベールに対応できれば、一層の省人化と作業の効率化が可能となることから、細断ベールを崩さずに速やかに積載し、密封できる自載式のベールラッパを開発することとした。

3.4.2 試作ラッパの開発

試作ラッパは、ダンプ式のターンテーブルとロールベールの胴の部分を押えるアッパーアームによりロールベールを拾い上げる機能を有するトラクタ半直装式ベールラッパをベースにしたもので、細断ベールの両端面を挟持する押さえ枠を取り付けたサイドアームを加えた。サイドアームは、最も崩れやすい細断ベールの両端面を把持することによって、この部分からの崩れを防ぐとともに、細断ベールを確実に把持し、速やかにターンテーブ

ル上に積載する役割を果たす。ターンテーブルの両端に配置されている、ロールベールを端面の円周方向に回転させるための2本のローラには、細断ベールが自重によって変形して2本のローラの上に沈み込み、円周方向に回転しなくなるのを防ぎ、確実に回転させるためのベルトがかけられている。機体各部の駆動は、トラクタのPTO軸で機体に装備した油圧パッケージ (PTO軸回転数540rpmの時の吐出油量11.2L/min) に動力を供給して行う。試作ラッパが適応するベールの直径は、85cm~1mである。

試作ラッパの主要諸元を表3-2に示す。

表3-2 試作ラッパの主要諸元

全長 ¹⁾ (mm)	1,770
全幅 ¹⁾ (mm)	1,640
全高 ¹⁾ (mm)	1,750
全質量 ²⁾ (kg)	530

1) 格納状態での値

2) 動力伝達軸とラップフィルムを除いた状態

試作ラッパの作業手順は、作業手元のコントロールボックスで以下のように行う。

- 1) サイドアームを左右に開き、アッパーアームを上方に持ち上げた状態でターンテーブルを90°後方へダンプし、トラクタを後進させてベールに接近する (図3-16a)。
- 2) 細断ベールがターンテーブルに接触したところでアッパーアームを下げ、サイドアームを閉じて細断ベールを把持する (図3-16b)。
- 3) ターンテーブルを元の状態に戻して積載が完了する (図3-16c)。
- 4) アーム部を持ち上げて密封作業を行う (図3-16d)。
- 5) 密封終了後、アッパーアームのみで細断ベールを押え、ターンテーブルをダンプする (図3-16e)。
- 6) 細断ベールが接地した後、アッパーアームを開き、ターンテーブルを引き起こしてトラクタを前進させる (図3-16f)。

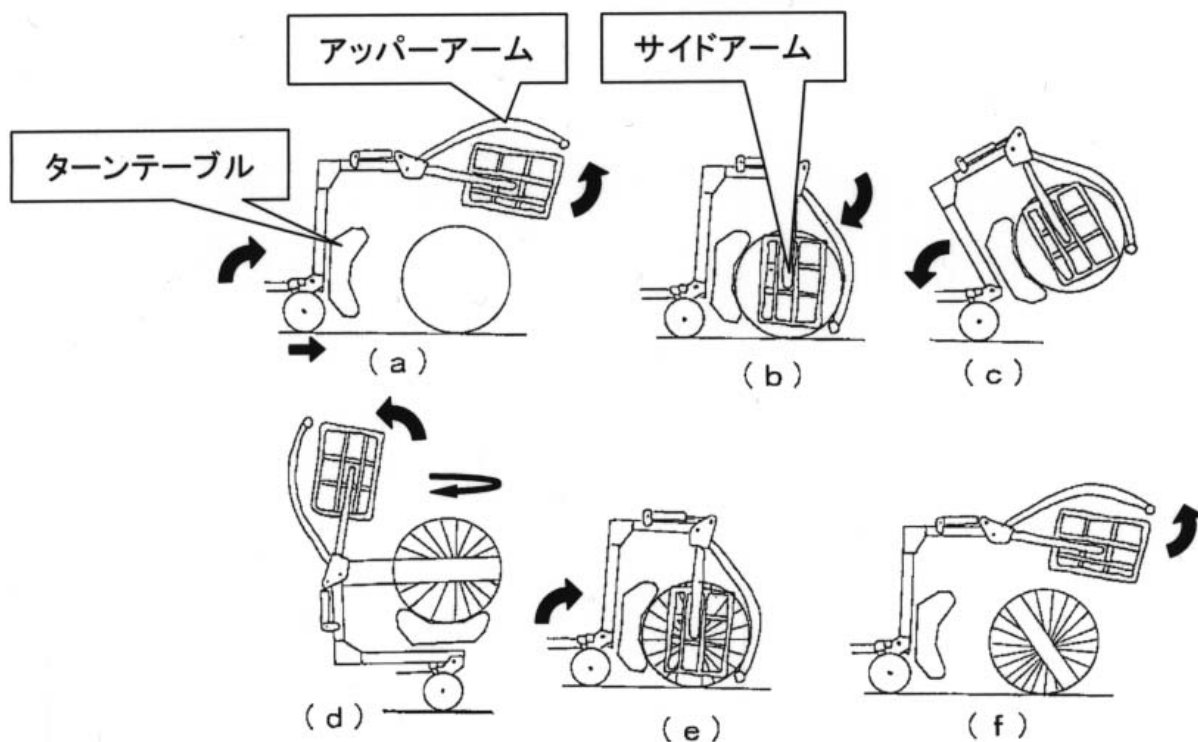


図3-16 試作ラップの作業手順

3.4.3 密封試験方法

22kW 四輪駆動トラクタの後部三点リンクヒッチに試作ラップを装着し、トモコロシの細断ベールを供試して、拾い上げ・密封作業を行い、作業性の確認を行った。また、細断ベールの積載から密封作業が終了するまでに生じるロス（以下、密封ロス）や所要動力を測定した。密封ロスは、圃場に敷いたシート上で細断ベールの拾い上げと密封作業を行った後、ビニールシート上にこぼれ落ちた材料の質量を測定し、細断ベールの質量を含めた全質量とロスの割合から求めた。また、試作ベアラの試験で行ったベールグラブ方式でも作業を行い、密封ロスを比較した。試作ラップによる作業に供試した細断ベールの個数は22個、平均質量は419kg、平均含水率は69%であった。ベールグラブ方式で供試した細断ベールの個数は14個、平均質量が428kg、平均含水率が66%であった。

所要動力は、PTO軸回転数から換算した油圧パッケージの吐出油量と油圧回路に取り付けた圧力センサから測定した圧力値から求めた。所要動力測定で供試した細断ベ

ールの個数は15個、平均質量は423kg、平均含水率は71%であった。

全ての試験においてラップフィルムの巻き数は、3回6層で行った。

3.4.4 密封試験結果

試作ラップによる作業は、サイドアーム部の押さえ枠が十分な機能を発揮して細断ベールを円滑に拾い上げることが確認された。試作ラップの作業風景を図3-17に示す。

また、ベールグラブ方式もおおむね順調な作業であったが、滑り止め板付きベールグラブで細断ベールを把持する際とベールラップのターンテーブルに積載する際に、滑り止め板で細断ベールの両端面を削ることがあった。図3-18に材料含水率と密封ロスの関係を示す。試作ラップによる作業もベールグラブ方式による作業も密封ロスの平均値はそれぞれ0.3%、0.6%と低い値であったが、試作ラップでの値が0.2~0.7%であるのに対して、ベールグラブ方式では、0.1~1.6%と広くばらついており、両者には危険率5%水準で有意差があった。ベールグラ

ブ方式では、発生するロスオペレータの操作に対する習熟度に影響を受けたが、試作ラッパによる作業では、オペレータの習熟度に関係なく安定して作業を行うことができた。

なお、材料含水率と密封ロスの相関性はなかった。



図3-17 試作ラッパの作業風景

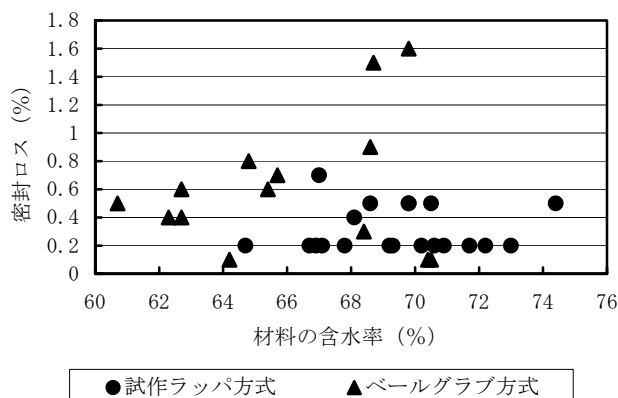


図3-18 材料含水率と密封ロスの関係

試作ラッパの所要動力は、ベール拾い上げの時で1.6kW、密封作業時では0.7kWと極めて低動力であり、小型トラクタでも动力的には十分に作業可能である。なお、試作ラッパは、装備されているキャストを接地して作業するため、細断ベールの質量が450kgを超える大きなものであっても、供試トラクタの前輪が浮くことはなく、安定した作業が可能であることが確認されたが、供試した22kWの小型トラクタよりもさらに小さいトラクタを使用する場合には、トラクタ前部に付加重錘を装着する等の

対応が必要になる。

なお、試作ラッパは、ロールベールの直径が85~100cmであれば、従来のロールベールで作られた牧草ロールベールにも利用可能であった。

3.5 試作ベアラ及び試作ラッパによる作業能率試験

3.5.1 試験方法

試作ベアラと試作ラッパの組み合わせによる作業の有効性を確認するとともに、改良点を抽出するため、トウモロコシの収穫・調製作業に供試し、作業能率の測定を行った。作業は、試作ベアラが収穫・ロールベール成形を行うと同時に、試作ラッパが細断ベールを拾い上げて密封し、圃場の1点に設けた荷下ろし位置まで移動する方法で行った。この時のそれぞれの作業能率を測定した。正味圃場面積は約25a(84m×31m)で、枕地処理終了後の収穫調製作業を想定し、圃場周辺には、長辺から外側に3m、短辺から外側に5mの枕地を設定し、試作ベアラは、この枕地からはみ出さないように圃場外周から回り刈り作業を行った。また、密封後のラップサイロの荷下ろし場所は、圃場長辺方向のほぼ中央、長辺から約7m離れた場所1箇所に設定した。試作ラッパは、放出された細断ベールを拾い上げ、その場で密封してから荷下ろし場所に移動してラップサイロを荷下ろしした。供試圃場の概要を図3-19に示す。

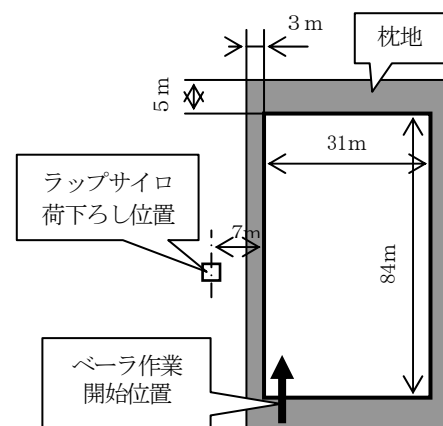


図3-19 作業能率試験の供試圃場概要

試作ベアラによる収穫作業の測定項目は、総作業時間、刈取時間、ベール結束及び放出に要する時間(ネットの

繰り出しを開始してから、ベールを放出してリアチャンバが閉じるまで)、空走時間(ベール放出後にチャンバを閉じてから刈り取りを再開するまでの時間、及び刈り取りを中断あるいは終了して旋回あるいは圃場内を移動する時間)、そして燃料消費量とした。総作業時間は、作業開始から全刈取行程終了後に作業開始位置に戻るまでの所要時間とした。試作ラップによる作業の測定項目は、総作業時間、ベール積み込み時間、ベール荷下ろし時間、密封時間、待機及び移動時間、燃料消費量とした。総作業時間は、試作ベアラが作業を開始してから、試作ラップが最後のラップサイロを荷下ろしするまでの作業時間とした。

試作ベアラに用いたトラクタは44kWの四輪駆動で、供試したフォレンジハーベスタは、1条刈り(シリンダ直径460mm、シリンダ幅205mm、6枚刃)であり、設定切断長を12mmとした。試作ラップに供試したトラクタは22kWの四輪駆動で、ラップフィルムの巻き数は3回6層とした。

供試したトウモロコシの品種は「ナスホマレ」で、平均草丈337cm、刈り高さ付近の平均莖径は長径方向で2.7cm、短径方向で2.2cm、条間は75cm、株間は20cm、10aあたりの乾物収量は2.0t、平均含水率は70%であった。

3.5.2 試験結果

作業能率試験では、試作ベアラ、試作ラップともに順調に作業を行えることが確認された。能率試験中の試作ベアラの作業速度は0.6~0.7m/sであり、作った細断ベールは29個であった。

測定の結果、試作ベアラの総作業時間は2時間37分58秒で、刈取時間は全体の58.1%、結束とベール放出に要する時間は10.8%、空走時間は31.1%であった。ベール1個を作るのに要する平均時間は5分32秒で、その内訳は、刈取時間が3分16秒、結束と放出に要する時間が35秒、空走時間が1分41秒であった。作業効率は54.5%、作業能率は9.3a/h、燃料消費量は6.3L/hであった。各作業における作業時間の内訳を表3-3に示す。

なお、試験中に形状が不安定な細断ベールが成形されることがあった。

試作ラップの総作業時間は、2時間37分59秒で、試作ベアラとほぼ同じであった。このうち、移動・待機時間

が約半分を占めたが、大部分が移動に要する時間であり、待機時間は、試作ベアラが作業を開始してから最初の細断ベールを放出するまでの間だけであった。各作業における作業時間の内訳を表3-4に示す。ベール1個当たりの平均作業時間は5分26秒で、内訳は、積み込み時間が34秒、密封時間が1分33秒、荷下ろし時間が25秒、移動・待機時間が2分54秒で、この時の燃料消費量は1.3L/hであった。

表3-3 試作ベアラの作業時間の内訳

刈取時間の合計	結束+放出時間の合計	空走時間の合計	全作業時間
1時間31分51秒 (58.1%)	17分5秒 (10.8%)	49分2秒 (31.1%)	2時間37分58秒

表3-4 試作ラップの作業時間の内訳

積み込み時間の合計	密封時間の合計	荷下ろし時間の合計	移動・待機時間の合計	全作業時間
16分23秒 (10.4%)	45分15秒 (28.6%)	12分6秒 (7.7%)	1時間24分15秒 (53.3%)	2時間37分59秒

3.6 試作機及び作業体系の実用化に向けた課題

3.6.1 試作機に関する課題

作業能率試験の結果、試作ベアラと試作ラップの組み合わせによる作業の有効性が確認できたが、実用化レベルまで引き上げるためには、さらにベール成形の安定化と作業能率及び操作性の向上を図る必要があった。能率試験中に形状が不安定な細断ベールが作られることがあったが、これは、ハーベスタのシュートの吹き込み位置が試作ベアラの分草板からずれているのに気付かず作業を続行したためと、満量間際にシュートを左右に振って材料を成形室の左右にまんべんなく供給する操作を十分に行うことができなかったためである。いずれもオペレータがハーベスタの位置を作物列に合わせながらトラクタを運転する操作に集中し、他の操作にまで手が回らなかったためであった。オペレータの機械操作の負担を

軽減するためにも、誰が操作しても安定的に、しかも容易に良好な形状の細断ペールを成形できるよう改良を加える必要がある。試作ペーラの作業能率向上を図るには、処理能力の大きいハーベスタと高出力トラクタを使用するとともに、試作ペーラ自体に改良を加える必要がある。ここでは試作ペーラの改良点について述べる。試作ペーラは、ペールの結束及び放出のために収穫作業を中断する必要があるが、これを中断することなく連続して作業することができるようになれば、総作業時間の 10% を占めるペール結束・放出にかかる時間がなくなり、その分が刈取時間となることから、作業能率の向上を図ることが出来る。そのためには、ペールの結束と放出を行っている間、材料をホッパに一時貯留できる機能が必要となる。

また、前述で若干触れたように、材料含水率が 80% にもなると細断ペールの質量が 500kg 近くに達するようになり、小型トラクタ装着用のフロントローダでは、ハンドリングが困難になることが予想される。収穫適期は含水率 70~75% の黄熟期であるが、台風等の理由により、乳熟後期など高含水率で収穫せざるを得ない場合もあるため、細断ペールのサイズについても検討する必要がある。

試作ラップは、安定して作業を行うことが出来たが、試作ペーラの作業能率が向上した場合には、作業が追いつかなくなるため、密封時間あるいは移動・待機時間の短縮等、能率向上について検討を行う必要がある。密封時間を短縮するには、ラップフィルムを 2 本同時に使用して密封する方法がよい。また、ペール積み込み後に荷下ろし位置へ移動しながら密封作業を行っても、ターンテーブル上の細断ペールの姿勢が崩れるなどの影響はないと考えられるため、移動しながら密封作業を行って作業時間の短縮化を図る方法を検証する必要がある。

3.6.2 作業体系に関する課題

能率試験では、枕地処理後の作業を対象としたが、設定した 6.3a の枕地を人手による作業で処理するものとする、2 名の作業員で 1 時間以上かかるものと推定され⁴¹⁾、これを含めたトータルの作業能率は約 6a/h と推定される。人手による枕地処理は、労働負荷が大きく作業能率が低いことから、かねてから大きな問題とされている。

飼料生産現場では、2 条刈ハーベスタをトラクタの後部三点リンクヒッチに後ろ向きに装着して後進しながら収穫し、トラクタ前部のローダーバケットあるいはボンネットワゴンに細断材料を荷受けする方法（以下、リバース作業）をとることによって、人手による枕地処理を最小限に止めるケースが見られる。リバース作業では、1 台のトラクタで同時に試作ペーラをけん引することが出来ないため、ワンマン作業を行うことが出来ない。従って、もう 1 台トラクタが必要となるが、別のトラクタで試作ペーラをけん引することとし、ローダーバケットあるいはボンネットワゴンに貯留した材料を、ホッパを拡大するなどの改良を加えたペーラ試作機で荷受けする方法が考えられる。ワンマン作業以外にも、こうしたリバース作業にも適応させるなど、機能の拡大を図る必要がある。

試作ペーラの処理能力は、ハーベスタの処理能力とトラクタの機関出力に左右される。作業能率を向上させるためには、供試したハーベスタよりも処理能力の大きいハーベスタを用いる必要があると考えられる。ただし、第 3 章 3.2 で行った所要動力測定試験では、試作ペーラの所要動力は、作業速度によらずに約 16kW と一定であったのに対して、ハーベスタの所要動力は、作業速度が速まり毎時処理量が多くなるに連れて直線的に増加した。そのため、全所要動力は作業速度 0.7m/s の時に約 32kW に達したことから、処理能力の大きいハーベスタで高能率な作業を行うためには、供試した 44kW のトラクタよりも高出力のトラクタを用いる必要が認められた。もし、農家手持ちのトラクタの機関出力が 2 条刈ハーベスタと試作ペーラの両方を駆動するのに不十分である場合は、もう 1 台 22kW クラスのトラクタがあれば試作ペーラをけん引して、ハーベスタに伴走しての作業を行うことが可能と考えられる。その際、試作ペーラの場合では、ハーベスタのオペレータは、ハーベスタを作物列に合わせる操作に専念するとして、ペーラのオペレータは、常にホッパ内の分草板に材料が当たるような位置に車体を操作する必要があり、多忙を強いることになる。伴走作業を可能とするためには、オペレータに負担をかけない簡単な操作方法が必要である。

3.6.3 実用化に向けた課題のまとめ

試作ペーラ及び試作ラップに関して、実用化を図る上

で解決が必要な個別の課題、並びに両者を組み合わせた作業体系が実際の飼料生産現場に普及するための課題をまとめると表3-5に示す通りとなる。

表3-5 実用化に向けた課題

	課題
試作ベアラ	<ul style="list-style-type: none"> ● ベール成形の安定化 ● 操作方法の簡略化 ● 機体強度の向上 ● 作業能率の向上 ● ベールサイズの検討
試作ラップ	<ul style="list-style-type: none"> ● 密封時間の短縮化
作業体系	<ul style="list-style-type: none"> ● 枕地処理等の現行作業体系への適応化 ● 作業能率向上のための作業方法の検討

3.7 摘要

第2章で得られた知見等を基に試作ベアラを開発した。試作ベアラは、呼び直径90cmの成形室、フォレージハーベスタから材料を荷受するためのホッパ、ホッパ内の材料を成形室に供給するためのコンベア、ネット結束装置から構成されている。収穫試験では、フォレージハーベスタをオフセット装着したトラクタで試作ベアラをけん引して作業を行った。トウモロコシ収穫試験の結果、試作ベアラは概ね順調に作業できることが確認され、所要動力は約16kW、梱包ロス率は平均1.6%、細断ベールの平

均質量は422kg、平均乾物密度は208kg/m³であった。また、ピックアップ装置を装着したフォレージハーベスタを用いることによって、予乾牧草の収穫にも対応できることが明らかになった。

収穫調製作業の更なる省力化を目指すため、密度が高いが崩れやすい細断ベールを崩さずに拾い上げ、密封できる試作ラップを開発した。細断ベールを供試した密封試験において、試作ラップは、平均0.3%という低い密封ロスで速やかに細断ベールを密封できた。拾い上げの時の所要動力は1.6kW、密封時では0.7kWで、22kWクラスの小型トラクタで利用可能であった。1条刈フォレージハーベスタをオフセット直装した44kW四輪駆動トラクタにけん引した試作ベアラと、22kW四輪駆動トラクタの後部3点リンクヒッチに装着した試作ラップの組み合わせにより、トウモロコシの収穫調製作業を行った結果、作業員2名で収穫から密封までの作業を概ね順調に行うことができた。試作ベアラ及び試作ラップの作業能率はともに9.3a/hであった。

実用化レベルまで引き上げるためには、試作ベアラではベール成形の安定化を図るとともに操作方法の簡略化及び機体強度と作業能率の向上を図る必要がある。また、現場適応性の向上を図るため、慣行で行われているリバース作業や、農家手持ちのトラクタの出力が小さくワンマン作業が出来ない場合に行う伴走作業等へも対応するため、ホッパ容量の拡大などの改良が必要である。さらに、細断ベールのサイズについても検討する必要がある。試作ラップでは、作業能率の向上のため、密封時間の短縮化を図る必要がある。

第4章 実用機の開発と現地実証試験

4.1 序言

第3章では、試作ベアラと試作ラップを試作し、基本的な性能を把握した。また、作業能率試験を通して、試作ベアラと試作ラップの解決すべき課題が明らかになった。開発機の実用化を図るためには、試作機の問題点を克服した実用機を開発するとともに、できるだけ多様な作業条件の下で実証試験を行う必要がある。また、試験

項目についても、試作機の性能だけに止まらず、サイレージの発酵品質等も含め、農家が導入を検討する際の参考となるデータを揃える必要がある。本章では、新たに開発した細断型ロールベアラ実用機（以下、ベアラ実用機）と対応ベールラップ実用機（以下、ラップ実用機）の概要及び実証試験方法の検討とその結果について述べる。

4.2 実用機の開発

4.2.1 ベーラ実用機の開発

図4-1にベーラ実用機の構造概念図、図4-2に外観、表4-1に主要諸元を示す。ベール形状の安定化を図るためには、材料の成形室への均等な供給がポイントであることが第3章で明らかになった。そのためには、ハーベスタのシュートから吹き込まれる材料をホップ内の分草板に正確に当てる必要があった。また、満量間際に成形室の圧力インジケータを見ながら、成形室左右の圧力が均等になるようにハーベスタのシュートを操作する必要があり、操作が煩雑となった。そこで、ベーラ実用機は、細かい操作を必要とせず、成形室に材料を均等に供給するため、ホップに細断材料を一定量溜め込んでから成形室へ供給する方式を採用した。これに加えて、ネット結束時のネット張力を試作ベーラよりも高い、ネット繰り出しローラがスリップする限界付近である590N前後に設定した。これは、成形室への材料の供給が均等であっても、細断ベール放出後に細断ベールの端面形状が楕円形に膨張し、梱包密度が低下して崩れが多くなる場合があったためである。成形室内で高密度に達した細断ベールが放出後もその密度を維持するためには、ネットによって十分に締め付けられている必要がある。ネットによる締め付け力を増やすためには、巻き数を増やすか、結束時の張力を一定値以上に高くする方法がある。巻き数を増やすとベール1個あたりにかかるコストが増加するため、ネット結束時の張力を高めることにした。さらに、ネットのコスト低減を見据え、試作1号機で用いた1,200mm幅に加えて1,000mm幅のネットも取り付け可能にした。

ホップ容量は、ローダーバケットからの荷受けを可能とするため、0.9 m^3 から2 m^3 に拡大した。また、細断材料の荷重によってホップ底部にある供給コンベアの所要動力が増加することを避けるため、供給コンベアの接触面積はホップ底面の約半分とした。ホップは前後部に二分割し、前部ホップを油圧シリンダで昇降することによって後部ホップ底部の第一供給コンベアに材料を供給することとした。さらに、材料のブリッジ現象を防ぐためのアジテータを後部ホップ内に設けた。第一供給コンベアとアジテータは、ネット結束中にホップから材料が成形

室へ供給されるのを防ぐために、成形室が満量になった時点で停止する。第一供給コンベアの後方には第二供給コンベアが成形室の一部を構成する形で配置されており、満量時も駆動してネットを成形室へ供給する役割を果たす。

成形室の寸法は、小型トラクタ用ベールグラブでのハンドリングを可能とすると同時に、府県で頭数が最も多い30~79頭規模の経営において、ベール1個で1日分をまかなうことを想定して、ベール質量が350kg程度となるように成形室直径を80cm、幅85cmとした。また、メーカー工場での製造工程を簡略化するため、成形室構造を試作1号機で用いたタイトバーとベルトの組み合わせから、隙間を詰めて並べた扁平タイトバーによる特殊バーチェーン構造に変更した(図4-3)。さらに、バーチェーンの強度向上のため、チェーン(#60)のピン径が5.96mmのものから7.94mmのものへと変更した。

取扱性向上のため、外部油圧取り出しの利用を廃止し、PTO軸駆動の油圧パッケージを搭載し、操作系をコントロールボックスに統一した。

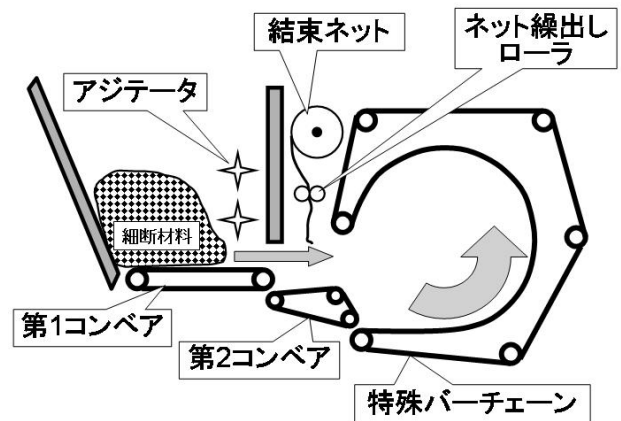


図4-1 ベーラ実用機の構造概念

表4-1 ベーラ実用機の主要諸元

全	長	(mm)	4,880
全	幅	(mm)	1,905
全	高	(mm)	3,180
質	量	(kg)	1,700
成形室	寸法	(mm)	φ800×850
ホップ	容量	(m^3)	2
ネット	幅	(mm)	1,200または1,000
駆動	方法		トラクタPTO軸

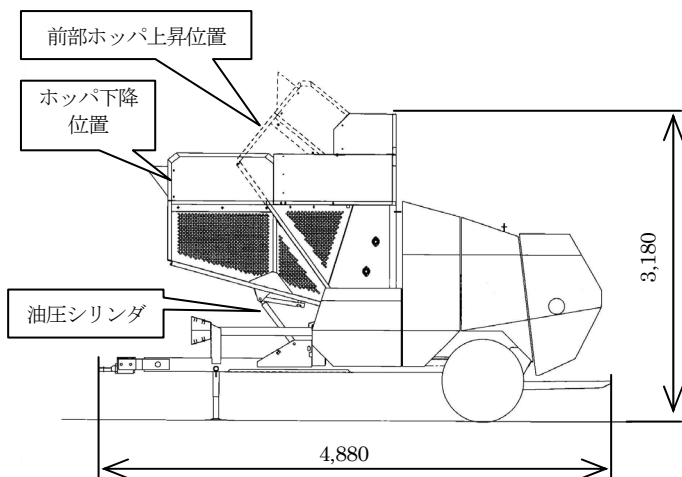


図 4-2 ベアラ实用機の側面図



図 4-4 ラップ実用機の外観



図 4-3 扁平タイトバーによる成形室構造（成形室上面）

表 4-2 ラップ実用機の主要諸元

全	長	(mm)	1,850
全	幅	(mm)	2,000
全	高	(mm)	2,650 ¹⁾
質	量	(kg)	500
積	載	方式	特殊アーム式
適	応	ベール (mm)	φ800~1,100
ト	ラ	クタ装着方式	半直装式
ラ	ップ	フィルム	幅 500mm×2

1) アッパーアーム開放時の先端までの寸法

4.2.2 ラップ実用機の開発

第3章で、試作ベアラを大型トラクタと処理能力の大きいフォレージハーベスタで併用した場合、試作ラップの密封作業が追いつかなくなることを述べた。そこで、試作ラップで全作業時間の約3割を占めた密封時間の短縮化を図るため、ラップ実用機では、使用するラップフィルムを2本に増設した。また、密封時のベールの安定性を向上させるため、ターンテーブルの送りローラ間の距離を665mmから760mmへ拡張した。

図4-4にラップ実用機の外観、表4-2に主要諸元を示す。

4.3 現地実証試験の実施

4.3.1 試験実施地の選定

我が国のトウモロコシは、寒冷地から西南暖地まで広く栽培され、品種の違いによって収量や含水率等も様々である。栽培体系も一年一作体系や二期作、冬作にイタリアンライグラスなどの牧草を作付けするなど多様である。収穫調製作業の条件もまた、圃場規模の大小、中山間地、転換畑、転作水田などによって違いがあり、収穫調製作業の方法も異なる。そこで、開発機のより広い普及を目指し、より多くの条件下で評価を行うため、全国10箇所の試験地において実証試験を行った。試験地は、気候条件、圃場規模、立地条件等の違いを考慮して選定し、連続作業による耐久性を確認するための試験地を加

えた(表4-3)。なお、圃場規模について本論文では、圃場一筆あたりの面積が30a未満を小規模、30~50aを中規模、50a以上を大規模と定義した。また、緩傾斜地とは傾斜度8~15°の範囲と定義した。

表4-3 現地実証試験の実施地

気候条件	立地条件	規模条件	試験実施地
寒冷地域	平地・緩傾斜地	大中規模	北海道
		中小規模	岩手
			福島
中間地域	平地・緩傾斜地	中規模	群馬
	転換畑	小規模	三重
西南暖地	中山間地	小規模	岡山
			愛媛
	平地・緩傾斜地	大中規模	熊本
		中小規模	宮崎
連続運転試験			家畜改良センター(福島)

4.3.2 試験方法

細断型ロールベアラ及び対応ベールラップの実用化並びにその先の普及を図るためには、開発機の性能を評価するだけでなく、経営への導入効果に結びつき、酪農家が導入する際の判断材料になるようなデータをできるだけ豊富に揃えておく必要があるものと判断した。そこで、現地実証試験では、機械性能や現地への適応性に加えて、様々な条件下におけるサイレージ品質、トウモロコシ以外の飼料作物への適用の可能性についての調査を、試験地の公立試験研究機関及び農家の協力を得て行うこととした。

1) 機械性能

機械性能調査の項目は、梱包ロス、密封ロス、ベールの質量や密度、作業能率、所要動力とした。測定は第3章の方法に準じて行った。ネットは、幅が1,200mmと1,000mmの両方を使用した。なお、ベアラ実用機の作業能率測定は、ワンマン作業の状態で行うこととし、その結果から延べ労働時間を求めた。ラップ実用機の作業は、

最寄りの圃場周辺部に置く方法と、第3章の能率試験と同様に密封後のベールを1箇所を集める方法の2通りとし、密封は移動しながら行った。ラップフィルムの巻き数は3回6層とした。また、岩手でタワーサイロ体系、宮崎でバンカーサイロ体系及びスタックサイロ体系(いずれもハーベスタにワゴンが伴走して荷受けする作業方法)による作業と開発機による体系で延べ労働時間及び作業能率を比較した。岩手での比較試験ではサイロまでの運搬作業時間を含めたが、宮崎では圃場とサイロ及びラップサイロ置き場が隣接していたため、運搬作業時間は含めなかった。また、スタックサイロ体系の延べ労働時間のうち、ワゴンからの荷降ろしからシートがけまでの調製作業時間だけを測定し、刈り取り作業に要する延べ労働時間はバンカーサイロ体系での測定結果を用いた。タワーサイロ体系との比較試験で供試した品種は32K61、材料含水率は73%、乾物収量は1.3t/10aであった。バンカーサイロ及びスタックサイロ体系との比較試験で供試した品種はZ-130、材料含水率は77%、乾物収量は1.2t/10aであった。供試機械について表4-4、4-5に示す。

表 4-4 延べ労働時間比較に供試した機械と作物
(タワーサイロ体系との比較)

	開発機体系	タワーサイロ体系
使用機械	ベアラ実用機+2 条刈ハーベスタ +63kW トラクタ ラップ実用機+58kW トラクタ ベールグラブ+63kW トラクタ +トレーラ	2 条刈ハーベスタ+63kW トラクタ フォレージワゴン (2.4 t) +63kW トラクタ各 2 台 ブロワ+63kW トラクタ
作業人数	3 人	6 人
面積	30a	30a
備考	運搬作業 (距離 2km) を含めて測定した。	

表 4-5 延べ労働時間比較に供試した機械
(バンカー、スタックサイロ体系との比較)

	開発機体系	バンカーサイロ体系	スタックサイロ体系
使用機械	ベアラ実用機+2 条刈ハーベスタ+ 85kW トラクタ ラップ実用機+70kW トラクタ	2 条刈ハーベスタ+85kW トラクタ フォレージワゴン (3t, 2.9t, 2.4t) 各 1 台 +59kW トラクタ 2 台+70kW トラクタ	
作業人数	2 人	6 人	
面積	30a (100×30m)	2ha (200×100m)	1.35ha (200×67.5m)
備考	圃場に隣接した地点に貯蔵することを想定し、運搬作業は含めなかった		

2) サイレージ発酵品質

サイレージ発酵品質については、ラップサイロの貯蔵期間がサイレージ発酵品質に及ぼす影響、ベアラから放出されたときに付着する土がサイレージ発酵品質に及ぼす影響、ラップサイロ開封後に少量ずつ数日にかけてサイレージを取り出した時の発酵品質の経時的変化、材料水分が高いトウモロコシをラップ調製した時のサイレージ発酵品質、トウモロコシ以外の飼料作物をラップ調製した時のサイレージ発酵品質について調査を行った。また、ベール成形後、速やかに密封したベールと、密封するまでに遅れが生じた場合を想定して、密封までに2~25

時間経たベールについて調査した。発酵品質は、ベールの上部、中部、下部から採取したサンプルの分析データを平均して求めた。少量取り出し時の発酵品質調査では、取り出したサイレージを混和してサンプルを採取した。同じ材料を同時期にラップサイロとFRP製タワーサイロ (容量 27m³×3、図 4-5) に調製し、調製後 3 ヶ月から 10 ヶ月にかけて乳牛に給与した時に、サイロからの切り出しから給与までに発生したロス量を調査した。FRPサイロからはサイレージフォークで取り出し、手押し式の給餌車に積み込み、飼槽へ配給した。ラップサイロは、飼槽の前で解体して配給した。



図4-5 供試FRP製サイロ

a) 貯蔵期間が発酵品質に及ぼす影響

2ヶ月間貯蔵したもの（2003年収穫調製）と3～12ヶ月の貯蔵を経たもの（2002年収穫調製）についてサイレージの発酵品質を調査した。発酵品質は、原則として乳酸、酢酸、酪酸の原物中割合、pH、VBN/TN、フリーク評点あるいはV-scoreについて分析した。

表4-6に供試品種、播種時期、収穫調製時期を記す。

表4-6 貯蔵期間の違いによる発酵品質調査の供試材料条件

試験地	2002年度			2003年度		
	供試品種	播種時期	収穫調製時期	供試品種	播種時期	収穫調製時期
北海道	—	—	—	39B29 ¹⁾	5月	10月
岩手	32K61 ¹⁾	5月	10月	32K61 ²⁾	5月	10月
福島	セシリア ¹⁾	4月	9月	セシリア ²⁾	4月	9月
家畜改良センター	—	—	—	KD640 ²⁾	5月	9月
三重	—	—	—	スノーデント123Z ²⁾	4月	8月
岡山	ゆめそだち ¹⁾	5月	9月	スノーデント127S ²⁾	4月	8月
熊本	—	—	—	JG8008 ²⁾	5月	9月
宮崎	P3470 ¹⁾	7月	10月	ゆめそだち ²⁾	3月	7月

1) 3～12ヶ月間貯蔵時の品質調査、高水分時の品質調査、少量取り出し時の品質調査に供試した。

2) 2ヶ月間貯蔵時の品質調査及び土の付着の影響調査に供試した。

b) 土の付着が発酵品質に及ぼす影響

ベアラ実用機から細断バールが放出される時に土が付着することがあり、発酵品質への影響が懸念されたため、土が付着した細断バールを密封調製後2ヶ月間貯蔵し、土が付着した部分の表面積と発酵品質ならびに土が付着した細断バールを解体し、全量を混合してから採取したサンプルの発酵品質を調査した。また、対照区として、同時に

密封調製した土が付着していないバールの発酵品質との比較も行った。土の付着した部分のサンプルは、ネットを取り外してから採取し、前項①「貯蔵期間が発酵品質に及ぼす影響」の試験における2ヶ月間貯蔵したものの品質調査と同時に実施した（2反復、2003年10月、三重）。従って、材料条件は表4-6の通りである。

c) ラップサイロ開封後のサイレージ取り出しに伴う発酵品質の変化

飼養頭数 10 頭以下の小規模農家での利用を想定し、1 個のベールから少量ずつ取り出した時の発酵品質の経時的变化を調査した（宮崎、福島）。サイレージの温度は表面から 5cm 内部で測定した。一日あたりの取り出し深さは 9cm (30kg 相当) 及び 18cm (60kg 相当) の 2 通りとし、宮崎では取り出し深さ 18cm を、福島では 18cm と 9cm の両方について実施した。取り出しは、カッターナイフでラップサイロ上面のフィルムを切開し、サイレージフォーク等でベールの上部から、残りの部分を崩さないように留意して行った。取り出し後は切開したフィルムを被せて畜舎内に保管した。供試サイレージは、平成 14 年 9 月に調製し、10 ヶ月間（福島での 18cm 取り出し調査では 11 ヶ月間）貯蔵したものを使用した。18cm 取り出し調査は平成 15 年 8 月、9cm 取り出し調査は平成 15 年 7 月に行った。供試品種等は、表 4-6 に示す。

d) 高水分材料をラップ貯蔵した時の発酵品質

高品質なサイレージに調製するためには、トウモロコシの含水率が 75% 以下になる黄熟期に収穫することが推奨されているが、例えば、天候不順等により生育の遅れが生じた場合、二期作や二毛作の作業スケジュールの関係上、高水分の状態でも収穫せざるを得ないなどの場合がある。そこで、二期作目のトウモロコシ（品種：セシリア、2002 年 8 月播種）を乳熟期（2002 年 11 月、材料含水率 80%）に収穫し、2 ヶ月間及び 6 ヶ月間貯蔵した時のサイレージ発酵品質を調査した。

供試材料の条件は表 4-6 の通りである。

3) 実用機の評価

協力農家（21 戸）に、ベアラ及びラップ実用機による作業と調製したサイレージの給与を依頼し、機械及びサイレージ品質等についての意見を聴取した。機械については、操作方法の難易度、機械性能の満足度、安全性等について聴取し、サイレージ品質については、手持ちのサイロで調製しているサイレージと比較した時の品質の良し悪し、細断ベールによるサイレージの導入に対する意向について聴取した。農家での作業方法は、地域による作業条件に合わせて、ワンマン作業の他、圃場隅でローダーバケットやボンネットワゴンから荷受けする定置作業を行った。

4) 他草種への適応性

他草種への適応性については、愛媛、三重、熊本でソルガム、エン麦、ローズグラスの収穫調製作業に供した時の作業方法及びサイレージ品質について調査した。ソルガムは 1 番草（愛媛）と再生草（三重）を収穫調製し、エン麦（三重）は半日、ローズグラス（熊本）は 1 日予乾してから収穫調製を行った。収穫方法は、ソルガムは 2 条刈コーンハーベスタ、エン麦とローズグラスは、ピックアップ装置（拾い上げ幅 1.5m）を取り付けたフォレージハーベスタを装着したトラクタに細断型ロールベアラをけん引する方法をとった。また、エン麦では、成形室直径 90cm の市販定径式ロールベアラ（切断機能なし）でも収穫調製し、これを対照区とした。さらにローズグラスでも、成形室直径 120cm の可変径式ロールベアラ（切断機能なし）で収穫調製して品質を比較した。供試品種等を表 4-7 に示す。

表 4-7 トウモロコシ以外への適応試験の供試材料の条件

作物名	試験地	供試品種	播種時期	収穫調製時期	貯蔵期間
ソルガム	愛媛	甘味ソルゴー	2003 年 5 月	2003 年 9 月	2 ヶ月
ソルガム（再生）	三重	ハイシュガー	2003 年 5 月	2003 年 11 月	2 ヶ月
エン麦	三重	スーパーハヤテ	2003 年 9 月	2003 年 12 月	2 ヶ月
ローズグラス	熊本	カタンボラ	2003 年 5 月	2003 年 9 月	4 ヶ月

4. 4 現地実証試験の結果

4. 4. 1 機械性能

ベアラ实用機は、ワンマン作業及び伴走作業では、ベールの結束及び放出時も収穫作業を中断することなく、ノンストップで行うことができた。定置作業では、圃場隅にベアラ实用機を定置してローダーバケット等から荷受けしながら、連続的にベール成形を行うことが可能であった。また、前部ホッパの昇降や成形室満量時のネット結束及びベール放出といった一連の動作が自動化されたため、オペレータへの作業負担は大幅に軽減された。さらに、ハーベスタからの吹き込み位置のずれや風の影響を受けずに細断材料を成形室へ均等に供給することができ、結束時のネット張力の向上により、ベールの平均直径が成形室呼び直径に近づき、側面形状が真円に近い良好な形状のベールが安定して成形できるようになった

(表 4-8)。これにより、密封後のベールを 2 段に積んで貯蔵することも可能となった (図 4-6)。梱包ロス率は平均 1.2%、ラップ实用機の密封ロスは平均 0.2%と少なく、ネットの幅の違いによる差は見られなかった (図 4-7)。ベールの平均質量は 336kg (平均含水率 72%)、平均乾物密度は 183kg/m³であり、ほぼねらい通りのベールサイズとなった。ベアラ实用機の所要動力は、約 15kW と試作 1 号機と同様であった。なお、本試験を通してロールベールの成形が総計 1,000 個を超えたが、現在に至るまで耐久性に関する問題は生じていない。

ベアラ实用機のワンマン作業風景を図 4-8 に、定置作業風景を図 4-9 に、伴走作業風景を図 4-10 に、ラップ实用機の作業風景を図 4-11 に示す。

表 4-8 ネット張力向上前後の細断ベールの形状の変化

	ネット張力向上前		ネット張力向上後	
平均直径 (cm)	87.4	(2.6)	81.5**	(1.5)
短径/長径比	0.88	(0.075)	0.96**	(0.032)
平均含水率 (%)	71		72	
調査ベール数	97		93	

** 危険率 1%水準で有意差あり

() 内数値は標準偏差



図 4-6 2 段積みにした細断ベールのラップサイロ

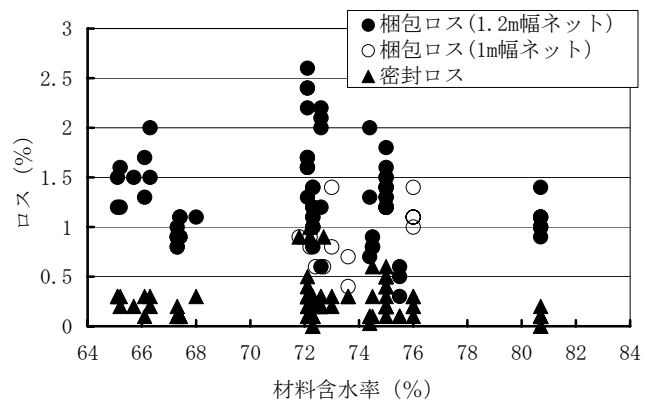


図 4-7 实用機の梱包ロスと密封ロス



図 4-8 ベアラ实用機のワンマン作業風景



図 4-11 ラップ実用機の密封作業風景



図 4-9 ベアラ实用機の定置作業風景



図 4-10 ベアラ实用機の伴走作業風景

ベアラ实用機の作業能率測定結果は、供試ハーベスタの処理能力と供試トラクタの機関出力の違いによって左右されたが、概ね試作ベアラを上回った。また、ハーベスタやトラクタの違いによってベアラ实用機とのマッチングに問題が生じることは特になかった。1条刈ハーベスタを用いた場合で 16a/h 前後、毎時乾物処理量が 1.3～2.7t/h であり、それぞれ試作1号機の約 1.8 倍、0.7～1.4 倍となった。2条刈ハーベスタを使用した場合では、作業能率が 21～52a/h、毎時乾物処理量は 2.8～5.2t/h であり、それぞれ試作1号機の 2.3～5.6 倍、1.5～2.7 倍に向上した（表 4-9）。毎時成形ベール数で表すと、1条刈ハーベスタを用いた場合は約 20 個/h、2条刈ハーベスタを用いた場合は 31～44 個/h となった。ラップ実用機の毎時処理数は、21～25 個/h（毎時処理面積で 15～36a/h 相当）であり、試作1号機に対して 1.9～2.3 倍（毎時処理面積で 1.5～3.9 倍）に向上した。また、密封後のベールを圃場脇に置く作業方法での処理数は、ベールを 1 箇所集積する方法よりも平均処理数が若干高かった（表 4-10）。三重では、試験圃場が転作水田であり、降雨後の地耐力の回復が遅れ、作業速度が上げられなかったため、ベアラ实用機の毎時乾物処理量が福島の半分に止まった。また、熊本では、冷夏の影響で収量が少なかったうえに刈り高さが高かったため、ハーベスタへの負荷が軽くなった分、作業速度が速くなったことから、ベアラ实用機の作業能率は他の地域よりも高い値となった。ラップ実用機の毎時処理面積も、単位面積あたりのベール数が少なくなったため、他の地域よりも高くなった。なお、熊

本における材料乾物収量は、作られたベールの総質量から算出した。

以上の試験の結果、ベアラ実用機の作業に適応するトラクタは、1 条刈ハーベスタでワンマン作業を行う場合には 44kW 以上、2 条刈ハーベスタでワンマン作業を行う場

合には 59kW 以上、定置作業ならびに伴走作業を行う場合には 22kW 以上のトラクタで作業が可能であることがわかった。また、ラッパ実用機は 22kW 以上のトラクタで作業が可能であることがわかった。

表 4-9 ベアラ実用機の作業能率測定結果

試験地	供 試 機		乾物 収量 (t/10a)	含水率 (%)	圃場面積 (a)	作業能率 (a/h)	毎時乾物 処理量 (t/h)	毎時ベール 成形数 (個/h)
	ハーベスタ (条数)	トラクタ 出力 (kW)						
福島	1	59	1.6	72	34	17	2.7	19
三重	1	48	0.8	71	30	16	1.3	18
岩手	2	63	1.3	73	30	21	2.8	34
群馬	2	73	1.5	72	30	29	4.4	44
熊本	2	73	0.6	68	35	52	3.2	31
宮崎	2	85	1.3	63	30	31	3.7	34

表 4-10 ラッパ実用機の作業能率測定結果

試験地	ベール 集積	トラクタ 出力 (kW)	含水率 (%)	圃場面積 (a)	10a あたり ベール数	毎時処理数 (個/h)	毎時処理 面積 (a/h)
福島	なし	59	72	34	11	23	20
岩手		58	73	30	16	25	15
三重	あり	57	71	30	6	21	19
熊本		73	68	35	6	22	36

現行サイロ体系との比較では、タワーサイロ体系の作業能率が 15.0a/h、開発機を中心とした体系が 15.1a/h と同等であったが、延べ労働時間ではタワーサイロ体系が 3.9 h・人/10a であるのに対して、作業人数が少ない分、開発機体系が 1.7 h・人/10a と 44% に短縮された。また、バンカーサイロ体系では、供試圃場面積が広く作業能率上有利であったこともあり、作業能率が 26.4a/h と、開発機体系の 22.6a/h を上回ったが (いずれも運搬作業は含まない)、延べ労働時

間ではそれぞれ 1.2 h・人/10a、0.7 h・人/10a と開発機体系がバンカーサイロ体系の 58% に低減された。なお、スタックサイロ体系の延べ労働時間は、ビニールシートで被覆するために人手と時間がかかり、1.5 h・人/10a であった。タワーサイロ体系と開発機を中心とした作業体系の延べ労働時間の比較を図 4-12 に、バンカーサイロ及びスタックサイロとの比較を図 4-13 に示す。

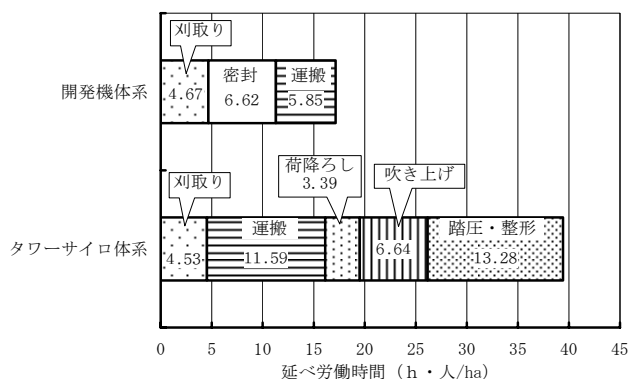


図 4-12 延べ労働時間のタワーサイロとの比較結果

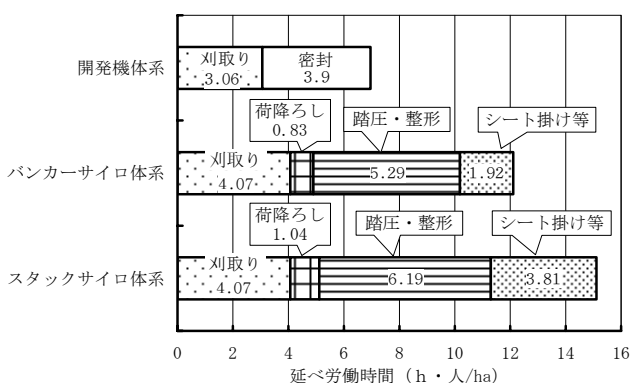


図 4-13 延べ労働時間のバンカー、スタックサイロとの比較結果

ネット及びラップフィルムの消費量を調査した結果、ネット 1 本 (2,000m) につき約 170 個のペールを結束することができ、ラップフィルム 1 本 (1,800m) あたり約 30 個のペール (3 回 6 層巻き) を密封することができた。この時、サイレージ生重 1kg あたりにかかるネット及びフィルム代は 1.4~1.8 円と試算された。

4.4.2 サイレージ発酵品質

1) 貯蔵期間が発酵品質に及ぼす影響

貯蔵 2 ヶ月後の発酵品質は、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、どの試験地においても良好であった (表 4-11)。また、密封後 3~12 ヶ月間貯蔵した場合の発酵品質も良好であり、調製 12 ヶ月後までの間、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 (表 4-12)。

表 4-11 貯蔵 2 ヶ月後の発酵品質

試験地	含水率 (%)	pH	現物割合 (FM%)			VBN/TN (%)	フリーク評点	V-score
			乳酸	酢酸	酪酸			
岩手	69	4.0	0.78	0.13	0.00	7.1	—	96
福島	72	3.7	1.68	0.42	0.00	—	97	—
家改セ	72	3.8	1.64	0.38	0.00	5.7	98	99
三重	72	3.8	1.57	0.47	0.00	7.5	84	93
岡山	70	3.7	2.66	0.60	0.00	7.6	98	—
熊本	69	3.5	2.30	0.26	0.00	7.8	—	92
宮崎	74	3.7	1.39	0.23	0.00	4.5	—	100

表 4-12 貯蔵 3~12 ヶ月後の発酵品質

	3 ヶ月	4 ヶ月	5 ヶ月	6 ヶ月	8 ヶ月	10 ヶ月	12 ヶ月
pH							
北海道	—	—	3.7	—	3.7	3.8	—
岩手	4.0	3.9	—	—	3.8	4.0	—
福島	3.8	3.8	—	3.9	3.9	3.9	3.9
岡山	3.6	3.8	—	—	3.7	3.8	3.7
宮崎	—	3.7	—	3.7	—	—	3.7
V-score							
北海道	—	—	100	—	100	100	—
岩手	96	96	—	—	95	93	—
宮崎	—	89	—	85	—	—	97
フリーク評点							
北海道	—	—	100	—	100	97	—
福島	99	100	—	99	99	98	96
岡山	98	97	—	—	98	99	93

2) 土の付着が発酵品質に及ぼす影響

土の付着した部分の平均面積のべール全表面積に対する割合は4.6%、全質量に対する割合にして0.3%であった。土の付着した部分は、対照区に比べてpHが高く、乳酸含

量は少なく、逆に酢酸含量が高くなっていたものの、V-scoreは79であり、不良発酵とは認められなかった(表4-13)。また、土が付着した部分とそれ以外の全体を混和した際の品質は、対照区と比較してフリーク評点が64と低かったが、V-scoreは96と遜色がなかった。

表 4-13 土の付着が発酵に及ぼす影響

	含水率 (%)	pH	現物割合 (FM%)			VBN/TN (%)	フリーク評点	V-score
			乳酸	酢酸	酪酸			
付着部分	75	4.1	0.72	1.02	0.00	10.7	54	79
全体*	72	3.9	0.97	0.57	0.00	5.4	64	96
対照	72	3.8	1.55	0.47	0.00	7.5	84	93

3) ラップサイロ開封後のサイレージ取り出しに伴う発酵品質の変化

取り出し時の層の厚さを18cmとした試験の結果は、宮崎では、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。福島では、5日間、品質の変化は見られず、良好なまま推移した(表4-14)。なお、宮崎では、サイレージ表面から5cmの深さでの温度を測定したところ、30~40℃で推移した。試験

実施中の気温は、宮崎で平均最高気温30度、平均気温26度であり、福島では平均最高気温28度、平均気温24度であった。

取り出し時の層の厚さを9cmとした試験では、8日目まで品質の変化が見られずにフリーク評点が90以上の高水準で推移し、9日目からpHの上昇と乳酸の減少、酪酸の生成が見られた(表4-15)。この試験期間中の気温は、平均最高気温21度、平均気温18度であった。

表 4-14 5日間連続取り出し時の発酵品質の推移

	含水率 (%)	pH	現物割合 (FM%)			フリーク 評点	V-score	サイレージ 温度(℃)
			乳酸	酢酸	酪酸			
福島								
1日目	59	3.9	1.70	0.38	0.00	99	—	—
2日目	60	3.9	1.69	0.33	0.00	99	—	—
3日目	62	3.9	1.70	0.27	0.00	100	—	—
4日目	65	3.9	1.89	0.33	0.00	100	—	—
5日目	67	3.9	1.74	0.37	0.00	99	—	—
宮崎								
1日目	70	3.7	1.20	0.33	0.08	—	90	30.0
2日目	71	3.7	1.04	0.22	0.00	—	98	29.0
3日目	73	3.7	1.12	0.36	0.00	—	96	35.5
4日目	77	3.8	0.71	0.35	0.02	—	94	40.0
5日目	76	4.0	0.53	0.22	0.00	—	94	40.0

表 4-15 10日間連続取り出し時の発酵品質の推移 (福島)

	含水率 (%)	pH	現物割合 (FM%)			フリーク 評点
			乳酸	酢酸	酪酸	
1日目	60	3.9	1.73	0.39	0.00	98
2日目	60	3.9	1.61	0.36	0.00	98
3日目	61	3.9	1.71	0.34	0.00	99
4日目	62	3.9	1.74	0.32	0.00	99
5日目	63	3.9	1.66	0.32	0.00	99
6日目	63	3.9	1.54	0.24	0.00	100
7日目	63	3.9	1.34	0.31	0.00	97
8日目	65	3.9	1.71	0.32	0.00	99
9日目	68	4.1	1.17	0.47	0.02	77
10日目	71	4.4	0.72	0.70	0.05	42

4) 高水分材料をラップ調製した時の発酵品質

調査したラップサイロからは、ラップフィルムの隙間から外部へ排汁がしみ出し、ラップサイロの内部にもトウモロコシの汁液が大量に溜まっていたが、内部の排汁には異臭が感じられなかった。発酵品質は、黄熟期に収穫

調製したサイレージ (表 4-11) と比較してもほとんど変わらず、良好と判断できた (表 4-16)。また、2ヶ月間貯蔵したものと6ヶ月間貯蔵したものに大きな差は見られなかった。

表 4-16 材料含水率が高い時の発酵品質

	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ヶ月後	77	3.8	3.70	0.65	0.00	13.30	100
貯蔵 6ヶ月後	79	3.8	2.33	0.76	0.00	6.47	93

4.4.3 農家からの評価

試験に参加した農家の実用機への評価は概ね高かった。中小規模地域においては、作業能率の高さと人手による作業がなくなったことによる省力効果への評価が高かった。特に中規模地域では、ノンストップで作業ができるワンマン作業に対する評価が高かった。小規模地域では、ベアラ実用機の定置作業がリバース作業あるいは小型自走式収穫機による収穫作業と比較的良好にマッチングすることが確認され (図 4-14)、農家の導入への意向が強く示された。大規模地域では、大型機械による圃場作業の効率性を活かせるように畜舎周辺で定置作業するのが有効ではないか、との示唆を得た。これは、畜舎付近で細断型ロールベアラの定置作業を行うことで、ベアララップの細断ベール積載位置と荷降ろし位置が近接し、ベアララップの移動時間が少なくなることにより、ベアラとラップの作業能率を近づけることが期待されるためである。しかし、大規模経営に適応するには、ボンネットワゴンやローダーバケットよりもさらに積載容量の大きなフォレージワゴンやダンプトラックから円滑に荷受けするためのダンプボックスなどをベアラとは別に用意する必要があり、また、大規模経営に見合ったベールサイズに拡大するなどの改良が必要になるものと考えられる。

サイレージの品質についても農家からの評価が高く、試験に参加した 21 戸の農家のうち 12 戸が現在使用しているサイロで調製したサイレージ以上の品質であると回答した。残り 9 戸の農家も現行と同様であるとし、現行

以下と指摘した農家はなかった。細断ロールによるサイレージを搾乳牛に給与した場合 (冬～春期) でも、従来のサイロで調製したサイレージと変わりなく、採食量、乳量ともに影響は見られなかった。農家からの評価を表 4-17 に示す。

表 4-17 農家からの主な評価

作業性について

- サイロ詰め作業から解放され、楽になった。
- 現行の収穫作業方法から移行し易い。
- ワンマン作業のノンストップ作業が能率的。

サイレージ品質について

- 高品質で長期の保存性もよい。
- 二次発酵によるロスがほとんどでない。



図 4-14 小型自走式収穫機との組作業による定置作業

4.4.4 他草種への適用拡大

1) 収穫調製作業

条播したソルガム（供試品種甘味ソルゴー、乾物収量 1.3t/10a、含水率 73%）の収穫作業は、トウモロコシと同様、ロックロップアタッチメントを装着したフォレージハーベスタで行うことができた。この時の梱包ロス率は平均 0.5%、密封ロスは平均 0.1%とわずかであり、ベールの乾物密度は平均 176kg/m³であった。発酵品質は、pH が 3.8、V-score が 94 と高品質であった。しかし、散播したソルガムは、フレール式ハーベスタで収穫する必要があり、この場合、材料の切断長が 20~30cm と長くなるうえに、材料が繊維状に裂けるため、ベアラ実用機のホッパ内にあるアジテータに材料が絡みつき、成形室への材料供給が滞る現象が起きた（図 4-15）。また、ベールの梱包密度も低くなるため、条播してシリンダ型あるいはフライホイール型の切断方式を有するハーベスタを用いるのが望ましい。



図 4-15 アジテータに絡みついた材料

刈取り後、含水率 52%に予乾したローズグラス（集草列乾物収量 1.8kg/m）を拾い上げ幅 1.5m のピックアップアタッチメントを装着したフォレージハーベスタと 74kW トラクタを用いて収穫した時の作業速度は 0.7m/s であり、4.2t/h の乾物処理量となった。また、含水率 65%に予乾したエン麦（集草列乾物収量 1.3kg/m）を拾い上げ幅 1.2m

のピックアップアタッチメント付きフォレージハーベスタを 57kW トラクタに装着して、ワンマン作業で収穫した時の作業速度は 0.6m/s であり、乾物処理量は、2.5t/h であった。

ベアラ実用機のローズグラスの収穫風景を図 4-16 に示す。



図 4-16 ベアラ実用機によるローズグラスの収穫風景

2) サイレージ品質

ソルガムの 1 番草は、V-score が 90 以上の高品質なサイレージとなった。再生草では含水率が 79%と高かったが、1 番草と同様に発酵品質は良好であった。

エン麦は予乾期間が短く含水率が高かったため、pH が 4.2 と若干高めとなったが、V-score で 94 の良質発酵と判定された。従来の定径式ロールベアラで梱包されたベールと比較すると、細断ベールの乾物密度は 2 倍近く高い値となったが、発酵品質では特に両者に違いは見られなかった。

ローズグラスは、プロピオン酸の生成が若干見られたものの、V-score が 87 と高く、従来の可変径式ロールベアラで梱包されたベールと比較して、乾物密度が 17%高く、発酵品質も pH、乳酸含量、プロピオン酸含量で有意な差が見られた（それぞれ 1%水準）。以上の結果を表 4-18 に示す。

表 4-18 ソルガム、エン麦、ローズグラスの発酵品質

	含水率 (%)	乾物密度 (kg/m ³)	pH	現物割合 (FM%)				VBN/TN (%)	V-score	
				乳酸	酢酸	酪酸	プロピオン酸			
ソルガム	71	176	3.8	2.29	0.47	0.00	—	8.30	92	
再生ソルガム	79	122	3.7	1.25	0.28	0.00	—	5.30	99	
エン麦	細断	78	214	4.2	1.65	0.43	0.01	—	7.60	94
	対照	76	121	4.2	2.36	0.34	0.00	—	5.90	97
ローズ	細断	59	255	4.0	3.24	0.27	0.00	0.41	0.00	87
グラス	対照	59	218	5.3	1.54	0.19	0.05	0.60	0.05	73

4.5 現地実証試験のまとめ

4.5.1 実用機の評価

実証試験を通して、ベアラ実用機及びラッパ実用機は、梱包ロス、密封ロス、ベール形状の安定性、作業能率、取扱性とすべてにおいて試作ベアラ、試作ラッパを上回る良好な結果を得た。サイレージ品質も良好で農家からも高い評価を得た。耐久性についても、現在に至るまで問題は生じていない。また、ワンマン作業や定置作業といった作業方法の選択により、条件の異なる地域へも適用可能であり、延べ労働時間が現行作業体系と比較して半減する点や、人力作業が不要になることによる軽労化効果に対する評価も高かった。これらの結果から実用機は実用レベルに達したものと判断できた。

ラッパ実用機の作業能率及び処理量は、オペレータの習熟度が上がればさらに向上するものと考えられ、また、圃場内でトラクタによって刈り株が踏み潰された箇所があれば、手近な所に密封後のベールを置くこともでき、移動時間の短縮も期待できる。しかし、ベアラ実用機が2条刈ハーベスタと大型トラクタを使用したワンマン作業で圃場外周から回り刈りを行った場合、ラッパ実用機は作物列を挟んだ圃場の両側を往復して細断ベールを取りに行かなくてはならず、移動距離が長くなるため、作業上、不利となる。今回の試験結果より、標準的な乾物収量 (1.5t/10a 前後) の圃場において、ベアラ実用機が2条刈ハーベスタと73kWクラスのトラクタを使用したワンマン作業 (圃場外側からの回り刈りの場合) を行った時の毎時ベール成形数は約40個/h強と推定され、ラッパ実

用機の処理量は、ベール集積を後回しにした場合では約20個/h強と推定される。ベアラの作業能率を優先して作業を行う場合は、ラッパを2台使用する必要があるが、作業員2名で収穫から密封までの作業を行うことを重視するならば、ラッパの作業能率に合わせた作業計画を組むことが好ましい。ベールは直ちに密封するのが高品質なサイレージ調製のための原則であるが、ベールの成形後、密封まで放置される時間の許容範囲を実証試験で得られたサイレージ発酵品質調査結果から判断して6時間とすると、その日のうちに密封しておく必要がある。朝の搾乳作業から夕方の搾乳作業までの間に圃場作業を作業員2名で正味6時間行うこととし、ベアラが30a/h前後で作業すると仮定すると、密封作業をその日のうちに終えるためにはベアラ作業を3時間 (ベール個数にして130個前後) までに抑える必要がある。さらにラッパの作業能率を高めようとする場合は、中割りを行って枕地を圃場中央部にとり、ベアラが圃場中央部から外側に向かって回り刈りすることにより、ラッパの移動距離を短くするなどの工夫が必要と考える。

サイレージ品質については、長期保存が可能で、年間を通じて高品質サイレージを確保できることから、どの地域の農家からも高い評価を得た。

ベアラ実用機は、ピックアップ装置を装着したフォレンジハーベスタを用いることにより、予乾牧草の収穫にも対応が可能であることが改めて確認された。

4.5.2 細断ロールベアラサイレージの評価

サイレージ品質調査の結果、ベアラ実用機及びラップ実用機で調製されたトウモロコシサイレージは、地域や品種の違いによらずフリーク評点で80以上、V-scoreで90以上を示し、1年間のラップサイロ貯蔵においても品質が維持されていることが明らかになった。一日に必要な数のラップサイロだけを開封して、原則として使い切ってしまうため、二次発酵の心配もなく、年間を通して高品質なサイレージを給与することが可能になる。また、ラップサイロ開封後に上部からサイレージを少量ずつ数日に分けて取り出した場合では、従来の固定式サイロを利用する場合と同様に一定の層の厚さを切り出し、残りの部分を崩さなければ、夏期においても発酵品質は容易には低下しないことが明らかになった。このことから、飼養規模10頭以下の小規模農家でも細断ベアラによるラップサイロが利用可能であることがわかった。

ベアラ実用機から細断ベアラが放出された時に土が付着する場合があります、発酵品質に影響を及ぼすことが懸念されたが、土が付着した部分の質量は細断ベアラ全体の0.3%とわずかであり、その発酵品質は、土の付いていない部位に比べて若干劣るものの、不良発酵とは認められなかった。これらのことから実用面での問題は無いことが明らかになった。しかし、貯蔵中にピンホールが発生したり、フィルムが破損した部分からサイロ内部に雨が流入する等の悪条件が重なった場合は、発酵品質がさらに低下するため、ラップサイロのハンドリングや貯蔵には、従来と同様にフィルムの破損に十分気をつける必要がある。

材料の含水率が80%と高い場合でも、排汁は発生するもののラップサイロ内部に溜まったサイレージ汁液には異臭がなく、6ヶ月間貯蔵したもので発酵品質の低下は見られなかった。しかし、排汁が発生すると栄養分が損失するため、可能な限り含水率75%以下となる黄熟期に収穫調製することが望ましい。

ソルガム、エン麦、ローズグラスを供試した試験でも、

それぞれに良好な発酵品質のサイレージに調製することができた。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。エン麦については、ベアラの密度差は歴然としていたものの、発酵品質には差が見られなかった。その原因は現時点では不明であり、今後、サイレージ適正含水率に予乾した材料を用いて再度確認する必要がある。

4.6 摘要

実用化を目指したベアラ及びラップの実用機を開発し、気候条件、圃場規模、作業条件等がそれぞれ異なる全国10箇所において実証試験を公的試験研究機関と農家の協力を得て行った。その結果、梱包ロス、密封ロス、作業能率で試作1号機を上回る性能を示し、開発機による作業体系（ワンマン作業）の延べ労働時間がタワーサイロ、バンカーサイロ、スタックサイロ体系といった現行の作業体系と比較しておよそ半減する等、実用性が高いことが明らかになった。また、圃場規模や作業条件の違いによって、ベアラ実用機の作業方法が選択可能であること、ピックアップ装置付きハーベスタを用いることにより、牧草収穫にも対応できること等、現地適応性が高いことも明らかになった。

サイレージの発酵品質については、良好で長期保存性にも優れ、少量ずつ取り出しての利用も可能であることがわかった。材料含水率が高い場合も、発酵品質には影響を及ぼさず、また、ベアラに土が付着した場合でも実用面での問題は見受けられなかった。

ソルガムを供試した場合でも、発酵品質、長期保存性ともに良好であった。また、ローズグラスの細断ベアラは、切断機構のない市販の可変径式ロールベアラ（成形室直径1.2m）で成形したロールベアラと比較して密度が高く、発酵品質に有意差が見られたが、エン麦では密度の差は約2倍近くあるものの発酵品質の差が見られず、今後、試験事例を増やす必要が認められた。

第5章 総括

本研究の目的は、主に都府県の成牛飼養頭数30~79頭規模の家族経営を中心とした酪農家を対象として、トウ

モロコシの収穫調製作業の省力化と高品質なサイレージ生産を可能とする機械化体系を開発することである。こ

のために、我が国の酪農を取り巻く現状の調査及びトウモロコシのロールベール化に関する研究事例の調査を経て、細断材料をこぼさずにロールベール成形できる成形室構造の検討と、その有効性を確認するための予備試験を実施した。これらから得られた知見を基に試作ベアラ及び細断ベールに対応可能な試作ラッパを開発し、性能の把握と作業体系の検討と改良点の抽出を行い、実用化を見据えたベアラ実用機の開発へと展開した。ベアラ実用機の実用性を確認するため、気候や作業条件の異なる全国 10 箇所において現地実証試験を行い、機械性能、サイレージ発酵品質、トウモロコシ以外の作物への適応性などについて測定・調査を行った。

本研究の成果は、農林水産省の「食料・農業・農村基本法」に基づく基本計画を達成するために行政、試験研究機関、普及組織、関係団体、民間企業等が一体となって取り組むことが特に重要と位置づけられているキーテクノロジーの畜産部門に取り上げられ、普及段階へ移行するとともに、平成 16 年から販売が開始された。

以下、本研究の内容を総括して述べる。

5.1 酪農経営及び粗飼料生産の現状と開発目的

1) 我が国の酪農経営は、農家戸数が減少する一方で年々飼養頭数が多頭化する傾向にある。また、搾乳牛の生乳生産能力も高まり、世界的に見ても高いレベルに達している。こうした中で、飼養管理作業に要する労働時間も増加しており、酪農家は飼料生産やふん尿処理までに手が回らない状況に置かれつつある。その結果、土一草一牛という資源循環のサイクルが寸断され、購入飼料に依存し、ふん尿処理に多額のコストをかけるという、ある意味で歪んだ経営を選択せざるを得ないケースが見られるようになった。乳牛の生乳生産性を維持するためには、良質な粗飼料を確保することが必要であるが、自給することによって低コストで良質な粗飼料を手に入れることができるとともに、堆肥化されたふん尿を圃場に還元させることができ、結果的に経営の改善にも結びつく。再び資源循環サイクルを構築するためには、まず、各作業の省力化が必要であり、特に自給飼料の推進を図るには、飼料生産作業の省力化が必要である。飼料用トウモロコシは栄養価、収量、

窒素吸収能力のいずれもが高く、我が国にとって最もふさわしい飼料作物の一つとして認知されている。しかし、その収穫調製作業を効率的に行うためには 5~6 名を必要とし、炎天下で行われることも多いサイロ詰めは人手による作業を伴い、大変な労働負荷となっている。また、都府県においては圃場 1 枚あたりの面積が小さく、分散しているため、収穫調製作業の効率は低くならざるを得ない。そのため、トウモロコシの作付けは年々減少傾向にあり、この 10 年あまりで 3.5 万 ha も減ってしまった。飼料自給率の向上はトウモロコシの作付け増加なくしては実現が困難であるが、そのためには収穫調製作業の省力化が急務とされている。

2) 牧草生産においては、ロールベアラ及びベールラッパの登場により、作業員 2 名で能率的な作業が可能となり、しかも人手によるサイロ詰め作業が不要となったため、我が国でも広く普及した。トウモロコシの収穫調製作業にもロールベアラが利用できないかとの要望がかねてから寄せられていたが、材料同士が絡み合っただけでベールの成形性を保つ効果が乏しい細断トウモロコシでは、少ないロスでロールベール成形することは困難とされていた。そこで、フォレージハーベスタで 1cm 前後に細断されたトウモロコシを高密度なロールベールに成形可能なロールベアラと、これに対応したベールラッパを開発し、トウモロコシの省力的な収穫調製作業体系を確立することとした。

5.2 長大型飼料作物の梱包技術の開発

高品質なサイレージ調製が期待でき、ロスの少ないロールベール成形方法を検討するため、長大型作物の収穫調製技術に関する既往の研究成果を調査し、得られた知見を基にタイトバーとベルトを組み合わせたバーチェーン方式の成形室構造を考案した。ベール直径 50cm のミニロールベアラを改造した定置型試験装置を用い、細断した牧草を供試して予備試験を行った結果、この成形室構造により細断材料を少ないこぼれでロールベール成形することが可能であることが明らかとなった。また、ロールベールをトワインによって結束する方法では、材料の切断長が短くなるほどにロールベール放出時のロスが増加することが明らかになったため、ネットによる結束方法を採用することとした。

5.3 試作ベアラ及び試作ラップの開発

- 1) 過去の文献調査及び予備試験で得られた知見等を基に、直径90cmの成形室、フォレージハーベスタから材料を荷受けするためのホッパ、ホッパ内の材料を成形室に供給するための供給コンベア、ネット結束装置から構成された試作ベアラを開発した。フォレージハーベスタをオフセット装着したトラクタにけん引してトウモロコシの収穫作業を行うとともに、ホッパ内の材料を均等に成形室に供給するための分草板を増設するなどの改良を加えた結果、試作ベアラは概ね順調に作業することができた。試作ベアラの所要動力は約16kW、梱包ロス率は平均1.6%であり、ネット結束の有効性が確認された。細断ベールの平均質量は422kg、平均乾物密度は208kg/m³と高密度であった。また、ピックアップ装置を装着したフォレージハーベスタを用いることによって、予乾牧草の収穫にも対応できることが明らかになった。
- 2) 収穫調製作業を2名で能率的に行えるようにするため、崩れやすい細断ベールを拾い上げ、密封できる試作ラップを開発し、その性能を調査した結果、試作ラップは、ベールの両端面を挟持するサイドアームの効果により、平均0.3%という低い密封ロスで速やかに細断ベールを密封できることが確認された。拾い上げの時の所要動力は1.6kW、密封時では0.7kWと小さく、22kWクラスの小型トラクタで十分適用可能であった。

5.4 試作機による収穫調製作業体系の構築

- 1) 1条刈フォレージハーベスタを直装した44kW四輪駆動トラクタにけん引した試作ベアラと22kW四輪駆動トラクタの後部3点リンクヒッチに装着した試作ラップの組み合わせにより約25aの圃場においてトウモロコシの収穫調製作業を行った結果、作業員2名で収穫から密封までの作業を概ね順調に行うことができた。試作ベアラ及び試作ラップの作業能率はともに9.3a/hであった。
- 2) 実用化するためには、試作ベアラでは良好な形状のベールをコンスタントに成形できるよう改良を加えるとともに操作性、機体強度、作業能率の向上を図る必要が認められた。また、開発機の普及を図るため、都府県で広く行われている慣行作業方法のひとつである

フォレージハーベスタのリバース作業へも対応可能となるようにホッパの拡大などの改良を加える必要があることが明らかになった。試作ラップでは、作業能率向上のため、密封時間の短縮化を図る必要があることが明らかになった。

5.5 実用機の開発と現地実証試験

- 1) 実用化を目指したベアラ実用機及びラップ実用機を開発し、気候条件、圃場規模、作業条件等がそれぞれに異なる全国10箇所において実証試験を公的試験研究期間と農家の協力を得て行った。その結果、ベアラ実用機及びラップ実用機は梱包ロス、密封ロス、作業能率で各試作機を上回る性能を示し、ベアラ実用機及びラップ実用機による作業体系（ワンマン作業）の延べ労働時間がタワーサイロ、バンカーサイロ、スタックサイロ体系といった現行の作業体系と比較しておよそ半減する等、実用性が高いことが明らかになった。また、圃場規模や作業条件の違いによって、ベアラ実用機の作業方法がワンマン作業、定置作業、伴走作業と選択可能であること、ピックアップ装置付きハーベスタを用いることにより、牧草収穫にも対応できること等、現地適応性が高いことも明らかになった。
- 2) サイレージの発酵品質は、良好で長期保存性にも優れ、少量ずつ取り出しての利用も可能であることがわかった。材料含水率が高い場合も、発酵品質には影響を及ぼさず、また、ベールに土が付着した場合でも実用面での問題は見受けられなかった。
- 3) ソルガムのサイレージも発酵品質、長期保存性ともに良好であった。また、ローズグラスの細断ベールは、無切断の市販ロールベアラで成形したロールベールと比較して密度が高く、発酵品質に有意な差が認められた。
- 4) 以上、ベアラ実用機及びラップ実用機の性能および機能は実用レベルに達したものと判断され、サイレージの発酵品質も良好であり、平成16年から市販に移され、今後の普及に期待が持たれた。

謝辞

本研究は、平成8年度から10年度まで農林水産省の総

合的開発研究プロジェクト「麦等の新用途・高品質畑作物品種と利用技術の開発」の一部として実施した「長大型作物兼用型カッティングロールベアラの開発」及び平成11年度から13年度まで同プロジェクト研究「転作作物を中心とした高品質畑作物品種と利用技術の開発（平成13年度からは『転作作物を中心とした高品質品種の育成と省力生産技術の開発』と改題）の一部として実施した「微細断型ロールベアラによる長大型作物梱包技術の開発」、並びに、平成13年度から平成15年度まで生物系特定産業技術研究推進機構（生研機構）（現、（独）農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）生物系特定産業技術研究支援センター（生研センター））の21世紀型農業機械等緊急開発事業及び次世代型農業機械等緊急開発事業で実施した「細断型ロールベアラの開発」、「細断型ロールベアラの開発促進評価試験」に関する試験研究の成果をとりまとめたものである。

本研究の遂行に当たり、多くの方々のお力添えを賜った。生研機構木田滋樹元理事、生研センター大森昭彦前理事に温かいご支援を頂いた。生研機構畜産工学研究部元部長八木 茂氏（現、（株）MKコーポレーション）並びに福森 功氏（現、オリオン機械（株））には、研究の円滑な遂行を促す環境を整えて下さるとともに適切なるご指導を頂いた。生研センター畜産工学研究部非常勤職員浜 洋子氏には、研究遂行にあたって多岐にわたるサポートを頂いた。

試作1号機の製作を行うに先立ち、四国農業試験場（現、農研機構近畿中国四国農業研究センター）主任研究官宮崎昌宏氏（現、農研機構中央農業研究センター）には、自らの研究課題について、試作機の実演も交えて貴重な知見をご提供下さるとともに、懇切なるアドバイスを賜った。

試作ベアラ及び試作ラップの試験を行うに当たっては、農研機構畜産草地研究所副所長清水矩宏氏、同家畜生産管理部長小川増弘氏、同飼料生産管理部長舘野宏司氏、農林水産省草地試験場（現、農研機構畜産草地研究所）場長中島阜介氏（現、（独）農業生物資源研究所）、同飼料生産利用部長佐藤純一氏、同栽培工学研究室長糸川信弘氏（現、農研機構中央農業研究センター）、同調製工学研究室長市戸万丈氏（現、農研機構畜産草地研究所）、その後任の村井 勝氏（現、農研機構北海道農業研究センタ

一）、調製工学研究室主任研究官喜田環樹氏、同研究員松尾守展氏、栽培生理研究室長吉村義則氏（現、農研機構畜産草地研究所）、栽培生理研究室主任研究官黒川俊二氏、業務課の方々に多大なご協力とご指導を賜った。さらに、試作ベアラの初期の試験でのサイレージ品質調査については、農林水産省草地試験場（現、農研機構畜産草地研究所）飼料生産利用部飼料調製評価研究室長小林亮英氏、その後任の藤田泰仁氏、飼料調製評価研究室主任研究官蔡義氏（現、同室長）に多大なご尽力を賜った。

ベアラ実用機及びラップ実用機の実証試験では、北海道立根釧農業試験場主任研究員兼酪農施設科長高橋圭二氏並びに業務職員の方々、岩手県農業研究センター畜産研究所飼料生産研究室長川畑茂樹氏、同主任専門研究員増田隆晴氏、米澤健治氏並びに水澤博征氏をはじめとする業務職員の方々、福島県畜産試験場草地飼料部長伊藤純一氏（現、福島県庁）、その後任の佐藤茂次氏、同研究員大槻健治氏、酒井将次氏をはじめとする業務職員の方々、群馬県畜産試験場自給飼料グループリーダー柚木芳雄氏（現、群馬県家畜衛生研究所）、同グループリーダー新井一博氏（現、吾妻肉牛繁殖センター）、同技師茂木浩徳氏（現、群馬県東部農業総合事務所）、前管理長代理北爪治夫氏、新井英雄氏、間庭 進氏、樺澤和行氏をはじめとする業務職員の方々、三重県科学技術振興センター畜産研究部浦川修司氏（現、中央農業改良普及センター）、同平岡啓司氏、同山本泰也氏、同乾 清人氏、吉村雄二氏をはじめとする業務職員の方々、岡山県総合畜産センター大家畜部研究員串田晴彦氏、愛媛県畜産試験場経営室長戒能豪氏（現、愛媛県庁）、同主任研究員村上恭彦氏、同主任業務員上田美徳氏をはじめとする業務職員の方々、熊本県農業研究センター畜産研究所飼料研究室長古閑護博氏、同主任技師網田昌信氏（現、同大家畜研究室）、同技師中島 豊氏をはじめとする業務職員の方々、宮崎県畜産試験場飼養部飼料草地科長小畑 寿氏（現、西諸県農業改良普及センター）、川野耕次氏並びに吉谷 工氏をはじめとする業務職員の方々、岡山県津山地域コントラクター組合代表石原聖康氏並びに福島康仁氏、家畜改良センター業務管理課滑川拓朗氏、同高崎昇氏、同戸上啓一氏、同長田廣一氏、同宗方正美氏に、試験の実施のみならず、試作機の改良に関する適切なアドバイスや現地実演会の企画・実行に至るまで多大なる

ご協力、ご尽力を賜った。各位のプロフェッショナルな仕事への取り組みの姿勢には大いに感銘を受け、尊敬を込めて感謝申し上げる。

また、平成14年度日本草地学会研究奨励賞受賞に際しては、独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構畜産草地研究所家畜生産管理部長小川増弘氏、同飼料生産管理部長館野宏司氏、前新潟県妙法育成牧場長今井明夫氏に多大なご指導、ご支援を賜った。

さらに平成18年度畜産大賞研究開発部門最優秀賞受賞に際しては、社団法人日本草地畜産種子協会会長浅野九郎治氏、日本草地学会会長菅原和夫教授に多大なご指導、ご支援を賜った。この他、細断型ロールベアラ及びベールラップが実用化し、普及段階にある現在もなお、多岐にわたる分野の様々な立場の方々から厚いご支援、ご協力を賜っている。ここに記して深甚の感謝の意を表す。

本論文の基となった学位論文の作成に当たっては、東京農工大学笹尾 彰教授にご指導とご校閲を賜った。謹んで御礼申し上げます。また、東京農工大学澁澤 栄教授、同酒井憲司助教授、茨城大学森泉昭治教授、宇都宮大学志賀 徹教授には貴重なご助言とご校閲を賜った。深く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 高野信雄・佳山良正・川鍋祐夫：粗飼料・草地ハンドブック，養賢堂，584-585，1989
- 2) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：1995年版日本標準飼料成分表，中央畜産会，113-170，1995
- 3) 農産漁村文化協会：畜産全書飼料作物，201，1983
- 4) 農林水産省農林水産技術会議事務局編：サイレージ用トウモロコシに対する堆厩肥及び加里の施用方法，新しい技術，第3集，103-107，1986
- 5) 志藤博克・山名伸樹：青刈りトウモロコシの省力化収穫調製技術の開発（第1報）—細断型ロールベアラの開発，農業機械学会誌，64(4)，96-101，2002
- 6) 志藤博克・山名伸樹：青刈りトウモロコシの省力化収穫調製技術の開発（第2報）—ベールラップの開発と収穫調製体系の作業能率，農業機械学会誌，66(3)，105-110，2004
- 7) 志藤博克・山名伸樹：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)，610-614，2002
- 8) 山名伸樹・志藤博克・亀井雅浩・(株)タカキタ：長大型作物細断収穫用ロールベアラ，平成10年度研究成果情報—総合農業，376-377，農業研究センター，1999
- 9) 志藤博克・山名伸樹・澁谷幸憲：細断ロールベール対応型ベールラップ，畜産草地研究成果情報，No.1，259-260，畜産草地研究所，2002
- 10) 志藤博克・高橋仁康・澁谷幸憲・山名伸樹・福森 功・(株)タカキタ・スター農機(株)：細断型ロールベアラ，畜産草地研究成果情報，No.3，211-212，畜産草地研究所，2004
- 11) 中央酪農会議：1日あたり労働時間，酪農全国基礎調査，124-129，1996
- 12) 平田 晃：搾乳ユニット自動搬送装置，畜産の研究，57(2)，9-14，2003
- 13) 中央酪農会議：ふん尿の利用状況，酪農全国基礎調査，44-46，2002
- 14) 志賀一一・藤田秀保・徳永隆一・吉原大二：作物別施用可能量，酪農における家畜ふん尿処理と地域利用，酪農総合研究所，86-93，2001
- 15) 畜産環境整備機構：畜産環境実態調査報告書—スウェーデン，デンマークおよびオランダ，31-54，2000
- 16) 石田元彦（共著）：牛になぜ粗飼料が必要か，粗飼料生産のシステム化と機械，デーリイマン臨時増刊号，デーリイマン社，20-23，1998
- 17) 農林水産省生産局畜産部畜産振興課：飼料作物生産の推移，飼料作物関係資料，25，2006
- 18) 農林水産省生産局畜産部畜産振興課：飼料作物作付面積，飼料作物関係資料，208，2006
- 19) 農林水産省生産局畜産部畜産振興課：粗飼料の国別輸入量と価格，飼料作物関係資料，74-75，2006
- 20) 中央酪農会議：飼料作付け面積非拡大理由，酪農全国基礎調査，82，1999
- 21) 増井和夫：畜産物の安全性の確保と環境保全型畜産，飼料自給戦略—基本と実際，デーリイマン臨時増刊号，デーリイマン社，10-13，2002
- 22) 農林水産省生産局畜産部：飼料増産推進計画，5，2000
- 23) 須藤純一（共著）：北海道における放牧酪農経営，飼料自給戦略—基本と実際，デーリイマン臨時増刊号，デーリイマン社，100-105，2002

- 24) 農林水産省生産局畜産部：飼料生産の組織化・外部化等の推進，飼料増産推進計画，5，2000
- 25) 生物系特定産業技術研究推進機構：トウモロコシ収穫調製作業の省力化に関する意向調査，17-19，2002
- 26) 農林水産省統計情報部：牛乳生産費，平成 14 年畜産物生産費，44-45，2003
- 27) 山名伸樹：草地・飼料作用機械，機械化農業，1989(9)，118-122，新農林社，1989
- 28) 農林水産省統計情報部：販売目的で家畜を飼っている農家数と飼養頭数(1)乳牛，2000 年世界農業林業センサス経営部門別農家統計報告書，20，2000
- 29) 農林水産省統計情報部：経営耕地面積規模別農家数，2000 年世界農業林業センサス経営部門別農家統計報告書，24-25，2000
- 30) 五十嵐弘昭・増子孝義：自給粗飼料の有効活用ーその 1ー自給粗飼料生産の現状と問題・課題，デーリィ・ジャパン，2000(7)，デーリィ・ジャパン社，69-76，2000
- 31) 北村 誠・山名伸樹・奥井和致：青刈りトウモロコシの小型収穫機に関する研究，農業機械化研究所研究成績，55(2)，135-143，1981
- 32) 高野信雄・増田治策：ホールクロップサイレージ調製利用技術の開発に関する研究Ⅱ．トウモロコシ及びソルガムの収穫法並びに切断長がサイレージ品質に及ぼす影響，草地試験場研究報告，第 22 号，69-73，1982
- 33) 森本一隆・田中巧・千代隆行・妻由道明・桑田幸人・田川佳男：トウモロコシのラップサイレージ作業体系，鳥取畜試研報 25，1-4，1996
- 34) 宮崎昌宏，岡崎紘一郎，長崎裕司：ミニロールラッピング処理装置の開発(第 1 報)，農作業研究，28(2)，109-114，1993
- 35) 宮崎昌宏，猪之奥康治・石束宣明・長崎裕司・田中宏明・角川 修：ミニロールラッピング処理装置の開発(第 2 報)，農作業研究，34(4)，269-276，1999
- 36) Ian Marshall：Round Baler Round-Up，Powerfarming，Feb. 1985，12-16，1985
- 37) 玉城勝彦・諏澤健三・大谷隆二：切断牧草の堆積見掛け密度，草地飼料作研究成果最新情報，4，61-62，1989
- 38) 亀井雅浩・山名伸樹：小形ロールベアラの梱包特性，農業機械学会誌，60(2)，111-116，1998
- 39) Liljedahl, J. B., et al., Measurement of Shearing Energy, AGRI. ENGNG, 42(6), 298-301, 1961
- 40) 高野信雄，佳山良正，川鍋祐夫：粗飼料・草地ハンドブック，養賢堂，602，1989
- 41) 日本農作業研究会編：トウモロコシ圃場の枕地刈り作業，農作業便覧，244，1985
- 42) 志藤博克・高橋仁康・山名伸樹・澁谷幸憲・奥村政信・正田幹彦・福森宏一・上村雄二・只野克紀・玉森幸雄・高田雅透・福森功：青刈りトウモロコシの省力化収穫調製技術の開発(第 3 報)ー試作 2 号機の開発と実用化試験，農業機械学会誌，67(3)，106-113，2005
- 43) 志藤博克・高橋仁康・澁谷幸憲・山名伸樹：細断型ロールベアラで調製したサイレージの発酵品質，日草誌，51(1)，87-92，2005

Summary

Developmental Study on Roll Baler for Maize and Sorghum

Hirokatsu SHITO, Nobuki YAMANA, Yukinori SHIBUYA, Masahiro KAMEI,
Kimiyasu TAKAHASHI, Masanobu OKUMURA, Mikihiro SHODA,
Koichi FUKUMORI, Yuji UEMURA, Katsunori TADANO, Yukio TAMAMORI,
Masato TAKATA

The purpose of this research is to develop a new maize harvesting and ensiling operation system which minimizes the work force and secures high-quality ensilage. In order to achieve this purpose, we investigated, first of all, the present status of dairy farming management, roughage production, and production technology for maize and sorghum, through which to set forth our development objective. Based on the knowledge acquired through thorough investigation of existing technical reports and our preliminary examinations, we constructed prototypes of roll-baler and wrapper, and found that they could pick up and wrap shortly cut roughage (cutting length was approx. 1cm). From the test results of the prototypes, we found how they should be improved, and developed practical models. With a view to verify the practicality of these new machines, on-site proof tests were carried out at ten different fields throughout Japan under various weather conditions, field scales and work conditions. Here, machine performance and fermentation quality of silage were surveyed. Adaptability of the machines for grass was also surveyed.

The accomplishment of this research was accredited by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries as a key-technology: the Ministry authorizes such technology as a key-technology, that is evaluated to be effective for the implementation of the plans based on "The Basic Law on Food, Agriculture and Rural Areas", and that was developed under cooperation of the administration, public research institutions, concerning organizations and private companies. The developed machines were commercialized in the spring of 2004.

1. Status and development objective of dairy farming management and roughage production

1) In Japanese dairy farming, the number of livestock tends to increase while the

number of farming families is decreasing in recent years. Furthermore, the productivity of milking from cows has been improved to internationally high level. Dairy farmers now spend longer hours on raising livestock and hence do not have enough time for fodder production and excreta disposal. As a result, the resource cycle of soil-grass-cow has been interrupted. Many farmers are forced to rely on purchased feed and spend a large amount of money on excreta disposal, which is a rather unnatural style of management. A farmer must obtain high-quality roughage in order to maintain milk productivity. Self-sufficient production costs less, ensures high-quality roughage and also enables to put back the composted excreta into his field, which will improve the management. Labor saving in livestock raising is essential to re-establish the resource cycle. Automated transport system of milking units for stall-type cowsheds, which was co-developed by IAM-BRAIN and a private company and has been on the market since 2003, enables one person to milk fifty cows in one hour, and is expected to gain popularity in the future. On the other hand, labor saving in fodder production is also essential. Though fodder maize is regarded as one of the most suitable fodder crops in Japan because of its high nutrition, high yield and good absorption of nitrogen, there exist several difficulties in maize production such as: five to six people are required to carry out harvesting and ensiling works efficiently, and silo stacking is a very hard work because it has to be done by hand and often in hot weather. In addition, harvesting and ensiling efficiency is low in most prefectures except Hokkaido because fields are small and scattered. Thus, the planted acreage of maize has been decreasing in recent years; some 35,000 ha have been lost in the last ten years. Increasing self-sufficiency in feed will not be easy without increased maize planting, and therefore labor saving in harvesting and ensiling is urgently required.

- 2) In grass production, the introduction of roll balers and bale wrappers has enabled just two workers to perform the work efficiently. Moreover, roll balers and bale wrappers have eliminated the need for manual silo stacking and have become very popular in Japan. After their usefulness in grass ensiling was widely recognized, we were often asked about the possibility of utilizing them in harvesting and ensiling of shortly cut maize. In response to such demand, we decided to develop a new roll baler and corresponding bale wrapper. The roll baler is to wrap maize, which is cut into pieces of about 1cm by a forage harvester, into high-density roll bales. We had also a plan to develop a related labor-saving harvesting and ensiling work system for maize.

2. Investigating production technology for maize and sorghum

In order to investigate ways to form roll bales which produce high-quality ensilage with less losses, we examined existing research reports on harvesting and ensiling technology for maize and sorghum. Using thus acquired knowledge, we designed a forming chamber of so-called bar-chain type; the functioning elements inside the chamber are a set of two circular chains connected to each other by tight-bars and a wide belt at inside of the tight-bars to prevent fodder chips from falling out. We made a stationary test device converting a mini-roll baler with 50cm bale diameter, and carried out preliminary examinations on baling grass. The results clarified that this forming chamber would enable to form roll bales of cut grass without much losses. And we found also that if roll bales were bound with twine, the losses, which caused when roll bales were released, clearly increased as the cut pieces became shorter. Therefore, net binding was employed.

3. Developing the test chamber

- 1) Based on the knowledge acquired through the investigation of existing reports and the preliminary examinations, we constructed a prototype baler, which consisted of a 90cm diameter bale forming chamber, a hopper to receive materials from forage harvester, a feeding conveyer to feed materials inside the hopper to the forming chamber, and a net binding device. This was pulled by a tractor equipped with a forage harvester to harvest maize, and more sheets for distributing grass were installed so that materials inside the hopper were fed to the forming chamber more evenly. With such improvements, the prototype baler worked well on the whole. The required power for the prototype baler was about 16kW, and the average production loss was 1.6%, which verified the effectiveness of net binding. The average mass of the bales was 422kg, and the average dry matter density was as high as 208kg/m³. Furthermore, it became clear that the baler could be applied to harvesting wilting herbage by using a forage harvester equipped with a pick-up device.
- 2) We developed a prototype wrapper that could pick up and wrap bales of shortly cut roughage so that harvesting and ensiling work could be done efficiently by just two people, and evaluated its performance. We found that the prototype wrapper could wrap the bales promptly with quite low wrapping loss of 0.3% on average, using side arms that pinched both ends of the bales. Required power was only 1.6kW for picking up and only 0.7kW for wrapping. This was low enough for a 22kW class tractor.
- 3) We conducted a test on maize harvesting and wrapping in a 25a field using the

prototype baler and wrapper together. Here, the baler was pulled by a 44kW four-wheel tractor with a single-row forage harvester and the wrapper was connected to the rear three-point hitch of a 22kW four-wheel tractor. With this combination of machines, two workers could sufficiently manage almost all works from harvesting to wrapping. The work rate of both the prototype baler and wrapper was 9.3a/h.

- 4) To make the baler more practicable, the prototype was to be improved in its maneuverability, strength and work efficiency, and some additional improvements were found necessary to form better bales with more consistency. For the compatibility of the baler with conventional harvesting works, in which a forage harvester is attached to the rear and a covered wagon or a loader bucket is attached to the front of the tractor, it is necessary to enlarge its hopper so as to be able to receive the packs from the hood wagon or the loader bucket. These improvements are necessary for widespread application of the new machine. It also became clear that the wrapping time of the prototype wrapper should be shortened.

4. Developing the practical machine; on-site proof tests

- 1) Practical models of baler and wrapper were developed and submitted to proof tests at ten different fields throughout Japan under various weather conditions, field scales and work conditions in cooperation with public experiment stations and farmers. These machines exhibited better performance than the prototypes with regard to production loss, wrapping loss and work efficiency. For example, total labor time of the work system with these machines (one-man operation) was about half of that of such conventional work systems as with tower silos, bunker silos, or stack silos. The baler was clearly quite practicable, and especially its high adaptability to local needs was made clear. This was demonstrated by the fact that the work style of the baler could be selected among stationary work, one-man operation or escort driving, according to the differences in field scales or work conditions and that it could be applied also to harvesting grass by using a harvester with a pick up device.
- 2) The silage had good fermentation quality, could be stored satisfactorily for a long time, and could be used little by little; even a high moisture content did not influence the fermentation quality. Soil on the bales did not seem to present practical problems.
- 3) The silage quality of some other fodder crops, baled and wrapped by our machines, was investigated. Sorghum silage exhibited good results in both fermentation quality and long-term storage. The bales of cut rhodesgrass had higher density than the roll

bales formed by a currently marketed roll baler which bales without cutting grass, and the fermentation quality of our bales was good. Concerning oats, the density of bales made by our machine was as high as twice of those made by the commercial baler, but no differences was observed between the fermentation quality of both bales. More test examples might be necessary.

- 4) The performance and functions of our machines were sufficient for practical application, and the fermentation quality of the silage was good enough; these facts prove our machines to be highly promising so it is anticipated that these machines will prevail in fodder crop farms in the near future.

Tech. Rep., Inst. of Agric. Mach. 35: 1-49 (2007)

本報告の取扱いについて

本報告の全部又は一部を無断で転載・複製
(コピー) することを禁じます。
転載・複製に当たっては必ず原著者の許諾
を得て下さい。

農業機械化研究所研究報告 第 35 号

平成 19 年 2 月 印刷・発行
頒価 878 円(本体価格 837 円)

Technical Report of the Institute
of Agricultural Machinery No.35

〒331-8537
埼玉県さいたま市北区日進町 1 丁目 40 番地 2

独立行政法人 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
農業機械化研究所

1-40-2, Nisshin, Kita, Saitama-city, Saitama
331-8537 JAPAN
URL: <http://brain.naro.affrc.go.jp/iam/>

Institute of Agricultural Machinery
Bio-oriented Technology Research Advancement Institution
National Agriculture and Food Research Organization

印刷・製本 / ニッセイエブプロ株式会社