

委託試験成績（平成24年度）

担当機関名 部・室名	地方独立行政法人青森県産業技術センター 畜産研究所 酪農飼料環境部																																							
実施期間	平成24～25年度																																							
大課題名	Ⅲ 水田を活用した資源作物の効率的生産・供給技術の確立																																							
課題名	汎用飼料コンバインベアラを利用したイネホールクroppサイレージの調製技術と多様な飼料作物への適応性の検討																																							
目的	<p>休耕水田の有効活用と飼料自給率の向上は喫緊の課題であり、これらを解決する方法として、飼料イネの栽培が推進されている。この飼料イネの収穫においては、コンバイン型専用収穫機やフレール型コンバインベアラを活用した体系が実用化されているものの、既存の収穫機については収穫作業時のロス、作業能率の低さ、土壌水分が高い水田における土砂混入等の問題点が指摘されている。</p> <p>本課題では、現在開発中の汎用飼料コンバインベアラ（レシプロモア・リールヘッダ式刈取機構）の作業性能を調査するとともに、既市販機との比較で上記問題点を整理し、課題を抽出する。</p>																																							
担当者名	佐藤 義人																																							
1. 試験場所	青森県十和田市深持地区																																							
2. 試験方法	<p>1) 供試収穫機名（機種の詳細は表1のとおり）</p> <p>① 対照区（対照機）：ヤンマー社製YWH1500</p> <p>② 試験区（試験機）：ヤンマー社製WH2000</p> <p>2) 栽培条件</p> <p>ア. 圃場条件</p> <p>水田（土壌群：黒ボク土、土壌統群：表層腐植質黒ボク土、土壌統：十和田） 排水：良（一部不良の調査圃有り）</p> <p>イ. 栽培の概要</p> <p>① 品種名：べこごのみ</p> <p>② 播種方法：鉄コーティング種子直播</p> <p>③ 播種期：24年5月29日～6月2日</p> <p>④ 施肥：基肥；マティコート（15-20-15）現物40kg/10a 追肥；なし</p> <p>⑤ 除草：6月上旬；キックハイ1キロ粒剤 7月上旬；クリンチャーバースME液剤</p> <p>⑥ 収穫期：平成24年9月18～20日</p> <p>3) 収穫・調製</p> <p>ア. 収穫作業体系</p> <p>コンバインベアラで刈取・梱包し、自走式ベールラップで密封。</p> <p>【使用機械】コンバインベアラ：上記2機種 自走式ラッピングマシン：スター社製JWM1500</p> <p>イ. 調製</p>																																							
	<p>表1 供試収穫機の諸元</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">収穫機</th> <th>試験機</th> <th>対照機</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">機体</td> <td>全長</td> <td>5840</td> <td>4435</td> </tr> <tr> <td>寸法</td> <td>2350</td> <td>2436</td> </tr> <tr> <td>(mm)</td> <td>2780</td> <td>2375</td> </tr> <tr> <td colspan="2">機体質量(kg)</td> <td>4491</td> <td>3767</td> </tr> <tr> <td colspan="2">エンジン出力(kw)</td> <td>53.3</td> <td>60.7</td> </tr> <tr> <td colspan="2">作業速度(m/s)</td> <td>1.64</td> <td>1.64</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">刈取部</td> <td>刈取方式</td> <td>レシプロモア・リールヘッダ式</td> <td>フレール式</td> </tr> <tr> <td>刈り幅(mm)</td> <td>2060</td> <td>1500</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ロールベールサイズ(径*幅cm)</td> <td>100*100</td> <td>100*86</td> </tr> </tbody> </table>			収穫機		試験機	対照機	機体	全長	5840	4435	寸法	2350	2436	(mm)	2780	2375	機体質量(kg)		4491	3767	エンジン出力(kw)		53.3	60.7	作業速度(m/s)		1.64	1.64	刈取部	刈取方式	レシプロモア・リールヘッダ式	フレール式	刈り幅(mm)	2060	1500	ロールベールサイズ(径*幅cm)		100*100	100*86
収穫機		試験機	対照機																																					
機体	全長	5840	4435																																					
	寸法	2350	2436																																					
	(mm)	2780	2375																																					
機体質量(kg)		4491	3767																																					
エンジン出力(kw)		53.3	60.7																																					
作業速度(m/s)		1.64	1.64																																					
刈取部	刈取方式	レシプロモア・リールヘッダ式	フレール式																																					
	刈り幅(mm)	2060	1500																																					
ロールベールサイズ(径*幅cm)		100*100	100*86																																					

- ① 予乾：無し ② 乳酸菌等添加：無し ③ ラップ巻数：6層巻

3. 結果

1) 作業効率

① 走行及び作業速度

各収穫機の運転席近くにGPSロガー（GARMIN社製eTrex Legend HCx）を置き、2秒間隔で軌跡を記録、圃場間移動のための走行時及び水田での収穫作業時における直進部分を任意に複数箇所抽出し、その平均速度を算出した。

走行速度（アスファルト上）は試験機が7.88km/hと対照機の4.54km/hに比して約1.7倍高速であった。作業速度は試験機が4.82km/hと対照機の3.82km/hに比して1.3倍程度速く、これに刈り幅をかけた刈取面積はそれぞれ99.4a/hと57.2a/hとなり、試験機の作業能率は対照機の1.7倍と算出された（表2）。

② 時間当たり作業面積

GPSロガーで計測を行った圃場6筆（試験機：4筆、対照機：2筆）について、作業時間及び圃場内走行距離から時間当たりの作業面積等を算出した。

試験機は圃場面積当たりの走行距離が対照機に比して66%と少なく、圃場の角での切り返しやバール放出時の停止等を含めた平均走行速度は、試験機が2.6km/hと対照機の1.7km/hに比して約1.5倍高速であった。その結果、時間当たりの作業面積は試験機が対照機の2.5倍となった。

2) バール形状

刈り取った原料を対照機はシュート部に、試験機はカッタ部に一度集め、成形室に送り込む機構となっており、成形されたバールの径が左右で異なることが懸念された。このことから、バールの円周を測定し歪みの程度を調査した。

いずれの機種もベアラ右側（運転席側）に原料草が集まる傾向があり、円周が大きくなった（表4）。しかしながら、その差は2%以内に収まっており、発酵品質や多段積みの保管の際にも影響はないものと思われた。

3) 土砂の混入及び付着程度

フレール式の刈取機構では、土砂の掻き上げ、吸引が起こりやすく、これによりサイレージの発酵品質の低下を招きやすいとされる。

今年度は、収穫前に降雨が少なく土壌水分が低かったため、対照機での収穫においても土砂の混入は見られなかった。しかしながら、いずれの機種においてもバール放出時にはバール表面への土壌の付着は避けられなかった。

4) 圃場内における収穫ロス

バール1個を収穫する際に生じる各収穫機の収穫ロスを、刈取・成形時及び放出時とに分けて調査した。刈取・成形時ロスはコンバインベアラの成形室下部にビニールシートを設置したまま追従して歩き、ビニールシートで受けた損失物を秤量した。放出時ロスは、コンバインベアラ後部に敷いたビニールシート上にネット結束後のバールを放出し、落下衝撃によるバール欠損及び成形室内部からこぼれるイネを秤量した。

調査圃場は圃場No6及び8であり、収穫時のイネの草丈、穂部水分、乾物中に占める穂部の割合に差はなく、熟期は同等と判断された。

両機種とも刈取・成形時及びバール放出時には収穫ロスが見られたが、その量は試験機が明らかに多く、刈取・成形時では約7倍、放出時では約3倍の量であった。収穫ロス率は試験機が対照機の約4倍の9.3%と高く、刈り取ったイネの9割しか収穫できな

いことが明らかとなった。

損失物を秤量後、手作業で子実（モミ含む）とその他の部位に分けそれぞれ秤量し、全体に占める子実の割合を求めた。刈取・成形時における対照機の損失物の子実割合は55%であり、収穫時の穂部割合58%と同等であったことから、刈取後成形室に送られたイネの茎葉部と子実部が均一にこぼれていることが分かった。一方、試験機の損失物は92%が子実であり、茎葉部は成形室に留まり子実が優先的にこぼれていることが明らかとなった。放出時の損失物については、両機種とも子実割合が高かったが、試験機のほうが高い傾向が伺えた。

前述のとおり、収穫したイネは熟期が同等であり、試験機で収穫したイネのみが脱粒しやすいとは考えられず、機種間においてこのような差が出たことは刈取、細断機構の差、または成形室の構造の違いによるものと考えられたが、詳細は不明であった。

5) 収穫機械改良の効果

試験機は刈取・成形時において、成形室が満量に近づき内圧が高くなるにつれ、リアチャンバが徐々に開口することで損失量が多くなることが観察された。このことから、試験機に若干の改良を加え供試した。改良は2種類の方法を試みた。1つめは、成型室内の圧力によるリアチャンバの開口程度を小さくするようスプリングを強化する方法、もう1つは、リアチャンバが開口しても原料がこぼれないように開口部を板バネでふさぐ方法をとった。

① スプリング強化の効果

スプリングを強化した場合、リアチャンバの開口は小さくなったが、やはり満量が近づくと徐々に損失が多くなる状況が観察された。刈取・成形時の損失量は、改良前の状態に比して3分の1程度にまで減少したが、それでも対照機よりも多く、子実の占める割合は改良前と変わらなかった。放出時の損失は改良前よりやや増加した。このときの子実割合が改良前よりも少ない理由については、穂部及び茎葉水分が高く稲の生育ステージが若かったことが理由の一つとして考えられたが、スプリング強化が関与しているかは不明であった。

② 板バネの効果

ペーラ開口部に板バネを付けた場合、スプリングの強化と同様に刈取・成形時の損失は低下し、放出時の損失は増加した。

6) サイレージの品質

24年12月までに8圃場から得られたサイレージを開封し、pH測定の他、臭気、カビの発生程度を調査するとともに、近赤外線分析計による飼料成分分析を行った。

収穫機械による発酵品質に差はなく、牛の嗜好性も良好であった。

図1には、サイレージ水分と繊維成分であるADF（酸性デタージェント繊維）及びNDF（中性デタージェント繊維）との関係を示した。サイレージの水分が高ければ原料イネの水分も高く生育ステージが若いと考えられ、繊維成分含有率に何らかの傾向が見られると推測される。現時点ではサンプル数が少ないことから、これらの傾向は判然としないものの、収穫機械による差は歴然と生じた。対照機で収穫・調製したサイレージの繊維成分は、サイレージの水分によらず試験機よりも低くなった。これは、収穫ロスの項で述べたとおり、試験機の損失の多くが子実であり、すなわち繊維成分を多く含む茎葉の比率がベール内で高まったため、サイレージの繊維成分も高まったものと考えられた。

4. 主要成果の具体的データ

表2 走行及び作業速度と刈取面積の比較

収穫機	試験機	対照機	比
刈り幅(m)	2.06	1.50	1.37
走行速度(km/h)	7.88	4.54	1.74
作業速度(km/h)	4.82	3.82	1.26
刈取面積(10a/h)	9.94	5.72	1.74

注) 比は対照機を1としたときの試験機の指数

表4 ベール形状(n=6)

収穫機	ベール円周(cm)			比
	右	左	差	
試験機	343.0	336.9	6.1	1.018
対照機	320.1	315.7	4.4	1.014

注) 比は右の円周を左の円周で割った値

表3 収穫機別作業速度

収穫機 圃場No	試験機					対照機			比
	9	11	26	27	平均	10	12	平均	
圃場面積(m ²)	4,108	2,000	1,716	2,412	2,559	1,442	4,000	2,721	
作業時間(時間)	1.34	0.97	0.56	0.37	0.81	1.16	2.42	1.79	
圃場内走行距離(km)	3.3	1.8	1.8	1.1	2.0	1.8	4.7	3.3	
面積当たりの走行距離 (km/10a)	0.80	0.90	1.05	0.46	0.80	1.25	1.18	1.21	0.66
平均走行速度(km/h)	2.5	1.8	3.2	3.0	2.6	1.6	1.9	1.7	1.51
平均作業面積(10a/h)	3.1	2.1	3.1	6.6	3.7	1.2	1.7	1.4	2.55

注) 比は対照機を1としたときの試験機の指数

表5 収穫機別・改良方法別圃場内ロス量

収穫機 改良方法	WH2000		比	WH2000			
	改良前	—		スプリング	板バネ	板バネ	
圃場No	No8	No6		No11	No26	No27	
面積(m ²)	2,056	1,030		2,000	1,716	2,412	
収穫月日	9月18日	9月18日		9月19日	9月20日	9月20日	
草丈	86	87	1.00	86	94	99	
坪刈り収量(kg/10a)	1,596	1,910	0.84	1,478	2,271	3,394	
収穫時 のイネ の状態	穂部水分	35%	37%	47%	29%	27%	
	茎葉水分	70%	73%	75%	69%	72%	
	全体水分	56%	60%	64%	54%	56%	
	現物穂部割合	40%	36%	37%	38%	37%	
	乾物穂部割合	59%	58%	56%	58%	61%	
ベール重量(kg/個)	377	258	1.46	404	350	352	
刈取・成形時(kg/個)	33.0	4.6	7.25	12.4	14.3	12.3	
ロス中子実割合(DM%)	92%	55%	1.68	90%	89%	93%	
収穫 ロス	放出時(kg/個)	5.6	1.9	3.00	6.8	7.7	7.1
	ロス中子実割合(DM%)	82%	72%	1.13	73%	86%	85%
	収穫ロス合計(kg/個)	38.6	6.4	6.02	19.2	22.0	19.3
	収穫ロス率(%)	9.3%	2.4%	3.83	4.5%	5.9%	5.2%

注1) 比は圃場No6または対照機を1としたときの圃場No8または試験機(改良前)の指数

2) 収穫ロス率=収穫ロス合計/(ベール重量+収穫ロス合計)

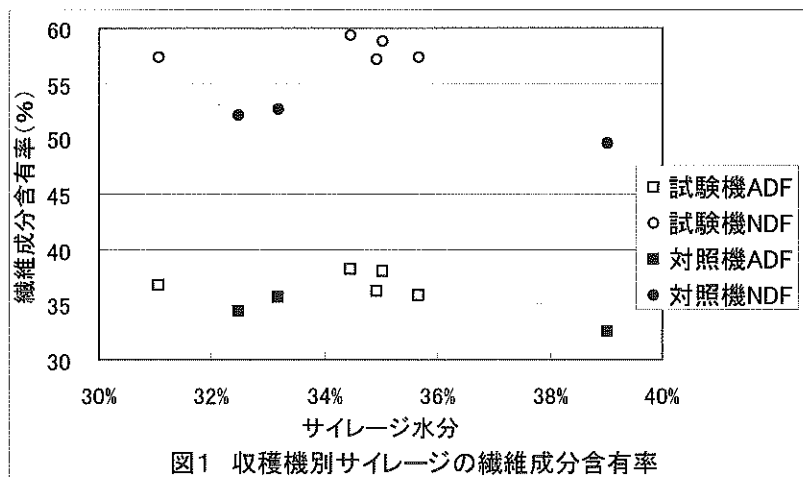


図1 収穫機別サイレージの繊維成分含有率

5. 経営評価

試験機は対照機に比して作業効率では2.5倍、圃場間移動速度で1.7倍と高性能であり、1台当たりの作業負担面積は2倍以上に拡大可能と考えられた。しかし、収穫ロス率が対照機の約4倍の9.3%と高く、このことは10a当たり4万円程度とされる飼料イネの栽培管理費の1割弱を圃場に捨てていることとなり、看過できない値であった。さらに、収穫ロスの多くを子実が占めており、このことは、飼料価値を減ずるのみならず、翌年の水田管理にも支障を来すことから、経営負担が加重されると考えられた。

6. 利用機械評価

供試した試験機は既に市販されている対照機に比して、エンジン出力は小さいながら作業効率は著しく高かった。収穫作業の効率化を可能とした要因は、高速な作業速度と広い刈り幅の他に、刈り幅と機体幅がほぼ等しくロールベール幅はこれらよりも小さい機体構造にあると考えられた。すなわち、収穫作業中に成形室が満量になるとその場に停止しベール結束・放出を行い、再び収穫作業を行うことが可能であった。一方、対照機の刈り幅は機体幅よりも狭いことから、結束したベールを放出する際には次週の刈取りの進路をふさがないように、斜め後方に逆進してからベールを放出する必要があった。さらに、畦畔に近いところまで作付けされているなどベールを放出するスペースが確保できない場合などは、前週のベールが進路をふさぐ状態となり、刈り残しを余儀なくされる状況があった（写真1）。この場合、全面刈取り後逆回りで刈り残しを刈り取ることとなり作業効率は低下した。

試験機は高い作業効率を有する反面、収穫ロスが多いことが課題として挙げられた。刈取・成形時のロス量の違いは収穫機械の成形室にあると考えられた。試験機、対照機ともスチールローラ式の成型機構であるが、試験機は一般的なロールベアラを、対照機は細断型ロールベアラをベースにしていると推察され、試験機ではリアチャンバのスチールローラ外部にこぼれ防止のシートを具備しているものの、ローラの隙間からのこぼれ量は多くなった。さらに、成形室が満量に近づき内圧が高くなるにつれ、リアチャンバが徐々に開口することで損失量が多くなることも観察された。リアチャンバのスプリング強化やこぼれ防止の板バネの設置により収穫ロス量は低減したものの対照機の2倍程度のロスがあり、この差は簡易な改良では埋められず成形室の構造そのものの変更が必要と考えられた。

また、放出時のロス量の違いについては、ベール幅とネット幅の差によるところが大きいと考えられた。対照機がベール幅86cmに対してネット幅が100cm、試験機はそれぞれ100cm、100cmである。つまり、対照機では成型したベール左右の縁を余剰なネット7cm分（ $(100-86)\text{cm}/2$ ）が包み込む機構となっているのに対し、試験機ではネットに余裕がないためにベールの縁の部分の損失が多くなったものと推察され、120cm幅のネットで結束する事により損失が低減する可能性が示唆された。

7. 考察

試験機は、走行速度、作業速度、作業効率とも対照機よりも優れる性能を有していた。ロールベール放出時における斜め後方への逆進の必要がないことや広い刈り幅を有することは、作業効率を向上させるだけでなく、圃場での繁雑な作業が少ない分オペレータへの負担の軽減にもつながるものと推察され、また、キャビン仕様であることからオペレータの快適性も確保されているものと考えられた。更に、複数の水田を順次移動し

ながらの作業を余儀なくされる飼料イネの収穫において、走行速度の高速化は大きなメリットであり、この点においても試験機は優れた性能を持っていた。

しかしながら、収穫ロス是对照機よりも著しく多く、この損失物の9割程度を子実が占めた。子実の損失は、栽培管理費の無駄、飼料価値の低減に留まらず、漏生イネにより翌春の作付けに支障が生じる場合もある。借地により生産規模を拡大することが多い飼料イネの生産現場においては、翌年の飼料イネの作付けが約束されていない場合も想定され、漏生イネの発生はできるだけ抑える必要がある。大平（東北農業研究センター）らは、飼料イネの生産現場では漏生イネ対策が喫緊の課題としている。

以上より、当試験に供試した試験機は対照機に比して優れた作業性を有するものの、収穫ロス低減の改良無しに実用化は困難と考えられた。

8. 問題点と次年度の計画

今年度は湿田での調査が行えなかったことから、次年度は落水時期の調節等により土壤水分が高い状態において反復調査を行う。

また、エン麦等麦類への適応性についての検討を行う。

9. 参考写真等



写真1 対照機による刈取り
(バールが進路をふさいだ状態)

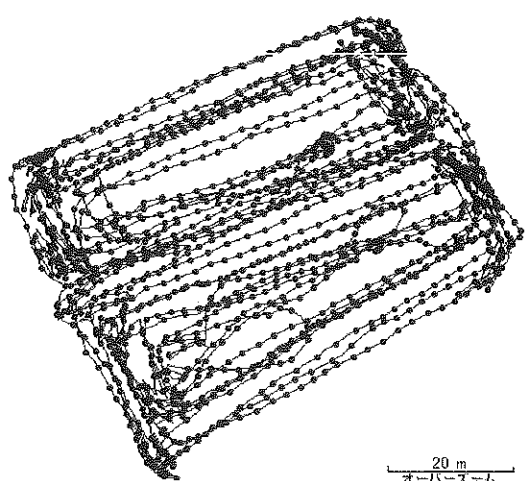


図1 GPSロガーで記録した
走行軌跡の例



写真2 刈取り・成形時収穫
ロスの調査状況

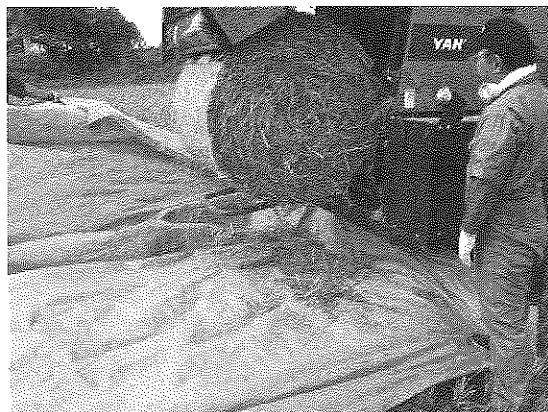


写真3 放出時収穫ロスの調査状況