

子実トウモロコシの収穫技術の現状と課題

農研機構 畜産研究部門
阿部 佳之

NARO

本日の内容



1. 子実用トウモロコシの収穫時期
2. 子実用トウモロコシの収穫機械
3. 汎用コンバインによる収穫作業
4. これまでに分かったことと今後の課題

1. 子実用トウモロコシの収穫時期
2. 子実用トウモロコシの収穫機械
3. 汎用コンバインによる収穫作業
4. これまでに分かったことと今後の課題

3

子実トウモロコシとは

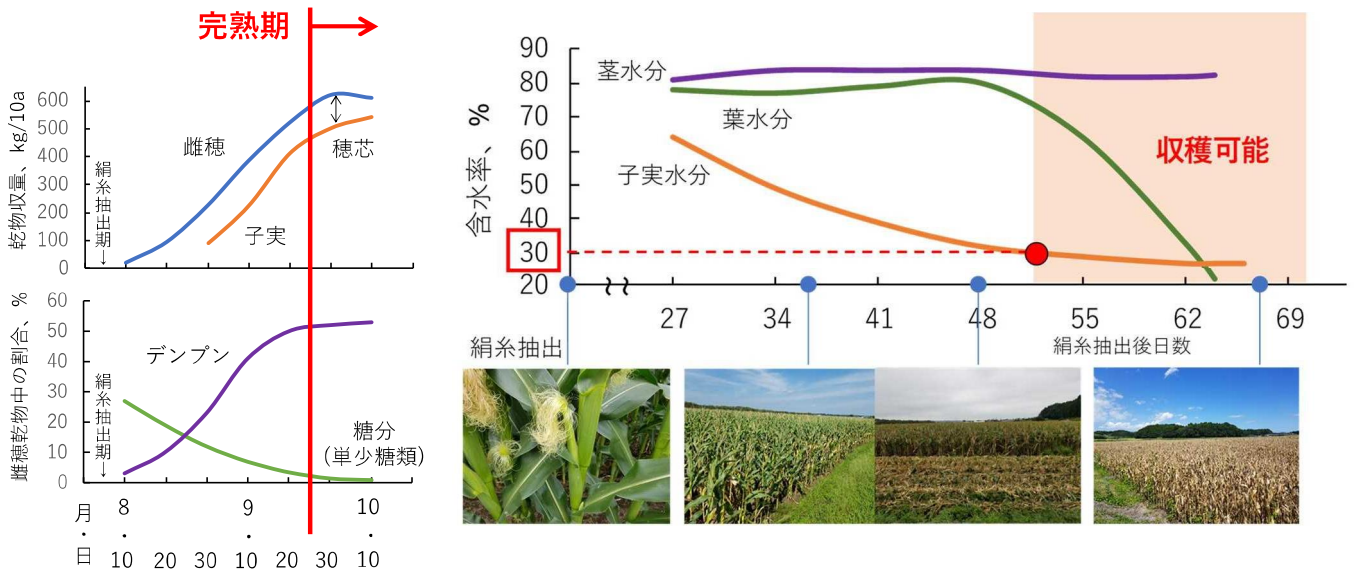
名称と収穫部位	主な収穫機械	加工・給与形態	対象家畜	TDN含量** (乾物中%)
<p>● 青刈りトウモロコシ</p> <p>茎、葉、雌穂</p> 	<p>コーンハーベスタ (畜産農家が主に使用)</p> <p>トラクタ直装式 自走式</p> 	<p>コーンサイレージ (粗飼料)</p> 	乳牛	65~70
<p>● 子実用トウモロコシ</p> <p>1) イアコーン</p> <p>雌穂 (子実、穂芯、苞皮)</p> 	<p>自走式</p> 	<p>イアコーンサイレージ (濃厚飼料)</p> 	乳牛 肉用牛 (肥育)	75~85
<p>2) 子実トウモロコシ</p> <p>子実</p> 	<p>普通コンバイン (耕種農家が主に使用)</p> 	<p>乾燥・圧ベン HMSC*サイレージ・破碎 (濃厚飼料)</p> 	乳牛 肉用牛 豚 採卵鶏 肉用鶏	90~94

* HMSC (High Moisture Shelled Corn) : ハイモイスチャーシェルドコーン、未乾燥のまま密封保管する子実トウモロコシ

** TND含量: 可消化養分総量 (TDN)。飼料のエネルギー量を示す

子実トウモロコシの収穫時期

子実収量の最大を示す時期は完熟期であり、この時期の子実水分は30%、穂芯で60~70%、茎葉では50~70%。これらの水分条件であれば、コーンヘッダを装着した汎用コンバインでの収穫作業が可能となる。機械の作業性や収穫後の乾燥を考えると、子実水分25%程度が適期。



「トウモロコシ」(戸澤、2005)を基に作成

5

子実トウモロコシの収穫時期

サイレージ用の収穫適期は、ミルクラインが子実の中央部に達した黄熟期(絹糸抽出後35~45日)といわれており、完熟期はそれよりも2~3週間遅く、ミルクラインは完全に下部にまで到達。

完熟期の判断基準としてもう一つ、子実の下部先端に黒い層がみられるブラックレイヤーの形成を確認することもある。



携帯型の穀類水分計

収穫時期を決める上で、子実水分の測定は基本



子実に現れるミルクライン

ミルクライン(赤い破線で示した子実の黄色い部分と白い部分の境界)は子実の頂部から下部に向かって登熟とともに移動し、完熟期には下部に達する



子実に生じたブラックレイヤー

<写真提供>
パイオニアエコサイエンス 小森様

成熟期の判断として、子実の下部先端に黒い層がみられるブラックレイヤーの形成を確認することもある。このブラックレイヤーは、我が国の品種では品種間差異が大きいとされており、目安の一つ。





6

1. 子実用トウモロコシの収穫時期
2. 子実用トウモロコシの収穫機械
3. 汎用コンバインによる収穫作業
4. これまでに分かったことと今後の課題

7

子実トウモロコシ用の収穫機

子実トウモロコシの収穫では普通コンバインを使用する。水田経営の中で輪作作物の一つとして子実トウモロコシを作付けする場合は、水田での走行性や作業性に優れ、ダイズなど他の穀物収穫も可能な国内メーカー製の普通コンバイン（汎用コンバイン）がよく利用される。

	普通コンバイン		自脱コンバイ	コーン ハーベスタ	汎用型 飼料収穫機
		汎用コンバイン*			
					
子実トウモロコシの収穫	○	○	×	×	×
他の適用作物	穀物全般（HMSC含む）、菜種、ヒマワリ等	米、麦、大豆、小豆、蕎麦（機種による）	米、麦	サイレージ用トウモロコシ、イアコーン（自走式）	サイレージ用トウモロコシ、飼料用イネ、予乾牧草
メーカー	海外	国内	国内	海外・国内	国内
大きさ・価格	大	中	小～中	小～大	中

* 海外製の普通コンバインにも汎用／専用の分類があるが、国内メーカー製の普通コンバインが自脱コンバインに対して「汎用コンバイン」と広く呼ばれていることを考慮して、ここでも国内メーカー製の普通コンバインを「汎用コンバイン」とした

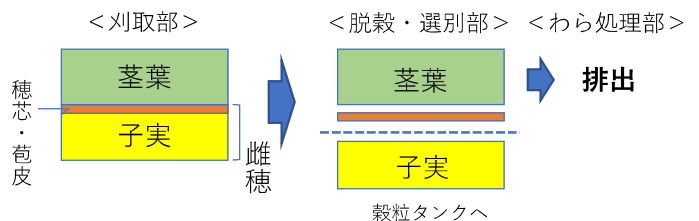
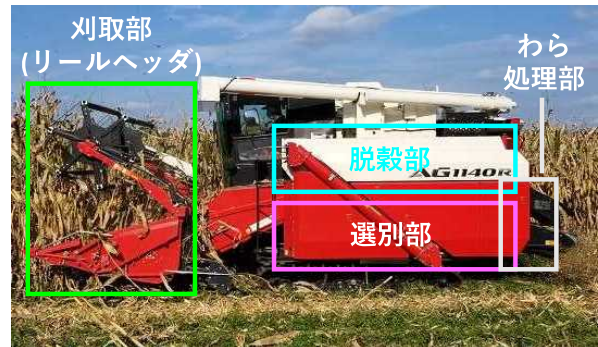
8

子実トウモロコシ収穫用の汎用コンバインの標準装備にはリールヘッドの場合が多い。子実トウモロコシ収穫時のリールヘッドの操作はやや煩雑。雌穂を茎葉ごと取り込んで脱穀するため機械的な負担が大きい。

リールヘッド



- 収穫作業では、作業速度やヘッドの高さ調整など経験が必要
- 茎葉の水分も十分に下がらないと収穫できない（子実水分30%時点での作業が困難な場合がある）



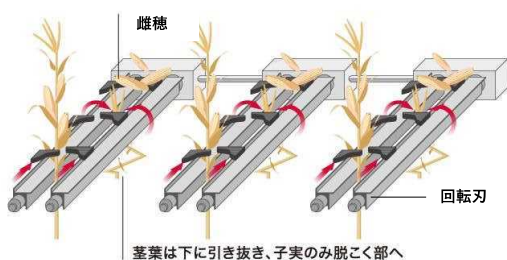
9

汎用コンバイン用の「コーンヘッド」の販売が国内メーカーの1社からR3年に開始された。リールヘッドに比べて操作は容易。茎葉はコーンヘッドで取り除かれ雌穂だけを脱穀するので、機械的な負担は大きく軽減される。

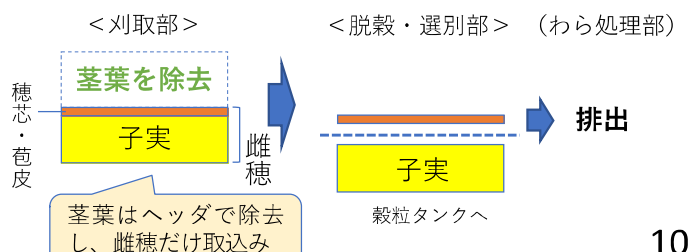
コーンヘッド



- ヘッドの操作が比較的容易
- 子実水分が30%以下であれば、茎葉の水分が多少高くても収穫可能



ヤンマーアグリ株式会社HPより図を転用
<https://www.yanmar.com/jp/agri/products/harvest/attachment/cornheader/>



10

スクリータイプ脱穀部では、スクリーロータとこぎ歯の作用で脱穀が行われ、スクリーロータには特別に未脱防止用の拡散板を設置。バータイプの脱穀部では、バーロータで収穫物を叩いて脱穀する構造。いずれも子実トウモロコシ用の受け網を採用し、ロータ回転速度をイネ・ムギの場合より低く抑えることや、風力選別の送風量を高めることなどで子実トウモロコシの脱穀や選別に対応している。



スクリー方式の脱穀部
左上写真は、スクリーロータに設置されている拡散板



バータイプの脱穀部
<写真提供>株式会社クボタ 蛭田氏

汎用コンバインのラインナップ

子実トウモロコシ収穫に対応した汎用コンバインの諸元（リールヘッダで刃幅 2m クラス（3 条刈り）の場合、2022 年 5 月時点）

		A 社		B 社	C 社	
		型式 D	型式 E	型式 F	型式 G	
機体寸法(全長×全幅×全高)	mm	6240×2370×2760	5280×2395×2780	6130×2490×2680	5520×2340×2700	
機体質量	kg	5050	3945	5300	3865	
エンジン	総排気量	L	3.053	3.318	3.769	3.331
	最大出力/回転速度	kW (PS)/rpm	84.2 (114.5)/2500	50.4 (68.6)/2600	88.3(120)/2600	55.4 (75.3)/2600
	燃料タンク容量	L	110	115	120	60
クローラ	幅×設置長	mm	550×1960	500×1750	500×2160	450×1670
	中心距離	mm	1235	1135	1400	1105
	平均設置圧	kPa (kgf/cm ²)	23.0 (0.23)	22.0 (0.225)	24.0 (0.245)	25.2 (0.257)
走行部	変速方式	HST 無段変速				
前進の走行速度 (エンジン定格回転速度時)	m/sec	低速:0~1.00 標準:0~2.00 走行:0~2.81	低速:0~1.00 標準:0~1.55 走行:0~2.09	低速:0~1.08 標準:0~2.03 走行:0~2.80	標準:0~1.60 走行:0~2.60	
	刈取装置形式	リールヘッダまたはコーンヘッダ		リールヘッダ		
刈取部	刃幅	mm	1976	1975	1980	1970
	刈高さ範囲	mm	-100~1000	-50~1000	-60~970	-25~830
脱穀・選別部	形式	スクリータイプ		バータイプ		
	ロータ(径×長さ)	mm	590×2170	495×1850	620×2210	600×1700
	総選別面積	m ²	1.74	1.75 (コンケーブ面積)	1.92	1.04
穀粒処理部	タンク容量	L	1900	1550	2300	1300
	排出長さ	mm	4300	3600 (排出パイプ長)	4300	4100 (オーガ長さ)
適応作物(子実トウモロコシ以外)		稲・麦・大豆・小豆・そば	麦・大豆・小豆・そば	稲・麦、大豆、そば	稲・麦・大豆・ソバ・ ナタネ・はと麦	

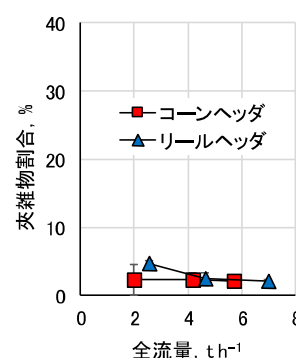
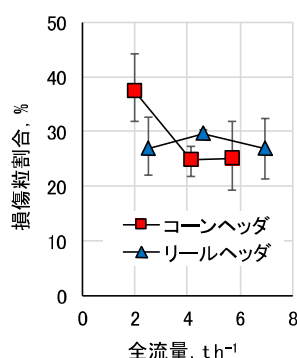
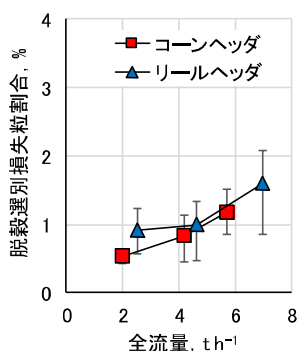
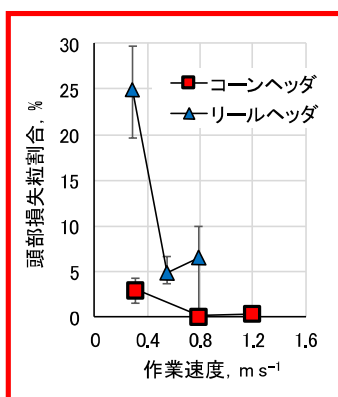
1. 子実用トウモロコシの収穫時期
2. 子実用トウモロコシの収穫機械
3. 汎用コンバインによる収穫作業
4. これまでに分かったことと今後の課題

13

収穫作業精度（リールヘッドvsコーンヘッド）



頭部損失粒割合はいずれの刈取部でも作業速度が遅い場合に高くなるが、速い作業速度ではコーンヘッドはリールヘッドよりも明らかに低く抑えられた。脱穀選別損失粒割合と夾雑物割合は両者で刈取部による違いは見られなかった。

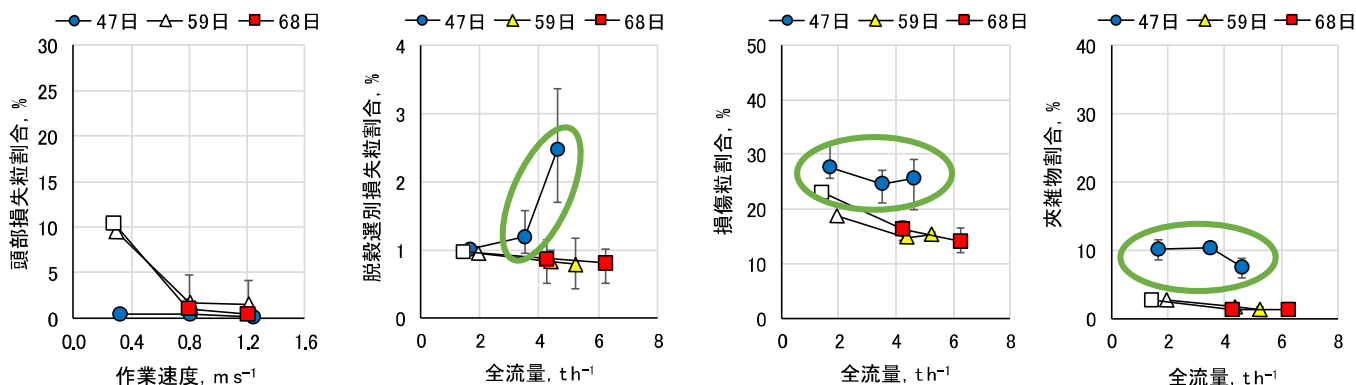


< 収穫条件 >

5/12に品種 P1690 (RM115) を播種、絹糸抽出後71日に子実水分30.6% (穀類水分計PM-650での平均値) で収穫、供試コンバイン：AG1140 (コーンヘッドCH1150を装着)、エラーバーは3反復の最大値と最小値を示す

収穫作業精度（コーンヘッド利用時、登熟期別）

絹糸抽出後47日（子実水分37.5%）での収穫では、全流量が多いほど脱穀選別損失粒の割合が高くなり、全体的に損傷粒や夾雑物の割合が高かった。一方で、リールヘッドの収穫では多くの夾雑物が混入するとされる子実水分30%程度（絹糸抽出後59日）であっても、コーンヘッドの場合は子実水分25%（同68日）の場合と同等の収穫作業が可能であった。



<収穫条件>

品種 P9400 (RM100) を5/12に播種、収穫時の子実水分は絹糸抽出後47日：37.5%、同59日：31.8%、同68日：24.7%（穀類水分計PM-650での測定値）、供試コンバイン：AG1140（コーンヘッドCH1150を装着）、エラーバーは3反復の最大値と最小値を示す（ただし、凡例の白抜き条件は反復なし）

阿部ら（2002）農作業研究 57（3）

15

収穫作業能率（コーンヘッド利用時）

メーカー推奨の作業速度はリールヘッドが0.8m/sに対しコーンヘッドは1.0~1.2m/sと速く、実作業においてもコーンヘッドの作業能率が1.2~1.6倍高いことを確認。ただし、今後も様々な作業条件でのデータ蓄積が必要。

調査圃場	品種(相対熟度)	収穫日	子実対分	反収	圃場作業量	
ha	作業機 ***	(絹糸抽出後日数)	%	Kg/10a	a/hr	
成田	P9027 (RM93) YH1150A-CH3R	8/22 (60*)	26.9	607	33	
					38	
					37	
佐倉	P9027 (RM93) YH1150A-CH3R	8/22 (60*)	27.5	626*	47	
		8/23 (61*)	28.0	614*	39	
筑西	P1184 (RM118) AG1140R-CH1150	10/27 (68*)	-	538	42	
					47	
					51	
					45	
					59	
**	49	AG1140R-リールヘッド	-	-	1,300	36

雑草多い
地耐力低い

にわか雨後

1.2
~1.6倍



*聞き取りからの推定値 **白旗ら(2017)の調査結果に基づく作業モデル ***本体型式-コーンヘッド型式

阿部ら（2002）農作業研究 57（3）を基に作成

16

コーンヘッド利用の場合、子実の水分が高まらない程度の小雨であれば、葉が多少湿った条件であっても収穫は可能であった。収穫物への夾雑物の混入は、見た目ではあまりみられなかった。



中型汎用コンバイン（YH700M）で早生品種（P1184）を小雨条件の中で収穫する様子（子実水分28.1%）



収穫中に脱穀選別部の中を確認したところ、特に異常は確認されなかった

17

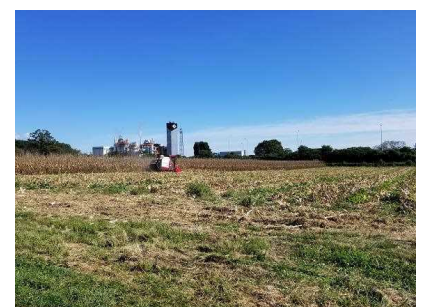
ある程度の倒伏については、刈り取り方向が限定されるが速度を落として収穫できる。雑草の存在はヘッドの詰まりや機械トラブルの原因となるので雑草防除を可能な限り徹底する。



過密（9～10千本/10a）と強雨により倒伏した圃場（40a）



速度を抑えた作業の結果、詰まり等での中断は無かった



倒伏した子実トウモロコシを収穫した後の圃場

刈り取り方向	作業の可否
横刈り（左右）	刈り取り可能
追い刈り	倒伏角度30° 以上は刈り取り可能
向い刈り	刈り取り不可

ヤンマーアグリ社製コーンヘッドCH3Rの取り扱い説明書より

18

1. 子実用トウモロコシの収穫時期
2. 子実用トウモロコシの収穫機械
3. 汎用コンバインによる収穫作業
4. これまでに分かったことと今後の課題

19

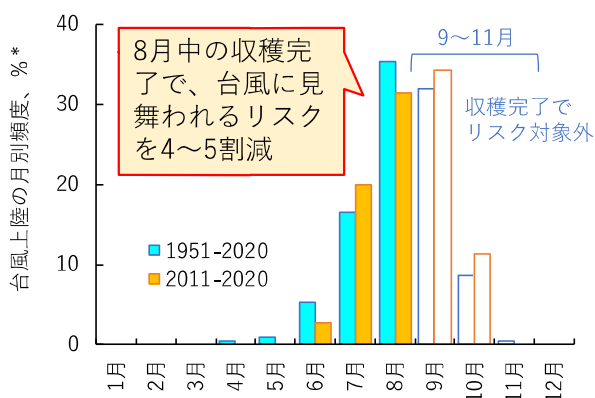
収穫可能時期を前倒し可能に



コーンヘッダの利用により、子実水分が30%程度の完熟期であれば機械収穫が可能であった。乾減率が0.5%/日の条件で子実水分25%のところ30%の段階に早めて収穫した場合、収穫日を10日ほど早められることになり、台風被害のリスク軽減や、他の作業との競合を回避できる効果が期待できる。

子実トウモロコシの収穫時期が早いほど台風被害のリスクが下がる

子実収穫とイネ刈りとの競合を避けて、余裕を持った収穫作業が可能に



台風の上陸回数（過去70年：206回、同10年：35回）に対する月別の割合を示す、気象庁のデータを基に作成
<https://www.data.jma.go.jp/yoho/typhoon/statistics/landing/landing.html>

お盆過ぎ・8月中に子実トウモロコシの収穫を終了し、その後にイネ刈りを行う北関東の事例

20

子実トウモロコシの10aあたりの生産費等

	費用(円)	備考
種苗費 ¹⁾	5,653	
肥料費 ²⁾	8,100	1) 播種量：2.58 kg
農業薬剤費	4,965	2) 豚ふん2t+化学肥料(14-14-14) 80kg
資材費 ³⁾	485	3) 薬剤散布用タンクとグレインバック
燃料費	1,340	4) 自賠責、共済、自動車税、自動車重量税、償却資産税
租税公課諸負担 ⁴⁾	312	5) 取得価格はメーカー希望小売価格の9割。修理費、車庫費を含む。農業機械償却費は法廷耐用年数で計上
農業機械費 ⁵⁾	25,773	6) 時給1,500円
労働費 ⁶⁾	3,870	※ 現物反収 852kg (水分30%)の実証試験に基づく
土地改良水利費	7,000	
地代	7,000	
総計	64,499	
1kg当り	75.7	

ほぼ同じ

型式 AG1140R
 機体質量* 5,050 kg
 全長* 6,240 mm
 穀物タンク 1,900 L
 作業能率 42-59 a/hr
価格 約13,500千円**



*リールヘッダ装着時 (カタログ値より)
 **リールヘッダ仕様の機種にコーンヘッダを追加購入した事例。左図とは別に、農研機構 畜産研究部門が購入した場合。

中型機種導入で購入費4割減、機動性向上

型式 YH700M
 機体質量* 3,945 kg
 全長* 5,280 mm
 穀物タンク 1,550 L
 作業能率** 40-61 a/hr
価格* 約8,200千円**



*リールヘッダ装着時 (カタログ値より)
 **2022年の約8ha分の結果であり、今後さらにデータの蓄積が必要
 ***コーンヘッダ仕様の機種で、リールヘッダを購入しなかった事例。2022年8月の価格改定前に農研機構が購入した場合。

宮路ら(2020) 農業経営研究 58(3)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/fmsj/58/3/58_9/_pdf/-char/ja

21

今後予定している検討事項

今後、委託プロジェクト研究の中で、コーンヘッダを装着した中型汎用コンバイン (YH700M) の収穫作業性などを明らかにして生産コストへの影響を評価する予定。その中では、収穫時の子実水分など収穫条件や選別部などの設定条件と収穫損失や品質の関係についても明らかにする。

作業精度調査

- ・ 速度計測、サンプリングに向けた機械の改造
- ・ 頭部損失、脱穀選別損失、破損粒割合、夾雑物割合の調査

作業能率調査

- ・ 作業速度、圃場作業量、燃費などの現地調査

耐久性・修理履歴

- ・ チェーンやVベルトの損耗、消耗品の交換頻度の調査
- ・ 修理費、維持管理費の把握



22

今回紹介したデータの一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「畜産生産の現場に濃厚飼料を安定・低コストに供給できるシステムの開発」（R3～7）および同プロジェクト研究「子実用とうもろこし（国産濃厚飼料）の安定多収生産技術の開発」（R4～6）で得られた成果が含まれます。

研究課題の実施にあたりご協力いただきました関係者のみなさまに厚くお礼申し上げます。

ご清聴ありがとうございました