

平成28年度  
事業報告

平成29年6月

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農業技術革新工学研究センター



# 目 次

## I 研究業務

平成28年度実施課題一覧	3
--------------	---

(以下、さいたま事業所における完了課題のみ記載)

### 1. 土地利用型システム研究領域

#### 土地-21 栽植システムユニット

土地-21-2 大豆用高速畝立て播種機の開発	8
------------------------	---

#### 土地-22 栽培管理システムユニット

土地-22-1 高機動畦畔草刈機の開発	10
土地-22-2 高能率水田用除草装置の実証試験	12
土地-22-3 無人ヘリ作物生育観測システムの開発と実証	14

#### 土地-23 収穫・乾燥調製システムユニット

土地-23-2 中山間地域の水田輪作体系に適応した小型汎用コンバインの 現地実証	16
---------------------------------------------	----

### 2. 総合機械化研究領域

#### 総合-31 果樹生産工学ユニット

総合-31-1 樹園地用小型幹周草刈機の開発	20
総合-31-3 直線作業アシスト装置の適用性拡大	22

#### 総合-33 施設・調製工学ユニット

総合-33-4 水ストレス計測装置の開発	24
総合-33-5 収穫ロボットの多機能化による高品質イチゴの生産評価手法 の開発 一定置型収穫ロボットによる糖度計測技術	26
総合-33-6 ポイントクラウドを用いた農産物の品質評価手法	28

### 総合-34 畜産工学ユニット

- 総合-34-1 不耕起対応トウモロコシ播種機の適応性拡大…………… 30
- 総合-34-2 TMR センターを基軸とした国産飼料流通における技術課題 …… 32  
調査

## 3. 労働・環境工学研究領域

### 労環-41 安全人間工学ユニット

- 労環-41-1 農業機械事故の詳細調査・分析手法の適用拡大に関する研究… 36

### 労環-42 労働環境技術評価ユニット

- 労環-42-1 自動化・ロボット化農業機械の評価試験方法に関する…………… 38  
調査研究
- 労環-42-3 農作業用身体装着型アシスト装置・技術に対する評価手法の… 40  
調査研究
- 労環-42-5 農業機械の省エネルギー性能評価試験方法の研究…………… 42  
-乗用型トラクタの省エネルギー性能評価試験方法の  
適応範囲の拡大
- 労環-42-6 農業機械の省エネルギー性能評価試験方法の研究…………… 44  
-自脱コンバインの省エネルギー性能評価試験方法の作成
- 労環-42-7 農業機械の省エネルギー性能評価試験方法の研究…………… 46  
-乾燥機（穀物用循環型）の省エネルギー性能評価試験  
方法の試験条件の拡大

### 労環-43 資源エネルギー工学ユニット

- 労環-43-4 農用エンジン評価試験の高度化に関する研究…………… 48
- 労環-43-5 履帯走行部を対象とした除泥技術の開発…………… 50

## II 検査・鑑定等業務

- 1. 検査…………… 54
- 2. 鑑定等…………… 56

### Ⅲ 試作工場、附属農場の運営

1. 試作工場 .....	58
2. 附属農場 .....	60



# I 研究業務

平成28年度実施課題一覧





## 平成 28 年度実施課題一覧

担当研究領域	研究課題名	予算区分	研究期間
高度作業支援システム研究領域	標準区画向けマルチロボット作業システムの開発	交付金・SIP	平 26～30
	2ha 圃場を中心とする大規模水田輪作体系で生産性向上を最大とするロボットトラクタシステムの開発	地域戦略	平 28～30
	営農管理システムと作業機の連動制御技術の開発	交付金・SIP	平 26～30
	営農管理情報に基づく詳細作業データの生成および解析技術の開発	交付金・SIP	平 26～30
	福島県浜通り及び避難地域のほ場管理軽労化に向けた小型除草ロボット開発・実証	技会委託	平 28～30
	FARMS を利用したトラクタ、コンバイン等機械作業情報のモニタリング及び情報管理技術の開発・実証	技会委託	平 24～29
	大豆コンバインロボットの収穫同時排出技術の開発	交付金	平 28～30
	イチゴ収穫ロボットと組み合わせた循環式移動栽培装置の実証	交付金	平 27～28
	移動栽培を利用した超精密防除装置の開発	交付金	平 28
	施設内栽培環境下における高度生育情報モニタリング技術の開発	交付金	平 28～32
	要素技術の連携仕様開発及び実装支援	交付金・SIP	平 27～31
	UAV による稲作情報モニタリング技術の開発実証	地域戦略	平 28～30
	多圃場営農管理情報プラットフォームの実証と機能向上	交付金・SIP	平 28～32
	移動性害虫の侵入警戒・モニタリング技術の開発	交付金	平 28～32
	リスクマネジメントシステムの開発実証	交付金	平 28～32
	携帯型 GPS データ利用による有用生産工程管理システムの開発	交付金	平 28～32
	気象データに基づくリンゴ黒星病感染推定モデルの開発	農食事業	平 28
	フィールドセンシング時系列データを主体とした農業ビッグデータの構築と新知見の発見	交付金・CREST	平 27～32
	地域・農法等を考慮した稲作作業語彙体系記述方法の確立	交付金・SIP	平 26～30
	インターネット通販の「お客様の声」から探る青果物の消費者ニーズ	科研費	平 26～28 ～29
農業用語標準化に向けた概念体系の構築	交付金・SIP	平 28～32	

担当研究領域	研究課題名	予算区分	研究期間
土地利用型システム研究領域	高速高精度汎用播種機の開発	経常・緊プロ	平 27～29
	大豆用高速畝立て播種機の開発	経常・緊プロ	平 26～28
	中山間地用水田栽培管理ビークルの適用性拡大	経常・所内特研	平 28～30
	圃場情報に基づく作業機械の高度化・知能化技術の開発	経常・SIP	平 28～30
	ロボット農用車両を用いた農作業効率化技術の研究	経常・所内特研	平 28～30
	高機動畦畔草刈機の開発	経常・緊プロ	平 26～28
	高能率水田用除草装置の実証試験	経常・所内特研	平 27～28
	無人ヘリ作物生育観測システムの開発と実証	経常・所内特研	平 26～28
	高濃度少量散布に適した農薬付着面積向上のための研究	経常	平 28～30
	超音波等の物理的刺激を利用した防除技術の開発	経常・所内特研	平 28～30
	高能率水稻等種子消毒装置の高度利用に関する研究	経常・所内特研	平 27～29
	高性能・高耐久コンバインの開発	経常・緊プロ	平 26～28
	小型汎用コンバインを基軸とした収穫作業体系の実証	経常・所内特研	平 26～28
	籾殻燃焼バーナーの開発	経常・緊プロ	平 27～29
	新規需要米の省エネルギー・低コスト乾燥技術の研究	経常・所内特研	平 27～28
総合機械化研究領域	樹園地用小型幹周草刈機の開発	経常・緊プロ	平 26～28
	国産果実安定生産のための花粉自給率向上に繋がる省力・低コスト花粉採取技術の開発	経常・農食	平 28～30
	直線作業アシスト装置の適用性拡大	経常・所内特研	平 27～28
	ハウレンソウの全自動移植機の開発	経常・所内特研	平 26～28
	非結球性葉菜類の刈取り搬送機構の開発	経常・所内特研	平 27～29
	野菜用の高速局所施肥機の開発	経常・緊プロ	平 27～29
	レタスの高精度追肥機の開発	経常・所内特研	平 28～30
	サトイモ収穫技術の開発	経常・所内特研	平 28～30
	軟弱野菜の高能率調製機の開発	経常・緊プロ	平 27～29
	結束連動型調量装置の開発	経常	平 28～30
	トマト用接ぎ木装置の開発	経常・所内特研	平 27～29
	水ストレス計測装置の開発	経常	平 27～28
	収穫ロボットの多機能化による高品質イチゴ生産評価手法	科研費	平 26～28
	ポイントクラウドを用いた農産物品質評価手法	科研費	平 26～28
	不耕起対応トウモロコシ播種機の適応性拡大	経常・所内特研	平 26～28

担当研究領域	研究課題名	予算区分	研究期間
	粗飼料水分の非破壊推定装置の開発	経常・所内特研	平 28～30
	TMR センターを基軸とした国産飼料流通における技術課題調査	経常・所内特研	平 28
	繋ぎ飼い牛舎自動給餌システムにおける残飼量測定装置の開発	経常・所内特研	平 28～30
	豚舎洗浄ロボットの開発	地域戦略	平 28～30
労働・環境工学 研究領域	農業機械事故の詳細調査・分析手法の適用拡大に関する研究	経常・所内特研	平 26～28
	歩行用トラクタの危険挙動に対する安全技術の開発	経常	平 27～29
	乗用農機の安全支援機能の開発	経常・所内特研	平 27～29
	畑作におけるしゃがみ姿勢のサポート器具の開発	経常	平 27～29
	複数ロボット作業による安全性確保技術の開発	経常・SIP	平 26～30
	自動化・ロボット化農業機械の評価試験方法に関する調査研究	経常	平 27～28
	農作業用身体装着型アシスト装置・技術に対する評価手法の調査研究	経常・所内特研	平 27～28
	農業機械の省エネルギー性能評価試験方法の研究 －乗用型トラクタの省エネルギー性能評価試験方法の適応範囲の拡大	経常	平 26～28
	農業機械の省エネルギー性能評価試験方法の研究 －自脱コンバインの省エネルギー性能評価試験方法の作成	経常	平 26～28
	農業機械の省エネルギー性能評価試験方法の研究 －乾燥機（穀物用循環型）の省エネルギー性能評価試験方法の試験条件の拡大	経常	平 26～28
	施設園芸用小型電動耕うん機の開発	経常・所内特研	平 28～30
	バイオマス由来高分子を用いたセル成型用育苗培地の固化・成形技術に関する研究	経常・所内特研	平 28～30
	農用エンジン評価試験の高度化に関する研究	経常	平 25～26 ～28
	履帯走行部を対象とした除泥技術の開発	経常・所内特研	平 26～28



# 1. 土地利用型システム研究領域

課題分類：2 (2)

課題 I D：1060201-01-2102\*16

研究課題：大豆用高速畝立て播種機の開発

担当部署：革新工学センター・土地利用型システム研究領域・栽植システムユニット

協力分担：アグリテクノ矢崎(株)、小橋工業(株)、中央農研・北陸拠点、宮城古川農試、富山農総セ、滋賀農技セ

予算区分：経常・緊プロ (共同)

研究期間：完 2014～2016 年度 (平成 26～28 年度)

## 1. 目的

湿潤土壌への適応性が高く、畝立て作業と大豆の播種作業を同時に行うことができ、作業速度をロータリ式畝立て播種機と比較して2倍以上高速化する作業機を開発する。

## 2. 方法

- 1) 試作1～3号機を逐次、設計・製作した。(2014～2016年度)
- 2) 試作3号機(以下、3号機)の高速作業、湿潤土壌への適応性を確認することを目的として、革新工学センター附属農場、中央農研北陸拠点、宮城古川農試において、3号機と対照機(革新セ、北陸、宮城：耕うん同時畝立て播種機(以下、URS)、革新セ：ロータリシーダ(以下、DRS))を供して、播種・栽培試験を実施した。(2015～2016年度)
- 3) 3号機の残渣への適応性を確認することを目的として、富山農総セ、滋賀農技セにおいて、3号機と対照機(富山：URS、滋賀：DRS)を供して、播種・栽培試験を実施した。(2015～2016年度)
- 4) 3号機の導入条件を明らかにすることを目的として、研究期間を通した碎土率が出芽に及ぼす影響と3号機とURSの収量を分析した。(2016年度)

## 3. 結果の概要

- 1) 図1に3号機の外観、表1に主要諸元を示す。3号機は牽引式の作業機であり、畝立て部にディスク式の畝立て機構、播種機にダブル播種プレート式の種子繰出機構、施肥機にロール式繰出機構を具備する構成とした。3回の試作を通じて主として、①畝立て部のヒッチ、播種機のフレーム全般の強度向上、②残渣、土壌の付着防止を目的とした播種機の種子放擲方向の変更と作溝部の部品削減、施肥機速度検出輪と播種機駆動輪の統合の改良を行った。
- 2) 表2に革新工学セの結果を示す。3号機は湿潤条件下(土性L、液性指数0.58、碎土率97%)で対照機に対して3倍以上高速で作業可能であった。播種深さは供試機区間でバラツキに差がなかった。播種間隔は3号機区のバラツキが大きかったが、有意差は認められなかった。出芽は全区で順調であった。DRS区では湿害に起因する生育不良が認められ、収量が低い傾向でバラツキが大きかった。このことから、3号機が高速作業、湿潤土壌への適応性が高いことを確認した。
- 3) 表3に滋賀の結果を示す。播種機作溝部に残渣付着は見られず、それに起因する覆土不足や種子の露出も確認されなかった。小麦跡、水稻跡ほ場ともに湿潤条件下で、3号機はDRSに対して2倍以上の速度で作業が可能であった。小麦跡ほ場では出芽率、収量ともに有意差は認められなかった。一方、土壌水分が極度に高かった水稻跡ほ場では3号機区はDRS区に対して出芽率が高く、収量が有意に高かった。このことから、3号機が残渣の残されたほ場に適用可能で、麦跡大豆の播種に利用可能であること、湿潤土壌における畝立て栽培に増収効果があることを確認した。
- 4) 図2に播種後畝上部の碎土率と出芽率、図3に畝立て播種前後の碎土率を示す。出芽は播種後畝上部の碎土率が70%以上で安定することを確認した。これを確保するには、播種前のほ場の碎土率を70%以上にすることが必要と推察された。このことから、3号機を利用した播種では事前にほ場の碎土率を70%以上確保することで安定した出芽が得られる見通しを得た。図4に3号機とURSの収量を示す。3号機はURSと同等の収量が得られることを確認した。

以上、ロータリ式畝立て播種機と比較して2倍以上の高速作業が可能で、湿潤土壌への適応性が高く、麦跡の大豆播種に適応可能な播種機を開発し、実用化の見通しを得た。



図1 試作3号機の外観

表1 試作3号機の主要諸元

全長(mm)	1,720
全幅(mm)	1,990
全高(mm)	1,410
質量(kg)	496
播種条数	2
適応条間(cm)	60~85(無段階)
適用トラクタの出力(kW)	29~44

表2 播種試験結果(革新工学センター)

供試機	作業速度(m/s)	播種深さ(cm)	播種間隔(cm)	出芽率(%)	収量(kg/10a)
3号機	1.95	4.1±0.5	19.4±6.4	99	190±23
URS	0.42	3.0±0.5	21.5±3.0	100	202±28
DRS	0.68	3.0±0.7	21.6±3.9	94	150±60

表3 播種試験結果(滋賀農技セ)

品種 土性	試験区の条件			作業速度(m/s)	出芽率(%)	収量 <sup>1)</sup> (kg/10a)
	麦稈有無	供試機	液性指数 砕土率(%)			
ことゆたか	有(小麦跡)	3号機	0.39 73	1.53	89	378
		DRS		0.64	84	399
CL	無(水稻跡)	3号機	0.91 73	1.51	92	351 <sup>a</sup>
		DRS		0.59	46	242 <sup>b</sup>

1) 異なる文字間に有意差あり。

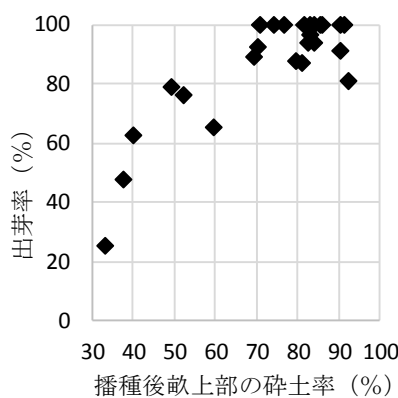


図2 播種後の砕土率と出芽率

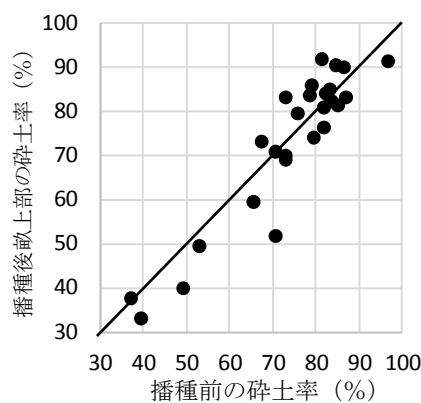


図3 畝立て播種前後の砕土率

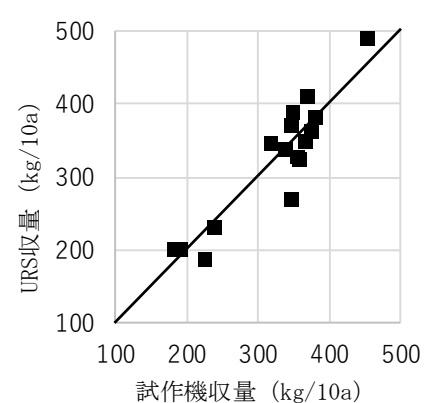


図4 3号機とURSの収量

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 2017年度以降に市販化の予定。
- 2) 特許出願1件、学会発表2件。

#### 5. 残された問題とその対応

生産現場での実証を新規課題で対応する。

---

課題分類：4（1）（2）

課題ID：1060202-01-2201\*16

研究課題：高機動畦畔草刈機の開発

担当部署：革新工学センター・土地利用型システム研究領域・栽培管理システムユニット

協力分担：(株)ササキコーポレーション

予算区分：経常・緊プロ（共同）

研究期間：完 2014～2016年度（平成26～28年度）

---

## 1. 目的

本研究課題においては、主に水田や転換畑の畦畔除草作業を対象として、畦畔や整備法面を安定走行できる走行部を備え、一定条件下では畦畔に沿って自動走行（以下、倣い走行）しながら作業を行う機能を有し、遠隔操作等により取扱性や安全性を高めた畦畔草刈機を開発する。

## 2. 方法

- 1) 除草作業に関する実態調査を行い、現地業者等に聞き取りを行った。併せて基礎試験装置を製作し、基礎試験に供試し、畦畔や法面に対する走行・刈取性能について調査した。（2014年度）
- 2) 基礎試験結果等に基づき試作1号機を製作した。走行部は2クローラ式で、畦畔の上面および法面の2面を走行できるようクローラを中折れ可能な構造とした。刈取部は2連式のカッタユニット構造とした。次に、試作1号機の現地適応性を把握するため、生産者ほ場において草刈試験を行うとともに、試作1号機に対する意見・要望等の聞き取りを行った。（2015年度）
- 3) 試作1号機の現地試験結果等に基づき、試作2号機を製作した。走行部は2クローラ式で、刈取部は畦畔の上面および法面に対応できるよう4連式（前側2連、後側2連）のカッタユニット構造とした。次に、試作2号機（有線リモコン）の現地適応性を把握するため、生産者ほ場において草刈試験を行うとともに、意見・要望等の聞き取り調査を行った。（2016年度）
- 4) 試作2号機による現地試験等から抽出した改良項目に基づき改造を行った（図1）。次に、無線リモコン式を採用した試作2号機（改）の現地適応性を把握するため、生産者ほ場において草刈試験を行うとともに（図2）、生産者に意見・要望等の聞き取り調査を行った。（2016年度）
- 5) 試作2号機（改）による現地試験結果等に基づき、試作3号機を設計・製作した。（2016年度）

## 3. 結果の概要

- 1) 除草作業に関する聞き取り調査を行った結果、市販の自走式草刈機等については、主として操作性、走行性、安全性等に問題があることが分かった。また、基礎試験の結果、走行部を2クローラ式にした場合では、機体バランスが優れており、畦畔走行時の安定性は高いことが分かった。
- 2) 試作1号機による現地試験の結果、法面における刈取・走行性能については概ね良好であったものの、畦畔における機体バランスが不安定で畦畔に沿った走行が困難な場合もあった。生産者からは、刈取部や走行部に関する構造改善や取扱性向上等の要望が出された。
- 3) 試作2号機による現地試験の結果、畦畔・法面ともに刈取部の過負荷や通信エラー等により連続作業は困難であった。生産者からは、機体バランス向上や取扱性向上等の要望が出された。
- 4) 試作2号機（改）による現地試験の結果、畦畔・法面ともに刈取・走行性能は良好であった。また、作業者は無線リモコンにより機械から離れて作業できるため、安全性も高く、振動・排ガス・騒音等の作業環境の改善効果を認めた（表1）。さらに倣い走行については、倣い車輪を用いた方式により畦畔に沿った自動走行が可能であった（表2）。生産者からは、取扱性が格段に向上するとともに、無線リモコンによる遠隔操作等が可能になったことから好評を得た。
- 5) 実用機に近い試作3号機については、現在、鋭意製作中である。

以上、畦畔や法面を安定走行できる走行部を備え、一定条件下では畦畔に沿って自動走行しながら作業を行う機能を有し、遠隔操作等により取扱性や安全性を高めた高機動畦畔草刈機を開発できた。



機体全体	全長(mm)	1400
	全高(mm)	1000
	刈幅(mm)	600(300×2連)
	重量(kg)	94
走行部	構造	2クローラ式
	トレッド幅(mm)	520
	駆動方法 (モータ出力)	ホイールインプランモータ (DC24V、250W×2)
	作業速度(m/s)	0.8(最高)
刈取部	構造	2連式カッターユニット (フレキシブルアーム)
	駆動方法 (モータ出力)	ブラシレスモータ (DC36V、300W×2)
	回転数(rpm)	3,000(標準)
操作部	無線リモコンおよび有線リモコン	
電源	鉛蓄電池(36V、20Ah) 稼働時間: 約30~40分程度	

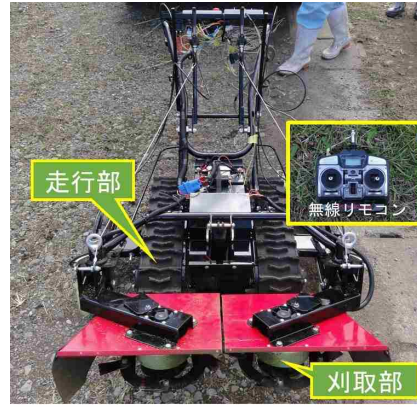


図1 高機動畦畔草刈機試作2号機(改)の主要諸元および外観



図2 高機動畦畔草刈機試作2号機(改)による現地試験の様子(岩手県二戸市)

表1 高機動畦畔草刈機試作2号機(改)による現地試験結果

供試機			岩手県(二戸市)													
			傾斜法面(平均傾斜角30°)							畦畔						
			刈株高さ (cm)	作業速度 (m/s)	作業能率 (分/10a)	騒音 (作業者耳元) (dB(A))	排ガス (定置) (ppm-co)	振動 (作業者手元) (m/s <sup>2</sup> )	塵埃 (mg/m <sup>3</sup> )	刈株高さ (cm)	作業速度 (m/s)	作業能率 (分/10a)	騒音 (作業者耳元) (dB(A))	排ガス (定置) (ppm-co)	振動 (作業者手元) (m/s <sup>2</sup> )	塵埃 (mg/m <sup>3</sup> )
名称	機関出力 (kW)	刈幅 (mm)	5.2	0.37	115.2	70.6	0	0.25	0.08	6.9	0.34	121.4	69.1	0	0.49	0.10
試作2号機(改) ※無線リモコン	1.1 (刈取・走行モータ)	600	-	-	-	-	-	-	-	6.2	0.31	123.3	81.3	565 (アイドリング時) 1422 (フルスロットル時)	3.63	0.00
市販畦畔草刈機	4.2 (エンジン)	700	5.2	0.44	114.6	88.8	230 (アイドリング時) 45 (フルスロットル時)	4.85	0.40	-	-	-	-	-	-	-
市販法面草刈機	1.7 (エンジン)	400	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

草種: ギシギシ、スギナ、タンポポ、ノゲシ、ハルジオン、ヨモギ、クローバ、ヒルガオ、他、草丈: 3~45cm、草含水率: 79~88%、土壌硬度: 50~342kPa

表2 高機動畦畔草刈機試作2号機(改)による追い走行と無線リモコンの比較試験結果

供試機	岩手県(北上市)										畦畔				
	試験区間 (m)	正味 刈取時間 (分/10a)	作業 速度 (m/s)	刈株高さ (cm)			進行方向	進行方向	長さ (cm)		角度 (°)				
				①	②	③			①	②	③	④	⑤		
試作2号機(改) ※無線リモコン	片道20m ×1往復	113.3	0.29 (往路:前進) 0.19 (復路:後進)	5.2	4.2	5.4	進行方向	進行方向	39.8	59.6	32.2	60.0	55.8		
試作2号機(改) ※追い走行	片道64m ×1往復	88.3	0.39 (往路:前進) 0.23 (復路:後進)	5.6	4.2	6.8	往路:畦畔上面を作業	復路:畦畔法面を作業							

草種: ノビエ、メヒシバ、ギシギシ、クローバ、ヘラオオバコ、スズメノカタビラ、他、草丈: 8~27cm、草含水率: 78%、土壌硬度: 375kPa

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 平成30年度に実用化予定である。
- 2) 特許出願中。研究報告会(2017.3)で報告予定。

#### 5. 残された問題とその対応

実用化に向け、耐久性やコスト低減等について、引き続き、検討を行う必要がある。

---

課題分類：4 (1)

課題 I D：1060202-02-2202\*16

研究課題：高能率水田用除草装置の実証試験

担当部署：革新工学センター・土地利用型システム研究領域・栽培管理システムユニット

協力分担：島根農技セ、兵庫県、福井農試、中央農研

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2015～2016 年度 (平成 27～28 年度)

---

## 1. 目的

高能率で作業速度が速く、既存の 3 輪型ベース車両の車体中央部に装着して使用することが可能な水田用除草装置を開発した。除草時期、除草回数、作業速度等は各地の諸条件により異なるため、4 条用除草装置、6 条用除草装置を有機農業を推進している島根県、兵庫県、福井県に導入し、有機栽培水田ほ場で実証試験を行い、本装置の適正な使用方法等を検討する。

## 2. 方法

- 1) 島根県における実証試験と現地セミナー：島根県益田市下波田町齋藤氏及び出雲市佐田町(農)橋波アグリサンシャインの現地ほ場(湿田、有機栽培ほ場)において 4 条用、6 条用開発機とチェーン除草機(図 1)を用いた除草作業を行い、除草効果の確認と収量等を調査する。開発機の紹介と技術普及のため、現地セミナーを開催する。(2015～2016 年度)
- 2) 福井県における実証試験と現地セミナー：福井県越前市丸岡町の「コウノトリ呼び戻す農法部会」会員(株)金華山ファームの現地ほ場(棚田、有機栽培ほ場)及び坂井市丸岡の現地ほ場において、4 条用開発機を用いた除草作業を行い、除草効果の確認と収量等を調査する。開発機の紹介と技術普及のため、研修会を開催する。(2015～2016 年度)
- 3) 兵庫県における実証試験と現地セミナー：兵庫県神崎郡神河町杉宮農組合の現地ほ場(棚田、有機栽培ほ場)において、4 条用開発機を用いた除草作業を行い、除草効果の確認と収量等を調査する。開発機の紹介と技術普及のため、現地実演会を開催する。本県では、低温発酵ぼかし肥料と開発機を併用した雑草防除技術を導入し、収量等を調査する。(2015～2016 年度)

## 3. 結果の概要

- 1) 島根県の平成 27 年度実証試験では、4 条用除草装置を導入して試験を行った。実証ほ場は深い湿田のため、補助車輪が必要であった。平成 28 年度試験では新しく市販された 6 条用除草装置を導入し、試験を行った。収量は平成 27、28 年度とも 500kg/10a を超えており、すべて 1 等米であった。チェーン除草機は除草効果が向上するが欠株も増加するため、除草機のみ試験区よりも減収であった(表 1)。平成 27 年 6 月 18 日に益田市リサイクルプラザ、平成 28 年 6 月 8 日に(農)橋波アグリサンシャインで「島根県水稲有機栽培技術交流セミナー」を開催し、各約 40 名の参加者があった。本セミナーで開発機の実演と技術普及を行った。
  - 2) 福井県の実証試験では、ほ場がとても深いため、補助車輪を利用することにより欠株の発生が減少した。平成 27 年度の収量は、試験地(越前市)が雑草多発生ほ場のため除草効果が影響し、無除草区と比較して除草区の収量が多かった。平成 28 年度の収量は、試験地(坂井市)の雑草発生が少なかったため、除草区と無除草区で大きな差は認められなかった。等級はすべて 1 等であった(表 2)。平成 27 年 6 月 2 日に越前市丸岡番掛町ふれあい会館、平成 28 年 5 月 11 日に福井県農業試験場で、「水稲有機農業研修会」を開催し、各約 20 名及び約 100 名の参加者があった。本研修会において、開発機の実演と技術普及を行った。
  - 3) 兵庫県の実証試験では、除草機の導入により、ほぼ慣行並みの収量が得られ、すべて 1 等米であった(表 3)。平成 27 年 6 月 11 日及び平成 28 年 6 月 9 日に兵庫県神崎郡神河町の杉宮農組合において、「高能率水田用除草装置現地実演会」を開催し、各約 50 名以上の参加者があった。本現地実演会において、開発機の実演と技術普及を行った。
- 以上より、開発機の高効率な除草作業と除草効果の高さが確認され、補助車輪の必要性、除草時期など、各県における本装置の適正な使用方法が明らかになった。



4条用高能率水田用除草装置      6条用高能率水田用除草装置      チェーン除草機

図1 実証試験で使用した4条および6条用水田用除草装置とチェーン除草機

表1 島根県の実証試験における調査結果

試験区	収量 (kg/10a)	登熟歩合 (%)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	総籾数 (百粒/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	検査等級	品種	除草時期	
H27年試験 島根県益田市	4条用水田用除草装置 4条用水田用除草装置 +チェーン除草機	517 506	64.9 69.7	290 294	379 348	21 20.8	1等 1等	きぬむすめ きぬむすめ	移植後7日、16日 移植後7日、16日
H28年試験 島根県出雲市	6条用水田用除草装置 6条用水田用除草装置 +チェーン除草機	533 500	84.5 87.3	281 246	274 245	23 23.4	1等 1等	きぬむすめ きぬむすめ	移植後6日、14日 移植後6日、14日

表2 福井県の実証試験における調査結果

試験区	収量 (kg/10a)	登熟歩合 (%)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	総籾数 (百粒/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	検査等級	品種	除草時期	
H27年試験 福井県越前市	4条用水田用除草装置 手取除草 無除草	438 387 175	77.6 72.7 82	225 258 115	238 217 88	23.6 24.5 24	1等 1等 1等	コシヒカリ コシヒカリ コシヒカリ	移植後9日、19日
H28年試験 福井県坂井市	4条用水田用除草装置 手取除草 無除草	408 409 386	79.1 81.3 77.2	— — —	253 250 248	20.3 20.2 19.9	1等 1等 1等	コシヒカリ コシヒカリ コシヒカリ	移植後13日、21日

表3 兵庫県の実証試験における調査結果

試験区	収量 (kg/10a)	登熟歩合 (%)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	総籾数 (百粒/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	検査等級	品種	除草時期	
H27年試験 兵庫県神河町	4条用水田用除草装置 2回除草 4条用水田用除草装置 1回除草 慣行	422 400 411	76.1 75.4 80.2	293 285 288	191 181 184	21.9 22.1 22.4	1等 1等 1等	コシヒカリ コシヒカリ コシヒカリ	移植後7日、22日 移植後7日
H28年試験 兵庫県神河町	4条用水田用除草装置 1回除草 慣行	445 431	74.6 75.5	204 258	207 230	22.1 22	1等 1等	コシヒカリ コシヒカリ	移植後10日

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 本試験の結果を基に、各県で本除草装置を利用した水稻有機栽培マニュアルを作成中である。
- 2) 『機械化農業』(2015. 10、2016. 10) に掲載。日本有機農業学会(2016. 12) で発表。
- 3) 本年度中に8条用水田用除草装置が市販予定である。

#### 5. 残された問題とその対応

開発機を利用した除草作業は、作業時期や苗の大きさ等が重要なため、各県のマニュアルに従って作業を行うことが必要である。

---

課題分類：4 (1)

課題 I D：1060202-02-2203\*16

研究課題：無人ヘリ作物生育観測システムの開発と実証

担当部署：革新工学センター・土地利用型システム研究領域・栽培管理システムユニット

協力分担：ヤンマーヘリ&アグリ(株)、滋賀農技セ

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2014～2016 年度 (平成 26～28 年度)

---

## 1. 目的

安定した精度で作物生育情報を空中から測定し、FARMS で利用する無人ヘリ作物生育観測システム (以下、無人ヘリ観測システム) を開発し、実用性を検証する。

## 2. 方法

- 1) 作物生育情報を空中から測定可能な無人ヘリ観測システムを製作した (図 1)。本システムは、主として、生育情報 (以下、GI 値) と GPS による位置情報の測定を行う測定部、それらの情報を保存するロガー部、これらの装置を搭載して飛行する飛行部から構成され、取得された GI 値は、FARMS 上において、位置情報とともに解析・マップ化することで、一筆ほ場内における作物生育のばらつきを把握可能な仕様とした。(2014～2016 年度)
- 2) 製作した無人ヘリ観測システムの測定精度を確認するため、滋賀農技セ内のほ場において、幼穂形成期に空中測定した GI 値と、生育量 (草丈×茎数) ×葉色との相関について調査した。空中測定では無人ヘリ観測システムを高さ 3.0m、速度 5m/s で水平飛行させ測定を行った。その際、GI 値の取得に関しては、GPS の位置情報とともに 3Hz の連続測定モードにて取得し、試験区毎に GI 値を平均化した。一方、生育調査では、1 試験区当たり 4 株の水稻の草丈、茎数、葉色 (SPAD 値) について調査を行った。また各々の測定に要する時間を計測し比較を行った。(2014～2016 年度)
- 3) 製作した無人ヘリ観測システムの実用性を検証するため、実証試験に供試し、幼穂形成期の GI 値に基づき穂肥量を変更した場合の収量や品質に及ぼす影響について調査した。上記 2) で取得した幼穂形成期の GI 値から生育量を算出し、前年度に調査を行った穂肥量の基準となる生育量を基に対象の試験区で可変施肥を行った。なお、可変施肥基準生育量である 1415000 より低い場合は、穂肥量 4kg-N/10a、それより高い場合は穂肥量 3kg-N/10a を加え、収量や品質の改善効果について調査を行った。(2016 年度)

## 3. 結果の概要

- 1) 無人ヘリ観測システムで測定した GI 値と GPS の位置情報を基に、FARMS を用いて GI マップを作成し、一筆ほ場内における作物生育のばらつきを把握することができた (図 2)。
- 2) 幼穂形成期の GI 値と生育量×葉色の R2 は毎年  $0.80 \pm 0.02$  となり、高い相関が認められた (図 3)。また、近似線の傾きは平均相対誤差が毎年  $\pm 1.8\%$  以内と類似した傾向が見られた。一方、近似線のオフセットに関しては最大 8%異なる傾向が見られた。このため、GI 値を測定するのみでは生育量×葉色の値を推測することはできないものの、傾きは一定とし最大 8 点のデータを取得することで、約 2%の測定誤差で GI 値と生育量×葉色の近似線を推測することが可能となることが明らかになった (表 1)。なお、測定時間に関して、地上測定では約 56min/10a、空中測定では約 1min/10a となり、空中測定は地上測定に比べ、約 54 倍の速度で作物生育情報の測定が可能であった。
- 3) 2016 年度に行った 2) の調査により、生育量 1415000 に相当する GI 値は 83.3 であった。その値を基に実証試験を行った結果、固定施肥穂肥 3kg-N/10a を行った場合の標準偏差は収量 78kg/10a、品質 0.25%、固定施肥穂肥 4kg-N/10a を行った場合の標準偏差は収量 73kg/10a、品質 0.23%、一方、可変施肥を行った場合の標準偏差は収量 59kg/10a、品質 0.18%となった。よって、GI 値を基に可変施肥を行った場合、収量及び品質の標準偏差を 22～34%ほど改善することが可能であることが明らかになった (表 2)。

以上、無人ヘリ観測システムを開発し、実証試験に供試した結果、本システムは地上測定に比べ約 54 倍高速で生育情報を測定でき、さらに測定した水稻の幼穂形成期における GI 値と生育量×葉色には強い相関があることが認められた。また、幼穂形成期における GI 値を基に穂肥量を調整することで、収量や品質のばらつきを改善することができたため、本システムの実用性について検証することができた。

装置全体	ロータ含む全長	3630mm
	全高	1080mm
	全重量	約90kg
飛行部	型式	AYH-3.D
	メインローター径	3130mm
	積載量	16kg
測定部	生育情報測定器	携帯式水稻生育量測定装置
	位置情報測定器	Hemisphere GPS SX-2
	測定間隔	最速3Hz
	重量	1.1kg
ロガー部	記録媒体	microSDカード
	インターフェース	Bluetooth対応
	電源	11.1V (3S) 1000mAh



図1 無人ヘリ観測システムの主要諸元および外観

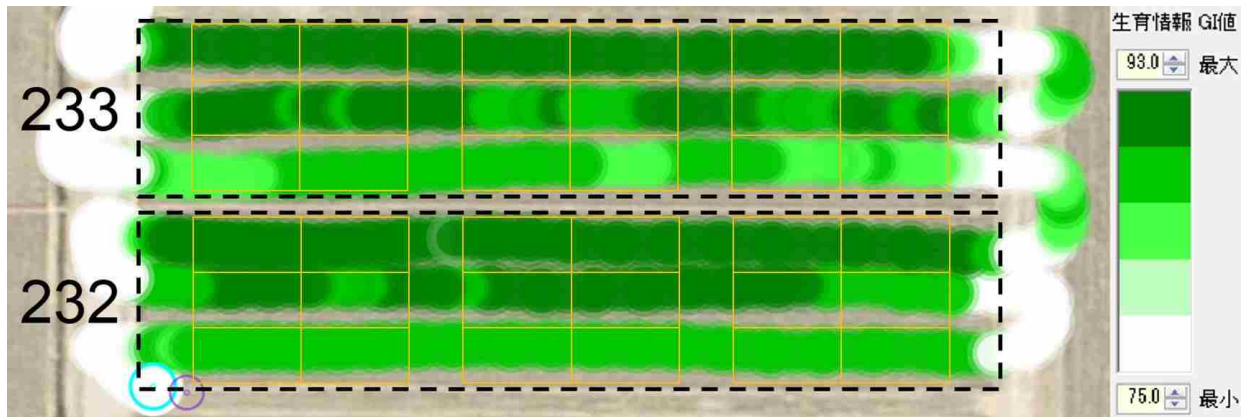


図2 FARMS を用いた幼穂形成期の GI 値マップ (例)

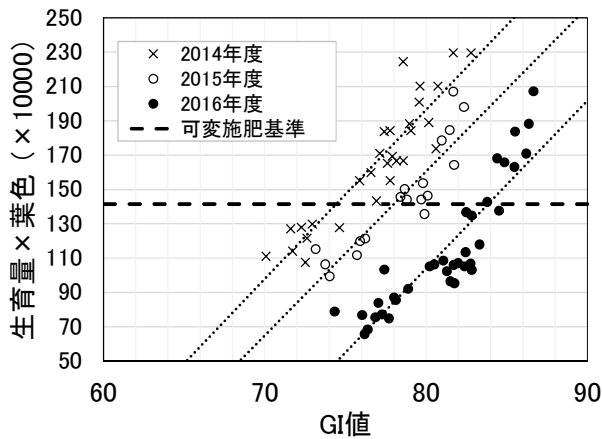


図3 幼穂形成期の GI 値と生育量 × 葉色の相関

表1 年度別 GI値と生育量 × 葉色 (× 1000) 近似線の係数

年度	傾き		オフセット	
	値	平均相対誤差	値	平均相対誤差
2014	9.86	1.2	-592	-5.3
2015	9.56	-1.8	-605	-3.3
2016	9.79	0.5	-679	8.6
平均	9.73		-625	

表2 施肥方法と収量・品質(タンパク含有率)

施肥方法	施肥量 [kg-N/10a]	収量 [kg/10a]	タンパク含有率 [%]
固定	3	490 ± 78	6.18 ± 0.25
固定	4	556 ± 73	6.26 ± 0.23
可変	3または4	534 ± 59	6.22 ± 0.18

4. 成果の活用面と留意点

農食工学会で発表予定。

5. 残された問題とその対応

本システムの利用拡大に向け、コシヒカリ以外の水稻や他の作物での有効性等について調査を行う必要がある。

課題分類：5 (1) (2)

課題 I D：1060203-02-2302\*16

研究課題：中山間地域の水田輪作体系に適応した小型汎用コンバインの現地実証

担当部署：革新工学センター・土地利用型システム研究領域・収穫・乾燥調製システムユニット

協力分担：岩手農研、三重農研、三菱マヒンドラ農機(株)、九鬼産業(株)

予算区分：経常・所内特研・受託(農水省「地域再生」)

研究期間：完 2014~2016 年度(平成 26~28 年度)

## 1. 目的

中小規模でかつ点在した地域条件でも効率的な作業が可能な小型汎用コンバイン(以下、小型汎コン)を基軸とした省力・低コスト収穫作業体系を実証する。

## 2. 方法

### 1) 岩手・低コスト収穫実証(受託：農水省、協力：岩手農研、三菱マヒンドラ農機)

(1) 現地品種水稻(どんぴしゃり)、大豆(シュウリュウ)、ソバ(にじゆたか)への適応性向上を図り、小型汎コンを改良した。(2014 年度)

(2) 陸前高田市および大槌町農家ほ場にて、小型汎コン改良機で現地品種水稻、大豆、ソバを収穫し作業能率を測定した。また運搬・操作性等の評価を生産者より聴取した。(2014~2015 年度)

(3) 現地で水稻・大豆を生産する 100ha 規模の集落営農組織をベースに、所有コンバインの異なる 3 モデル(①自脱型 2 台+大豆用 1 台+業者への作業委託、②自脱型 4 台+大豆用 1 台、③自脱型 2 台+小型汎コン 1 台)を設定し、収穫にかかる経費を試算、比較した。(2016 年度)

### 2) 三重・ゴマ省力収穫実証(協力：三重農研、九鬼産業)

小型汎コンを用いてゴマを収穫し、適正な作物条件、機械作業条件等を検討した。

(1) 適正な作物条件の検討のため、生育段階の異なるゴマ(さく黄化前、黄化初期、黄化中期、黄化後期)を小型汎コンで収穫し、収穫精度や収穫物品質等を調査した。(2015~2016 年度)

(2) 適正な機械作業条件の検討のため、小型汎コンのこぎ胴回転数(高速：稲麦設定、低速：大豆設定)および作業速度(低速：0.4m/s、中速：0.8m/s、高速：1.2m/s)を変えてゴマを収穫し、連続作業性等を調査した。(2016 年度)

## 3. 結果の概要

### 1) 岩手・低コスト収穫実証

(1) 脱穀受網および選別受網の開口率の適正化、刈取部リールおよび刈取部搬送ラセンの回転数の適正化を施した結果、水稻の夾雑物混入の低減(約 1.0%→0.5%)、大豆の頭部損失の低減(約 3.0%→1.5%)、ソバの脱穀部滞留の解消が確認された。

(2) 作業能率は、水稻 30.4a/h、大豆 38.6a/h、ソバ 29.7a/h であった。運搬・操作性等について、未舗装道路でも運搬しやすい、作物ごとの換装をより容易にとの評価を受けた(図 1)。

(3) 収穫にかかる経費は、モデル①126.8 万円/年、②99.5 万円/年、③79.5 万円/年と試算され、小型汎コン導入により収穫経費が 20~37%低減した(図 2)。

### 2) 三重・ゴマ省力収穫実証

(1) さく黄化前~さく黄化中期では多くのさくが未裂開状態で収穫され、脱穀選別損失が 10%未満と少なかった(図 4)。さく黄化後期では多くのさくが自然裂開し穀粒の飛散が生じ、脱穀穀粒損失が極めて多かった。さく黄化前に収穫した穀粒は未熟粒割合が多かった(図 3)。以上から、ゴマの穀粒損失を低減させるコンバイン収穫適期はさく黄化初期~中期と判断された。

(2) こぎ胴回転高速では黄化前のさくが破損されて水分が脱穀部内部で発生し、収穫物の滞留(詰まり)が生じた。作業速低速では頭部損失が増加し、作業速高速では収穫物流量に対し選別、搬送能力が不足し、収穫したさくが選別部や搬送経路内で滞留し連続作業が困難であった。以上から、小型汎コンで連続収穫性の高い機械条件は、こぎ胴回転：低速、作業速：中速と判断された。

以上、岩手県沿岸地域での実証により小型汎コン導入により得られるコスト低減効果を試算すると共に、小型汎コンによるゴマ収穫時の適正な作物条件、機械作業条件を検討した。



図1 岩手沿岸小區画ほ場での水稲収穫風景

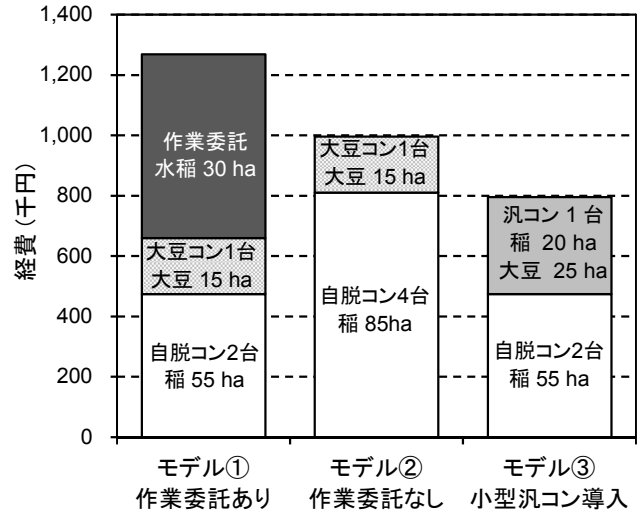


図2 収穫にかかる機械経費の比較



(さく黄化前) (さく黄化初期) (さく黄化中期)

図3 収穫したゴマの外観

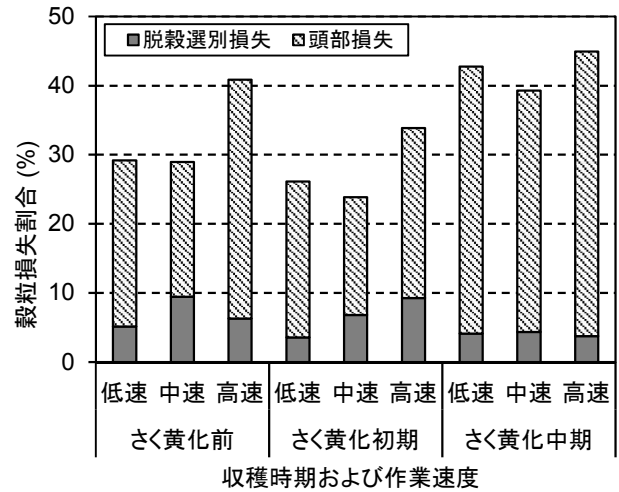


図4 ゴマ収穫における穀粒損失割合

#### 4. 成果の活用面と留意点

##### 1) 岩手・低コスト収穫実証

機械経費の低減により、農業経営収支の向上が期待できる。  
コンバイン収穫可能面積に合わせて作付面積の最適化を要する場合がある。

##### 2) 三重・ゴマ省力収穫実証

ゴマ収穫の機械化により、国内生産量の増加、国内自給率の向上等が期待できる。

コンバイン収穫時には（他の作物と同様に）、今回検討した以外の作物条件（栽培様式、最下着さく高、分枝程度等）、機械作業条件（刈高さ、送塵量制御、選別精度等）にも考慮が必要である。

#### 5. 残された問題とその対応

さくごと収穫したゴマの省力的な脱粒方法の検討も必要である。経営体強化プロ（農水省）にて対応予定。





## 2. 総合機械化研究領域

課題分類：4 (6)

課題 I D：1060301-01-3101\*16

研究課題：樹園地用小型幹周草刈機の開発

担当部署：革新工学センター・総合機械化研究領域・果樹生産工学ユニット

協力分担：(株)クボタ、岩手農研セ、長野果樹試

予算区分：経常・緊プロ (共同)

研究期間：完 2014～2016 年度 (平成 26～28 年度)

## 1. 目的

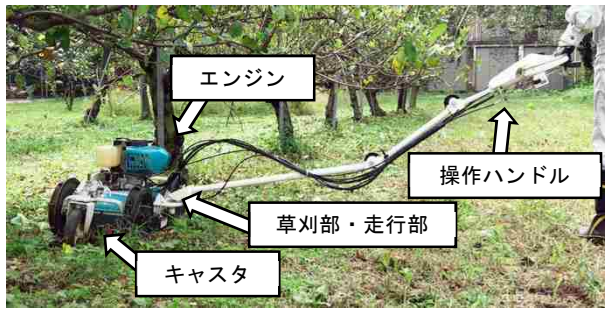
作業者が楽な姿勢で刈払機より高能率に、樹園地の樹冠下幹周部分の草刈作業ができる歩行型草刈機を開発する。

## 2. 方法

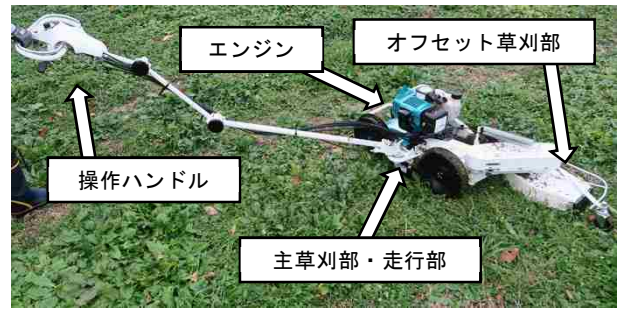
- 1) 所内特研課題「小型軽量で取扱性に優れた歩行型幹周草刈機の開発」において試作した草刈機 (平成 25 年度事業報告における試作 2 号改良機。以下、基礎試験機キャスト式)、市販法面用歩行型草刈機 (機関出力 1.0kW、刈幅 300mm、作業速度 0.38m/s、機体中心からのハンドル長さ 1500mm) (以下、ベース機)、刈払機 (機関総排気量 25.4ml、刈刃径 255mm) を供試し、リンゴわい化栽培園およびリンゴ新しい化栽培園の樹冠下部分の草刈作業における作業能率、取扱性等を評価した。また、小型幹周草刈機の基本構造を検討した (2014 年度)。
- 2) 小型幹周草刈機 1 号機キャスト式、オフセット式、ベース機、刈払機を供試して、引き続きリンゴわい化栽培園およびリンゴ新しい化栽培園の樹冠下部分および法面の草刈性能を評価した。また、オフセット式について、オフセット部の安全性や法面作業時の走行安定性・刈り残し等の問題点の改善を図るため小型幹周草刈機 2 号機オフセット式を試作した (2015 年度)。
- 3) 小型幹周草刈機 1 号機キャスト式、2 号機オフセット式、刈払機を供試して、引き続きリンゴわい化栽培園およびリンゴ新しい化栽培園 (表 1) の樹冠下部分の草刈性能を評価した。また、2 号機オフセット式の耐久性試験を行い、耐久性を向上した小型幹周草刈機 3 号機オフセット式を試作した。さらに、リンゴ生産者ほ場で樹冠下部分の草刈作業時の取扱性を調査するとともに、効率的な作業方法を検討し、作業方法マニュアルを作成した (2016 年度)。

## 3. 結果の概要

- 1) ベース機と比較してキャストを備えた基礎試験機キャスト式の旋回操作力は低かったが、草刈対象面積あたり作業時間は基礎試験機、ベース機、刈払機ともに同等であった。小型幹周草刈機は、旋回性を高めるように、自由に回転するキャストを車体の片側に備えたキャスト式と、樹列に沿ってまっすぐ走らせるだけで樹冠下幹周部分の草刈ができるように、揺動可能なオフセット草刈部を備えるオフセット式の 2 方式を試作することとした (図 1)。
- 2) 小型幹周草刈機 1 号機オフセット式の草刈面積あたりの作業時間は刈払機と同等から 5 割短く、刈払機より楽に作業できることを確認した。小型幹周草刈機 2 号機オフセット式はオフセット刈刃サイズの変更やゲージ輪取り付け方法等の改良を行った。
- 3) 樹列間通路を乗用草刈機で刈り取り後、刈り残された樹冠下部分 (作業幅 1.1～3.1m) での草刈面積あたりの作業時間 (通路草刈先試験) は、キャスト式は刈払機と同等から 3 割低減し、オフセット式は刈払機より 3 割から 5 割低減した (図 2)。キャスト式の刈幅の概ね 6 倍、オフセット式の刈幅の概ね 4 倍となるようにあらかじめ決めた幅の樹冠下部分 (作業幅約 1.7m) での草刈面積あたりの作業時間 (樹冠下草刈先試験) は、刈払機よりキャスト式が約 3 割、オフセット式が約 5 割低減した (図 2)。両開発機ともに作業中の心拍増加率は 50%未満であり、OWAS 法により評価した作業姿勢も、筋骨格系に有害である作業姿勢 (AC2 以上) の時間割合は刈払機より約 5 割低かった (表 2)。リンゴ生産者等から、ついて歩くだけで草刈りできるのは本当に楽、キャスト式は旋回性が良い、オフセット式は樹間部分もきれいに刈れていると評価された。作業方法マニュアルには、効率的な作業手順、操作方法、走行経路の目安や作業上の留意点等を記載した。以上、刈払機より高能率で楽に草刈作業ができる小型幹周草刈機を開発した。



キャスト式  
市販法面用歩行型草刈機の車体片側にキャスト追加  
機関出力：1kW  
刈幅：300mm 機体質量：27kg  
作業速度：0.44m/s、0.33m/s (2段変速)



オフセット式  
市販法面用歩行型草刈機にオフセット草刈部追加  
機関出力：1.7kW  
刈幅：300mm + 210mm 総刈幅約460mm 機体質量：45kg  
作業速度：0.41m/s、0.31m/s (2段変速)

図1 開発した小型幹周草刈機の外観と主要諸元

表1 幹周草刈試験条件

対象樹園	リンゴわい化栽培若木園	リンゴわい化栽培成木園	リンゴ新わい化栽培成木園
場所	岩手農研セ内	岩手農研セ内	長野果樹試内
通路草刈先試験の試験対象範囲 (1試験区あたり)	幅平均1.4m 距離34m	幅平均1.6m 距離34~41m	幅平均2.5m 距離16~18m
樹冠下草刈先試験の試験対象範囲 (1試験区あたり)	—	幅平均1.7m 距離41m	幅平均1.7m 距離24m
樹齢(定植後)	4~5年程度	6~9年程度	9年程度
樹列間	5m	5m	4m
栽植距離	5m	5m	1.5~2m
下枝通路方向長さ	1.3m程度	1.6m程度	1.0m程度
雑草高さ平均値	25.2cm	25.6cm	14.5cm
備考	各樹の直近及び樹と樹の中心に支柱あり		支柱は樹列端と20m間隔に中柱あり

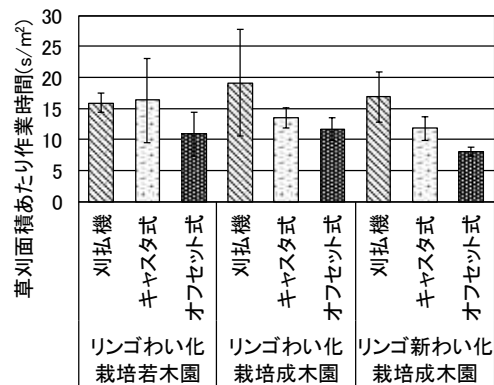
表2 作業姿勢評価結果

供試機	OWAS法アクションカテゴリー割合 (%)			
	AC1	AC2	AC3	AC4
刈払機	84.4	14.7	0.9	0.0
キャスト式	92.6	7.3	0.0	0.0
オフセット式	92.9	7.1	0.0	0.0

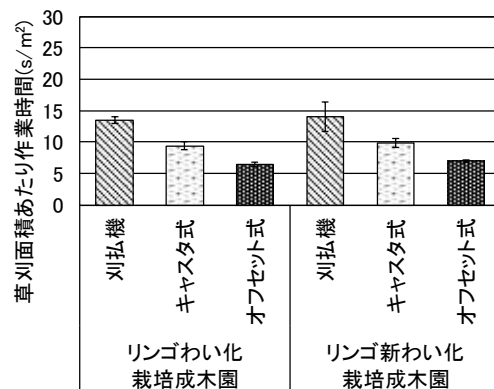
注) 各供試機とも樹冠下草刈作業 18 樹列分の測定値  
作業者は 40 歳代男性、30 歳代男性、20 歳代男性、20 歳代女性

ACの低い数値の割合が高いほど楽な姿勢の時間割合が高いことを示す。  
AC1: 筋骨格系負担は問題ない。リスクは極めて低い。  
AC2: 筋骨格系に有害である。リスクは低いだが近いうちに改善が必要。  
AC3: 筋骨格系に有害である。リスクも高く早急に改善すべき。  
AC4: 筋骨格系に非常に有害である。  
リスクは極めて高く、直ちに改善すべき。

a) 通路草刈先試験



b) 樹冠下草刈先試験



注) 樹冠下草刈先試験のリンゴわい化栽培成木園のみ2反復、それ以外は4反復の平均値、エラーバーは標準偏差を示す  
リンゴわい化栽培園の作業者：40歳代男性、20歳代男性、20歳代女性  
リンゴ新わい化栽培園の作業者：30歳代男性

図2 幹周草刈試験における作業時間の比較

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) オフセット式について、2017年度以降の実用化を目指す。
- 2) 幹周部分に盛土をする等、大きな凹凸のある果樹園には適応しない。

#### 5. 残された問題とその対応

技術の普及に向けて共同研究企業と連携して、開発した技術の広報活動や、作成した作業方法マニュアルの公開などを行い、果樹生産者や関係機関への情報提供に努める。

課題分類：12（2）

課題ID：1060301-02-3103\*16

研究課題：直線作業アシスト装置の適用性拡大

担当部署：革新工学センター・総合機械化研究領域・果樹生産工学ユニット

協力分担：三菱マヒンドラ農機(株)、鹿児島農総セ

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完2015～2016年度（平成27～28年度）

## 1. 目的

H26年度までに開発された直線作業アシスト装置（以下、本装置）に対し、現地ほ場での試験運用を行い、実用化に向けた細部の改良や仕様検討を進める。また、実用化に必要なフェイルセーフや自動調整などの周辺機能の開発を進めると共に、技術マニュアルや解説を整備して、生産メーカーへの円滑な技術移管を進める。

## 2. 方法

- 1) 従来のターゲットランプやV溝マーカなどの附属機器を必要とせずに、直進走行と追従走行を可能とする機能を開発した。（2015年度）
- 2) 操作性の向上を目的とし、トラクタの走行軌跡の微修正を、ユーザ所有のスマートフォンで行うことができる機能を開発した。（2016年度）
- 3) 本装置を装着したトラクタにより、試験ほ場にて1行程目は直進走行、2行程目以降は追従走行によって畝立て作業を行い、作業精度を計測した。（2016年度）
- 4) 本装置が対応可能な高速側の走行速度の範囲の調査として、ほ場内で作業機を上げた状態で直進走行および追従走行を行い、タイヤ跡により走行軌跡の精度を計測した。（2016年度）
- 5) 画像装置をトラクタに装着する際の、カメラの取り付け方向の調整やパラメータ取得作業を、トラクタを平坦な舗装路上で自動操舵にて直進走行させることで、非熟練者でも容易に可能とする作業支援用の機能を開発した。（2016年度）

## 3. 結果の概要

- 1) 直進走行については、走行開始時に目標地点の風景を画像装置に記憶させ、この画像を追跡することで、目標地点に向けて直進する機能（以下、遠景直進）を開発した（図1、2）。追従走行については、従来のマーカ跡への追従走行と同じ画像処理で算出した地面の凹凸形状に対し、前行程の作業で生じる落込み部分の位置を検出し、これと一定の間隔を保って走行する機能（以下、作業跡追従）を開発した（図2、3）。これらの新機能は画像処理ソフトウェアの改良のみで実現され、また、附属機器が不要となるためにコスト低減と操作の手間の合理化が得られる。
  - 2) スマートフォンの画面の左または右の三角印をタッチする操作により、遠景直進では目標地点の風景の位置を左右に1画素ずつ移動させる機能、また、作業跡追従では追従間隔を2cmずつ変化させる機能を開発し、トラクタの走行軌跡の微修正を容易に可能とした（図4）。
  - 3) 設定した作業精度の目標（行程の80%以上で偏差が±5cm以内、全行程で±10cm以内）に対し、遠景直進では目標をクリアし、従来のターゲットランプを使用した直進走行と同等の作業精度が得られることを確認した。一方、作業跡追従ではマーカ跡への追従走行に比較して作業精度が低下する傾向となったが、目標は概ねクリアした（表）。
  - 4) 走行軌跡の精度は、速度4km/hを超えると低下する傾向が見られ、この要因として操舵装置の動作速度の不足が観察された（図5）。また、画像処理の機能は速度7km/h以上でも平坦地では動作可能であるが、地面の凹凸などでトラクタが大きく揺動する状況では、追従対象の遠方風景や地面を見失って動作停止する傾向が観察された。
  - 5) カメラ取り付け方向の内、ピッチ角とヨー角については、地面の位置を追跡する画像領域の移動軌跡を延長した直線の交点から算出し、また、ロール角については、画像領域の縦方向の移動量を、画面の左側と右側で比較することで評価する画像処理ソフトウェアを開発した（図6）。
- 以上、遠景直進と作業跡追従の2機能を新たに開発し、ほぼ実用レベルの性能を確認した。また、スマートフォンを使った操作機能や装着作業の容易化など、実用化に向けた機能を開発した。



図1 目標地点への直進走行

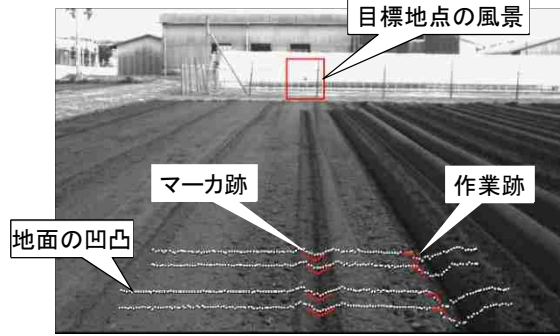


図2 画像処理の例（複数の処理結果を合成）



図3 作業跡への追従走行



図4 スマートフォンの画面の例（遠景直進用）

表 直進走行での直進性と追従走行での行程間隔の偏差

作業条件 <sup>※1</sup>	平均偏差[cm]	標準偏差[cm]	±5cm以内[%]	±10cm以内[%]
遠方風景への直進走行 <sup>※2</sup>	2.5	2.0	89	100
作業跡への追従走行 <sup>※3</sup>	3.7	3.5	87	99
V溝マーカ跡への追従走行 <sup>※3</sup>	1.1	2.2	96	100

※1 試験条件：鹿児島農総セ試験ほ場、2016年11月2日、黒ボク土、トラクタ：37kW（半装軌式）、作業機：サツマイモ栽培用2畦畝立てマルチャ、作業速度：1.3km/h、目標行程間隔：200cm、行程長：90m、計測間隔は5m毎に1行程あたり19点を計測。

※2 直進走行はスタート地点と目標地点を結ぶ直線経路からの偏差を計測。

※3 追従走行は前行程との行程間隔を計測。各試験は4行程の平均値。

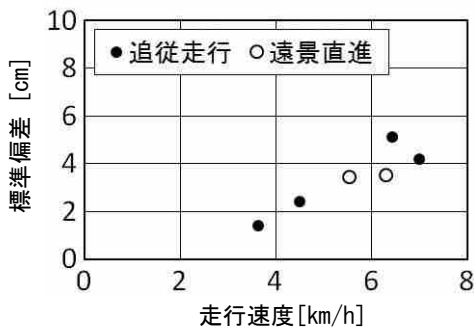


図5 走行速度と走行精度の関係

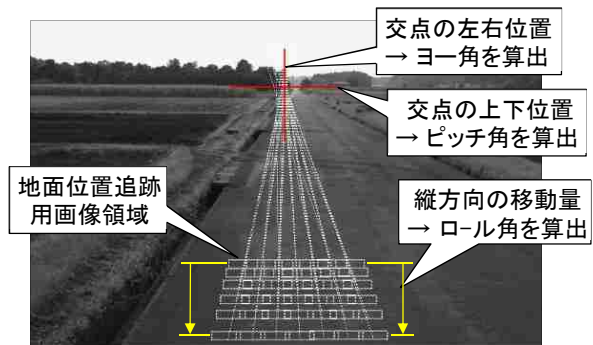


図6 カメラ取り付け方向検出用の画像処理の例

#### 4. 成果の活用面と留意点

2017年度下期より市販予定。農食工学会などで発表予定。逆光、影などの影響や目標地点の風景の状況によって画像処理の機能低下、操舵制御の精度低下や機能停止が発生する場合がある。

#### 5. 残された問題とその対応

操作方法や各機能が適切に動作する状況の範囲などをマニュアル等に整備し、市販化に向けて資料類の整備を進める。

---

課題分類：12（6）

課題 I D：1060303-02-3304\*16

研究課題：水ストレス計測装置の開発

担当部署：革新工学センター・総合機械化研究領域・施設・調製工学ユニット

協力分担：民間企業

予算区分：経常

研究期間：完 2015～2016 年度（平成 27～28 年度）

---

## 1. 目的

高品質農産物の安定生産に求められる精密なかん水管理を行うために、ウンシュウミカンを対象に、樹体の水分状態を園地において低侵襲かつ迅速に判別できる水ストレス計測装置を開発する。

## 2. 方法

- 1) 小型・軽量化、商品化を目指した水ストレス計測装置（以下、1号機）を試作した。「青島温州」9、13年生樹の新梢葉を供試し、性能試験を行った。（2015年度）
- 2) センサユニットおよび計測ソフトの取扱い性向上、動作速度の高速化等に関する改良を行った2号機を試作し、性能試験を行った。（2016年度）
- 3) 装置の汎用性を増すため、アタッチメントの変更により果実硬度も計測可能となるよう改良した（以下、果実用装置）。また、WPを得るための校正値は、水分チェックボール（3段階の水ストレスの程度に応じて硬度が異なる模擬果実、（株）ヤマダ）を対象に、計測者3人を対象に3点/人で調査した（図2）。果実用装置の計測速度は0.3mm/s、計測圧子はφ5.0mmとし、また、対照値は材料試験機（島津、EZ-S）により計測した。（2016年度）

## 3. 結果の概要

- 1) 1号機は、センサユニットおよび計測用PCから構成される（図1）。センサユニットは、樹脂製で、ロードセル、リニアアクチュエータ、モータドライバから構成される（表）。1号機は、2013年度に開発した携帯型植物水分情報測定装置2号機から大幅な小型・軽量化を図った。また、新たに計測用ソフトを開発し、センサユニットの制御、動作・解析条件の各種設定、計測時の変化をリアルタイムでグラフ表示するとともに、データの保存、結果の表示を行うようにした。計測結果は、荷重・変位の逐次データとともにCSVファイル形式で保存し、併せて開発した解析用ソフトを用いることで、ヤング率の算出条件を再設定し、保存したデータから再解析できるようにした。一連の計測動作および計算処理は、スタートスイッチを押すだけで自動的に計測可能とした。1号機によるヤング率とプレッシャチャンバによる水ポテンシャル（以下、WP）の関係では、相関係数が0.83、標準偏差は0.19となり（図3）、良好な相関を得た。しかし、本装置では、計測回数の増加とともに原点復帰位置からアクリル板までの距離が変化し、葉厚計測の精度に影響することから、本距離を毎回計測する必要があり、1回の計測に50秒程度を要したため、筐体を金属に変更する等の改善が必要とされた。また、その他、取扱い性向上に関する改善点を得た。
- 2) 2号機では、筐体を金属に変更することで剛性を高めるとともに、アクチュエータの速度を改善し、計測時間は20秒まで短縮した。また、取扱い性向上のため、センサユニットにスタートスイッチを追加する等の改良を行った。性能試験の結果、相関係数は0.74、標準偏差は0.18となった。精度低下の主な要因としては、アクチュエータの直進動作が不安定なことから、安定した変位および荷重の増加が得られなかった事が考えられ、リニアガイド等の追加やアクチュエータおよびロードセルの設置方法に関する構造の改善が必要であると考えられた。
- 3) 模擬果実を対象に、校正値を得た。また、計測時間は10秒程度であった。

以上、小型・軽量化、実用化を目指した水ストレス計測装置の開発を行い、実用化を目指した際の装置の改善点に関する知見を得た。

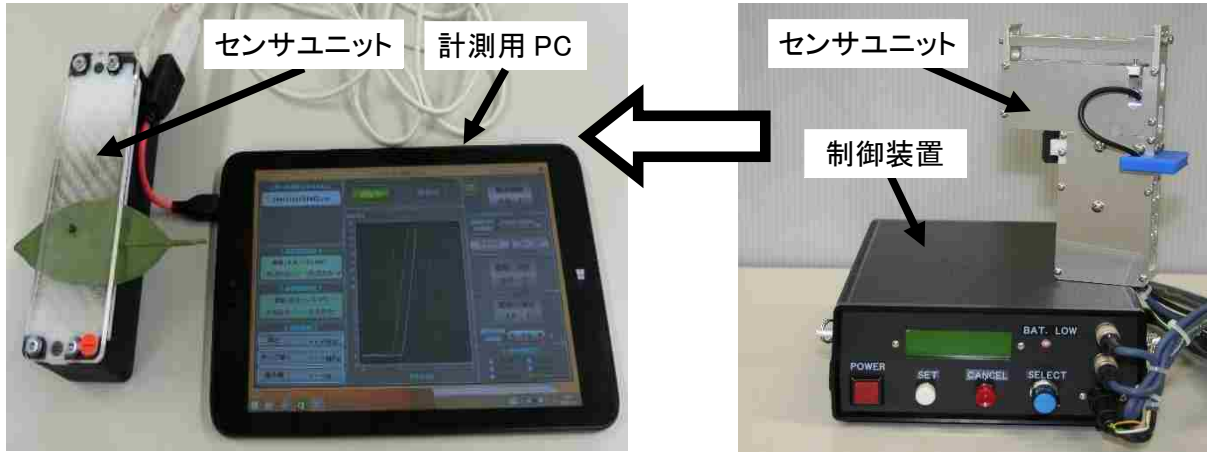


図1 1号機および2013年度装置

表 センサユニットの構成および諸元

ロードセル容量	2kg
アクチュエータ	動作速度0.15mm/s 最大推力15N
圧子先端径	φ2.5mm
モータドライバ	-
電源	PCより供給
寸法	38×48×133mm
重量	200g

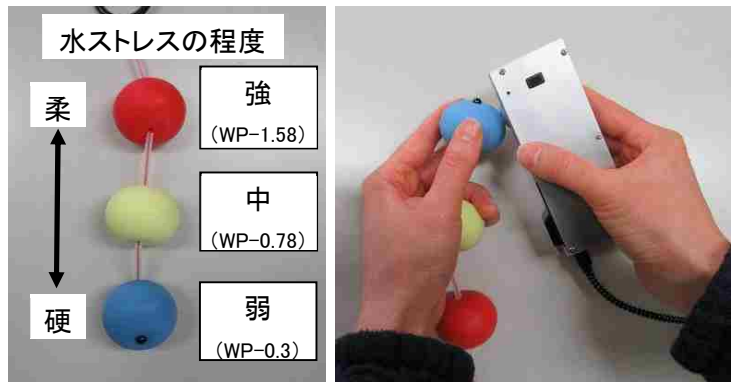


図2 2号機による模擬果実の計測の様子

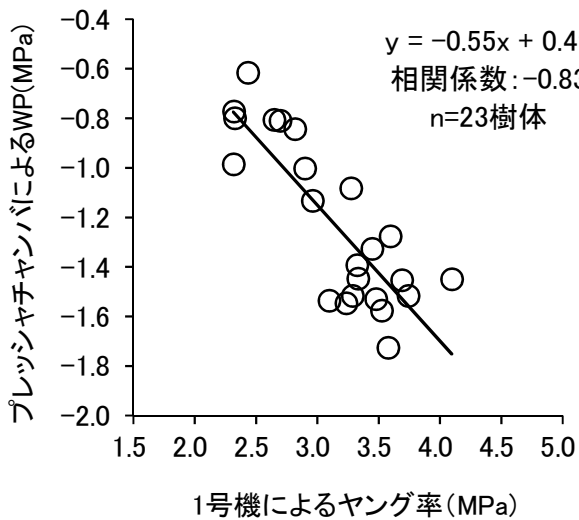


図3 1号機によるヤング率とWPの関係

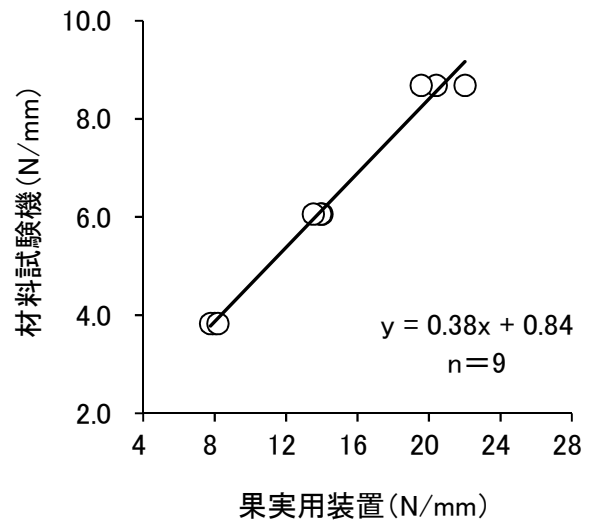


図4 模擬果実を対象とした果実用装置と材料試験機の結果

4. 成果の活用面と留意点

アグリビジネス創出フェア 2016 (2016. 12) に出展。農食工学会年次大会 (2017. 9) で発表予定。

5. 残された問題点とその対応

実用化に向けて技術内容に関する情報発信に努める。

課題分類：12（4）

課題 I D：1060303-02-3305\*16

研究課題：収穫ロボットの多機能化による高品質イチゴの生産評価手法の開発  
一定置型収穫ロボットによる糖度計測技術

担当部署：革新工学センター・総合機械化研究領域・施設・調製工学ユニット

協力分担：京都大学、愛媛県農水研

予算区分：経常・受託（科研費）

研究期間：完 2014～2016 年度（平成 26～28 年度）

## 1. 目的

収穫ロボットと移動栽培装置を組み合わせた植物工場において、高品質イチゴを安定して生産する手法を開発するため、収穫ロボットへの糖度選別機能の追加とその性能評価を行う。

## 2. 方法

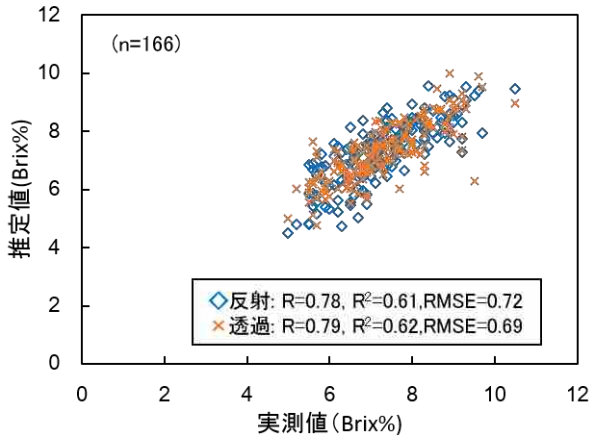
- 1) イチゴ糖度の非接触自動計測に適した計測方式を検討するため、近赤外光を用いた反射方式および透過方式の 2 方式を比較した。近赤外分光器にはデュナミスト製の小型微分分光システム（ハロゲンランプ 5W、波長 640～1050 nm）を用い、反射方式は採光部と光照射部を隣り合わせ、透過方式では向かい合わせた。各々採光部に対して果実の赤道部を位置決めして吸光度を計測し、糖度の推定式は吸光度の 2 次微分値を説明変数に PLS 回帰分析によって算出した。未熟果を含めて収穫した品種「もういっこ」（平均質量  $14.8 \pm 5.9$  g）を校正用に 167 果（ $7.3 \pm 1.1$  Brix%）、評価用に 166 果（ $7.3 \pm 1.1$  Brix%）供試した（2015～2016 年度）。
- 2) 自動計測では赤道部と採光部の位置決めによる一定の誤差の発生が予想されるため、糖度推定精度への影響の無い計測位置の範囲を調べた。両方式に対し各々約 80 果を供試し、反射方式では赤道部を基準に Z 方向に -7～13 mm、採光部から果実までの Y 方向距離 1～15 mm の位置で計測した。透過方式では Z 方向に -5～13 mm、X 方向に 0～10 mm の位置で計測した（2015～2016 年度）。
- 3) 収穫ロボットで収穫した姿勢が不均一なイチゴの糖度を自動で計測するシステム（自動計測システム）を試作した（2016 年度）。
- 4) 果柄付きイチゴ果実の果柄を収穫ロボットのエンドエフェクタで把持することでロボット収穫した状態を模し、手動計測と自動計測の糖度推定精度を比較した。品種は「もういっこ」102 果を供試した。供試果実の糖度は平均  $8.0 \pm 1.0$  Brix%、平均質量は  $14.5 \pm 4.2$  g、着色度は八分以上であった（2016 年度）。

## 3. 結果の概要

- 1) 反射方式と透過方式の糖度推定精度を調べた結果、反射方式では平均  $7.3 \pm 1.1$  Brix%、透過方式では平均  $7.3 \pm 1.0$  Brix% であり、両者の糖度推定精度に差がないことが明らかとなった（図 1）。
- 2) 計測位置と糖度推定精度の関係調べた結果、反射方式では計測位置が Z 方向 7 mm 以上、Y 方向では 5 mm 以上離れると糖度推定結果に有意な差が認められた（図 2）。透過方式では各方向 7 mm 以上赤道部から離れると推定結果に差が生じた。1、2) より、両者にはほぼ差が無かったため、一方向からのアプローチによる計測が可能で自動計測に有利な反射方式で試作を行うこととした。
- 3) 試作した自動計測システム（図 3）は、3次元センサ（RealSense、Intel）、白色 LED、近赤外分光器、収穫ロボットのエンドエフェクタを有するロボットアーム（PA10、三菱重工）および制御用 PC から構成される。本システムは計測スタートボタンを押すと図 3 の b) の手順で計測動作が行われる。なお、自動計測に要する時間はおよそ 12 s/果であった。
- 4) 自動計測システムによる計測試験の結果、収穫ロボットに果柄を把持された果実の Yaw 角は  $-34 \sim +30^\circ$  であり、画像処理による推定値と実測値の相関係数は 0.90、RMSE は  $6.7^\circ$  であった（図 4）。赤道部と採光部の距離は、目標 5 mm に対して平均  $3.8 \pm 1.3$  mm であった。糖度の推定結果は、手動計測で平均  $8.3 \pm 0.8$  Brix%、相関係数 0.72、自動計測では平均  $8.2 \pm 1.0$  Brix%、相関係数 0.66 であり（図 5）、5 %水準で有意差が無かった。このことから、試作した糖度の自動計測システムは手動計測と同等の糖度推定精度を有すると推察された。

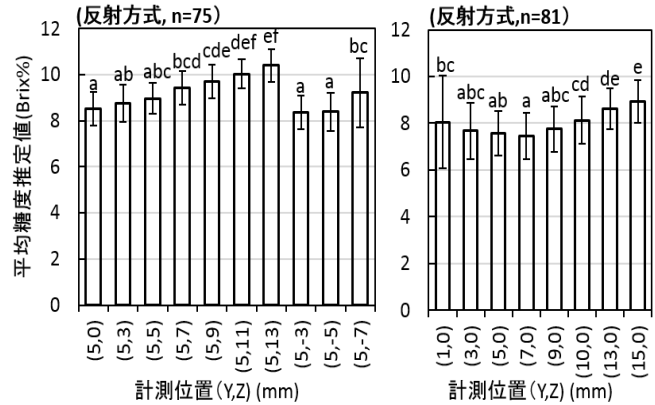
以上、イチゴ収穫ロボットが収穫した果実の糖度を非接触で自動計測する技術を開発した。





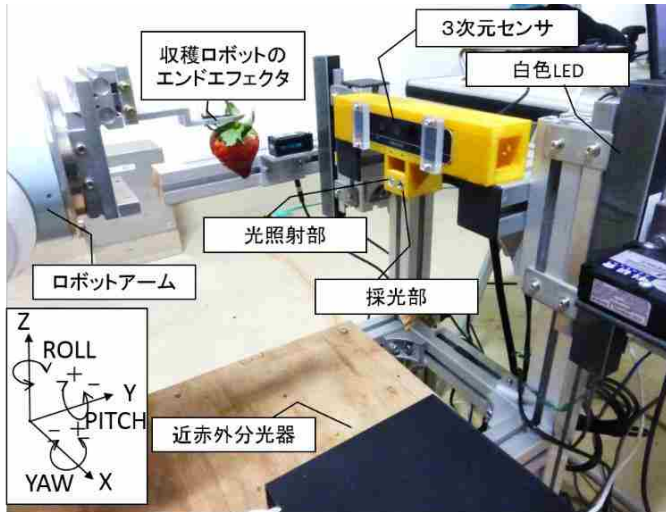
※反射: 果実赤道部と近赤外分光器の採光部距離5mm  
透過: 近赤外分光器の採光部と光照射部間距離50mm

図1 反射方式と透過方式の糖度推定結果の比較

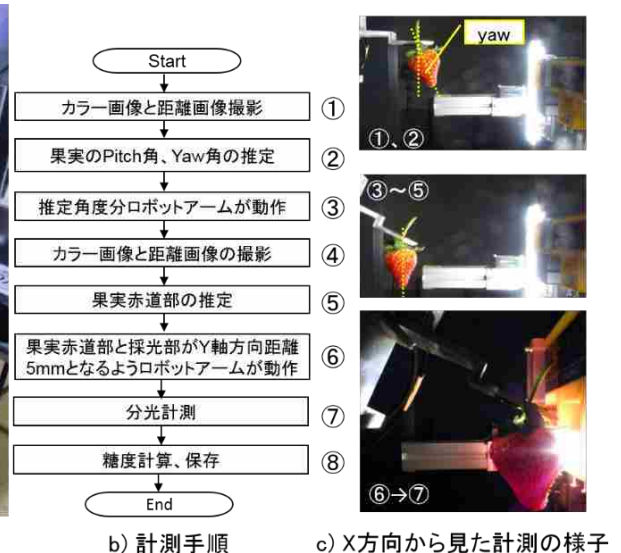


※ エラーバーは標準偏差を表す、異なるアルファベット間には有意差があることを示す(Turkey-kramerのHSD検定、 $p < 0.05$ )。

図2 反射方式における計測位置と糖度推定精度



a) システムの構成



b) 計測手順

c) X方向から見た計測の様子

図3 自動計測システム概要

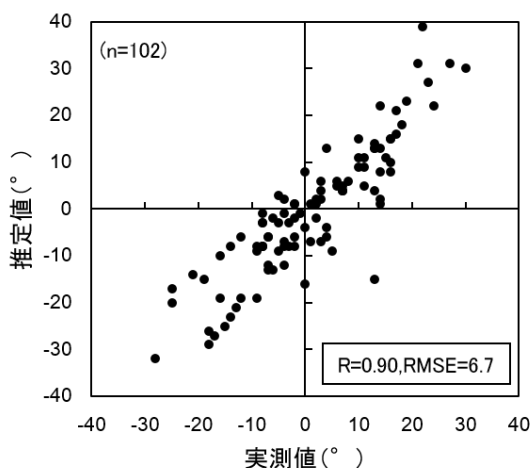


図4 自動計測システムによるYaw角推定結果

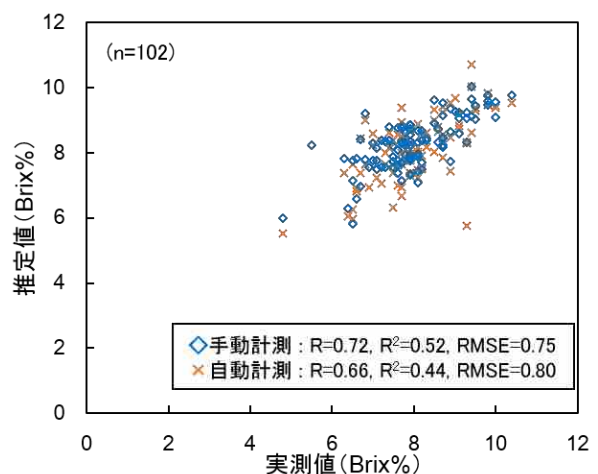


図5 自動計測システムによる糖度推定結果

4. 成果の活用面と留意点

学会発表2件。

5. 残された問題点とその対応

技術内容に関する情報発信に努める。

課題分類：6 (4)

課題 ID：1060303-02-3306\*16

研究課題：ポイントクラウドを用いた農産物の品質評価手法

担当部署：革新工学センター・総合機械化研究領域・施設・調製工学ユニット

協力分担：なし

予算区分：経常・受託（科研費）

研究期間：完 2014～2016 年度（平成 26～28 年度）

## 1. 目的

3次元点群（ポイントクラウド）を解析し、内部品質の指標である密度を簡易に推定するとともに、農産物表面の色の分布を数値化し、外観品質を評価するための基盤技術を明らかにする。

## 2. 方法

- 1) 距離情報と色情報を同時に取得可能な三次元センサを用いて果実全面を撮影した。リンゴを供試して三次元モデルを生成し、体積と赤道部最大径について実測値と比較した。リンゴ以外の果実や野菜の三次元モデルを構築した（2014 年度）。
- 2) 市販されている複数の三次元センサの機種を比較し、農産物のモデル構築に適したものを選定し、ポイントクラウドを取得するための撮影装置を構築した（2015 年度）。
- 3) 撮影装置により果実の三次元モデルを合成するソフトウェアを構築した（2016 年度）。

## 3. 結果の概要

- 1) 低価格な三次元センサ（Microsoft Kinect）、LED 照明（50W、4,200lm、5,500K）2 台、果実を置く回転台を用いて撮影した。リンゴ 111 個の三次元モデル（図 1）において、体積の RMS 誤差は  $5.8\text{cm}^3$ 、赤道部最大径の RMS 誤差は、 $0.9\text{mm}$  であった（図 2）。距離情報のノイズを除去するため、三次元モデルの表面を過度に平滑化する場合があった。リンゴ以外に、ソフトウェアの簡易な変更により、ナシ、ザクロ、パパイヤ、アボカド、スイカ、カボチャ、メロンなど、色、サイズ、形状の異なる多様な果実や野菜の三次元モデルを構築し、再現性を確認できた。
- 2) 市販の低価格な三次元センサを比較した結果、Kinect が  $0.4\text{m}$  までしか検出対象に接近できないのに対し、RealSense (Intel) は  $0.2\text{m}$  まで検出対象に接近することができ、画像の解像度がほぼ同程度であることから、より多くの果実形状の情報を取得できると考えられた。撮影装置は、三次元センサ（RealSense）、ステッピングモータ 2 台、複動エアシリンダ 5 台からなり、PC で制御した（図 3）。直交する位置関係の 2 つの回転ユニットにより果実を直交方向に 1 回転ずつ回転して果実全面を撮影するものであり、作業者が果実を上下エアシリンダの台上に置くと、最初に、台を持ち上げ、回転ユニットにより果実を両側から挟み、台が下降した後、果実を  $360^\circ$  回転させた。その後、直交する回転ユニットで持ち替え、最初の撮影で取得できなかった部分の情報を取得した。最後に、台を再度上昇させ、挟持していた果実を台上にリリースし、下方に降ろした。
- 3) カラー画像と距離画像を、縦横 1 回転当たり 50 組ずつ、計 100 組取得し、撮影装置の果実ハンドに貼付したマーカ領域の位置情報から果実の姿勢を求め、ポイントクラウドを合成した。初年度に構築した三次元モデルと比較し、果実表面の小さな凹凸など、実物により近い三次元形状を再現できる見込みが得られた。しかし、果実ハンドにて果実を把持しながら回転する際にスリップが生じ、さらに、回転方向を変更するために果実を持ち替えるときに位置ずれが観察された。

以上、低価格な三次元センサにより得られたポイントクラウドから農産物の三次元モデルを再現し、品質評価を行うための基盤技術を明らかにした。

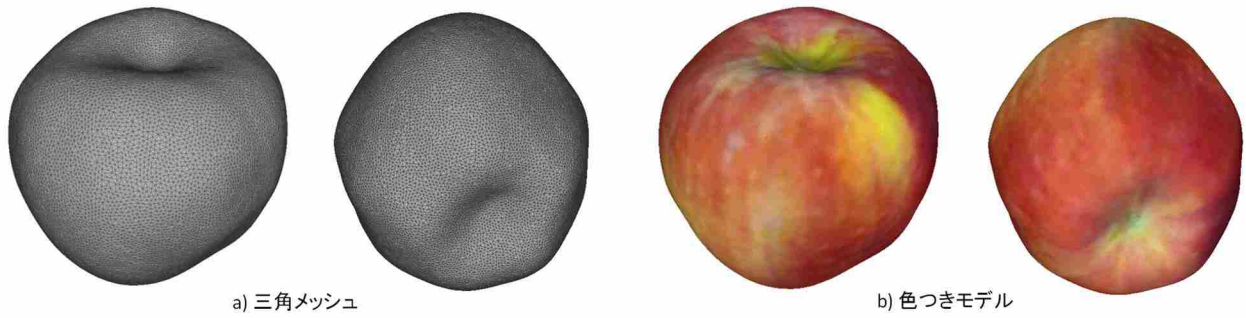


図1 三次元モデルの例

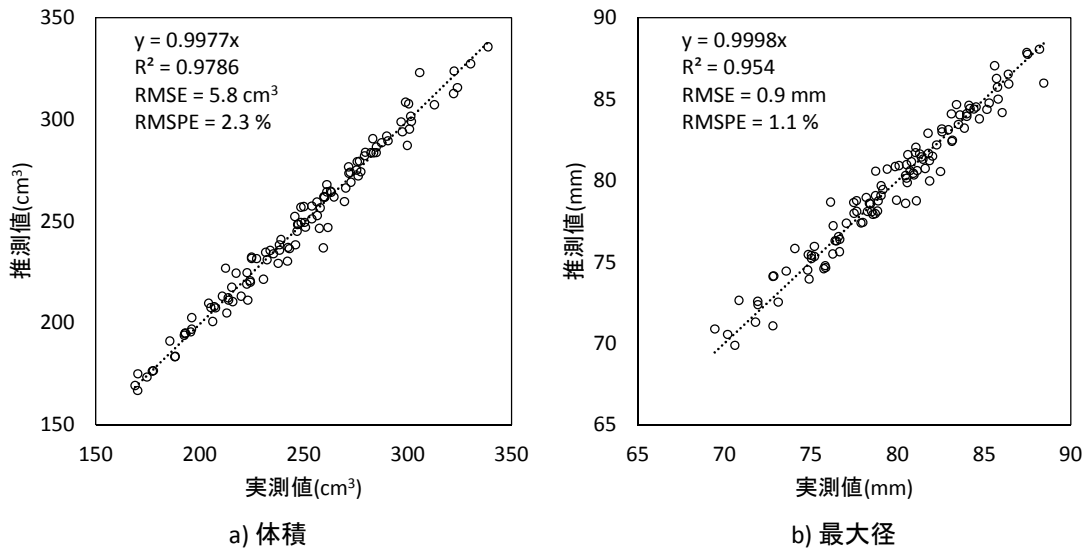


図2 体積と最大径の推定精度

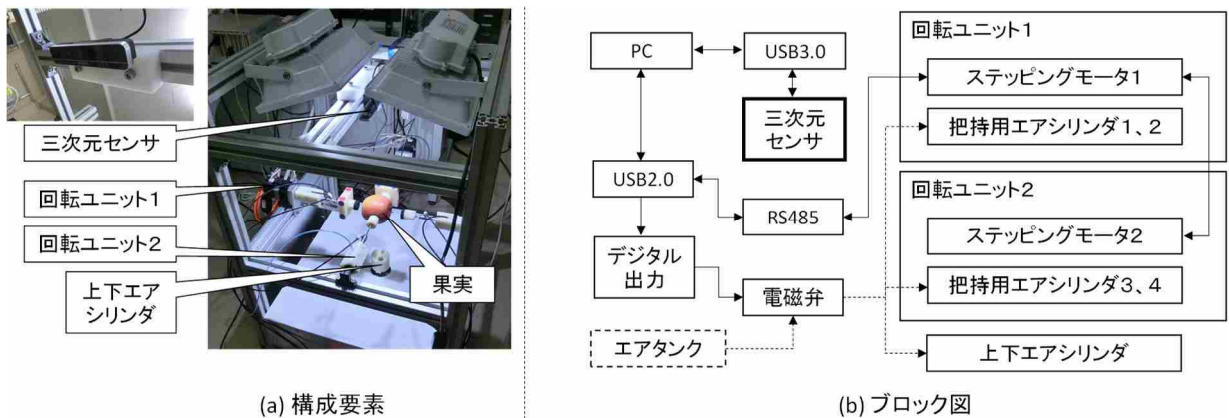


図3 撮影装置

4. 成果の活用面と留意点

学会発表4件。

5. 残された問題と対応

農産物の三次元モデル化技術のPRに努め、品質評価手法の確立に資するとともに、新たな展開方向について情報収集を行う。

課題分類：2 (5)

課題 I D：1060304-01-3401\*16

研究課題：不耕起対応トウモロコシ播種機の適応性拡大

担当部署：革新工学センター・総合機械化研究領域・畜産工学ユニット

協力分担：岩手畜研・秋田畜試・群馬畜試・神奈川畜技セ・徳島畜研・愛媛畜研・アグリテクノ矢崎(株)・全酪連・コントラクタ連絡協議会

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2014～2016 年度 (平成 26～28 年度)

## 1. 目的

これまで革新工学センターでは不耕起対応トウモロコシ播種機 (以下、開発機) を開発したが、低コスト飼料生産に向けて生産現場への普及を促すには、実証試験の結果や生産者の疑問等に対応した活用法の提案が重要である。そこで、不耕起栽培に対する農家の意向を調査するとともに、条件の異なる各地で実証試験を行ない、活用事例集をまとめる。

## 2. 方法

- 1) 府県の酪農家等へアンケート用紙 2,781 通を配布し、不耕起栽培や開発機に対する生産者の意向を調査した (2014 年度)。
- 2) 作付体系や土質等が異なる 6 県の実証試験地 (表 1) において、開発機の適応性を苗立率で評価するとともに、雑草を効果的に抑制する除草剤施用法等を検討した。また開発機のさらなる課題を抽出し改良を加えた (2014-2016 年度)。
- 3) 実証試験結果等を踏まえて、開発機の活用法・試験事例を取りまとめた (2016 年度)。

## 3. 結果の概要

- 1) アンケート (回収率 16.8%) の結果、不耕起栽培への不安要素として雑草防除が挙げられ、対応事例の提供が必要と考えられた。また、開発機への播種同時施肥や条数追加等の要望が寄せられた。
- 2) 各試験地の苗立率は、前作がエンバクの場合は 90%以上で開発機の適応性が高かった。前作がイタリアンライグラス (以下、IR) の場合は、播種深さが浅かった場合に苗立率が低下するケースが多かった。この要因として、圃場表層のルートマットの影響で播種深さが設定通り深くならず、浅く播種された種子は鎮圧しても土壌と十分に接触できなかったことが考えられた。一方、作業速度のみを変えて苗立率が改善した事例 (2.0m/s で苗立率 81%、1.5m/s で苗立率 92%) から、速度を抑えると圃場の凹凸へ播種ユニットが追従しやすくなり作溝の深さや鎮圧が安定すると示唆され、IR 跡で苗立率および開発機の適応性を高めるためには、播種深さを 4cm 以上に深く設定するとともに 1.5m/s 以下の速度で播種することが必要と考えられた。なお、降水量 24mm 相当の散水により土壌硬度を低下させた圃場で深い播種が可能だった試験事例から、降雨後の作業も IR 跡での播種深さの確保に有効と考えられた。前作がトウモロコシの場合は、黒ボク土・灰色低地土では播種深さに関係なく 90±8%と高く、開発機が適用可能だった。一方、粘質土の場合は苗立率が 57±18%と低かった。この原因は、圃場表面の硬度が 2.5MPa 以上と高く作溝、覆土が不十分だったためと考えられた。表層へ完熟堆肥を施用し苗立率が高まる事例もあったが、適用には留意が必要だった (表 3)。

開発機を活用した不耕起栽培での雑草防除について、前植生の防除には、グリホサート系の非選択性除草剤が、単作、二毛作、二期作体系ともに有効だった。また非選択性除草剤の効果は、播種直前に施用する場合より直後に施用した場合に高かった。後発雑草の防除では、播種 1 ヶ月後の圃場へ全面散布する茎葉処理剤として、ニコスルフロンのハロスルフロンのメチルを混用した事例 (試験地 E) やアトラジンとトプラメゾンとを混用した事例 (試験地 C) 等の有効性を確認した (表 3)。

なお、実証試験中に欠株や作溝・覆土不足等の不具合が発生したため、種子誘導スリット内のクリーニング機構を追加し、作溝機構への残渣滞留を軽減するスクレーパを強化した (表 2)。また、アンケートでの要望を受け播種同時施肥機能や条数を追加できるようにした。

現地試験における開発機の圃場作業量は平均 58a/h で、播種機 (2 条) の標準的な作業能率を上回り (図 1)、所要時間および燃料消費量も、それぞれ慣行体系の 23%、6%へ削減された (図 2)。

- 3) 開発機の活用事例集は、生産者の疑問等へ対応する必要があるため Q&A 方式で取りまとめることとした。記載項目は、開発機を適用できる作付体系や土質の違いによる適応性、雑草の抑制方法等とした (表 4)。主要な読者は、農業者へ直接接して技術指導を行なう普及員を想定した。

以上、不耕起栽培に対する農家の意向を調査するとともに、条件の異なる各地で実証試験を行ない、開発機の適応性を確認するとともに活用事例集をまとめた。

表1 実証試験地の一覧

地域	作付体系	前作	主な土壌
A (寒地)	単作	トウモロコシ OG等	黒ボク土
B (寒地)	単作	トウモロコシ OG等	黒ボク土 (+粘質土)
C (温暖地)	二毛作	IR・エンバク等	黒ボク土
D (温暖地)	二毛作・ 二期作	トウモロコシ IR等	黒ボク土
E (暖地)	二毛作・ 二期作	トウモロコシ IR等	灰色低地土 (+粘質土)
F (暖地)	二毛作・ 二期作	トウモロコシ IR・ソルガム	黒ボク土 (+粘質土)

※IR=イタリアンライグラス、OG=オーチャードグラス

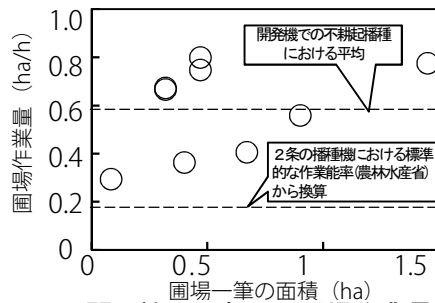


図1 開発機（2条）の圃場作業量

表2 開発機の主な課題と対応

不具合	主な要因	対応
欠株発生	種子誘導スリット内の土詰まり	クリーニング機構を装備
覆土・鎮圧不足	前作残渣等の絡まり	残渣を掻き落とすスクレーパの板厚増・拡幅

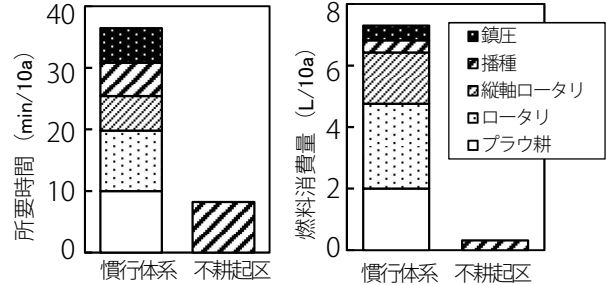


図2 所要時間・燃料消費量の比較

※試験地Aでの測定、1筆面積50aでの調査、施肥・除草剤散布は含まない

表3 条件の異なる圃場での開発機の適応性および活用法の例

条件	適応性および活用法の例
前作の違い	IR跡では、前作残渣やルートマットが作溝を阻害し苗立率が低下する場合がある。作業速度を(1.0-1.5m/s等に)抑える、降雨後など土壌硬度が低下した際に播種することで、播種深さを深くでき、覆土・鎮圧不足や苗立率低下リスクの軽減が可能 エンバク・トウモロコシ・ソルガム跡では、残根が少なく開発機の適用が可能
土質の違い	土性が砂質・壤質(黒ボク土・灰色低地土)の場合は苗立率を確保しやすい 粘質土の場合は、苗立率低下のリスクが高い。表層に完熟堆肥を施用して覆土不足、苗立率を改善した試験事例はあるが根の伸長が抑制され収量減となるリスクもある
作付体系の違い	単作体系(寒冷地・トウモロコシ跡)では適用可能 二毛作体系(温暖地・暖地)で組み合わせる冬作草種は、ルートマットの少ない飼料用麦類が好適 二期作体系(温暖地・暖地のトウモロコシ跡)は、適用可能
雑草防除事例	前植生の防除には、単作、二毛作、二期作ともにグリホサート系の非選択性除草剤が有効。施用は播種前より、播種の直後が望ましい 後発雑草の防除事例: 播種1ヶ月後にアトラジンとトブラマゾンを混用、全面施用(試験地C) 播種1ヶ月後にニコスルプロンとハロスルプロンメチルを混用、全面施用(試験地E)

表4 開発機の活用事例集におけるQとAの例

Q	A
前作がIRの圃場に適用できるか?	試験地C、D、E、Fの試験事例から、IR跡では播種深さを4cm以上を目安に深く設定することで、苗立率低下リスクの軽減が可能など等を提示
開発機を適用すべきでない土壌条件は?	試験地B、E、Fでの試験事例から、粘質土壌では、苗立率・収量低下等のリスクが高く、適用が望ましくないことを提示。
前植生や後発雑草の効果的な防除方法は?	全ての試験地において、前植生の防除にはグリホサート系の非選択性除草剤が有効なこと、試験地C(温暖地)や試験地E(暖地)での後発雑草防除事例等を提示
トウモロコシ以外の種子は播種可能か?	試験地C、E、Fの事例から、麦類・ソルガム・牧草種子の条播も可能なことを提示

4. 成果の活用点と留意点

- 1) 開発機の活用事例集を公開し、普及現場での活用を資する。
- 2) 自給飼料利用研究会(2016.12)で発表。

5. 残された問題とその対応

粘質土での苗立率向上等の課題は残っているが、開発機の活用、不耕起栽培技術の一層の普及に向けて、引き続き関係機関との情報共有に努める。

課題分類：5（5）

課題 I D：1060304-02-3403\*16

研究課題：TMR センターを基軸とした国産飼料流通における技術課題調査

担当部署：革新工学センター・総合機械化研究領域・畜産工学ユニット

協力分担：なし

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2016 年度（平成 28 年度）

## 1. 目的

わが国において、大型機械の活用等によって低コストに飼料生産が可能な地域は限られていることから、飼料自給率向上を図るためには国内で飼料を流通させる取り組みが重要となる。そこで、TMR センターやコントラクタを対象に、国産飼料の広域流通に向けた技術的課題を明らかにし、今後の技術開発に資する。

## 2. 方法

国産飼料を原料として利用している TMR センター（7 県、全 7 件）に対して、技術的課題、今後の展望等について聞き取り調査を行った。

## 3. 結果の概要

調査の結果、下記の知見を得た。調査先の概要を表 1 に、今後の展望と技術的課題を表 2 に示す。

- 1) 調査先の全ての TMR センターから、輸入飼料の価格が不安定であるためできるだけ自給飼料を利用したい、既存の顧客だけでなく利用者を増やしたいといった意見が出た。
- 2) 調査先のほとんどの TMR センターが組織内のコントラクタ部門あるいは別のコントラクタと連携しており、現在連携がない TMR センターも今後連携をしたいとのことだった。コントラクタとの連携による自給飼料の利用率向上や広域流通が期待されるが、課題として貯蔵場所の確保やそれにかかるコスト、飼料生産地域と酪農地域との距離が離れている場合の運搬コストが挙げられた。貯蔵と運搬にかかるコストを低減させる取り組みとして、TMR センター A は、離れた場所にあるコントラクタの拠点に設けられた他の TMR センター（以下、サブセンター）に濃厚飼料中心の混合飼料（以下、セミコンプリート）を配送し、サブセンターが自給飼料と混合して酪農家へ配送する方法を採っていた。TMR センター B ではセミコンプリートの配送時に酪農家の敷地内で自給飼料と混合するサービスを行っていた。また、TMR センター B、C では貯蔵・運搬時のスペースの利用効率を高めるために角形ラップサイロを採用していた。
- 3) 複数の TMR センターが、前述のようなサブセンターが地域の TMR センターや飼料会社を囲むように設立され、サブセンターがいくつかのセミコンプリート供給先と連携する流通網が構築されることを期待していた。貯蔵と運搬コストの低減だけでなく、多種に渡るメニューの製造負担が一つの TMR センターに集中しないなどの利点もあるが、一企業・団体の提案や活動だけではこの流通網を構築することは困難であり、地域あるいは地域間で共通の意識を持って取り組む必要があるとのことだった。
- 4) 濃厚飼料の代替として、調査先の全ての TMR センターが食品製造副産物や飼料米などを利用していたが、食品製造副産物の利用先はほとんど決まっており、新規の供給元を探すことが難しいことから、デントコーンの雌穂（以下、イアコーン）や飼料用大豆への要望があった。イアコーンの収穫には専用のアタッチメントを装着した大型の収穫機を必要とするために府県向きでないこと、大豆の WCS 収穫にはコーンハーベスタや汎用型飼料収穫機が利用できるが、飼料用の登録農薬が無いこともありほとんど作られていないこと、需要を満たす質と量の確保が課題として挙げられた。
- 5) 製品をフレコンバッグに梱包している TMR センターの中には、カビの発生に悩まされている所もあり、ラップサイロ体系への移行を検討していた。
- 6) 生産情報管理については、製品に使用材料などの情報を手書きで記載又は表示票を貼付し、データ管理には PC や手書きの帳簿を利用するなどの情報管理を調査先の全てのセンターで行っていた。しかし、電子化・自動化については、全体のコスト増加に繋がるため、省力化だけでなく人件費削減などの経営上のメリットをもたらすようなシステムでなければ必要性を感じないという共通意見であった。

以上、国産飼料を原料として利用している TMR センターに対して聞き取り調査を行い、国産飼料の広域流通に向けた技術的課題を明らかにした。

表1 調査先 TMR センターの概要

経営形態	組合事業型、飼料会社型
生産量	500~2500[t/月]
主な製品の種類	TMR、セミコンプリート
梱包方法	フレコンバッグ、ロールラップサイロ、角形ラップサイロ、ばら、20kg 小袋 ※顧客の要望や配送距離により、梱包方法を変えて対応している所もあった
主な自給飼料	食品製造副産物、飼料イネ WCS、飼料米、コーン WCS 等、その地域で安定して供給される材料を選択していた
販売先について	組合事業型で運営されている組織は地域内の組合員がメインの販売先 飼料会社型は県内を中心に、要望があれば県外へも販売
コントラクタとの連携	6件が組織内にコントラクタ部門がある又は他組織のコントラクタと連携している 現在コントラクタと連携していない組織も組織間の距離（運搬コスト）が問題であり、今後連携する可能性はある

表2 主な今後の展望と技術的課題

今後の展望	技術的課題
<ul style="list-style-type: none"> <li>安定した価格で製品を供給するために、輸入濃厚飼料の代替として食品製造副産物を利用しているが、機能的食品や化粧品など飼料以外への需要も高まり、新規の供給元を探すことが難しい。そこで、新たにイアコーンや飼料用大豆を利用したい。</li> <li>コントラクタとの連携により、自給飼料の利用拡大に取り組みたい。</li> <li>施設や機械の修繕費の積み立てのために、組合員外販売を増やしたい。</li> <li>セミコンプリートを製造するメインの TMR センターと、セミコンプリートと自給粗飼料を混合するサブセンターとの連携による流通網を構築したい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>イアコーンを収穫するためには専用のアタッチメントを付けたフォレージハーベスタが必要となるが、大型であるため府県での利用が困難である。</li> <li>TMR センターでの貯蔵やトラックによる運搬にかかるコストを低減するために、スペースのより効率的な利用が求められる。梱包形状においては、円柱形より角形の方がスペースの効率的な利用が可能であるが、水分の高い飼料作物や TMR を角形に圧縮梱包可能な機械は大型の定置型に限られ、飼料生産ほ場から TMR センター等へ運搬する際には利用できない。</li> </ul>

#### 4. 成果の活用点と留意点

- 1) 次年度以降の新規課題に活用する。
- 2) 報告書として取りまとめ、TMR センターなどの関係機関へ配付予定。
- 3) 革新工学センター研究報告会（2017.3）で発表。日本草地学会（2017.3）で発表。

#### 5. 残された問題とその対応

自給濃厚飼料として要望されたイアコーンの低コスト収穫技術及び運搬コスト低減に資する技術の開発に新規課題で取り組む。





### 3. 労働・環境工学研究領域

---

課題分類：11（9）

課題 I D：1060401-01-4101\*16

研究課題：農業機械事故の詳細調査・分析手法の適用拡大に関する研究

担当部署：革新工学センター・労働・環境工学研究領域・安全人間工学ユニット

協力分担：北海道農作業安全運動推進本部、青森県、岩手県、福島県、茨城県、群馬県、埼玉県、長野県、岐阜県、滋賀県、鳥取県、熊本県、鹿児島県、宇都宮大学、信州大学、交通事故総合分析センター、中央労働災害防止協会、日本労働安全衛生コンサルタント会、労働安全衛生総合研究所、農村工学部門、全国農業改良普及支援協会

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2014～2016 年度（平成 26～28 年度）

---

## 1. 目的

先行課題で検討した農業機械事故の詳細調査・分析手法を用いて、乗用トラクタ及び刈払機事故に加えて、新たに歩行用トラクタ事故についても調査・分析を行い、事故要因を明らかにする。また、結果をデータベース化し、様々な視点から集計、整理することで事故低減に向けた資料を得る。

## 2. 方法

- 1) 既存の調査や研究等を基に、新たに歩行用トラクタ事故の詳細調査票を試作、改良し、調査票を試作済みの乗用トラクタ及び刈払機事故とあわせて、協力道県で詳細調査を実施した（2014～2016 年度）。
- 2) 農作業事故の定義・分類に関して、協力道県の参考となる新たな資料を整備した（2015 年度）。
- 3) 対象 3 機種の詳細調査結果について、協力道県における従前調査データのうち一定の詳細度を有するものとあわせてデータベース化し、集計するとともに、先行課題で構築したマイクロ分析手法及び FTA（故障の木解析）、一部道県の詳細度は低いものの件数が多い事故データには ETA（事象の木解析）等を用いて詳細分析を行い、現地対面調査で得られた知見とあわせて考察した（2014～2016 年度）。
- 4) これまでの事故調査・分析結果及び労働災害低減で先行する他産業での安全対策手法を踏まえて、今後の詳細調査・分析及びこれを活用した事故対策について、方向性を整理した（2016 年度）。

## 3. 結果の概要

- 1) 歩行用トラクタ事故詳細調査票では、先行 2 機種と同様の項目の他、事故機の構造種別や各種安全装置の有無等も設定し、これまでに協力道県から乗用トラクタ 78 件（先行課題と累積 198 件）、刈払機 10 件（同 28 件）、歩行用トラクタ 17 件の調査結果を得た（今年度分は調査中）。また、他機種及び機械以外も含む農作業事故 6 道県 90 件（同 13 道県 184 件）について直接現地対面調査も行った。
- 2) 新たな参考資料では、本研究における農作業事故の基本的な判断・分類基準とともに、各道県におけるこれまでの判断・分類の事例集も示すことで、各道県担当者の参考となるように構成した。
- 3) 詳細調査結果に基づく各種分析の結果、機械の安全機能の欠損・性能不足への対策とともに、環境面や作業・管理面への対応の重要性も確認された（図 1）。現地対面調査でも、ほとんどの事故で、操作ミス等の人的要因の他、機械・施設、環境、作業・管理の各面での要因も確認され（図 2）、対策として人的要因に関するもの（注意喚起等）のみが想定された事故は、184 件中 11 件（うち牛によるもの 8 件）に留まったことから、農作業事故では人的要因以外にも多面的な対策が可能であることが確認された。詳細度は低いものの件数が多い事故データを用いた各種分析からは、地域や年齢層、機種等により、同種の事故でも発生経緯の傾向が異なることが明らかとなり、対象を見据えたより効果的な啓発の可能性が示唆された（図 3）。地域別の傾向分析結果についても随時協力各道県に提供した。
- 4) 他産業では、まず本質的・工学的安全対策を実施し、その後の残留リスクに対して人的要因や管理面での対策を行う手順が一般的であり、農作業事故対策においても、他産業の知見を活用しながら、これまで以上に農作業現場での具体的な改善を進めることの重要性が明らかとなった。国レベルでは、各現場で改善方策の検討と普及を担う人材の確保と、同人材を中心とした事故調査・安全活動体制の整備が求められ、研究においてはこれを支援すべく、事故調査・分析結果及び他産業の各手法を踏まえて、人材の育成と同人材の活動を促進・支援する方策の構築が必要と考えられた。

以上、対象機種を中心に詳細事故調査及び現場対面調査を実施し、分析及び検討の結果、農作業事故における注意喚起等によらない多面的な改善方策の必要性が確認され、今後の研究の方向性を整理した。

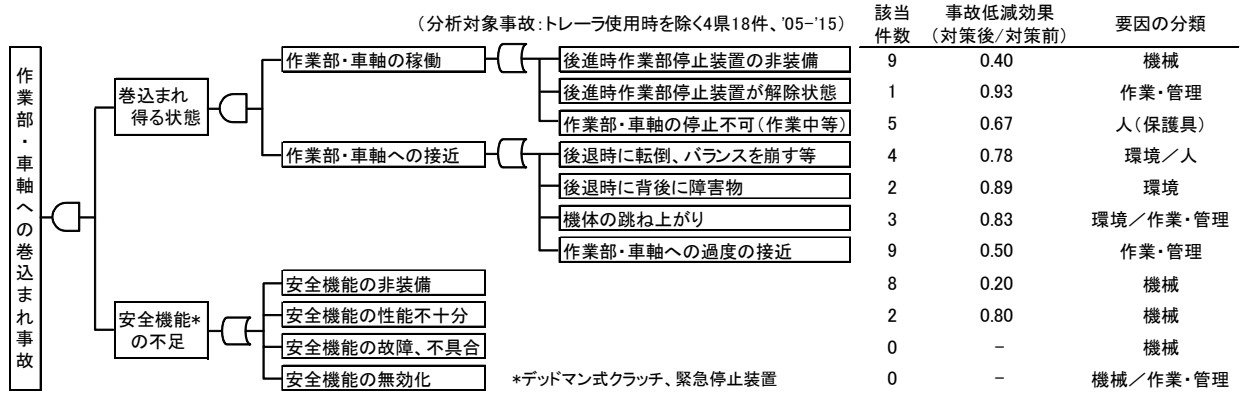


図1 歩行用トラクタの作業部・車軸への巻込まれ事故の詳細分析 (FTA) 結果

【事故概要】降雨に備え、乾草ロールペールをホイールローダで一度に2個ずつ収納庫に移送する作業を行っていた。収納庫前で切り返しをしようと後進・左折していたとき、地面の窪みに左後輪が落ち、左に横転。運転者は直前に飛び降りたが、被災。(骨折・打撲、70歳代男性)

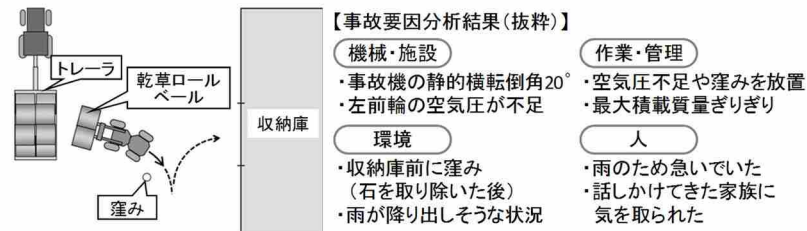


図2 現地対面調査・分析結果の一例 (ホイールローダ転倒)

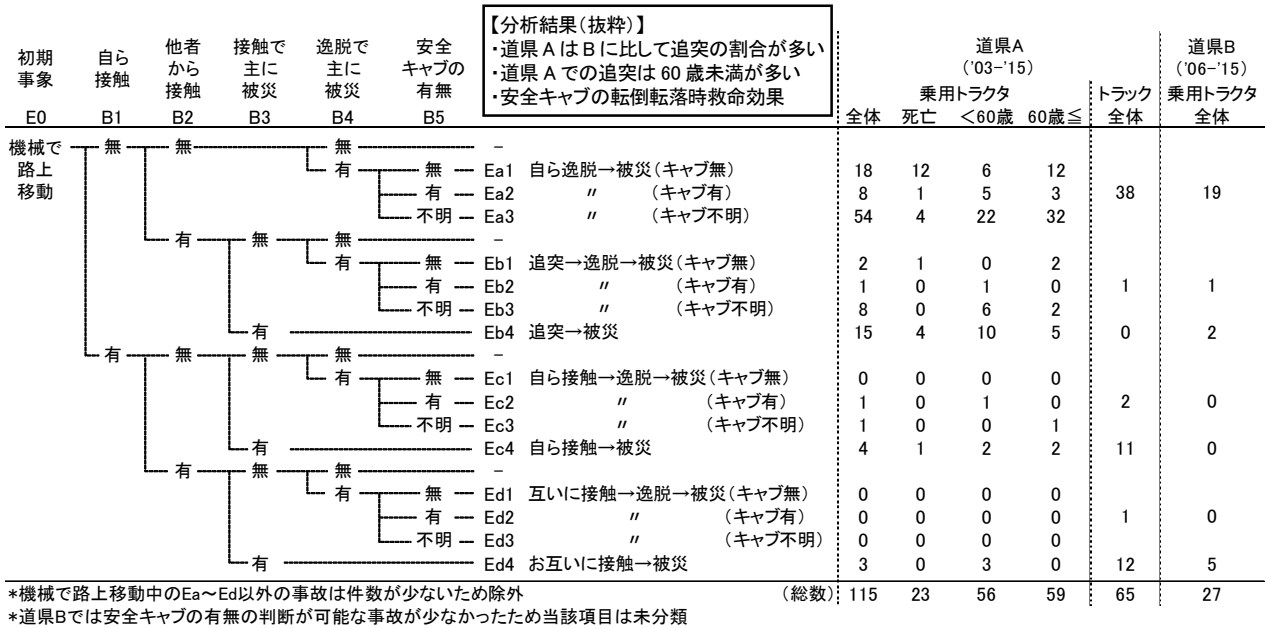


図3 道県A、Bにおける機械での路上移動時の事故の詳細分析 (ETA) 結果

4. 成果の活用面と留意点

調査手法及び分析結果は、協力道県における農作業安全推進に活用されているほか、歩行用トラクタについては既存の安全装置の性能向上の必要性が認められたため、別途課題化を行った。農食工学会、農業農村工学会等で報告。各分析結果はこれまでの調査結果に基づくものであり、今後の対策の検討にあたっては、引き続き各種詳細調査を行い、随時傾向を把握する必要がある。

5. 残された問題とその対応

現場での改善方策の検討、啓発にあたっては、詳細調査・分析の対象範囲の拡大を図る必要がある。また、人材の育成と同人材の活動を促進・支援する方策については、他産業の専門家や関係機関とも連携した具体的な取組みやコンテンツの提案が求められる。このため、新規課題でこれらへの対応を図る。

---

課題分類：12（1）

課題ID：1060402-01-4201\*16

研究課題：自動化・ロボット化農業機械の評価試験方法に関する調査研究

担当部署：革新工学センター・労働・環境工学研究領域・労働環境技術評価ユニット、安全人間工学ユニット

協力分担：なし

予算区分：経常・受託（農水省連携「ロボット技術安全性確保策検討事業」（2016年度））

研究期間：完 2015～2016年度（平成27～28年度）

---

## 1. 目的

農業機械の自動化やロボット化の研究・開発が進められており、今後、車両系農業機械を中心にその実用化が図られるものと考えられる。しかしながら自動化・ロボット化農業機械の性能については、共通した評価手法は確立されていない。本研究では、実用化に近い車両系の自動化・ロボット化農業機械について、その使用・稼働場面を想定し、機能や性能についての評価手法の構築に資する調査を行う。

## 2. 方法

- 1) 自動車、建設機械、介護、省庁所管の研究所等、各業界における自動化・ロボット化の事例について、技術セミナー等への参加や研究者との情報交換、インターネットサイトの閲覧、文献資料の収集等を通じて調査した（2015～2016年度）。
- 2) ロボットトラクタの現状について、メーカーとの検討会や現地検討会に参加し、実演等を視察したほか、主要メーカーのロボットトラクタの機能や仕様を調査した（2015～2016年度）。
- 3) ロボット技術安全性確保策検討事業において、農林水産省が策定した「ロボット農機に関する安全性確保策ガイドライン（案）」（以下、ガイドライン（案））についてその有効性について検証した（2016年度）。
- 4) 「高度に自動化された農機の国際規格（ISO/DIS 18497）」や、「安全センサシステムの国際規格（IEC 62998）」等の現在策定が進んでいる関連規格について調査した（2016年度）。

## 3. 結果の概要

- 1) 各業界における自動化・ロボット化の評価事例を表1に示す。各業界により使用・稼働場面が異なることから安全性に対する評価の考え方や評価手法は様々であるが、安全性の評価・確保にあたっては共通してISO12100:2010に基づいたリスクアセスメントが行われている。
- 2) 開発が進められているロボットトラクタについてはメーカーにより進捗は異なるが、自動での機開始動停止、操舵（衛星測位）、前後進、PTO入切、作業機昇降等の機能が搭載されており、これらの操作は、位置情報に基づきプログラムにより制御される方式や、ロボットトラクタから離れた基地局やリモコン、タブレット等からの無線通信で制御される方式となっている。
- 3) ガイドライン（案）では、ほ場内での監視下で自律走行するロボット農機を対象としており、具体的には、安全性の確保の原則、リスクアセスメントと保護方策、安全性確保のための関係者の取組等が提案されている。国内トラクタメーカー4社のロボットトラクタを供試した現地実証試験等を通してのガイドライン（案）の有効性の検証結果については現在取りまとめ中である（表2、図1）。
- 4) 「高度に自動化された農機の国際規格（ISO/DIS 18497）」では様々な安全機能に言及しており、例えば、知覚システム（障害物検出装置）を備えることを必要条件としている（表3）。また、「土工機会-危険検地装置及び視角補助装置（ISO16001）」では、監視用モニターの試験対象物、試験方法が定義されている（図2）。評価手法の構築にあたり関連規格についても逐次、情報収集を継続していく必要がある。以上、他産業でのロボット評価手法および既存ロボットトラクタシステムに関する調査を行い、現状を把握し、評価手法開発に向けての資料を得た。

表1 自動化・ロボット化の試験および評価の事例

業界	自動車	建設機械	介護（生活支援）	農業機械
主な稼働場面	道路（公道）	鉱山/災害現場	屋内外歩行者通路	田畑（私有地）
評価対象事例	自動ブレーキ	危険検知装置/ 視覚補助装置	生活支援ロボット	自動操舵（直進）
試験方法/根拠	予防安全性能 アセスメント	JIS A8338 (ISO 16001)	ISO 13482、PL/SIL IEC 61496	なし
評価の考え方	日本の事故実態をふまえて 死亡・重症事故を少なく できる効果に応じて得点	少ない誤信号、検知の連 続性や曖昧さのないこと	関連する機能安全規 格への適合、妥当性 が確認できること	なし
業界や評価法に 残る主な課題	国際条約との齟齬 安全/信頼性の証明 責任範囲の明確化等	診断技術・精度の向上	安全/信頼性の証明 少ない蓄積情報	国際条約との齟齬 安全/信頼性の証明 試験方法の検討・確立

表2 現地実証試験に供試したロボット  
トラクタおよびシステム概要

自動操舵	GNSS を用いた位置情報システム
作業内容	耕うん、播種作業 等
監視方法	無人トラクタと有人トラクタが同一ほ 場内で耕うん作業（有人無人協調シス テム）、 ほ場隣接農道に基地局車両を駐車し、 ロボットトラクタを遠隔監視 等



図1 現地実証試験の様子

表3 ISO/DIS 18497 の内容（抜粋）

項目	内容
知覚システム	障害物を検知する保護構造
機械モードスイッチ	自動化操作を有効・無効化 する手段
手動優先	オペレータ制御は自動化操 作に優先される
遠隔停止	遠隔オペレータによる停止 制御
動作速度	自動化操作中の最高速度に よるけん制機能

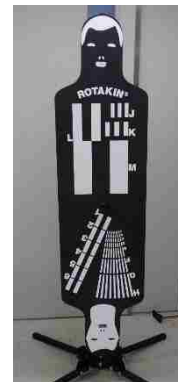


図2 試験対象物（ISO 16001）

#### 4. 成果の活用面と留意点

新規課題にて、トラクタ等の各種ロボット農機の実用化を見据えて、安全機能の評価手法を開発するための基礎資料とする。農食工学会（2017.9）で発表予定。

#### 5. 残された問題とその対応

トラクタ以外の車両系ロボット農機（コンバイン、田植機等）に必要とされる安全機能に関して調査する必要があり、新規課題で対応する。

課題分類：11（3）（6）

課題 I D：1060402-02-4203\*16

研究課題：農作業用身体装着型アシスト装置・技術に対する評価手法の調査研究

担当部署：革新工学センター・労働・環境工学研究領域・労働環境技術評価ユニット

協力分担：首都大学東京、神奈川農セ

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2015～2016 年度（平成 27～28 年度）

## 1. 目的

機械化が困難な農作業の人力作業をアシストする装置・技術の性能や安全性に対し、比較検証可能な評価手法の確立が望まれる。本課題では、上肢挙上を伴う農作業や重量物の持上げ・運搬作業用の身体装着型アシスト装置・技術に対する評価手法の構築を目指し、アシストの効果を評価する試験方法や安全性評価手法について調査する。

## 2. 方法

- 1) 上肢挙上を伴う作業をアシストする装置について、アシストの効果を評価するための実施項目（各試験の構成要素）、測定項目等を検討するため、模擬ブドウ栽培棚（幅 2.5m×長さ 2.7m、棚高さ 1.8m 以下）を製作し、室内試験を行った。試験は、市販の結束機（質量 約 0.6kg）を用いた誘引作業を模倣し、上肢挙上時の生体反応等の調査、連続作業時の生体反応等の調査を行った（図 1）。供試機は、次の結束作業に移動するまでの上肢の姿勢（以下、「移動姿勢」）を保持する構造を持つ質量 約 3.9kg の市販機、被験者は 4 名（女性）とし、供試機、作業や試験に対する馴致期間を設けた。評価のための実施項目、測定項目を検討し、課題を抽出した。（2015 年度）
- 2) 持上げ・運搬作業をアシストする装置について、実施項目、測定項目等を検討するため、作業を「持上げ」に限定した室内試験を行った（図 2）。試験では、10kg のコンテナを軽トラックの荷台の高さに相当する 65cm に設定した台上に置く作業を行い、身体動作に関する条件、連続した持上げ作業時の生体反応、供試機の装着が重心移動に及ぼす影響等を調査した。供試機は市販間近のメーカーの試作機（質量 約 7kg、設計アシスト力 約 98N）、被験者は 5 名（男性）とし、実施項目、測定項目等を検討して課題を抽出した。上記 1) と同様に、被験者には馴致期間を設けた。（2016 年度）
- 3) 身体装着型アシスト装置・技術の安全性評価に関する文献調査を行った。（2015～2016 年度）

## 3. 結果の概要

- 1) 上肢挙上をアシストする装置のための試験は、30 分間の模擬誘引作業などで構成することとし、三角筋中部及び僧帽筋の筋電図の他、心拍、唾液アミラーゼ、主観評価について測定することとした（表 1）。筋電図は比較的軽い負荷でも評価できる可能性が得られた。主観評価は、複数の筋肉に対する疲労感や違和感を数値化できる利点があったが、軽負荷では差が出にくいことや単独使用は難しい可能性があることなどの課題が見出された。その他、心拍への焦りなどの影響、安静条件の設定、所要時間（模擬誘引作業を行う試験 1.5～2.5 時間/回程度）、被験者の属性等も検討が必要と思われた。
- 2) 持上げをアシストする装置のための試験では、エネルギー消費から労働強度を把握するための運動負荷試験を加え、測定項目は実施項目に応じて選択した（表 2）。簡易な方法でエネルギー消費を測定するためには、測定精度の向上やデータの蓄積が必要と考えられた。試験は、同日に 35 回の連続持上げ作業を 2 反復したが、同日に可能な反復回数等についてはさらに検討が必要と考えられた。筋電図は、脊柱起立筋を測定したが、基準測定時の姿勢や負荷についても検討が必要と考えられた。その他、持上げ等身体動作を伴う試験時の姿勢や動作条件の固定、運動を伴う実施項目との組合せ、試験の所要時間（連続持上げを行う試験 1.5～2.5 時間/回程度）、被験者の属性等の課題を抽出した（表 3）。
- 3) 身体アシストロボット等の生活支援ロボットに関する ISO 13482（2014 発行）が 2016 年に JIS B 8445 として発行され、安全要求事項をより具体的に規定する規格として JIS B 8446-2 が発行された。アシストの方向、稼働範囲、力等に関する試験装置等を検討する際の参考になると考えられた。

以上、身体装着型アシスト装置について室内試験を試行し、アシスト効果を評価する測定項目等の検討と課題の抽出を行った。また、身体装着型アシスト装置の安全性評価に関する文献調査を行った。

表1 上肢挙上用の供試機の試験で試行した実施・測定項目

実施項目	測定項目等
設計思想の把握	対象作業、使用方法、姿勢動作等
予備調査	基本動作と測定部位の把握
被験者説明 (馴致)	実施内容、姿勢・動作、注意事項等
被験者の主要体格寸法	身長、上肢各部長、体重、体調等
基準となる筋電図	筋電図 (基準負荷)
安静 (装着/なし 椅座 5分)	心拍数、唾液アミラーゼ
上肢挙上	筋電図
模擬誘引作業	主観評価 (7段階、10分間隔) 筋電図 心拍数、唾液アミラーゼ

※ 試験は、安静、上肢挙上、模擬誘引作業、上肢挙上、安静の順に実施した。



図1 模擬ブドウ栽培棚と試験風景

表2 持上げ用の供試機の試験で試行した実施・測定項目

実施項目	測定項目等
設計思想の把握	対象作業、使用方法、姿勢・動作等
予備調査	基本動作と測定部位の把握
被験者説明 (馴致)	実施内容、姿勢・動作、注意事項等
被験者の主要体格寸法 他	身長、脚部長さ、腰部高さ、体重、心拍数、血圧、体調等
基準となる筋電図	筋電図 (背筋力、基準負荷)
安静 (椅座 10分)	心拍数、呼吸
供試機 装着/なし	—
模擬持上げ作業 (35回)	主観評価 (7段階) 筋電図 心拍数、呼吸

※ 試験は、安静、模擬持上げ作業、安静、模擬持上げ作業、安静の順に実施した。



図2 連続持上げを行う試験の風景

表3 測定項目に見出された主な課題と試験実施上の主な課題

測定項目	主な課題
筋力発揮 筋電図	・明確な基準値を得るための測定方法 (姿勢、負荷) ・測定部位の特定、供試機等との干渉 他
疲労感等 主観評価	・客観性 (単独使用の場合)
エネルギー消費 心拍数	・焦りや緊張などのメンタル的な影響を受ける ・身体動作による測定部位への影響を受ける可能性あり
呼吸	・身体と測定器との密着性、身体動作による測定部位への影響を受ける
ストレス 唾液アミラーゼ	・測定値の安定性
体調等 血圧、聞取り	なし
試験実施関係	・安静条件の確保 ・実施項目の組合せ、反復回数等疲労蓄積への対応 ・所要時間及び日数、反復回数、被験者数の確保、身体動作等条件の固定 他

4. 成果の活用面と留意点

- 1) 農作業用身体装着型アシスト装置・技術に対する評価試験方法を開発するための基礎資料とする。
- 2) 農食工学会 (2017.9) で発表予定。

5. 残された問題とその対応

本課題の検討に活用した作業及び条件、身体動作等は極めて限られた内容である。身体装着型アシスト装置の活用場面として想定される農作業をさらに調査する必要があり、新規課題で対応する。

課題分類：12（1）

課題 I D：1060402-03-4205\*16

研究課題：農業機械の省エネルギー性能評価試験方法の研究

－乗用型トラクタの省エネルギー性能評価試験方法の適応範囲の拡大

担当部署：革新工学センター・労働・環境工学研究領域・労働環境技術評価ユニット、附属農場

協力分担：宇都宮大学、十勝農試

予算区分：経常・受託（農水省連携「農業分野 CO<sub>2</sub> 排出削減促進検討事業」（2014～2015 年度））

研究期間：完 2014～2016 年度（平成 26～28 年度）

## 1. 目的

各種農業機械の省エネルギー性能を客観的かつ公正に試験・評価できる方法を作成、提案する。乗用型トラクタについては、既存の省エネルギー性能評価試験方法（以下、省エネ試験方法）の適応範囲の拡大を目的として、20PS級および60PS超級トラクタの省エネ試験方法について検討する。

## 2. 方法

- 20PS級トラクタのロータリ作業時の推定30aほ場作業燃費は、既存の省エネ試験方法に基づき図1に示す方法で算出するものとした。ほ場作業燃費を舗装路面上での燃費から換算するための係数（以下、換算係数）およびロータリ作業時にPTO軸にかかる負荷に相当する基準負荷（以下、台上PTO基準負荷）を決定するために以下の試験を行った。
  - 20PS級トラクタ4型式とロータリ作業機4型式を表1に示すほ場条件下で供試し、燃費、PTO 所要動力等を測定した。また、同ほ場および舗装路面上で走行・180度旋回・90度旋回燃費を測定し、各平均換算係数（ $R_{走}$ 、 $R_{180}$ 、 $R_{90}$ ）を求めた（2014～2016年度）。
  - 耕うん時の耕うんピッチ、耕深、爪本数／耕幅を説明変数、耕幅1m当たりのPTO負荷を目的変数とした重回帰分析を行い、台上PTO基準負荷を求めた（2014～2016年度）。
  - 既存の省エネ試験方法に基づき、推定30aほ場作業燃費を算出し、ほ場実測燃費から算出した実測30aほ場作業燃費と比較した（2014～2016年度）。
- 60PS 超級トラクタにおいては、けん引作業を対象に耕うん時の燃費を推定するものとし、その省エネ試験方法として OECD 燃費テストコード（以下、テストコード）の適用性について検討するために以下の試験を行った。
  - 60PS 超級トラクタ2型式とけん引作業機6型式を表1に示すほ場条件下で供試し、作業速度・耕深等を数段階に設定し、燃料消費率やけん引所要動力等を測定した（2014～2015年度）。
  - ほ場試験とテストコードのデータを比較し、テストコードの省エネ試験方法としての適用性を検討した（2015～2016年度）。

## 3. 結果の概要

- 20PS級トラクタの省エネ試験方法については以下のとおりである。
  - 耕うん時のPTO所要動力は、耕うんピッチが10.5～13.5cm、耕深が8.9～14.1cmにおいて8.7～13.9kWであった。また各平均換算係数は $R_{走}=1.03$ 、 $R_{180}=1.05$ 、 $R_{90}=1.04$ となった（表2）。
  - 台上PTO基準負荷を決定した。耕幅毎の耕うんピッチとの関係を図2に示す。
  - 台上PTO基準負荷と各平均換算係数を用いた推定30aほ場作業燃費は、ほ場実測燃費から算出した実測30aほ場作業燃費と比較して-3.6%～1.1%の差であった（表2）。
- 60PS超級トラクタの省エネ試験方法については以下のとおりである。
  - けん引所要動力は74kWトラクタで8.1～22.9kW、77kWトラクタで11.4～29.2kWとなり、ほ場では舗装路面と比較してスリップが増大し、けん引所要動力が低下することが確認された（図3）。
  - 74kWトラクタのほ場試験とテストコードで得られたけん引所要動力は異なる範囲ではあるが、燃料消費率とけん引所要動力の間には一定の傾向が認められることから燃費の評価比較にテストコードを適用できる可能性が示唆された（図3）。

以上、省エネ試験方法の作成のために各種ほ場試験等を実施し、20PS 級については台上 PTO 基準負荷や換算係数を決定し、60PS 超級についてはテストコードが省エネ試験方法として適用できる可能性が見出された。

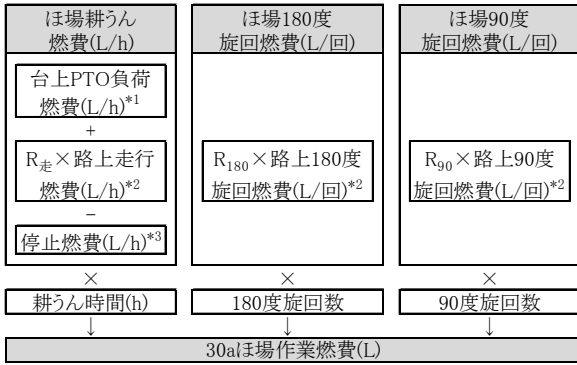


表1 供試機仕様と土壤条件

トラクタ	機関出力 (kW[PS])	供試作業機	標準耕幅 (m)	ほ場※1	試験時期	含水比(%)	貫入抵抗 (MPa) ※2	小型矩形板沈下量 (cm)
20PS級	19[26]	ロータリ	1.6	水稲収穫後水田	H26.10	52.3	0.39	0.8
	16[22]		1.4		H26.11	49.1	0.57	0.4
	14.7[20]		1.4		H27.12	53.5	0.45	0.5
	17.7[24]		1.6		H28.11	50.1	0.46	0.3
60PS超級	74[100]	プラソイラ	2.7	水稲収穫後水田	H26.12	52.8	0.59	0.9
		プラウ	1.2	コーン跡畑	H27.2	73.5	1.16	2.2
		プラウ	1.4	水稲収穫後水田	H27.12	52	0.27	1.6
		スタブルカルチ	2.4					
	77[105]	チゼルプラウ	2.6	エン麦跡畑	H27.8	49.9	0.71	0.9
		カルチベータ	2.5					

※1 水稲収穫後水田は革新工学センター附属農場、コーン跡は宇都宮大学附属農場、エン麦跡は十勝農業試験場

※2 ロータリは深さ15cm、その他作業機は深さ30cmまでの平均



- \*1 ロータリ作業時に PTO 軸にかかる負荷に相当する負荷を、電気動力計により PTO 軸に与えて測定
- \*2  $R_{走}$ 、 $R_{180}$ 、 $R_{90}$  : 路上燃費からほ場燃費へ換算する係数
- \*3 PTO 軸、車輪停止状態で測定

図1 推定 30a ほ場作業燃費の算出方法

表2 耕うん試験結果と 30a ほ場作業燃費の推定結果

トラクタ	作業幅	作業速度	耕うんピッチ	耕深	爪本数/耕幅	燃費	PTO 所要動力	換算係数			平均換算係数			$\alpha$ : 実測 30aほ場作業燃費 ※	$\beta$ : 推定 30aほ場作業燃費 ※	差 $:(\beta-\alpha)/\alpha$
								$R_{走}$	$R_{180}$	$R_{90}$	$R_{走}$	$R_{180}$	$R_{90}$	L	L	%
19	1.6	0.41	13.1	11.9	21.9	6.0	13.9	1.06	1.06	1.12	1.03	1.05	1.04	8.8	8.9	1.1
16	1.4	0.36	10.9	11.6	20.0	5.2	11.7	1.01	1.02	1.02				9.7	9.3	-3.4
14.7	1.4	0.42	13.5	8.9	24.1	4.1	10.5	1.01	1.06	1.01				6.6	6.6	0.0
		0.33	10.5	9.9		3.7	8.7							7.5	7.3	-3.6
17.7	1.6	0.34	12.4	14.1	22.5	5.5	13.6	1.04	1.04	1.02	9.8	9.6	-2.1			

※30a ほ場作業燃費は図1の算出手法を用いて算出

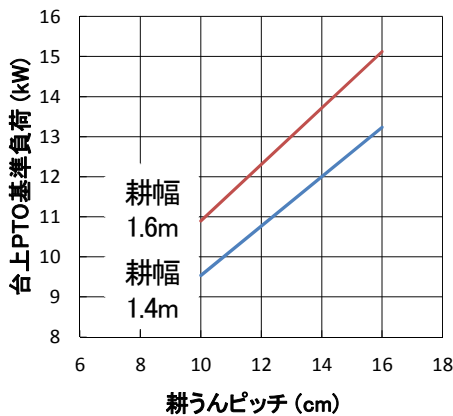


図2 台上 PTO 基準負荷と耕うんピッチとの関係 (耕深 12cm)

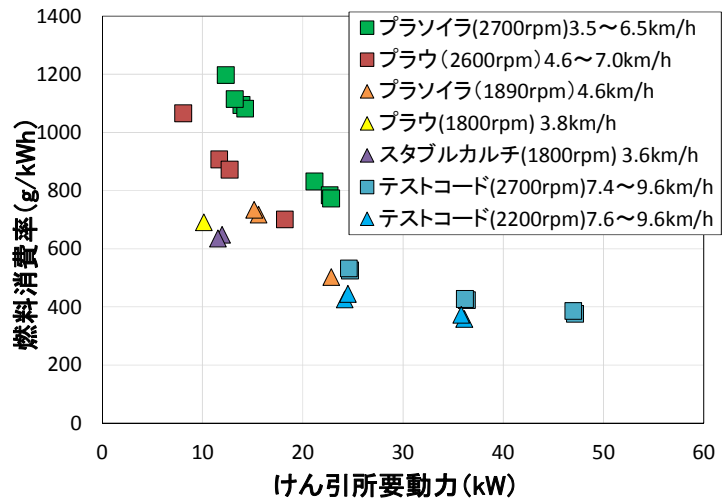


図3 燃料消費率とけん引所要動力の関係

4. 成果の活用面と留意点

- 1) 一般社団法人日本農業機械化協会が実施する「農業機械の省エネルギー性能認証表示制度」において20PS級トラクタの省エネ試験方法が採用されることで試験評価方法の適応範囲の拡大が見込まれる。
- 2) 農食工学会 (2017.9) で発表予定。

5. 残された問題とその対応

60PS超級トラクタの省エネ試験方法においては型式間の燃費比較のための条件等について検討の余地があり、ほ場試験およびテストコードの試験データの更なる蓄積が必要である。

課題分類：12（1）

課題ID：1060402-03-4206\*16

研究課題：農業機械の省エネルギー性能試験方法の研究

－自脱コンバインの省エネルギー性能評価試験方法の作成

担当部署：革新工学センター・労働・環境工学研究領域・労働環境技術評価ユニット、附属農場

協力分担：井関農機(株)、(株)クボタ、三菱マヒンドラ農機(株)、ヤンマー(株)、鳥取大学

予算区分：経常・受託（農水省連携「農業分野CO<sub>2</sub>排出削減促進検討事業」（2014～2015年度））

研究期間：完 2014～2016 年度（平成 26～28 年度）

## 1. 目的

各種農業機械の省エネルギー性能を客観的かつ公正に試験・評価できる方法を作成、提案する。  
自脱コンバインについては、4条刈機を対象に新たな試験方法を作成、提案する。

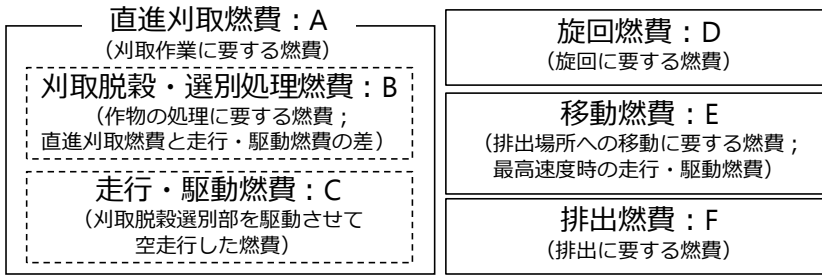
## 2. 方法

自脱コンバインの30a収穫時の燃費は、図1のように細分化した作業種類別の燃費をそれぞれ測定・補正し、図2のような刈取シミュレーションを基に燃費を組み合わせることで算出する。各燃費の補正方法を検討するため、以下の試験を実施した。

- 1) 4条刈自脱コンバイン（35kW・1台、基準機）を供試し、走行速度と刈取条数を変えて1行程40～50mの刈取を行い、燃料消費量を測定した。（2014年度）
- 2) 4条刈自脱コンバイン（26kW・1台、35kW級・4台、55kW・1台）を供試し、走行速度と刈取条数を変えて1行程約45mの刈取、空走（ほ場、路上及び牧草跡ほ場で直進、ほ場では糞タンク空荷と満量）、旋回（ほ場）、糞排出を行い、燃料消費量を測定した。（2015～2016年度）
- 3) 6条刈自脱コンバイン（66kW・1台）を供試し、走行速度と刈取条数を変えて1行程約45mの刈取、さらに水稻刈跡ほ場で空走を行い、燃料消費量を測定した。（2016年度）

## 3. 結果の概要

- 1) 燃費B：試験条件と結果は表1、図3のとおりで、作物条件等の違いにより燃費が大きく変わることが確認された。測定した燃料消費量を従属変数、各種作物条件および作業速度を独立変数として、ステップワイズ法で重回帰分析を行い、変数 $X_1 \sim X_5$ を持つ推定式を算出した（図4）。
  - 2) 以下の各手法を用いて各燃費を算出することで、公正に評価できる30a収穫燃費を求めた。
    - (1)燃費B：以下の手順により、標準的な作物条件（標準条件、 $X_1=1.9$   $X_3=23$   $X_4=0.67$   $X_5=40$ ）および設定した任意の作業速度（今回は $X_2=1.0$ ）における燃費を導出した（図4）。
      - ①供試機で実施したコシヒカリの刈取試験（7試験区×2反復）より、その際の作物・作業条件を式中の変数 $X_1 \sim X_5$ に代入し、基準機が上記条件で試験したときの推定燃費を14個得る。
      - ②14個の推定燃費と供試機の実測燃費との間で回帰式を作成し、基準機と供試機の間関係を求める。
      - ③標準条件における基準機の推定値から標準条件における供試機の値を導出する。
    - (2)燃費C、D、E：土壌表面硬度の指標にはプッシュコーン（大起理化DIK-5553）値を用いた。プッシュコーン測定値約5mm以上の硬度では、土壌表面が軟らかいほど、「ほ場/路上」燃費比が増加する傾向にあり、路上走行と同等の燃費となるプッシュコーン測定値は約23mmであった（図5）。そこで、試験実施範囲を定めた上で、点（23, 1）と燃費測定を実施した点（X, Y）を結ぶ直線より、プッシュコーン測定値15mm（標準的な土壌表面硬度と定めた値）の「ほ場/路上」燃費比を算出することで、土壌表面硬度の違いによる燃費への影響を補正することとした（図6）。さらに、タンク内糞重量変化に伴う燃料流量の増加割合を「糞重係数」（ $\text{kg}^{-1}$ ）で求めることとした。これら燃費Cによる補正手法を、同様の影響を受けると考えられる燃費D、Eにも適用した。
    - (3)燃費F：燃費を実測したときの排出糞質量（kg）と排出時間（s）より求めることとした。
  - 3) 燃費Bについて、6条刈機においても、基準燃費と実測燃費の間には、高い相関が確認された。また、燃費Cについても、燃料流量と土壌表面硬度の間に4条刈機と同様の傾向が確認されたことから、テストコードを大型機へ適応できる可能性が高いと推察された。
- 以上、4条刈自脱コンバインによる30a収穫時の燃費の算出方法を作成した。



30a収穫燃費 = B+C+D+E+F (B=A-C)

図1 自脱コンバインの30a収穫時の各作業燃費

表1 作物条件一覧とその範囲

作物条件	籾収量 (kg/m <sup>2</sup> )	籾含水率 (%)	ワラの含水率 (%)	ワラ籾比	籾の脱粒強度 (N)	籾の千粒重 (g)
範囲	0.38~ 0.76	17.1~ 30.5	55.7~ 68.0	1.07~ 1.83	2.08~ 2.59	35.2~ 41.0

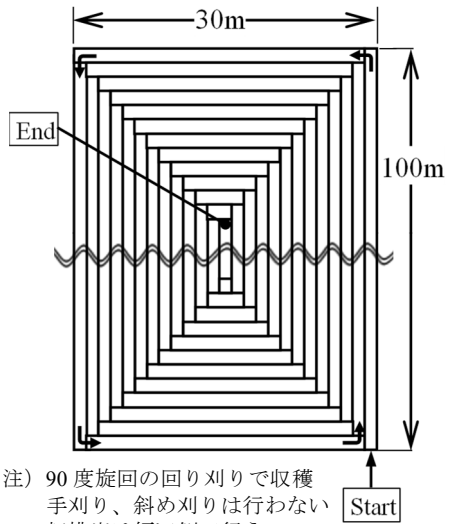


図2 30a収穫シミュレーション

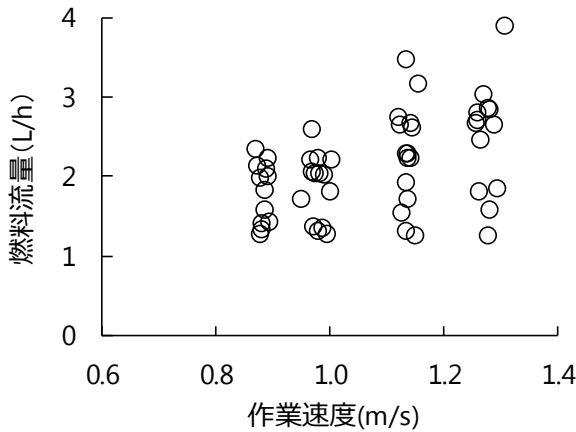


図3 測定燃費B結果 (未補正)

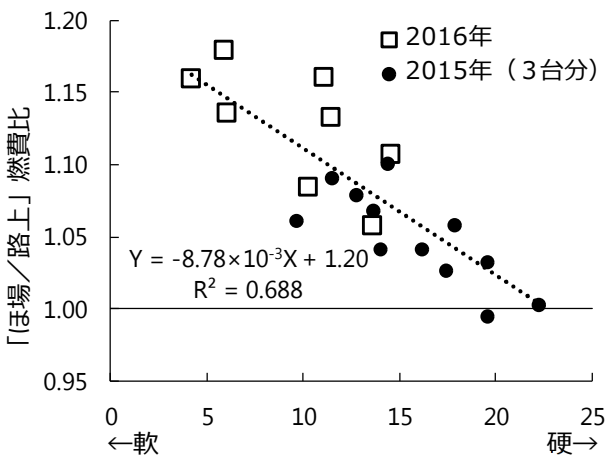


図5 土壌表面硬度と燃費Cの関係

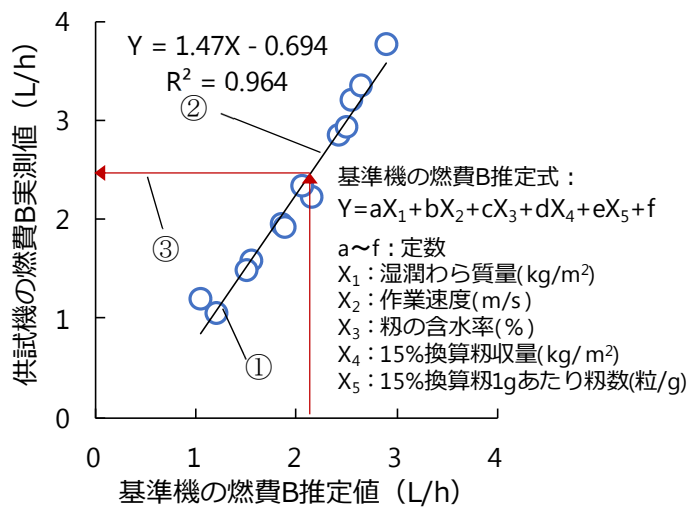


図4 燃費Bの導出例

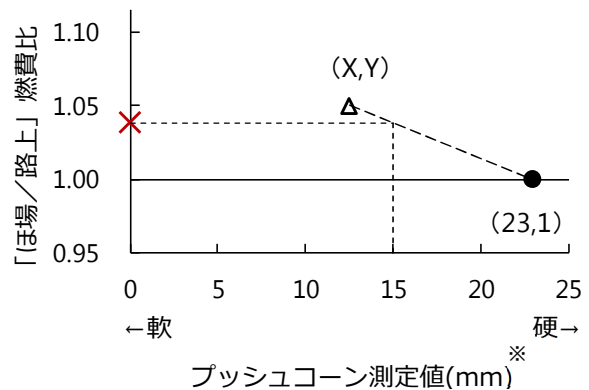


図6 燃費Cの土壌表面硬度補正手法

※プッシュコーン測定値Xと支持力Pの関係は次の通りである  
P (kg/cm<sup>2</sup>) = 100X / 0.7952 (40 - X)<sup>2</sup>

4. 成果の活用面と留意点

(一社) 日本農業機械化協会が実施する「農業機械の省エネルギー性能認証表示制度」の評価方法に採用される予定。職務作成プログラム登録済み。革新工学センター研究報告会で発表予定。

5. 残された問題とその対応

大型機のデータ拡充については、今後の動向を注視する。

課題分類：12（1）

課題ID：1060402-03-4207\*16

研究課題：農業機械の省エネルギー性能評価試験方法の研究

－乾燥機（穀物用循環型）の省エネルギー性能評価試験方法の試験条件の拡大

担当部署：革新工学センター・労働・環境工学研究領域・労働環境技術評価ユニット

協力分担：なし

予算区分：経常・受託（農水省連携「農業分野 CO<sub>2</sub> 排出削減促進検討事業」（2014～2015 年度））

研究期間：完 2014～2016 年度（平成 26～28 年度）

## 1. 目的

各種農業機械の省エネルギー性能を客観的かつ公正に試験・評価できる方法を作成、提案する。乾燥機（穀物用循環型）（以下、乾燥機）については、供試物の水分に制約される試験期間の拡大を図るため、既存の省エネルギー性能試験方法（以下、TC）に規定された含水率の範囲（24.0～26.0%、以下、規定水分）を超える粉（以下、高水分粉）の活用方法を検討する。

## 2. 方法

A社製熱風式乾燥機（以下、熱風式、呼称最大張込量2.1t）および同遠赤外線式乾燥機（以下、遠赤外線式、同2.0t）、並びに附属農場で栽培された「彩のかがやき」を供試し、下記の試験を実施した

- 1) 高水分粉を供試し、熱風式および遠赤外線式によって乾燥した際の乾燥所要エネルギーを、TCによって測定および補正して、乾燥開始時含水率の乾燥所要エネルギーへの影響を調査した。（2014年度）
- 2) 遠赤外線式を供試し、測定前に水分調整を行って、効果を調査した。水分調整方法は、試験機以外の乾燥機で通風乾燥し、乾燥機の水分計またはB社製赤外線式水分計の測定値を参照して規定水分に調整する方法（以下、予備乾燥法）、並びに、張込時の粉を赤外線式水分計で測定し、規定水分において試験機の最大処理量となるように張込む方法（以下、増量乾燥法）とした。（2015年度）
- 3) 予備乾燥による水分調整の精度を向上させるため、予備乾燥中の乾燥機の粉の総質量を連続的に測定しながら、経時的に採取したサンプルの水分をB社製赤外線式水分計およびTCに規定された方法（以下、絶乾法）で測定し、比較した。なお、赤外線水分計の測定においては粉碎および未粉碎の粉を供試した。予備乾燥後に乾燥機内の平均含水率を測定し、この結果から予備乾燥中の平均含水率を算出して、サンプルの測定値と比較した。これらに基づいて、予備乾燥による水分調整手法を策定した。さらに、予備乾燥後の乾燥試験における所要エネルギー等を既往データと比較した。（2016年度）

## 3. 結果の概要

- 1) 含水率27.0%を超えた粉では、所要エネルギーが規定水分の粉を供試した結果と比較して大きく、高水分粉をそのままTCによる評価に活用するのは適当でないことが示唆された（図1）。
- 2) 予備乾燥または増量乾燥のいずれにおいても、高水分粉から、乾燥機に具備する水分計または赤外線水分計の測定値のみによって、規定水分における最大処理量の供試粉を得ることは困難であった。水分調整の精度向上には、上記水分計の測定値と絶乾法による含水率との関係性、並びに採取された水分測定サンプルと乾燥機内における粉全体の平均含水率との関係把握が必要と考えられた。
- 3) 同一サンプルにおいて赤外線水分計と絶乾法の測定値を比較したところ、粉碎および未粉碎のいずれにおいても良好な関係性が得られた（図2）。なお、測定に要した時間は粉碎10分、未粉碎25分程度であった。赤外線水分計による粉碎粉の測定結果に基づいて乾燥機内の平均含水率を推定したところ、含水率が規定水分付近まで低下すると推定値と平均水分の差は0.5%以下となった（図3）。従って、予備乾燥法を用いれば、一定以上の通風乾燥の後、赤外線水分計により平均水分を高精度で推定可能と考えられた。策定した水分調整手法は、複数回の推定含水率から粉の乾物量の平均値を算出し、平均乾物量での含水率26%および24%における質量に基づき通風乾燥の停止範囲を定め、ロードセル指示値と赤外線水分計の推定値を併せて停止の判断を行うものとした（図4）。この手法により、高水分粉から規定水分内の供試粉を得ることが可能となったが、乾燥所要エネルギーにおける水分調整の有無による供試粉の同等性については、更なる検証が必要であった（表）。

以上、試験期間の拡大を目的に規定初期粉水分を超える高水分粉を活用する手法を明らかにした。

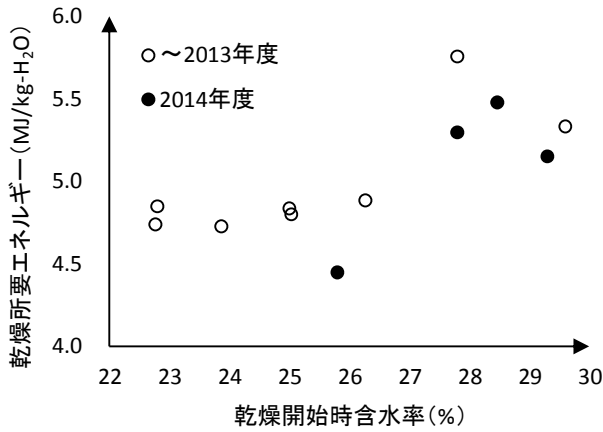
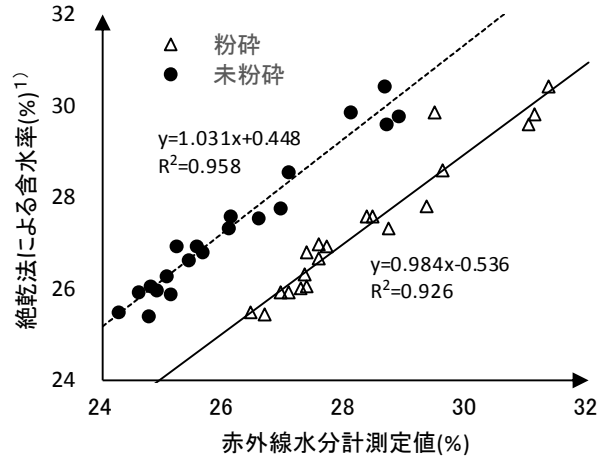


図1 籾の乾燥前含水率と乾燥所要エネルギーの関係(熱風式)



1) TCに規定された方法に準じて測定

図2 赤外線水分計測定値と絶対乾法による含水率の関係

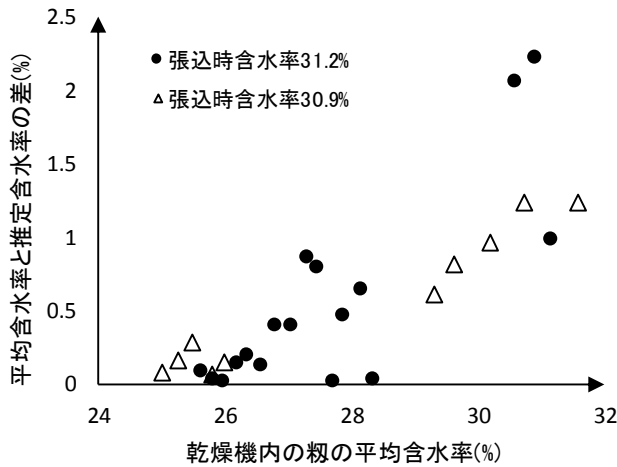


図3 予備乾燥法における高水分籾の平均含水率の推定精度

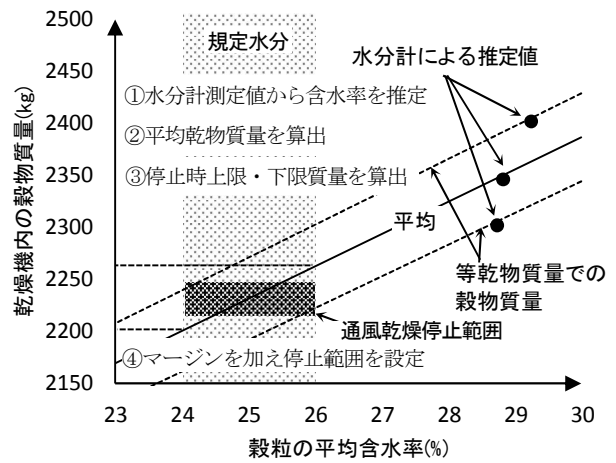


図4 予備乾燥法における通風乾燥の停止範囲設定方法

表 水分調整の有無による乾燥所要エネルギーの比較

水分調節	乾燥開始時含水率		所要エネルギー (未補正) (MJ/kg-H <sub>2</sub> O)	所要エネルギー (補正) (MJ/kg-H <sub>2</sub> O)	評価区間 乾燥時間 (h)	評価区間内 燃料消費量 (kg/h)	評価区間 平均気温 (°C)	評価区間 平均湿度 (%)
	平均 (%)	標準偏差 (%)						
なし	25.01	0.44	4.31	4.83	10.11	1.46	23.4	55.3
	25.04	0.23	4.21	4.77	9.33	1.58	24.0	53.7
	25.81	0.27	4.93	4.45	10.36	1.66	16.5	45.7
あり	25.59	0.16	4.65	5.76	10.21	1.60	27.4	77.0
	25.03	0.14	4.40	5.34	10.31	1.50	26.1	67.6

4. 成果の活用面と留意点

農食工学会(2017.9)で発表予定。乾燥機内の籾の平均含水率を推定する方法および高水分の籾を水分調整して活用する際の手法として活用できる。

5. 残された問題とその対応

水分調整された籾の省エネルギー評価試験における等価性について、留意が必要である。

課題分類：12 (9)

課題 I D：1060403-02-4304\*16

研究課題：農用エンジン評価試験の高度化に関する研究

担当部署：革新工学センター・労働・環境工学研究領域・資源エネルギー工学ユニット

協力分担：なし

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2013～2016 年度 (2013～2015 年度) (平成 25～28 年度 (平成 25～27 年度))

## 1. 目的

大気条件 (吸入空気温度、大気圧) や燃料温度といった試験環境条件が、農業機械に搭載されるディーゼルエンジンの出力、燃費や排出ガスなどの性能に及ぼす影響を明らかにするとともに、試験環境条件の違いにより生じる試験結果のばらつきが小さい、より公正なエンジン性能試験を行うための試験手法を確立する。

## 2. 方法

自然吸気式の 4 気筒副室式エンジン (41.3kW/2500rpm、2.955L、機械式ガバナ：以下、エンジン A)、排気タービン式過給 3 気筒副室式エンジン (27.3kW/2500rpm、1.498L、機械式ガバナ) (以下、エンジン B)、後処理装置 (粒子状物質捕集フィルター (DPF)、酸化触媒 (DOC)) 装備の 3 気筒直噴式コモンレールエンジン (27.6kW/2700rpm、1.826L、電子式ガバナ) (以下、エンジン C) を供試し、公道走行するディーゼル特殊自動車等の試験方法である「原動機車載出力試験 (ディーゼル機関)」 (以下、出力試験方法) と「ディーゼル特殊自動車排出ガスの測定方法」のディーゼル特殊自動車 8 モード法ディスクリート試験サイクル (以下、排出ガス試験方法) を行った。出力試験では、全負荷状態の出力、燃料消費率等を、排出ガス試験では、粒子状物質 (以下、PM)、窒素酸化物 (以下、NO<sub>x</sub>)、一酸化炭素 (以下、CO)、全炭化水素 (以下、THC) をそれぞれ測定した。なお、試験条件は、以下の通りとした。

- 1) 出力試験方法及び排出ガス試験方法に定められている吸入空気温度 (以下、Ta) と乾燥大気圧 (以下、Ps) から求める大気条件係数 (以下、fa：自然吸気式エンジンの  $fa = (99/Ps) \times ((Ta+273)/298)^{0.7}$ 、排気タービン式過給エンジンの  $fa = (99/Ps)^{0.7} \times ((Ta+273)/298)^{1.5}$ ) 及び燃料温度 (以下、Tf) がエンジン性能に及ぼす影響を確認するため、fa の算出に必要な Ta の設定温度を 20, 25, 30 °C, Tf の設定温度を 35, 40, 45, 50 °C, 繰返しを各 3 回として、試験をそれぞれ実施した。(2013～2016 年度)
- 2) fa を一定とした場合の試験結果への効果を確認するため、試験時の Ps に応じて、Ta を制御することで fa を一定とする試験区と、対照区として、現在各試験機関で用いられている Ta を大気圧にかかわらず一定とする従来の試験手法 (大気圧の影響により fa は変化する)、具体的には Ta を 25 °C 一定とした試験区を設け、試験をそれぞれ 20 反復実施した。(2014～2016 年度)

## 3. 結果の概要

- 1) 試験実施時の fa の違いにより、出力試験では、全てのエンジンで出力や燃料消費率の試験結果のバラツキが大きくなることや、また排出ガス試験では、後処理装置 (DPF、DOC) が装備されていないエンジン A 及び B で、NO<sub>x</sub>、PM 及び CO の試験結果のバラツキが大きくなること明らかとなった。なお、後処理装置 (DPF、DOC) を装備したエンジン C では、fa の違いが排出ガス試験の試験結果に及ぼす影響が小さかった。
  - 2) fa を一定とする試験手法を用いて出力試験を実施することで、従来の試験手法と比べて、出力や燃料消費率の試験結果のバラツキを小さくできることが明らかとなった (図 1)。一方、排出ガス試験を実施する場合、PM、NO<sub>x</sub> 及び CO の試験結果のバラツキを従来方法の同程度以下にできる場合もあるが、供試エンジンの違いによりバラツキを小さくできる程度が異なった (図 2)。
- 以上、試験実施時の大気条件の違いにより生じるエンジンやトラクタの出力、燃料消費率のバラツキを最小化して評価できる試験手法として、試験時の Ps に応じて、Ta を制御し、fa を一定とする試験手法が有効であることを明らかにした。

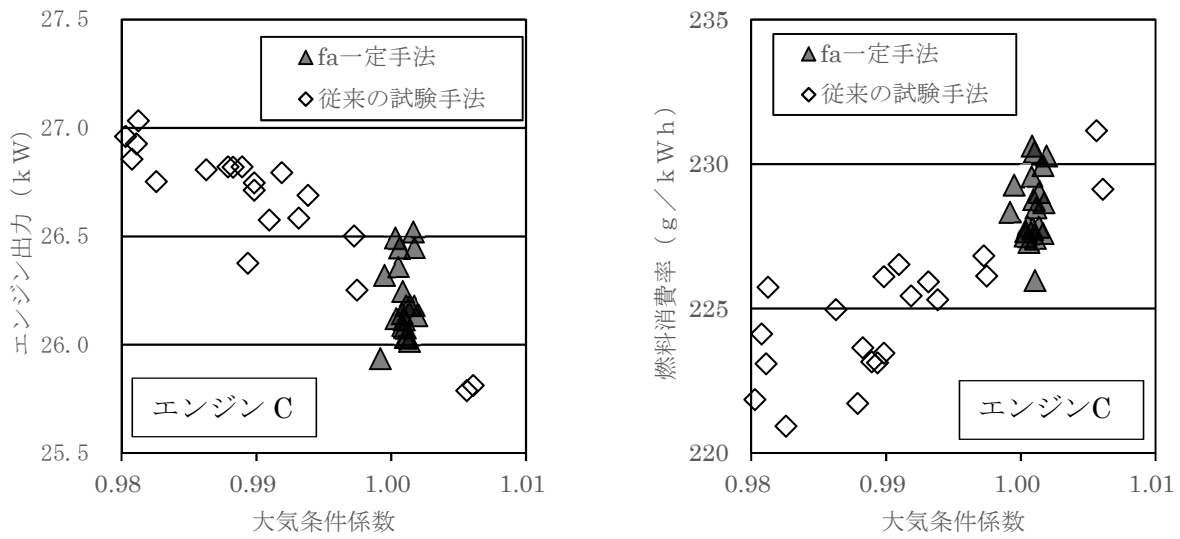


図1 大気条件を一定とした場合のエンジン出力、燃料消費率への効果  
 [左右図：等分散の検定  $P < 0.01$ ]

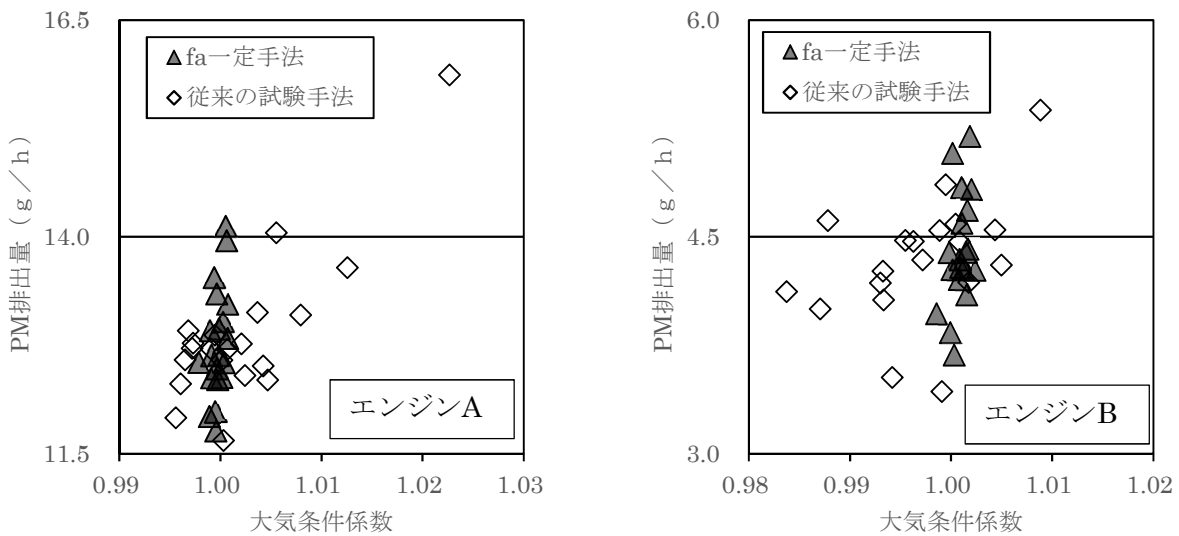


図2 大気条件を一定とした場合のPMに対する効果の違い

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 革新工学センターが実施する農用トラクター（乗用型）等の型式検査、任意鑑定及び省エネ性能試験に導入する。また、OECDトラクタテスト実施機関等に対して、本試験手法の導入を提案する予定である。
- 2) 農食工学会（2017年9月）で発表予定。
- 3) 排出ガスについては、エンジンの違いにより効果が異なる、またfaの影響が小さいエンジンでは効果がほとんどないため、留意が必要である。

#### 5. 残された課題とその対応

OECDトラクタテスト実施機関に対する提案のため、必要な手続きを行う。

課題分類：14（9）

課題 I D：1060403-03-4305\*16

研究課題：履帯走行部を対象とした除泥技術の開発

担当部署：革新工学センター・労働・環境工学研究領域・資源エネルギー工学ユニット

協力分担：なし

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2014～2016 年度（平成 26～28 年度）

## 1. 目的

近年、農道の舗装化および農家と非農家の混住化が進むなかで、ほ場間移動などの際に農用作業車から道路上に落下した土が車両の通行を妨げる等の苦情が増加している。そこで、本研究では、履帯式走行部を対象に付着土の路上落下量を軽減させることのできる除泥技術を開発する。

## 2. 方法

- 履帯内部への土壌の侵入を防止する方法の検討を行い、遮へい式の除泥装置を試作した。また、試作機の効果を確認するため、土性の異なる 2ヶ所の湿潤なほ場（ほ場Ⅰ：土性 L（壤土、黒ボク土を客土）、ほ場Ⅱ：土性 SiC（シルト質埴土））において、半装軌式トラクタ（機関出力 17kW）では場内を走行し、ほ場退出後の履帯内部の付着土壌の質量を計測し、遮へい板の有無で比較した（2014 年度）。
- 履帯表面の除泥方法の検討を行い、履帯を空転させることで付着土壌を剥離する空転式の除泥装置を試作した。試作機の取扱性を評価するため、高速空転時の車両安定性や装置利用時の所要時間、必要人員等を計測した。また、試作機の効果を確認するため、1）と同一のほ場、同一のトラクタでは場内を走行し、ほ場退出後試作機を用いたときの除泥率（除泥した土壌量／除泥前の付着土壌量×100）を算出した（2015～2016 年度）。
- 1）のほ場Ⅰ、Ⅱおよび粘土を多く含むほ場Ⅲ（土性 LiC（軽埴土））で、1）と同一のトラクタで遮へい板を装着してほ場内を走行し、ほ場退出後空転式の除泥装置を作用させ、片側履帯を対象に、路上走行（走行区間：100m、走行速度：約 2.8m/s）したときの路上に落下した土壌量を測定した。また、対照区として、除泥装置を用いずに同一条件で路上走行したときの路上に落下した土壌量を測定した（2016 年度）。

## 3. 結果の概要

- 遮へい式の除泥装置は、履帯の外周形状に合わせて加工した 2 枚の鉄板を履帯の内・外側面に装着し、ほ場からの土壌を遮へいする構造とした。また、鉄板と履帯外周の接触部は、履帯の損傷を軽減するため、ゴム板を装着した（図 1）。履帯内部の土壌付着量は、遮へい板を使用したことで、使用しなかったときと比較してほ場Ⅰ、Ⅱともに土壌の侵入を 45%程度低減できた（図 2）。
- 空転式の除泥装置は、固定台、スライド式移動台、固定具で構成され、固定具によって履帯部を懸架した状態で空転させる構造とした（図 3）。取扱性については、高速空転時の車両の振動幅が前後、左右、上下ともに 2mm 以下となり、安定的に空転させることができた。所要時間は約 6 分（空転時間 30 秒）、必要人員は 1 人であった。しかし、装置の質量が約 200kg、大きさ（W×D×H）が 178×220×162cm であったため、軽量化とコンパクト化が今後の課題として残った。履帯表面の除泥率は、ほ場Ⅰ、Ⅱともに 90%を超える良好な結果となった（表）。
- ほ場Ⅰ～Ⅲで除泥装置を作用させない場合の土壌落下量は 13.4、16.0、31.1kg となり、作用させた場合は 0.6、0.8、1.8kg となった（図 4、5）。ほ場Ⅰ～Ⅲともに、対照区と比較して路上に落下する土壌を 94～96%低減できた。

以上、路上に落下するトラクタ付着土を 90%以上低減することができる除泥装置を開発した。



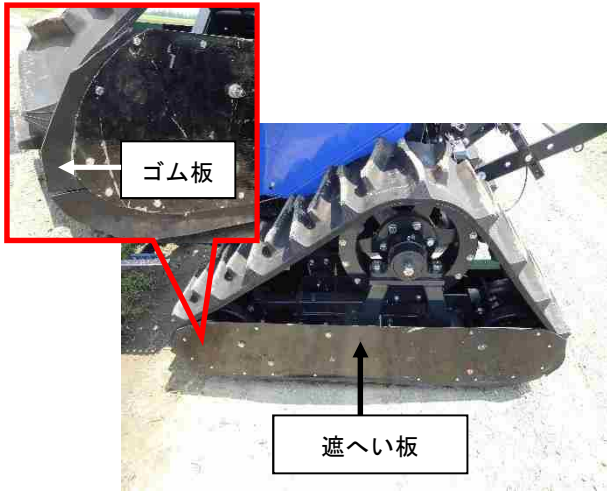
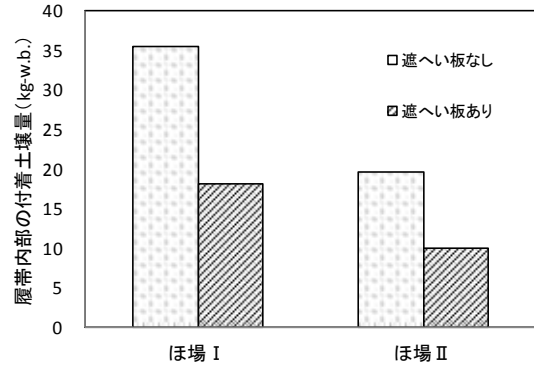


図1 試作した除泥装置（遮へい式）



注1) ほ場 I : 土壌含水比 98.5% 塑性指数 29.0 液性指数 1.6  
 注2) ほ場 II : 土壌含水比 68.1% 塑性指数 40.0 液性指数 1.0  
 注3) 遮へい板なしは4反復、遮へい板ありは2反復の平均値

図2 遮へい板の効果

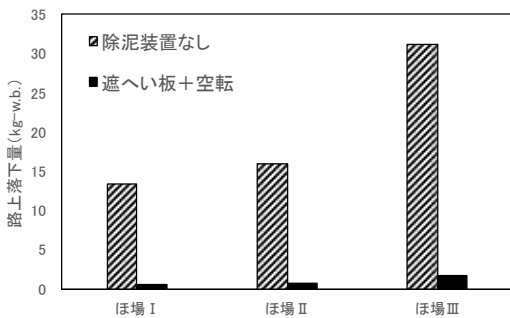


図3 試作した除泥装置（空転式）

表 空転式除泥装置の除泥効果

	除泥前土壌付着量 (kg-w. b.)	排土した土壌付着量 (kg-w. b.)	除泥率 (%)
ほ場 I	37.6	34.8	92.5
ほ場 II	29.6	29.3	99.0

注1) ほ場 I : 土性 L 土壌含水比 96.9% 塑性指数 26.0 液性指数 1.5  
 ほ場 II : 土性 SiC 土壌含水比 64.3% 塑性指数 31.4 液性指数 1.1  
 注2) 空転は速度段高-4、2000rpmで約30秒  
 注3) 表中の数値は2反復の平均値



注1) ほ場 I : 土壌含水比 104.0% 塑性指数 34.2 液性指数 1.0  
 ほ場 II : 土壌含水比 60.8% 塑性指数 29.8 液性指数 1.0  
 ほ場 III : 土壌含水比 50.4% 塑性指数 42.1 液性指数 0.5  
 注2) 粒径組成 (粘土) : ほ場 I 12% ほ場 II 26% ほ場 III 42%  
 注3) 走行路面 : ほ場 I、II - 砂利 ほ場 III - アスファルト  
 注4) 路上落下量は3反復の平均値

図4 除泥装置の効果



図5 落下土壤の様子（ほ場 III）

4. 成果の活用面と留意点

農食工学会で発表予定 (2017.9)。

5. 残された問題とその対応

空転式除泥装置の軽量化、コンパクト化を図る必要がある。



## Ⅱ 検査・鑑定等業務

# 1. 検査

## [1] 型式検査の主な動き

- 1) 平成28年度は、前年度と同様に10機種を対象として実施した。
- 2) 平成28年度の型式検査実施状況は表1-1のとおりである。

表1-1 型式検査実施一覧

機種名	前年度繰越	申込型式	合格型式	繰越	担当
農用トラクター(乗用型)	0	0	0	0	原動機試験室
田植機(乗用型)	0	0	0	0	作業機試験室
野菜移植機	0	0	0	0	
動力噴霧機(走行式)	0	0	0	0	
スピードスプレヤー	0	0	0	0	
コンバイン(自脱型)	0	0	0	0	
コンバイン(普通型)	0	0	0	0	
ポテト・ハーベスター	0	0	0	0	
ビート・ハーベスター	0	0	0	0	
安全キャブ・フレーム	0	26	26	0	安全試験室
型式計	0	26	26	0	

(平成28年12月31日現在)

## [2] 型式検査の機種別・時期別実施状況

### 1) 農用トラクター(乗用型)

#### (1) 検査の対象

乗用トラクターのうち、管理作業及び果樹園専用を除き、呼称機関出力が25PS以上250PS未満の車輪式又はゴム製の装軌式のものを対象とした。

### 2) 田植機(乗用型)

#### (1) 検査の対象

動力田植機のうち、土付き苗を使用するものを対象とした。

### 3) 野菜移植機

#### (1) 検査の対象

キャベツ、ハクサイ及びレタスなど、葉菜類の移植作業に用いられる動力移植機のうち、土付き苗を使用するもので、かつ、苗の供給が自動で行えるものを対象とした。

### 4) 動力噴霧機(走行式)

#### (1) 検査の対象

往復動ポンプ形(行程可変形は除く)の農業用動力噴霧機で走行式のものを対象とした。

### 5) スピードスプレヤー

#### (1) 検査の対象

主としてりんご、ぶどう、なし等の果樹の防除を目的として、給水ポンプを装備又は装備しうるもので、走行散布が可能なスピードスプレヤーを対象とした。

### 6) コンバイン(自脱型)

#### (1) 検査の対象

稲及び麦類の収穫作業に用いられるコンバイン(自脱型)のうち、種子用を除いたものを対象とした。

### 7) コンバイン(普通型)

#### (1) 検査の対象

水稻、小麦及び大豆のうち、1作物以上の収穫作業が可能なコンバイン(普通型)を対象とした。

### 8) ポテト・ハーベスター

#### (1) 検査の対象

タンカー形、ステージ形、タンカー・ステージ兼用形及びアンローディング形のポテト・ハーベスターを対象とした。

### 9) ビート・ハーベスター

#### (1) 検査の対象

ビート・ハーベスター(2ステージ式のタッパーは除く)を対象とした。

10) 農用トラクター（乗用型）用安全キャブ  
及び安全フレーム

(1) 型式検査の対象

車輪式、ゴム装軌式、及び車輪の一部又は全部をゴム装軌ユニットと交換した乗用型トラクターに装備する、トラクターの転倒時に運転者を保護するための安全キャブ及び安全フレームを対象とした。

(2) 申込受付期間、検査期間、検査場所、合格機の依頼者及び型式数（表1-2参照）

表1-2 申込受付期間等の一覧

申込受付 期 日	検査期間	検査場所	成績通知 期 日	依頼者数 型 式 数
28.2.19	28.2.29 ～3.1	生研センター	28.5.31	1社 1型式
28.3.4 28.5.9	28.4.11 ～4.13 28.5.16 ～5.19	生研センター	27.6.28	2社 5型式
28.5.17 28.5.25 28.6.6 28.7.5	28.6.1 ～6.7 28.6.13 ～6.15 28.6.22 ～6.24 28.7.11 ～7.13	生研センター	28.9.6	4社 13型式
28.7.22	28.8.1 ～8.3	生研センター	28.10.4	1社 2型式
28.10.17	28.10.24 ～10.28	生研センター	28.11.29	1社 2型式
28.8.29 28.11.7	28.9.5 ～9.7 28.11.14 ～11.17	生研センター	28.12.27	1社 3型式

(平成28年12月31日現在)

(3) 合格機の型式名、依頼者名、合格番号  
(表1-3参照)

表1-3 合格機一覧

型式名	依頼者の名称	合格番号
ヤンマー KQ705	ヤンマー株式会社	216001
キセキ SC174	井関農機株式会社	216002
キセキ SC174C	〃	216003
キセキ SF422	〃	216004
クボタ TSQ30A	株式会社クボタ	216005
クボタ TSF300	〃	216006
AGCO A7.1	AGCO Limited	216007
AGCO A7.2	〃	216008
クボタ KSQ28S	株式会社クボタ	216009
クボタ KSQ35S	〃	216010
クボタ KSQ35S-PC	〃	216011
クボタ KSF28S	〃	216012
クボタ KSF35S	〃	216013
クボタ KSF35S-PC	〃	216014
ニューホント CS45	日本ニューホント株式会社	216015
ニューホント TS71	〃	216016
ジヨンデア CG608	ヤンマー株式会社	216017
ジヨンデア CG610	〃	216018
ジヨンデア CG620	〃	216019
ヤンマー KQ320	ヤンマー株式会社	216020
ヤンマー SF322A	〃	216021
三菱 CFM36	三菱マシナリ農機株式会社	216022
三菱 2FM36	〃	216023
ヤンマー KQ705	ヤンマー株式会社	216024
ヤンマー SF702	〃	216025
ヤンマー SF902	〃	216026

(平成28年12月31日現在)

(4) 概評

合格機は6社26型式（装着可能トラクター87型式）であった。その内訳は、安全キャブが16型式（同53型式）、安全フレームは2柱式が10型式（同34型式）であった。

なお、キャブ及びフレーム内騒音は、それぞれ平均で78.4dB(A)（範囲69.5～86.0dB(A））、87.9dB(A)（範囲84.0～93.0dB(A））であった。

## 2. 鑑定等

### [1] 各種鑑定の主な動き

- 1) 平成28年度の鑑定は、安全鑑定、任意鑑定、農耕作業用自動車等機能確認（機能確認）を実施した。
- 2) 各種鑑定等の実施状況は、以下のとおりである。

### [2] 安全鑑定

農業機械安全鑑定要領に基づく平成28年度の安全鑑定の適合機は、表2-1のとおり14機種146型式であった。

表2-1 平成28年度安全鑑定適合機

対象機種	報告月日	型式数	
農用トラクター(乗用型)	28.5.31	4	
	28.6.28	17	
	28.9.6	18	
	28.10.4	10	
	28.11.29	3	
	28.12.27	2	
農用トラクター(歩行型)	28.5.31	1	
	28.9.6	1	
野菜移植機	28.7.27	2	
	28.9.6	1	
スピードスプレヤー	28.5.31	1	
コンバイン(自脱型)	28.9.6	4	
	28.12.27	1	
コンバイン(普通型)	28.9.6	1	
乾燥機(穀物用循環型)	28.9.6	11	
	28.10.4	42	
もみすり機	28.7.27	1	
単軌条運搬機	28.5.31	2	
その他機種 乗用管理機	28.5.31	1	
	28.11.1	1	
	いぐさハーベスタ	28.9.6	1
		多目的田植機	28.11.29
	合計		

(平成28年12月31日現在)

### [3] 任意鑑定

農業機械任意鑑定要領に基づく平成28年度の任意鑑定の実施状況は、表2-2のとおり5機種9型式であった。

表2-2 任意鑑定実施一覧

機種	型式数	担当
直進田植機	1	作業機試験室
農用トラクター(乗用型)	1	原動機試験室
安全キャブ・フレーム	4	安全試験室
乾燥機用水分計	1	収穫乾燥ユニット 作業機試験室
乾燥機省エネ性能試験	2	作業機試験室
計	9	

(平成28年12月31日現在)

### [4] 機能確認

平成28年度の農耕作業用自動車等機能確認の実施状況は、表2-3のとおり、農耕トラクタ12型式(21類別)、農業用薬剤散布車2型式(2類別)、および刈取脱穀作業車8型式(10類別)であった。

表2-3 機能確認実施一覧

機種	依頼者名	型式数	担当
農耕トラクタ	井関農機(株)	6(13)	原動機 試験室
	エム・エス・ケー 農業機械(株)	3(3)	
	(株)クボタ	2(4)	
	三菱マヒンドラ 農機(株)	1(1)	
農業用薬剤散布車	(株)丸山製作所	1(1)	作業機 試験室
	(株)やまびこ	1(1)	
刈取脱穀作業車	三菱マヒンドラ 農機(株)	3(3)	作業機 試験室
	(株)クボタ	3(3)	
	井関農機(株)	2(4)	
計		22(33)	

( )内は類別数

(平成28年12月31日現在)

### Ⅲ 試作工場、附属農場の運営

# 1. 試作工場

## [1] 月別作業件数

過去6年間の年度毎の月別作業件数を表に示した。

表 月別作業件数（件）

年 月	H23	H24	H25	H26	H27	H28
4	10	12	14	9	8	19
5	10	8	12	10	10	16
6	12	9	20	15	11	16
7	8	11	14	9	17	17
8	12	13	15	10	11	16
9	10	13	6	10	21	20
10	14	12	15	15	15	16
11	9	5	6	15	10	20
12	6	10	4	8	6	6
1	9	7	8	9	4	8
2	16	7	5	9	5	-
3	6	9	11	14	19	-
計	122	116	130	133	137	154

## [2] 試作依頼内訳

企画部	企画室	4件
	連携推進室	7件
評価試験部	原動機試験室	1件
	安全試験室	2件
土地利用型システム研究領域	栽植システムユニット	23件
	栽培管理システムユニット	8件
	収穫・乾燥調製システムユニット	5件
総合機械化研究領域	果樹生産工学ユニット	3件
	野菜生産工学ユニット	27件
	施設・調製工学ユニット	23件
	畜産工学ユニット	9件
労働・環境工学研究領域	安全人間工学ユニット	11件
	資源エネルギー工学ユニッ	13件
総務部	会計課	3件
附属農場		1件



### [ 3 ] 資材使用量

平成 28 年度に使用した資材の使用量を図 1 に示した。

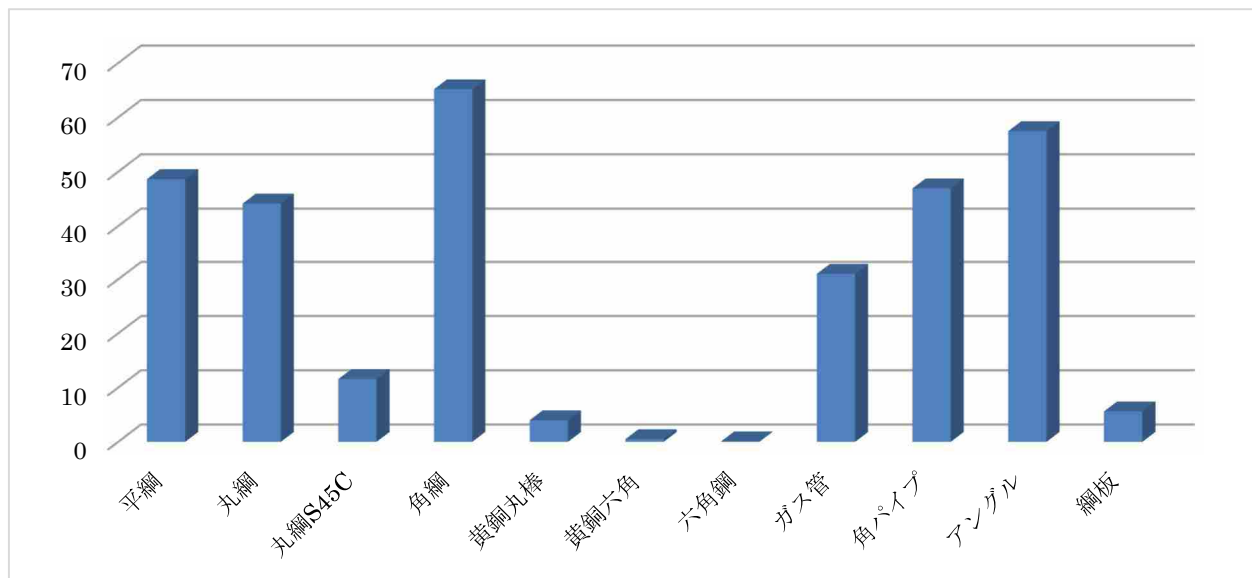


図 1 資材使用量 (m)

### [ 4 ] 主な試作品

平成 28 年度の主な試作品。

図 2 : 総合機械化研究領域の看板。ラワン材、彫刻刀手彫り。

図 3 : 穀物乾燥機内の温度センサカバー。ステンレスメッシュを丸め、蝋付け。

図 4 : 播種機のマーカの可動部。旋盤、フライス盤加工、ホルダーは板金曲げ加工。



図 2 看板



図 3 温度センサカバー



図 4 マーカの可動部

### [ 5 ] 工作機械の購入

\* フライス盤 (イワシタ 2VB) の購入。加工範囲は左右 700 mm、前後 300 mm、上下 400 mm。

\* 旋盤 (滝澤 TAL-460) の購入。ベッド上の振りは 460 mm、横送り台上の振りは 250 mm、心間使用は 800 mm。

\* 3D プリンター (MAESTRO) の購入。造形サイズは直径 220 mm x 高さ 320 mm。

## 2. 附属農場

### [1] 土地利用

水田	1281a
畑	88a
宅地・道水路敷・その他	226a

### [2] 作物別の作付面積・収穫面積

土地区分	作物・品種		作付面積 (a)	収穫面積 (a)	備考
水 田	水 稻	コシヒカリ	353	353	
		朝の光	136	136	
		彩のかがやき	498	498	
		ひとめぼれ	30	30	
		(裸 地)	205	—	
	麦 類	小麦	100	100	
		〃	100	—	
		裸麦	58	—	
		大豆	59	59	
		〃	—	—	
畑	葉茎菜類	ホウレンソウ	9.6	—	生育中
		ベビーリーフ	3.6	3.6	
		ネギ	0.5	0.5	
		ハクサイ	3.6	3.6	
		ニラ	2	2	
	いも類	サトイモ	2.3	2.3	
	麦 類	裸麦	10	—	
		〃	33	—	
		〃	—	—	
					生育中
					生育中
					すき込み
					生育中

### [3] 気象概況

今年度の夏作期間（5月～10月）の気象は、5月上旬に真夏日を記録したことに始まって、7月中旬頃に上空の寒気による大雨はあったものの、8月中旬頃までは概ね好天に恵まれ、平年よりやや気温が高く、日照時間は多め、降水量は少なめに推移した。8月下旬から9月にかけて低気圧や台風、停滞前線の影響で曇りや大雨の日が多かったが、10月になると高気圧に覆われた晴れの日が多くなった。

### [4] 作物の生育概況

#### 1) 水稻

今年の水稲作は、田植え作業が5月中旬から6月下旬まで行われた。8月中旬までの好天により登熟が例年より早まりそうな見通しとなったが、8月下旬から9月中旬の台風とその後の悪天候の影響により、前年とほぼ同時期の収穫開始となった。早生の品種は収穫前の悪天候により品質が低下したが、その他の品種は一等米の評価を受けた。全品種、全圃場の推定平均収量は、10a 当り乾燥粳 587kg・玄米 467kg で、前年比 113%（玄米）、農場平均収量の 101%（同）であった。

## 2) 畑作物

麦類は、畑・水田に播種した。畑に播種した裸麦は、種子以外はすき込みにより緑肥となった。水田に播種した小麦は、順調に生育した。28年産麦は、11月末に水田と畑に裸麦を、水田に小麦を播種し、順調に生育している。

大豆は、降雨で播種時期が遅れたものの、排水対策により順調に生育した。

野菜類では、サトイモを5月に定植し秋に試験に供した。ネギは5月に播種して6月に定植したが、一部に播種後の出芽不良があった。チコリは7月上中旬に播種し9月に収穫を行った。ハクサイとレタスは9月中旬に黒ボク土ほ場に、レタスは9月下旬に灰色低地土ほ場にも定植を行い、順調に生育して10月下旬以降の試験に供した。ハウレンソウは9月下旬から10月中旬にかけて播種を行い順調に生育したが、後半に一部で乾燥により出芽しないものもあった。ニラはシーズンを通して良好な生育であったが、寒波により枯れ、来シーズンは更新する予定である。

## [5] その他

- ・ 中央農研の有機農業試験へ試験材料提供の協力を行った。
- ・ オフセット式のモアの導入により、畔際農道の草刈作業の安全性向上を図った。
- ・ 用水の貯水タンク設置、育苗ハウスへの自動給水設定により、灌水作業の軽労化を図った。
- ・ 用水池給水口の配管の交換、菱の早期駆除など、用水池の整備に努めた。
- ・ 通用門のスライド扉の改修工事、外便所浄化槽の修理を行い、職場の環境改善を図った。
- ・ 西IV区に隣接して、スマート農業実験管理棟の新築工事を行った。



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、原著者の許諾を  
得てください。

問い合わせ先：

革新工学センター 企画部 連携推進室

TEL: 048-654-7030

FAX: 048-654-7130

または

info-iam-jouhouka@ml.affrc.go.jp

平成28年度 事業報告

---

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
農業技術革新工学研究センター

〒331-8537 埼玉県さいたま市北区日進町 1-40-2  
Tel. 048-654-7000 (代)

---

印刷・発刊 平成29年6月