

平成27年度  
事業報告

平成28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  
生物系特定産業技術研究支援センター  
農業機械化研究所



# 目 次

## I 研究業務

(完了課題の試験研究成績(通年)のみを掲載)

### 1. 基礎技術研究部

#### 基-1 メカトロニクス研究

#### 基-2 バイオエンジニアリング研究

#### 基-3 コストエンジニアリング研究

- 基-3-1 バイオマス由来資材による育苗培地固化技術の開発…………… 4  
(完了・通年)

#### 基-4 安全人間工学研究

- 基-4-1 自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の…………… 6  
開発(完了・通年)

#### 基-6 資源環境工学研究

### 2. 生産システム研究部

#### 生-1 土壌管理システム研究

- 生-1-4 省エネルギー型高速耕うん技術の研究(完了・通年)…………… 10
- 生-1-5 農作業時の被曝低減に向けた指針の作出(完了・通年)…………… 12  
一営農再開に向けた農地除染作業における表土削り取り機の  
利用状況

#### 生-2 大規模機械化システム研究

- 生-2-3 大ロット肥料体系の確立に向けた実態調査(完了)…………… 14

#### 生-3 栽植システム研究

- 生-3-1 中山間地用水田栽培管理ビークルとその作業機の開発…………… 16  
(完了・通年)

生－4	生育管理システム研究	
生－4－2	超音波を利用した農作物の病害防除装置に関する研究	18
	(完了・通年)	

生－5 収穫システム研究

生－6 乾燥調製システム研究

3. 園芸工学研究部

園－1 果樹生産工学研究

園－2 野菜栽培工学研究

園－3 野菜収穫工学研究

園－3－1	加工用ハクサイ収穫技術の開発 (完了・通年)	22
-------	------------------------	----

園－4 施設園芸生産工学研究

園－5 園芸調製貯蔵工学研究

園－5－2	軟弱野菜の調量機構の開発 (完了・通年)	24
-------	----------------------	----

4. 畜産工学研究部

畜－1 飼料生産工学研究

畜－1－2	高水分梱包粗飼料の非破壊水分計測技術に関する研究	28
	(完了・通年)	

畜－2 家畜管理工学研究

畜－2－1	個別給餌を行う繋ぎ飼い飼養体系における残飼量検出技術	30
	の開発 (完了・通年)	

畜－2－2	圧密された飼料の省力的解体技術に関する調査研究	32
	(完了・通年)	

### 畜－3 飼養環境工学研究

畜－3－1 微生物環境制御型脱臭システムの実証試験（完了・通年）…………… 34

畜－3－2 悪臭の原因となる家畜ふん尿由来の液肥施用に関する調査…………… 36  
研究（完了・通年）

## 5. 評価試験部

評－1 原動機第1試験室

評－2 原動機第2試験室

評－3 作業機第1試験室

評－4 作業機第2試験室

評－5 安全試験室

評－5－1 刈払機の安全性向上に関する研究（完了）…………… 40  
－刈刃停止機構の開発

## 6. 特別研究チーム(エネルギー)

エネルギー－1 乗用型電動ロータリ耕うん機の開発（完了）…………… 44  
[資源環境工学研究、コストエンジニアリング研究]

エネルギー－2 施設園芸等における地中熱・水熱源ヒートポンプシステムに関する調査研究（完了）…………… 46  
[資源環境工学研究、コストエンジニアリング研究]

## 7. 特別研究チーム(ロボット)

ロボット－1 エアアシスト式静電防除機の開発（完了）…………… 50  
[バイオエンジニアリング研究]  
[施設園芸生産工学研究]

ロボット－3－3 圃場情報に基づく作業機械の高度化・知能化技術の…………… 52  
開発（完了）

ートラクタ有人無人協調型システムにおける目視監視  
にかかるとリスクアセスメント試行  
[特別研究チーム (安全)]

ロボット-4	大規模水田輪作体系における高精度運転支援技術の実証……………	54
	(完了)	
	[大規模機械化システム研究、メカトロニクス研究]	

## 8. 特別研究チーム(安全)

### II 検査・鑑定等業務

1.	検査……………	60
2.	鑑定等……………	62

### III 試作工場、附属農場の運営

1.	試作工場……………	66
2.	附属農場……………	69

# I 研究業務

1. 基礎技術研究部
2. 生産システム研究部
3. 園芸工学研究部
4. 畜産工学研究部
5. 評価試験部
6. 特別研究チーム(エネルギー)
7. 特別研究チーム(ロボット)
8. 特別研究チーム(安全)





# 非完了課題を含む研究課題一覧

## I 研究業務

### 1. 基礎技術研究部

#### 基-1 メカトロニクス研究

基-1-1 直線作業アシスト装置の適応性拡大 (平 27~28)

#### 基-2 バイオエンジニアリング研究

基-2-1 トマト用接ぎ木装置の開発  
- 溶断技術および苗の把持力に関する検討 (平 27~29)

基-2-2 トマト用接ぎ木装置の開発  
- 接合装置 1 号機の開発 (平 27~29)

基-2-3 水ストレス計測装置の開発 (平 27~28)

#### 基-3 コストエンジニアリング研究

基-3-1 バイオマス由来資材による育苗培地固化技術の開発 (完了)  
(平 25~27)

#### 基-4 安全人間工学研究

基-4-1 自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の  
開発 (完了・単年度) (平 25~27)

基-4-1 自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発  
(完了・通年) (平 25~27)

#### 基-6 資源環境工学研究

基-6-1 履帯走行部を対象とした除泥技術の開発 (平 26~28)

### 2. 生産システム研究部

#### 生-1 土壌管理システム研究

生-1-1 大豆用高速畝立て播種機の開発  
- 試作 2 号機の製作、性能試験 (平 26~28)

- 生－1－2 大豆用高速畝立て播種機の開発
  - －試作2号機の現地性能試験、実証試験（平26～28）
- 生－1－3 無人ヘリ作物生育観測システムの開発と実証（平26～28）
- 生－1－4 省エネルギー型高速耕うん技術の研究（完了・単年度）  
（平26～27（平26～28））
- 生－1－4 省エネルギー型高速耕うん技術の研究（完了・通年）  
（平26～27（平26～28））
- 生－1－5 農作業時の被曝低減に向けた指針の作出（完了）
  - －営農再開に向けた農地除染作業における表土削り取り機の  
利用状況（平27）

## 生－2 大規模機械化システム研究

- 生－2－1 大規模水田農業におけるICTを活用した栽培管理及び経営  
管理の支援技術の開発（平24～29）
- 生－2－2 高機動畦畔草刈機の開発（平26～28）
- 生－2－3 大ロット肥料体系の確立に向けた実態調査（完了）（平27）

## 生－3 栽植システム研究

- 生－3－1 中山間地用水田栽培管理ビークルとその作業機の開発（完了・単年度）  
（平24～27）
- 生－3－1 中山間地用水田栽培管理ビークルとその作業機の開発（完了・通年）  
（平24～27）

## 生－4 生育管理システム研究

- 生－4－1 高能率水田用除草装置の実証試験（平27～28）
- 生－4－2 超音波を利用した農作物の病害防除装置に関する研究（完了）  
（平25～27）

## 生－5 収穫システム研究

- 生－5－1 高性能・高耐久コンバインの開発（平26～28）
- 生－5－2 小型汎用コンバインを基軸とした収穫作業体系の実証（平26～28）

## 生－6 乾燥調製システム研究

- 生－6－1 高能率水稻等種子消毒装置の高度利用に関する研究（平27～29）

生-6-2 新規需要米の省エネルギー・低コスト乾燥技術の研究（平27～28）

### 3. 園芸工学研究部

#### 園-1 果樹生産工学研究

園-1-1 樹園地用小型幹周草刈機の開発（平26～28）

園-1-2 果樹花粉採取作業における採花装置の開発（平27～29）

#### 園-2 野菜栽培工学研究

園-2-1 野菜用の高速局所施肥機の開発（平27～29）

園-2-2 ホウレンソウの全自動移植機の開発（平26～28）

#### 園-3 野菜収穫工学研究

園-3-1 加工用ハクサイ収穫技術の開発（完了・単年度）（平25～27）

園-3-1 加工用ハクサイ収穫技術の開発（完了・通年）（平25～27）

園-3-2 非結球性葉菜類の刈取り搬送機構の開発（平27～29）

#### 園-4 施設園芸生産工学研究

園-4-1 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  
（平27～29）

#### 園-5 園芸調製貯蔵工学研究

園-5-1 軟弱野菜の高効率調製機の開発（平27～29）

園-5-2 軟弱野菜の調量機構の開発（完了・単年度）（平25～27）

園-5-2 軟弱野菜の調量機構の開発（完了・通年）（平25～27）

園-5-3 ポイントクラウドを用いた農産物の品質評価手法（平26～28）

### 4. 畜産工学研究部

#### 畜-1 飼料生産工学研究

畜-1-1 高速高精度汎用播種機の開発（平27～29）

畜-1-2 高水分梱包粗飼料の非破壊水分計測技術に関する研究（完了）  
（平26～27）

畜-1-3 不耕起対応トウモロコシ播種機の適応性拡大（平26～28）

## 畜－２ 家畜管理工学研究

- 畜－２－１ 個別給餌を行う繋ぎ飼い飼養体系における残飼量検出技術の開発  
(完了) (平 25～27)
- 畜－２－２ 圧密された飼料の省力的解体技術に関する調査研究  
(完了) (平 27)

## 畜－３ 飼養環境工学研究

- 畜－３－１ 微生物環境制御型脱臭システムの実証試験 (完了) (平 27)
- 畜－３－２ 悪臭の原因となる家畜ふん尿由来の液肥施用に関する調査研究  
(完了) (平 27)

## 5. 評価試験部

### 評－１ 原動機第１試験室

- 評－１－１ 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 (平 26～28)
- 評－１－２ 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  
(平 27～28)

### 評－２ 原動機第２試験室

- 評－２－１ 農用エンジン評価試験の高度化に関する研究  
－大気条件係数を一定とした場合の試験結果への効果 (排気  
タービン式過給エンジンの場合) (平 25～27～28)

### 評－３ 作業機第１試験室

- 評－３－１ 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 (平 26～28)
- 評－３－２ 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  
－上肢挙上用アシスト装置の性能評価手法の検討及び関連技術等  
の調査 (平 27～28)

#### 評－４ 作業機第２試験室

- 評－４－１ 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  
(平 26～28)

#### 評－５ 安全試験室

- 評－５－１ 刈払機の安全性向上に関する研究 (完了)
  - －刈刃停止機構の開発 (平 25～27)

### 6. 特別研究チーム(エネルギー)

- エネルギー－１ 乗用型電動ロータリ耕うん機の開発 (完了) (平 25～27)
  - [資源環境工学研究、コストエンジニアリング研究]
- エネルギー－２ 施設園芸等における地中熱・水熱源ヒートポンプシステムに関する調査研究 (完了) (平 27)
  - [資源環境工学研究、コストエンジニアリング研究]
- エネルギー－３ 籾殻燃焼バーナーの開発 (平 27～29)
  - [乾燥調製システム研究]

### 7. 特別研究チーム(ロボット)

- ロボット－１ エアアシスト式静電防除機の開発 (完了) (平 24～26～27)
  - [バイオエンジニアリング研究]
- ロボット－２ 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 (平 26～28)
    - [施設園芸生産工学研究]
- ロボット－３－１ 圃場情報に基づく作業機械の高度化・知能化技術の開発
  - －トラクタと作業機の高度連携による高精度化技術の開発 (平 26～30)
    - [メカトロニクス研究、大規模機械化システム研究]
- ロボット－３－２ 圃場情報に基づく作業機械の高度化・知能化技術の開発
  - －移植作業における高精度植付位置制御技術の開発

(平 28～30)

[栽植システム研究]

ロボット-3-3 圃場情報に基づく作業機械の高度化・知能化技術の開発  
(完了)

トラクタ有人無人協調型システムにおける目視監視  
にかかるリスクアセスメント試行 (平 27)

[特別研究チーム (安全)]

ロボット-4 大規模水田輪作体系における高精度運転支援技術の実証 (完了)  
(平 27)

[大規模機械化システム研究、メカトロニクス研究]

## 8. 特別研究チーム(安全)

安全-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  
(平 26～28)

[安全人間工学研究、作業機第1試験室、作業機第2試験室、  
安全試験室]

安全-2 歩行用トラクタの危険挙動に対する安全技術の開発 (平 27～29)  
[安全人間工学研究]

安全-3 乗用農機の安全支援機能の開発 (平 27～29)  
[安全試験室]

# 1. 基礎技術研究部

課題分類：3 (3)

課題 I D：600-b0-130-P-15

研究課題：バイオマス由来資材による育苗培地固化技術の開発

担当部署：生研センター・基礎技術研究部・コストエンジニアリング研究、資源環境工学研究

協力分担：九工大、産総研

予算区分：経常

研究期間：完 2013～2015 年度（平成 25～27 年度）

## 1. 目的

環境配慮性の高いバイオマス由来高分子を用い、有機栽培へ寄与可能で移植時に苗周辺部が崩落しにくい育苗培地を開発する。

## 2. 方法

- 1) 野菜栽培農家 3 カ所、長野県野菜花き試、及び附属農場において、7 種類の作物の育苗方法と使用資材、移植方法について調査を行った（2013 年度）。調査結果をもとに固化剤、市販固化培地を用いる際の問題点を整理し、農家からの要望を取りまとめた（2015 年度）。
- 2) セルトレイ用市販野菜培土（ヤンマーナプラ養土 S）を供試し、8 種類の高分子化合物をバインダーとして 1 セルの形状に固化する方法を検討し、固化可能な 5 種類の高分子バインダーを用いて 128 穴セルトレイ固化培地を試作した（2013 年度）。
- 3) 試作した固化培地 5 種類、対象区として市販野菜培土、市販固化培地（プラントプラグ：ジフィープロダクツ(株)製、(株)サカタのタネ販売）を用いて、キャベツ（中早生二号）を育苗し、培地作成の簡易さ、培地の固化状態、環境配慮性について比較検討した（2013～2015 年度）。

## 3. 結果の概要

- 1) 根鉢が形成しにくい野菜や若苗の機械移植では、移植前に固化剤を用いた培地固化が有効であるとのことであった。一方、固化作業（固化剤溶液作成とトレイへの散布または浸漬作業）に熟練を要し時間と労力がかかること、固化剤の培地への吸収量を一定にすることが難しく固化程度にバラツキが生じること、固化が不十分だと移植率の低下をまねくという問題点が指摘された。市販固化培地を用いて根鉢形成前に若苗移植する場合、夏どり作型では若苗定植が慣行より生育が速く成育量も大きく、冬どり作型では慣行と同等で育苗期間短縮、省力化になるとのことであった。しかし、市販固化培土は受注生産で適期に必要な量だけ準備しにくいこと、製造後の輸送と使用時までの保管期間に水分・肥料分の経時消失があり、播種時に水補給・液肥追加作業が必要となるという問題点があった。農家からは、手持ちの道具で簡易に、播種時に現場で固化培地が作成可能な技術が要望されていた（表 1）。
  - 2) 培地固化を検討した高分子化合物のうち、タマリンドガム、タマリンドガム+竹繊維、PIC（ポリオンコンプレックス：アルギン酸 Na とキトサンの高分子電解質複合材）、セルロース、デンプン+PEG（ポリエチレングリコール）の 5 種類で培地の固化が可能であった（表 2、図 1）。培地の固化程度はデンプン+PEG をバインダーとした場合は強く、他の 4 種類はそれほど強くなかった。今後の固化培地を用いた若苗移植や機械移植を想定した場合、現場で簡易に適切な固化程度に調整する技術の確立、固化程度を示す指標の検討が必要と考えられる。
  - 3) タマリンドガムは水溶液と培土と混合するだけで簡易に作成できるため、現場適応性にすぐれている。PIC は 2 種類の高分子を用いること、セルロースは繊維をほぐすための器具が必要なことからやや劣り、デンプン PEG は高温で熔融固化するため現場適応性には劣ると考えられる。子葉展開時の培地の固化状態は、タマリンドガムはセル形状を保持したが、PIC とセルロースは 2～4 の土塊に分割、デンプン PEG は固化が強すぎ生育阻害が生じた。環境配慮性はバイオマス由来高分子に優位性があると考えられる（図 2、表 3）。また、条件が一定でないものの、育苗試験では PIC の胚軸径が市販培土より大きく、生育状態への有効性が示唆された。
- 以上、固化剤による培地固化作業と市販固化培地の問題点を検討・整理するとともに、市販培土をバイオマス由来高分子で固化する方法を見出した。しかし、試作固化培地を用いた育苗状態の検討、機械適応性の検討にはいたらなかった。

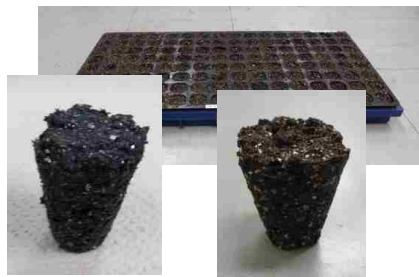


表1 培地固化作業の問題点と農家からの要望

培地固化方法	問題点	農家からの要望
市販培土で育苗後 固化剤で固化	・機械移植直前の固化作業(固化剤溶液作成とトレイへの散布または浸漬作業)ではトレイへの散布・浸漬に熟練を要し、多大の労力と時間がかかる ・固化剤の培土への吸収量を均等にすることが容易でなく、固化程度にバラツキが生じる ・固化が不十分だと移植率の低下をまねく	・農家手持ちの道具を使った簡易な方法 ・農家が播種時に現場で固化培地作成が可能な技術 (作業例・案) 1)混合器で培土・固化剤・水を混合 2)土入れ器でセルトレイに充填 3)播種・育苗 4)機械移植
市販固化培地	・受注生産で納期までに時間がかかるため、農家の播種時に合わせて必要量だけを確保することが困難 ・製造後の輸送と使用時までの保管期間に水分・養分(特にN)が消失することが多く、播種時に水分と液肥追加作業が必要となる	

表2 高分子バインダーによる培地固化

高分子バインダー	培土固化方法	培土固化状態	
PCL(ポリカプロラクトン)	培土とPCLを均一に攪拌混合し、セルトレイに入れ加熱溶融成形	固化不可(成形不能)	
乳酸オリゴマー	ポリ乳酸を加水分解して作成した乳酸オリゴマーを培土と混合攪拌、二軸押し出し機で溶融成形	固化不可(凝固過多)	
タマリンドガム	タマリンドガムのみ	タマリンドガムを水に溶解し、加熱下でゲル状にして培土と混合攪拌・混練、セルトレイに流し込み成形	固化可能
	タマリンドガム + 竹繊維	上記ゲルに竹粉を添加した竹繊維ゲルを作成、培土と混合攪拌・混練してセルトレイに流し込み成形	固化可能
PIC(ポリイオンコンプレックス)	アルギン酸Na、キトサンをイオン反応させて高分子電解質複合材料(高分子ゲル)を作成、培土と混合攪拌・混練し、セルトレイに流し込み成形	固化可能	
セルロース	水溶性リサイクルペーパーと水をジューサーミキサーで攪拌混合して繊維分を抽出後、培土と混合攪拌・混練し、セルトレイに流し込んで成形	固化可能	
デンプン	デンプンのみ	デンプンと水を混合、加熱攪拌してゲル状デンプン糊を作成、培土と混練してセルトレイに詰めて成形	固化不可(成形不能)
	デンプン + PEG(ポリエチレングリコール)	上記ゲル状デンプン糊にPEGを添加して加熱攪拌、培土と混練後、セルトレイに詰めて加熱成形	固化可能



タマリンドガム デンプン+PEG



タマリンドガム (播種後12日目)

図1 試作した固化培地の例

図2 キャベツ育苗と培地の固化状態

表3 試作固化培地と現行技術(固化剤、市販固化培地)の比較

高分子バインダー	固化培地作成の簡易さ	培地の固化状態	環境配慮性
タマリンドガム	◎	○	○
タマリンドガム + 竹繊維	○	○	○
PIC(ポリイオンコンプレックス)	△	△	○
セルロース	△	△	○
デンプン + PEG(ポリエチレングリコール)	△	○	○
現行技術	固化剤	○	△
	市販固化培地	○	◎

4. 成果の活用と留意点

プラスチック成形加工学会で発表、農食工学会(2016.5)で発表予定。特許1件(九工大)。

5. 残された問題とその対応

農家の要望と試作固化培地の問題点の解決を目的として新規課題で取り組む予定である。

---

課題分類：11（9）

課題 I D：600-c0-131-P-15

研究課題：自脱コンバインにおける巻き込まれ事故の未然防止技術の開発

担当部署：生研センター・基礎技術研究部・安全人間工学研究

協力分担：東京農業大学

予算区分：経常

研究期間：完 2013～2015 年度（平成 25～27 年度）

---

## 1. 目的

自脱コンバインは、手こぎ作業時に手や指が脱穀部に巻き込まれ、重傷に至る事故が多い。そこで、生研センターで開発した磁気センサと磁性体を用いた作業判別技術を適用し、手こぎ作業時の巻き込まれ事故を未然に防止する技術を開発する。

## 2. 方法

- 1) 磁気センサとして、磁心コイル（以下、MCC）および磁気-インピーダンスセンサ（以下、MIS）それぞれを自脱コンバインに装着し、周囲の金属動作や機体振動によるノイズを測定した。その結果を踏まえて、検出用手袋に貼付する磁性体の見直しを行うとともに、ノイズ低減方法について検討した（2013～2014 年度）。
- 2) ノイズの発生確率から閾値の決定方法について検討し、妥当性を確認した（2014～2015 年度）。
- 3) 制御部を試作・改良した（2014～2015 年度）。
- 4) 実際の手こぎ作業による試験を行い、巻き込まれ防止装置による作業性悪化の有無や手袋の作業性等について調査し、制御方法や検出用手袋を改良した（2015 年度）。

## 3. 結果の概要

- 1) 自脱コンバインの振動等により、磁気センサのノイズが大きくなり、検出対象とした鉄チェーンの検出が困難となった。そこで、より検出しやすい対象として、ひも状のプラスチック磁石に変更した。MCC のノイズ低減方法として、振動の影響の少ない小型のものに変更するとともに、フィードチェーンの動作や振動によるノイズを打ち消すように設置した（図 1、2）。これらにより、実機においても検出用手袋を検出可能なことを確認した。
  - 2) 閾値は、ノイズによる誤停止が発生しないよう、ノイズの標準偏差から各大きさのノイズの発生確率を求め、一定期間使用した場合にノイズが閾値を超えない範囲で設定した。その結果、目標とする検出距離を確保できることを確認した（図 3）。
  - 3) 制御部は、振動や商用電源によるノイズを除去するため、ローパスフィルタを介し、MCC については、微小電圧を計装アンプによって増幅した後、MIS についてはそのままマイコンに信号を入力し、閾値以上となった場合フィードチェーンを一時停止することとした。このとき作業性が悪化しないよう、エンジンは停止しないこととしたが、服等がフィードチェーンに絡まって手が引き抜けない場合は、フィードチェーンが再始動すると危険なため、フィードチェーンの再始動前に再び手袋が検出された場合、エンジンを停止することとした。また、検出用手袋の未使用を防止するため、手こぎ作業開始前に手袋の装着を確認しないと、フィードチェーンが動かないこととした。
  - 4) 実際の手こぎ作業に供試したところ、エンジンはできるだけ停止して欲しくない、また、試作手袋については手のひら側に塗布した天然ゴムが硬いとの意見が挙げられた。そこで、エンジン停止前に 2 秒間程度警報音を鳴らし、それでも手袋が検出された場合にエンジンを停止することとした。加えて、初期電圧の温度ドリフトが確認されたため、あらかじめ初期電圧を測定し、それを基に相対的な閾値を設定する等制御を変更した（図 4）。また、検出用手袋は、天然ゴムをなるべく廃したものを試作した（図 5）。これらの改良を加えて再び手こぎ試験を行った結果、MCC については、良好な動作や作業性を確認したが、MIS については、その近傍に手袋が接近した場合に最大出力値を越えたままとなる問題を改善できなかった。また、実作業においてもノイズの上昇要因は確認されなかった（図 6）。加えて、検出用手袋の良好な作業性を確認した。
- 以上、手こぎ作業時の巻き込まれ事故を未然に防止する技術を開発した。

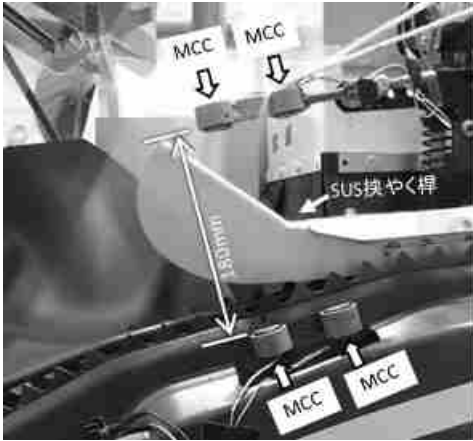


図1 磁心コイル (MCC) の配置状況



図2 磁気インピーダンスセンサ (MIS) の配置状況

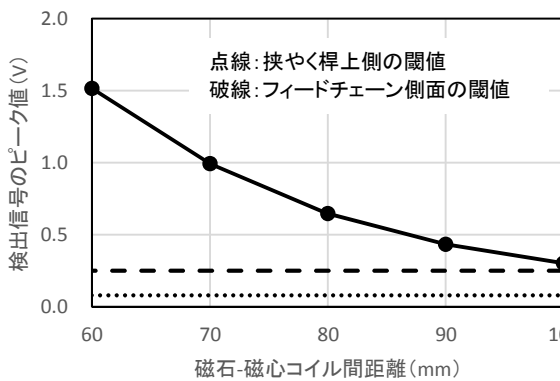


図3 プラスチック磁石通過時の磁心コイルの信号と距離との関係および閾値

●磁心コイルの直下をベルトコンベアでプラスチック磁石を通過させ、そのときの制御部からの出力信号を測定した。  
 ※プラスチック磁石の通過速度はフィードチェーン搬送速度と同じ0.3m/sとした。  
 ※閾値は、無負荷でフィードチェーンを動作させた時のノイズから決定した。

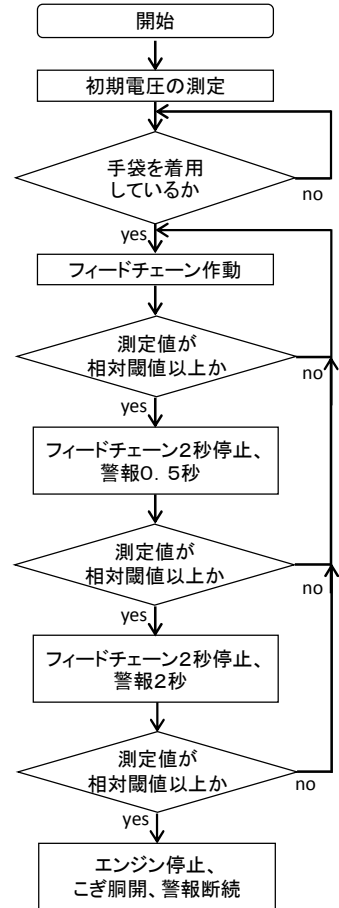
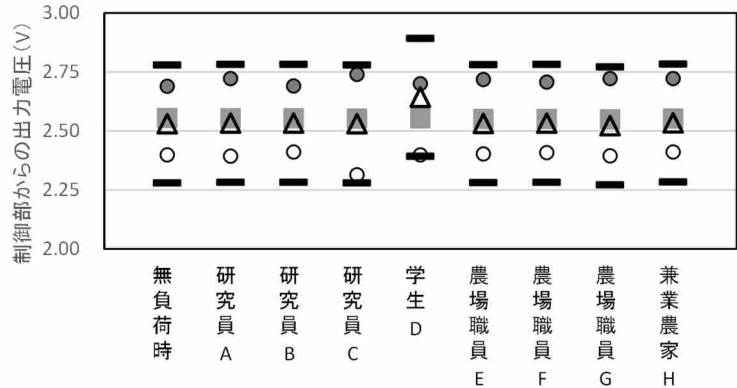


図4 主な制御の流れ



図5 検出用手袋

●ノイズの最大値 ○ノイズの最小値 ■ノイズの平均値 ▲初期電圧 - 閾値



※学生 D は初期電圧測定時に、手袋装着の確認のため磁心コイルに手を接近させたため、閾値の設定にずれが生じた。

図6 無負荷時と手こぎ作業時の磁心コイルのノイズ (イネの手こぎ作業、フィードチェーン側面)

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 生研センター研究報告会 (2016. 3)、農食工学会 (2016. 5)、研究成績 (2016. 6) で報告予定。
- 2) 磁石を利用した技術のため、心臓ペースメーカーや腕時計等磁気の影響を受ける精密機器の使用ができない。また、利用したセンサの原理上、静止した手を検出することができない。

#### 5. 残された問題とその対応

手こぎ開始ボタンの増設など、一部改良すべき点が残された。今後は、磁気センサを用いた安全関連要素技術として情報発信するとともに、他機種等へのさらなる応用の可能性について検討する。



## 2. 生産システム研究部

課題分類：1 (1)

課題 I D：600-a0-260-P-15

研究課題：省エネルギー型高速耕うん技術の研究

担当部署：生研センター・生産システム研究部・土壌管理システム研究、栽植システム研究

協力分担：なし

予算区分：経常

研究期間：完 2014～2015 年度 (2014～2016 年度) (平成 26～27 年度 (26～28 年度))

## 1. 目的

耕盤の均平度を一定以上保ちつつ、出力が小さいトラクタ等でも高速耕うん作業が可能である高速耕うん技術の開発研究を行う。

## 2. 方法

- 1) 中山間ビークル 2 号機に搭載する省エネ耕うん機構を試作した(2014 年度)。
- 2) 生研センター附属農場の水稲収穫後の未耕起水田で耕うん試験を行った(2014 年度)。
- 3) 搭載する車輛を小型トラクタに変更し、省エネ耕うん試験装置を試作した(2015 年度)。
- 4) 省エネ耕うん試験装置のディスクの回転方向(遊転を含む)、回転速度、ギャング角を変更して耕うん試験を行い、ベース機の標準仕様であるロータリ(作業幅 80cm)と比較した(2015 年度)。
- 5) 1 番耕及び 2 番耕をロータリで作業する慣行区を対照区とし、1 番耕をディスク耕、2 番耕をロータリ耕とした試作機区の燃料消費量及び能率を測定した(2015 年度)。

## 3. 結果の概要

- 1) 試作した省エネ耕うん機構の概要は、ベース機は歩行型耕うん機とし、車軸をディスク駆動軸とする。中山間ビークル 2 号機の作業機昇降リンクに斜めに搭載し、ギャング角(取り付け角)を調整可能とする。耕深は最大 12cm 程度とし、耕深調節は定規輪で行う。駆動ディスクの回転によって発生する横方向の力を受け止める尾輪を具備するであった。
- 2) 試作した省エネ耕うん機構の駆動軸の回転動力は十分で、駆動ディスクの所要回転動力はあまり大きくないと推察された。尾輪の接地圧が低く、後部に 60kg のウェイトを付加をしても地面への貫入が浅く、横方向力を抑制する効果は低かった。作業速度は 0.09m/s と低かった。
- 3) 搭載する車輛を中山間ビークルから小型トラクタに変更し、コールド式の横方向力抑制機構を具備する省エネ耕うん試験装置を試作した。
- 4) 省エネ耕うん試験装置は、正転、遊転では耕深が浅く、残耕が大きかった。逆転と横方向力抑制機構により、作業上、概ね問題の無い程度に直進できた。逆転時は回転速度 58rpm に比較して、31rpm では耕深が浅くなった。ギャング角は 34° に比較して、38° では反転角は大きくなったが、耕幅は狭く、耕深は浅くなった。対照区と耕うん断面積がほぼ同様であった試験区の比較において、対照区の約 3 倍の高速作業が可能であった。
- 5) 2 番耕後の平均土塊径は試作機 2.0cm、対照機 2.0cm と同等、耕深は試作機 11.3cm、対照機 10.5cm と平均値は同等であったが、ばらつきは試作機が大きかった。作業時間当たりの燃料消費量は、1 番耕においてトラクタで 5%増加したが、作業機で 38%減少し、駆動ディスクの所要動力が低いことが確認された(図 1)。作業面積当たりでは、1 番耕の作業機で 78%、トラクタで 52%減少し、2 番耕では作業機で 33%、トラクタで 26%増加した(図 2)。2 回の耕うん体積当たりの燃料消費エネルギーの合計は対照区 3.34MJ/m<sup>3</sup> に比較して試作機区が 2.02MJ/m<sup>3</sup> と 40%減少(図 3)した。また、ほ場作業量は対照区 4.14a/h に比較して、5.79a/h と能率が 40%向上(図 4)した。以上、試作機を利用した耕うん技術において、省エネ性能向上の可能性が示唆された。

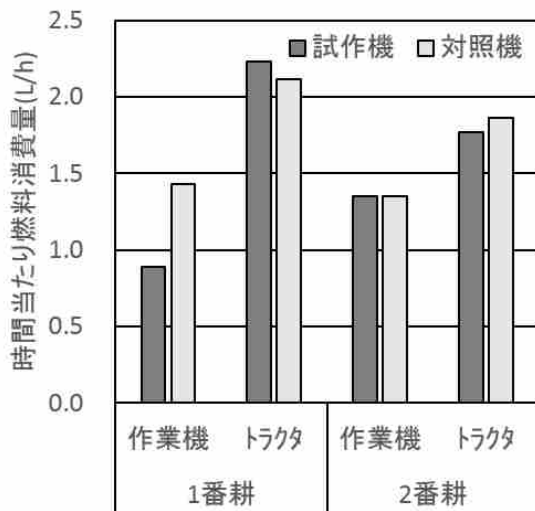


図1 作業時間あたり燃料消費量

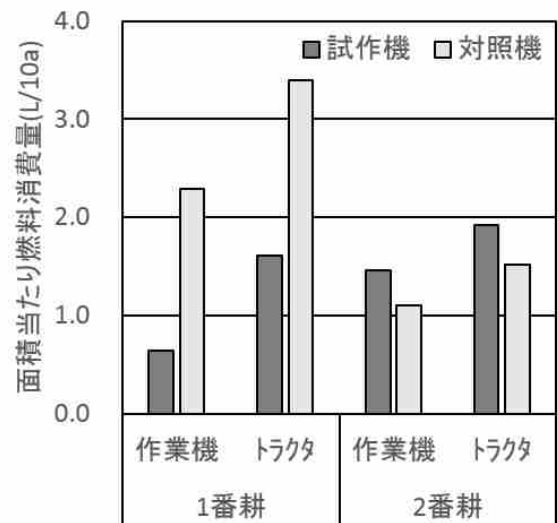


図2 作業面積あたり燃料消費量

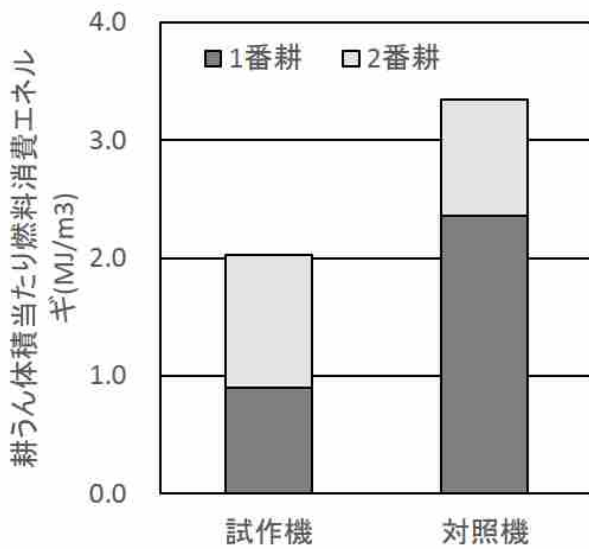


図3 燃料消費エネルギー

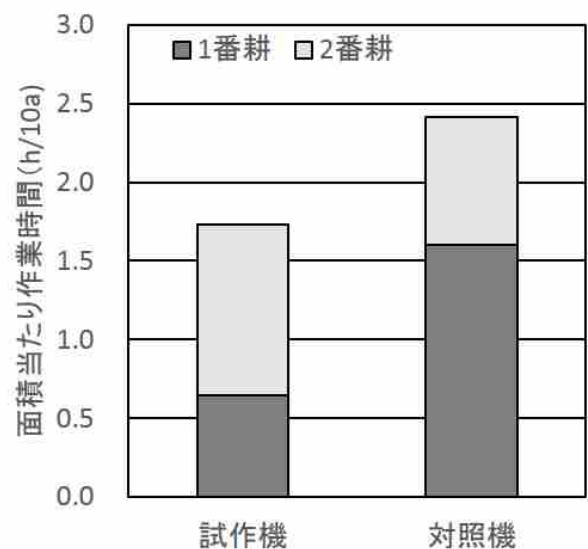


図4 作業能率

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 食料工学会 (2016. 5)で発表予定、特許出願中。
- 2) 省エネ耕うん技術のシーズとして、状況に応じて対応を検討する。

#### 5. 残された問題とその対応

- 1) 代かき後の耕盤均平度への影響、稲わら残渣の対応を検討する必要がある。
- 2) 土壌条件を変えた試験等を行い、データの蓄積を図る必要がある。

課題分類：14(1)

課題ID：600-b0-269-P-15

研究課題：農作業時の被曝低減に向けた指針の作出

ー営農再開に向けた農地除染作業における表土削り取り機の利用状況

担当部署：生研センター・生産システム研究部・土壌管理システム研究、基礎技術研究部、園芸工学研究部、評価試験部

協力分担：(株)ササキコーポレーション、(株)クボタ、(株)サナース、(株)フェニックス、中央農研、畜草研(那須)、福島県相馬郡飯館村

予算区分：経常・受託(技会委託プロ「除染後農地の省力的維持管理技術の開発」)

研究期間：完 2015 年度(平成 27 年度)

## 1. 目的

東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所事故による農地の汚染を克服し、営農の早期再開を目指して、本年度より、農林水産省技術会議委託プロジェクト研究課題「除染後農地の省力的維持管理技術の開発」が開始された。本研究では、同課題の下で、営農の早期再開を目指す地域等における農作業時の被曝低減に向けた指針の作出に資することを目的とし、2014 年度に実用化された表土削り取り機の導入先現地における同機の稼働状況を調査し、その効果を確認する。

## 2. 方法

- 1) 農林省技会委託プロ研究課題「農地・森林等の放射性物質の除去・低減技術の開発(2012~2014 年度)」の下で開発された表土削り取り機(図1、表1)は、2015年3月より市販化され、福島県川俣町および飯館村等の除染事業区に導入され、本年度本格的に稼働した。そこで、両除染事業区における稼働状況を調査した。調査項目は、開発機を用いた表土削り取り作業に関する作業期間、作業人員、作業時間、稼働日数、作業面積・時間および作業能率等とした。
- 2) 開発機の動力性能を明らかにするため、附属農場の水稻収穫後の未耕起水田(土性:SiC、含水比:45.9%)において、表土削り取り作業を行い、作業深さ、所要動力等を測定した。作業設定条件は作業深さ3cm、5cm、7cmの3段階とした。

## 3. 結果の概要

- 1) 開発機は、福島県川俣町山木屋地区および飯館村上飯樋地区等で除染工事を実施する企業が10台導入し、本年度の作業に使用された。両地区に関する現地調査の結果概要は以下のとおり。
    - (1) 作業方法は、①ほ場表面の前処理(雑草刈り取り、梱包・フレコン袋詰め・搬出、表面の鎮圧)、②表土削り取りと削土のほ場内運搬・集積、③集積土のフレコン袋詰め・搬出、の工程であり、削り取り深さ設定は5cmとされていた。
    - (2) 開発機を用いた表土削り取り作業(図2)は、ほ場表面の前処理の後、同機でまず深さ4cmの削り取り(一次削り取り)を行い、その後、スキマー(自走式の表土削り取り同時掬い上げ機(今回現地では2台を併用)と連携作業、すなわち、集土掬い上げと深さ1cmの削り取り(二次削り取り)とダンプトレーラへの積み込み後、ほ場内に集積する方法で行われていた。なお、この方法以外にも、従来の方法であるパワーショベルやスキマーをそれぞれ単独もしくは併用する方法が実施されていた。
    - (3) 表2に飯館村上飯樋地区における開発機の稼働状況を示す。スキマー単独の作業能率は平均4.5h/10a程度であった。一方、開発機1.7h/10a、スキマー1台が2.3h/10a程度であることから、開発機の作業後にスキマーの作業を行う事により、作業の効率化が図られることが推察された。
  - 2) 所要動力測定結果を表3に示す。設定作業深さ5cmのPTO所要動力は30kW程度であり、トラクタの推奨機関出力を確認できた。設定作業深さ3および5cmでは、地表に残る稲わらの影響等で実測した作業深さが1cm程度浅くなったが、値のバラツキは小さく、作業精度は高いと判断された。なお、測定を中止した設定7cmでは、削土量が多い上に、土壌水分が高かったため、機内(表土切削部)に土の詰まりが発生した。円滑な作業のためには、土壌水分が高い条件を避けることが望ましいと考えられる。
- 以上、実用化された表土削り取り機は、導入先現地において、所定の性能を発揮し、従来よりも効率的な表土の削り取り作業の実現に寄与していることが確認された。



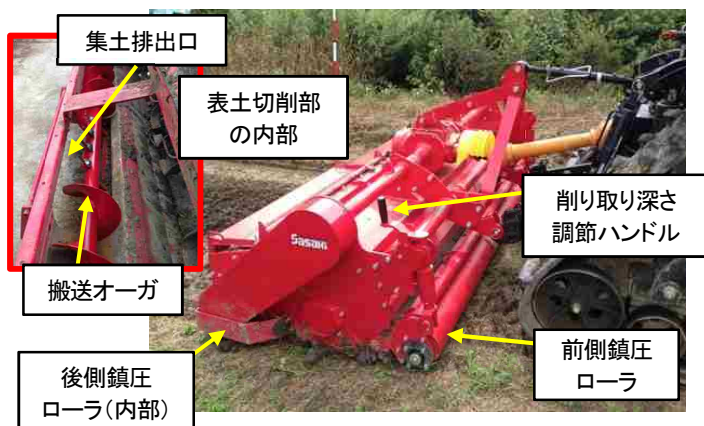


図1 表土削り取り機（開発機）

表1 表土削り取り機の主要諸元

全長:mm	1,274
全幅:mm	2,512
全高:mm	1,157
質量:kg	798
作業幅:mm	2,200
削り取り深さ:cm	0~8
爪本数:本	L字型 48
排出口幅:mm	770
作業速度:m/s(km/h)	0.1~0.2 (0.36~0.72)
装着トラクタの推奨機関出力:kw(PS)	64(85)以上
トラクタ装着部形式	標準3点リンク直装2形



図2 飯館村除染事業区での作業例（表土削り取り機とスキマーとの連携作業）

表2 飯館村（上飯樋）除染事業区における開発機の稼働状況<sup>1)</sup>

作業場所		福島県相馬郡飯館村上飯樋								
使用機械・作業方法		作業期間	作業人員 (人/日)	作業時間 (h/日)	稼働日数 (日)	総面積 (ha)	総時間 (h)	作業能率(h/10a) <sup>2)</sup>		
								平均	最高	最低
スキマーA	削り/5cm+運搬	5/13~9/24	2~3	6	28.5	3.79	171	4.5	2.1	20.0
スキマーB	削り/5cm+運搬	5/26~8/20	2~3	6	14.5	2.05	87	4.3	2.7	8.8
連携作業										
a)開発機	一次削り/4cm	5/18~6/8	1~2	6	17.0	6.14	102	1.7	1.0	2.1
b)スキマーA	二次削り/1cm+運搬	5/21~6/13	3	6	15.0	3.89	90	2.3	1.7	3.3
c)スキマーB	二次削り/1cm+運搬	5/26~6/13	3	6	8.0	2.13	48	2.3	1.7	3.0

注1)現地提供の作業記録データから作成。2)稼働日毎の作業実績より算出。

表3 所要動力測定試験結果

作業深さ設定(cm)	作業深さ(cm)	作業速度(m/s)	PTOトルク(N・m)	PTO回転(rpm)	PTO所要動力(kW)
3cm	2.3±0.8	0.19	516.5	431.5	23.3
5cm	4.2±0.7	0.12	656.5	435	29.9
7cm	集土排出口に土壌つまりが発生し、測定中止				

#### 4. 成果の活用面と留意点

開発機は、通常のロータリによる耕うん作業と同様に、土が固結しやすい条件での使用は困難と考えられるため、作業するほ場の条件（土壌水分、雑草の繁茂・残存程度、石礫の存在程度など）を考慮して使用する。特に、円滑な作業を行うためには、トラクタのタイヤ跡が残らない程度に表土が乾燥し、地表に凹凸や植物および残渣等が少ない条件で作業することが望ましい。

#### 5. 残された問題とその対応

除染事業を実施する施工業者への情報提供、広報活動等の促進。

課題分類：2 (1)

課題ID：600-b0-265-P-15

研究課題：大ロット肥料体系の確立に向けた実態調査

担当部署：生研センター・生産システム研究部・大規模機械化システム研究

協力分担：なし

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完2015年度（平成27年度）

## 1. 目的

現在、肥料は20kg袋が主流であり、特に肥料使用量の多い大規模農家の場合、20kg袋の運搬・開封作業、肥料袋の処分等に多大な労力を要しているため、生産現場からは早急な対応が求められている。そこで、本調査においては、慣行の20kg袋の肥料体系や北海道で導入されている大ロット肥料体系（フレコン体系）について現地調査を実施し現状を把握するとともに、大ロット肥料体系の確立に向けた新たな機械開発のニーズについてとりまとめを行う。

## 2. 方法

### 1) 慣行20kg肥料体系および大ロット肥料体系（フレコン体系）の現地調査（2015年度）

新潟県長岡市、宮城県大崎市、北海道栗山町の水稲生産者ほ場（新潟56筆、宮城31筆、北海道44筆）において、ブロードキャスタ基肥散布の作業体系および作業能率について調査を行った。

### 2) 大ロット肥料体系（フレコン体系）を構成する新たな機械開発のニーズ調査（2015年度）

新潟県長岡市、宮城県大崎市、北海道栗山町の水稲生産者に対して、大ロット肥料体系を構成する新たな機械開発のニーズについて聞き取り調査を行った。

## 3. 結果の概要

### 1) 各調査地における基肥散布作業体系は図1に示す通りであり、新潟および宮城の生産者は20kg袋の肥料体系、北海道の生産者は500kgのフレコン体系であった。北海道の生産者については、市販されている機械・装置の組合せによって500kgフレコン体系を構成していた。

ブロードキャスタによる能率調査結果は図2左に示す通りであり、新潟および宮城の20kg体系では「肥料供給による停止時間」が約0.7~0.8分/10aであったのに対して、北海道のフレコン体系では「肥料供給による停止時間」が約0.2分/10aであったため、フレコン体系では、20kg体系と比較し、「肥料供給による停止時間」が明らかに短いことが示唆された。さらに、補助者の作業時間に着目したところ、20kg体系では「合計作業時間」が約1.4人・分/10aであったのに対して、フレコン体系では「合計作業時間」が約0.5人・分/10aであったため、フレコン体系では、20kg体系と比較し、補助者の作業時間の短縮化が図られていると示唆された（図2右）。

### 2) 各調査地の生産者に対して、新たな機械開発のニーズについて聞き取り調査を行ったところ、フレコン体系を既に導入している北海道の生産者からは、「現行の作業体系（市販の機械・装置の組合せによる）で特段問題はないため、新たな機械開発のニーズは思い当たらない」とのことであった。また、新潟県の生産者からは、「今後、実証試験を経て、フレコン体系を導入予定であるが、今のところ市販の機械・装置を用いて対応したいと考えている」とのことであった。一方、宮城県の生産者からは、「農道が狭く軽トラックしか通行できない条件が多いことから、フレコン肥料を軽トラックで運搬することを考慮すると、軽トラックに積載可能な肥料の分配器を開発して欲しい」という要望が挙げられたものの、軽トラックの最大積載量を考慮し、この分配器については慎重に検討する必要があるのではないかと考えられた。

以上、慣行20kg肥料体系および大ロット肥料体系に係る現地調査の結果、フレコン体系では、20kg体系と比較し、「トラクタの肥料供給による停止時間」や「補助者の作業時間」の短縮化が図られていることが示唆された。また、新たな機械開発のニーズについても把握することができた。

調査地	肥料	体系を構成する 機械・装置	プロキヤスホッパへの 肥料供給作業	基肥散布作業
新潟県 長岡市	20kg袋	 <トラクタ> ・60馬力	 <供給頻度> ・ほ場毎に供給する 場合が多い (ほ場進入後)	 <走行パターン> ・ほ場内1反復 ・旋回時も肥料を散布している 場合が多い(旋回時も散布 継続可能な走行パターン)  <作業速度> ・2.3m/s(参考)
		 <ブロードキャスタ> ・容量500L+増枠250L ※高精度高速施肥機	 <作業手順> 1.プロキヤスをトラックに近づける 2.人手で供給 3.作業者はトラック荷台からホッパへ供給する 場合が多い	
		 <トラック> ・積載重量2トン×1台		
		 <フォークリフト> ・揚力2トン×1台		
宮城県 大崎市	20kg袋	 <トラクタ> ・33馬力	 <供給頻度> ・ほ場毎に供給する 場合が多い (ほ場進入後)	 <走行パターン> ・ほ場内2反復 ・旋回時は肥料散布を停止  <作業速度> ・1.5m/s(参考)
		 <ブロードキャスタ> ・容量400L ※高精度高速施肥機	 <作業手順> 1.プロキヤスをトラックへ近づける 2.肥料袋をプロキヤスホッパの淵に置き、カッターで開口しながら人手で供給	
		 <トラック> ・軽×2台		
		 <フォークリフト> ・揚力2トン×1台		
北海道 栗山町	500kg フレコン	 <トラクタ> ・95馬力	 ・ほ場が自宅から近い場合、トラクタが自宅まで自走しフォークリフトで500kgフレコンを1本供給	 <走行パターン> ・ほ場内1反復 ・旋回時は肥料散布を停止  <作業速度> ・2.2m/s(参考)
		 <ブロードキャスタ> ・容量1000L	 <作業手順> 1.鎌でフレコンの下部を切る 2.フレコンを少し上昇させ肥料を全て排出	
		 <トラック> ・積載重量4トン×1台	 ・ほ場が自宅から遠い場合、トラクタがトラック(幅広農道に停止)まで自走し、トラックのクレーンで500kgフレコンを1本供給	
		 <フォークリフト> ・揚力2.5トン×1台	 <作業手順> 1.鎌でフレコンの下部を切る 2.フレコンを少し上昇させ肥料を全て排出	

図1 各調査地における基肥散布作業体系(とりまとめ例)

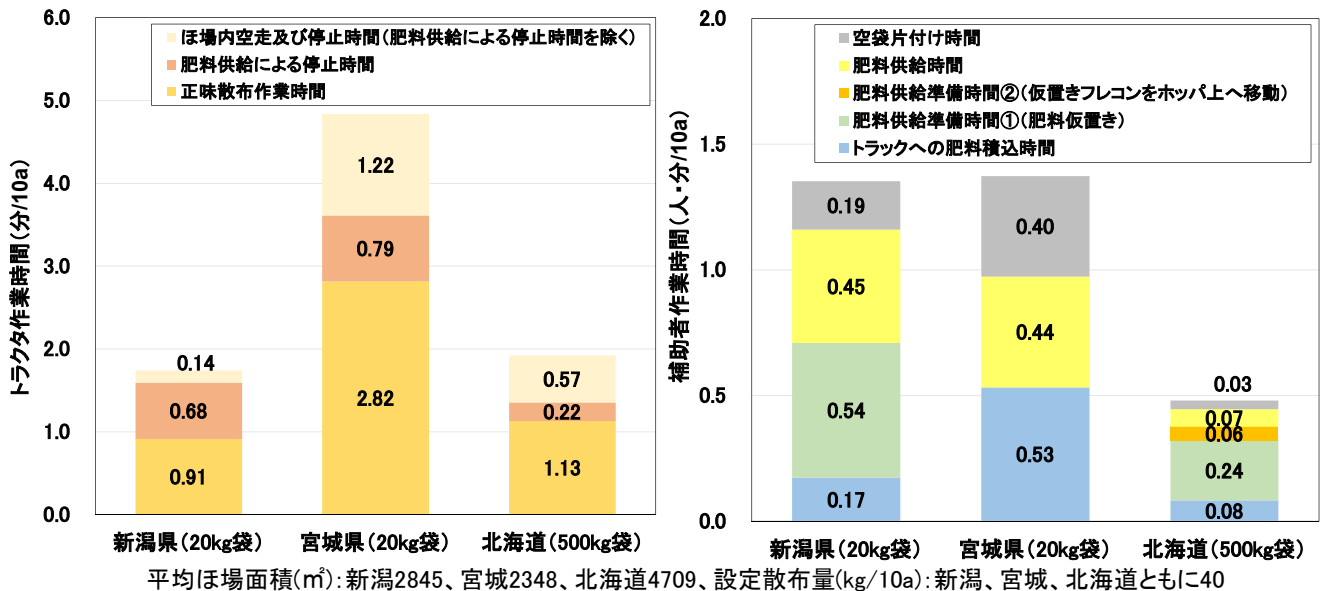


図2 ブロードキャスタによる基肥散布能率調査結果

(左: トラクタ作業、右: 補助者作業)

4. 成果の活用面と留意点

大ロット肥料体系の確立に向けた基礎資料として活用を図る。農食工学会(2016.5)で発表予定。

5. 残された問題とその対応

新潟県の生産者においては、今後、フレコン肥料による実証試験を予定しているため、実証試験を通じて機械開発のニーズについて改めて聞き取り調査を行う必要がある。

課題分類：3 (1)

課題 I D：600-a0-250-P-15

研究課題：中山間地用水田栽培管理ビークルとその作業機の開発

担当部署：生研センター・生産システム研究部・栽植システム研究、土壌管理システム研究

協力分担：三菱マヒンドラ農機(株)、(有)グリーンファーム清里、石川農総研、島根農技セ、鳥取大学

予算区分：経常・第4次緊プロ (共同)

研究期間：完 2012～2015 年度 (2012～2014 年度) (平成 24～27 年度 (24～26 年度))

## 1. 目的

中山間地域における水稲作の乗用機械化一貫体系の確立、新規就農時の低コスト参入支援を目的に、小型の乗用栽培管理作業車を開発する。

## 2. 方法

- 1) 中山間地用水田栽培管理ビークル (以下、中山間ビークル) の基本コンセプトを定め、これに基づき中山間ビークル 1 号機 (本機) の設計、試作を行った。1 号機の段差乗越え性能と耐転倒性能を評価するとともに、各種作業機を装着可能とする専用ヒッチを考案し、改造した 1 号機 (図 1) を供して耕うん試験を実施した。(2012-13 年度)
- 2) 田植作業機等を装着可能とした 2 号機 (図 2) を試作し、耕うん、田植え、管理作業などのほ場作業に供して性能評価を行った。(2013-14 年度)
- 3) 市販化を想定した 3 号機の設計、試作を行った (図 3、表 1)。(2014-15 年度)
- 4) 3 号機を田植え以降の作業に供する現地試験を新潟、石川、島根、鳥取の 4 箇所で実施し、作業性能および取扱性を調査した。また、耕うん作業機を改良して性能評価を行った。(2015 年度)

## 3. 結果の概要

- 1) 段差乗越えや傾斜地走行での安定性向上を目的として、前後車輪を独立して昇降できる車輪昇降機構を考案し、これをベース機として選定した乗用田植機 (4 条植) に実装して 1 号機を試作した。車輪昇降機構の性能評価の結果、250mm 程度の段差昇降において運転席がほぼ水平に保たれることを確認した。また、車高を下げた状態では静的横転倒角が 35° になり、耐転倒性の向上を確認した。耕うん試験を行った結果、目標とした耕深 100mm には至らず、速度 0.1m/s 以上では作業機が過負荷で停止する現象が発生し、作業機側のエンジン出力向上が必要と考えられた。
- 2) 耕うんでは、作業機出力を上げ、耕幅を 1300mm に拡幅した耕うん作業機を試作してほ場試験を行った結果、速度を 0.2m/s に上げて作業が可能であったが、目標耕深 100mm には至らなかった。田植えでは、欠株率を 3% 以下に抑えるなど植付精度は良好であった。管理作業を想定したほ場内走行では、出穂期に試験を行ったため立毛角 70° 程度まで稲株が倒伏したが、収穫期にはほぼ直立状態まで回復した。
- 3) 3 号機の設計にあたり、市販の乗用田植機との部品共有率を高めることで、製造コスト増加の抑制を目指した。また、ビークル本機が備える車輪昇降機構について費用対効果を検討した結果、安定性向上により有用な後輪昇降のみを実装することとした (図 4)。また、田植え以降の管理作業における作業性を考慮して、輪距を 720mm (4 条植) から 900mm (5 条植) に拡幅した。さらに、本機下部の最低地上高を 400mm 確保するとともに、低重心化を図ることにより、安全鑑定基準を約 10° 上回る耐転倒性能を確保した。
- 4) 現地試験に 3 号機を供した結果、田植えでは慣行機と同等の性能を有することを確認した (表 2)。溝切り、肥料・薬剤散布作業では、歩行型や背負式の機械を用いた慣行作業と比較して作業時の心拍数増加率を低減させることができ、軽労化効果を確認した。改良した耕うん作業機については、目標とした耕深 100mm を確保できたが、小型の歩行型管理機を用いての高速化には難があった。

以上、各種作業機を装着可能とすることで、耕うんから立毛中の管理作業までを行うことができる小型の乗用栽培管理作業車を開発した。中山間地域での利用を想定した開発機は車輪昇降機構を備え、従来機と比較して段差乗越え性能および耐転倒性能を向上させた。3 号機を用いた現地試験の結果、実作業に供しうる性能を有することを確認した。





図1 中山間ビークル1号機(本機+耕うん作業機)



図2 中山間ビークル2号機(本機+田植作業機)



本機+田植機



耕うん機



粒剤散布機



除草機



溝切機

図3 中山間ビークル3号機(本機と各種作業機)

表1 中山間ビークル3号機の主要諸元  
(田植作業機装着時)

全長(mm)	2,710
全幅(mm)	本機 1,670 作業機 1,860
全高(mm)	1,395
輪距(mm)	900
轴距(mm)	990
質量(kg)	本機 438 作業機 117
機関形式	ガソリンエンジン
機関出力(kW)	10
最低地上高(mm)	394
静的横転倒角(°)	左 39.1、右 38.3



図4 車輪昇降機構を利用した  
傾斜地走行の様子  
(溝切作業機装着時)

表2 現地試験における開発機と慣行機の田植性能

試験場所		石川(金沢市)		鳥取(鳥取市)	
供試機	機械名	3号機	I社PZ60	3号機	M社LV5
	植付条数	5条	6条	5条	5条
ほ場条件	長辺×短辺(m)	80×12	80×12	54.5×25	54.5×25
	面積(a)	9.6	9.6	13.6	13.6
苗条件	品種	石川65号		コシヒカリ	
	葉齢(葉)	2.4		2.3	
運転条件	作業人員(名)	2(運転+補助)	2(運転+補助)	1	1
	設定株間(cm)	23	23	28	28
	作業速度(m/s)	0.7	0.77	0.51	0.42
	ほ場作業量(a/h)	26.8	34.4	18.5	16.8
試験結果	株間(cm)	22.2±0.1	20.5±0.8	27.1±1.3	28.5±1.6
	一株本数(本)	3.2±1.7	3.8±1.8	3.5±1.9	3.7±1.7
	植付深さ(cm)	3.2±0.5	2.9±0.7	-※	4.0±0.8
	欠株率(%)	1.5	1.6	-※	1.6

※機械搬送中にフロート取付部が変形し、正確なデータが得られなかった。

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 2016年度以降に市販化の予定。
- 2) 農林水産研究成果10大トピックス2015に選定、特許出願5件、学会発表3件。

#### 5. 残された問題とその対応

開発機の適用性拡大を図る目的で、次年度より新規課題において畑作利用などについて検討する。

課題分類：4（1）（4）

課題ID：600-b0-256-P-15

研究課題：超音波を利用した農作物の病害防除装置に関する研究

担当部署：生研センター・生産システム研究部・生育管理システム研究

協力分担：東京農工大、滋賀農技セ、(株)プレテック

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完2013～2015年度（平成25～27年度）

## 1. 目的

生研センターでは、減農薬栽培に貢献するため、ヤガ類の超音波防除装置の開発と超音波発振装置を利用した病害防除技術に関する研究に取り組んできた。そこで、これらの成果をもとに、農作物の病害防除に利用可能な超音波病害防除装置の研究開発を行う。

## 2. 方法

- 1) 超音波処理によるイネいもち病防除効果試験：指向性の高いセラミック型超音波素子を利用した超音波病害防除装置（図1）を用い、40kHz、120dBの超音波を断続的にイネ苗に2週間処理した後、イネいもち病の胞子を接種した。接種1週間後にイネいもち病の平均病斑数を調査して病害防除効果を調べた。（2013年度）
- 2) 超音波処理によるトマト萎凋病防除効果試験：上記1)と同様に、セラミック型超音波病害防除装置を用い、超音波をトマト苗に2週間処理した後、ポットに移植して1週間後にトマト萎凋病菌を接種した。発病度は、特徴的な病徴である茎の維管束褐変度を0～4の5段階で評価し、接種4週間後にトマト萎凋病の病害防除効果を調査した。（2013年度）
- 3) 超音波処理によるイチゴうどんこ病防除効果試験：上記1)と同様に、セラミック型超音波病害防除装置を用い、超音波をイチゴ苗（章姫）に2週間処理した後、イチゴうどんこ病罹病株を用いて空気伝染による接種を行った。本試験では接種後も超音波処理を継続し、病害防除効果を調査した。イチゴうどんこ病の発病度は、うどんこ病の病徴面積率を5段階（0～4）で評価し、計算式で算出した。（2014年度）
- 4) ハウス内における超音波病害防除装置のイチゴうどんこ病防除効果試験：試作した固定式の超音波病害防除装置をハウス内に設置し、超音波を継続的にイチゴへ照射して超音波処理区と無処理区のイチゴ果実のうどんこ病発病率を調査した。超音波処理区と無処理区は同じハウス内に設置し、感染源（うどんこ病罹病株）は両処理区の間設置した。（2015年度）
- 5) 可動式超音波照射システムの試作：可動式超音波照射システムを試作した。（2015年度）

## 3. 結果の概要

- 1) イネいもち病防除効果試験の結果、超音波処理区は無処理区と比較して、平均病斑数が約1/2程度であり、超音波処理によるイネいもち病防除効果を確認した（図2）。
- 2) トマト萎凋病防除効果試験の結果、超音波処理区は無処理区と比較して、平均発病度が約1/3程度であり、超音波処理によるトマト萎凋病防除効果を確認した（図3）。
- 3) イチゴうどんこ病防除効果試験の結果、超音波処理区は平均発病度が無処理区と比較して有意に低く、超音波処理によるイチゴうどんこ病防除効果を確認した（図4）。
- 4) ハウス内における超音波病害防除装置のイチゴうどんこ病防除効果試験の結果、超音波処理区において、発病率の増加が抑制される傾向が確認された（図5）。しかし、無処理区の発病率が増加して感染源が増加すると、うどんこ病は胞子の空気伝搬により感染するため、超音波処理区でもうどんこ病の感染を抑制することは出来なかった。
- 5) 40kHz、120dBの超音波を連続発振または断続発振（パルス発振）可能な可動式超音波照射システムを試作し、ハウス内に設置してイチゴうどんこ病の防除効果試験を実施中である（図6）。結果については現在解析中。

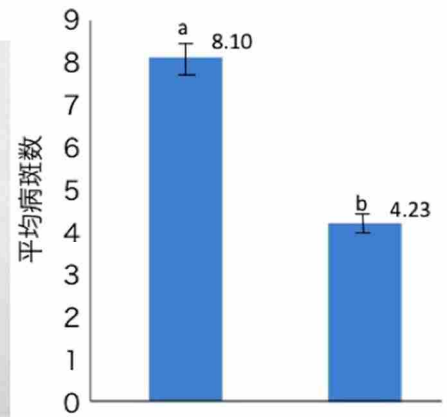
以上より、超音波処理による農作物の各種病害の防除効果を明らかにするとともに、可動式超音波照射システムを試作した。



図1 超音波処理の例



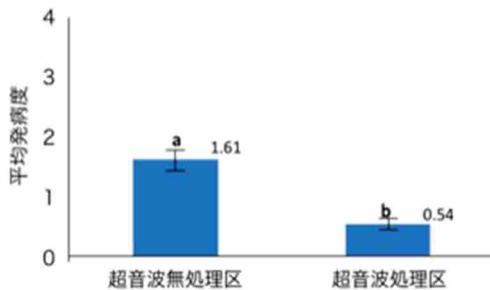
無処理区のイネ 超音波処理区のイネ



超音波無処理区 超音波処理区

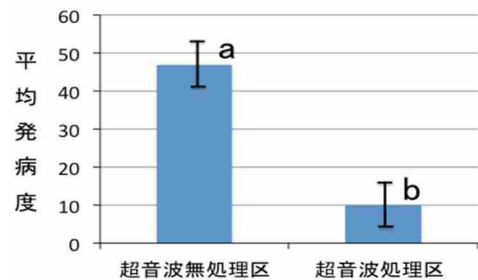
棒グラフ上のアルファベットはこれが異なっていると有意差があることを示す (Tukey-KramerのHSD test, P<0.05)

図2 超音波処理によるイネいもち病防除効果



棒グラフ上のアルファベットはこれが異なっていると有意差があることを示す (Tukey-KramerのHSD test, P<0.05)

図3 超音波処理によるトマト萎凋病防除効果



棒グラフ上のアルファベットはこれが異なっていると有意差があることを示す (Tukey-KramerのHSD test, P<0.05)  
(発病率= $(4A+3B+2C+1D)/4E \times 100$ , A~D=程度別発病株数, E=供試株数)

図4 超音波処理によるイチゴうどんこ病防除効果

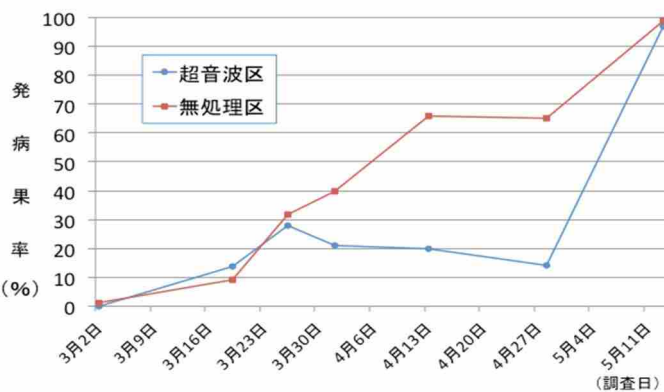


図5 固定式超音波防除装置のイチゴうどんこ病防除効果



図6 可動式超音波照射システム

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 雑誌等発表6件。学会発表4件。論文投稿予定。農林水産研究成果10大トピックス2014。
- 2) 特許出願1件(年度内出願予定)。

#### 5. 残された問題とその対応

可動式超音波照射システムの実用化に向けて、来年度より新規課題で研究開発を行う予定。





### 3. 園芸工学研究部

---

課題分類：5（3）

課題 I D：600-a0-349-P-15

研究課題：加工用ハクサイ収穫技術の開発

担当部署：生研センター・園芸工学研究部・野菜収穫工学研究

協力分担：ヤンマー(株)

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2013～2015 年度（平成 24～27 年度）

---

## 1. 目的

キャベツ収穫機に代表される作物挟持刈取機構が、加工用ハクサイの収穫に適用可能か検討し、低コスト収穫技術を確立する。

## 2. 方法

- 1) ハクサイ産地の収穫・出荷作業の現状調査を行った。(2013 年度)。
- 2) 新型キャベツ収穫機（キャベツ収穫機）のハクサイへの適応性を確認した（2013 年度）。
- 3) 転倒による搬送部からの離脱の防止、また、適切な姿勢で搬送し、切断精度を向上させるため、ハクサイ収穫用の姿勢保持機構として、円盤形状の機構（以下円盤方式）と、長円形状とした機構（以下長円方式）の 2 種類を試作し、長野県ほ場で収穫試験を行った（2014 年度）。
- 4) 収穫精度向上に有効と考えられた長円方式の実用的な実装方法を検討し、脱着が容易なアタッチメント方式のハクサイ刈取アタッチメント（以下、アタッチ）を試作した（2015 年度）。
- 5) 茨城県の生産者ほ場、生研センター附属農場で、キャベツ収穫機によるハクサイ収穫を行い、アタッチの有無での搬送性能、アタッチ装着時の切断精度、残り外葉枚数を調査した。また、生研センター附属農場でアタッチ装着時の機械収穫の作業能率（手作業での再調製を含む）を調査し、慣行手作業と比較した（2015 年度）。

## 3. 結果の概要

- 1) 産地では、収穫作業の省力化を求める意見が得られた。ダンボール・プラコン出荷の産地が多かったが、三重県では大型のスチールコンテナを使用していた。ダンボール出荷の生産者からは、出荷経費を削減するため、大型コンテナへの切り替えを望む意見が出された。
- 2) 根部を挟持して引抜き、搬送、切断する方式のハクサイ収穫が概ね可能であったが、搬送中の姿勢の乱れ、転倒・離脱が発生する場合があります、対策が必要と考えられた。
- 3) 姿勢保持機構装着により、未搬送を防止できた。また、適切切り割合も円盤方式では 66.7%、長円方式では 70.6%、83.9%となり、無しの場合の 46.9%と比較して効果が認められ、長円方式がより有効と考えられた（表 1）。
- 4) アタッチは、Vベルト、プーリ、フレーム部により構成され、キャベツ収穫機の刈取部にボルト止めで装着される（図 1）。駆動を既存搬送ベルト部プーリから取るため新たな動力が不要であり、挟持幅が可変であるため、ハクサイの大きさに合わせた挟持・搬送が可能である。
- 5) アタッチにより未搬送の割合が茨城、生研センター附属農場で共に 1%に減少した。アタッチ装着時の切断精度は、残り外葉枚数約 5 枚の時に茨城では 91%、生研センター農場では 93%となった。残り外葉を少なくした場合、損傷球が増えるため、外葉を多めに残して収穫後、再調製を行う必要があると考えられた（図 2）。試算した機械収穫の投下労働時間は、3 名作業、作業速度 0.2m/s の場合に 41.3 人・時/10a で、慣行作業と概ね同等であった。また、投下労働時間に占める再調製作業の割合は 65%であった（表 2）。

以上、キャベツ収穫機に装着することで加工用ハクサイ収穫を可能とするハクサイ刈取アタッチメントを開発した。アタッチメント装着時の切断精度は残り外葉枚数が約 5 枚の場合約 9 割で、再調製を含めた機械収穫の作業能率は慣行手作業と概ね同等であることが明らかになった。

表1 姿勢保持機構2種類による収穫試験結果

姿勢保持方式	品種	調査数(個)	切断刃高さ*1(mm)	刈取状況(%)					外葉枚数(枚)
				適切*2	結球部斜切り*3	結球部深切り*4	未切断*5	未搬送*6	
無し	黄稔	32	35	46.9	28.1	9.4	0.0	15.6	3.9
円盤方式	信州大福	15	35	66.7	20.0	6.7	6.7	0.0	4.7
長円方式	黄稔	34	35	70.6	2.9	26.5	0.0	0.0	3.3
	信州大福	31	25	83.9	3.2	6.5	6.5	0.0	4.5

\*1 切断刃前方の下部搬送ベルト用テンションプーリ上面からの高さ  
 \*2 根が概ね切断され、結球部に傷がないもの \*3 切り口が斜めで結球部まで切断されたもの  
 \*4 切り口が平行で結球部まで切断されたもの \*5 根が完全、または概ね残っているもの \*6 転倒・離脱し搬送できなかったもの

2014.11長野県

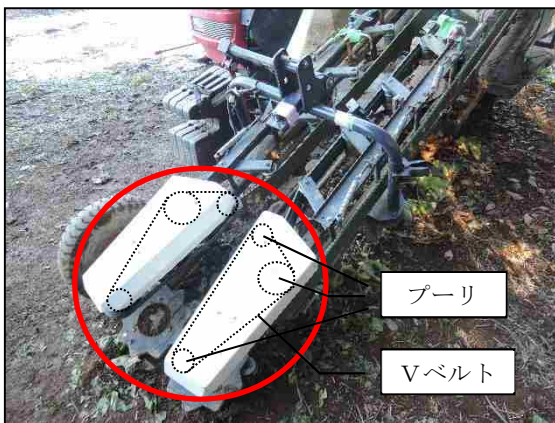


図1 ハクサイ刈取アタッチメント (図中丸内)

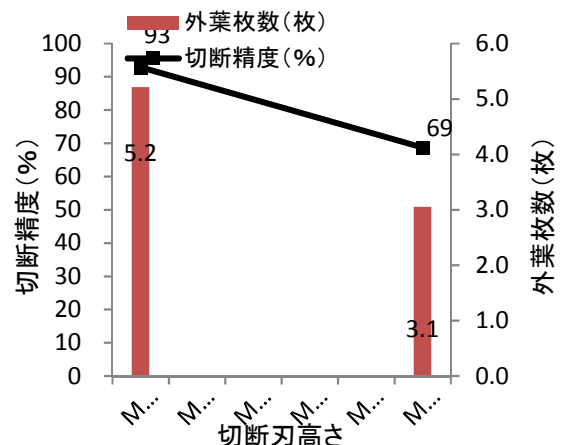


図2 切断刃高さと切断精度、外葉枚数 2015.12生研セ農場 アタッチメント装着時

切断精度(%) = 結球部損傷のない球 / 全収穫球 \* 100  
 \* 未搬送は含まない

表2 作業能率試算結果

	作業人数(人)	作業速度(m/s)	作業内訳(%)				投下労働時間(人・時/10a)
			収穫	コンテナ交換	移動・旋回	再調製	
機械収穫*1	3	0.20	20	12	3	65	41.3
慣行*2	5	-	-	-	-	-	38.0

\*1 アタッチ装着時 畝幅60cm×株間42cm、畝長44.5m、1畝1条、両端の畝を順次往復で収穫すると想定した場合 調査時作業:52個を収穫、コンテナ(W1200×L1000×H750mm)収容、積み降ろし・コンテナ交換、再調製(手作業)

\*2 畝幅150cm、条間45cm×株間33cm、1畝2条千鳥植え、調査面積1.6a 手作業での収穫、段ボール箱詰め、パレットへの積み込み

4. 成果の活用面と留意点

- 1) 本アタッチメントは脱着が容易で、キャベツ収穫機の汎用利用が可能となる。
- 2) 次年度以降に市販化予定。
- 3) 収穫したハクサイは、出荷前に機上外での手作業による再調製(切り直し)が必要である。
- 4) マルチ栽培のハクサイ収穫には適応しない。
- 5) 特許出願予定2件。農食工学会(2016.5)で発表予定。

5. 残された問題とその対応

作業能率向上のためには人手による再調製時間を削減する必要がある。また、外葉をなるべく残さず収穫する場合、切断精度の更なる向上と共に切断面への泥付着についても対策が必要である。

課題分類：6（3）

課題 ID：600-a0-342-P-15

研究課題：軟弱野菜の調量機構の開発

担当部署：生研センター・園芸工学研究部・園芸調製貯蔵工学研究

協力分担：なし

予算区分：経常

研究期間：完 2013～2015 年度（平成 25～27 年度）

## 1. 目的

個選作業における軟弱葉菜類の煩雑な調量作業の負担軽減、作業能率向上のために、作業者が任意に小分けした束を組み合わせることで、適正な質量に調量できる調量機構を開発する。

## 2. 方法

- 1) 慣行のニラの調量作業を調査し、秤上での載せ降ろし回数を測定した。また、3産地の結束出荷されたニラ、各 30 束の質量のばらつきを測定した。(2013 年度)
- 2) 小束を組み合わせることで調量を行う調量基礎試験装置を試作した。装置は、予め任意に設定した調量目標を満たし、かつ最少の質量となる組合せのバケットから小束を取り出す動作を行うものとし、動作確認、改良等を行った。(2013～2015 年度)
- 3) 調量基礎試験装置による調量試験を行った。組合せバケットの数を 6～8 個に設定し、作業者が調量目標 (110g) の 1/3 程度、および 1/2 程度の小束 (以下、1/3 小束、1/2 小束) を供給した時の、小束の質量、調量精度、一束を調量するのに要する時間を測定した。(2014～2015 年度)
- 4) 結束作業も含めた作業性の向上を図るために、ニラの束を連続的に結束するニラ調製機 (S 社製、以下、結束機) へ、調量後の束を供給するスライド式調量装置を試作し、結束機との連動について検討した。(2015 年度)

## 3. 結果の概要

- 1) 調量時の秤上での載せ降ろし回数を測定した結果、1 回の動作で出荷質量に調量できた割合は、3～22%と作業者による差があった。いずれの作業者も、2～3 回の載せ降ろしをすることが 69～85%と非常に高い割合で見られ、4～6 回の載せ降ろしをする例も見られた (図 1)。結束出荷されたニラの質量の変動係数は 0.02～0.04 であり、調量基礎試験装置の調量精度の目標を得た。
  - 2) 調量基礎試験装置は、組合せバケット部、計量部、制御部、取出し部で構成される (図 2、表 1)。組合せバケット部は、パイプ形状のバケットを 8 本有したターンテーブルからなる。計量部は直上のバケットに供給された小束の質量を順次測定する。全てのバケットにニラの小束が供給されると同時に、最適な組合せとなるバケットを選出し、順番に取出し口に移動して小束を取り出す。小束の供給が円滑に行える場合、小束を取り出す度に新たな小束を供給して、取出しと供給を交互に行う交互工程 (図 3) が、作業者の待ち時間が短く作業性が高いことを確認した。
  - 3) 1/3 小束の質量は  $37.6 \pm 9.4$ g、110～115g の範囲に調量できた割合はバケット 6 個では 90.9%、7 個では 95.9%、8 個では 94.3%、1/2 小束の質量は  $55.0 \pm 10.6$ g、110～115g の範囲の調量割合は組合せバケット 6 個では 83.3%、7 個では 84.6%、8 個では 95.9% であり (図 4)、1/2 小束の供給を考慮するとバケット数は 8 個が望ましいと考えた。また、1/3 小束で作業に要した時間は 6～27 秒/束 (平均 16.6 秒/束)、1/2 小束では 7～19 秒/束 (平均 13.0 秒/束) で、1/2 小束を供給することで、より効率的な作業を行えることを確認した。
  - 4) スライド式調量装置は、計量部 1ヶ所、取出し口 2ヶ所、スライド移動をする組合せバケット 8 個からなり、結束機上方で動作する。作業者が計量部に供給したニラの小束を組合せバケットに受け渡し、調量後、結束機のバケットに供給する基本動作ができることを確認した。
- 以上、小束を組み合わせることで、予め設定した質量の束を調量する調量基礎試験装置を試作し、調量試験を通して、組合せ調量の有用性を確認するとともに、結束機との連動作業について検討した。

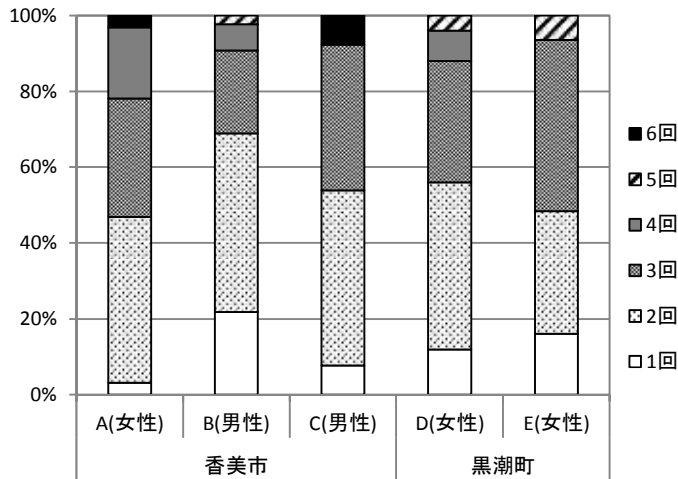


図1 秤上での載せ降ろし回数

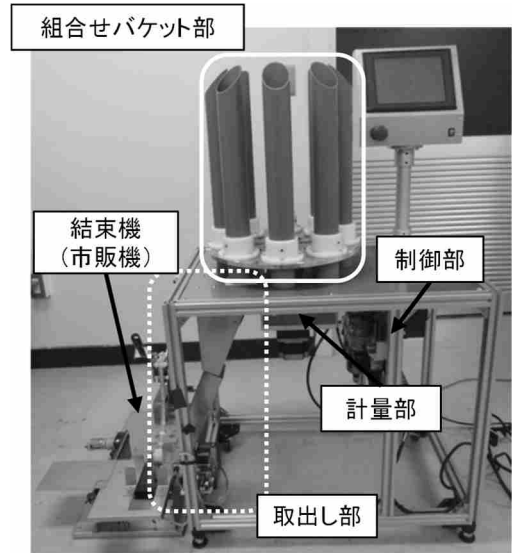


図2 調量基礎試験装置

表1 調量基礎試験装置諸元

全幅×奥行×全高	[mm]	750×500×1125 (東取出し凸部含まず)
質量	[kg]	44.5
バケット内径×長さ	[mm]	φ56×500
バケット数	[個]	8
バケット材質		硬質塩化ビニル
計量部		ロードセル1個
制御部		PLC
電源		AC100V

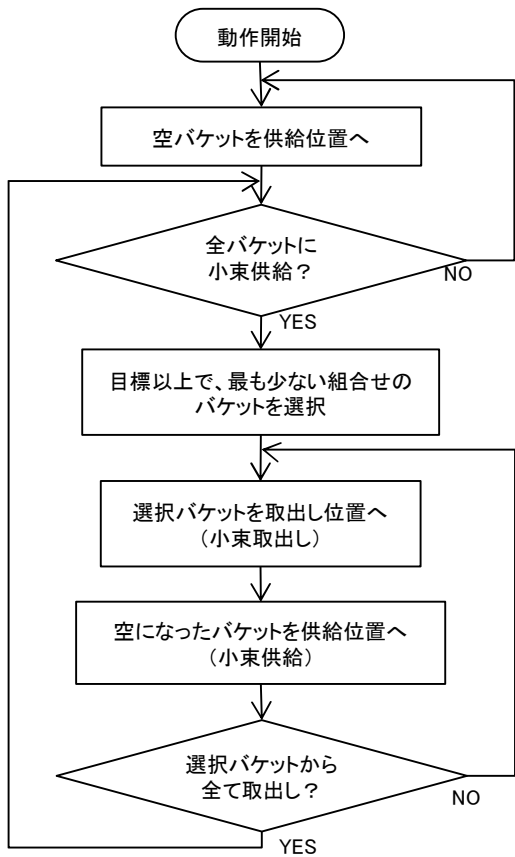


図3 装置の動作工程 (交互工程)

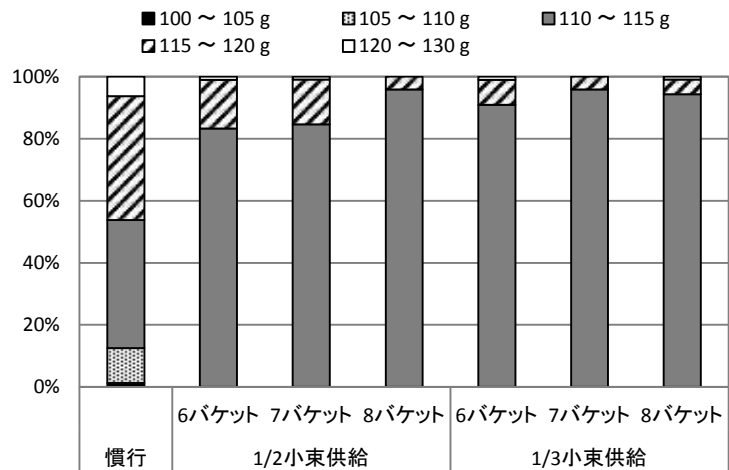


図4 調量精度 (調量目標 110g)

4. 成果の活用面と留意点

- 1) 「結束連動型調量装置の開発」の資とする。
- 2) 特許1件出願済み、1件出願検討中。

5. 残された問題とその対応

調量後の結束作業も含めた効率的な作業体系を検討する必要があり、新規課題において結束機と連動できる調量装置を開発する。



## 4. 畜産工学研究部

---

課題分類：12 (5)

課題ID：600-a0-430-P-15

研究課題：高水分梱包粗飼料の非破壊水分計測技術に関する研究

担当部署：生研センター・畜産工学研究部・飼料生産工学研究

協力分担：畜産草地研、産総研

予算区分：経常

研究期間：完 2014～2015 年度 (平成 26～27 年度)

---

## 1. 目的

国産粗飼料等を商品取引する上で極めて重要な指標の一つである水分の計測は、従来は加熱乾燥に伴う原料の質量減少を測定して行なわれる。しかし、サンプリングを伴うためラップサイロ内のサイレージを測定すると商品価値が失われる問題がある。一方で波長が数 10cm～数 cm の領域の電磁波 (以下、マイクロ波) は水分子に対する応答性が高く、粗飼料水分に対する非破壊計測技術へ応用が期待できる。

そこで、粗飼料を対象としてマイクロ波の伝送特性 (以下、S パラメータ) をベクトルネットワークアナライザ (以下、VNA) により測定・解析し、非破壊水分測定の可能性を検討する。

## 2. 方法

- 1) 非破壊・非接触での測定可能性を探るため、フリースペース法 (図 1 左) にてロールベールにマイクロ波 (1～25GHz) を透過させ、S パラメータを測定した (2014 年度)。
- 2) 細断したトウモロコシを内部に詰め込んだ導波管 (カットオフ周波数 1.37GHz) にマイクロ波 (周波数 1.7GHz) を透過させ S パラメータを測定した (図 1 中)。同一サンプルあたり、導波管内に充填するサンプル量を 10 段階以上に変化させた (2015 年度)。
- 3) 屋外での測定が可能な方法として、電磁波伝送路の一種であるマイクロストリップライン (以下、MSL 図 1 右) を用いて S パラメータを測定した。細断したソルガムを水分調整するとともにパウチサイロに密封し、MSL とパウチサイロとの近接程度を変化させて、被覆資材 (フィルム) を破壊せずに S パラメータを測定した (2015 年度)。

## 3. 結果の概要

- 1) ホーンアンテナおよび VNA を用いて、ロールベールラップサイロを透過したマイクロ波の S パラメータを測定・解析したところ、ベール内部での多重反射や回折の影響と考えられる波形変動が生じ、水分との明確な関係を示さなかった。
- 2) 内部に原料が充填された導波管を透過するマイクロ波は、材料の量を変えても振幅と位相の間に直線的な関係性が認められ、位相/振幅の傾きはトウモロコシ水分に応じて変化した (図 2)。ここから、材料を破壊する必要はあったが、測定対象を透過したマイクロ波の「位相/振幅」の傾きが水分測定へ応用できる可能性が示唆された。
- 3) MSL にパウチサイロを近接させ MSL 付近の電磁界をフィルムおよび材料草で遮った状態で測定したマイクロ波も、振幅と位相との間に相関関係が認められた (図 3)。また、フィルム越しに測定した場合でも「位相/振幅」の傾きはサンプル水分が異なると変化したことから、「位相/振幅」の傾きは非破壊水分計測のパラメータとして活用できる可能性が示唆された。ただし、導波管と MSL で傾向が異なった点について、マイクロ波の伝搬モードの変化、複数周波数を活用した重回帰による近似や精度等について検討を深める必要性も示唆された。

以上、ホーンアンテナ・導波管・MSL を用い、サイレージ原物やパウチサイロを透過したマイクロ波の伝送特性を測定・解析した結果、マイクロ波による透過波形の振幅と位相は直線的な関係にあり、また材料水分に応じて傾きが変化したことから、水分非破壊測定の可能性が示された。



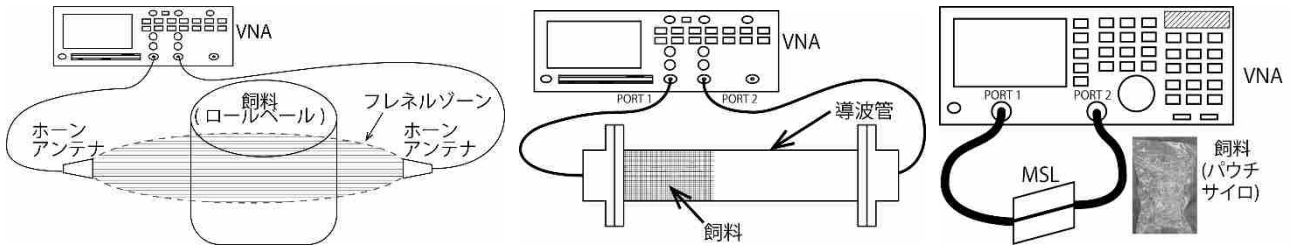


図1 測定レイアウト (左: フリースペース, 中: 導波管, 右: MSL)

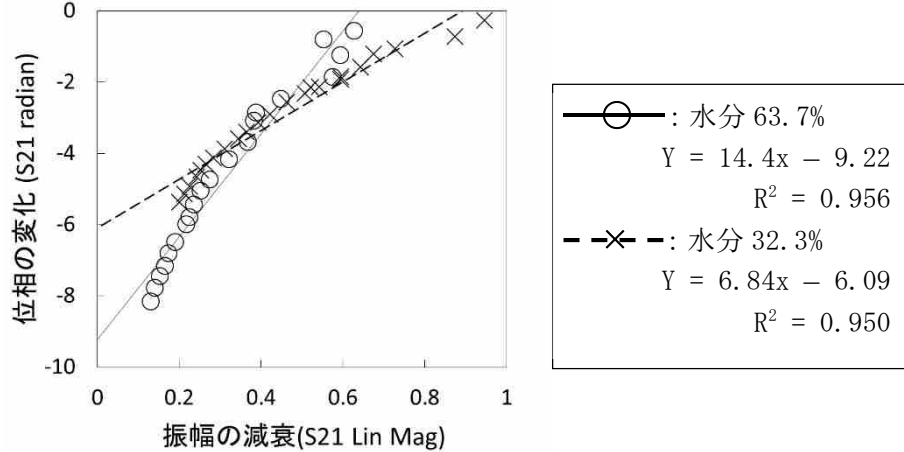


図2 導波管で測定した, 位相と振幅の関係(材料: トウモロコシサイレージ, 周波数: 1.7GHz)

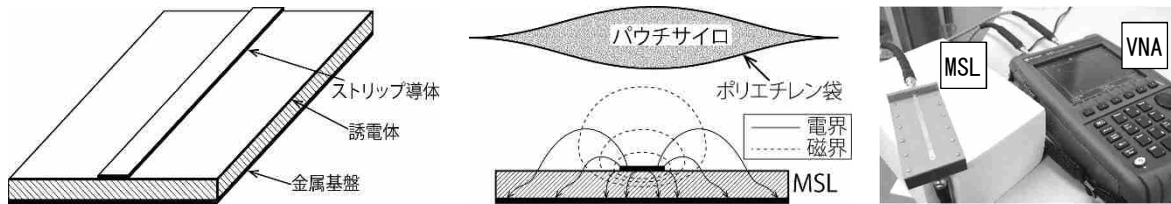


図3 MSLの基本的構造 (左) ・電磁界の分布例 (中) ・測定風景 (右)

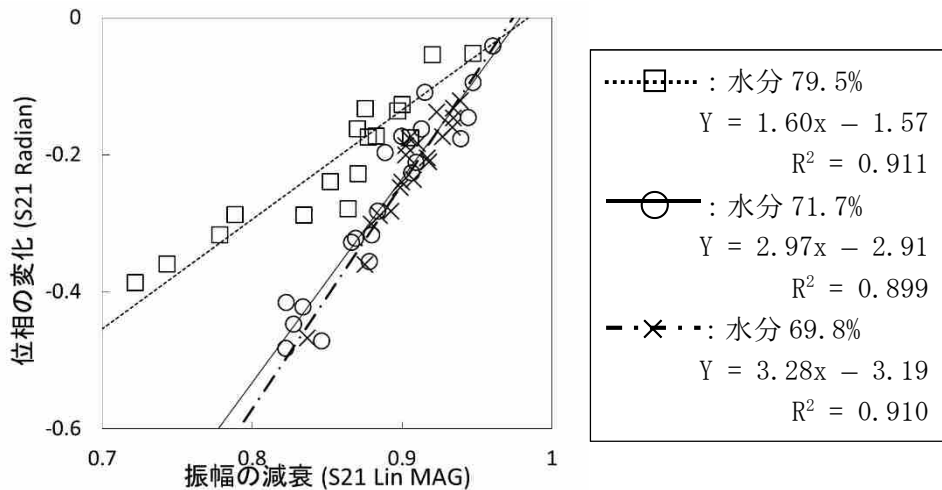


図4 MSLで測定した, 位相と振幅の関係(材料: ソルガムサイレージ, 周波数: 2.5GHz)

#### 4. 成果の活用面と留意点

マイクロ波を活用した粗飼料水分計測技術開発の基礎資料となる。

#### 5. 残された問題とその対応

- 1) 水分測定原理の確立・実証を目指し, 多様な草種を対象に一層データ蓄積する必要がある。
- 2) 複数周波数を活用した水分近似の精度, 電磁界解析や測定器としての装置化等に向けては, 次年度以降の新規課題にて検討する。

課題分類：8 (9)

課題 I D：600-a0-429-P-15

研究課題：個別給餌を行う繋ぎ飼い飼養体系における残飼量検出技術の開発

担当部署：生研センター・畜産工学研究部・家畜管理工学研究

協力分担：なし

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2013～2015 年度 (平成 25～27 年度)

## 1. 目的

自動給餌機による個別給餌を行っている繋ぎ飼い飼養農家を対象に、乳牛の残飼量を、必要な精度及び能率で検知できる技術を開発する。

## 2. 方法

- 1) 自動給餌機を導入している北海道の民間牧場 (以下A牧場、1日6回給餌、搾乳牛80頭) において夏季および冬季に、栃木県の民間牧場 (以下B牧場、同7回給餌、同62頭) において夏季に以下の調査を行った。①A牧場40頭、B牧場28頭の搾乳牛について給餌後の採食行動を観察記録した。②同じ牛について各給餌90分後の残飼量を測定した。③残飼高さ及び分布をA牧場夏季に延べ10頭、同冬季に同5頭、B牧場において同6頭について調査した (2013・2014年度)。
- 2) 残飼量と残飼の形状との関係を分析し、残飼量の推定に有効な検出手段を検討した (2014年度)。
- 3) A牧場およびB牧場において、1点からの撮影で飼槽全面の残飼量を検出するための3次元カメラ (Microsoft社製Kinect V1、以下カメラ) の飼槽に対する位置を検討した。また、カメラの画像から残飼体積を得るプログラムを画像処理ソフト (Mvtech社製 Halcon) により開発し、生研センター内の模擬飼槽において木製ブロックを用いて精度を確認した (2014年度)。
- 4) 各牛床の残飼高さを自動的に検知するため、カメラを懸架式の台車に装着し、自動給餌機レール上を移動しながら各牛床でのデータ収集を自動的に行う残飼量検出装置を試作した。台車のベースは搾乳ユニット自動搬送装置とし、搭載した産業用PC (Interface社製E3845) 上で動作する制御ソフトを、NI社製LabVIEWにより開発した。また、B牧場において、開発した装置により残飼検出を試行し、検出値と残飼質量との関係を検討した。 (2014・2015年度)。

## 3. 結果の概要

- 1) 残飼の検出は90%以上の乳牛が採食を終えた給餌70分後 (給餌量が多い場合は90分後) に行い、測定範囲は0～10kgとするのが妥当であった (図1)。残飼形状に関しては、両牧場とも奥行方向について牛床からの距離によって残飼高さに有意な差があったが、幅方向での差は認められなかった。これより検出範囲を牛床側から0.6mまでの全幅とすることが妥当であった (図2)。
- 2) 異なる気候および給餌条件に亘って、飼槽の牛床側から0.6mまでの範囲の残飼高さの平均値と残飼の乾物質量の間に相関関係が見出され、飼槽内の残飼高さを面的に測定することで残飼量の推定が可能と判断できた (図3)。
- 3) カメラを鉛直下向きから牛床方向に10°傾斜させ、高さ1.4mに設置することで、周囲構造物を回避して飼槽全面の残飼表面を概ね検知可能であった。木製ブロックの検知を行ったところ、カメラの光軸近傍では標準誤差が5%F.S. と良好な直線性を示した。光軸から離れた位置では精度が低下したが、1点からの撮影で飼槽全体の残飼の検出が可能と判断できた。
- 4) 開発した残飼量検知装置 (図4) により1牛床当たり約40sでデータが取得できた。B牧場で残飼量の検出を行ったところ、検出値から残飼量を推定できる可能が認められた (図5、6)。残飼がカメラの光軸中心から離れた位置に集中的に存在した場合は精度が低下した。また、カメラ位置の再現性の低下または直射日光の影響が大きいと残飼量の推定が困難な場合があった。一方、開発した制御プログラムにより、装置の移動および各牛床でのデータ収集が自動的に行え、カメラ位置の再現性も高く、さらなる改良によって実用化の可能性を有すると判断された。課題としては、自動給餌機との連携、乳牛に対する安全性および粉じん対策等の耐環境性が挙げられた。以上、3次元カメラを用いた残飼量検出技術を開発し、性能および課題を明らかにした。

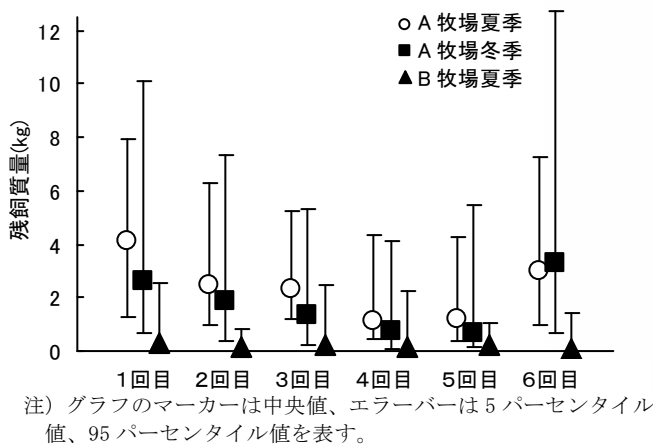


図1 異なる条件における給餌約60分後の残飼質量

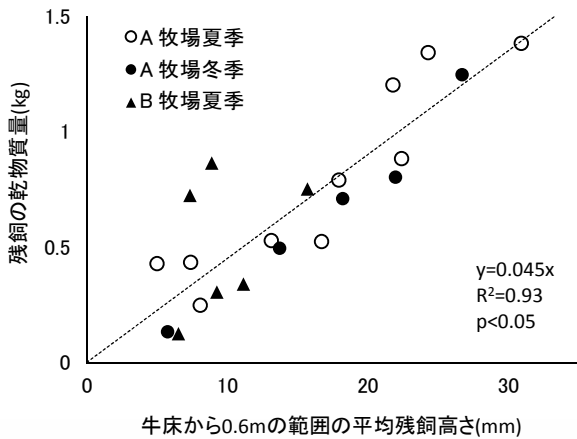


図3 異なる条件における残飼高さと残飼質量の関係

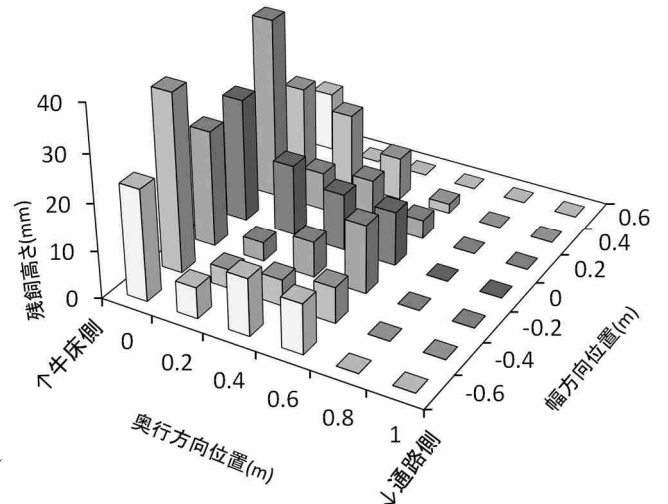


図2 残飼高さの中央値 (A 牧場夏季、n=10)

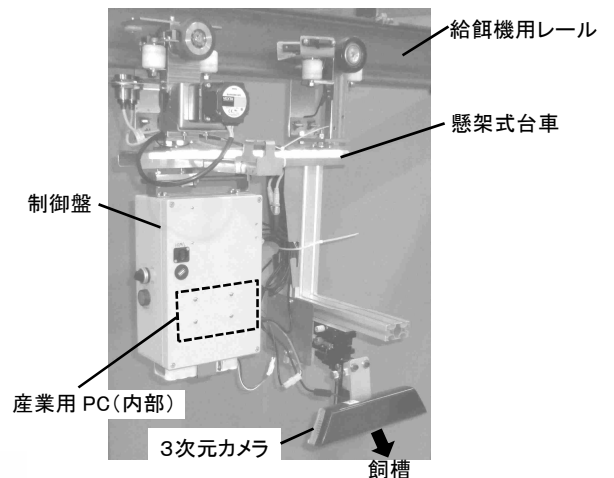


図4 開発した残飼量検出装置

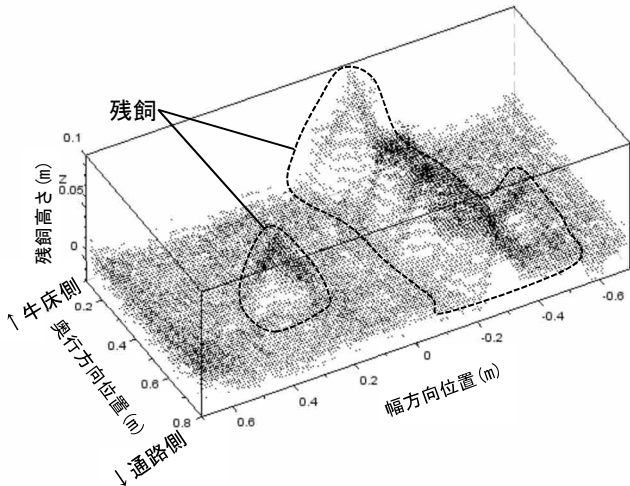
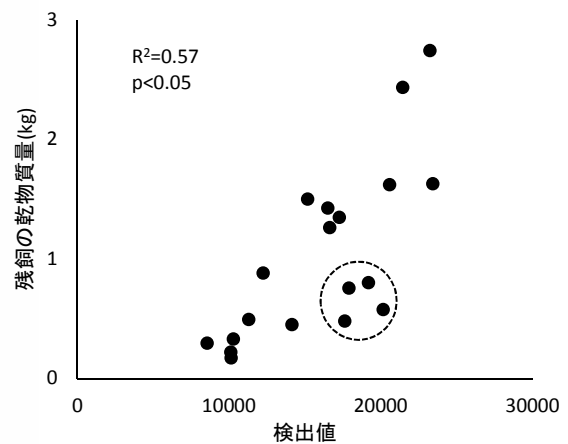


図5 試作機による残飼検出データの一例



注: 点線囲み部は残飼が光軸中心から離れた位置に集中して存在  
図6 開発機の検出値と残飼質量の関係 (B 牧場)

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 3次元カメラによる残飼量検出技術を開発する上での基礎資料となる。
- 2) 飼槽上に直射日光が差し込む場合には検知が不可能になるので、対策が必要である。
- 3) 農食工学会 (2016.5) で発表予定。

#### 5. 残された問題とその対応

精度向上と牛舎環境への適応が課題である。また、乳牛の残飼検出以外への利用要望がある。これらについては今後の研究での対応を検討する。

課題分類：8 (9)

課題 I D：600-a0-433-P-15

研究課題：圧密された飼料の省力的解体技術に関する調査研究

担当部署：生研センター・畜産工学研究部・家畜管理工学研究

協力分担：なし

予算区分：経常

研究期間：完 2015 年度 (平成 27 年度)

## 1. 目的

飼料生産基盤に制約のある中小規模の繋ぎ飼ひ飼養を行う酪農家では、圧密された粗飼料を使用している。これを採食しやすい形に解体する作業は人力で行われており、多くの労力を要しているが、これを簡易な装置で省力化する手法は見出されていない。そこで、酪農家における圧密された粗飼料の解体作業の実態と簡易な解体手法について調査し、省力化技術の開発の可能性を検討する。

## 2. 方法

1) 神奈川県、徳島県および埼玉県の 5 戸の家族経営の酪農家を対象に、営農状況、圧密粗飼料の利用状況、解体・給飼方法、機械化に対する要望等を聞き取った。

2) 酪農家での解体方法を参考に、角型梱包乾草 (質量約 30kg 前後に調製されたもの) の省力的解体技術の可能性を検討するため、以下の試験を行った。供試材料は市販のアルファルファ (A 社 1 個、B 社 2 個)、チモシー (C 社 1 個、D 社 2 個) およびクレイングラス (E 社 2 個) の計 8 梱包とした。

① 梱包乾草を、1 頭 1 回分の給餌量に相当する質量約 2kg を目安にマット状に分離し、その際に要する力 (以下、貫入抵抗力)、分離後の飼料の厚さおよび質量を測定した (図 1)。分離は、製造時の圧縮断面 (図 1 の断面 A) が鉛直となるよう梱包乾草を静置し、金属製コーン (底面積 6cm<sup>2</sup>、頂角 30 度) を鉛直下向きに貫入させて行った。なお、コーンの貫入位置は、直前の分離面から 5cm 内側の中心付近とした。

② ① で分離した飼料を乳牛が容易に採食可能な大きさに分解するため、試作した引掻き爪を突き刺し、水平方向へ掻き取り、その際に要した力 (以下、引掻力) の最大値を測定した (図 2)。掻き取り位置は、飼料の端より 5cm 毎とした。

## 3. 結果の概要

1) いずれの酪農家も粗飼料として角型梱包乾草を使用していた (表 1)。その理由として、ハンドリングおよび個体別の給餌量調整の容易さ、並びに乳量および乳脂肪分の確保が挙げられた。全ての酪農家で解体は人力で行われており、硬く解体に手間と時間がかかるとされたアルファルファ乾草の解体は、厚さ 2~4cm 程のマット状に引きはがす方法で行われていた。その際、ハンマーまたは手で繊維方向に沿って分離していた。その後の作業は酪農家により異なり、そのまま飼槽に給餌する事例、手で細かくほぐす事例がみられ、投入可能な労力と採食性、損失とのバランスを図っているものと考えられた。人力での解体作業は、さほどの力を要しないとの見解であった。また、聞き取り調査の結果、定置式機械による人力作業の補完または給餌作業までの完全自動化という省力化の要望が得られた。後者は、多回給餌や暑熱対策等としての夜間給餌の実現による生産性向上を意図したものだ。

2) 貫入抵抗力は 7~113N、引掻力は 2~161N で、同一草種でもばらつきが大きかった (表 2)。また、マット状に分離された飼料の厚さは 2~20cm、質量は 0.68~7.12kg (表 3) で、1 頭 1 回分の給餌量としては許容範囲を超えていた。さらに、引掻力と引掻によって分離された質量とは比例関係になかった (図 3)。従って、この方法を応用した機械化により梱包乾草の解体は可能だが、機械の負荷変動や掻き取り量のばらつきが大きくなるおそれがあった。すなわち、飼料の特性に応じた定量解体手法を一層検討する必要を認めた。

以上、圧密された粗飼料の解体に関して、実態を明らかにし、省力化の可能性を検討した。

表1 農家調査結果の概要

農家	飼養規模 (搾乳牛)	給餌粗飼料の種類	粗飼料 給餌量(個/日)	濃厚飼料 給餌方法(回数)	分離給与を 行う理由	解体の要望 (アルファルファの場合)	求める解体機能の形態
1 (神奈川県)	30頭	自給: コーンサイレージ (細断型) 購入: チモシー、 アルファルファ	ロールペール:1.5 ハーフペール:11	原動機付給餌車 (4回)	精密飼養のため TMRは使わない	塊がなくなるまで 切断は不要	定置
2 (徳島県)	36頭	購入: スーダン、 アルファルファ、 クレイン	ハーフペール:10	自動給餌機 (6回)	精密飼養のため TMRは使わない	握りこぶし大の塊まで 切断は5~10 cmで	移動 (自動給餌機と連動)
3 (徳島県)	52頭	購入: オーツ、 アルファルファ、 クレイン、スーダン	ハーフペール:18	自動給餌機 (夏7回、 冬5回)	精密飼養のため TMRは使わない	塊がなくなるまで	移動 (自動給餌機と連動)
4 (埼玉県)	30頭	自給: 稲わら乾草、 コーンサイレージ 購入: アルファルファ、 チモシー	稲わら乾草 60kg コーンサイレージ 300kg ハーフペール:6.5	手押し給餌車 (2回)	TMRの使用も検討	厚さ2~4cmの マット状のまま	不要
5 (埼玉県)	50頭	購入: アルファルファ、 オーツ、クレイン	ハーフペール:24 レギュラーペール:5	原動機付給餌車	精密飼養のため TMRは使わない	塊がなくなるまで	不要

※いずれの農家でも、分離給餌を行っており、粗飼料を手押しの給餌車で給餌した後に、濃厚飼料を給餌  
 ※いずれの農家でも、給餌回数は朝夕の搾乳前後の計4回(ただし農家1では昼にプラス1回)  
 ※ロールペールは約400kg/個の梱包サイレージ、ハーフペールは約30kg/個の角型梱包乾草、レギュラーペールは約50kg/個の角型梱包乾草

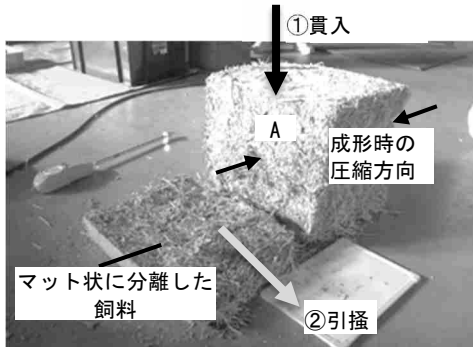


図1 貫入抵抗力の測定後の様

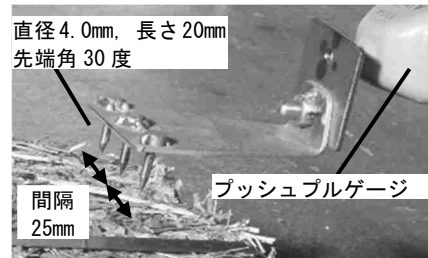


図2 製作した引掻力の測定器具

表2 供試サンプルの貫入抵抗力和引掻力

貫入抵抗カ	草種 (会社別)	含水率 [%]	最小値 [N]	中央値 [N]	最大値 [N]	n数	引掻カ	草種 (会社別)	含水率 [%]	最小値 [N]	中央値 [N]	最大値 [N]	n数
	アルファルファ (A)	13	41	60	105	7		アルファルファ (A)	13	37	94	161	60
アルファルファ (B)	11	8	17	33	15	アルファルファ (B)	11	31	61	117	144		
チモシー (C)	9	24	40	43	4	チモシー (C)	9	2	49	82	57		
チモシー (D)	9	8	43	113	16	チモシー (D)	9	20	55	86	143		
クレイン (E)	8	7	9	36	11	クレイン (E)	8	8	25	52	107		

表3 5 cm 毎に貫入した際の切り出し質量

草種 (会社別)	最小値 [kg]	中央値 [kg]	最大値 [kg]	n数
アルファルファ (A)	1.5	2.9	3.4	7
アルファルファ (B)	0.8	2.3	3.4	15
チモシー (C)	2.1	2.3	3.3	4
チモシー (D)	1.2	2.4	3.1	15
クレイン (E)	0.7	2.5	7.1	11

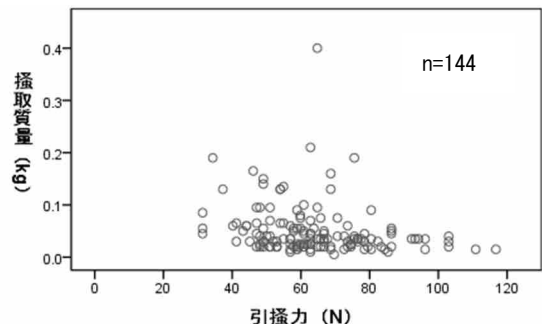


図3 引掻力と搔取質量との関係 (アルファルファ (B))

#### 4. 成果の活用面と留意点

- 1) 圧密粗飼料の簡易な解体機構開発のための基礎資料となる。
- 2) 圧密粗飼料の解体方法の検討にあたっては、損失や採食性等との関係を検討する必要がある。

#### 5. 残された問題と対応

経済性や持続可能性等、普及のための要件についてさらに検討が必要である。これらには今後の情勢を注視し、対応を検討する。

課題分類：8 (8)

課題 I D：600-b0-434-P-15

研究課題：微生物環境制御型脱臭システムの実証試験

担当部署：生研センター・畜産工学研究部・飼養環境工学研究

協力分担：パナソニック環境エンジニアリング(株)、ニチアス(株)、三友機器(株)、畜産草地研

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2015 年度 (平成 27 年度)

## 1. 目的

昨年までの緊プロで開発した微生物環境制御型脱臭システムにおいて、年間を通じて長期的な継続運転を行い、脱臭性能と課題を把握する。

## 2. 方法

養豚農家にて稼働中の密閉縦型堆肥化装置からの悪臭ガスを、昨年度までに開発した微生物環境制御型脱臭システム試作機 2 号機および 3 号機 (表 1) にて脱臭し、長期的な継続運転を行った。

- 1) 2 号機における、臭気濃度 (無臭の空気希釈し、人が臭いを感じられなくなった希釈倍数) を測定した (平成 27 年 12 月 24 日)。また、安定的な運転と計測が可能だった平成 27 年 10 月 21 日～11 月 13 日の NH<sub>3</sub> ガス濃度および循環水無機態窒素濃度から NH<sub>3</sub> 硝化速度を求めた。
- 2) 昨年度までの方法では脱臭装置の冷却能力が不足していたことから、3 号機の脱臭材料底面 (排気側) と循環水槽水面の間に外気を通風し循環水を蒸散させる冷却方法を検討した。
- 3) 脱臭材表層の目詰まりの原因となる、乾燥堆肥を主体とする粉じんを、脱臭装置流入前に除去する方法を検討した。除去方法は気体サイクロン、流水スクラバ、湿式集じん機を用いて比較検討した。効果は、装置内の粉じんをろ過するフィルタバッグの交換頻度で評価した。
- 4) 農家が複数年にわたって継続的に使用する場合を想定し、課題を整理した。
- 5) 電気代、消耗品、メンテナンス部品などのランニングコストを試算した。
- 6) 脱臭装置の循環水は運転中に窒素が蓄積し、かつ運転条件等により余剰水が発生することから、ほ場還元等の活用方法を検討した。

## 3. 結果の概要

- 1) 臭気濃度は原臭が 13000、脱臭槽通過後が 500、脱臭効率は 96% と、2 号機の運転開始から 16 ヶ月後においても昨年と同等の値を示し、脱臭性能を維持することができた。また、NH<sub>3</sub> 硝化速度は 17.9g-N/(m<sup>3</sup>・日) であった。
- 2) ブロワ風量 (20m<sup>3</sup>/min) による蒸散の冷却能力は 1.4kW であったが、夏季高温時の日射による脱臭装置への入射エネルギーが 1.9kW となった。日射だけでなく悪臭ガスからの熱量もあり、蒸発潜熱を利用する 3 号機の冷却方法では夏季の冷却能力不足が明らかになった。
- 3) フィルタバッグのみを使用した場合、フィルタバッグの交換頻度は 60 回/月であった。しかしフィルタバッグ、流水スクラバ、湿式集じん機 (図 1) を同時に使用することにより、2 回/月となり、交換頻度が低下した。
- 4) 湿式集じん機の導入後も循環水中に浮遊物や沈殿・析出物が発生し、配管やフィルタバッグの詰まりの原因となった (図 2)。また脱臭層上部に汚泥や循環水が滞留した (図 3)。これにより透水性及び通気性が悪化するため、不定期に表層をかくはん・除去する必要がある、長期運転時は煩雑な作業となることが予想できた。循環水の成分分析の結果、試験開始からカルシウムイオン含量が増加しており、脱臭材料の溶出が疑われた。
- 5) 主な支出項目は電気代、消耗品のフィルタ、交換部品 (水中ポンプ) などであった (表 2)。
- 6) 稼働開始 14 ヶ月後の 2 号機の循環水の窒素成分は 2.0×10<sup>4</sup>mg/L であった (図 4)。余剰循環水は冬季のみ発生 (10 月～2 月、合計 17.6m<sup>3</sup>) し、液肥原料に転用することを考えた場合、通年の安定供給が難しいことがわかった。

以上、微生物環境制御型脱臭システムにおいて長期継続運転を行った結果、脱臭材料が目詰まりし、本システムによる密閉縦型堆肥化装置からの悪臭ガスの永続的な脱臭運転は困難であった。

表1 微生物環境制御型脱臭システム試作機の仕様および運転条件

		試作機	
		2号機(茨城県設置)	3号機(大分県設置)
仕様	脱臭装置本体寸法 (m)	7×2.2×2.9	7×2.4×3
	脱臭材料容積(m <sup>3</sup> )	16.7 (試験使用量9.2)	20
	循環水槽容積(m <sup>3</sup> )	14	14
	RW脱臭材料堆積高さ (m)	1.3	1.5
運転条件	密閉縦型堆肥化装置の容積 (m <sup>3</sup> )	12	50
	稼動期間	2014/8/18～現在	2015/7/27～現在
	風量 (m <sup>3</sup> /min)	10	10
	脱臭材料への平均散水量 (L/(m <sup>3</sup> ・day))	3427	3840
	循環水の温度上限*1 (°C)	30	30

\*1 硝化菌の生育可能温度範囲は5～37°C、至適温度は25～30°C

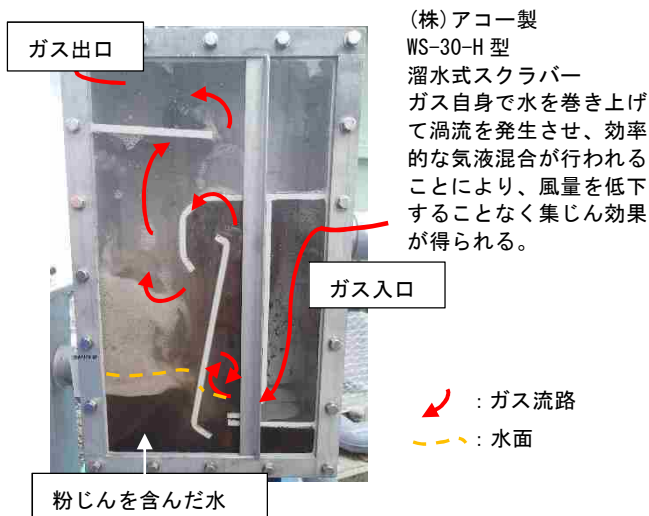


図1 粉じん除去試験に用いた湿式集じん機



図2 狭くした配管 (2号機)

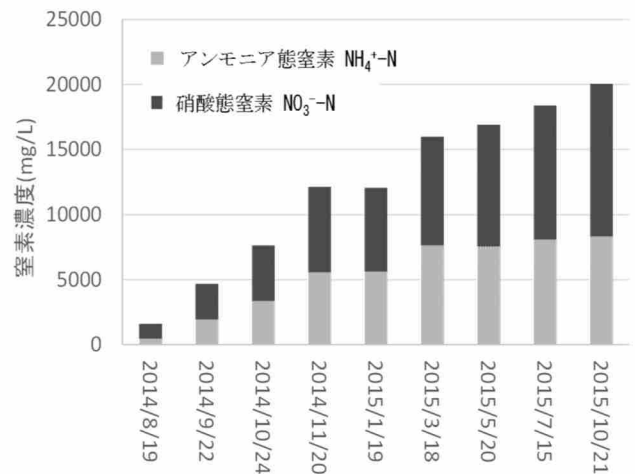


図3 脱臭材料表面の目詰まり (3号機)

表2 試作機のランニングコスト (年間換算)

	電気代	フィルタ	交換部品	合計
2号機	720千円	610千円	270千円	1600千円

※電気代、フィルタバッグは概算、交換部品は実費とした。  
※フィルタバッグは実際の交換頻度からコストを求めた。



\* 亜硝酸態窒素は含有率が1%未満のため省略

図4 循環水中の窒素濃度 (2号機)

#### 4. 成果の活用と留意点

- (1) 今後の脱臭装置開発の基礎となる。
- (2) 農食工学会 (2016.5) で発表予定。

#### 5. 残された問題とその対応

比較的低濃度な堆積方式の堆肥舎から発生する悪臭ガスの脱臭への適応が考えられるが、実機を用いた現地試験による確認が必要である。



課題分類：8 (8)

課題 I D：600-b0-435-P-15

研究課題：悪臭の原因となる家畜ふん尿由来の液肥施用に関する調査研究

担当部署：生研センター・畜産工学研究部・飼養環境工学研究、飼料生産工学研究、家畜管理工学研究

協力分担：畜産草地研

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2015 年度 (平成 27 年度)

## 1. 背景・目的

尿汚水やスラリーから生成される液肥の施用法は、スラリースプレッダ等による表面散布が主流である。これらの液肥からは悪臭が発生する場合があります。苦情を避けるため、住宅から離れた一部のほ場に過剰に施用する例も見受けられる。

そこで本研究では、現行の施用方法、施用機械、施用量などの実態を把握し、現状に即した、悪臭を低減する液肥施用手法の開発のための指針を得る。また、施用時の悪臭を測定し、悪臭低減効果の評価方法を検討する。

## 2. 方法

- 1) 液肥施用の文献 (酪農全国基礎調査 2012 他論文 23 報等) により現状を把握した。
- 2) 液肥施用方式 (衝突板式、バンドスプレッダー、浅層型スラリーインジェクタ、サブソイラ型スラリーインジェクタ、プラウ耕同時施肥) ごとの臭気抑制効果、走行抵抗、導入価格、固液分離の必要性を比較した。
- 3) 作業工程を考慮し、効率的な液肥施用作業等を考察した。
- 4) 液肥施用後のほ場からの臭気測定方法を検討した。

## 3. 結果の概要

- 1) 耕地の半分以上を借入耕地とする酪農家は都府県で全体の 43.8% であり、液肥を施用すべき耕地が点在していることが推察された。今後、さらなる酪農家の規模拡大に伴いほ場分散が拡大し、液肥運搬の距離が延長することが懸念された。
- 2) スラリーインジェクタは衝突板式と比較して走行抵抗が大きい (表 1)。また、衝突板式以外はタンクから突出口まで配管を要するため、夾雑物が多いスラリーを原料とする液肥では詰まりが発生する可能性があった。
- 3) 施用可能な期間は収穫後の再生草生育初期や、雪解けから播種までの間など期間が制約される場合が多かった。タンクへの液肥くみ込み作業、道路走行 (1km)、施用作業、道路走行 (1km) を 1 行程とした場合、道路走行が作業工程全体の 35~40% を占める例があった (表 2)。これより、衝突板式と比較して作業時間を要する施用機械でも、液肥運搬作業と施用作業を合わせて作業工程全体の最適化等により、衝突板式と同等の作業効率を得られる可能性を得た。
- 4) 屋外での地表面からの臭気測定では風の影響を排除するため、チャンバー等で地表を囲いチャンバー内のガス濃度 (アンモニア等) をガス検知管 (100ml サンプルング) にて測定していた。しかし、この方法では約 5L のサンプルが必要な臭気濃度測定では、チャンバーの容積に影響を受けるため、適していない。そこで、米国 EPA の測定方法を基にした、チャンバー内に無臭空気を送気し、チャンバーの排気をサンプルングし臭気濃度を測定し、排気量と臭気濃度から臭気排出強度を計算する方法が施用後の地表面からの臭気測定には適していると考察された (図)。

以上、液肥施用と施用機械の開発動向を調査し、効率的な施用方法と施用後の臭気評価方法に検討を行った。



表1 液肥施用方式比較

施用後の ほ場表層 状態 液肥：■	衝突板式	バンド スプレッター	スラリーインジェクタ 浅層型	サブソイラ型	プラウ耕 同時施肥*1
臭気抑制 効果	×	△	○	○	○
走行抵抗	○	○	△	×	○
導入価格*2	○	△	×	△	○
固液分離	不要	必要	必要	必要	必要

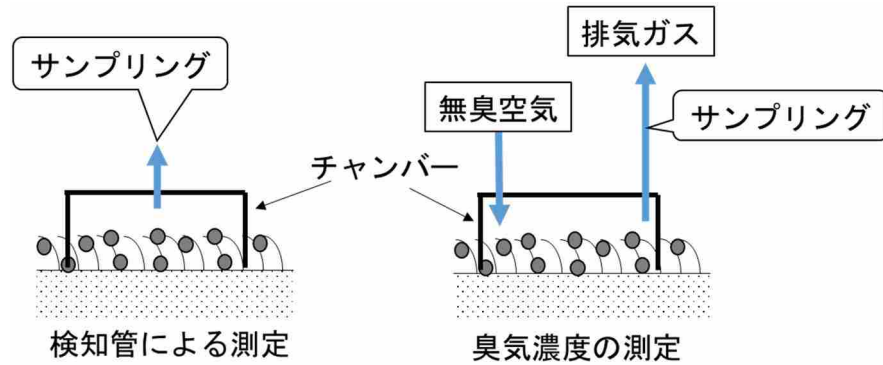
\*1 プラウ耕作機と液肥運搬機の2台を並走

\*2 液肥運搬用のタンクを所有している場合

表2 インジェクタと衝突板式の作業時間の比較

作業機	1行程当たり			8時間当たり		
	面積(a)	量(t)	時間(min)	行程	面積(a)	量(t)
インジェクタ*1	5.63	3	25.5	19	107	57
衝突板式	10.2	3	22.7	21	210	63

\*1 チゼル型スラリーインジェクタ高速作業 0.87(m/s)



$$\text{臭気排出強度 (m}^3/\text{min)} = \text{排気ガス流量 (m}^3/\text{min)} \times \text{臭気強度}^*$$

\*臭気強度：ある臭気を無臭空気希釈し、人の鼻で感知できなくなったときの希釈倍

図 チャンバーによるサンプリング方法と臭気排出強度の計算方法

#### 4. 成果の活用面

臭気抑制効果を有する施用機械を用いた効率的な作業体系の基礎となる。

#### 5. 残された問題とその対応

- 1) 臭気濃度測定用チャンバーの試作を行い、施用後の臭気測定を検討する。
- 2) 走行距離等を考慮した作業体系全体の最適化による時間短縮の効果を検討する必要がある。



## 5. 評価試験部

課題分類：11（9）

課題ID：600-c0-514-P-15

研究課題：刈払機の安全性向上に関する研究  
－刈刃停止機構の開発

担当部署：生研センター・評価試験部・安全試験室

協力分担：なし

予算区分：経常

研究期間：完2013～2015年度（平成25～27年度）

## 1. 目的

近年、動力刈取機（刈払型）（以下、刈払機）の事故原因については、キックバックなどによる転倒時の刈刃との接触も多くを占めており、その対策が急務となっている。そこで、取扱性や既販機への装着等も考慮しながら、安全鑑定基準で求められている安全装置の要件を満たす刈払機用の刈刃停止機構を検討・試作する。

## 2. 方法

- 1) 刈刃を停止させる機構、目標刈刃停止時間を検討・試作し、動作を確認した（2013年度）。
- 2) 2013年度に試作した刈刃停止機構を改良し、動作を確認した（2014年度）。
- 3) 2) に更に改良を加え、外付型は草刈作業試験を行い（表1）課題を整理した（2015年度）。

## 3. 結果の概要

- 1) 刈刃停止機構として、既販機への後付けも考慮した外付型、製造時に予め組み込むことを想定した内蔵型の2方式について検討した。刈刃停止時間は、安全鑑定で刈払機を除く動力刃を有する機械に求められている5秒以内を目標とした。

外付型は、刈刃に直接制動をかけるパッド式、刈刃取付部に制動をかけるバンド式の停止機構を試作した。動作確認の結果、いずれの方式もフルスロットル時の停止時間は約2秒であったが、小型・軽量化を図るにはパッド式が有望と判断された。

内蔵型は、駆動軸に追加部材を固定し、その部材に対して、駆動軸に垂直または軸方向に制動をかける停止機構を試作した。動作確認の結果、フルスロットル時の停止時間は約3秒であったが、使用部材の耐久性、耐熱性、接触面積等の面で改善が必要であること、軸方向に制動をかける方式が有望であることが確認された。

- 2) 外付型は、パッド式の小型・軽量化と耐久性向上を図るため、先端に摩擦材を接着したロッドをバネにより刈刃に押付ける構造（図1）とし、構成部材の大部分をアルミ、パッド部分をモールド系摩擦材とした。

内蔵型は、駆動軸に固定した金属ローターの両側にバネにより部材を押付けて制動をかける方式とすることで接触面積の拡大を図り、制動部材にMCナイロン、接触面にモールド系摩擦材を使用し、軽量化と耐久性向上を図った。更に、メンテナンス性等を考慮し、非接触式停止機構として、磁力を用いて動力伝達するマグネットギアの応用を検討した。これは異なる極性同士が表面に交互に配置された円盤状の磁石の一方を駆動軸に固定、他方をスライドさせる制動方式とした。

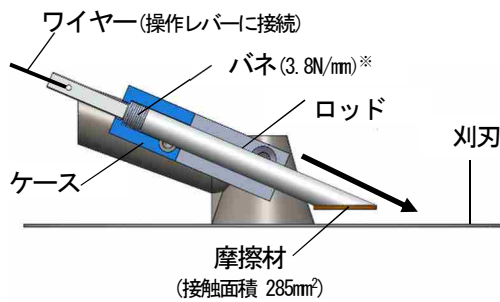
各試作停止機構を装着する刈払機には、作業者が意図した時だけ制動をかけられるようにするため、左ハンドルに操作レバーを追加し、このレバーを放せば刈刃に制動がかかる構造とした。

動作確認の結果、外付型の停止時間は約5秒、内蔵型は前者が約6秒、後者が約9秒となり、バネの強化や磁石の大型化等の改良が必要であった。また、マグネットギア式は制動時に振動と音が発生した。

- 3) 外付型は、使用するバネを5.3N/mmに強化する改良で目標停止時間を切ることができた（表2）。草刈作業試験の結果、懸念されていた停止機構への深刻な草の巻付きは無く、付着した草は容易に取り除くことができた。外付型の質量は0.36kgで、作業中に負担は感じられなかったが、レバーの操作力は約60Nであり、低減が必要だった。

内蔵型は、通常磁石に金属板を近接させることで発生する渦電流により生じるローレンツ力で制動するマグネットブレーキ式（図2）を検討した。動作確認の結果、制動時の振動と音は生じなかったが、目標停止時間は切れず、機構全体の軽量化等が必要であった。

以上、複数の刈刃停止機構を考案し、動作確認と改良を重ねた結果、目標とする刈刃停止時間を切ることが可能な刈刃停止機構として外付け型の有効性が認められた。



※最終試作機はバネ定数を5.3N/mmに強化  
図1 外付型停止機構

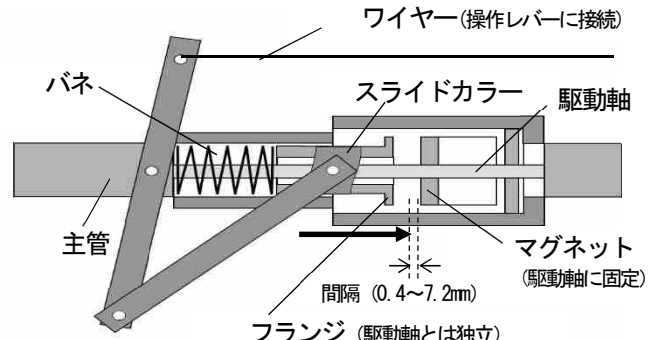


図2 内蔵型停止機構（マグネットブレーキ方式）

表1 草刈作業試験の作物条件及び方法

試験区	試験区A	試験区B
草種 (太字は特に繁茂していた草種)	エゾノギシギシ、エノコログサ、ツユクサ、シバ、メ ヒシバ、 <b>ショクヨウガヤツリ</b>	エゾノギシギシ、ギニアグラス、クズ、 <b>メヒシ バ</b> 、 <b>ショクヨウガヤツリ</b>
平均草丈(cm) (n=10)	102	96
平均草量(kg/m <sup>2</sup> ) (n= 3)	1.8	2.7
平均含水率(%w. b.) (n= 9)	85	87
試験方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験区A、Bにてそれぞれ20分間作業を行う</li> <li>刈払機を6往復振る毎に1回ブレーキ操作を行う</li> </ul>	

※生研センターテストコースにて実施

表2 最終試作した刈刃停止機構の刈刃停止時間及び質量

	外付型 <sup>※1</sup>		内蔵型 <sup>※2</sup> (マグネットブレーキ式)		
	有	無	有	無	停止機構 未装着
刈刃停止 時間(s) <sup>※3</sup>					
ブレーキ操作の有無	有	無	有	無	停止機構 未装着
定格回転	3	22	15	23	29
フルスロットル	4	27	12	24	28
刈刃停止機構質量(kg)	0.36		0.90		
刈刃ブレーキレバー操作力(N) <sup>※4</sup>	60		30		

※1 ベースとした刈払機: 4サイクル機関、出力 0.72kW、排気量 25.0mL、燃料満量時質量 6.12kg、装着刈刃直径230mm、  
定格回転速度 7000rpm、フルスロットル時回転速度 10900rpm

※2 ベースとした刈払機: 2サイクル機関、出力 0.68kW、排気量 22.8mL、燃料満量時質量 6.32kg、装着刈刃直径230mm、  
定格回転速度 8000rpm、フルスロットル時回転速度 11000rpm

※3 刈刃停止時間は無負荷状態で3反復した値の平均

※4 操作力は、操作レバーの中央部で測定した

#### 4. 成果の活用面と留意点

農食工学会（2016.5）で発表予定。メーカーと情報共有を行い、刈刃ブレーキ付刈払機の普及に向けた働きかけの資とする。

#### 5. 残された問題とその対応

刈刃停止機構を作動させる為に用いる方法（レバーやスイッチによる操作、あるいはセンサーとの連動）等、刈払機としての実用性を高めるために更なる検討が必要である。



## 6. 特別研究チーム(エネルギー)

課題分類：13 (9)

課題 I D：600-b0-609-P-15

研究課題：乗用型電動ロータリ耕うん機の開発

担当部署：生研センター・特別研究チーム (エネルギー)

協力分担：なし

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2013～2015 年度 (平成 25～27 年度)

## 1. 目的

従来の乗用型トラクタとロータリ作業機の組み合わせではない、電気を全駆動源とした乗用型電動ロータリ耕うん機を開発する。

## 2. 方法

- 1) 乗用型電動ロータリ耕うん機 1 号機を、以下の設計指針に基づき試作した (2013 年度)。
  - (1) 軟弱な圃場での安定走行を可能とするため、車両の走行部形式を履帯式とすること
  - (2) 耕うん作業に特化し、また、果樹園やハウス内作業にも対応するため、全長、全幅、運転席高さ等に留意したコンパクトな構造とすること
  - (3) 電動モータを左右履帯の駆動軸にそれぞれ配置した独立駆動とすること
  - (4) 耕うんロータリ駆動用の PTO 軸を設けて走行用とは別の電動モータにより駆動すること
- 2) ロータリ耕うん機 1 号機の動力伝達系の構造を簡素化し、さらに機体をコンパクト化するために、①PTO 軸を無くして作業機駆動用モータで作業機を直接、駆動できる方式とする、②機体と作業機はトップリンクを介さずに直接連結する方式とすること等を主な改良点とする 2 号機を試作した。また、ほ場での耕うん試験に供し、基本性能を把握した (2014 年度)。
- 3) 2 号機を用いた耕うん試験において課題となった高負荷作業や長時間作業への対応として、①作業機駆動用モータを AC96V とし、モータ制御方式をトルク制御から回転速度制御とする②バッテリーを 8 個から 12 個へ増設する等の改良を施した 3 号機を試作し、ほ場での耕うん試験を行い、ロータリ耕への適応性を検証した (2014～2015 年度)。

## 3. 結果の概要

- 1) 1 号機は、走行用の電動モータとして 7.3kW の DC モータを左右履帯に各々 1 個ずつ配置し、また、PTO 軸に直結した駆動用の電動モータには 9.5kW の DC モータを採用し、これら作用部の独立駆動方式によって、耕うん作業時の作業系と走行系の負荷率を把握できる構造となった。
- 2) 改良を行った 2 号機は、機体全長を 500mm 程度短く、作業機の昇降稼働範囲を 120mm 程度大きくすることができた。ほ場試験では、走行速度 0.15～0.24m/s のとき走行所要動力が 1.5～1.9kW 程度であること等を確認した。しかし、耕うん作業時に大きな負荷がかかった場合、ロータリ爪の回転が停止したため、連続的な耕うん作業が困難であった。
- 3) 3 号機の諸元および外観を表 1、図 1 に示す。モータ制御方式を変更したことで、高負荷作業に適応できる見通しがついた (図 2)。耕うん所要動力は、走行速度や爪回転速度によって 5～10kW 程度に変動した。走行所要動力は、耕うん所要動力の異なる試験区においても 2kW 程度であった。このことから、必要所要動力に見合うモータを選定することで、車両をより小型化できる可能性が示唆された (表 2)。連続作業時間については、3 号機搭載のバッテリー容量で 30～40 分程度 (負担面積約 10a) と試算された。

以上、電気を全駆動源とした乗用型ロータリ耕うん機を試作するとともに耕うん作業時の走行部と作業部の各所要動力について知見を得た。



表 1 試作 3 号機の諸元

機体諸元	全長	2830[mm] (ロータリ作業機を含む)
	全幅	1200[mm]
	全高	1100[mm]
	質量	700[kg] (ロータリ作業機を含む)
電動モータ出力	走行用	DC48[V] × 2個 (左・右独立駆動)
	ロータリ駆動用	AC96[V] × 1個
	作業機昇降用	DC24[V] リニアアクチュエータ × 1個
モータ制御方法	回転速度制御	
バッテリー	12V・75Ah × 12個	
走行部形式	履帯式 (ゴムクローラ)	
操向装置	レバー (左右独立制御)	
作業機 (ダウンカットロータリ) 諸元	全長	850[mm]
	全幅	1370[mm]
	全高	960[mm]
	質量	190[kg]
	耕幅	1250[mm]
	耕うん爪本数	28[本]



図 1 試作 3 号機の概要



図 3 モータ制御方式の違いによる耕うん作業跡の比較

表 2 3号機による耕うん試験結果

駆動方式	走行速度	ロータリ駆動用 モータ回転速度	無負荷爪回転速度	所要動力		最大動力 (耕うん所要動力)
				耕うん所要動力	走行所要動力	
	[m/s]	[rpm]	[rpm]	[kW]	[kW]	[kW]
電動モータ	0.24	1212	175	5.2	1.5	15.8
電動モータ	0.24	1718	292	10.2	1.4	17.4
電動モータ	0.4	1969	292	8.7	2.1	10.7

注1) 数値は20m区間の平均値  
 注2) 土壌含水比: 43%  
 注3) 表層15cmまでの貫入抵抗: 1.4MPa  
 注4) 耕深: 10~15cm

4. 成果の活用面と留意点

- 1) 小型電動ロータリ耕うん装置の開発に資する。
- 2) 農食工学会 (2016. 5) で発表予定。

5. 残された問題とその対応

長時間にわたる高負荷作業への適応性など基礎データの蓄積を継続して行う必要がある。

課題分類：13（9）

課題 I D：600-b0-902-P-15

研究課題：施設園芸等における地中熱・水熱源ヒートポンプシステムに関する調査研究

担当部署：生研センター・特別研究チーム（エネルギー）

協力分担：九州大学、新潟大学

予算区分：経常・所内特研

研究期間：完 2015 年度（平成 27 年度）

## 1. 目的

地中熱や水熱源ヒートポンプを導入している施設園芸農家を対象に、導入効果や問題点について聞き取り調査を行う。また、小規模園芸用ハウスを対象に、地中熱や地下水熱を熱源とした熱利用効果について検討を行う。

## 2. 方法

- 1) 地中熱や水熱源ヒートポンプを導入している施設園芸農家を対象に聞き取り調査を行い、導入効果や問題点について取りまとめた。
- 2) イチゴを栽培している園芸用ハウス（180m<sup>2</sup>）近傍に、地中熱交換通風パイプ（プラスチックパイプ：直径 0.4m、長さ 12m）を埋設し、地中熱交換を行った。熱交換した空気は、株間に設置した条間配風ダクト（穴あきアルミダクト：直径 0.1m、長さ 12m）を通しイチゴの株近傍に配風した。また、本システムの効果を検証するため、地中熱交換量の算出およびイチゴの収量調査を行った。
- 3) サツマイモを栽培している園芸用ハウス（24m<sup>2</sup>）に設置された栽培ベッド（W×H×D：120cm×44cm×30cm）に放熱管を埋設し、温泉排湯を熱源とした地中加温を行った。栽培ベッドに培養土、もみ殻の 2 種類を用い、熱電対を栽培ベッドに埋設して培地温度を測定した。また、本システムの地中加温効果を検証するため、地中加温なしの対照区と比較・検討を行った。

## 3. 結果の概要

- 1) 現地調査の概要を表に示す。地中熱をヒートポンプの熱源として利用している施設では、ランニングコストは概ね従来の 1/2 程度に削減可能で、夏場の冷房にも利用可能であった。初期費用については、空気熱源ヒートポンプと比較して工事費込みで 5 倍程度（内工事費は 2～3 割）であった。一方、地下水熱や温泉排湯をヒートポンプの熱源として利用している施設では、ランニングコストは概ね従来の 1/3～1/2 程度の削減であった。初期費用については、空気熱源ヒートポンプと比較して工事費込みで 4～5 倍程度（内工事費は 3～4 割）であった。
- 2) システムの概要を図 1 に示す。本システムを用いた場合の熱交換量は、夜間暖房が必要な冬季において放熱量が大きく、ハウス内が高温となる春季において蓄熱量が大きいことが確認された。また、放熱量は地温と夜間のハウス内気温の差に、蓄熱量は地温と昼間のハウス内気温の差によって支配されることが明らかとなった（図 2）。このことから、本システムは、熱交換効率の低下を招くことなく長期運用が可能であることが示唆された。収量については、配風ダクトがある場合は、配風ダクトが無い場合と比較して収量が増加する傾向が認められた。これは、条間配風ダクトによる局所加温効果により生育が促進されたためと推察された。
- 3) システムの概要を図 3 に示す。地中加温ありの培養土区およびもみ殻区の平均培地温度はそれぞれ 28.6℃、27.1℃であった。一方、地中加温なしの対照区では、それぞれ 22.6℃、24.1℃であった（図 4）。このことから、本システムにおける地中加温効果が明らかとなり、作物の生育促進や生育期間短縮に寄与できる可能性が示唆された。また、温泉排湯熱の多段階利用として、地中加温後の排湯をヒートポンプの熱源として利用した結果、冬季の暖房負荷低減効果が認められた。以上、地中熱や水熱源ヒートポンプの効果や問題を抽出するとともに、小規模な園芸用ハウスを対象に、地中熱や温泉排湯を熱源とした熱利用の可能性が見出された。

表 現地調査の概要（一例）

調査先	場所	栽培品種	利用熱源	問題点	概要
花プラン(株)	新潟県新発田市	バラ	空気	デフロスト運転による効率悪化	夏場の夜冷に活用 冬場はボイラー併用
(有)黒田洋蘭園	埼玉県さいたま市	胡蝶蘭	地中熱	地温低下による効率悪化	ランニングコスト1/2 既設井戸を利用
赤平オーキッド(株)	北海道赤平市	胡蝶蘭	地中熱	地温低下による効率悪化	ランニングコスト1/2 複層エアハウス利用
農家	北海道新篠津村	アルストロメリア	地中熱	不凍液が高い	ランニングコスト1/2 夏季は地中パイプによる冷却
実証試験ハウス	福岡県久留米市	イチゴ	地中熱	初期費用が高い	地中熱交換通風パイプ利用 局所環境管理
横手市大森町きのこセンター利用組合	秋田県横手市	しいたけ	地下水熱	メンテナンスが大変	ランニングコスト30%減 補助金(1/2)利用
実証試験ハウス	秋田県美郷町	しいたけ	地下水熱	初期費用が高い	ランニングコスト1/2 冬季の暖房のみ
実証試験ハウス	新潟県阿賀町	いも類	地下水熱(温泉排湯)	メンテナンスが大変	ヒートポンプと地中加温による多段階利用
地熱観光ラボ緑間	大分県別府市	イチゴ	地下水熱(温泉排湯)	ハウス内で温度ムラが生じる	ヒートパイプによる冷暖房 補助金(全額)利用

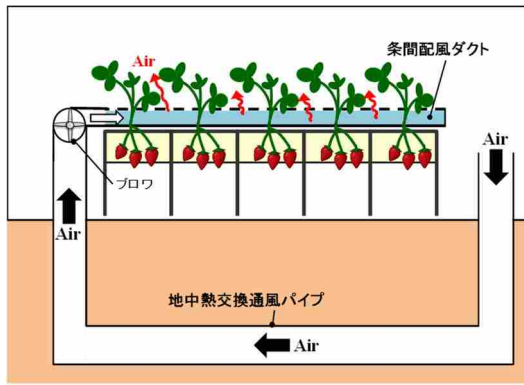


図1 地中熱交換システムの概要

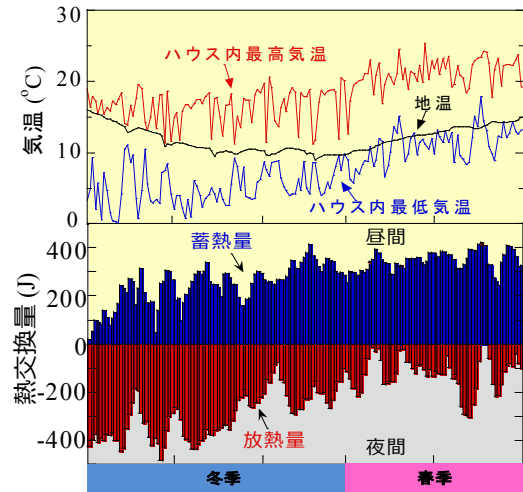


図2 地下通風パイプによる熱交換量

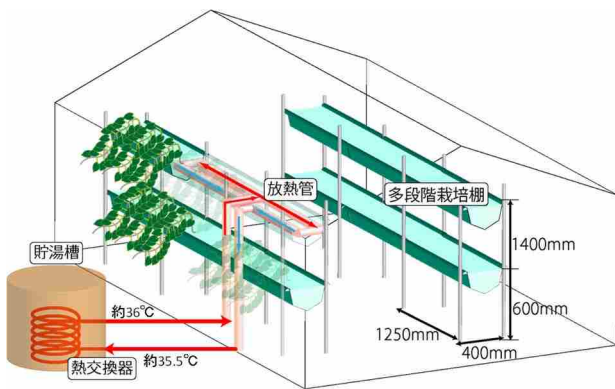
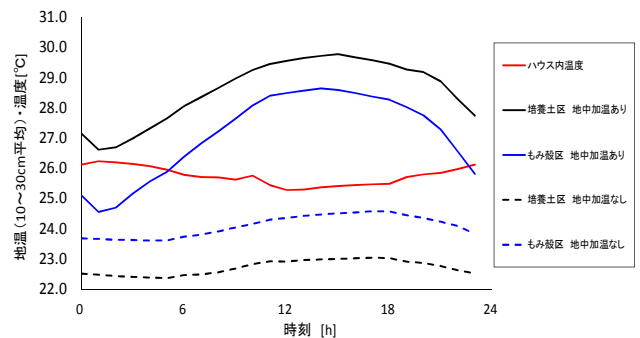


図3 地中加温システムの概要



※データは 11/23~12/2 の各時間における平均温度  
図4 各試験区における培地温度の経時変化

4. 成果の活用面と留意点

農業施設学会 (2016.8) で発表予定。

5. 残された問題と対応

低価格で高効率な熱利用システムについて検討する必要がある。



## 7. 特別研究チーム(ロボット)

課題分類：4 (4)

課題 ID：600-d0-708-P-15

研究課題：エアアシスト式静電防除機の開発

担当部署：生研センター・特別研究チーム (ロボット)

協力分担：みのる産業(株)、(株)やまびこ、埼玉農総セ、静岡農技研、千葉農総研、宮崎大学

予算区分：経常・緊プロ (共同)

研究期間：完 2012～2015 年度 (2012～2014～2015 年度) (平成 24～27 年度 (24～26 年度))

## 1. 目的

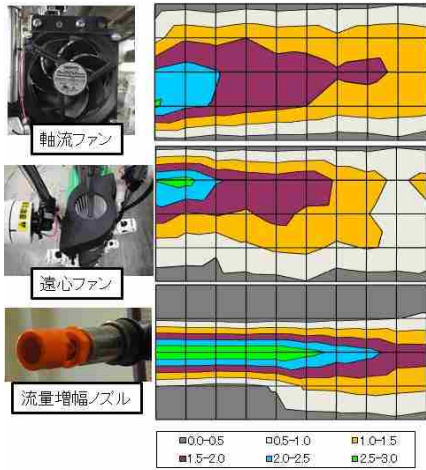
施設栽培における防除作業は、農薬被曝を避けるためにカップ、マスク、ゴーグルなどを装着して行うため、高温・多湿となる環境下では非常に厳しい作業となっている。そこで、施設栽培において、静電散布技術とエアアシスト技術を組み合わせ、従来のハウス用無人防除機と同等の作業能率を維持し薬液の付着を向上させるエアアシスト式静電防除機を開発する。

## 2. 方法

- 1) エアアシストの方法が、遠心ファン方式、軸流ファン方式およびエアコンプレッサ方式の防除ロボット 3 方式を試作し、それぞれの進行方向に対して右面における垂直方向の風速分布を調査し、その結果から、エアアシスト方法を選定した (2012～2013 年度)。
- 2) 1) の結果から、開発機の基本構成を決定した (2013～2014 年度)。
- 3) 静岡農技研、埼玉農総セ、千葉農総研、宮崎大学にてメロン、トマト、キュウリを供試し、試験区として、慣行手散布およびエアアシスト静電散布を設け、反当散布量を削減し、うどんこ病を対象とした防除効果試験を行った。(2012～2014 年度)。
- 4) 福島県、千葉県、広島県のトマトハイワイヤ栽培、千葉県のキュウリ土耕栽培において現地実証試験を行い、付着性能、作業能率および歩数計測、開発機の取扱い性等の問題点を整理した (2015 年度)。

## 3. 結果の概要

- 1) 現地試験の結果、静電噴口近傍にファンを設置する軸流および遠心ファン方式では装置の重量バランスが悪く取り回し等作業性が悪化することが明らかとなった。一方、流量増幅ノズルを用いたエアコンプレッサ方式は、噴頭部が簡素化・軽量化でき、指向性が高い送風が可能となるため、流量増幅ノズルを利用したエアアシスト方式を採用することとした (図 1)。
  - 2) 開発機は、自動走行台車、静電噴口部、エアアシスト部からなる構造とした (図 2、表 1)。自動走行台車は、バッテリー駆動により畦に追従しながら、または設置されたレール上を 0.2～0.8m/s の作業速度で自走し、無人散布できる。静電噴口部は、静電噴口を片側 5 頭口ずつ装備している。散布の高度は、支柱を変えることで最上位の噴口が 1.6～3.2m 程度まで可変できる構造となっている。エアアシスト部は各静電噴口の間に 1) によって選定された流量増幅ノズルを配置し、自動走行台車に搭載したエアポンプから圧縮空気を噴出する。
  - 3) 本条件においていずれの防除試験の結果においても、エアアシスト静電散布を行った試験区がもっとも防除効果が高い傾向を示した。トマトを対象とした防除試験の結果では、反当散布量 20%削減した試験区でエアアシストを行った試験区の防除価が 95 と最も高くなり、さらに発病葉率を抑制する効果を確認した (表 2)。また、キュウリを対象とした防除試験では、エアアシストを行わなかった場合、反当散布量を慣行比で 40%削減した試験区では 4 週目には 47 まで低減したが、エアアシストを行う事で 79 に維持できた。
  - 4) 現地実証試験を行った結果を表 3 に示す。栽培ベッド間に温湯管等をレールとして使用するために走行の安定するトマトハイワイヤ栽培では、薬液の付着は、散布量が同程度 (A 菜園) であれば、開発機は慣行機より優れ、開発機の散布量を約 34%まで削減した場合 (B 菜園) でも同程度であった。また、開発機では片道散布を行っても手散布以上の付着を得ることができた (C 菜園)。一方、土耕キュウリ栽培においては、走行が安定しないことから、付着性能が手散布に比べ劣り、さらに、取り扱い性、耐久性等にも課題が残った。トマトハイワイヤ栽培における開発機の作業時間および歩数は慣行機と同程度、手散布と比べ作業時間で約 1/4、歩数で約 1/50 となった (表 4)。また、本条件下で 3 時間 40 分 (約 6km) の散布作業を行ってもバッテリーの電圧低下による不具合は起こらなかった。
- 以上、従来の無人防除機と同等の作業能率を維持し付着を向上させるエアアシスト式静電防除機を開発した。



格子の幅：10cm、凡例の単位:m/s

図1 各エアアシスト方式の風速分布



図2 開発したエアアシスト式静電防除機

表1 開発機の仕様

走行部	全長×全幅(mm)	1300×450
	搭載バッテリー	鉛蓄電池 (24V, 36Ah) ×2
噴頭部	電極の種類	環状電極
	印加電圧 (kV)	6.0
	噴頭数	10
エアアシスト部	エアアシスト方式	圧縮空気
	エアアシストノズル	流量増幅ノズル
スト部	風量 (L/min)	120
	エアコンプレッサ	消費電力 (W)
	質量(kg)	125

表2 防除効果試験条件および結果

1) トマト<sup>注1, 2</sup> (埼玉農総七、通常散布量200L/10a、最終散布後8日目)

試験区	静電	エアアシスト	反当散布量 (L/10a)	発病率率 <sup>注3</sup> (%)	防除価 <sup>注3</sup>
手散布	なし	なし	160	27	82
開発機1	あり	あり	160	10	95
開発機2	あり	あり	120	25	80

2) キュウリ<sup>注1, 2</sup> (宮崎大学、通常散布量：300L/10a、最終散布後28日目)

試験区	静電	エアアシスト	反当散布量 (L/10a)	発病率率 <sup>注3</sup> (%)	防除価 <sup>注3</sup>
手散布	なし	なし	240	8	93
開発機1	あり	あり	240	5	95
開発機2	あり	あり	180	21	79

注1：散布薬剤はトマト：カリグリーン800倍（調査期間：H26.10.31～12.12）、キュウリ：ダコニール1000倍（調査期間：H26.10.21～11.25）。

注2：栽培様式 トマト：株間30cm、ベッド間120cm、草丈240cmのベッド養液栽培、キュウリ：株間80cm、条間60cm（千鳥植え）、草丈180cmの土耕養液栽培。

注3：発病率率=発病葉数/調査葉数×100、防除価=100-試験区の発病度/無処理区の発病度×100、発病度=Σ（発病程度別葉数×発病程度）/（調査葉数×4）×100

表3 実証試験における付着性能<sup>注1</sup>試験結果

試験区	トマトハイワイヤ栽培				土耕キュウリ栽培 <sup>注6</sup>
	A 菜園 <sup>注2</sup>	B 菜園 <sup>注3</sup>	C 菜園 <sup>注4</sup>		
			往復散布	片道散布 <sup>注5</sup>	
慣行機 <sup>注7</sup>	39	44	4	2	—
開発機	100	46	69	51	26
手散布	—	—	38	—	54

注1：付着性能は葉裏に設置した感水紙の被覆面積率

注2：A菜園の散布量は慣行、開発機とも40L/列

注3：B菜園の散布量は慣行機：5.8L/列、開発機：2.0L/列

注4：C菜園の散布量は慣行機：25.4L/列、開発機：21.0L/列、手散布：17.2L/列

注5：片道散布は往路を無散布、復路を散布した。

注6：手散布区は手押しカート利用。開発機：15.8L/列、手押しカート：21.7L/列

注7：慣行機はエアアシストおよび静電効果のないノズルを利用

表4 トマトハイワイヤ栽培における作業能率・歩数計測結果

試験区	作業能率 <sup>注1</sup>				歩数 <sup>注1</sup>
	前進散布	後進散布	取り回し	合計	
慣行機 <sup>注3</sup>	1:23 <sup>注2</sup>	1:22	0:45	3:30	4
開発機	1:24	1:35	0:43	3:40	5
手散布	—	—	—	15:34	230

注1：1ベッド（160株、40m）換算

注2：単位は分：秒

注3：慣行機はエアアシストおよび静電効果のないノズルを利用（自動走行台車部の性能は開発機と同等）

#### 4. 成果の活用面と留意点

生研センター研究報告会(2016.3)、農食工学会(2016.5)で報告予定。2016年度以降に市販化予定。

#### 5. 残された問題とその対応

本防除機の導入に当たって、走行が安定し回行などが円滑に行われるように、走行路、畝、枕地等を設置することが望ましい。



課題分類：11 (2)

課題 I D：600-d0-710-P-15

研究課題：圃場情報に基づく作業機械の高度化・知能化技術の開発

—トラクタ有人無人協調型システムにおける目視監視にかかるリスクアセスメント試行

担当部署：生研センター・特別研究チーム (ロボット)、特別研究チーム (安全)

協力分担：中央農研、産総研

予算区分：経常・受託 (内閣府「SIP」)

研究期間：完 2015 年度 (平成 27 年度)

## 1. 目的

ロボットトラクタ技術の実装形態のひとつとして、ロボットトラクタ (以下無人機) と運転者が搭乗・操作するトラクタ (以下有人機) を、有人機運転者 1 名により同時に使用する有人無人協調型システムが提案されている。本課題では、このシステムにおける安全確保策として、先行する無人機 1 台を、後続する有人機 1 台の運転者が直接目視で監視しながら作業を行う運用方法を対象に、危険事象の抽出とリスクアセスメントを試行することで、製造者が実施すべきリスクアセスメントおよび追加保護方策の可否等にかかる検討の具体例を提示する。

## 2. 方法

- 1) 有人機からの目視監視を想定して実証中の有人無人協調型システムと、これを用いた具体的な作業内容を選定し、システム概要の把握と、目視監視に関連する危険事象の抽出を行った。
- 2) 抽出した危険事象におけるリスク (機械安全分野における危害の発生確率と危害のひどさの組合せ) に影響を及ぼすシステム運用条件を検討した。これを踏まえて、リスクアセスメントに必要な情報を得るべく、実作業試験 (一番耕、両機が常に隣接行程を作業) と関連規格・データ等の収集を行った。実作業試験では、GNSS 受信機による両機の位置関係、動画解析による運転者 (監視者) の大まかな視線方向、遠方の歩行者の運転者による認識可否、ほ場周辺状況等を確認した。
- 3) 既存のリスクアセスメント手法を調査し、2) を踏まえて最適な手法を検討した。
- 4) 2) ~ 3) に基づき、リスクアセスメントを試行するとともに、追加の保護方策および残留リスクについても一部検討を行った。

## 3. 結果の概要

- 1) 選定したシステムは、ほ場形状や作業内容を登録した端末 (無人機と 1:1 で通信) を有人機に搭載し、無人機の発進・停止操作を同端末から行う。作業内容として作業開始前の無人機側点検と耕うん作業 (ロータリ耕) を選定し (表中  $\alpha$ )、危険事象を抽出した (同  $\beta$ )。
  - 2) 耕うん時については、①第三者接近の可能性の大小と、②旋回時に生じる目視できない時間の大小が、危害の発生確率に大きく影響すると想定された。①については、第三者の周辺通行が少なく見通しも良いほ場 (ア) と公共施設や公道が隣接しているほ場 (イ) を設定し、②については車間距離が要因となるため、車間距離 20m および 100m の 2 通りを検討対象とした (表中  $\alpha$ )。これを踏まえた実作業試験、および ISO5006:2006 (土工機械の運転者視野) 等の関連規格類、人の視野角や歩行速度に関するデータ等から、危害の発生確率の見積りにかかる資料を整理した。
  - 3) 危害の発生確率を構成する要素として、ほ場周辺環境が危険源への暴露頻度、ほ場の大きさと車間距離が回避可能性に関連するため、両者を独立して検討可能な手法として、ISO25119-2:2010 clause6 を用いることとした。
  - 4) 2) で得られた情報をもとに、ISO25119-2:2010 clause6 でリスクを構成する危害の重篤度、危険源への暴露頻度、回避可能性を作業内容毎に見積り (表中  $\gamma$ )、それぞれの結果からリスクの程度を求めた (表中  $\delta$ )。耕うん中の危険事象については、ほ場 (ア) では両機間距離によらず追加対策は不要であるのに対して、ほ場 (イ) では両機間距離に応じてリスクが 1 ~ 2 段階高かった。また、作業開始前の無人機側点検時の危険事象のリスクはさらに高く、それぞれに追加保護方策と、対策後の残留リスクへの処置方法の検討が必要と考えられた (表中  $\epsilon$ 、 $\zeta$ )。
- 以上、有人無人協調型システムに対して、目視監視に着目してリスクアセスメントを試行した。



表 リスクアセスメント試行結果および注釈（抜粋）

対象システム		A社製無人機(83.1kW)およびB社製既存有人機(63.3kW)を用いた協調型作業システム(無人機発進・停止は有人機側搭載のタブレット端末で操作)										
対象作業		C法人(実作業試験協力先)運転者										
対象作業範囲		有人無人2台同時ロータリー耕(監視は無人機先行による有人機からの目視のみに限定(無人機搭載カメラは検討対象外とする)、両機が常に隣接行程を作業、一番耕)										
対象ほ場		(ア)第三者の周辺通行が少なく見通しも良い大区画ほ場(100*600m、長辺方向作業) (イ)公共施設や公道が隣接しているほ場(100*100m)										
リスクアセスメント実施者		農研機構 生研センター 特別研究チーム(ロボット)、特別研究チーム(安全)				リスクアセスメント実施日		2015年12月10~21日				
No.	危険箇所/危険源	作業内容	危険事象/災害想定	リスクの程度(ISO25119-2:2010参照)						追加の保護方策(例示) (将来的な技術は括弧で参考記載)	残留リスクへの処置 (例示)	
				重篤度*1	根拠**	暴露頻度*2	根拠**	回避可能性*3	根拠**			リスクの程度 AgPL**4
1		作業開始前(停止状態)の無人機側点検	有人機運転者が、運転開始前に無人機点検中の補助者に気付かず無人機を発進して接触、ひかれ/巻き込まれ	S3	①	E4	②	C2	⑤	d	補助者による起動許可と非常停止→E1、遠隔画像→C1、(人検出・自動停止→C0?)	運転開始時警報、別に監視者設置、作業体系改善(補助者は排除)、教育体制強化等
2	無人機(本体・作業機)	ほ場(ア)における2台同時耕うん(両機間距離20m)		S3	①	E1	③	C1	⑥⑦⑨	QM	(人検出・自動停止→C0?)	周囲への注意喚起、別に監視者設置、看板設置、作業体系改善(視野外時は無人機停止)、教育体制強化等
3		ほ場(ア)における2台同時耕うん(両機間距離100m)	有人機運転者が無人機に接近した補助者/第三者に気付かず非停止、補助者/第三者も回避できず接触、ひかれ/巻き込まれ	S3	①	E1	③	C1	⑥⑧⑨	QM		
4		ほ場(イ)における2台同時耕うん(両機間距離20m)		S3	①	E2	④	C1	⑥⑦⑩	a	必要箇所に柵を設置→E1、(人検出・自動停止→C0?)	
5		ほ場(イ)における2台同時耕うん(両機間距離100m)		S3	①	E2	④	C2	⑥⑧⑪	b	必要箇所に柵を設置→E1、両機間距離の制限→C1、遠隔画像→C1、(人検出・自動停止→C0?)	

\*1 Severity: S0 (no significant injuries), S1 (light and moderate injuries), S2 (severe and life-threatening injuries (survival probable)), S3 (life-threatening injuries (survival uncertain))  
 \*2 Exposure to hazardous event: E0 (improbable), E1 (rare events), E2 (sometimes), E3 (often), E4 (frequently)  
 \*3 Possible avoidance of harm: C0 (easily controllable), C1 (simply controllable), C2 (mostly controllable), C3 (none)  
 \*4 Required agricultural performance level: QM→quality measures, a~e→制御システムの安全関連部において、各レベルの要求事項を満たす設計が求められる(eが最高)  
 (上述\*1~4の正確な定義についてはISO25119-2:2010を参照のこと)

※ リスクの程度にかかる根拠一覧

① 無人機の運動エネルギーが大きく、ひかれ、巻き込まれ等による死亡災害が想定される
【暴露頻度】
② 無人機を運搬してきた補助者が、有人機運転者とは別にほ場進入一点検調整作業を行う可能性は高く、毎回の場合も想定して「Frequently (almost every operation)」
③ 当該ほ場は諫早中央干拓地の中央道路からは離れており、部外者の通行は僅か、ただし、ほ場自体は道路に面しており、補助者(運搬担当が作業初期まで対応する可能性は高い)の存在も想定されるため、危険域に人が立ち入る可能性は0ではない。これらを踏まえて、「Rare events (less than once/year)」
④ 当該ほ場は一定の交通量がある公道に面しており、隣接ほ場では部外者との共同も含めた各種作業が行われる。また、補助者(運搬担当が作業初期まで対応する可能性は高い)の存在も想定される。これらから、③よりも暴露頻度は相応に高いと想定されるため、「Sometimes (more than once/year)」
【回避可能性】
⑤ 補助者の運転開始前の点検作業の存在は有人機運転者にも認識されていると考えられるが、死角に留まったままの補助者の存在に気付かず(確認を怠り)発進させてしまうことは想定されるため、「Mostly controllable (more than 90%)」
⑥ 実験結果から、直進作業時は有人機運転者はほぼ視界に無人機を捉えており、接近者に気付ける状況(今回の被験者(24歳男性、両眼とも視力1.5)および環境(照度1500~3500lx、曇~雨)において、500m以上にわたり試験中の接近者見失は0*) *実験結果に基づく。ただし実際には、想定される有人機運転者全員について特性を考慮すべき
⑦ 実験結果から、両機間距離が20m程度の場合、旋回時に無人機が視野外(横~後)に入ってから有人機の旋回が終わるまでの時間は概ね25s程度で、歩行者の速足速度を1.8m/s(HQLデータベースより)とすると、その間の移動距離は45m
⑧ 実験結果から、両機間距離が100m程度の場合、旋回時に無人機が視野外(横~後)に入ってから有人機の旋回が終わるまでの時間は概ね70s程度で、歩行者の速足速度を1.8m/s(HQLデータベースより)とすると、その間の移動距離は126m
⑨ 当該ほ場周辺は見通しが良く、ほ場から⑦および⑧の道のりよりも遠方で接近者を認識することは可能。また、両機間距離によらず、無人機が視野外にある旋回中は、無人機はほ場端から離れている。ただし、無人機側は運転者の視野に関する74/347/EEC、ISO5006の要件は満たせず、はじめから死角に入っていた場合は認識不可となること、これまでもトラクタの死角にいた補助者/第三者の死亡事故が発生していることから、ほぼ確実に回避できるとまでは言えないため、「Simply controllable (more than 99%)」 *例:北海道におけるH15-26トラクタ死亡事故93件のうち約1割(8件)が死角にいた他者(推定含)のひかれ
⑩ 当該ほ場周辺には公営施設があり、ほ場から⑦の道のりよりも近いところに死角が存在するが、両機間距離が20m程度の場合、無人機が視野外にある旋回中は、無人機はほ場端からは離れる。ただし、無人機側は運転者の視野に関する74/347/EEC、ISO5006の要件は満たせないため、はじめから死角に入っていた場合は認識不可となること、これまでもトラクタの死角にいた補助者/第三者の死亡事故が発生していることから、ほぼ確実に回避できるとまでは言えないため、「Simply controllable (more than 99%)」
⑪ 当該ほ場周辺には公営施設があり、ほ場から⑧の道のりよりも近いところに死角が存在する。また、両機間距離が100m程度の場合、無人機が視野外にある旋回中に、無人機が反対側のほ場端で旋回を開始する。加えて、無人機側は運転者の視野に関する74/347/EEC、ISO5006の要件は満たせず、はじめから死角に入っていた場合は認識不可となること、これまでも、トラクタの死角にいた補助者/第三者の死亡事故が発生している。ただし、第三者または補助者による事前回避が可能なケースも多いと考えられることから、これらを踏まえて、「Mostly controllable (more than 90%)」

注1) 本リスクアセスメント試行は、手法の選定も含めて生研センターによる実施事例であり、実際の開発システムのリスクアセスメント実施者においては、必ずしもこれに従うことなく、独自の方法で同様の取組みが求められる。なお本来は、対象システムの仕様、使用上の条件、想定される誤使用等を整理、明示した上で、危険事象/災害想定を検討する。  
 注2) 本研究では例示として危険事象/災害想定を限定しているが、実際にはシステムの全ライフサイクルで想定される全ての危険事象/災害想定を対象とする必要がある。  
 注3) 本リスクアセスメント試行では、対象システムにおける現行の制御システムの安全関連部は、全て上記ISO25119-1~4:2010に基づき設計されていることを前提とする。  
 注4) 追加保護方策が制御システムの安全関連部による場合、AgPLに対応するAgPLの要件を満たす設計が求められる(ISO25119-1~4:2010参照)。  
 注5) 追加の保護方策(例示)については、該当規格等に基づき、目標とする暴露頻度または回避可能性を実現できるものとし、その性能を確認した上で導入する必要がある。  
 注6) 残留リスクへの処置(例示)については、項目と残留リスクの大きさにより、製造者が導入・使用者とともに対策の適切性を検討の上、実行する必要がある。

#### 4. 成果の活用面と留意点

今後の技術開発に資する。ただし、活用にあたっては表中の注1~6に留意する。なお、危険事象の抽出にあたっては、既存の各手法や中央農研の試験研究成績(2015.3)が活用できる。

#### 5. 残された問題とその対応

ロボット農機に関するリスクアセスメント事例は公表されたものが少なく、今後の製造者における取組の促進に向けた情報発信を行う必要がある。

課題分類：7 (1) (2)

課題 I D：600-d0-711-P-15

研究課題：大規模水田輪作体系における高精度運転支援技術の実証

担当部署：生研センター・特別研究チーム (ロボット)

協力分担：(株) クボタ、千葉県、千葉県柏市

予算区分：経常・受託 (生産局補助)

研究期間：完2015年度 (平成27年度)

## 1. 目的

RTK-GNSS補正情報の配信インフラとして、広域で安定した運用を見込めるインターネット配信システムを整備するとともに、自動操舵装置、GPSレベラ、ロボットトラクタ (ロボトラ) 等の高精度GNSS測位を利用するロボット農機を導入し、作業精度や作業能率の向上、規模拡大が進む生産組織における機械作業上の課題である初心者による熟練者並の作業の実現、機械の稼働率向上等の効果が得られることを実証する。

## 2. 方法

千葉県柏市所有の施設に設置したRTK補正情報インターネット配信システムを利用して、以下の実証試験を柏市内の水田において実施した。

- 1) 田植作業を自動操舵装置で支援することにより、湛水時にも落水時と同様の精度や能率で作業が行えることを実証するため、自動操舵装置を装着した8条乗用田植機 (図1) を用いて、21a～30aの湛水および落水状態の9試験区で田植え作業を実施し、作業精度、作業能率を評価した。
- 2) 代掻き作業を自動操舵装置で支援することにより、運転者の熟練度に関わらず作業精度や能率が改善されること、夜間作業が日中と同等に行えることを実証するため、自動操舵装置を装着したトラクタ (図2) を用いて、熟練度の異なる被験者2名の運転により46a～104aの7試験区で代掻き作業を実施し、作業精度、作業能率等を評価した。
- 3) 大型ロボトラと高速作業に対応した作業機の利用や、夜間の無人作業による稼働時間の延長等により、高能率ロボット作業体系が実現可能であることを実証するため、CANバスに接続した制御PCからの指令で走行状態等を変更可能に改造した大型トラクタに、RTK-GNSS受信機、監視用カメラ、Wi-Fi機器等を搭載し、遠隔操縦と自律運転が可能なロボトラを試作した (図3)。試作ロボトラにスタブルカルチ (作業幅3.1m) を装着して耕うん作業を行ない、走行精度、旋回時間等の基本性能を確認し、最終的な試験の準備を進めた。

## 3. 結果の概要

- 1) 自動操舵装置の利用により、湛水状態に関わらず作業行程間隔の均一さおよび直進性が向上し (表1)、湛水時でも落水時と同等の速度や能率で作業が可能であった (表2)。また、湛水による植付け精度の低下もなかったことから、自動操舵装置の利用により、作業能率を落水時と同等に維持しつつ、田植え前後の水管理を省略できることが明らかとなった。
- 2) 自動操舵装置の利用により、両被験者ともに作業行程間隔のバラツキや目標行程からの誤差が小さくなった。また、視界の悪い夜間や既耕地の判別が困難な2回目の作業時にも走行精度の低下が抑制されるなど、作業全体において走行精度の向上が確認された (表3)。
- 3) 試作ロボトラの平均作業速度 (作業行程端での加減速領域を含む) は、スタブルカルチに適した作業速度を選択した結果、約2.2m/sとなった。同速度域においても直進作業の走行精度は横偏差 (RMS) 1.6cmと高精度で、作業行程端での加減速も円滑に行なわれた。また、制御プログラム改良の一環として隣接工程への旋回方法を変更した結果、行程終端から次行程作業の開始に要する時間は34.7sとなり、オペレータ乗車時と遜色ない時間で完了することが可能となった (図4)。

以上、RTK補正情報インターネット配信システムを利用する高精度RTK-GNSSを核とする一連のロボット農機の現場実証試験を行ない、ロボット農機の導入効果の一端を明らかにすることができた。なお、試作ロボトラおよびGPSレベラを供試した実証試験は年度内に実施する予定となっており、安全に関する課題抽出等も行い、成績として取りまとめる予定である。



図1 供試機械（田植機）の外観

表1 田植えの走行および作業精度

試験番号	自動操舵	湛水条件	作業速度 [m/s]	行程間隔 (RMS) [cm]	直進性 <sup>*1</sup> [cm]	欠株等 <sup>*2</sup> [%]
1	なし	落水	—	6.6	10.2	0.7
2	あり	落水	—	5.4	4.1	2.3
3	あり	湛水	—	4.3	4.0	0.8
4	なし	湛水	—	6.0	10.3	0.9
5	あり	湛水	1.08	4.3	3.0	0.8
6	なし	湛水	0.81	8.8	11.9	1.0
7	なし	湛水	—	7.1	19.8	—

※1 作業行程毎に最小二乗法により求めた直線に対する距離の標準偏差  
 ※2 欠株、浮苗、埋没苗、転び苗の合計



トラクタ(クボタ SMZ955)

表2 田植えの作業能率

試験番号	自動操舵	湛水条件	ほ場面積 [㎡]	作業速度 [m/s]	作業時間 [h]	ほ場作業量 [ha/h]	ほ場作業効率 [%]
8	あり	落水	2,983	1.11	0.54	0.55	66%
9	あり	湛水	2,972	1.14	0.50	0.59	69%
10	なし	落水	2,959	1.17	0.53	0.55	63%
試算 <sup>**</sup>	なし	湛水	2,972	0.81	0.65	0.46	76%

※試験#9の作業速度を精度試験区の作業速度(2.9km/h)として試算



自動操舵装置(ニコントリプル CFX750, EzPilot)

図2 供試機械（トラクタ）の外観

表3 代掻きの作業精度および能率

試験番号	自動操舵	被験者	行程間隔精度		ほ場面積 [㎡]	作業速度 [m/s]	作業時間 [h]	ほ場作業量 [ha/h]	ほ場作業効率 [%]
			1回目 [cm]	2回目 [cm]					
1	なし	A	32.2	48.3	8,301	0.45	2.06	0.40	86%
2	なし	B	46.7	53.9	8,369	0.46	2.14	0.39	86%
3	あり	B	—	—	4,577	0.39	1.54	0.30	84%
4	あり(夜)	B	8.7	6.4	9,255	0.51	2.31	0.40	88%
5	あり	A	—	—	9,244	0.50	2.43	0.38	86%
6	あり	B	4.1	4.4	9,455	0.63	1.88	0.50	91%
7	あり	A	6.0	4.9	10,419	0.60	2.18	0.48	89%



試作ロボットトラクタ（ベース機：クボタ M135G）

図3 試作ロボトラの外観

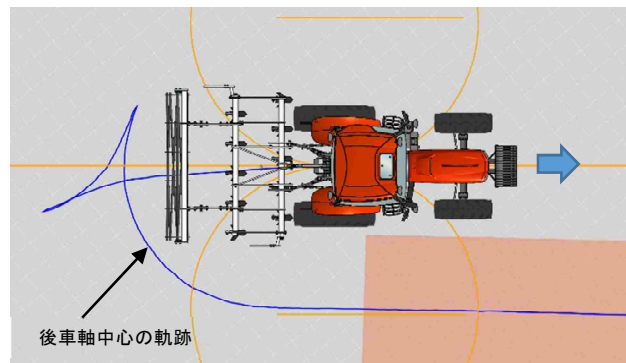


図4 隣接行程への効率的な旋回方法

4. 成果の活用面と留意点

- 1) ロボット農機普及のための資料としての活用を図る。
- 2) 本事業で整備されたRTK補正情報インターネット配信システムは、事業終了後に柏市へ移管され、地域のインフラとして活用される予定である。

5. 残された問題とその対応

車両型ロボット農機の普及には、コスト低減や安全確保等の課題が残っている。新規課題等で引き続き検討を行なう。



## 8. 特別研究チーム(安全)



## Ⅱ 検査・鑑定等業務

# 1. 検査

## [1] 型式検査の主な動き

- 1) 平成27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27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1・2室
田植機(乗用型)	0	0	0	0	作1室
野菜移植機	0	0	0	0	同上
動力噴霧機(走行式)	0	0	0	0	同上
スピードスプレヤー	0	0	0	0	同上
コンバイン(自脱型)	0	0	0	0	作2室
コンバイン(普通型)	0	0	0	0	同上
ポテト・ハーベスター	0	0	0	0	作1室
ビート・ハーベスター	0	0	0	0	同上
安全キャブ・フレーム	1	31	31	0	安全室
型式計	1	31	31	0	

## [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
27.4.14 27.4.23	27.4.20 ～4.22 27.5.11 ～5.13	生研センター	27.6.2	2社 4型式
27.5.25	27.6.1 ～6.3	生研センター	27.6.30	1社 5型式
27.7.17	27.8.3 ～8.5 27.9.9	生研センター	27.10.6	1社 1型式
27.9.18 27.9.30	27.9.28 ～9.29 27.10.19 ～10.21	生研センター	27.11.25	2社 3型式
27.10.20 27.10.28 27.11.9 27.11.17	27.10.26 ～10.27 27.11.9 ～11.11 27.11.16 ～11.18 27.11.24 ～11.26	生研センター	27.12.24	3社 6型式
27.11.17	27.12.14 ～12.15	生研センター	28.1.29	1社 2型式
28.2.1 28.2.5 28.2.19	28.2.8 ～2.10 28.2.15 ～2.16 28.3.7 ～3.9	生研センター	28.3.30	4社 10型式

(3) 合格機の型式名、依頼者名、合格番号（表1-3参照）

表1-3 平成27年度合格機一覧

型式名	依頼者の名称	合格番号
キセキ SC151	井関農機株式会社	215001
キセキ SC167	〃	215002
ジョンデール CG703	ヤンマー株式会社	215003
ジョンデール CG705	〃	215004
クボタ KSQ45C	株式会社クボタ	215005
クボタ KSQ60C	〃	215006
クボタ KSQ60C-PC	〃	215007
クボタ KSF45C	〃	215008
クボタ KSF54C	〃	215009
ヤンマー KQ113	ヤンマー株式会社	215010
VALTRA T888MP1S	中西商事株式会社	215011
ニューホント CS44	日本ニューホント株式会社	215012
ニューホント CS45	〃	215013
キセキ SC173	井関農機株式会社	215014
キセキ SC173C	〃	215015
キセキ SF421	〃	215016
クボタ IC97MR	株式会社クボタ	215017
VALTRA T888MCS	中西商事株式会社	215018
AGCO 8033Q3	〃	215019
キセキ SC161	井農機株式会社	215020
キセキ SF420	〃	215021
キセキ SF430	井農機株式会社	215022
キセキ SF430J	〃	215023
FENDT 416、810	エム・エス・ケ農業機械株式会社	215024
クボタ TSQ24A	株式会社クボタ	215025
クボタ TSF250	〃	215026
三菱 CF340	〃	215027
三菱 CFM55	井関農機株式会社	215028
三菱 2F340A	〃	215029
三菱 2FM55	〃	215030
	〃	215031

(4) 概評

合格機は6社31型式（装着可能トラクター162型式）であった。その内訳は、安全キャブが21型式（同84型式）、安全フレームは2柱式が10型式（同78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69.5～84.0dB(A)）、85.4dB(A)（範囲83.0～87.0dB(A)）であった。

## 2. 鑑定等

### [1] 各種鑑定の主な動き

- 1) 平成27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27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27年度安全鑑定適合機（1）

対象機種	報告月日	型式数
農用トラクター(乗用型)	27.6.2	12
	27.6.30	8
	27.10.6	7
	27.11.25	6
	27.12.24	15
	28.1.29	2
農用トラクター(歩行型)	28.3.30	10
	27.7.29	5
	27.10.27	3
田植機	27.6.30	3
	27.7.29	1
	27.9.1	4
	27.12.24	5
野菜移植機	27.10.27	2
	28.1.29	3
	28.3.2	3
	28.3.30	1
スピードスプレヤー	27.6.2	1
	27.7.29	1
	27.10.6	1
	27.12.24	1
	28.3.2	2
	28.3.30	2
動力噴霧機(走行式)	28.5.10	2
	27.6.2	1
	27.10.27	3
	27.11.25	1
コンバイン(自脱型)	28.1.29	1
	27.6.30	2
	27.9.1	2
コンバイン(普通型)	27.10.6	1
	28.3.30	2
ケーンハーベスター	27.9.1	1
	27.12.24	1

表2-1 平成27年度安全鑑定適合機（2）

対象機種	報告月日	型式数
動力摘採機	27.9.1	1
動力刈取機(刈払型)	.10.27	3
	27.11.25	8
乾燥機(穀物用循環型)	27.6.2	5
	27.7.29	2
	27.9.1	24
	28.1.29	9
もみすり機	27.9.1	4
単軌条運搬機	27.11.25	3
	28.3.2	5
その他機種		
乗用管理機	27.9.1	2
	27.10.6	1
オニオンハーベスター	27.9.1	1
	27.10.6	1
玉ねぎ掘取機	27.9.1	1
	28.3.2	1
ごぼうハーベスター	27.9.1	1
ねぎ収穫機	27.10.27	1
枝豆収穫機	27.10.27	1
ロータリモア	28.1.29	2
キャベツ収穫機	28.1.29	1
にんにくハーベスター	28.1.29	1
融雪剤散布機	28.1.29	1
人参ハーベスター	28.3.30	1
	28.5.10	1
大根収穫機	28.5.10	1
ばれいしょ茎葉処理機	28.5.10	1
合計		198

### [3] 任意鑑定

農業機械任意鑑定要領に基づく平成27年度の任意鑑定の実施状況は、表2-2のとおり4機種15型式であった。

表2-2 平成27年度任意鑑定実施一覧

機種	型式数	担当
安全キャブ・フレーム	18	安全室
農耕作業用自動車等の排出ガス発散防止装置	2	原2室
農用トラクター(乗用型)	1	原1室 原2室
動力刈取機(刈払型)	1	安全室
リモコントラクター	1	原2室 原1室
計	23	

### [4] 機能確認

平成27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

17型式（24類別）、農業用薬剤散布車5型式（5類別）、および刈取脱穀作業車8型式（9類別）であった。

表2-3 平成27年度機能確認実施一覧

機 種	依頼者名	型式数	担 当
農耕トラクタ	井関農機(株)	10(14)	原2室 原1室
	(株)クボタ	4(7)	
	三菱マヒンドラ農機(株)	3(3)	
農業用薬剤散布車	(株)ショーシン	4(4)	作1室
	(株)やまびこ	1(1)	
刈取脱穀作業車	井関農機(株)	5(6)	作2室
	(株)クボタ	1(1)	
	三菱マヒンドラ農機(株)	2(2)	
計		30(38)	

( )内は類別数



### 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5年間の試作工場の月別作業件数を表1に示した。

表1 月別作業件数（件）

年 月	H23	H24	H25	H26	H27
1	3	9	7	8	9
2	6	16	7	5	9
3	6	6	9	11	14
4	10	12	14	9	8
5	10	8	12	10	10
6	12	9	20	15	11
7	8	11	14	9	17
8	12	13	15	10	11
9	10	13	6	10	21
10	14	12	15	15	15
11	9	5	6	15	10
12	6	10	4	8	6
計	106	124	129	125	141

## [2] 主な試作機械・装置

平成27年度に試作工場です試作を行った主な機械、装置等は表2のとおりであった。

表2 主な試作機械・装置（1）

部	研究単位・試験室名	名 称	摘 要
基礎技術研究部	メカトロニクス研究	自動操舵装置4号機部品の製作	トラクタのステアリングを制御し、高精度に直線作業をアシストする操舵装置の部品製作。
	〃	ターゲットランプ／脚の製作	直線作業アシスト装置のターゲットとなるランプの小型三脚の製作。
	バイオエンジニアリング研究	防除機用鉄車輪製作	ハウス内で使用する自動防除機のタイヤをφ230mmの鉄車輪に変更。旋盤の削り出しで製作。
	〃	超音波溶着技術による接ぎ木装置の製作	超音波溶着装置の受け手側治具、及び接ぎ木装置本体の把持部製作。
	資源環境グループ	除泥装置の為の治具試作	トラクタをジャッキアップして履帯式走行部を回転させ、除泥装置により道路上に落下する泥を防止する為の治具の製作。

表2 主な試作機械・装置（2）

部	研究単位・試験室名	名 称	摘 要
生産システム研究部	土壌管理システム研究	省エネ耕うん機構の改造	小型トラクタで高速耕うん作業が可能であるディスク式耕うん機構の改造。
	大規模機械化システム研究	トラクタキャビンルーフ取付穴用アルミ板の製作	トラクタのキャビンにセンサーを取り付けるためのアルミ板の製作。
	栽植システム研究	ドローンコントローラ部品作成	田植機での植付位置を上空より測定するドローンのコントローラ部品製作。
	乾燥調製システム研究	乾燥機試験用暴風遮断板	新規需要米（飼料用米）の乾燥試験に使用する為の遮断板。ダクトを通すための穴加工。
	〃	穀物温度計測ホッパー追加加工	種子消毒装置における穀温測定用ホッパーのシャッター部追加加工。
園芸工学研究部	果樹生産工学研究	採花装置部品製作	梨の花を採取・採葯し、花粉採取に使用する装置の製作。
	野菜収穫工学研究	ハクサイ収穫用姿勢保持装置部品の製作	キャベツ収穫機をハクサイへ適応させる為の姿勢保持装置における、動力取り出し部、及び姿勢制御用部品の製作。
	〃	非結球性葉菜類の刈取り搬送機構の為の実験装置の試作	非結球性葉菜類の刈取り搬送機構を開発する為の実験装置を3Dプリンターで製作。
	施設園芸生産工学研究	糖度計測器の試作	イチゴ収穫ロボットによる糖度計測システム構築のための基礎試験装置の製作。
	園芸調製貯蔵工学研究	果実の三次元模型（リンゴ・洋なし）	3次元点群（ポイントクラウド）のデータを元に3Dプリンターで製作。素材はPLAを使用。
	〃	軟弱野菜調量機構の試作	軟弱野菜調量装置の野菜乗せ台、調量部、野菜受け渡し部、カバー等製作。
畜産工学研究部	飼料生産工学研究	大豆2粒撒き用プレート	高速汎用播種機構の基礎試験機用試作機の主要部品、大豆種子を落下位置まで保持し、一定間隔に正確に放出する機能を持つ。
	〃	スクレーパ取付治具	高速汎用播種機構の高さ調整尾輪に付着する泥やゴミを取り除く為のスクレーパを取り付ける治具。
	家畜管理工学研究	残餌量検知装置台車の部品加工	乳牛の残飼量を3次元カメラで測定する為の装置を固定する釣り台車用部品。ステンレス製。
	飼養環境工学研究	微生物環境制御型脱臭システムの部品製作	低コストな小型微生物環境制御型脱臭システムの配管部品の製作。

表2 主な試作機械・装置（3）

部	研究単位・試験室名	名 称	摘 要
評価試験部	原動機第1試験室	トラクタ重心位置測定用傾斜版の設計と製作	トラクタの評価試験項目の一つである重心位置を測定するためのブリッジ、及び支点の製作。ブリッジは幅100mm、長さ4mmのH鋼を溶接。
	原動機第2試験室	性能試験用エンジン架台製作	エンジン性能試験用に鋼材を溶接で製作。エンジンの駆動回転軸の中心を合わせるために、高さと幅を調整。
	作業機第2試験室	速度計測用反射板取付ポール製作	評価試験に用いる速度計測器の反射板を取り付けるためのポールをアルミで製作。
	安全試験室	刈刃衝撃試験用棒鋼の加工	刈払機の安全鑑定確認試験（刈刃衝撃試験）に使用する棒鋼。
	〃	刈刃回転停止装置の作成	刈払機作業時の転倒などによる危険状態の際、刈刃を緊急停止させる機構のスロットルレバーの試作。3Dプリンターで作成。
	〃	刈払機の緊急停止機構の試作	刈払機の軸を緊急停止させる機構の試作部品の製作、改良。

### [3] 特記事項

- \* フライス盤用工具箱3台及び工具管理ユニットの新設。
- \* 3Dプリンター (Leapfrog Creatr XL) の導入。造形サイズは230×270×600mm。
- \* シャーリング（鋼板裁断機、～6mm）切断刃の交換・調整と再研磨。



## 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	301	301		
		朝の光	180	180		
		彩のかがやき	432	432		
		彩のみどり	130	130		
		ひとめぼれ	30	30		
		たちあやか	13	0	飼料イネ	
		(裸 地)	33	—	播種試験用	
		麦 類	小麦	100	100	
			〃	100	—	生育中
		畑	豆 類	大豆	59	59
葉茎菜類	ホウレンソウ		10	8	生育中	
	コマツナ		10	8		
	ベビーリーフ		3	3		
	ネギ		1	0.7	生育中	
	ブロッコリー		2	2		
	キャベツ		2	2		
	ハクサイ		12	10	生育中	
	ニラ		0.2	0.2		
いも類	サトイモ		1	1		
牧 草	えん麦	10	—			
	裸麦	3	0	すき込み		
麦 類	〃	20	—	生育中		
	豆 類	エダマメ	3	3	堆肥化	

[ 3 ] 研究・検査との関連

供試作物	実験項目	使用面積 (a)	担当部
水田・田植前	履带式走行部除泥試験	111	基礎技術研究部
〃	省エネ耕うん性能試験及び所要耕うんエネルギー調査	90	生産システム研究部
〃	ロボットトラクタ代掻き作業試験	30	特別研究チーム(ロボ)
水田・水稲	農場専門研修(田植・管理・収穫)	38	企画部・生産部
〃	中山間ピークル圃場試験(代掻き、田植え)	10	生産システム研究部
〃	除草機の実証試験と有機農業の体系化試験	52	生産部・中央農研
〃	高速乾燥試験	100	生産システム研究部
〃	乾燥機省エネ性能試験	276	評価試験部
〃	コンバイン省エネ性能試験	206	〃
〃	電動田植機性能試験	316	特別研究チーム(ロボ)
水田・収穫後	履带式走行部除泥試験	92	基礎技術研究部
〃	巻き込まれ防止コンバイン試験	10	〃
〃	省エネ耕うん試験	70	生産システム研究部
〃	中山間ピークル試験(耕うん)	30	〃
〃	高速畝立て播種試験	50	〃
〃	トラクタ省エネ性能試験	223	評価試験部
〃	電動耕うん試験	53	特別研究チーム(エネ)
〃	ロボットトラクタ耕うん・均平試験	186	特別研究チーム(ロボ)
〃	除染用機械性能試験	30	〃
飼料イネ	高速播種機関連試験	13	畜産工学研究部
なし	ロボットトラクタ走行試験	58	特別研究チーム(ロボ)
〃	高機動畦畔草刈機試験	20	生産システム研究部
小麦	巻き込まれ防止コンバイン試験	10	基礎技術研究部
〃	簡素化コンバイン収穫試験	30	生産システム研究部
〃	自脱コンバイン清掃簡易化試験	30	〃
大豆	高速畝立て播種試験	69	〃
ハクサイ	加工用ハクサイ収穫機試験	12	園芸工学研究部
ブロッコリー	キャベツ収穫機適応性試験	3	〃
キャベツ	〃	3	〃
ホウレンソウ	非結球野菜類収穫機構試験	10	〃
コマツナ	〃	10	〃
ベビーリーフ	〃	3	〃
ニラ	軟弱野菜調量装置試験	0.1	〃

## [4] 気象概況

今年度の夏作期間（5月～10月）の気象は、好天に恵まれた5月に始まり、多雨の梅雨期、梅雨明け前の記録的な大雨、その後の晴れ続きと高温、盆過ぎからの秋雨前線による降雨と低温が続き、10月には再び晴天と乾燥が続くなど、大きな変動を見せた。

平均気温は5月と7月下旬には3度以上、期間を通じては1.1度平年を上回った。日照時間は、梅雨末期の7月上旬と秋雨期に少なく、その他は多照であり、7月下旬には平年の1.5倍の値を示した。降水量は、7月中旬と9月上旬には台風による記録的な大雨、10月上・下旬には10日間の降水量が0を記録するなど、極端な変動を見せたが、総雨量は概ね平年並みであった。

## [5] 作物の生育概況

### 1) 水稲

今年の水稲作は、田植え作業が5月下旬から7月上旬まで行われた。早く植付けた圃場では植付け直後の好天に恵まれ順調に生育したが、出穂頃に高温に見舞われて品質が低下した。その他の圃場では出穂直後から気温が低く、登熟の遅れが見られたが、収穫時期には晴天に恵まれ、順調に収穫試験を行うことが出来た。全品種、全圃場の推定平均収量は、10a当り乾燥粳 577kg・玄米 414kgで、前年比92%（玄米）、農場平均収量の90%（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、順調に生育したのちコンバインの試験に供試された。28年産麦は、11月末に畑に裸麦を、水稲跡に小麦を播種したが、乾燥と低温の影響で一部に生育の遅れが見られている。

大豆は、排水対策をしたため順調に生育した。

野菜類では、初夏どりハクサイとキャベツ、ブロッコリーを4月に定植し、好天に恵まれて試験に供したが、ハクサイは高温多湿によりべと病が発生した。また、9月上中旬にはほ場の一部に設けた黒ボク土ほ場と灰色低地土に秋冬どりハクサイを2回に分けて定植し、11月以降の収穫試験に供した。9月下旬に植えたものは鳥害にあい、補植を行ったが生育ムラが残った。5月中旬から7月上旬にかけて、ハウレンソウ、コマツナとベビーリーフを播種した。この時ハウレンソウとコマツナは出芽しなかったが、9月に播種したものはよく生育して、その後も試験に供されている。数年前から供試しているニラは、12月中旬まで調製試験に供されたが、それ以降は暖冬からの急激な寒波到来により枯れてしまったため、しばらく休ませている。ネギは、6月に植付けたものが順調に生育し、供試されている。

このほか、燕麦と裸麦を播種し、除草機の試験に供された。

## [6] その他

- ・ 水稲の育苗時期と重なり、用水池に繁茂する菱の早期駆除ができなかった。
- ・ 中央農研の有機農業試験と畜草研の試験材料提供に協力した。
- ・ 外便所の改修工事を行い、職場の環境改善を図った。
- ・ 高所作業車を購入し、水田／畑作用の乗用管理機を更新した。
- ・ 西Ⅲ区東側のコンクリート畦畔が崩壊しつつあったので敷設工事を行った。

本報告の取扱いについて

本報告は非公開資料です。  
取り扱いには、ご注意願います。

問い合わせ先：

生研センター 企画部 機械化情報課

TEL: 048-654-7030

FAX: 048-654-7130

または

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

平成27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  
生物系特定産業技術研究支援センター  
農業機械化研究所

〒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28年6月