

平成29年度

革新工学センター研究報告会

平成30年3月8日

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

平成 29 年度 革新工学センター研究報告会開催次第

1. 開催日時 平成 30 年 3 月 8 日 (木)

2. 場 所 大宮ソニックシティ「小ホール」
(さいたま市大宮区桜木町 1-7-5 TEL: 048-647-4111(代))

3. スケジュール

1) 開 会 10:00

2) 挨拶

(1) 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

(2) 農林水産省

3) 情勢報告

(1) 農林水産省生産局

(2) 農林水産省農林水産技術会議事務局

(3) 革新工学センター

4) 革新工学センターの研究概要報告

・ロボット・ICT 技術

・土地利用型作物用機械

・園芸・畜産用機械

・農作業安全

《 昼 食 》

12:00～13:00

5) 個別研究報告

(1) 農業機械等緊急開発事業の成果

①高速高精度汎用播種機の開発

②高性能・高耐久コンバインの開発

③籾殻燃焼バーナーの開発

④野菜用の高速局所施肥機の開発

⑤軟弱野菜の高効率調製機の開発

(2) 大量の農産物テキストの効率的解析手法提案 ～野菜商品レビューを対象として～

(3) 露地野菜の生育シミュレーションに基づく出荷予測システム

(4) 高温熱風による飼料用米の効率的乾燥に関する研究

(5) ホウレンソウの全自動移植機の開発

(6) スマートフォンやウェアラブルセンサを用いた危険箇所接近警報及び熱中症予防対策

(7) スイカのトンネル栽培におけるつる引き作業用イスの開発

(8) 車両型ロボット農機の安全性に関する取組について

6) 総合討議

7) 閉 会 17:30

目 次

| | |
|--|-----|
| 1. 高速高精度汎用播種機の開発 | 1 |
| 2. 高性能・高耐久コンバインの開発 | 16 |
| 3. 籾殻燃焼バーナーの開発 | 22 |
| 4. 野菜用の高速局所施肥機の開発 | 35 |
| 5. 軟弱野菜の高能率調製機の開発 | 50 |
| 6. 大量の農産物テキストの効率的解析手法提案 ～野菜商品レビューを 対象として～ | 60 |
| 7. 露地野菜の生育シミュレーションに基づく出荷予測システム | 66 |
| 8. 高温熱風による飼料用米の効率的乾燥に関する研究 | 74 |
| 9. ホウレンソウの全自動移植機の開発 | 87 |
| 10. スマートフォンやウェアラブルセンサを用いた危険箇所接近警 報及び熱中症予防対策 | 98 |
| 11. スイカのトンネル栽培におけるつる引き作業用イスの開発 | 107 |
| 12. 車両型ロボット農機の安全性に関する取組について | 113 |

高速高精度汎用播種機の開発

予算区分:第4次緊プロ

研究期間:2015~2017

共同研究企業:アグリテクノ矢崎(株)

研究協力:

茨城県農業総合センター、埼玉県農業技術研究センター
群馬県畜産試験場、長野県畜産試験場
静岡県畜産技術研究所、三重県農業研究所
大分県農林水産研究指導センター
東北農業研究センター

背景・目的

新たに開発してほしい担い手向けの農業機械に関する調査

(農林水産省H26)

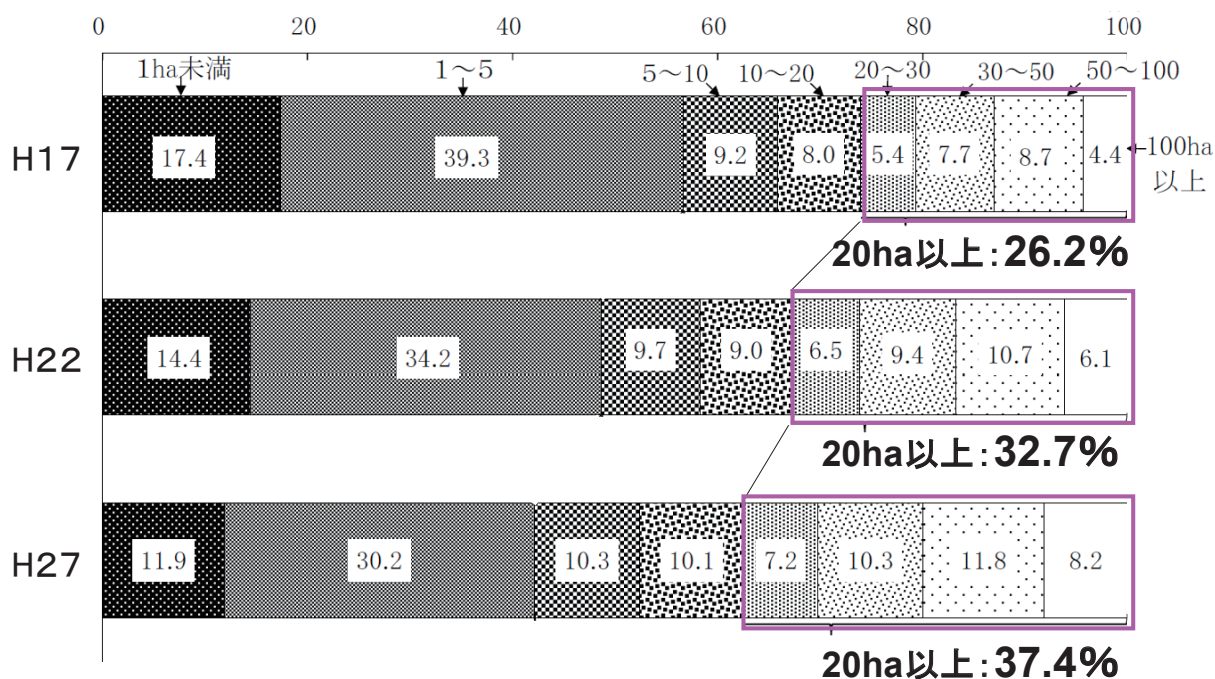
結果:播種機開発への要望多数

- ・ 播種機が時代遅れ、乾田直播の普及が遅れる
- ・ 精度を維持して速度を国産の倍に
- ・ 7km/h以上の実現 ・ 真空播種機の速度が遅い
- ・ 水田、畑作の複合経営で適期作業が課題
- ・ 乾田直播を導入したいが点播が好ましい
- ・ 高性能高速不耕起播種機を
- ・ 80psトラクターで上がる重量

要望理由:規模拡大、作業時間短縮、作業効率向上、コスト縮減

20～100ha経営層が急増

図 経営耕地面積規模別の面積割合(全国)



(2015農林業センサス結果の概要:農林水産省 農林水産統計より)

導入利用ターゲット

複数の土地利用型作物で経営規模20ha以上の経営体

【対象作物の面積】

- 稲乾田直播:2万ha※
- 麦類:27万ha
- 大豆:13万ha
- トウモロコシ:9万ha

※ 実用化5年後の予測値

複数作物の経営体

- 稲+麦又は大豆は、稲作付の約7割
- 大豆+麦は、大豆作付の約4割

(農水省HP、優良事例のうち、経営面積20ha以上の経営体115例(普通作)から推定)

適応トラクター:60ps, 70ps, 80ps以上

(導入基本方針のⅢ,Ⅳ類で、利用規模の下限は水田20ha、畑作25ha)

開発目標

- ① **作物適応性**が高い
 - ・ 稲、麦、大豆、トウモロコシなど
- ② **高速**作業が可能
 - ・ 作業速度: 5~9km/h
- ③ 稲の**点播**が可能
 - ・ (乾田直播)
- ④ 一部不耕起ほ場に**適応**

償却費低減

作業平準化

時間短縮

燃料削減

収量・品質の安定化

作業省略

適期内作業

燃料削減

全体計画

| | 2015 | 2016 | 2017 |
|------------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1. 開発目標の整理と仕様検討 | ←→ | | |
| 2. 試作機的设计・製作・改良 | | | |
| 3. 現地ほ場試験 精度試験・能率試験 | 1次・2次試作 (6条) | 3次試作 (6条、8条) | |
| 4. 市販化に向けた検討 | ←→ 現地試験 | | 10/26 現地検討会 ← |

供試機(2次試作機)の概要

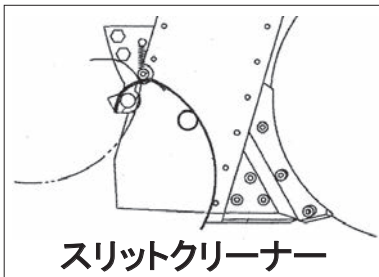


高速種子繰出装置



肥料ホッパ
(150L×2)

30cm条間、6条



スリットクリーナー



土寄せ装置

播種ユニット
・ 接地荷重可変式

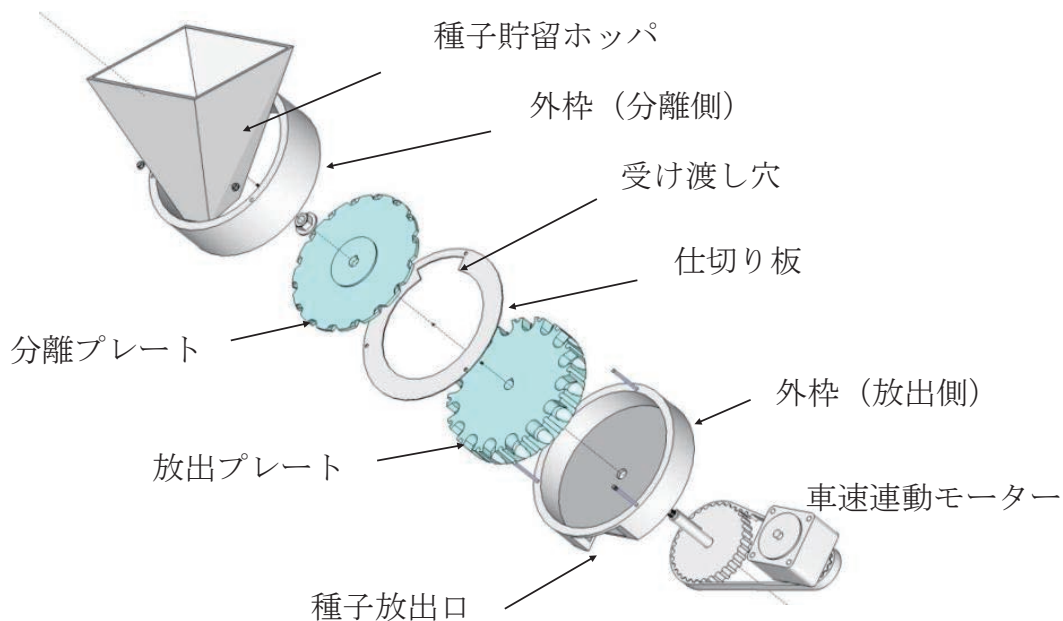


コールター

播種作業の流れ

1. コールタで圃場表面に切り込みを入れる
- ↓
2. 作溝爪により播種溝を作る
- ↓
3. 高速種子繰出装置より放出された種子がスリット内を通り播種溝に播種
- ↓
4. 土寄せ装置により播種溝に覆土
- ↓
5. 鎮圧輪により鎮圧

高速種子繰出装置(ダブルプレート式)の構造



分離プレートの種類

稲、麦類の
高速播種用
(トウモロコシ用)



大豆1粒用
(小粒大豆)



大豆2粒用



高速点播の様子



稲複数粒点播(スロービデオ)

播種作業の様子(横から)



稲の乾田直播:5km/h

条播と点播の比較



条播(グレンドリル)



点播(開発機)

H28現地ほ場試験(2016)

| 試験主体・試験地 | 稲 | 麦類 | 大豆 | 他 | 備考(比較対照機種等) |
|--|--------|---------------|----|-------------|--------------------------------|
| 東北農研 | ○ | ○□ | ○□ | コーン | グレンドリル、真空播種機、ロータリ播種機、牽引式不耕起播種機 |
| 茨城県農業総合センター&イワセグリーンファーム | ○ | ○□ | ○□ | そば | ディスク式不耕起播種機 |
| 群馬県畜産試験場 山田農園(前橋市) 鼻毛石機械利用組合 箱石生産組合 | ○ | □ ○□ ○□ | ○ | コーン スーダン | ロータリ播種機(ロール式) |
| 埼玉県農業技術センター | ○□ | | | | ロータリ播種機 |
| 長野県畜産試験場 長野県農業試験場 | □ □ | | | | (代掻き圃場) |
| 三重県農業研究所&陽光園(松坂市) | ○ | ○ | ○ | | 不耕起V溝直播機(稲) |
| 大分県農林水産研究指導セ 大肥郷農業振興会 | ○ □ | ○ | ○□ | | ロータリ播種機他 |
| ソメノグリーンファーム他 | ○ | | | | |

注:○は耕起、□は不耕起を示す。

稲乾田直播試験



5km/h (1.4m/s)
(点播速度)



10km/h (2.8m/s)

作業速度と出芽率等から見た作業速度の上限(～2016)

| 稲 | | | | 大豆 | | | |
|------|--------|-------------|--------------|--------------------------|--------|-------------|-----------|
| 試験地 | 耕起・不耕起 | 作業速度 (km/h) | 出芽率等 (%) | 試験地 | 耕起・不耕起 | 作業速度 (km/h) | 出芽率等 (%) |
| 茨城 | 耕起 | 5.4 | 89.6～90.1 | 東北農研 | 耕起 | 5.0 | 98.7 |
| | 不耕起 | 9.3 | 76.3～85.8 | | 不耕起 | 5.0 | 88.2* |
| 長野 | 不耕起 | 5.0 | 51.8～62.6 | 茨城 | 不耕起 | 4.7 | 83.8 |
| | 耕起 | 5.0 | 67.8 | 群馬 | 耕起 | 4.7 | 98.1～99.5 |
| 三重 | 耕起 | 6.8 | 69.5 | 三重 | 耕起 | 7.7 | 89.1 |
| | 耕起 | 8.6 | 68.9 | 不耕起 | 7.9 | 47.9* | |
| 大分 | 耕起 | 10.8 | 61.4 | 大分 | 不耕起 | 2.0 | 1株本数 2.0 |
| | 耕起 | 12.9 | 58.7 | 不耕起 | 3.9 | 1株本数 1.9 | |
| 大分 | 耕起 | 4.9 | 欠株 0.0% | 不耕起 | 5.9 | 1株本数 1.9 | |
| | 耕起 | 7.7 | 欠株 0.0% | | | | |
| | 耕起 | 9.9 | 欠株 4.3% | | | | |
| 大分 | 耕起 | 11.8 | 欠株 8.7% | | | | |
| | 不耕起 | | | | | | |
| 麦類 | | | | * : 不耕起は耕起に比べて出芽率が低くなる傾向 | | | |
| 東北農研 | 耕起 | 7.0 | 40.5～51.9 | 作物別作業速度の上限は、 | | | |
| | 不耕起 | 7.0 | 34.7～42.2* | • イネ: 約9～10km/h | | | |
| 群馬 | 耕起 | 7.9 | 89.7 | • 麦類: 約7～9km/h | | | |
| | 不耕起 | 7.0 | 88.3* | • 大豆: 約5～7km/h | | | |
| 大分 | 不耕起 | 8.6 | 76.8～79.6* | (注: 2016年までの試験結果より) | | | |
| | 耕起 | 3.1 | 1株本数 3.5～4.0 | | | | |
| 大分 | 耕起 | 4.8 | 1株本数 3.5～3.6 | | | | |
| | 耕起 | 7.4 | 1株本数 3.2～4.2 | | | | |

試験結果(稲)

稲乾田直播の作業速度と点播精度(三重県農業研究所、耕起区)

| 供試機 | 作業速度 (km/h) | 苗立間隔 (cm) | 苗立 形状※ | 苗立率(%) |
|----------|----------------|--------------|-----------|--------|
| 開発機 | 5.0 | 21.6 | ◎ | 67.8 |
| | 6.8 | 20.9 | ○ | 69.5 |
| | 8.6 | 21.6 | ○ | 68.9 |
| | 10.8 | 21.2 | △ | 61.4 |
| 不耕起V溝直播機 | 5.4 | — | — | 69.6 |

※株長が苗立間隔の1/2を超える点播ヶ所数の割合で評価,
◎:0%以上-10%未満, ○:10%以上-20%未満, △:20%以上-30%未満

(品種:コシヒカリ)

試験結果(麦)

麦の耕起播種と不耕起播種の結果(群馬県畜産試験場)

| 供試機 | 試験区 | 作業速度 (km/h) | 出芽率 (%) |
|-----|-----|----------------|------------|
| 開発機 | 耕起 | 7.9 | 89.7 |
| | 不耕起 | 8.6 | 79.6 |

(品種:耕起はムサシボウ、不耕起はワセドリ2条)

麦の不耕起播種

群馬県畜産試験場の資料より



現在、飼料用麦類に利用できる農薬はないため、除草対策が必要
稲麦二毛作栽培体系であるため、播種前の準備作業がタイトになりやすい

収量は耕起、不耕起とも変わらない。
雑草量は不耕起栽培の方が少ない。

試験結果(大豆)



大豆の播種精度の比較(茨城県農業総合センター、不耕起区)

| 供試機 | 作業速度 (km/h) | 播種深さ (cm) | 播種間隔 | |
|-----------------|----------------|--------------|------------|-------------|
| | | | 平均 (cm) | 変動係数 (%) |
| 開発機 | 5.0 | 2.2 | 16.6 | 34.6 |
| ディスク式不耕起 播種機 | 5.0 | 2.4 | 17.2 | 79.6 |

(品種: 里のほほえみ)

大豆(エダマメ)の出芽・生育状況

群馬県畜産試験場の資料より



- ▶ 対照区に比べ、正確な播種間隔を実現
- ▶ 苗立ち率も非常に良く、生育も良好
- ▶ 機体がコンパクトで旋回しやすく、作業性が向上

株間の均一化

- 風の通りがよく生育が安定、病害も少ない
- 収量良く、上物率が向上（山田農場）

試験結果(そば)



そばの播種速度と収量(茨城県農業総合センター、不耕起区)

| 供試機 | 作業速度 (km/h) | 播種量 (kg/10a) | 坪刈収量 (kg/10a) |
|-------------|----------------|-----------------|------------------|
| 開発機 | 9.2 | 5.1 | 77.9 |
| ディスク式不耕起播種機 | 4.9 | 5.5 | 69.8 |
| ハローシーダー | 4.5 | 6~7 | 58.4 |

(品種:常陸秋そば)

試験結果(トウモロコシ)

トウモロコシの作業速度と出芽率
(農研機構東北農業研究センター、不耕起区)

| 供試機 | 作業速度 (km/h) | 出芽率 (%) |
|---------------------|----------------|------------|
| 開発機(3条播き) | 7.0 | 89.8 |
| けん引式不耕起播種機 (海外製) | 7.0 | 90.3 |

(品種: NS115S)

スーダングラス播種試験

群馬県畜産試験場の資料より

不耕起複数点播区



耕起複数点播区



耕起散播区



播種量 3.78kg/10a

苗立率 90.7%

乾物収量 868kg/10a

3.70kg/10a

90.5%

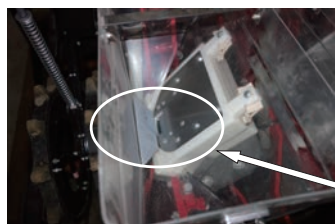
463kg/10a

8.00kg/10a

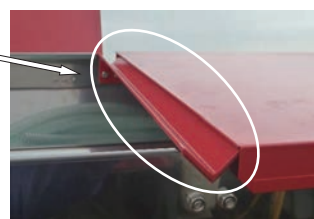
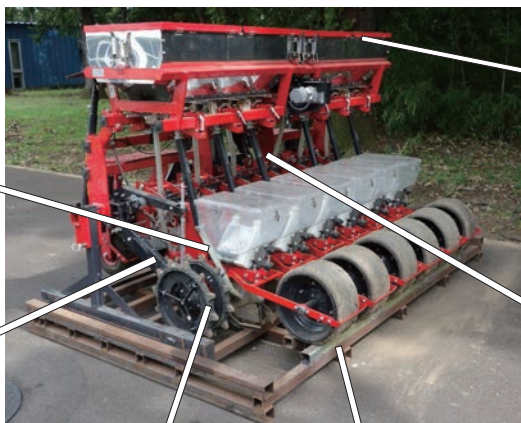
55.8%

332kg/10a

3次試作機の改良点



ホッパ底形状変更



肥料ホッパ漏水防止



駆動輪にエンコーダを組み込み



スクレーパ強度アップ



扁平タイヤ



伸縮性肥料導管

3次試作機の主要諸元



全 長 : 1,610 mm

全 幅 : 2,200 mm

全 高 : 1,400 mm

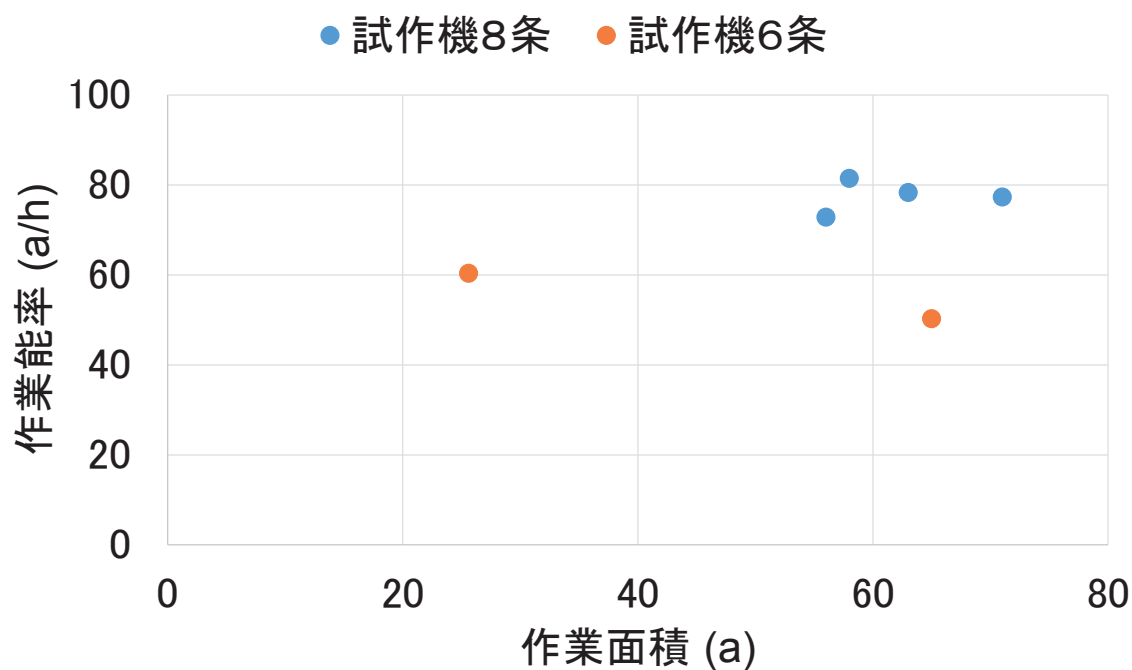
質 量 : 804 kg

条 数 : 6 条

適応トラクタ: 44kW(60PS)以上

作業能率(H29試験結果より)

— 稲 — (作業速度:5km/h)



現地検討会の様子(2017.10.26 茨城県桜川市)

参加者:約110名

農業者、農業者団体、農業指導機関、試験研究機関、行政などの担当者



1. 耐久性等を引き続き確認
2. 取扱性等の確認
3. 平成31年度の実用化を目指す

H29年度 革新工学センター研究報告会 (2018.03.08)

高性能・高耐久コンバインの開発

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
・収穫乾燥調製システムユニット

共同研究：株式会社クボタ

研究期間：2014～2016年度

農研機構は食料・農業・農村に関する研究開発などを総合的に行う我が国最大の機関です

現状と問題点

農水省による大規模農家への聞き取り調査で

「故障・つまりが発生しやすい」、「耐久性が低い」との意見

- ・故障・つまりが発生すると、長時間作業が停止
- ・部品点数が多く、修理や消耗品交換にかかる労力・費用が多い

自脱コンバイン



穂先のみ
を処理

- 脱穀所要動力が小さい
→ 作業能率が高い
- 構造が複雑
→ 搬送部がつまりやすい

汎用コンバイン



作物全体
を処理

- 脱穀所要動力が大きい
→ 作業能率が低い
- 構造が簡素
→ つまりにくい

● 目的

新脱穀機構等により作業能率を向上させつつ、構造の簡素化および消耗部品の削減を図った高性能で高耐久なコンバインを開発する。

● 開発目標

- ① **日本型水稻を高精度に収穫**
- ② **5条刈自脱コンバインと同等の作業能率**
- ③ 刈取部・脱穀機構等の改良により**脱穀所要動力を低減**
- ④ 自脱コンバインと比較して**消耗部品の交換点数を削減**

3

● 開発内容

- ① 100～120馬力の汎用コンバインをベースとし、特に**稲の脱穀性能を向上**
- ② 麦、大豆、そば等に現行機同等の能力を維持し、**年間の機械稼働率を向上**
- ③ 消耗の激しい部位の構造部品の高耐久化等により、**メンテナンスコストを低減**

● 目標価格帯

1,500～1,800万円程度

4

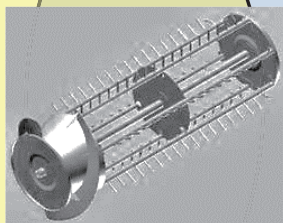
開発方針

高耐久

- ・ 部品を高耐久素材化
- ・ 部品点数を削減



機体：
国内製汎用コンバイン
(摩耗損傷の激しい部位
に高耐久部材を採用)



脱穀機構：
バータイプ脱穀機構
(脱穀負荷が小さく
作業速度が向上)

高性能

- ・ 収穫ロス：
型式検査基準内
- ・ 能率(刈幅×速度)：
自脱5条コン以上



刈取部：
2段刈り機構
(高刈りすることで
作業能率が向上)

5

開発機の概要

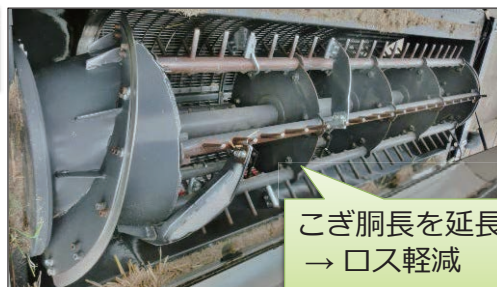


穀粒搬送部などに
高耐久素材を採用

3種の刈幅仕様により
小～大規模圃場に対応

全長：6.3 m
質量：5.5 t
機関出力：
88.3kW(120PS)
4次排ガス規制対応

高性能・高耐久コンバイン
開発機 (最終試作機)



こぎ胴長を延長
→ ロス軽減

新型バータイプ脱穀機構



2段刈りにより
脱穀負荷を軽減

2段刈り装置 (オプション)

6

1. 精度・能率調査

供試作物・試験地

稲：きらら397（北海道） 飼料稲：ミズホチカラ（三重）
 小麦：ゆめちから（北海道） 大豆：フクユタカ（岐阜）

調査項目

精度：穀粒損失、穀粒品質（夾雑物、損傷粒、枝梗・穂切粒）
 能率：面積当たりほ場作業量

2. 耐久性評価のための構造調査

供試機

開発機、および同社製5条刈自脱コンバイン（対象機）

調査項目

部品点数、消耗品コスト（消耗部品点数×交換頻度）
 構造素材（穀粒搬送部などの摩耗の激しい部位）

7

精度試験結果（稲）

| 作物・作業条件 | 作目 | | 稲 | 飼料用稲 |
|---------|---------|---------------------|------|---------|
| | | 品種 | | きらら397 |
| | 全長 | (cm) | 87.5 | 112.7 |
| | 立毛角 | (°) | 82.5 | 89 |
| 水分 | 穀粒 | (%) | 28.6 | 25.3 |
| | 茎葉 | (%) | 69.7 | 69.7 |
| | 脱穀流量 | (t/h) | 18.7 | 18.9 ※2 |
| | 刈幅×作業速度 | (m ² /s) | 2.6 | 1.9 |
| 試験結果※ | 穀粒損失 | | ◎ | — |
| | 夾雑物 | | ◎ | — |
| | 損傷粒 | | ◎ | — |
| | 枝梗・穂切粒 | | ◎ | — |

※ 判定基準 ◎:コンバイン型式検査基準を満たす —:基準なし

※2 2段刈り装置を用いて高刈りし、脱穀流量(脱穀部に流入する作物量)を低減

8

精度試験結果（麦・大豆）

| 作物・作業条件 | 作目 | | 小麦 | 大豆 |
|---------|-----------------------------|--------|-------|-------|
| | 品種 | | ゆめちから | フクユタカ |
| | 全長 (cm) | | 86.7 | 67.5 |
| | 立毛角 (°) | | 82.5 | 43.0 |
| | 水分 | 穀粒 (%) | 14.5 | 17.4 |
| | | 茎葉 (%) | 32.1 | 56.2 |
| | | 莢 (%) | - | 20.1 |
| | 脱穀流量 (t/h) | | 15.5 | 7.5 |
| | 刈幅×作業速度 (m ² /s) | | 3.1 | 3.1 |
| | 試験結果※ | 穀粒損失 | | ◎ |
| 夾雑物 | | ◎ | ◎ | |
| 損傷粒 | | ◎ | ◎ | |
| 枝梗・穂切粒 | | ◎ | - | |

※判定基準 ◎:コンバイン型式検査基準を満たす -:基準なし

9

能率試験結果（稲）

| 供試機 | 開発機 | 対象機※ |
|----------|------|------|
| 有効刈幅 (m) | 3.2 | 1.5 |
| ほ場面積 (a) | 35.2 | 36.3 |
| 作業速度比 | 58 | 100 |
| ほ場作業量比 | 109 | 100 |

※同社製5条刈自脱コンバイン

新型バータイプ脱穀機構により脱穀所要動力を低減
型式検査基準を満たす水稻収穫精度
5条刈自脱コンバインと同等以上の作業能率

10

部品点数

- ・ 機体を構成する全部品点数では13%削減
- ・ 消耗部品限定では15%削減

消耗品コスト

- ・ 33%削減（2000時間あたり推計値）

構造素材

- ・ 穀粒搬送スクリュ、単粒化処理ツール等の素材を改質
硬さ（HV）2~10倍向上
- ・ 摩耗耐久性は現在調査中

消耗部品点数を削減しメンテナンス費を軽減
高耐久部材への改質により稼働時間も延長（見込み）

補足

発売情報（クボタ社HPより引用）：

- メーカー・・・ (株)クボタ
- 型式名・・・ WRH1200
- 発売日・・・ 平成30年4月
- 価格・・・ 1,410~1,520万円
- 販売目標・・・ 200台

籾殻燃焼バーナーの開発

担当部署： 土地領域・収穫・乾燥調製システムユニット

日高靖之、野田崇啓、土師 健、嶋津光辰、荒井圭介

協力分担： 静岡製機株式会社

浅井綱一郎、浅岡健二、大石 茂、山下勝也

筑波大学

野口良造

予算区分： **緊プロ**・共同

研究期間： (完) 2015～2017年度 (平成27～29年度)

研究課題の背景

近年の灯油乱高下が水稻生産の安定性を阻害。それを受け、穀物乾燥調製施設協会では、業界としてカントリーエレベータ用の大規模施設に対応した籾殻燃焼炉仕様を調査決定し、各社市販化。



しかし

- 生産組合などで運営する ライスセンターでの需要が大きい。
- カントリーエレベータ用の大型の燃焼炉を単純に小さくするだけでは、コスト面や装置の耐久性等の問題もあり、ライスセンター用の籾殻燃焼炉は開発が進んでいない現状。

青森県西津軽郡<水稻22ha、大豆80ha、他48ha>

- ・**粃殻の処理に困っている**。(現在そのままほ場に散布)
- ・**大豆**かす等のその他の資材も燃やせないか？
- ・灰についても**融雪剤**で使えるから良いと思う。

宮城県大崎市<水稻70ha、大豆30ha>

- ・**粃殻の処理に困っている**。(1/3は畜産農家、2/3は消防に届けて焼却)
- ・降雪前に**大豆**収穫するため、大豆の初期水分が高く乾かない。汎用を使って9～12月まで乾燥機を動かしている。灯油代が削減できるのなら良い。
- ・**融雪剤**で使えるなら、今購入して散布しているので使ってみたい。

栃木県宇都宮市<水稻150ha、ホウレンソウ1.2ha>

- ・**粃殻の処理に困っている**。(現在そのままほ場に散布)
- ・ライスセンターを作るときにぜひ導入したい。

愛知県岡崎市<水稻30ha、大豆30ha、麦30ha>

- ・**粃殻の処理に困っている**。(現在そのままほ場に散布)
- ・ライスセンターを新設したばかりなので、**後付けできるというのは良い**。

目的・期待される効果

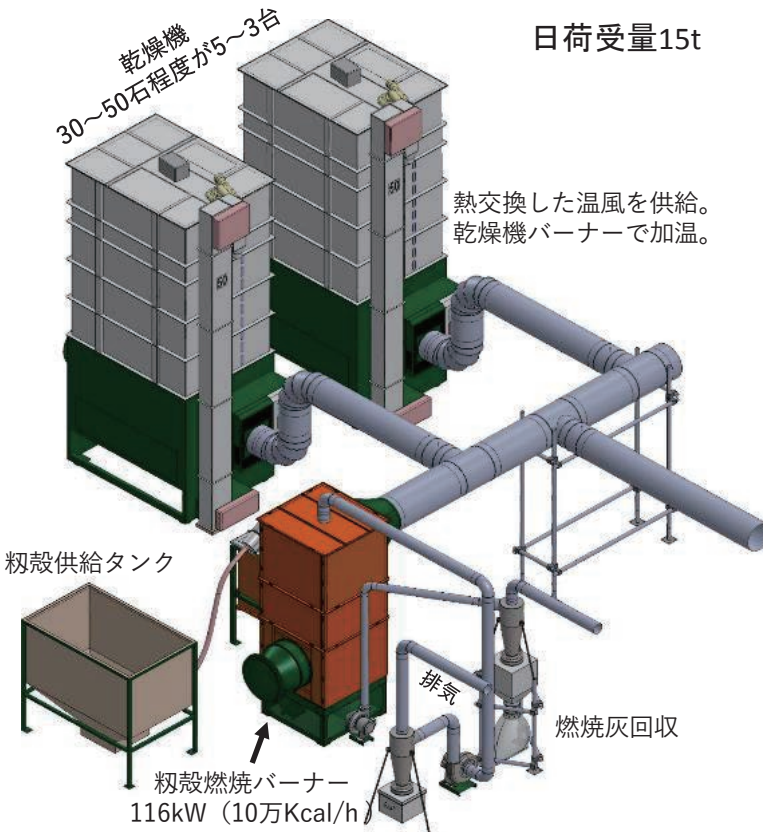
【目的】

処理面積**30～40ha規模ライスセンター**の循環式乾燥機に対応した、粃殻燃焼バーナーを開発する。

【期待される効果】

1. ライスセンター規模の乾燥施設に幅広く利用され、**未利用資源の有効利用**に貢献できる。
2. 粃殻を燃料とするため、乾燥に要する**ランニングコストの50%を削減**することが可能となる。
3. 燃焼中は石油をほとんど使用しないため、CO₂排出量が現状の灯油バーナーに比べ**温室効果ガスの排出を大幅削減**に貢献できる。

システム設計・開発（構想図）



- 開発指針**
1. 既存施設に後付け可
 2. 既存乾燥機の灯油バーナーとハイブリッド使用
 3. 籾殻はペレット化等の加工をせずにそのまま燃焼

- 開発目標**
1. 熱出力10万kcal/h
 2. 籾殻投入、灰の排出をできる限り自動化
 3. 温風の自動制御
 4. ランニングコスト半減

- 目標とする出口**
- ・ 台数87台
 - ・ 価格500万円/セット (付帯設備含む)

開発指針のハイブリッド方式

前提：

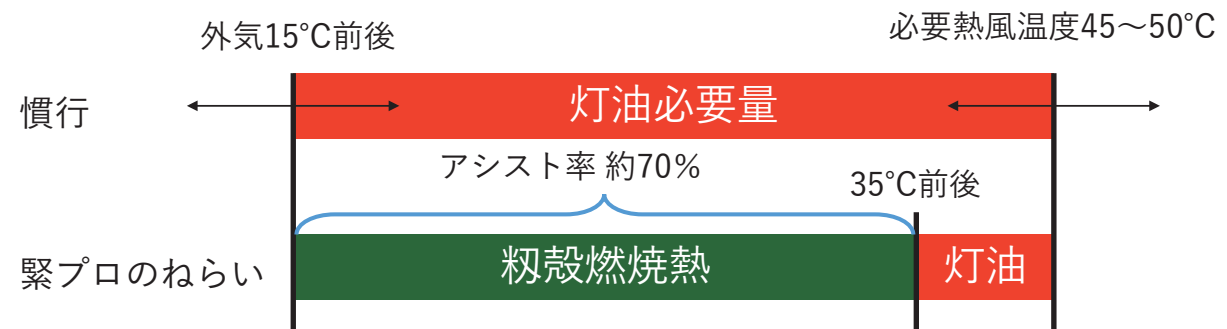
現実的には、穀物循環式乾燥機から灯油バーナーは外せない

理由：

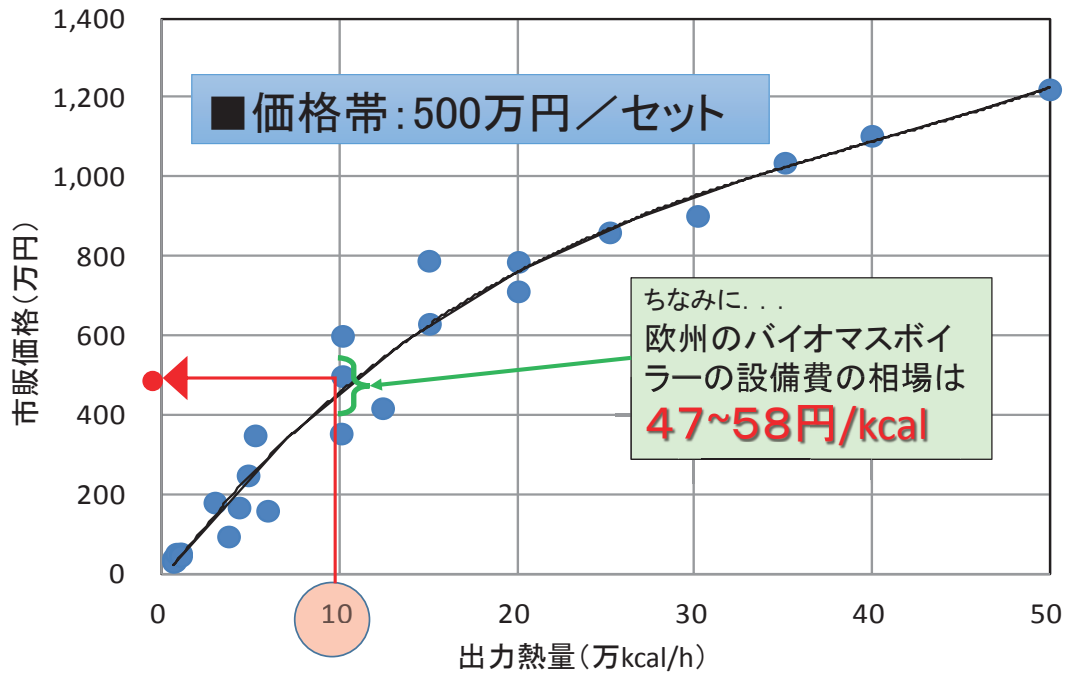
万が一、もみ殻がなくなると穀物を乾燥できない（品質事故）
 既存のライスセンターへの後付け前提（あえて外す必要無し）

開発指針：

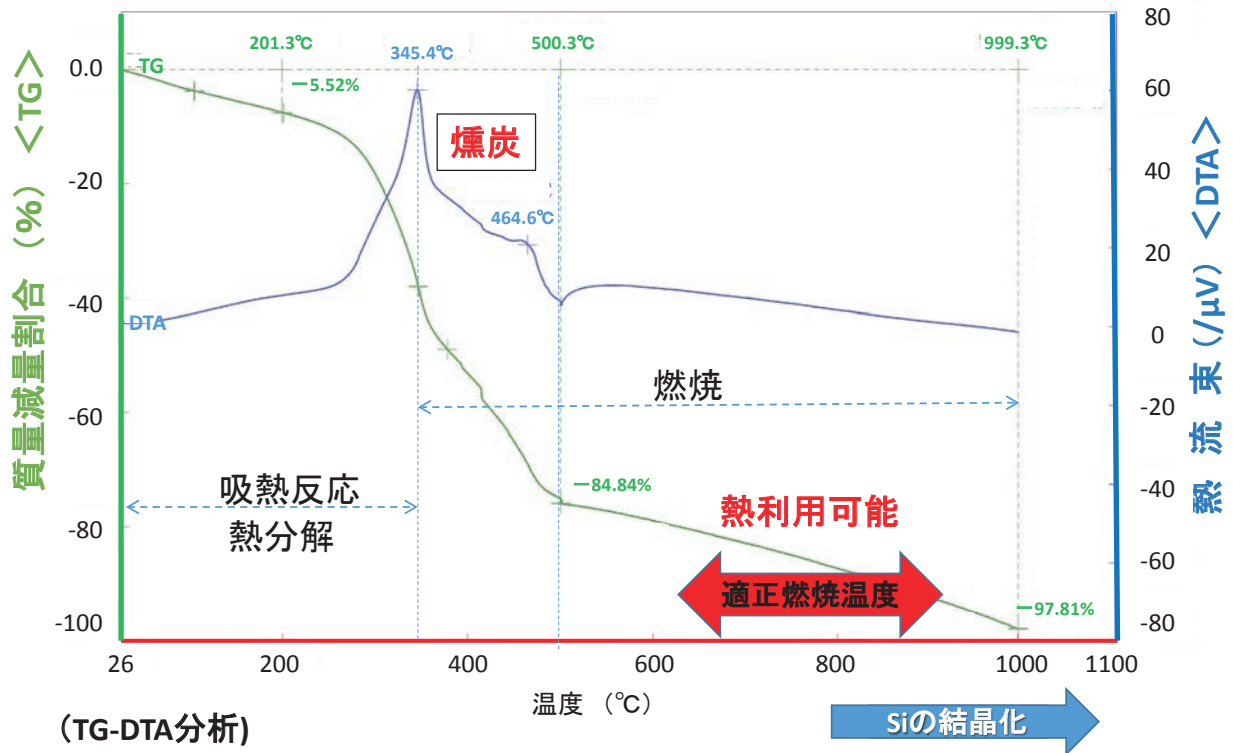
灯油バーナーが得意とする熱風温度の微調整には灯油を使い、
 可能な限り、もみ殻燃焼熱で吸入空気温度を底上げる。
 （以下、アシスト運転）



バイオマス燃焼炉の熱出力と販売価格



籾殻の燃焼特性



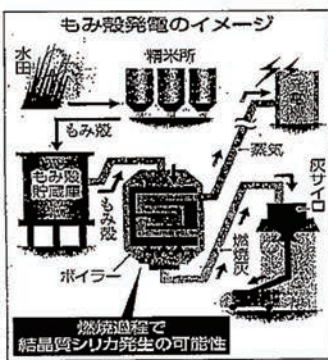
もみ殻発電で発がん物質

燃焼灰に「結晶質シリカ」

地球温暖化防止に役立つバイオマス発電が注目を浴び、日本の事業者も東洋の国で手掛ける「もみ殻発電」で、高温燃焼時に生成される「結晶質シリカ」への対応が問われている。国際機関はアースベスト(石綿)と同レベルの発がん性物質に分類。共同通信タイの施設で独自の燃焼灰を入手し、EPA等に結晶質シリカの検出を確認した。生成自体を防ぐ実験を進める施設もあが対応が迫られている。職場からは労働現場での健康意識を高め、対策を強化する声も出ている。



タイ・バンコク郊外のもみ殻発電所。もみ殻を燃焼して発電する。



スム もみ殻発電 農産物残渣を燃焼して作るバイオマス燃料の一種。ロスの生産が盛んなタイ、インドなどでは、もみ殻を燃焼して発電する仕組み。燃焼灰は肥料や建材の原料として再利用できる。発電効率は低く、小規模施設への電力供給に利用された例が多い。日本では、大量のもみ殻を安定的に確保するが難しいなどの理由で普及していないが、産学で研究する動きが出始めている。

結晶質シリカは古くから日本の厚生労働省は「じん合塵」に分類され、粉じんとして大気中に吸い込まれ、呼吸機能が低下する恐れがある。世界保健機関(WHO)の専門組織「国際がん研究機関」(IARC)は2012年、発がん性の評価を「段階で最も高いレベル」にした。一方、

注意喚起が必要

岡山大学の津田敏秀教授(環境工学)は「結晶質シリカに関するリスクは海外の多くの研究が認められているが、日本では全体的に労働現場での意識が低いと言えないのが実情だ。厚生労働省が、国際機関が示したと同レベルの「発がん性物質」に認定していないのは疑問であり、結晶質シリカに特化した規制を定めて注意喚起する必要があるだろう」。

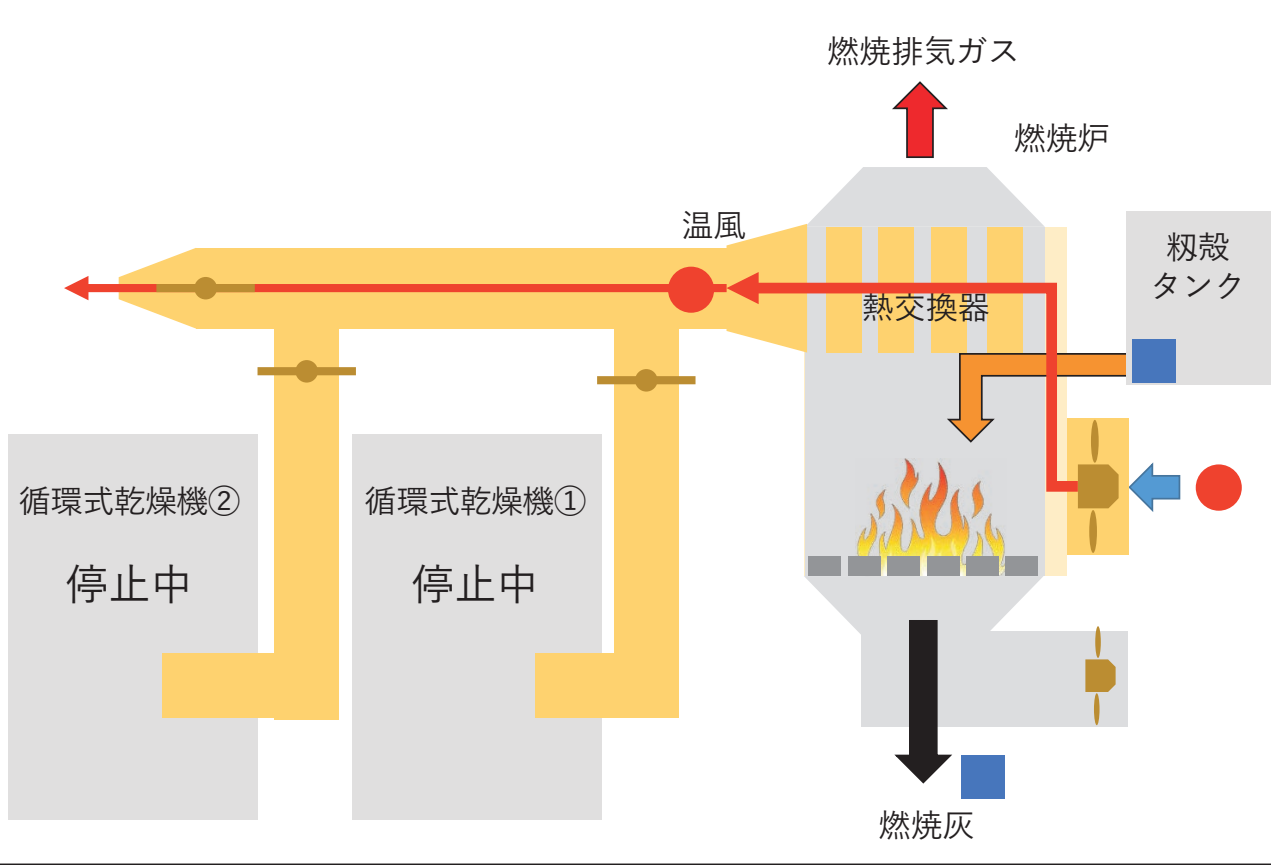
結晶質シリカは、もみ殻発電でも発電効率を上げるため燃焼温度を800度近くにする必要がある。共同通信が燃焼灰を入手したのは、タイ・ヒョット県にある中部電力(名古屋)が企画した発電所。日本の専門機関で分析、結晶質シリカが8.8%含有と判明した。

抑えてハイパーを使っており、燃焼灰への含有量はタイの基準値内に収まっている」として、安全性に問題はないと評価。「灰は病からハイパーを通じてサイロに集める仕組みになっているため施設内に粉じんが舞い上がり、作業員に吸い込まれる」とも指摘する。サイロからの検出に携わる作業員にはマスク着用も徹底しているという。

一方、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)がカンボジアで実施した2013年に現地政府に引き渡したもみ殻発電用のガス化炉では、燃焼灰が排出される場所

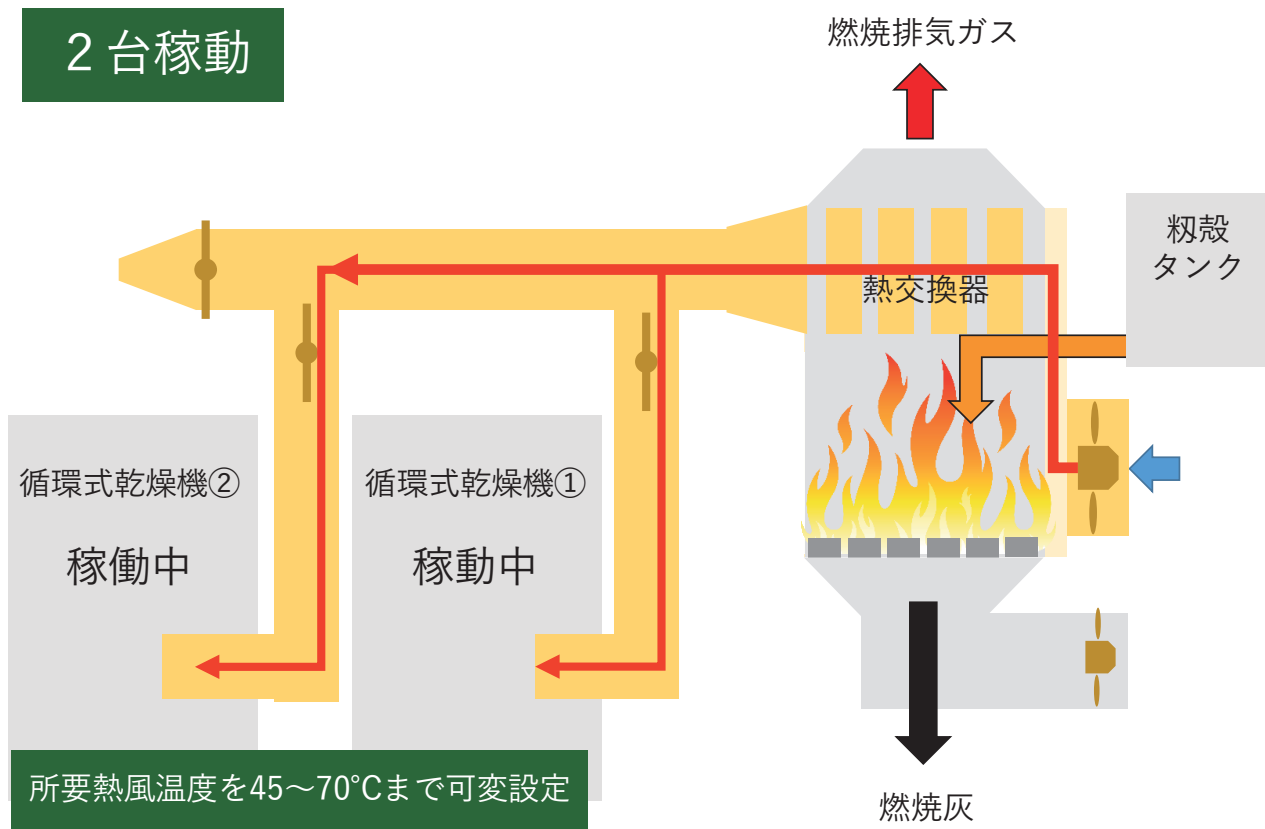
この発電施設では、実験に参加したエンジニアリングチームは、もみ殻をクエン酸で洗浄することから結晶質シリカの生成自体を防ぐ実験も実施。大阪大接合科学研究所の近藤勝敏教授が、千度程度まで燃焼温度を上げても結晶化しないことを確認済みで、実用化が注目されている。

籾殻燃焼バーナーの稼働<起動>



籾殻燃焼バーナーの稼働<アシスト運転>

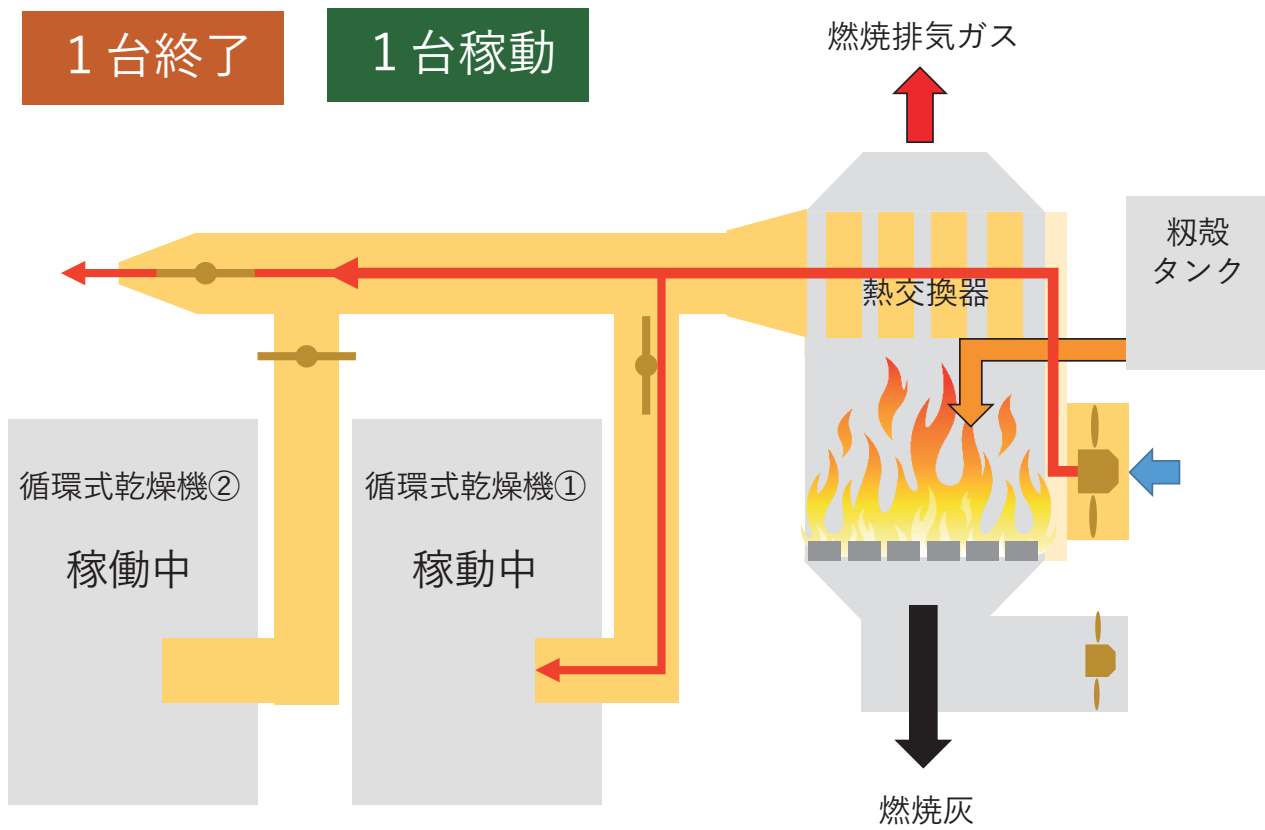
2台稼働



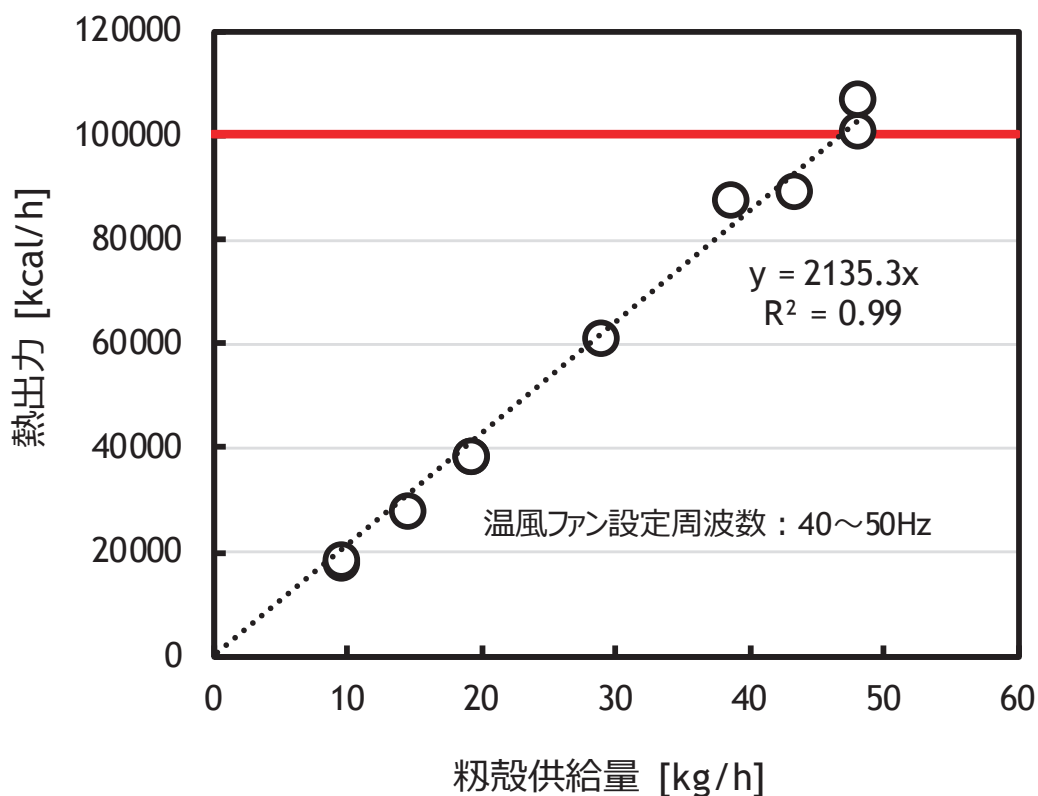
籾殻燃焼バーナーの稼働<アシスト運転>

1台終了

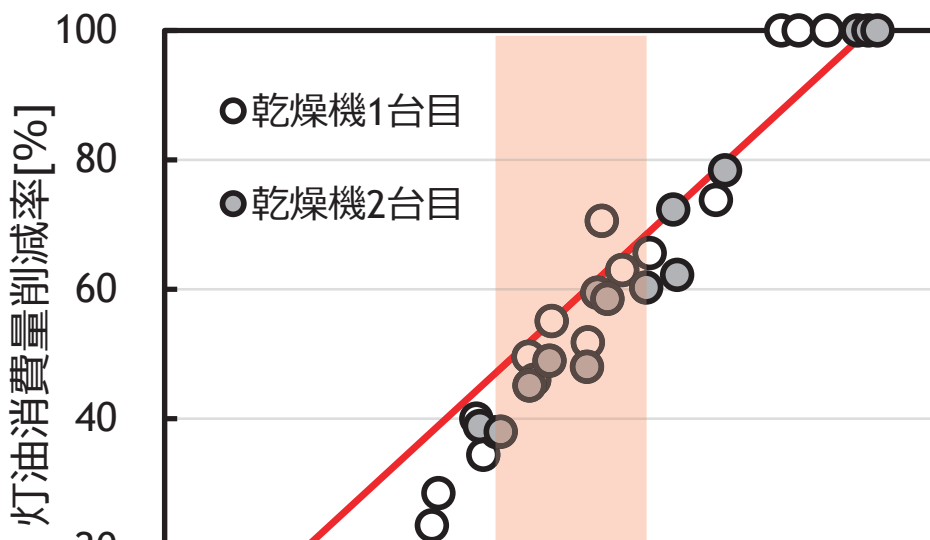
1台稼働



粃殻供給量と熱出力



アシスト運転の試験結果

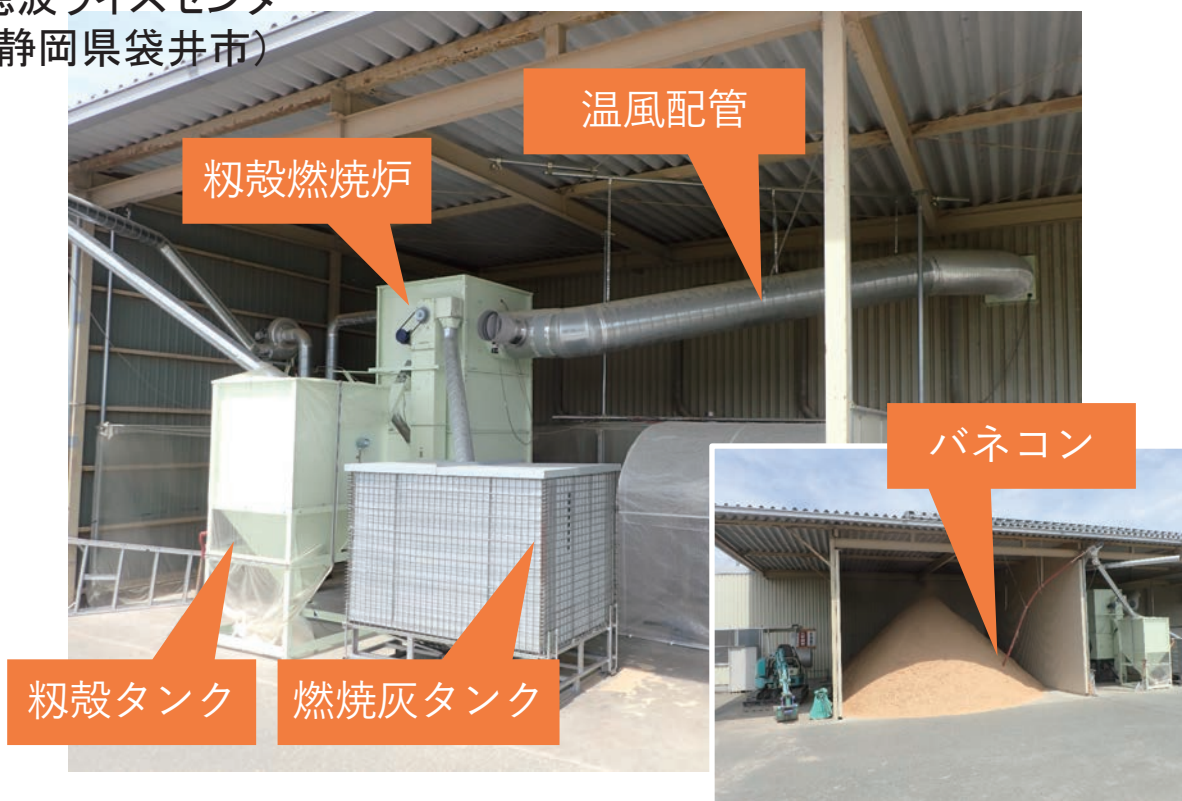


アシスト率に比例して、灯油消費量が削減可能
=> 想定通りの効果有り

乾燥機群とのマッチングにもよるが、
アシスト率50～70%前後が狙い目と判断

H29現地試験

穂波ライスセンター
(静岡県袋井市)



H29現地試験

必要熱量（張込量、風量）の異なる2台の乾燥機へ温風供給



第1期：2017年8月24日～8月31日

- － 張り込み容量や稼働時間の異なる乾燥機で最適な運転条件をどのように設定・実現するか？
- － 機械的な不具合が生じないか？
- － 現場特有の問題や突発事例が生じないか？

第1期の結果考察、問題把握・改良

第2期：2017年9月19日～9月27日

- － 灯油削減効果の試算
- － 飼料米乾燥への利用

第2期目標：ランニングコスト50%削減
→ 灯油使用量50%以上削減

結果 – 灯油削減効果

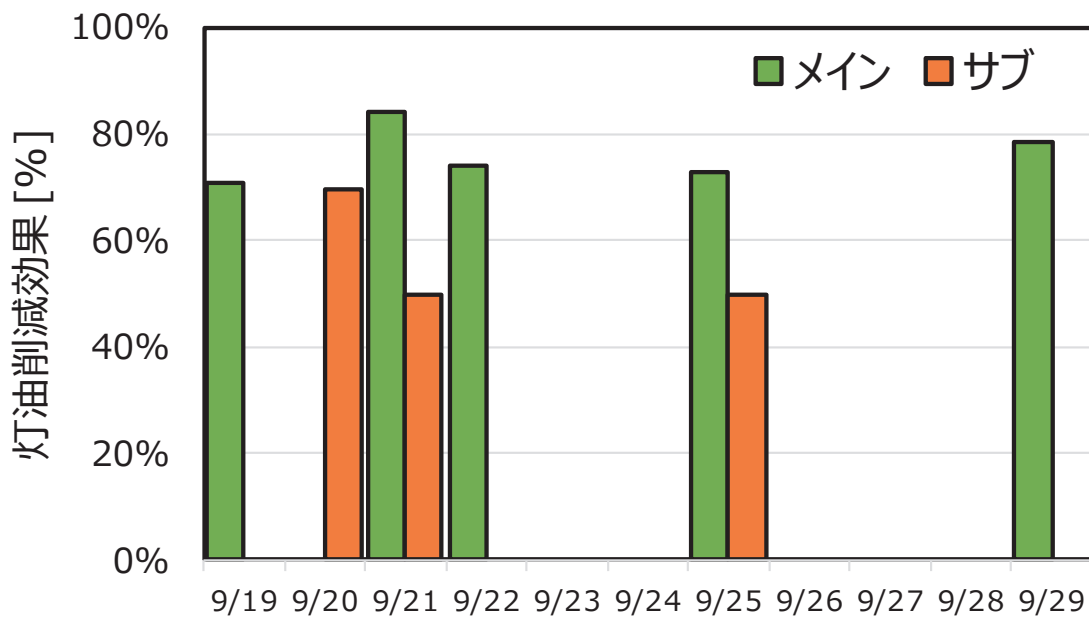
$$\text{削減効果[\%]} = \left(1 - \frac{\text{実灯油消費量 (L)}}{\text{籾殻バーナー無しでの推定灯油消費量 (L)}} \right) \times 100$$

実際の灯油消費量 (L) → 灯油流量計で実測

籾殻バーナー無しでの推定灯油消費量 (L)

→ 乾燥機の定格風量、
熱風温度、外気温度から演算

結果 – アシスト率



延べ8回運転での合計灯油削減割合は70%、
 粃殻使用量は総生産量の40%でまかなえる

結果 – 燃焼灰性状

コスト面で比較しやすいよう、市販くん炭との比較評価

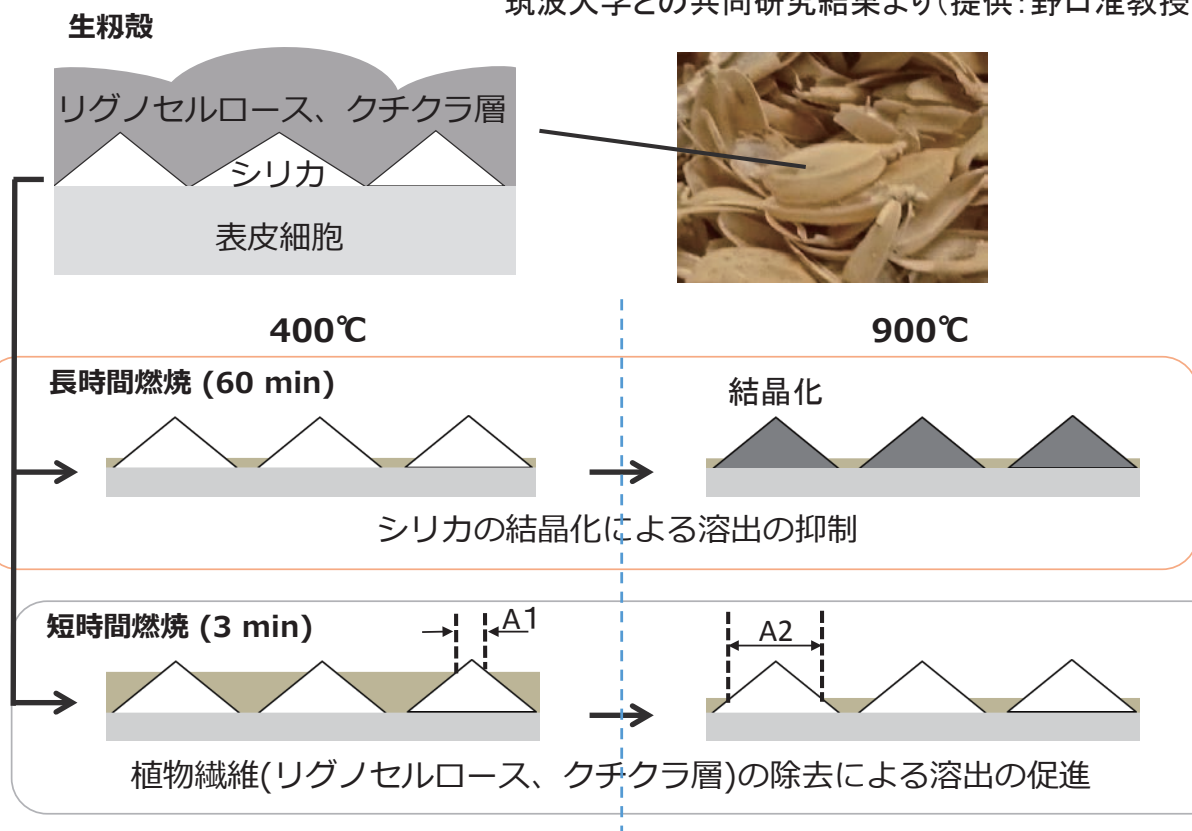


容量：50 L
 重量：3kg
 価格：980円

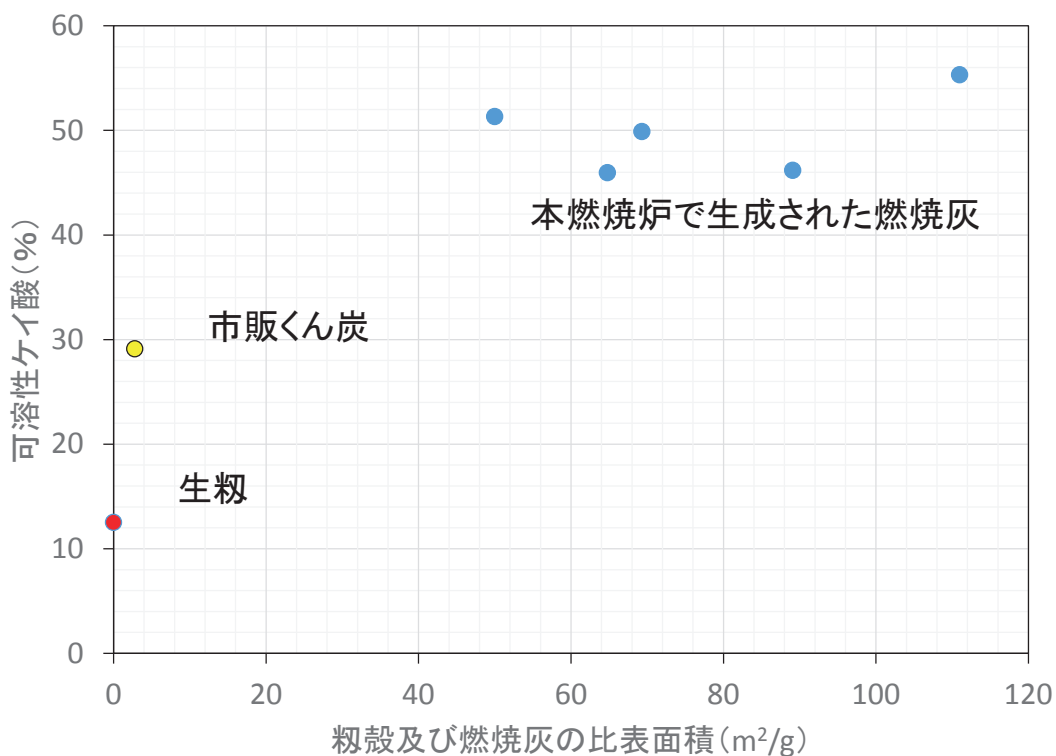
| 計測項目 | 市販くん炭 | 開発機燃焼灰 | 備考 |
|---------------------------|-------|-----------------|---------------|
| 生成量 [%wt] | — | 21.2 | 粃殻1tで約200kgの灰 |
| かさ密度 [kg/m ³] | 93.8 | 84.2 | ほぼ同等 |
| 可溶性ケイ酸含有率 [%] | 29.1 | 51.3 | 約1.8倍 |
| 結晶質シリカ含有率 [%wt] | < 0.2 | < 0.2 | 検出限界以下 |
| 発熱量 [kJ/kg] | 17.4 | 約7.0 | 炭素残存量少 |

考察 燃焼とシリカの関係

筑波大学との共同研究結果より(提供:野口准教授)



燃焼灰の比表面積と可溶性ケイ酸の関係



1) 一施設(30ha規模) 当たり灯油削減費

灯油使用量: 120L/ha

灯油代: 75円/L

アシスト率: 70%として

$$30\text{ha} \times 120\text{L/ha} \times 75\text{円/L} \times 0.7 = 189,000 \text{ 円} \text{-----} \text{①}$$

2) 籾殻処理にかかる経費

人工: 2人

人件費: 800円/h・人

作業日数: 4日/年

機械費: 散布機487,000円 ÷ 7年 = 69,571円/年

$$2\text{人} \times 800\text{円/h} \cdot \text{人} \times 8\text{h/日} \times 4\text{日/年} + 69,571\text{円/年} = 120,771 \text{ 円} \text{--} \text{②}$$



直接的な経費については、①+②=31万円の効果

籾殻燃焼灰総生産量: $0.248\text{t/ha} \times 30\text{ha} = \mathbf{7.44\text{t}}$

籾殻燃焼灰の価値などを含めて試算する必要あり

燃焼灰利用①融雪剤としての利用

融雪剤販売価格: **800円/20L**

= 40,000円/1,000L ÷ 200kg/1,000L (かさ密度実測値)

= 200円/kg = 200,000円/t

$$7.44\text{t} \times 200,000\text{円/t} = \mathbf{1,488,000\text{円}} \text{-----} \text{③}$$

降雪地帯では必需品なので約150万円/年の経費削減



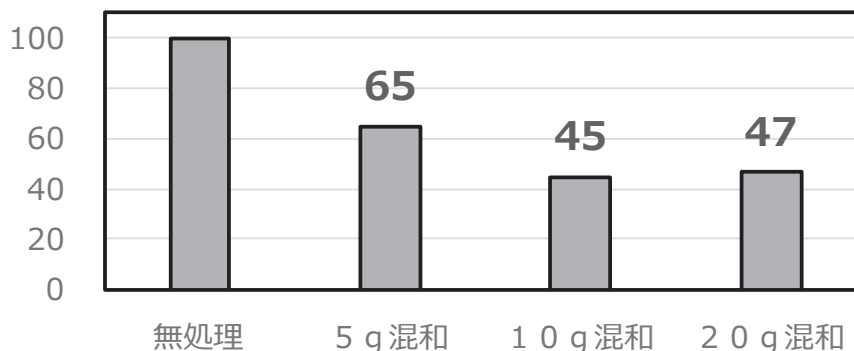
約3年で初期投資を回収できる可能性有

1. 融雪剤としての自家消費利用
2. 籾殻くん炭として販売
3. **育苗培土資材**として利用又は、資材メーカーへ原料供給する

- 可溶性ケイ酸を多量に含むため**健全で強い苗作り**に利用可能
- ケイ酸リッチな苗は**いもち病への耐病性が向上**する

葉いもち発病葉数比較

(無処理の発病を100とした相対評価)



宮城県古川農試への委託試験結果

研究開発のまとめ

【研究開発での数値目標と達成程度】

1. 熱出力10万kcal/h → **問題なく達成**
2. 籾殻投入、灰の排出をできる限り自動化
→ **投入・排出の自動化機構を完成**
3. 温風の自動制御
→ **温風供給温度を一定に保つ制御が乾燥機とのマッチングで現実的な操作と判明**
4. ランニングコスト半減
→ **フィールドテストにて70%の灯油削減を実現**
5. 燃烧灰の**無害化に成功**。可溶性ケイ酸残存量も市販品並。 → **利用すれば導入メリット向上**

＜今後の予定＞

安全性と耐久性を確認し、**平成31年度市販化**予定。

農業機械等緊急開発事業

野菜用の高速局所施肥機の開発

【参画企業】 上田農機株式会社、株式会社タイショー

【研究期間】 2015～2017年度（平成27年～29年度）

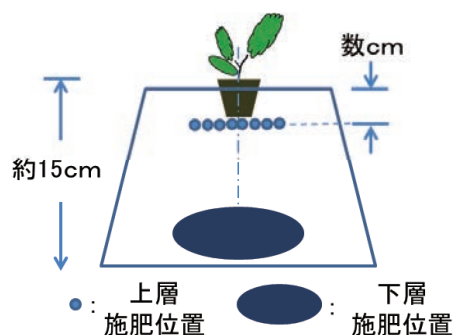
農研機構 農業技術革新工学研究センター

総合機械化研究領域 千葉 大基

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

報告内容

1. 課題の背景と開発目標
2. 開発機の特徴
3. 栽培試験（試験ほ場、農家ほ場）
4. 開発機の導入シーン
5. まとめ



背景と目的

背景：

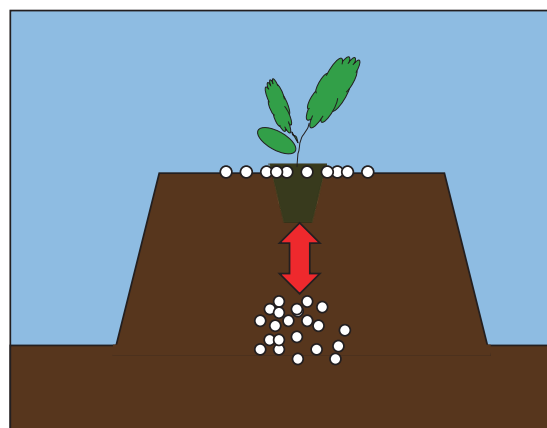
- ・高標高地域で普及する接地輪制御方式の施肥機は、傾斜地での作業時にスリップを起こし、**施肥量また生育のバラツキを起こす。**
- ・初期生育確保を目的とする**畝天面施肥は、風雨等で流亡する。**



目的：

- ・GNSS等を利用し作業機側で車速を取得し精度よく施肥を行う技術
- ・環境負荷を低減し、作物の生育に効果的な位置へ施肥を行う技術

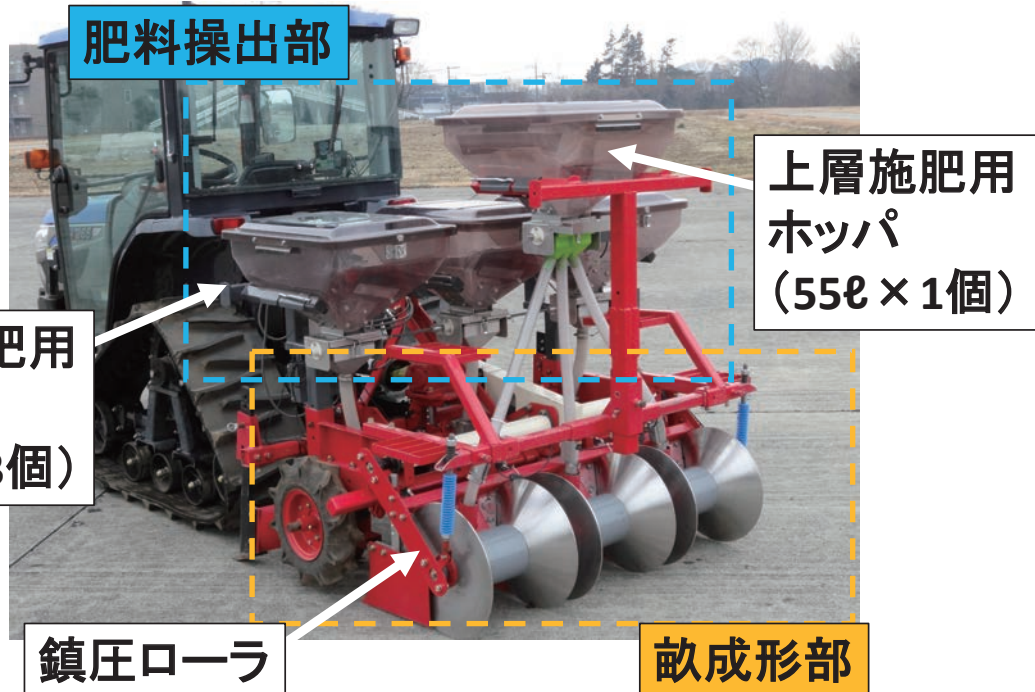
開発目標



- ① 設定施肥量に対し平均誤差5%以内
- ② 簡易耕起により1.4m/s(5km/h)まで作業可能
- ③ 減肥を行っても慣行と同等の結球重が得られる

試作1号機(条間45cm仕様)

- ・ 全長1300 × 全幅1700 × 全高1600 mm
- ・ 適応トラクタ 18～22 kW

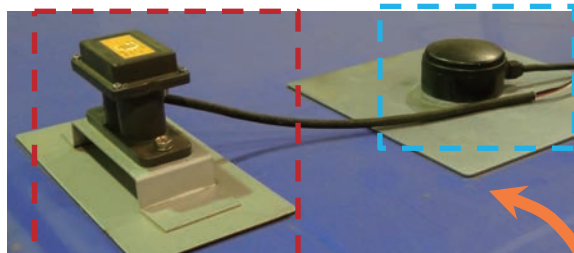


試作2号機(条間60cm仕様)

- ・ 全長1300 × 全幅2100 × 全高1500 mm
- ・ 適応トラクタ 22～30 kW



肥料操出部



GNSSアンテナ

GNSSより位置情報を
取得し車速を計測

傾斜センサ

トラクタ前後方向の
傾斜角を計測し、
車速を補正



上層用



肥料操出口ロール

位相をずらして少量で
も点播になりにくい形状

肥料操出部コントローラ



微調整 ダイヤル

USBメモリ

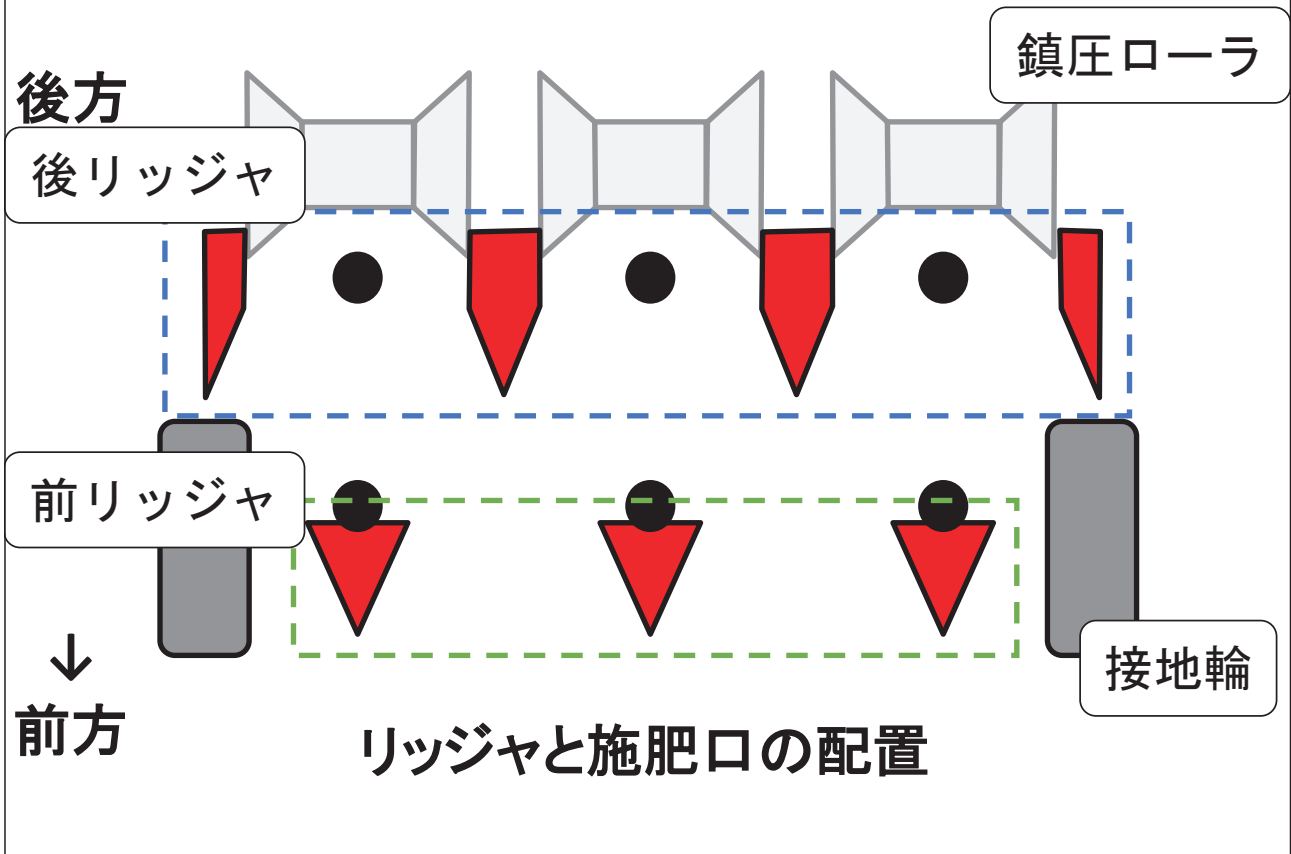
- ・作業位置
- ・作業速度
- ・操出レベル
- ・...etc

散布位置
切り替え

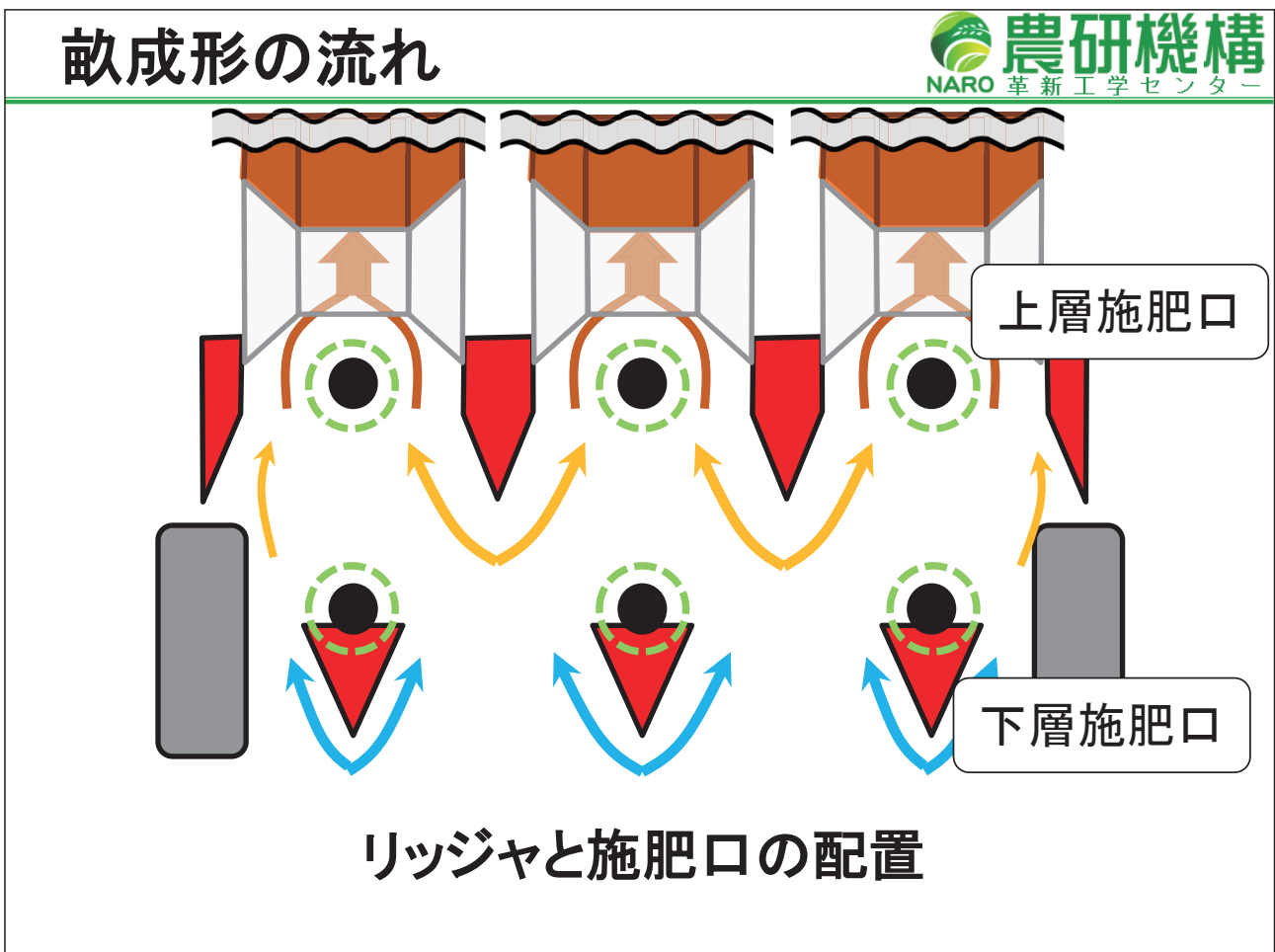
定量／車速連動
散布切り替え

このほか、肥料先行散布機能を搭載

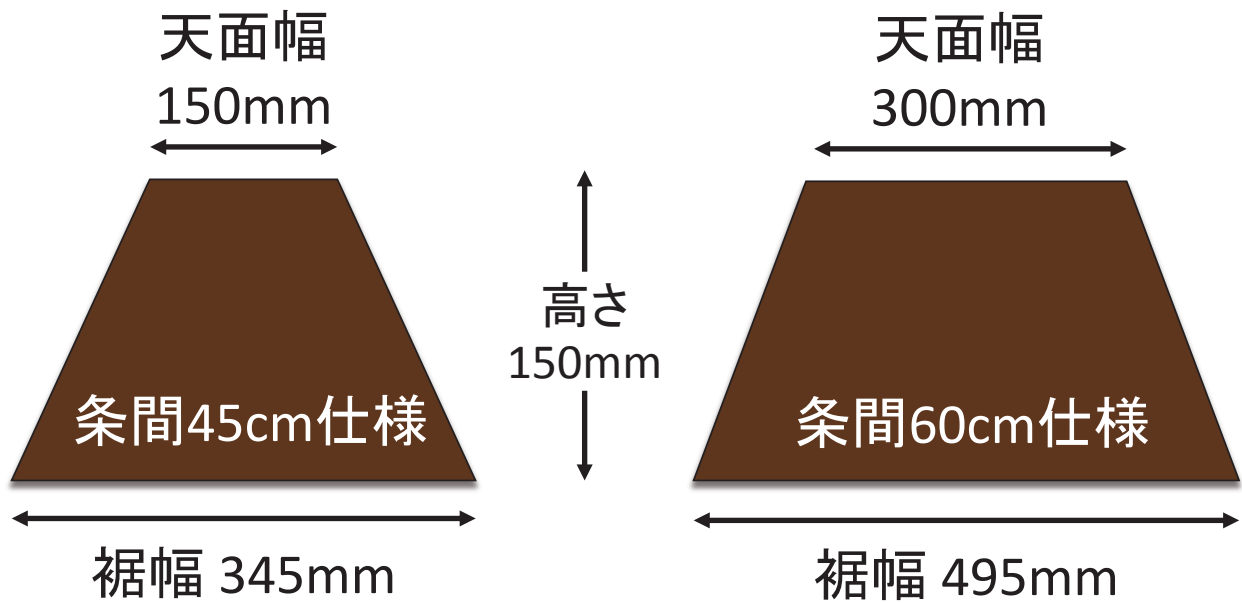
畝成形部の概要



畝成形の流れ



成形畝の形状



傾斜地での肥料操出精度

場所：群馬高冷地野菜研究センター(嬬恋村)



供試機：
試作1号機



平均傾斜角度7°
上り・下り、速度3段階

傾斜地での施肥精度

作業距離: 30m

散布資材: 上層 燐硝安加里1、下層 輝60

| 走行速度 (m/s) | 上層平均繰出量 | | | 下層平均繰出量 | | |
|---------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|
| | 上り方向 (kg) | 下り方向 (kg) | 平均誤差 (%) | 上り方向 (kg) | 下り方向 (kg) | 平均誤差 (%) |
| 0.7 | 13.0±0.2 | 13.4±0.1 | 1.6 | 181.4±5.4 | 183.3±2.4 | 1.3 |
| 1.1 | 12.9±0.1 | 13.1±0.1 | 0.1 | 186.1±2.7 | 183.9±1.2 | 2.8 |
| 1.4 | 13.0±0.0 | 13.0±0.1 | 0.1 | 182.6±1.7 | 178.7±0.9 | 0.4 |
| 目標値 | 13.0 | | - | 180.0 | | - |

*1 ±は標準偏差

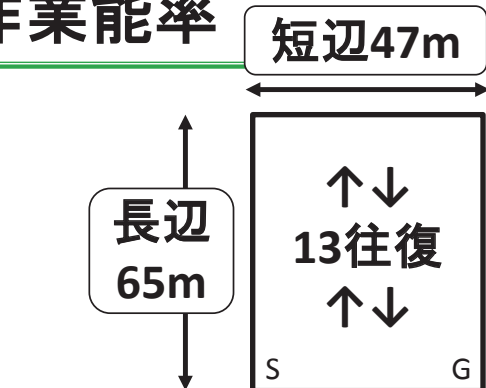
*2 値は30mの繰出し量を10aあたりに換算したもの

試作機の運転



作業速度1.7m/s(6km/h)程度までの対応は確認済み。
→現場では0.8~1.1m/s(3~4km/h)で作業

作業能率



供試機：25kWトラクタ
＋試作2号機

※ 施肥量：慣行相当99kg/10a
(上層＋下層)



作業能率

| | | | |
|------------|------|-------|---------------|
| 作業面積 (a) | 30.8 | | 65.4m × 47.1m |
| 作業時間 (min) | 62.1 | | |
| 肥料供給 | 16.5 | 26.6% | 3回、17袋供給 |
| 内 畝立て・施肥 | 27.5 | 44.3% | 13往復(78畝) |
| 内 旋回 | 18.1 | 29.1% | |
| 作業能率 (a/h) | 29.7 | | |

※ 作業速度：1.1m/s(約4km/h)

※ 燃料消費量：1.2L/10a

作業能率シミュレーション

作業条件(試作1号機:条間45cm仕様)

| | | |
|--------------|------|----------------|
| 作業面積 (ha) | 1.2 | 153m × 78m |
| 旋回 (s/旋回) | 41.0 | 55回 |
| 施肥量 (kg/10a) | 163 | 上層13kg、下層150kg |
| 肥料供給 (s/袋) | 58.2 | 88袋 |

作業速度

慣行機 1.0 m/s

開発機 1.3 m/s

作業能率

慣行機 26.9 (a/h)



開発機 30.7 (a/h)

1時間あたりの作業面積が約14%増加

キャベツの生育に効果的な施肥位置

施肥位置と初期成育(例)

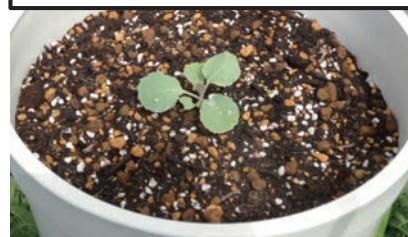
全層混和



慣行(地表面)



中央深さ3cm



両脇5cm深さ3cm



中央深さ8cm



品種: YR冬系609

肥料: 化成肥料

(12-12-12)

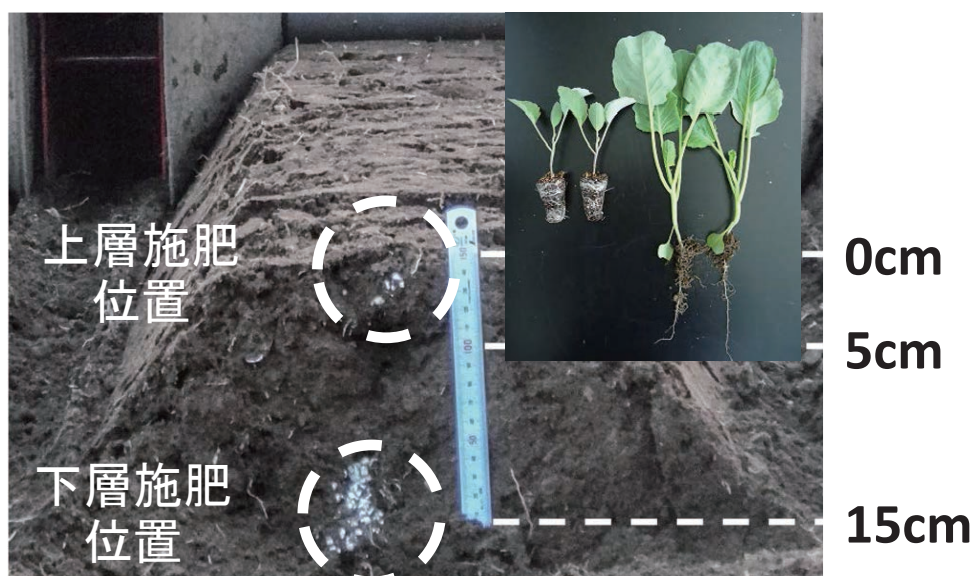
上層施肥量: 3g/株

定植: 9月2日

撮影: 9月9日

- ・ 上層施肥位置により初期生育に差
- ・ 初期の生育促進が収穫時の斉一性に影響(藤原ら, 2000)

キャベツの生育に効果的な施肥位置



上層施肥位置

セル苗：深さ3cm程度

地床苗：深さ5cm程度

下層施肥位置

中後期用として深さ約15cm

減肥栽培試験（畝立て・施肥）

- ・ 場所：群馬高冷地セ内ほ場
- ・ 期日：平成29年5月9日
- ・ 供試機：慣行機（三兼ライムソワ＋施肥機）
試作1号機
- ・ 施肥量：慣行の0～3割減



慣行機



試作1号機

減肥栽培試験(収穫物)

- 品種：初恋
- 移植：5/11(セル苗)、5/16(地床苗)
- 収穫：8/2

| 苗種類 | 供試機 | 設定施肥量 (kgN/10a) | 上層施肥 位置 | 平均調製重 (g) | 変動係数 (%) |
|-----|-----------|--------------------|------------|--------------|-------------|
| 地床苗 | 慣行機 | 18 | — | 1370 | 16.1 |
| | 試作 1号機 | 0割減 | 中央深5cm | 1464 | 14.5 |
| | | 2割減 | 中央深5cm | 1483 | 12.5 |
| | | 3割減 | 中央深5cm | 1384 | 13.6 |
| セル苗 | 慣行機 | 20 | 畝天面散布 | 1472 | 14.0 |
| | 試作 1号機 | 0割減 | 中央深3cm | 1617 | 14.3 |
| | | 2割減 | 中央深3cm | 1481 | 11.8 |
| | | 3割減 | 中央深3cm | 1565 | 11.1 |

- 1)「慣行機」は台形成形仕様の機械に車速連動無しの施肥機を搭載して作業
- 2)地床苗一慣行機については追肥を実施できず **慣行と同等以上**

減肥栽培試験(畝立て・施肥)

- 場所：鹿児島農総セ大隅支場内ほ場
- 期日：平成29年9月6日
- 供試機：慣行(全面散布・ロータリ+試作2号機)
試作2号機
- 施肥量：慣行の0~4割減



慣行機



試作2号機

減肥栽培試験(収穫物)

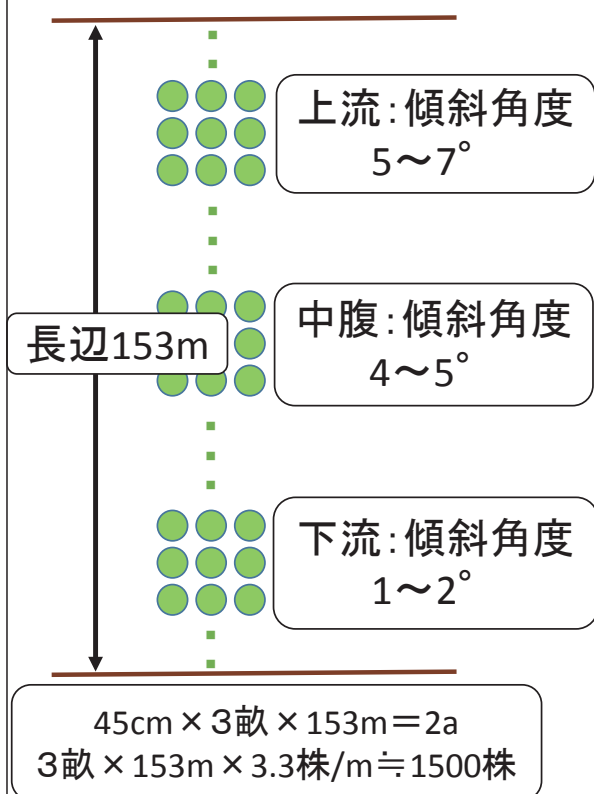
- ・ 品種：夢舞台
- ・ 移植：9/6
- ・ 収穫：12/5

| 供試機 | 施肥方法 | 設定施肥量 (kgN/10a) | 上層施肥 位置 | 平均調製重 (g) | 変動係数 (%) |
|----------------|--------------|--------------------|------------|--------------|-------------|
| 慣行機 (口一タリ)* | 手散布十 全層混和 | 15.0 | — | 1388 | 17.1 |
| 試作2号機 | 改良 二段施肥 | 二割減 12.0 | 中央深 3cm | 1550 | 14.0 |
| | | 三割減 10.5 | 中央深 3cm | 1600 | 13.0 |
| | | 四割減 9.0 | 中央深 3cm | 1520 | 11.0 |

* 畝の成形は肥料操出部を停止させた試作2号機を用いた

農家ほ場での実証栽培試験

畝立て施肥、移植：6月上旬
収穫：8月下旬（品種：岳陽）



| 施肥方法 | 平均調製重 (g) |
|----------|--------------|
| 慣行機(上流向) | 1065 |
| 慣行機(下流向) | 1025 |
| 試作機(上流向) | 1045 |

- 1) 施肥量は全て同量設定
- 2) 「慣行機」は上流で上層肥料の散布量を手動で増量
- 3) 試作機は2日ほど遅れて定植

肥料詰まりセンサ

失敗事例(試験開発中)



本開発機の場合...

- ・ホッパ内での詰り
- ・土中、吐出部での詰り
- ・ホース屈曲部での詰り

肥料詰まりの検出は重要

1試験区調査不能に...

肥料詰まりセンサ

肥料詰まりセンサ取付部
(ホースにバンド留め)



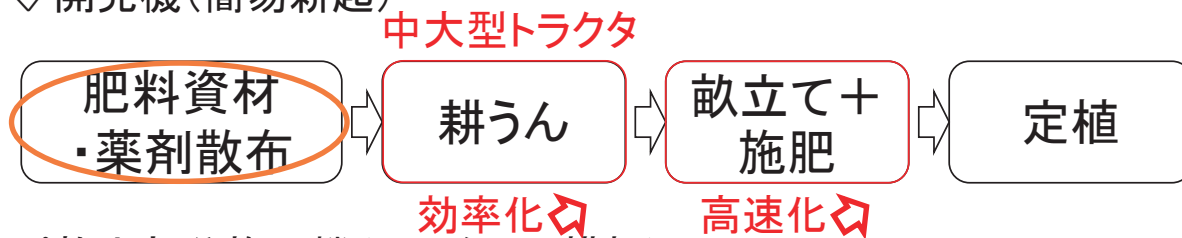
肥料詰まりセンサ
(6ch化(ホース6本)対応)



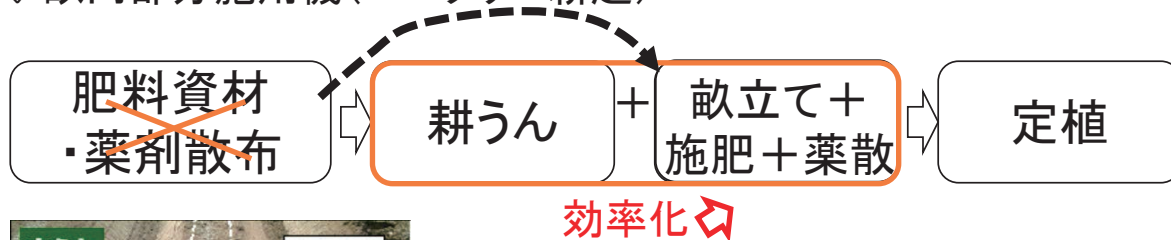
肥料の流れ停止を感知→
異常をコントローラに通知

開発機の導入シーン

✓開発機(簡易耕起)



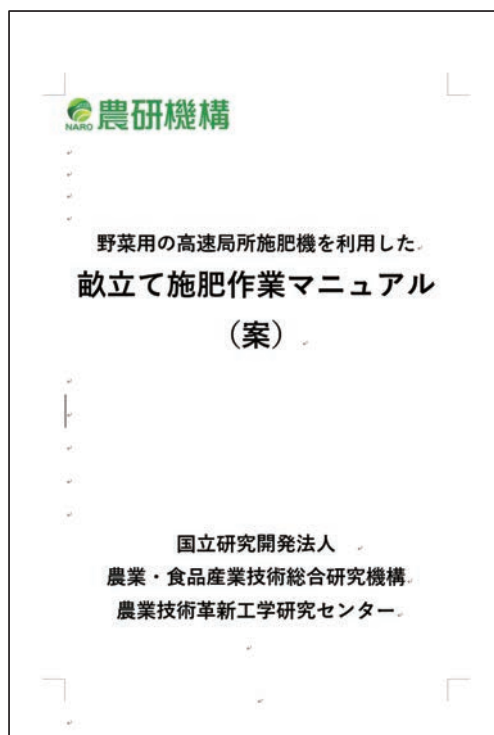
✓畝内部分施用機(ロータリー耕起)



薬剤の使用条件等も踏まえて機械を選択

作業マニュアル

市販までに整備予定



記載ポイント

- 圃場条件
- 施肥量
- PTO速度と作業速度
- その他

<開発目標>

高速かつ高い作業精度で、施肥量の削減を可能とする施肥機の開発

- ① 設定施肥量に対し平均誤差3%以内
- ② 簡易耕起により1.4m/s(5km/h)まで作業可能
- ③ ある程度減肥しても慣行と同等の調製重が得られる可能性(長期的な調査が必要)
- ④ 肥料詰まりセンサの開発



2018年度末の市販化を目標に準備を進める

軟弱野菜の高能率調製機の開発

【共同研究機関】

- ・株式会社クボタ
- ・斎藤農機製作所
- ・岩手県北農業研究所
- ・群馬県農業技術センター
- ・岐阜県中山間農業研究所

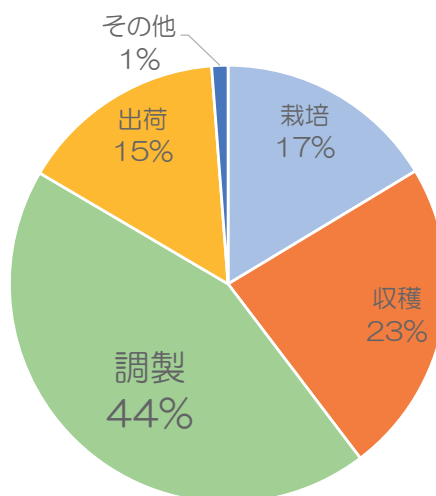
「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

背景・目的

ホウレンソウの生産量

作付面積：20,700ha
収穫量：248,100t
(全国、平成28年産)

所要労働時間の内訳 (270h/10a)



農林水産省 品目別経営統計 (H19)

ホウレンソウの調製：子葉・下葉の除去



下葉（丸葉）2～4枚
◆黄色に変色

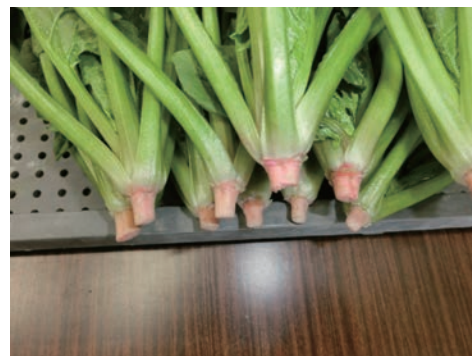


子葉（貝割れ葉）2枚
◆夏場は「とろけ」の原因

- 新鮮で見映えの良い商品を提供

ホウレンソウの調製：根の調製

収穫時は長い根を出荷基準に切断。



- 長すぎ、斜め切りは再調製が必要。

※その他に、虫食い、病斑、変色、軸折れ、混入異物等の除去

既存の調製機より、30~50%高能率に作業できる
高能率調製機を開発する。

現行機より、

- 1) 根切り精度、
- 2) 子葉・下葉除去精度、
- 3) 供給可能速度（≒機械の通過時間）
等を向上させることで、仕上げ作業を大幅に削減。

現行機:(株)クボタ NC300（平成12年度緊プロ機）

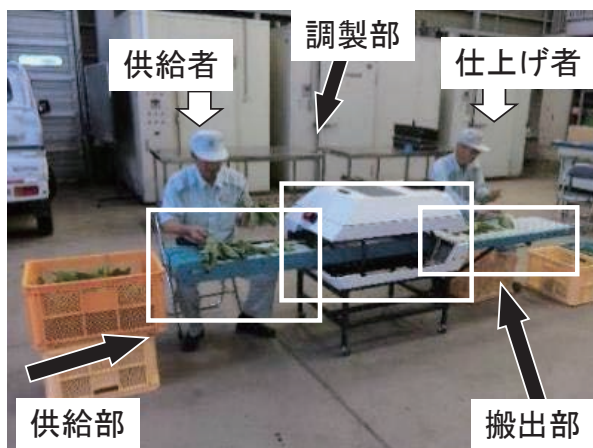


- ・4人作業（供給2人、仕上げ2人または供給1人、仕上げ3人）が基本体系。

→仕上げを1人で行い、作業能率を向上させる。

開発機の外観と主要諸元

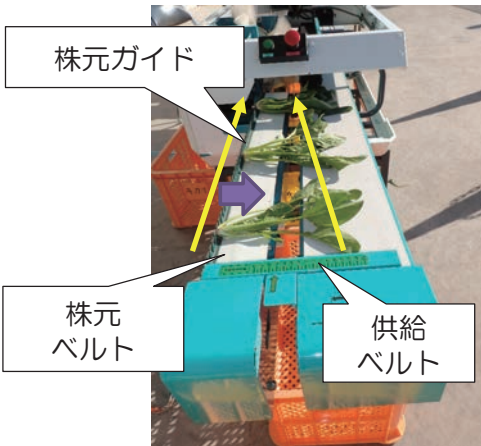
表 1 開発機の主要諸元



| | | |
|---------|---------|-------------------------------|
| 機体寸法 | 全長 (mm) | 2830 搬出ベルト格納時2400 |
| | 全幅 (mm) | 735-880 |
| | 全高 (mm) | 880-1060 搬出ベルト格納時1460-1640 |
| 質量(kg) | 117 | |
| 使用電源(V) | AC100 | |

写真 1 開発機での作業の様子

供給部：供給ベルト、株元ベルト

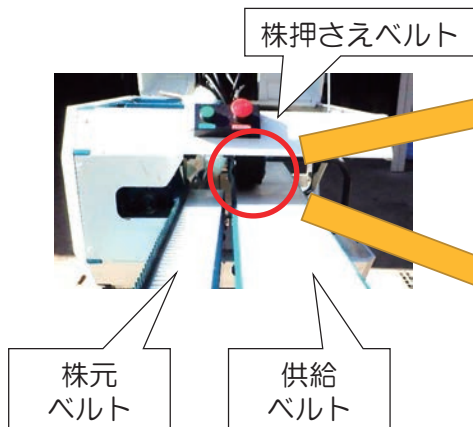


- 2本のベルト（供給ベルト、株元ベルト）間隔を株の大きさに合わせ、調整。
- 供給されながらベルトが徐々に接近し、根元が軽く押しつけられることで、切断位置のズレを抑制。



株元ガイド

供給部：株押さえベルト



本葉の折れ発生状況

- 把持力が調整可能。本葉の折れ発生を回避。

調製部



切断刃

株元ガイド

ギヤロータ

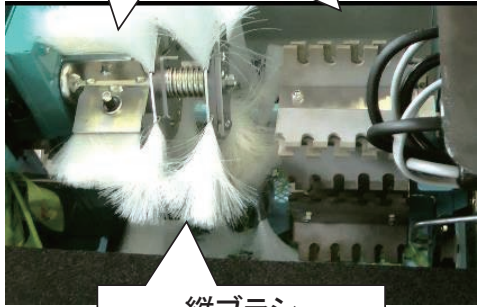
- 供給部の片寄せ搬送機構に加え、切断刃とギヤロータで根を挟むことで、切断精度が向上



- 長さがそろい、平らな切断を実現

横ブラシ
4枚×上下2組

高速回転ブレード
4枚×上下2組



縦ブラシ
4枚×2列×上下2組

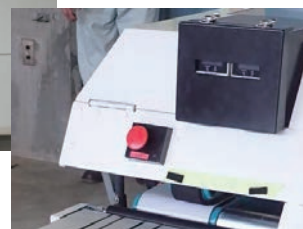
- 泥除去、子葉下葉の掻き出し、除去を行う。

搬出部



- ◆ 搬出コンベアにはサイズ分けの目安となる目盛り付き。
- ◆ 作業終了後は、コンベアを折りたたんで収納

制御装置



- ◆ 供給部の速度、調製部の回転数は、範囲内で自由に調整出来ます。
- ◆ スイッチは供給者側にありますが、停止スイッチは仕上げ者側にも配置

性能

精度試験方法

実験方法

- 1) 材料（20株）の形状（全長、全幅、子葉・下葉本数、最大下葉長さ）を測定
- 2) 機械条件の設定
（株押さえバルト間隔、供給バルト速度、ブレード回転数）

解析方法

- 1) 除去した葉の重量、本数、根の切断長を測定。
- 2) 株の損傷を調査。

- 株の大きさ、開張程度への対応確認。
- 機械の標準設定の確認。



能率試験方法

実験方法

- 1) 供試材料（150株）の大きさに合わせ機械を設定。
- 2) 供給者、仕上げ者を配置し調製。

解析方法

- 1) 調製時間の測定。
- 2) 根の再調製頻度の測定。



現地試験方法

- 1) 現行機の使用場所にて、開発機に置き換えた場合の能率を調査。
- 2) 利用上の課題の抽出、耐久性調査。



結果

表2 精度試験結果の例

| | 子葉・短下葉除去率(%) | 根切り平均(mm) (標準偏差) |
|-----|--------------|---------------------|
| 現行機 | 67.2 | 10.1 (3.0) |
| 開発機 | 95.4 | 5.9 (1.5) |

*岐阜県中山間試験場での共同研究の結果より
供試品種：サンホープセブン。

- 品種、株の大きさへの対応の確認。
→ 雨よけ栽培の立性株または品種で、概ね20~45cmの株に対応。
- 標準設定の確認。
→ 供給ベルト23cm/s、ブレード回転数900rpm

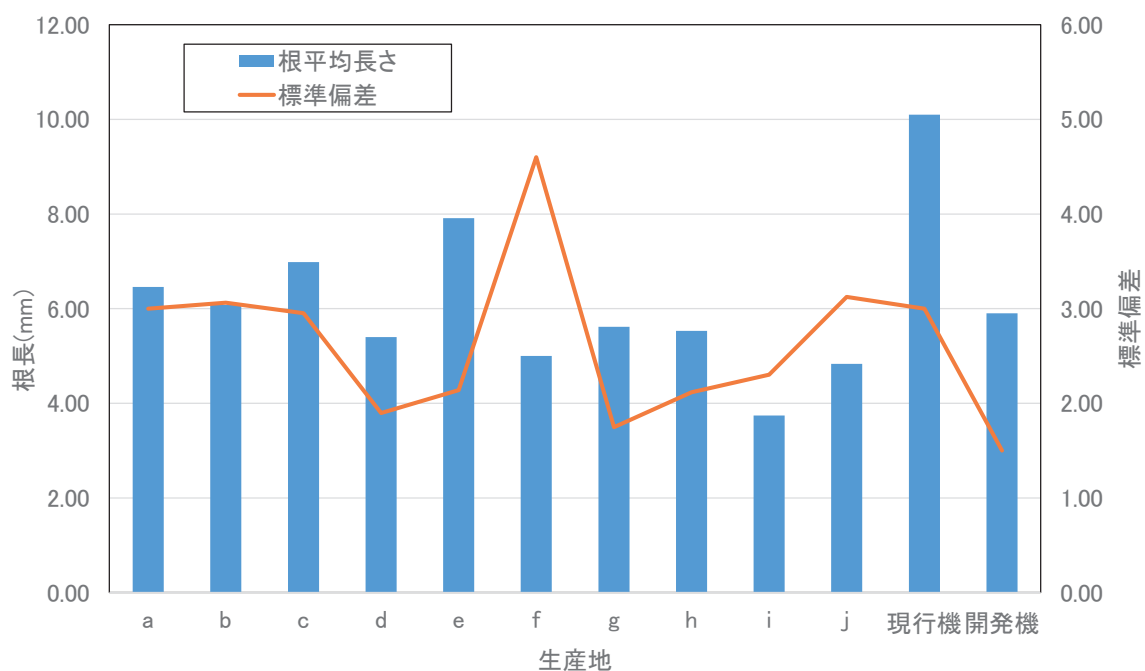


図1 店頭販売品の調製程度

表3 能率試験結果の例

| | 作業体系 | 作業能率 (株/人・h) | 供試品種 |
|-----|------------|-----------------|----------|
| 現行機 | 供給1人、仕上げ3人 | 570 | サンホープセブン |
| 開発機 | 供給1人、仕上げ1人 | 900 | サンホープセブン |

*岐阜県中山間農業研究所との共同研究結果より
23～32cm(飛騨ほうれんそう出荷基準L品相当)での試験。

現地での置き換え試験の様子



表4 現地試験での置き換え結果事例

| 経営体 | 配置人員 | 供試品種 | コメント | 能率向上比 |
|-----|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|-------|
| A | 供給1人、 仕上げ約4人 | ジャスティス TSP536 | ・束作成までのバッチ作業 ・調製のみ | 1.3 |
| B | 供給1人、仕上げ2人 (+供給者が移動) | サマービクトリーセブン ジャスティス | ・束作成までのバッチ作業 ・調量・束作成まで実施 | 1.4 |
| C | 供給1人、仕上げ2人 | ハイドロセブン | ・連続作業 ・調量・束作成まで実施 | 1.4 |
| D | 供給1人、仕上げ1人 | 晩抽サマースカイ サンホープセブン クローネ トラッド | ・連続作業 ・調製のみ | 1.6 |

*現行機の利用場所での置き換え結果

*岐阜県中山間農業研究所、岩手県農業研究センター・県北農業研究所との共同研究結果より

開発目標

既存の調製機より、30～50%高能率に作業できる高能率調製機を開発する。

- 1) 根切り精度
→調製機械のみで、出荷品と同等の精度を達成。
- 2) 子葉・下葉除去精度
→90%以上除去（開発機95.4%、現行機67.2%）
- 3) 仕上げ作業を大幅に削減し、能率は現行比1.5倍。
→作業能率900(株/人・h)(現行機570(株/人・h))
- 4) 現地実証試験を実施。
→通算175日、650時間（12月14日現在）
- 5) 平成30年度中に、現行機と同等の価格市販化の見込み。

大量の農産物テキストの効率的解析手法提案 ～野菜商品レビューを対象として～

農研機構 農業技術革新工学研究センター
高度作業支援システム研究領域
高度情報化システムユニット
竹崎 あかね

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

背景

- ・テキストデータのビジネス活用が増加
例；質問分析によるサポートセンター業務効率化
既存商品の改良・新商品開発に役立つ情報入手

- ・ソーシャルメディア普及でテキストデータの蓄積
人々の考え等を抽出する試み増加

⇒ 大量テキストデータから 効率的に一定の方針 で知見抽出する
テキストマイニング技術導入が進行



商品レビュー

Twitter等
ソーシャルメディア

ブログ
掲示板

コールセンター
での会話テキスト

・言語処理とマイニング処理で構成

1) 言語処理

↓
テキストから記述内容(概念)抽出、数値化可能な状態へ
☆品詞タグ付けした語に分割する形態素解析
☆文節間の関係を解析する構文解析 など

2) マイニング処理

統計的手法による知見抽出

・農産物テキストでは少ない導入事例

だが 消費者の価値観等の新たな知見抽出法
今後導入が進む可能性

⇒ **農作物を対象としたテキスト解析手法の確立が必要**

研究の前提

1) 言語処理精度はテキスト依存、言語処理方法を重点的に検討

- ・言語処理ツールは新聞記事等を基に構成
- ・農作物テキストを対象とした形態素解析【簡易言語処理】は低精度(磯島 2009)

2) 無料ツールの組合せ利用、将来的には無料統合ツール開発 既存テキストマイニングツールの特徴(研究開始当初)

- ①市販;言語処理とマイニング処理を組合せた統合ツール有
【欠点】高価
- ②無料;言語処理やマイニング処理ツール有
【欠点】ツール組合せ利用のため煩雑

3) 野菜を対象

⇒ 本研究では**無料ツールの組合せ利用**
野菜テキストの解析精度(特に言語処理精度)確認
解析精度向上方法の検討

【研究目的】

- 1) 簡易言語解析【形態素解析器、その付属辞書】による
記述内容抽出精度を確認、野菜テキストに適した解析法を提案
- 2) 提案した解析法を用いて知見抽出、例示

【対象データと研究方法】

対象データ: 楽天市場3年間 (2010.1.1~2012.12.31)
野菜・キノコジャンルの商品レビュー 293,586件

研究方法 :

- 1) 「購入者の感想」を記号削除等の整形
 - ・ 無料の形態素解析器ツール“JUMAN”、及びその付属辞書で
簡易言語解析
 - ・ 記述内容の抽出精度を解析
 - ・ 野菜テキストに適した言語処理工程を提案
- 2) 提案した言語処理工程と既存マイニングツール(R)により
知見抽出・例示

研究1-1; 言語処理の問題点抽出

形態素解析器“JUMAN”、その付属辞書による簡易言語処理
低い記述内容の抽出精度

【原因】

- 1) 低い語の分割精度(例; “安”: “納”: “芋”)
= 対策 = > 野菜テキスト特有の語をユーザー辞書として登録
- 2) 同義語が異なる概念の語と判定(例; “体”と“身体”)
= 対策 = > 野菜テキスト特有の同義語を正規化
- 3) 否定概念が欠落(例; “無農薬”を“無”と“農薬”に分割)
= 対策 = > 否定概念を表す接頭辞・接尾辞を名詞等と集約
- 4) 形容詞の対象が不明確
= 対策 = > 文節間の関係を解析する構文解析が必要

研究1-2; 言語処理工程を提案(1)

言語処理工程を提案(簡易言語処理; 緑字に赤字追加)

1. 自由記述文の整形(記号等削除)

形態素解析用ユーザー辞書

安納芋(名詞)
キタアカリ(名詞)

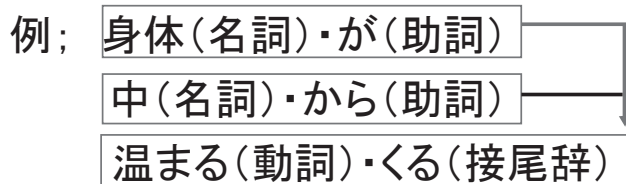
2. 付属辞書・ユーザー辞書を参照した“JUMAN”による形態素解析

例; 身体(名詞)・が(助詞)・中(名詞)・から(助詞)

・温まる(動詞)・くる(接尾辞)

3. 構文解析器“KNP”により文節間の関係解析

(四角内は同一文節, 黒線矢印は係り受け先を示す)



研究1-2; 言語処理工程を提案(2)

言語処理工程を提案(赤字追加)

4. “する”を具体的動作を示す動詞へ変換

例; “購入”：“する”=> “購入:する”

5. 否定概念の付与

例; “美味しい”・“ない”=> “美味しい:ない”

6. ユーザー辞書参照、同義語の正規化

例; 身体(名詞) => 体(名詞)へ変換

7. 解析対象に合わせた係り受け関係抽出

例; 鮮度・良い, 鮮度・悪い

Perlにより
形態素解析、
構文解析結果
を加工
=>記述内容の
抽出精度向上

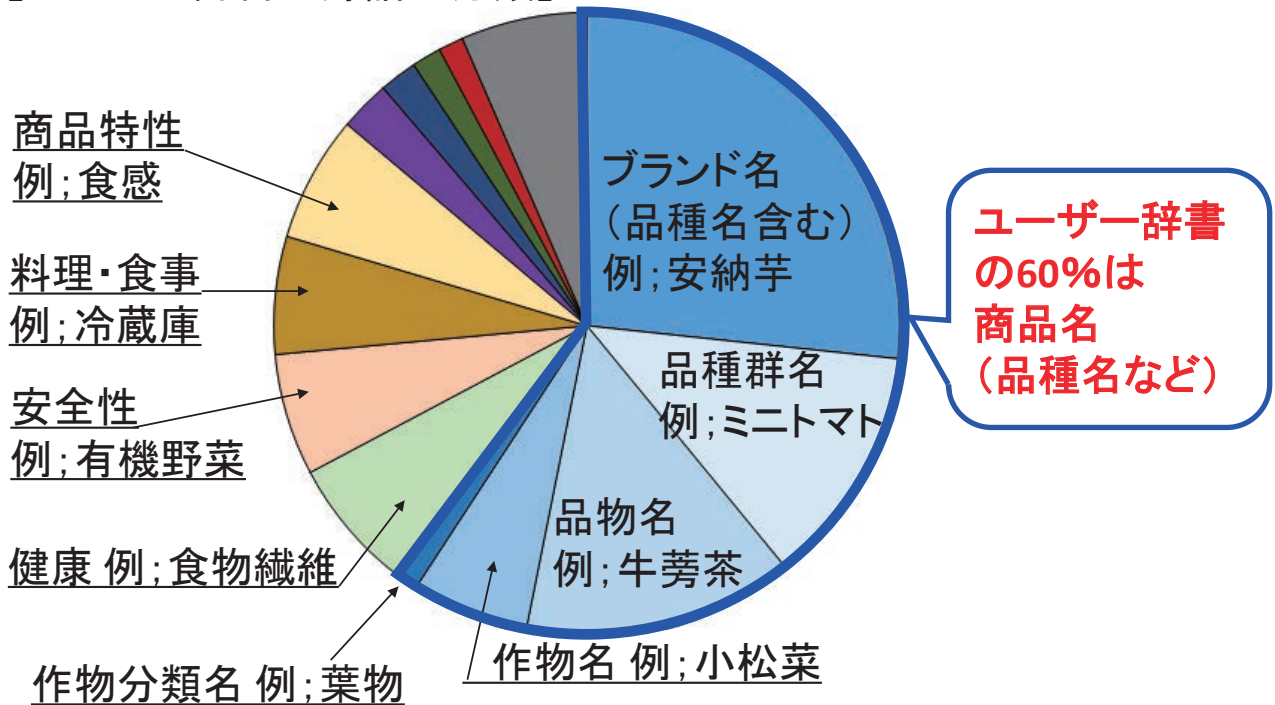
正規化用
ユーザー辞書

身体 => 体
旨い => 美味しい
メイクイン
=> メイクイン

研究1-3; 形態素解析用ユーザー辞書提案 農研機構

商品名、特にブランド名(品種名含む)のユーザー辞書登録重要

【ユーザー辞書登録語の分類】



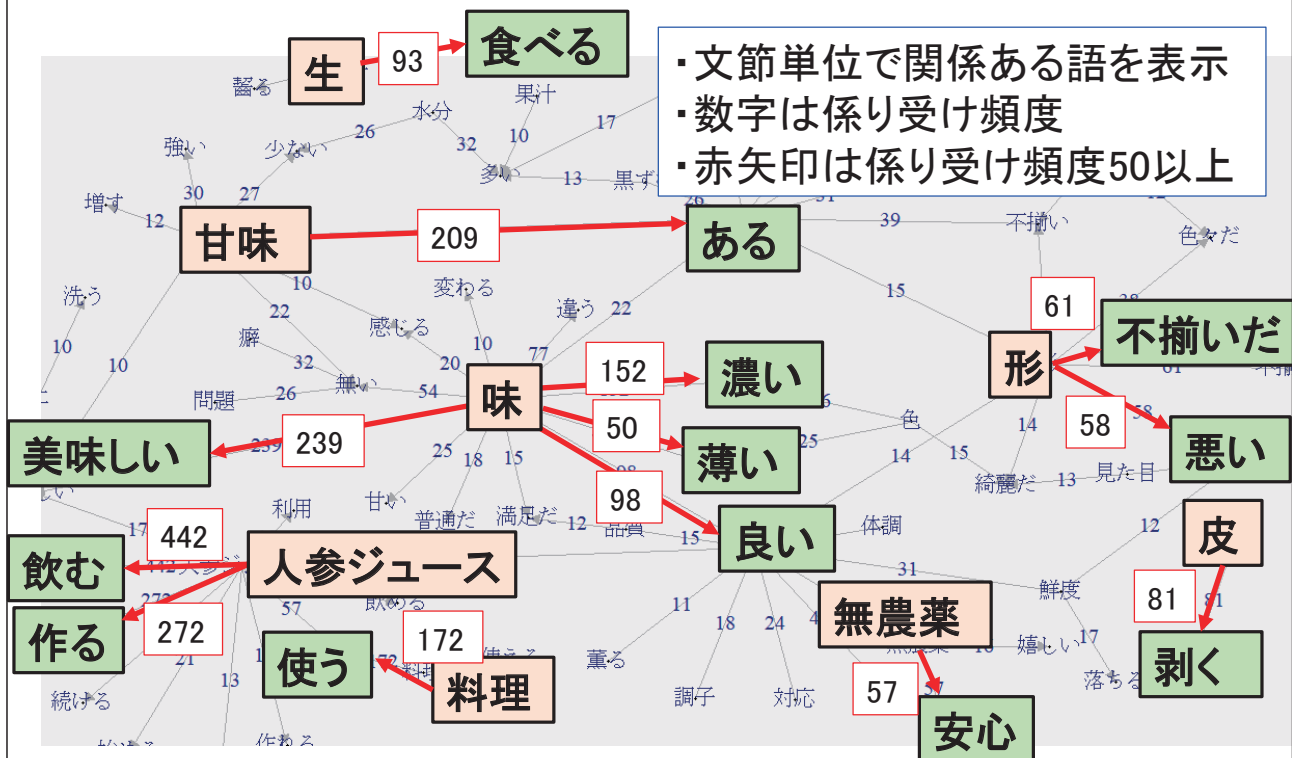
研究2-1; Rによる知見抽出例(1)

品目特異的な高出現キーワードは消費者ニーズの一部と推測

| ブランド | 地名 | 安全 | 健康 |
|---------------|----------------------|--------|--------|
| サツマイモ | 【特徴】ブランド名が多、産地名; 種子島 | | |
| 安納芋、紅はるか | 九州 | 安心する | |
| 蜜芋、紅あずま | 種子島 | 国産、安全だ | |
| 鳴門金時 など | 関東 | | |
| タマネギ | 【特徴】産地名; 淡路島、健康関連名が多 | | |
| フルーツタマネギ | 淡路島 | 国産 | 血液さらさら |
| | 九州、関東 | 安心する | ダイエット |
| | | 無農薬 | 温まる |
| トウモロコシ | 【特徴】ブランド名が多、産地名; 北海道 | | |
| ピュアホワイト | 北海道 | 安心する | |
| ゴールドラッシュ | 九州、関東 | 安全だ | |
| 味来、嶽きみ など | | | |

研究2-2; Rによる知見抽出例(2)

ネットワーク解析により記述内容を視覚化



【特徴】用途(ジュース・料理)、生食、味、形、農薬、皮について記述

まとめ

- ・簡易言語処理(形態素解析のみ)での記述内容抽出は低精度
- ・無料ツールを組合せ(“JUMAN”、“KNP”、“Perl”)
- ・記述内容の抽出精度を向上した野菜テキスト用の言語処理工程、ユーザー辞書を提案、公開検討
- ・本手法による知見抽出例を提示
 => 大量テキストデータの記述内容が迅速に把握可能

【問題点】

- ・無料ツールの組合せ利用が煩雑

【今後】

- ・近年開発された無料テキストマイニング統合ツール(言語・マイニング処理)、農作物用への機能拡張を検討

露地野菜の生育シミュレーション に基づく出荷予測システム



農研機構 農業技術革新工学研究センター
高度作業支援システム研究領域
菅原 幸治

2018/03/08

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

露地野菜の出荷予測システム

背景

- レタス等、露地野菜での契約取引が増加。「定時・定量出荷」に対する取引先の要求
 - 気象条件によって生育が影響されやすい。出荷時期・数量の正確な把握が困難
- 露地野菜の契約栽培を行う出荷団体を対象に
出荷予測システム(アプリ)を開発

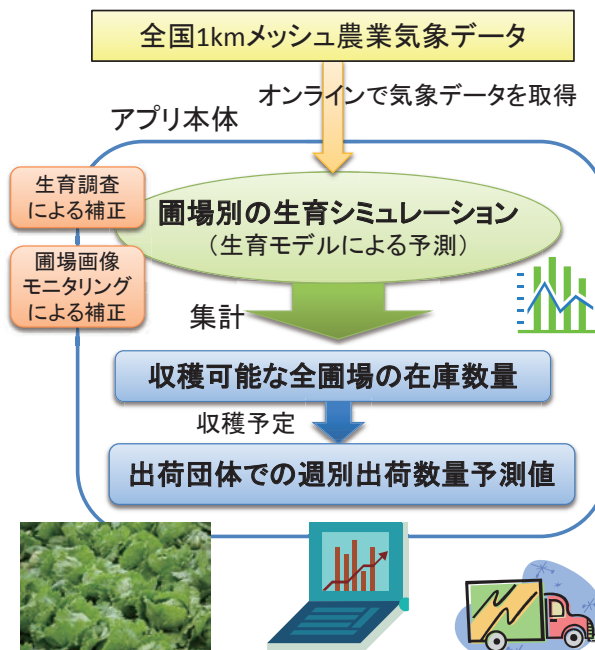
開発のポイント

- 工業製品のような生産方式の応用
出荷団体＝工場 多数の圃場＝生産ライン
- 圃場別に生育シミュレーションを行い、その結果を集計して週別出荷数量を予測
- 最新の気象データをWeb経由で取得してより正確な生育シミュレーションが可能

利用による効果

- 出荷団体は収穫前に出荷数量を把握できる。
 - 取引先に、事前に出荷情報を提供できる。
- 露地野菜の契約取引の安定化に貢献

出荷予測システムの構成概要



「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

研究の背景

加工・業務用野菜生産の増加

- 食品製造業や外食産業の需要
- 生産者・出荷団体と実需者との間で、**契約取引が増加**
- 納期、数量、規格を事前に契約＝**定時・定量出荷**

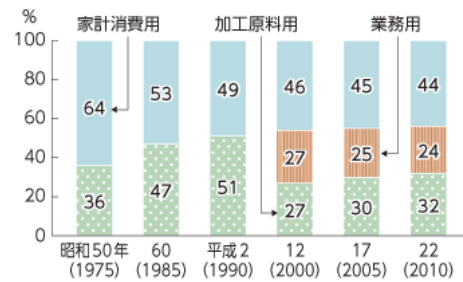
露地野菜の契約取引(BtoB)の問題点

- 気象条件の影響で**生育期間や収穫量が変動しやすい**。
- **出荷時期・数量の予測方法**が十分確立されていない。
→収穫期まで数量を確定できない。

より安定的で信頼性のある契約取引に必要なのは、

生育シミュレーションによる出荷時期・数量の予測

図 3-5-25 野菜の加工・業務用割合の推移



資料：農林水産政策研究所「農林水産政策研究所レビュー No.48」、農林水産省調べ
注：昭和60（1985）年以前は農林水産省調べ。

工業の生産方式を応用した野菜生産

「トヨタ生産方式」の概念と応用

トヨタ自動車による製品の効率的な「つくり方」
工場＝野菜の出荷団体、生産ライン＝多数の圃場



「ジャスト・イン・タイム」

- 必要なものを、必要なときに、必要な量だけ造る。
- 生産現場のムダをなくし、良いものだけを効率良く造る。
- 応用→**契約の出荷時期・数量に対応した生産管理**

「自動化」

- 異常発生時に機械や作業が自動的に止まる。
- 不良品を造らない。良品だけを次の工程に送る。
- 応用→**生産の異常＝生育不良をいち早く検知・通知**

開発システムの想定利用者

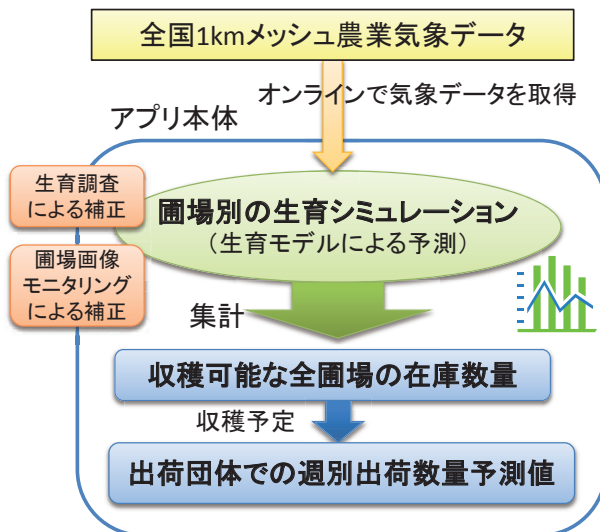


・ 露地野菜の出荷団体

- 出荷団体: JA、部会、農業生産法人など
- 取扱い数量が多く、圃場毎の生育調査が困難
- 栽培を行う者に対して「**生産管理**」が必要
生産管理: 作付計画、栽培指導、生育調査、集出荷など

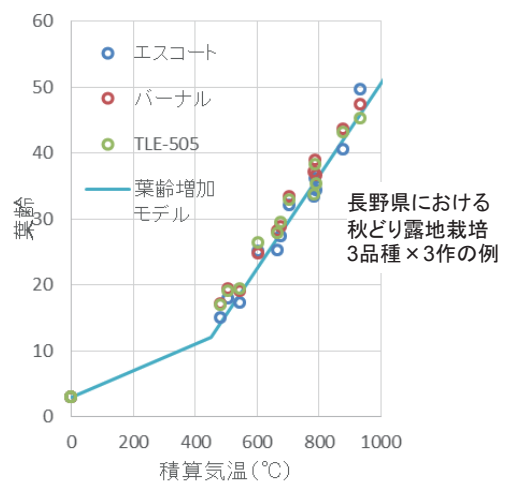
・ 契約栽培が主体

- **契約栽培**: 実需者との契約取引に基づく栽培
実需者: 小売業者、食品加工業者、中間流通業者など
- **納期、数量、規格を事前に契約**
→「**週別出荷数量**」を決める契約が多い。



農研機構提供の「メッシュ農業気象データ」から最新の気象データを取得して任意の地点での気象予報値(4週間先)を用いたシミュレーションができる。

レタスの葉齢増加モデル(簡易生育モデル)
 葉齢 < 12: 1日あたり葉齢増加速度 = $0.02 \times \text{日平均気温} (^{\circ}\text{C})$
 葉齢 ≥ 12 : 1日あたり葉齢増加速度 = $0.07 \times \text{日平均気温} (^{\circ}\text{C})$
 露地栽培の場合、いずれの品種もモデルにほぼ適合する。
 品種と出荷規格に応じて、収穫期葉齢(30~40)を設定。



露地野菜の出荷予測システムの概要

気象予報に基づく圃場別の生育シミュレーションの結果を集計して、出荷団体における収穫可能な在庫数量と出荷予定数量を算出する。

システムの想定する運用方法

・ 契約の出荷時期・数量に対応した生産管理

- 作付前にシミュレーションを行い、契約の出荷時期・数量に対応した合理的な圃場作付計画を立てる。
- 作付後、日々シミュレーションを行い、週別の収穫可能な「圃場在庫数量」と出荷可能な数量を予測する。

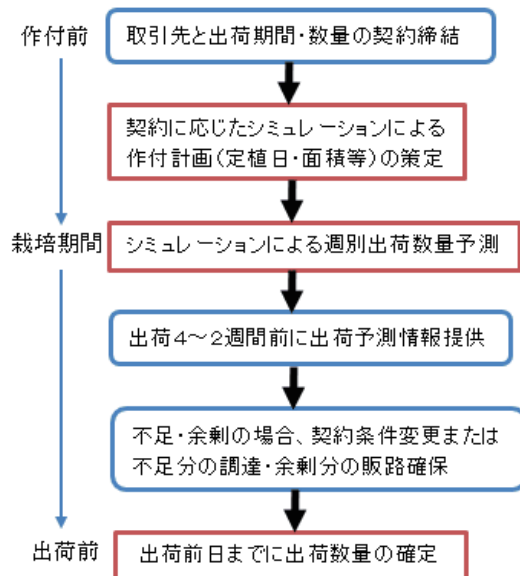
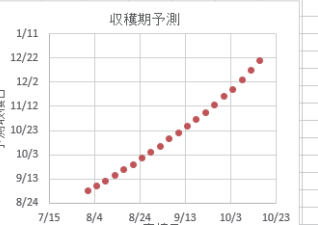
・ 生育不良や気象災害をいち早く検知

- モニタリングにより、生育の遅れや良品割合を推定する。

・ 取引先の実需者に出荷予測情報提供

- 出荷の4~2週間前に出荷予測情報を提供する。
- 契約の出荷量より不足する場合、実需者側は、別ルートからの調達に要する時間(リードタイム)をかせげる。

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|----|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | 生産者名 | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| 2 | 圃場名 | test1 | test2 | test3 | test4 | test5 | test6 | test7 | test8 | test9 | test10 |
| 3 | 品種名 | cv1 | cv1 | cv2 | cv2 | cv3 | cv3 | cv4 | cv4 | cv5 | cv5 |
| 4 | 定植面積a | 5 | 4 | 2 | 3 | 5 | 2 | 4 | 3 | 5 | 3 |
| 5 | 定植株数 | 4440 | 3552 | 1776 | 2664 | 4440 | 1776 | 3552 | 2664 | 4440 | 2664 |
| 6 | 播種日 | 7/1 | | | | | | | | | |
| 7 | 定植日 | 8/1 | 8/5 | 8/9 | 8/13 | 8/17 | 8/21 | 8/25 | 8/29 | 9/2 | 9/6 |
| 8 | 収穫日予測 | 9/3 | 9/7 | 9/11 | 9/16 | 9/21 | 9/25 | 9/30 | 10/5 | 10/10 | 10/16 |
| 9 | 収穫日補正 | 9/3 | 9/7 | 9/11 | 9/16 | 9/21 | 9/25 | 9/30 | 10/5 | 10/10 | 10/16 |
| 10 | 遅れ日数 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 良品割合% | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 | 90 |
| 12 | 収穫期薬価 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| 13 | 出荷週番 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 14 | 収穫箱数 | 249 | 199 | 99 | 149 | 249 | 99 | 199 | 149 | 249 | 149 |
| 15 | 収穫重量kg | 1988 | 1598 | 798 | 1198 | 1988 | 798 | 1598 | 1198 | 1988 | 1198 |
| 47 | 2015/8/1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 48 | 2015/8/2 | 3.528 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 49 | 2015/8/3 | 4.062 | | | | | | | | | |
| 50 | 2015/8/4 | 4.588 | | | | | | | | | |
| 51 | 2015/8/5 | 5.104 | | | | | | | | | |
| 52 | 2015/8/6 | 5.624 | 3.5 | | | | | | | | |
| | 圃場別・日別の推定葉齢 | 6.144 | 4.0 | | | | | | | | |
| | | 6.664 | 4.5 | | | | | | | | |
| | | 7.188 | 5.08 | | | | | | | | |
| | | 7.718 | 5.61 | | | | | | | | |
| | | 8.248 | 6.14 | | | | | | | | |
| 57 | 2015/8/11 | 8.78 | 6.67 | | | | | | | | |
| 58 | 2015/8/12 | 9.318 | 7.21 | | | | | | | | |
| 59 | 2015/8/13 | 9.848 | 7.74 | | | | | | | | |
| 60 | 2015/8/14 | 10.38 | 8.27 | | | | | | | | |
| 61 | 2015/8/15 | 10.91 | 8.80 | | | | | | | | |
| 62 | 2015/8/16 | 11.45 | 9.346 | | | | | | | | |
| 63 | 2015/8/17 | 11.99 | 9.884 | 7.262 | 5.132 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 64 | 2015/8/18 | | | 7.8 | 5.67 | 3.538 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |

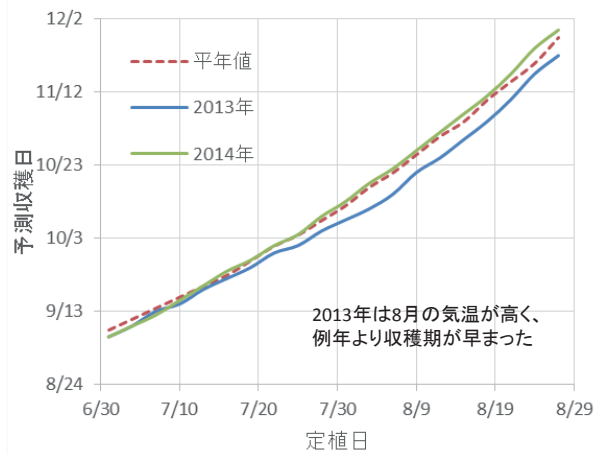
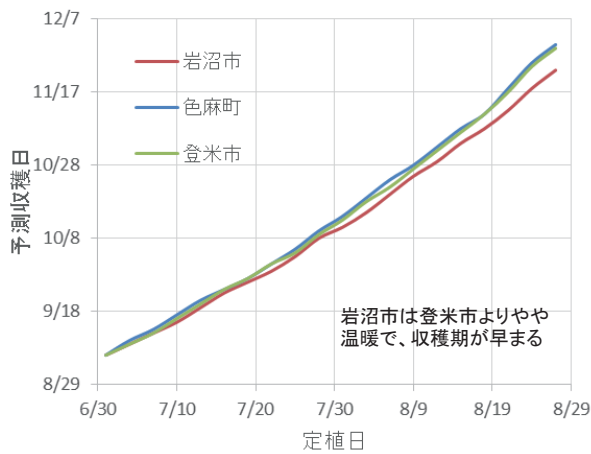


レタス出荷予測 Excelアプリの画面例
圃場別の生育シミュレーションを行うシート画面
赤い部分のセルが、利用者による入力項目
作付圃場ごとに収穫可能日と数量が算出される

契約取引におけるアプリを利用した
シミュレーション実施の手順
作付前から出荷前までシミュレーションを行い、
取引先に出荷予測情報を提供する。

長野県、静岡県等のレタス産地、茨城県、広島県等のキャベツ産地で実証試験中

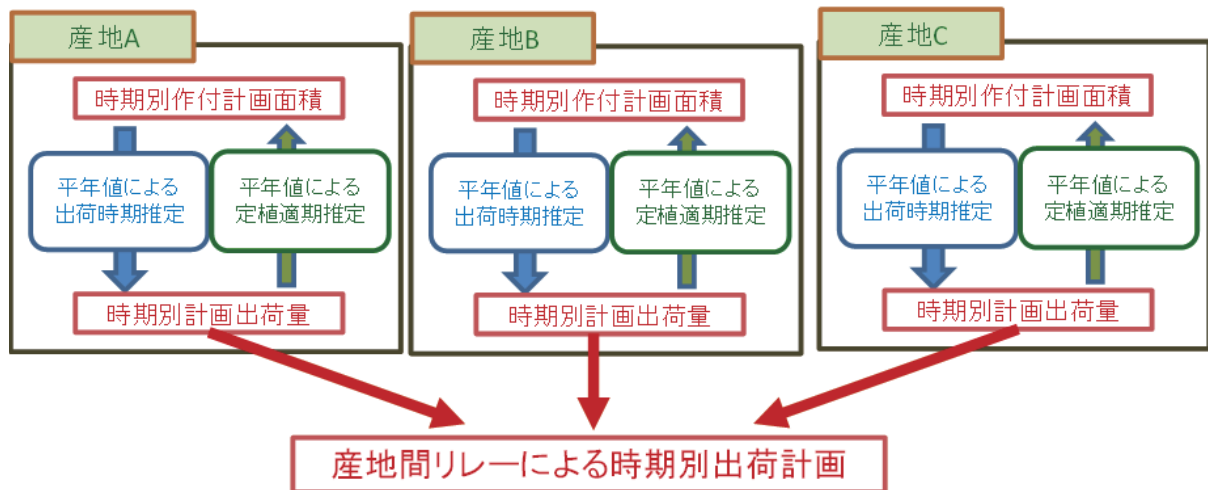
宮城県岩沼市は震災被災地であり、復興のための野菜産地化を支援
(比較として、登米市、色麻町は以前からの産地)



登米市、色麻町、岩沼市における2014年の生育シミュレーションによる定植日別の予測収穫日の比較

登米市における平年値、2013年、2014年の生育シミュレーションによる定植日別の予測収穫日の比較

宮城県内のキャベツ産地における生育シミュレーションの例



産地間リレーによる時期別出荷計画を策定するシステム
各産地(出荷団体)における時期別(旬別)出荷量の情報を集計する。
特に、各産地の出荷開始と終了の時期を予測することが重要。
このシステムを運用するのは、中間流通業者が想定される。

「良品割合」の推定、モニタリングの必要性



露地野菜の契約栽培において
出荷規格が決められている場合、

収穫量に影響するのは、
良品割合(収穫可能な株の割合)

収穫量(重量) =
定植株数 × 目標結球重 × 良品割合

収穫前の正確な推定は難しい。

良品割合の推定方法を研究

→出荷予定4~2週間前に情報提供

←宮城県某所のキャベツ試験圃場

2012年夏の干ばつにより、定植後の
活着が悪く、ほぼ全滅となった畝



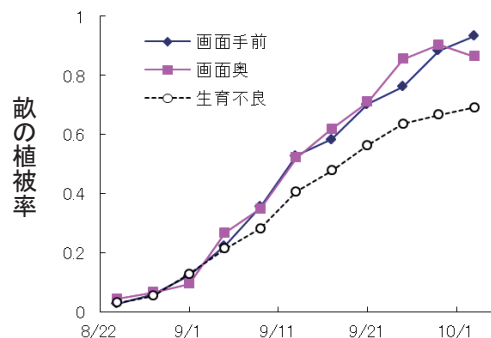
定点カメラによるレタス圃場のモニタリング画像(植被率で生育シミュレーションを補正)

作付圃場画像の解析による生育量の推定

畝内の緑色部分(葉)の面積割合=「植被率」を算出する

川上村のレタス試験圃場に定点カメラを置いて毎日撮影(2009年)

画面奥の畝



生育不良の畝 (病害に弱い品種) 画面手前の畝 (病害に強い品種)

撮影画像における畝内の緑色部分の面積割合(植被率)の変化
定植日:8/18 収穫期:10/1頃

圃場の撮影画像の例

野外で利用できるモニタリングシステム



フィールドサーバ FS-V (イーラボ・エクスペリエンス)



インターバル撮影用カメラ
タイムラプスカメラ (Brinno)



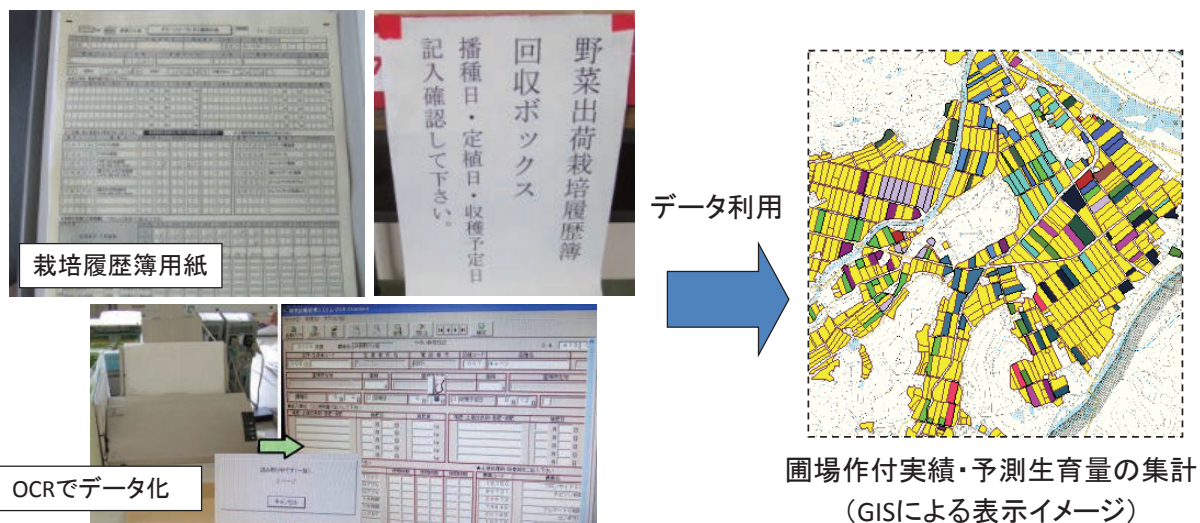
カメラ付きドローン (DJI Phantom 4)

モニタリングシステムは、現在いろいろな製品が販売されている。

価格は、用途に応じて、数万～数十万円

将来、圃場画像撮影に有望なのは、いわゆる「ドローン」(無人小型ヘリ)

栽培計画・履歴管理システムとの連携



例えば、JA長野県グループによる「栽培履歴管理システム」

主な使用目的は、農薬の適正使用チェック → 複数のJAで運用中
各生産者の圃場作付実績データ(播種日、定植日、収穫予定日等)を収集
→ 出荷団体で、出荷時期・数量の推計に利用できる。

露地野菜の出荷予測システムによる効果

直接的効果

- 全国の露地野菜産地への適用
 - 各地域の作目・品種別に生育モデルを調整すれば適用可能
- 加工・業務用需要向け栽培の促進
 - 出荷時期・数量の不安定性による経営的リスクの低減
- 実需者との契約取引の安定化
 - 取引先に出荷予定時期・数量の正確な情報提供が可能
 - 事前の情報提供を前提に、産地側にも有利な契約条件に

波及効果

- 産地間連携の取り組みに寄与
 - 産地間での出荷予定情報の共有による出荷調整が可能に
- 農水省の野菜需給調整施策に対応
 - 加工・業務用需要に対する国産野菜の安定供給対策として

本研究やシステムに関するお問い合わせは、発表者・菅原までお願いします。

TEL: 029-838-8973

E-mail: sugak@naro.affrc.go.jp

高温熱風による飼料用米の効率的乾燥に関する研究

担当部署：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

土師健、野田崇啓、日高靖之、嶋津光辰、荒井圭介

協力分担：穀物乾燥貯蔵施設協会、九州大学、千葉大学

研究期間：2015～2017年度（平成27～29年度）

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

背景

食用米の需要減少

輸入飼料価格の乱高下

需給のアンバランス

食料自給率の向上

価格の低迷

国産飼料の要望

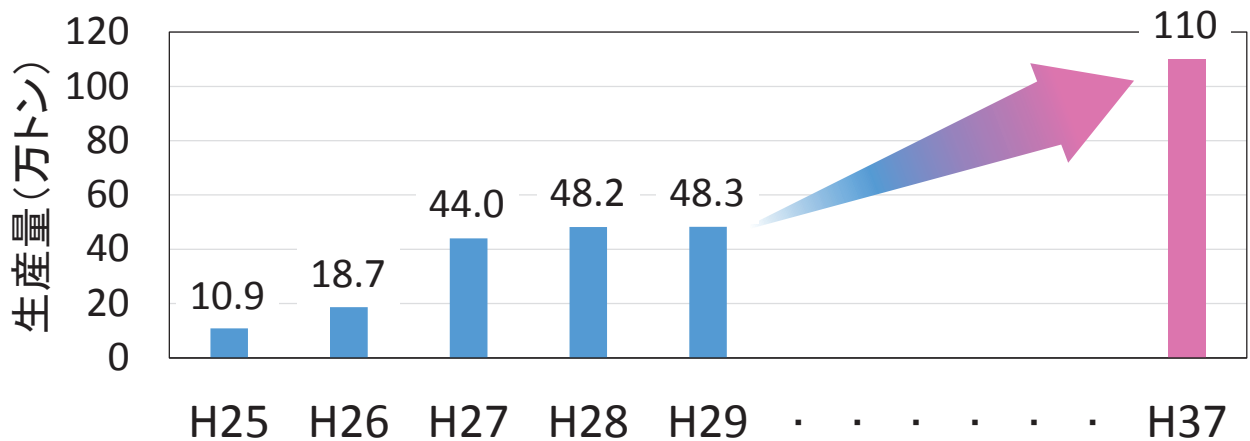
新規需要米の拡大

飼料用米、WCS用稲、米粉用米、輸出用米など

平成37年の生産努力目標：110万t

出展：農林水産省，飼料用米の推進について平成30年1月

背景



取引価格が約30,000円/トンの飼料用米が生産努力目標を達成するためには生産費の低減が必要

出展：農林水産省，飼料用米の推進について平成30年1月

背景



出展：農林水産省，飼料用米の推進について平成30年1月

立毛乾燥（出穂後1400～1500℃）

- 輪作体系の作業スケジュール
- 鳥獣害および脱粒による収量の低下や漏生稻の発生
- 雨や水分ムラによる品質低下
- 日本海側は20%を切るのが難しい

循環式乾燥機

- 食用米と同じ工程でコスト高
- 小麦モード（熱風温度60℃）を利用し乾燥効率を上げる

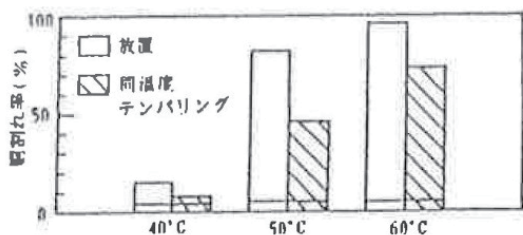
出展：農林水産省；飼料用米生産コスト低減マニュアル平成28年9月
日本草地畜産種子協会，平成28年播種用飼料用イネの栽培と品種特性

1. 超高速乾燥実現のための一考察

(1990年)

農業機械学会誌

Vol. 52 No. Supplement, 385-386



対象：粳（食用）
機械：流動層熱風乾燥

乾燥速度：2～12%/h

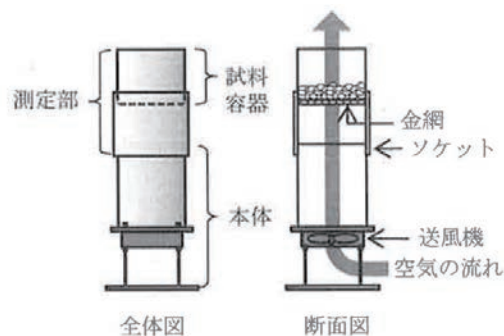
温度範囲：40℃、50℃、80℃

流動層乾燥の温度より10℃高い温度でテンパリングしてやると、効率を維持したまま品質低下が防げた。

2. 飼料用米乾燥の効率化

(2013年)

農業機械学会誌75(3)：151～156



対象：粳・玄米
機械：熱風乾燥（上図）

モデル構築のため薄層乾燥

温度範囲：40～80℃

熱風温度80℃、粳一玄米2段乾燥法が最も効率が良かった。

循環式乾燥機を用いて飼料用米の効率的な(高速、省エネルギーで加工適性に優れる)乾燥



穀温を上げるために高温の熱風を供給

市販機や乾燥調製施設に反映できれば、機械経費の抑制、既存設備の有効利用に繋がる



110万tまで増産する政策目標に対して有望な解決手段

試作機の仕様

運転条件と乾燥速度、乾燥コストとの関係を調査



最大張込量: 1100kg

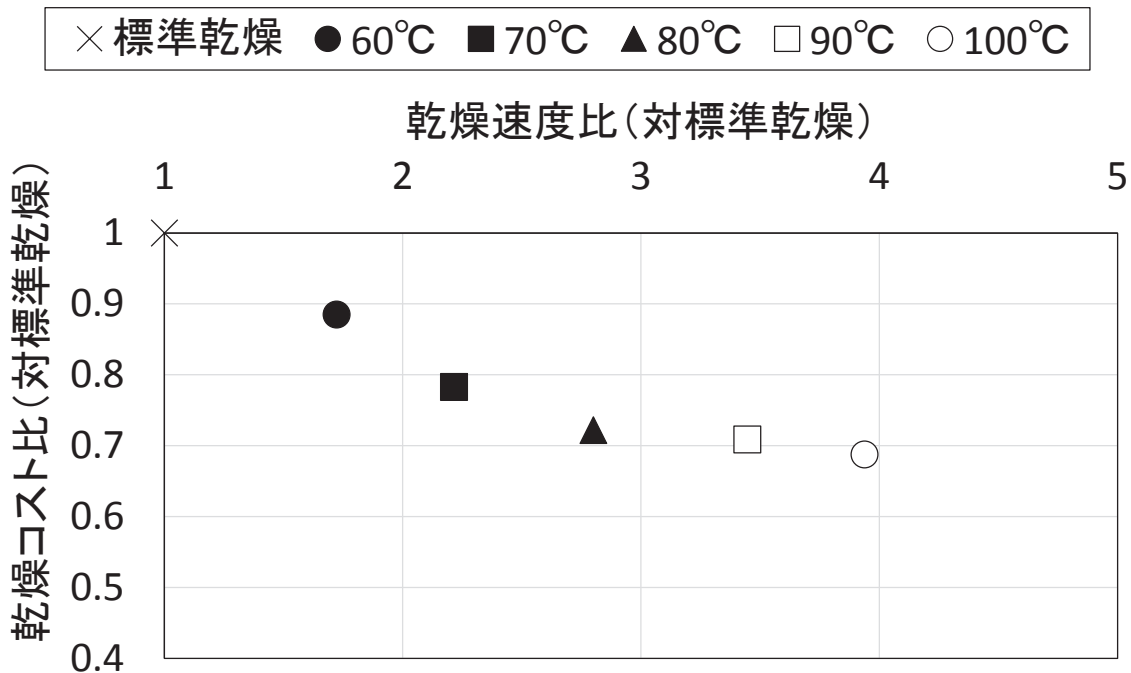
- 熱風温度
60~100 °C (定温式)
- 送風量
0.25~0.31 m³/s (40~60Hz)
- 穀物循環量
933~1497 kg/h (10~16石)

- 灯油バーナーの変更
0.6~2.2 L/h → 1.1~4.5 L/h
- インバーターの追加
- 冷却通風時間の変更
- 制御プログラムの変更

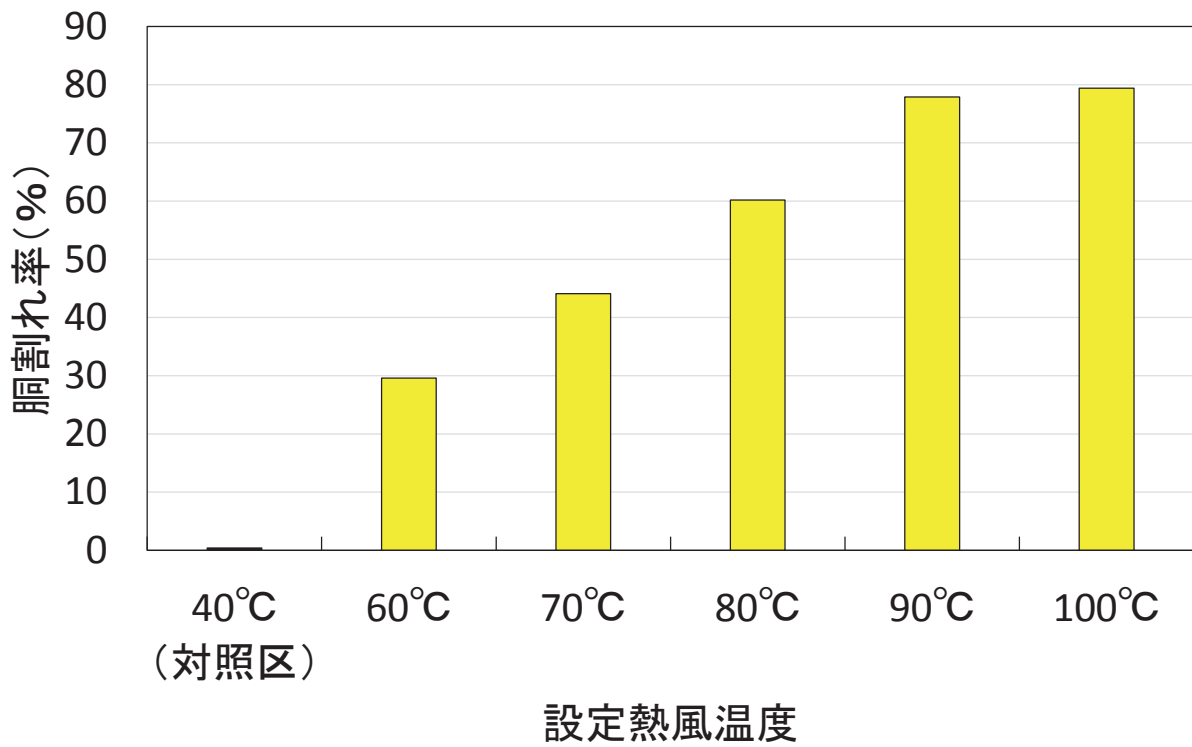
- 熱風温度を60、70、80、90、100°Cに設定
- 設定停止水分は各試験区15.0%w.b.
- 送風量は0.37m³/s、穀物循環量は1493kg/h
- 張込量は800kg程度(満量の約7割)

- 乾燥速度は対照機の1.7~3.9倍になった
- 水1kgを乾燥するのに必要なコストは対照機の12~31%減少した
- 熱風温度90°C以上でコスト削減効果は徐々に減少した
- 過乾燥になった(11.7~13.1%w.b.)
- 胴割れ率が増加した(29.6~79.4%w.b.)
- 胴割れ率の増加に伴って粳摺歩留が若干低下した
- 栄養価は損なわれなかった

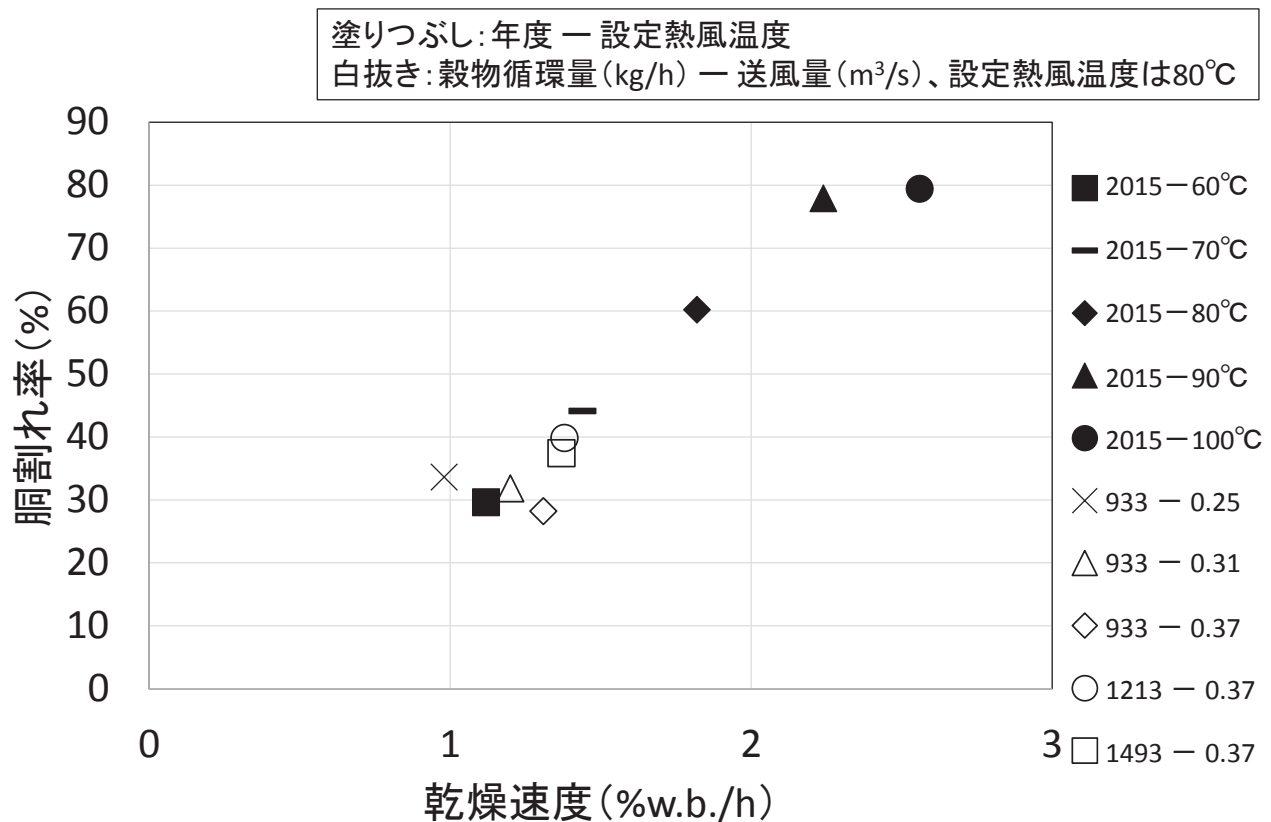
乾燥速度と乾燥コスト



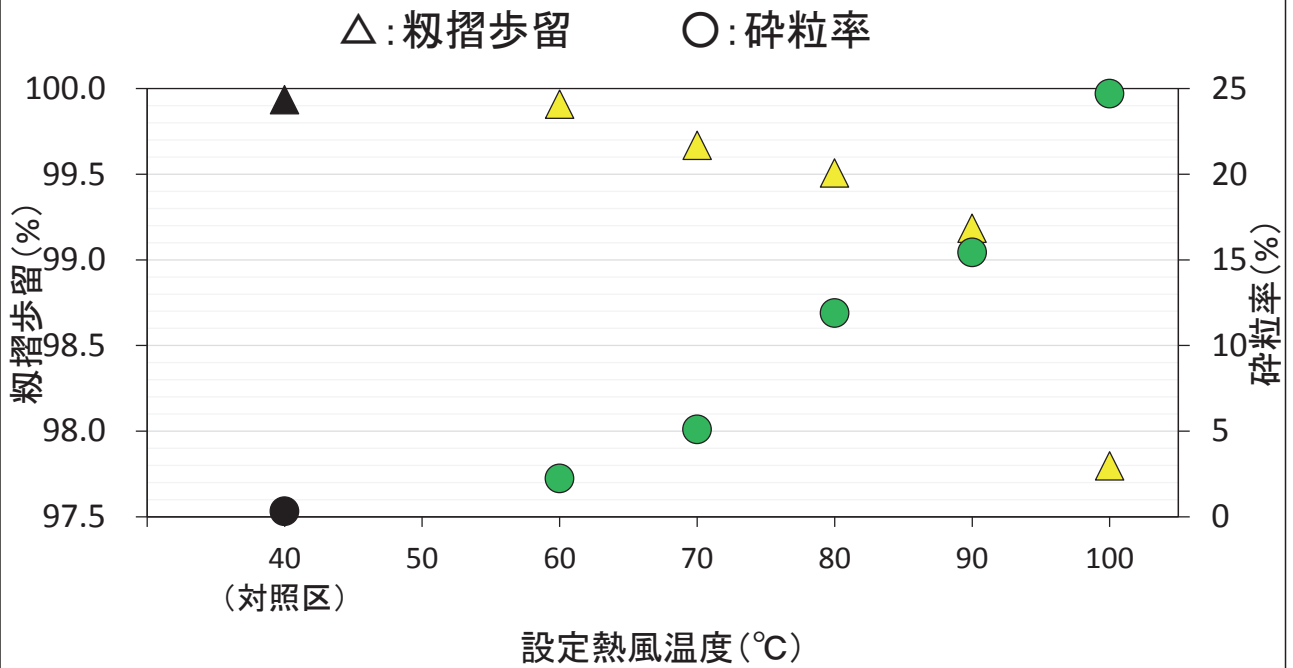
設定熱風温度別胴割れ率



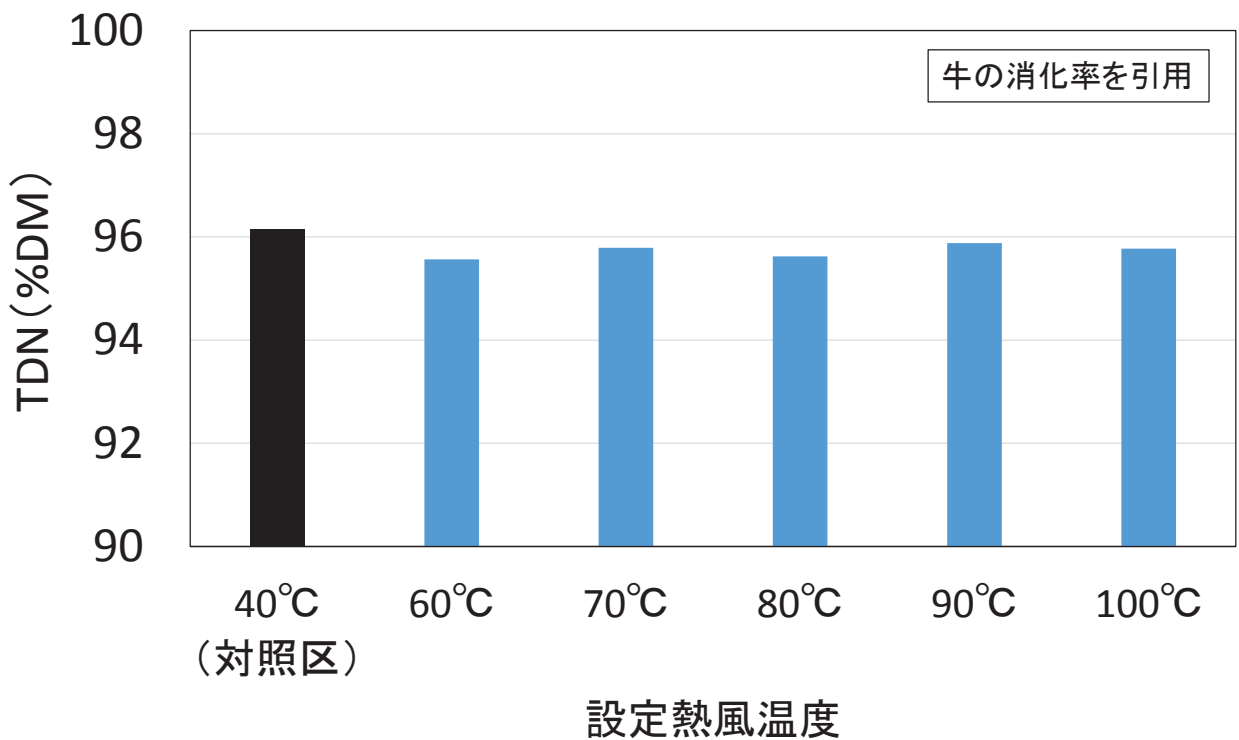
乾燥速度と胴割れ率の関係



糲摺歩留と碎粒率



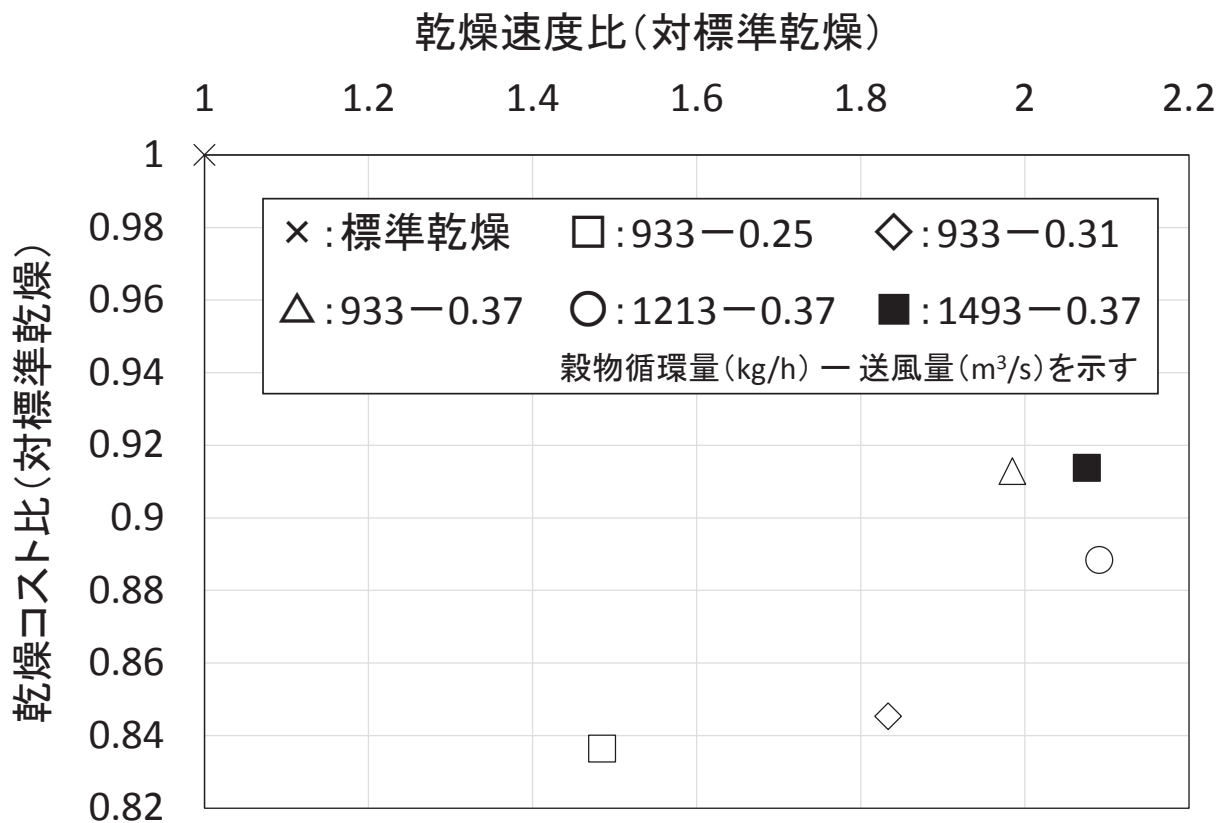
飼料的栄養価



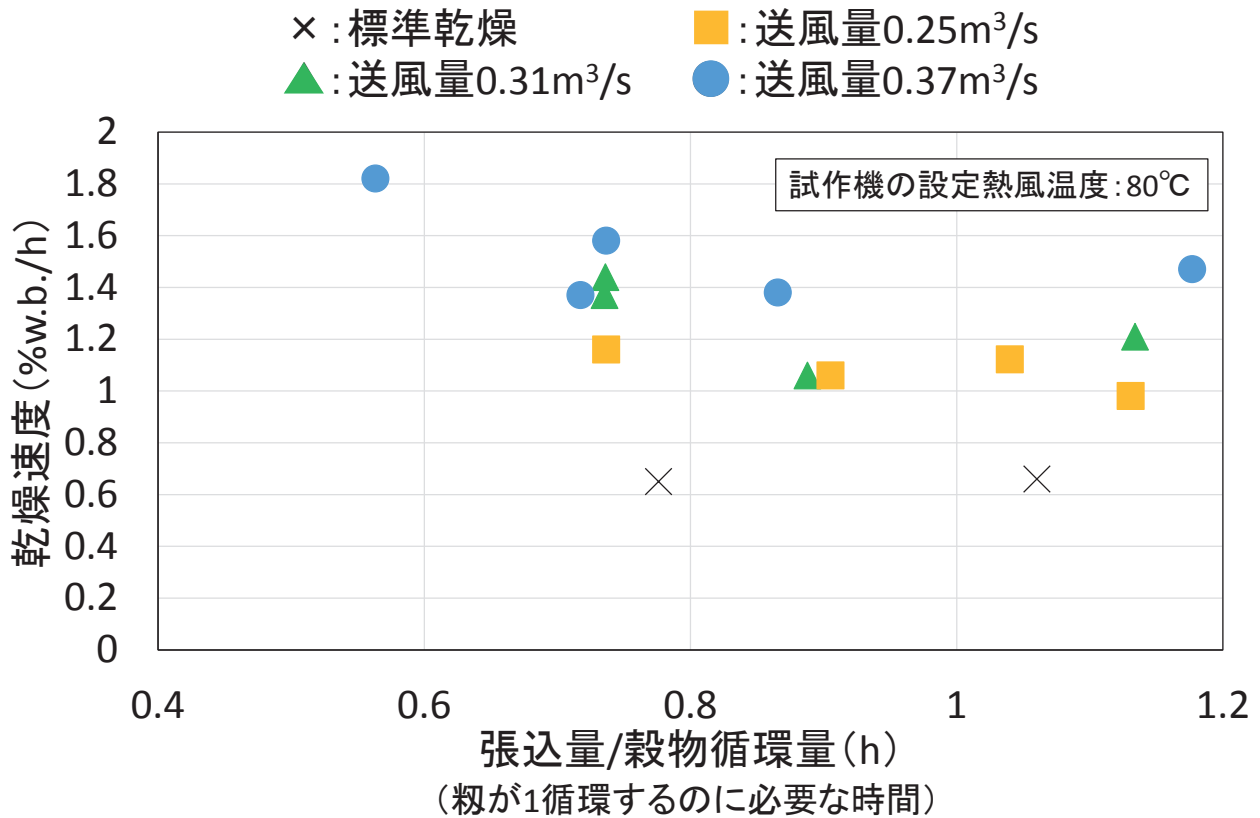
- 熱風温度を80°Cに設定
- 設定停止水分は各試験区15.0%w.b.
- 送風量は0.25、0.31、0.37m³/s、穀物循環量は933、1213、1493kg/h、張込量は満量

- 乾燥速度は対照機の1.5~2.1倍になった(2015年度の熱風温度80°Cでは2.8倍)
- 水1kgを乾燥するのに必要なコストは対照機の9~16%減少した
- 穀物循環量が多いと乾燥速度はやや向上、コストの削減効果は確認できず
- 送風量を少なくすると乾燥速度向上効果は小さくなるが、乾燥コスト削減効果は向上した
- 過乾燥になった(12.8~14.2%w.b.)

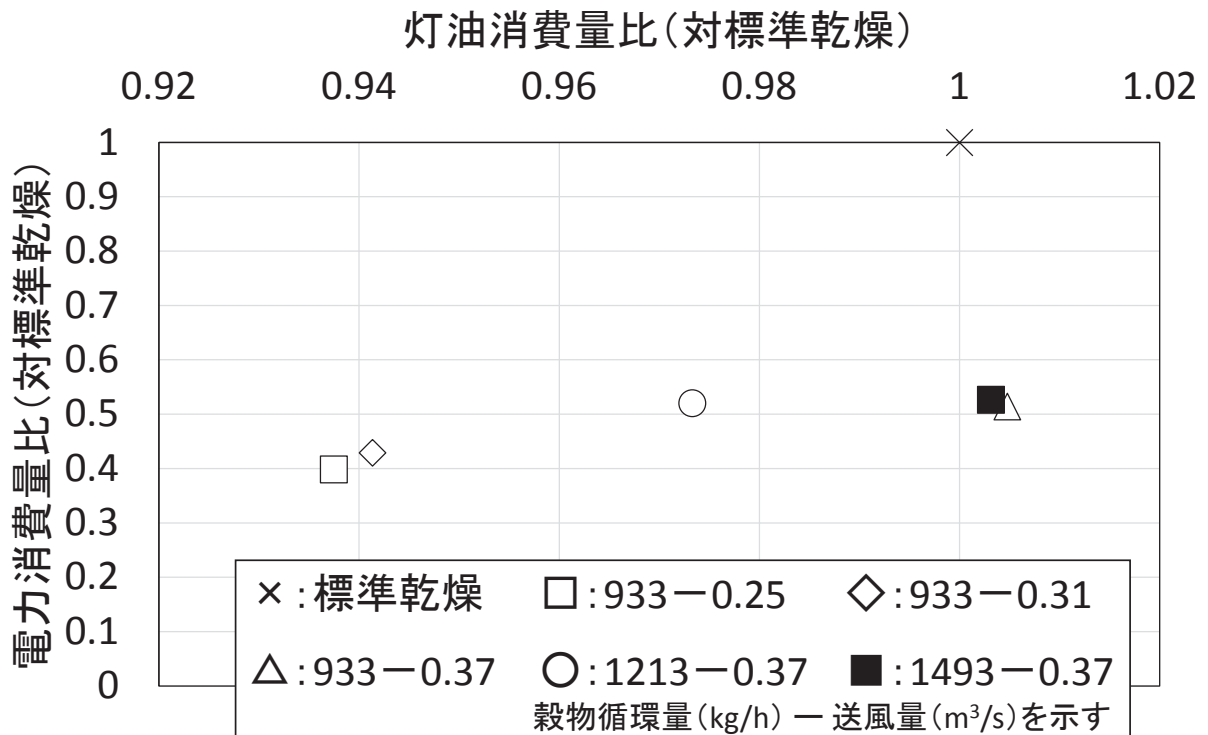
乾燥速度と乾燥コスト



穀物循環量と乾燥速度



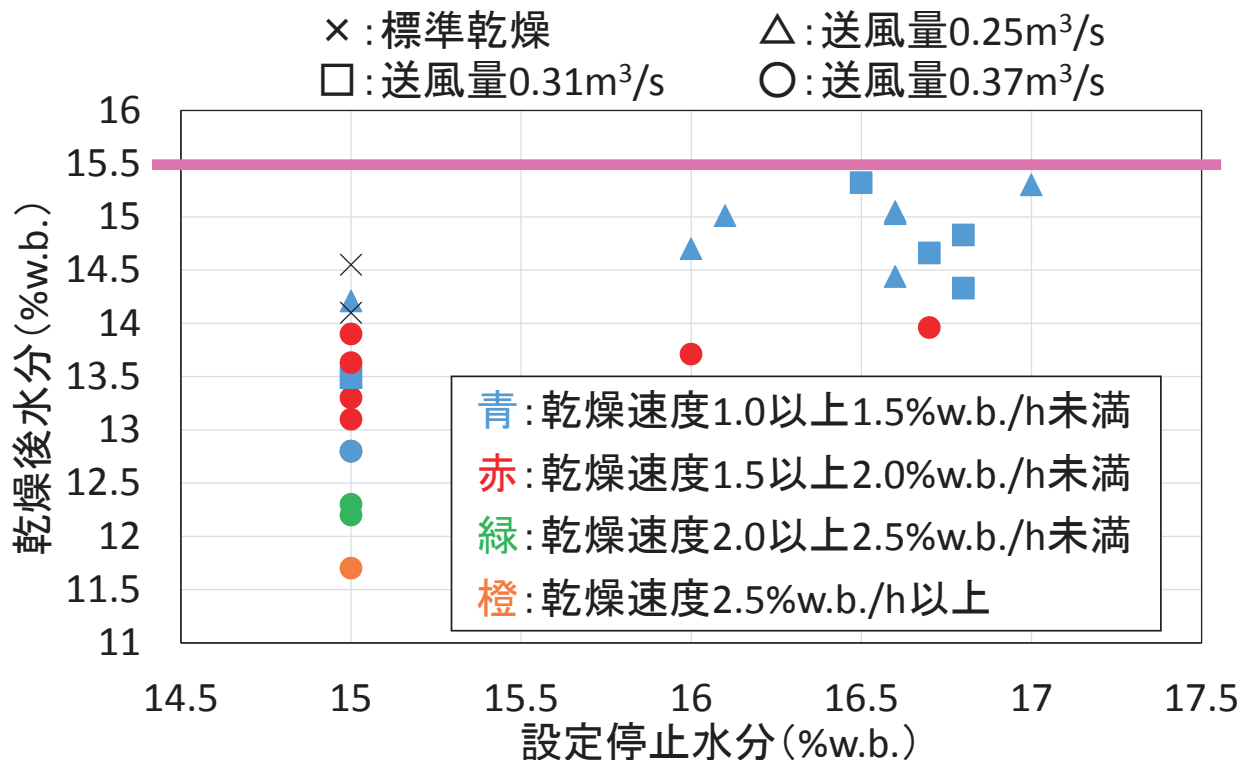
条件別灯油と電力の削減効果



- 熱風温度を80、90、100°Cに設定
- 設定停止水分は乾燥後水分が15.0%w.b.に仕上がるよう各試験区の試験条件に応じて変更(16.0~17.0%w.b.)
- 送風量は0.25、0.31、0.37m³/s、穀物循環量は933、1213、1493kg/h、張込量は満量
- 高温高速乾燥による乾燥経費削減効果を試算

- 過乾燥の原因は、粉が高温になることで水分計の検量線が対応できていないことが考えられ、60分の通風冷却運転で0.5%w.b.程度乾燥が進む
- 設定停止水分を高め設定することで過乾燥を抑制でき、再現性もあった
- 乾燥経費削減効果を試算した結果、最大で50%程度削減できる見込みがあった

設定停止水分と乾燥後水分の関係



乾燥後水分: 乾燥機停止後12時間以上経過した試料について標準法で測定した値
 設定停止水分: 乾燥機で設定した値

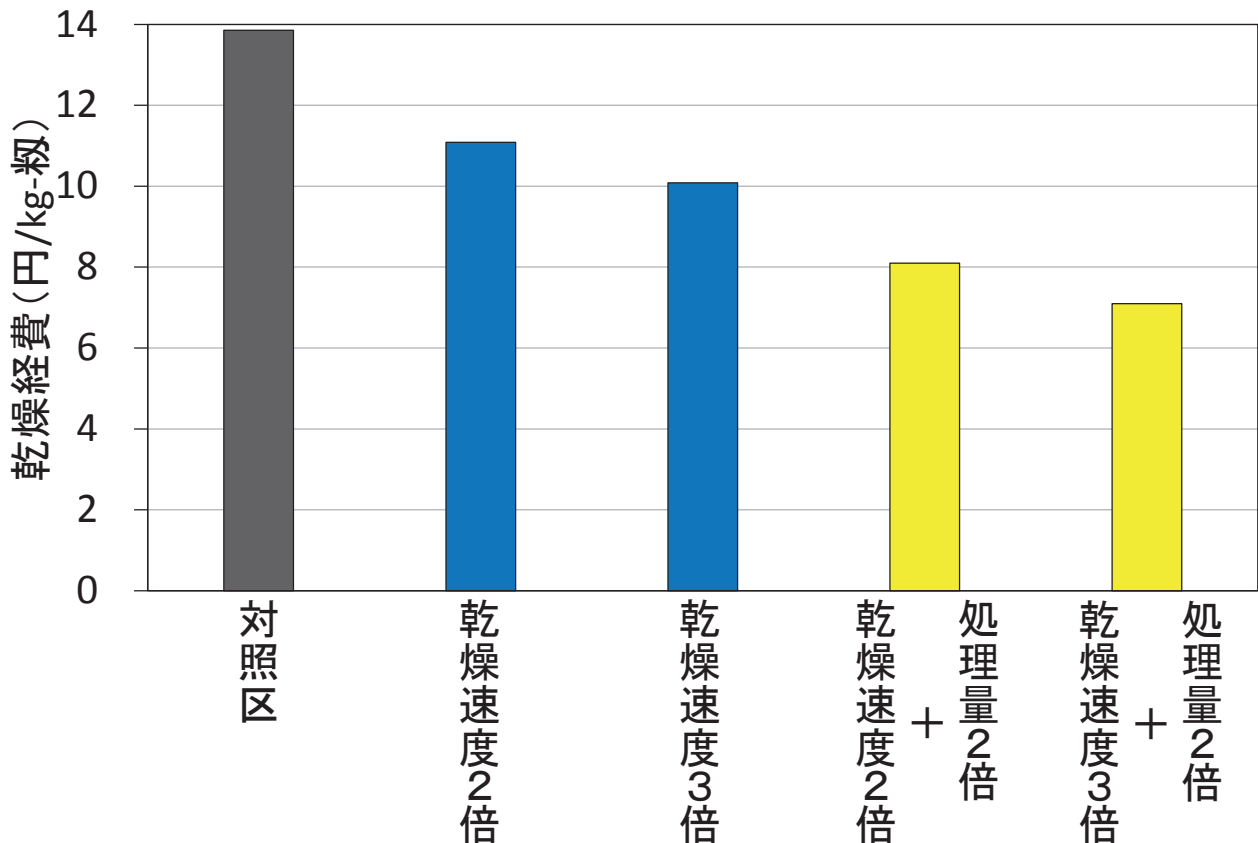
乾燥施設経費の試算

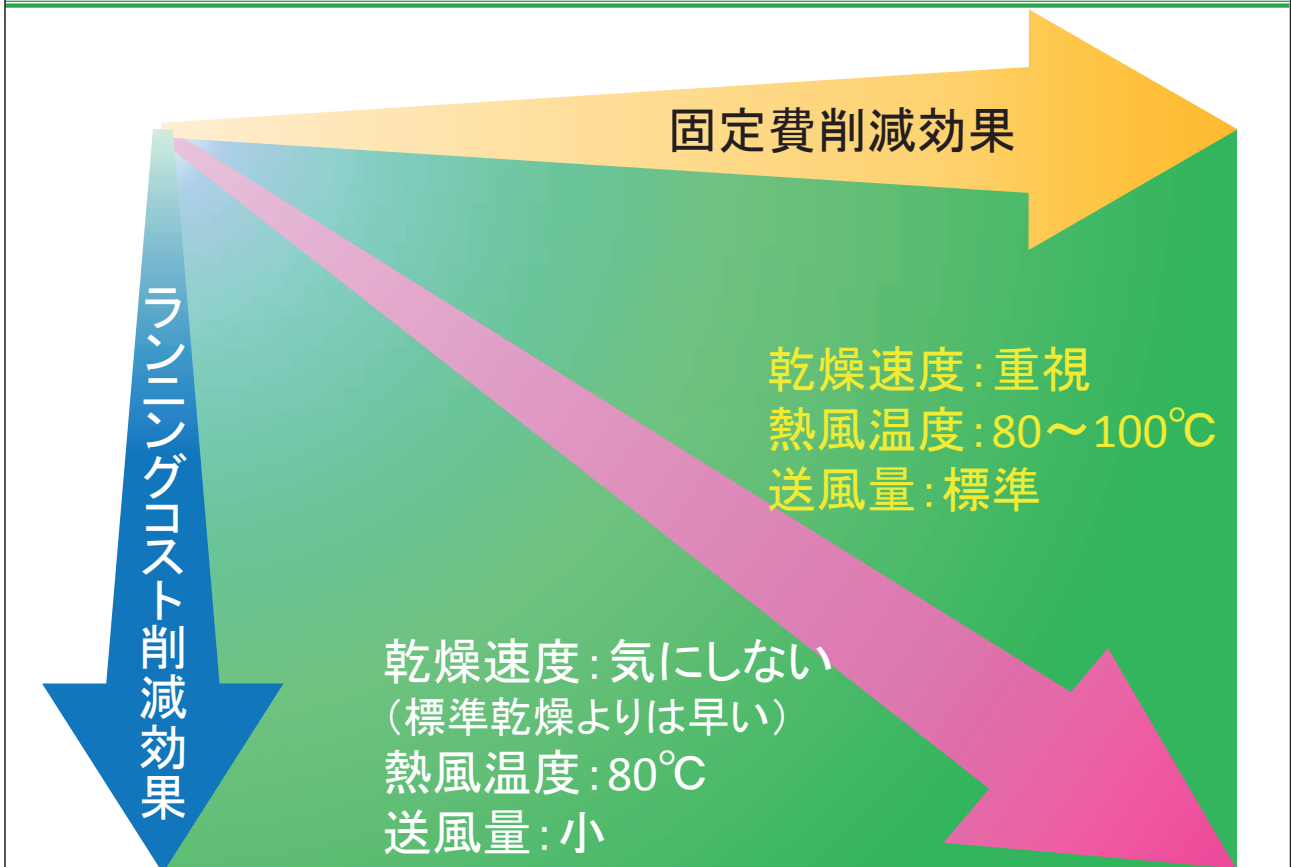
宮城県農業センター
稲作経営における作業別料金システムを利用

対照区 乾燥速度2倍 乾燥速度3倍 + 乾燥速度2倍 乾燥速度3倍 + 処理量2倍 処理量2倍

| 対象面積 | | a | 700 | 700 | 700 | 1,400 | 1,400 |
|-----------|-----------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 固定費 | 減価償却費 | 円 | 184,500 | 184,500 | 184,500 | 184,500 | 184,500 |
| | 修理費 | 円 | 65,600 | 65,600 | 65,600 | 131,200 | 131,200 |
| | 倉庫費 | 円 | 32,800 | 32,800 | 32,800 | 32,800 | 32,800 |
| | 資本利子等 | 円 | 31,570 | 31,570 | 31,570 | 31,570 | 31,570 |
| | 小計 | 円 | 314,470 | 314,470 | 314,470 | 380,070 | 380,070 |
| | 10a当たり固定費 | 円/10a | 4,492 | 4,492 | 4,492 | 2,715 | 2,715 |
| 変動費 | 灯油価格 | 円/L | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 |
| | 時間当たり燃費 | L/h | 4.5 | 7.2 | 9.0 | 7.2 | 9.0 |
| | 作業量 | ha/h | 0.6 | 1.2 | 1.8 | 1.2 | 1.8 |
| | 面積当たり燃料費 | 円/ha | 563 | 450 | 375 | 450 | 375 |
| | 潤滑油費 | 円/10a | 132 | 132 | 132 | 132 | 132 |
| | 10a当たり固定費 | 円/10a | 695 | 582 | 507 | 582 | 507 |
| 労働費 | 1時間当たり賃金 | 円/h | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,500 | 1,500 |
| | 1日当たり労働時間 | h/日 | 12.5 | 6.3 | 4.2 | 12.5 | 8.3 |
| | 作業人数 | 人 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 1日当たり賃金 | 円/日 | 18,750 | 9,450 | 6,300 | 18,750 | 12,450 |
| | 実作業時間 | h | 0.320 | 0.320 | 0.320 | 0.640 | 0.640 |
| | 面積換算 | ha/日 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | 1.20 | 1.20 |
| 10a当たり労働費 | 円/10a | 3,125 | 1,575 | 1,050 | 1,563 | 1,038 | |

施設運営と乾燥経費のシミュレーション





- 乾燥**
 - 省エネでランニングコストの削減
 - 高速で固定費の削減
- 調製**
 - 胴割れ米増加で、粉碎工程で低所要動力化
- 流通**
 - 胴割れ米が多ければ、食用米への横流し防止

- 循環式乾燥機と高温の熱風を組み合わせることで、作業効率の向上と省エネ化が可能で、乾燥速度は1.5～3.9倍程度に向上し、乾燥コストは9～31%程度低減
- 乾燥施設で高温高速乾燥を実施した場合、乾燥速度向上によって、乾燥経費が最大50%程度削減できる可能性
- 過乾燥は設定停止水分を高めを設定することで、ある程度抑制可能、水分計の検量線の見直しも検討する必要か
- 胴割れ米が増加し、粃摺り工程では損失が増加する可能性、一方で、粉碎工程では破碎機で低所要動力化につながる可能性
- 高温で乾燥しても飼料的栄養価は維持

ホウレンソウの全自動移植機の開発

研究期間：2014～2017

協力研究機関：岐阜県中山間農業研究所

総合機械化研究領域 野菜生産工学ユニット
大森弘美

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

報告内容

1. 研究の背景・目的
2. 開発機の概要
3. 開発機の性能
4. 栽培試験(年間の作付け数・収量調査)
5. 経営試算



播種機



収穫機
(一部地域)



調製機

ホウレンソウ栽培は、直播体系が確立している。

しかし、

- ・ 単価の低迷等によって、所得率が低下。
平12:44% → 平23:24%
- ・ 規模拡大や作付けの増加も限界
作付けは年間4~5作

※ 何れも岐阜県飛騨地域

生産量を増やすには・・・

ホウレンソウは、移植栽培も可能

移植のメリット

- ・ 高温期における発芽不良や生育初期の立枯病発生の回避
- ・ 在圃日数の短縮により、高温期の後期に発生する萎凋病の軽減
- ・ **圃場回転率の向上による収入増**



萎凋病

移植のデメリット

- ・ 育苗の手間
- ・ 移植作業の手間

一部では、半自動移植機を利用



セルトレイでの育苗 市販の半自動移植機
(4条植え)

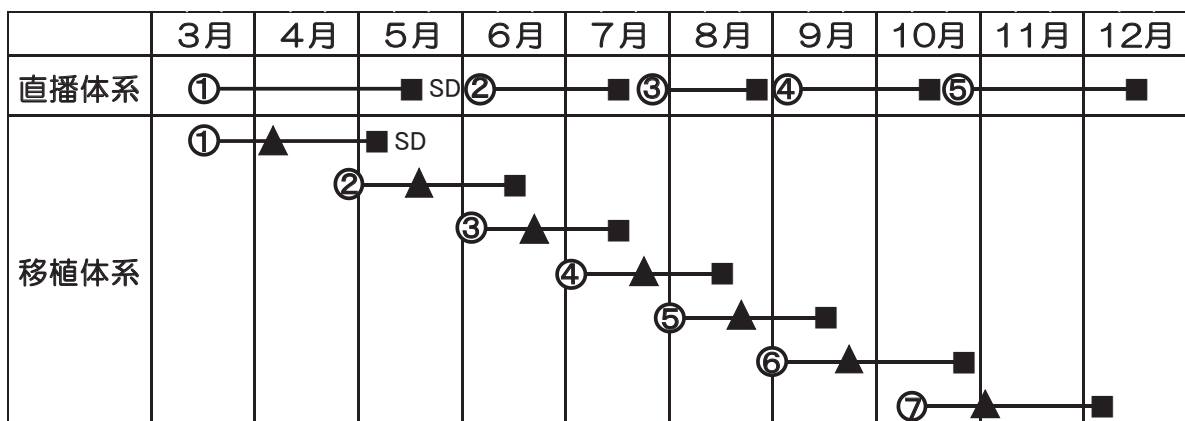
半自動移植機の

- ・ メリット：いい苗を選択して移植できる
- ・ デメリット：能率が悪い(小面積向き)

研究の目的

ハウレンソウのセル成型苗を多条で植
え付けができる全自動移植機の開発。

直播体系と移植体系による年間作付け(当初の見込み)



○：播種、▲移植、■：収穫、SD：土壌消毒



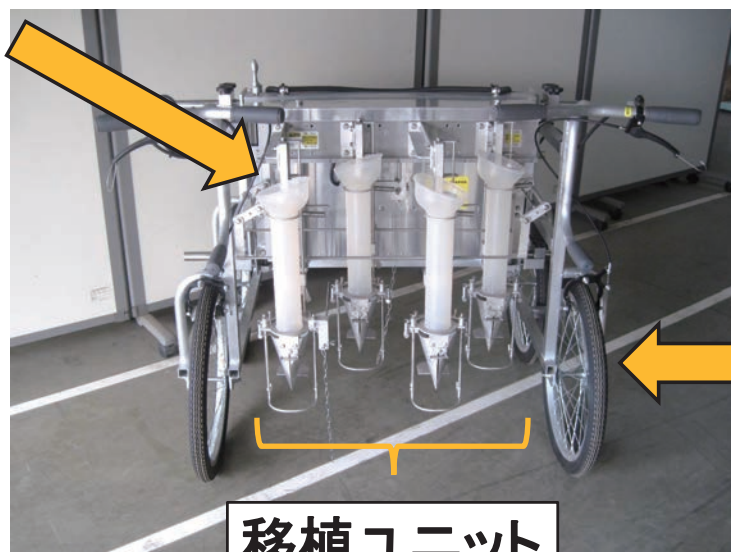
直 播

移植(2株)

開発機の構想

手押し式半自動移植機の移植ユニットを利用し、セル苗の供給機構、自走機能を付加。

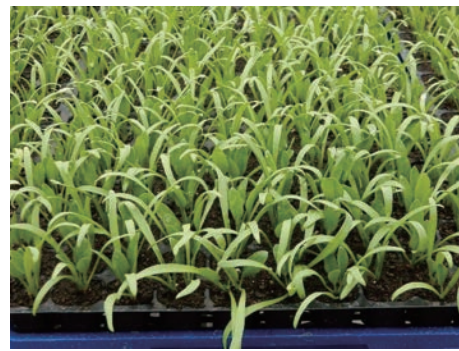
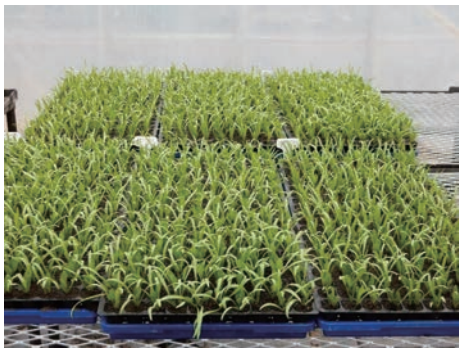
セル苗
供給機構



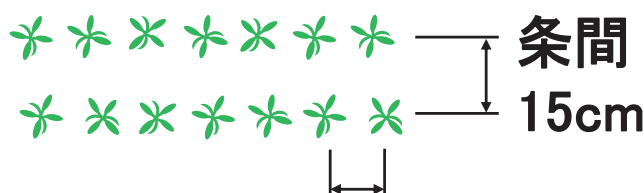
自走機能

移植ユニット

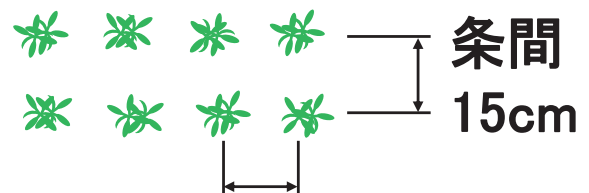
200穴セルトレイの利用



播種 : 2粒/セル



株間7cm
直播(1粒播種)

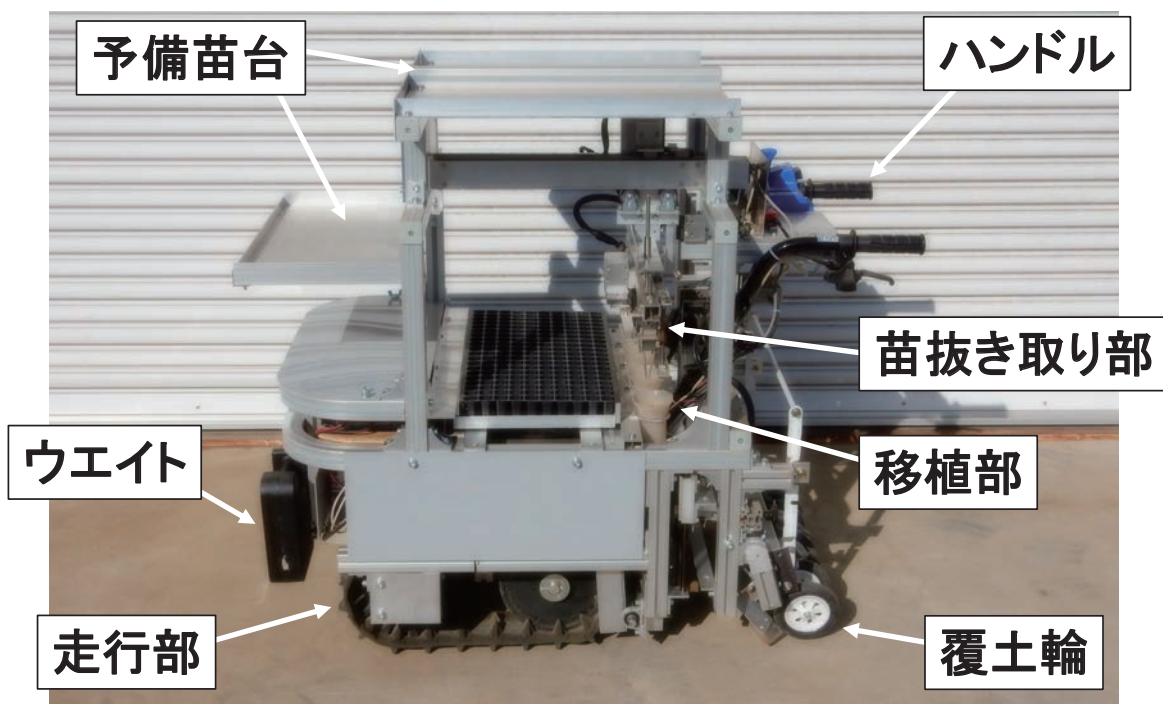


株間15cm
移植(2株植え)

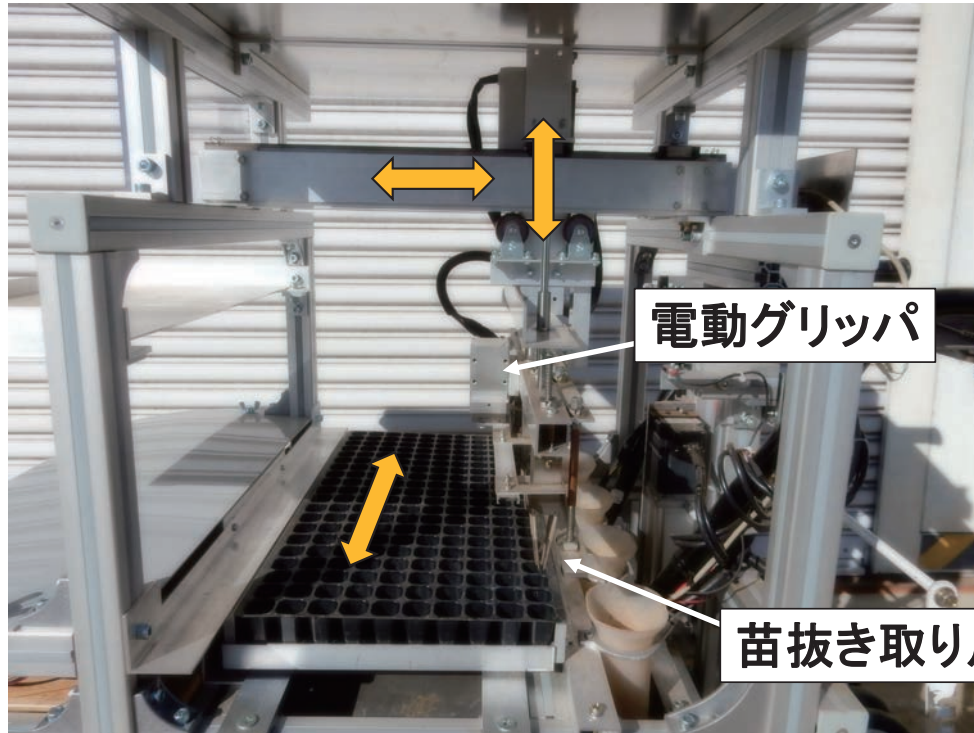
開発機

大きさ : L 1,255 × W 710 × H 1,095 mm

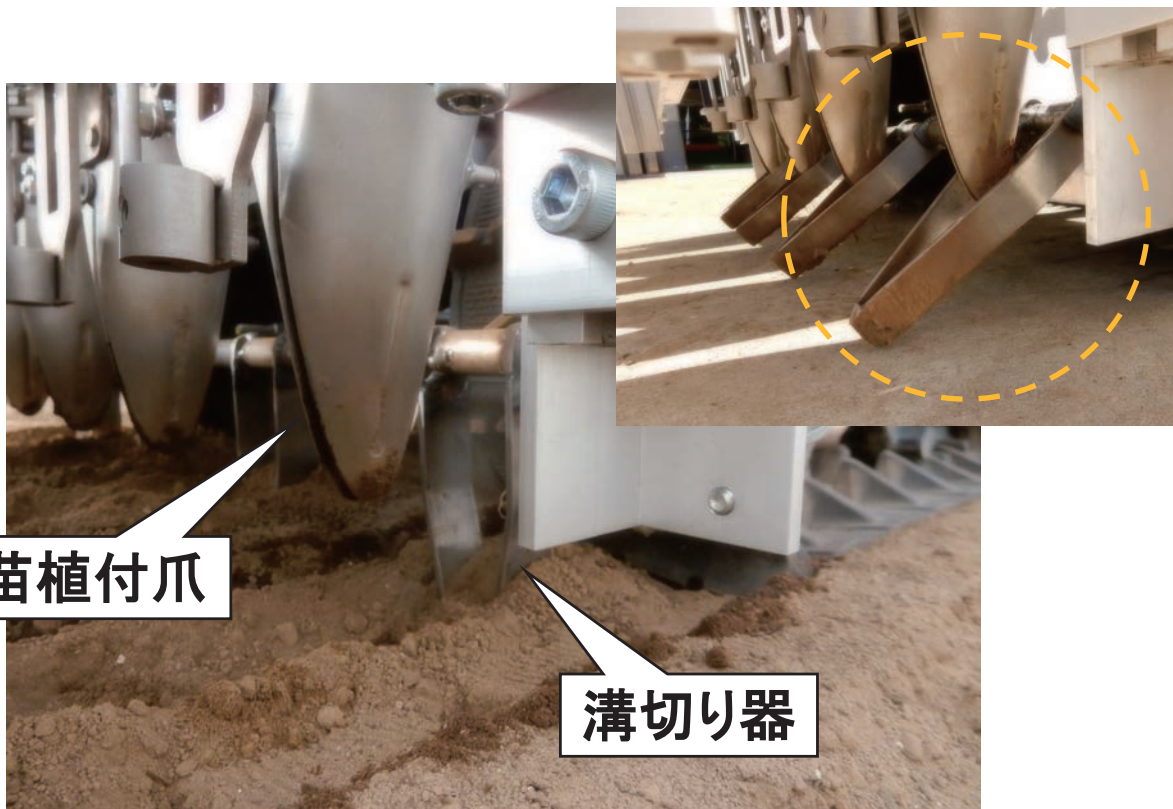
質量 : 206 kg (ウエイト40kg含む)



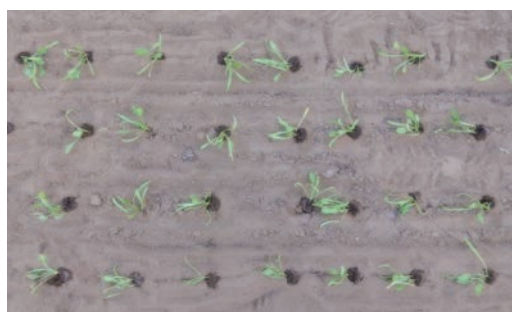
開発機(苗抜き取り部)



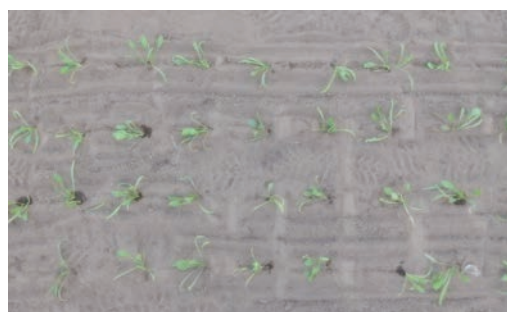
開発機(移植部)



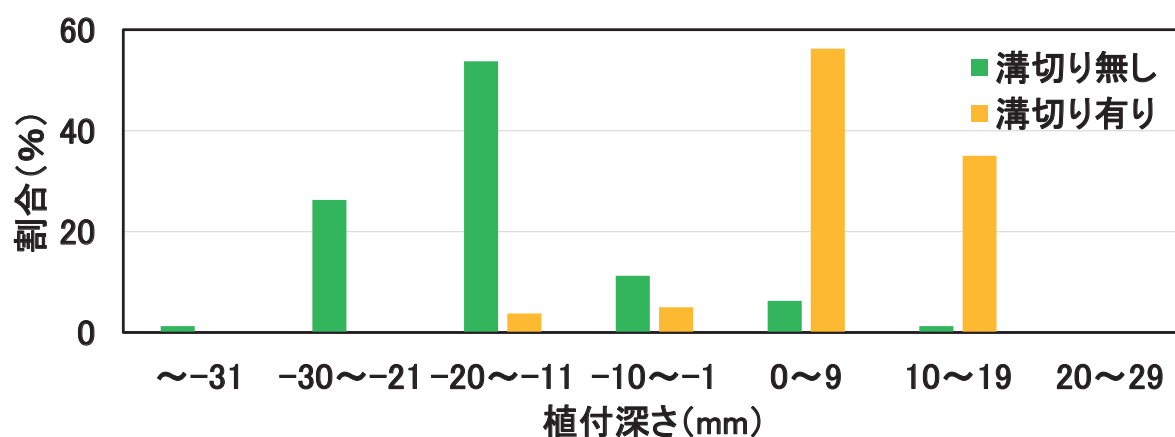
溝切りの効果



溝切り無し



溝切り有り



移植試験

- ・ 2017年(平成29年)9月~10月
- ・ 岐阜中山間農研内雨除けハウス
- ・ 能率試験では、長さ22mの一往復を調査
- ・ 収量調査では、全長、質量、株数等を調査
- ・ 対照は手植え



13~16日苗を供試(9月)



作業の様子

移植試験結果と収量調査結果

移植試験結果

| 試験区 | 播種日 (月/日) | 移植日 (月/日) | 育苗日数 (日) | 苗大きさ (mm) | 欠株率 (%) | 株間 (cm) |
|------|--------------|--------------|-------------|--------------|------------|------------|
| 機械植え | 9/5 | 9/21 | 16 | 45.8 | 1.3 | 16.0 |
| 手植え | | | | | 0 | 15.0 |
| 機械植え | 9/8 | 9/21 | 13 | 42.6 | 1.3 | 16.1 |
| 手植え | | | | | 0 | 15.2 |

収量調査結果

| 試験区 | 収穫日 (月/日) | 在圃日数 (日) | 株数 (株/m ²) | 全長 (cm) | 本葉数 (枚) | 質量 (g) | 収量 (t/10a) |
|------|--------------|-------------|---------------------------|------------|------------|-----------|---------------|
| 機械植え | 10/19 | 28 | 54 | 30.5 | 8.8 | 32.9 | 1.78 |
| 手植え | | | 71 | 28.8 | 8.3 | 23.1 | 1.64 |
| 機械植え | 10/20 | 29 | 62 | 30.9 | 7.6 | 30.4 | 1.88 |
| 手植え | | | 67 | 31.7 | 7.5 | 28.3 | 1.90 |

※ 品種は「クローネ」、25～30cmを目安に収穫。

能率試験結果

| 作業区分 | 所要時間 (min) | 割合 (%) | 備考 |
|-------|---------------|-----------|-----------|
| トレイ補給 | 1.4 | 4.4 | 6トレイ |
| 移植 ※ | 25.7 | 84.3 | 5.5トレイ |
| トレイ交換 | 2.2 | 7.2 | 5回(苗取板利用) |
| 巡回 | 1.3 | 4.1 | 1回 |

合計 30.5

※ 作業速度は3cm/s



作業能率は、0.5a/h

(ベースとした半自動移植機の4倍の能率)

栽培試験

- ・ 2015～2016年
- ・ 岐阜中山間農研内雨除けハウス
- ・ 収量調査では、全長、質量、株数等を調査

| | 直 播 | 移 植 |
|---------|-----|-----|
| 条間 (cm) | 15 | 15 |
| 株間 (cm) | 7 | 15 |

方 法



4条播種機



ハンド移植器

栽培試験結果

| 年度 | 体系 | 開始日 ※ (月/日) | 最終 収穫日 (月/日) | 作付 け数 (作) | 在圃 日数 (日) | 年間 収量 (t/10a) | 対慣 行比 (倍) |
|------|----|-------------------|--------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| 2015 | 直播 | 3/30 | 11/30 | 5 | 192 | 8.7 | — |
| | 移植 | 4/13 | 10/22 | 7 | 171 | 12.3 | 1.42 |
| 2016 | 直播 | 3/15 | 12/6 | 5 | 200 | 9.7 | — |
| | 移植 | 3/8 | 11/18 | 8 | 214 | 18.8 | 1.93 |

※圃場への最初の播種日、または最初の移植日。

経営試算

| | 直播 | 移植(1) | 移植(2) | 備考 |
|-------------|-------|--------|-------|---------------------------------------|
| 経営面積(a) | 100 | 100 | 80 | 自家所有20a、 残りは借地 |
| 年間作付け数(作/年) | 4.5 | 7.5 | 7.5 | 直播:4~5作/年 移植:7~8作/年 |
| 延べ栽培面積(a) | 450 | 750 | 600 | |
| 基幹/補助(人) | 1/6 | 1/7 | 1/6 | |
| 年間作業時間(h/年) | 8,415 | 10,377 | 8,559 | 基幹:2,000h/年、 残りは補助労働力、 セル苗は自家育苗 |

経営試算

| | 直播 | 移植(1) | 移植(2) | 備考 |
|-----------|--------|--------|--------|--|
| 売上高(千円) | 27,315 | 45,525 | 36,420 | 単価:607円/kg 反収:1,000kg/10a/作 |
| 変動費合計(千円) | 16,970 | 28,143 | 22,371 | ①種苗費、②肥料費、③農薬費、④動力光熱費、⑤諸材料費、⑥水利費、⑦借地料、⑧出荷経費、⑨保険共済費、⑩補助労働力費の合計 |
| 固定費合計(千円) | 8,410 | 10,113 | 9,647 | ①基幹労働力、②建物費、③農機具費(トラクタ、動力噴霧器、収穫機、袋詰め機等に加え、移植栽培体系では、移植機2台、調製機2台、育苗装置等)の合計 |
| 費用合計(千円) | 25,380 | 38,256 | 32,018 | 変動費+固定費 |
| 農業所得(千円) | 5,289 | 10,623 | 7,756 | |

移植機2台
(200万円/台で試算)

1. 全自動移植機

- ・ 開発機で移植した苗の収量は、手植えと同等。
- ・ 作業能率は0.5a/h(半自動移植機の4倍)。

2. 栽培試験

- ・ 移植の1作当たりの収量は、直播と同等。
- ・ 年間作付け数は、直播で5作、移植で8作可能。

3. 経営試算

年間労働時間を維持しつつ、経営面積を減らしても所得の向上が図れる可能性あり。

スマートフォンやウェアラブルセンサを用いた 危険箇所接近警報及び熱中症予防対策

研究課題名：乗用農機の安全支援機能の開発

研究期間：2015～2017年度（平成27～29年度）

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 宮城県農業・園芸総合研究所, 福島県農業総合センター
 福島県ハイテクプラザ, 宮崎大学, 芝浦工業大学, 富士通株式会社
 ヤンマー株式会社, JALしべちゃ

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

本研究の背景

| 農作業死亡事故の概要 (農水省生産局)より作成 | | 平成26(2014)年 | | 平成27(2015)年 | |
|----------------------------|----------|-------------|-----|-------------|-----|
| | | 件数 | 割合 | 件数 | 割合 |
| 農業機械の転落・転倒 | | 126 | 36% | 109 | 32% |
| 作業者の 転落 | 農業機械から | 9 | 50% | 5 | 48% |
| | 施設作業中 | 11 | | 8 | |
| | 道路・高所等から | 30 | | 39 | |
| 熱中症によるもの | | 19 | 5% | 27 | 8% |
| その他※ | | 155 | 44% | 150 | 44% |
| 全体 | | 350 | — | 338 | — |

※衝突、挟まれ、轢かれ、巻き込まれ、火傷など

- ・農業機械の転落・転倒と作業者の転落による死亡事故件数が全体の約50%を占めている
- ・熱中症によるものは5～8%



本研究の目的(昨年度研究報告会資料)

・大規模法人経営等向け作業・営農支援システムに付加できる安全支援機能の開発(下記①)

・乗用農機に後付けできる安全支援装置の開発(下記②③)

メーカー・県・大学等との協定研究

→現地試験等を通して改善要望

法人経営・
大規模経営向け

①転倒時緊急通報機能

ヤンマー(株)

作業・営農支援システムに付加



転倒時緊急
通報メール

家族経営向け

②危険箇所接近警報
アプリ

福島県農総セ
福島県ハイテク
芝浦工業大

スマートフォンを利用



危険箇所
接近警報
アプリ

③作業員転倒検知機能

富士通(株)
宮城農園研
福島県農総セ
宮崎大学

リストバンド型ウェアラブル
センサを利用



ウェア
ラブル
センサ

今年度の報告内容(赤枠内)

・大規模法人経営等向け作業・営農支援システムに付加できる安全支援機能の開発(下記①)

・乗用農機に後付けできる安全支援装置の開発(下記②③)

メーカー・県・大学等との協定研究

→現地試験等を通して改善要望

法人経営・
大規模経営向け

①転倒時緊急通報機能

ヤンマー(株)

作業・営農支援システムに付加



転倒時緊急
通報メール

家族経営向け

②危険箇所接近警報
アプリ(改善状況)

福島県農総セ
福島県ハイテク
芝浦工業大

スマートフォンを利用



危険箇所
接近警報
アプリ

③暑熱環境警告機能

富士通(株)
宮城農園研
福島県農総セ
宮崎大学

リストバンド型ウェアラブル
センサを利用



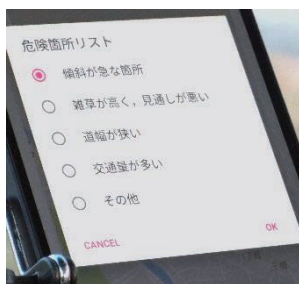
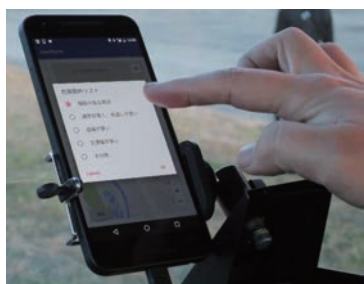
ウェア
ラブル
センサ

注) 熱中症の症状を検知するような
医療器具ではありません

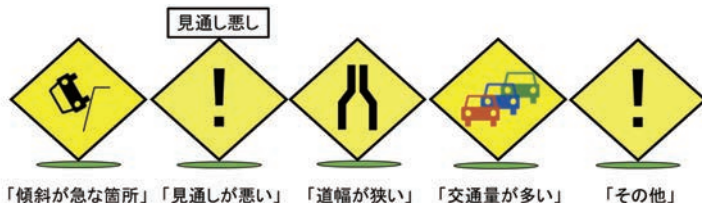
目的: 乗用農機に取付けて運転者に警告【事故の未然防止】



- ・バイブとビープ音を追加
- ・到達予想時間を考慮
- ・3段階の注意喚起
- ・遠ざかる危険箇所は対象外



登録したい場所でリストから種類を選ぶ



- ・注意すべき危険箇所をアイコンで表現

H28年版アプリの特徴と課題



【特徴】

- ・到達予想時間(接近速度)に応じた3段階の注意喚起
- ・画面表示+バイブ+警報音
- ・危険箇所を道路標識で表現
- ・危険箇所を現在地から登録



※H28版の標識(H29は少しデザイン変更)

【H28年版アプリの課題】

- ① 「注意」～「危険」表示の間、警報音が鳴り続ける
- ② 近傍に複数の危険箇所がある場合、どれに対する警報か認識できない
- ③ 危険箇所が近くにあっても、停車すると警報が停止する
- ④ 危険箇所の登録は現在地から行うのみ。オンライン共有機能がない

H29年版アプリの改善点

課題①「注意」～「危険」表示の間 警報音が鳴り続ける

→「注意」時は接近していること、
「警告」時は速度に注意が必要な
ことを音声で知らせ、「危険」時に
警報音を鳴らす(今後変更あり)

課題② 近傍に複数の危険箇所が ある場合、どれに対する警報が認 識できない

→進行方向に対して一定角度範囲
(現状左右各60°:変更あり)内に存在す
る最寄りの危険箇所を警報の対象
とし、それ以外は薄く表示

追加の改善

→ヘディングアップ(進行方向が上)選択可

課題②への対応+α



※革新工学センターテストコースに危険
箇所を設定(実際の状況とは異なります)

H29年版アプリの改善点

課題③危険箇所が近くにあっても、 停車すると警報が停止する

→停車した時や通過した時でも、
危険箇所が近傍(現状3m以内)に
あれば警報は継続

課題③への対応



H29年版アプリの改善点

課題③危険箇所が近くにあっても、停車すると警報が停止する

→停車した時や通過した時でも、危険箇所が**近傍(現状3m以内)にあれば警報は継続**

課題④危険箇所の登録は現在地から行うのみ。共有利用機能がない

→「**現在地が中心**」スイッチをOFF、任意の地点をタップで登録
オンラインでの共有は未解決

※現状メール添付等による共有は可能

追加の改善

→標識をタップで削除可能に
→Android ver.4～8に対応

課題④への対応△



現在地を登録する場合：**ここをタップ**

任意の場所を登録する場合：**これをOFF**

- 危険箇所の登録**
- 登録しない
 - 路肩に注意
 - 凸凹に注意
 - 見通し悪い
 - 道幅狭い
 - その他危険

危険箇所リスト

警報タイミング測定結果、今後の予定

トラクタを用いた警報タイミングの測定結果

→平均で13.8秒、9.2秒、4.0秒前に警告が行われた

→目標から1秒程度の遅れにとどまり、安定した所要の性能が得られた

| 平均速度 (km/h) | 危険箇所到達時を0秒とした時の表示タイミング(秒)※カッコ内は標準偏差 | | | |
|-------------|-------------------------------------|------------------|------------------|----------|
| | 注意表示開始 | 警告表示開始 | 危険表示開始 | 危険表示終了 |
| 5.0 | -14.9(0.8) | -9.8(1.1) | -4.4(0.8) | 1.8(1.2) |
| 9.7 | -14.0(0.9) | -9.2(0.7) | -4.1(0.6) | 2.2(0.5) |
| 14.7 | -14.5(0.8) | -9.2(0.9) | -4.0(0.7) | 1.5(0.7) |
| 19.8 | -12.5(0.3) | -8.9(0.5) | -3.8(0.2) | 1.3(0.6) |
| 24.4 | -13.3(0.7) | -8.7(0.5) | -3.8(0.5) | 1.7(0.5) |
| 平均 | -13.8(1.1) | -9.2(0.8) | -4.0(0.6) | 1.7(0.8) |

注) 反復10回の平均。危険表示は危険箇所を通過後、今回の試験では3m以上離れるまで継続したため、「危険表示終了」は、そのタイミングを示す

【今後の予定】

- 共有方法としてデータベース管理システム(MySQL等)の利用を検討
- 研究協定相手の福島農総セや附属の農短大で供試し、使い勝手や各種表示・機能についての意見を収集予定

目的: 作業者(あるいは乗用農機)が転倒・転落した時の
緊急通報【事故の早期発見】

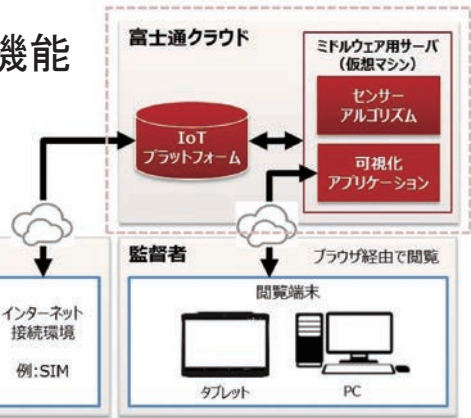
- ・ウェアラブルセンサ(富士通)の転倒検知機能
→ 農作業現場に適用可?



ウェアラブルセンサ



被験者@実施エリア



(富士通資料より引用)

- 農作業現場に供試して要改善点を富士通へフィードバック

暑熱環境警告機能

目的: 暑熱環境時の警告・注意喚起【事故の未然防止】

- ・ウェアラブルセンサ(富士通)の暑熱環境警告機能
→ 農作業現場に適用可?

注) 熱中症の症状を検知するような医療機器ではなく、
周囲環境状況や身体の状態から、装着者の感じる
熱ストレスを4段階で推定するツールです



- 農作業現場に供試、要改善点をメーカーにフィードバック
- 熱環境指数が得られることから、農作業中の暑熱環境警告ツールとしての有用性を検討

- ・農作業中の身体熱環境指数とパルス数を、対照となるWBGT値や心拍数と比較
- ・使用した感想や改善要望をメーカーへ



草刈り(宮崎・みかん園)



草刈り(宮崎・水田畦畔)



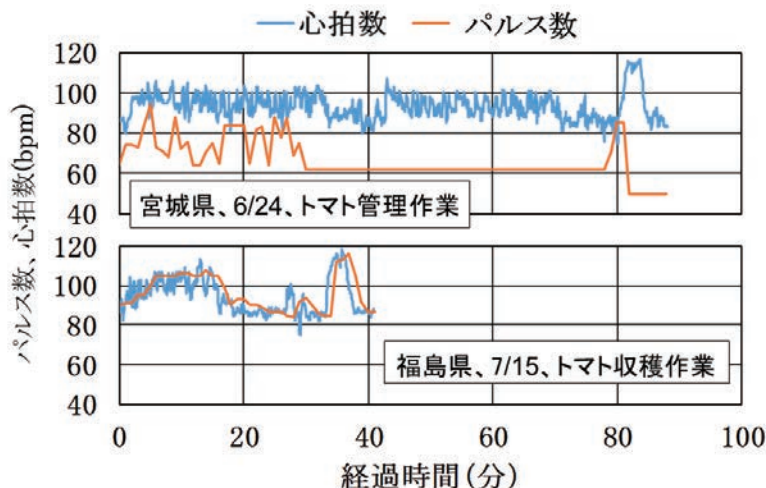
パプリカ管理(宮城・ビニルハウス)



トマト収穫(福島・ビニルハウス)

心拍数、WBGT値、温度、湿度、日射強度、風速などを別に測定

パルス数と心拍数【H28年結果一例】



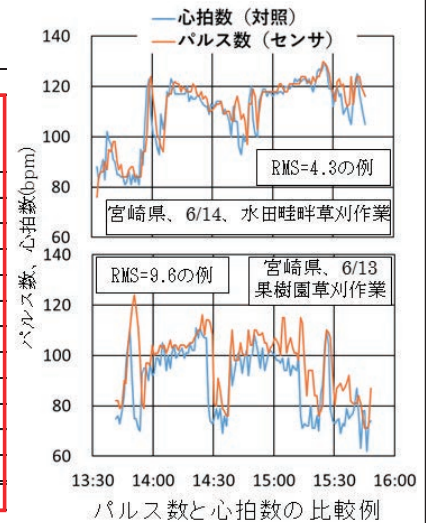
パルス数と心拍数を比較

- ・パルス数が正しく取得できない場合あり
- ・手首への密着具合が測定精度に影響している可能性
- ・装着方法の統一化を図るため、装着マニュアル整備を要望
→バンド改良、マニュアルの整備

パルス数と心拍数【H29結果】

ウェアラブルセンサの農作業現場供試結果 (H29)

| 場所 | 月日 | 平均値 (WBGT計) | | ほ場 | 作業 | 被験者 | (ウェアラブルセンサ測定値) - (対照測定値) | | | | | | | | |
|----|------|-------------|----------|--------|-----|------|--------------------------|-------|------------|-------|-------|------|-----|------|------|
| | | 気温 (°C) | 相対湿度 (%) | | | | 身体熱環境指数 (°C) | | パルス数 (bpm) | | | | | | |
| | | | | | | | 平均 | RMS | 平均 | RMS | | | | | |
| 宮崎 | 6/13 | 22.3 | 64.3 | 果樹園 | 草刈 | 30代男 | 8.5 | -21.8 | 3.5 | 3.5 | 10.4 | 12.9 | | | |
| | | 22.7 | 66.7 | | | | 7.1 | -24.5 | 2.3 | 2.4 | 8.2 | 9.6 | | | |
| | | 22.5 | 70.4 | | | | 5.9 | -22.4 | 1.9 | 1.9 | 14.6 | 16.6 | | | |
| | 6/14 | 23.2 | 71.4 | | | | 水田畦畔 | 50代男 | 6.9 | -23.2 | 2.5 | 2.8 | 4.2 | 6.8 | |
| | | | | | | | | | 50代男 | 6.6 | -19.4 | 2.8 | 3.2 | 1.7 | 4.3 |
| | | | | | | | | | 40代女 | 3.6 | -23.0 | -0.2 | 3.1 | 20.1 | 20.2 |
| 宮城 | 6/29 | 26.7 | 63.0 | ビニルハウス | 管理 | 40代男 | 5.9 | -16.2 | 1.9 | 1.9 | -5.1 | 8.3 | | | |
| | 6/30 | 26.5 | 70.1 | | | 40代男 | 6.4 | -16.9 | 2.0 | 2.0 | 2.4 | 4.4 | | | |
| 福島 | 7/14 | 34.1 | 58.3 | 水田畦畔 | 草刈 | 60代男 | -0.4 | 18.7 | 0.6 | 1.2 | 3.8 | 5.2 | | | |
| 宮崎 | 8/22 | 33.4 | 68.2 | | | 30代男 | 6.6 | -8.0 | 2.3 | 2.7 | 3.2 | 8.2 | | | |
| | 8/23 | 32.5 | 69.2 | 30代男 | 7.2 | -9.4 | 2.4 | 2.4 | 0.3 | 7.1 | | | | | |
| 平均 | | | | | | | 5.8 | -15.1 | 2.0 | 2.5 | 5.8 | 9.4 | | | |



パルス数と心拍数を比較

- ・手首への密着度合が改善された(被験者感想)
- ・心拍計で測定した心拍数との差異は概ね小さく、一部を除いて実用上問題のないレベルであった

身体熱環境指数とWBGT値【H29結果】

ウェアラブルセンサの農作業現場供試結果 (H29)

| 場所 | 月日 | 平均値 (WBGT計) | | ほ場 | 作業 | 被験者 | (ウェアラブルセンサ測定値) - (対照測定値) | | | | | | | | |
|----|------|-------------|----------|--------|-----|------|--------------------------|-------|------------|-------|-------|------|-----|------|------|
| | | 気温 (°C) | 相対湿度 (%) | | | | 身体熱環境指数 (°C) | | パルス数 (bpm) | | | | | | |
| | | | | | | | 平均 | RMS | 平均 | RMS | | | | | |
| 宮崎 | 6/13 | 22.3 | 64.3 | 果樹園 | 草刈 | 30代男 | 8.5 | -21.8 | 3.5 | 3.5 | 10.4 | 12.9 | | | |
| | | 22.7 | 66.7 | | | | 7.1 | -24.5 | 2.3 | 2.4 | 8.2 | 9.6 | | | |
| | | 22.5 | 70.4 | | | | 5.9 | -22.4 | 1.9 | 1.9 | 14.6 | 16.6 | | | |
| | 6/14 | 23.2 | 71.4 | | | | 水田畦畔 | 50代男 | 6.9 | -23.2 | 2.5 | 2.8 | 4.2 | 6.8 | |
| | | | | | | | | | 50代男 | 6.6 | -19.4 | 2.8 | 3.2 | 1.7 | 4.3 |
| | | | | | | | | | 40代女 | 3.6 | -23.0 | -0.2 | 3.1 | 20.1 | 20.2 |
| 宮城 | 6/29 | 26.7 | 63.0 | ビニルハウス | 管理 | 40代男 | 5.9 | -16.2 | 1.9 | 1.9 | -5.1 | 8.3 | | | |
| | 6/30 | 26.5 | 70.1 | | | 40代男 | 6.4 | -16.9 | 2.0 | 2.0 | 2.4 | 4.4 | | | |
| 福島 | 7/14 | 34.1 | 58.3 | 水田畦畔 | 草刈 | 60代男 | -0.4 | 18.7 | 0.6 | 1.2 | 3.8 | 5.2 | | | |
| 宮崎 | 8/22 | 33.4 | 68.2 | | | 30代男 | 6.6 | -8.0 | 2.3 | 2.7 | 3.2 | 8.2 | | | |
| | 8/23 | 32.5 | 69.2 | 30代男 | 7.2 | -9.4 | 2.4 | 2.4 | 0.3 | 7.1 | | | | | |
| 平均 | | | | | | | 5.8 | -15.1 | 2.0 | 2.5 | 5.8 | 9.4 | | | |

[WBGT値]

熱中症予防のための指標、暑さ指数。31度以上で「危険」レベル

[身体熱環境指数]

作業者近辺の温湿度をもとに算出(富士通独自の暑熱環境評価値)。同じく31度以上で「危険」レベル

身体熱環境指数とWBGT値を比較

- 身体熱環境指数はWBGT値よりもやや高かった(2°C程度)
- 安全側の警告につながるため実用上の問題なし

ウェアラブルセンサの農作業現場供試結果(H29)

| 場所 | 月日 | 平均値 (WBGT計) | | ほ場 | 作業 | 被験者 | (ウェアラブルセンサ測定値)-(対照測定値) | | | | | | |
|----|------|-------------|----------|------------|----|------|------------------------|-------|------------|-----|------|------|-----|
| | | 気温 (°C) | 相対湿度 (%) | | | | 体温 | | パルス数 (bpm) | | | | |
| | | | | | | | 平均 | RMS | 平均 | RMS | | | |
| 宮崎 | 6/13 | 22.3 | 64.3 | 果樹園 | 草刈 | 30代男 | 8.5 | -21.8 | 3.5 | 3.5 | 10.4 | 12.9 | |
| | | 22.7 | 66.7 | | | | 7.1 | -24.5 | 2.3 | 2.4 | 8.2 | 9.6 | |
| | | 22.5 | 70.4 | | | | 5.9 | -22.4 | 1.9 | 1.9 | 14.6 | 16.6 | |
| | 6/14 | 23.2 | 71.4 | | | | 水田 畦畔 | 6.9 | -23.2 | 2.5 | 2.8 | 4.2 | 6.8 |
| | | 50代男 | 6.6 | | | | | -19.4 | 2.8 | 3.2 | 1.7 | 4.3 | |
| | | 40代女 | 3.6 | | | | | -23.0 | -0.2 | 3.1 | 20.1 | 20.2 | |
| 宮城 | 6/29 | 26.7 | 63.0 | ビニル ハウス | 管理 | 40代男 | 5.9 | -16.2 | 1.9 | 1.9 | -5.1 | 8.3 | |
| | 6/30 | 26.5 | 70.1 | | | | 6.4 | -16.9 | 2.0 | 2.0 | 2.4 | 4.4 | |
| 福島 | 7/14 | 34.1 | 58.3 | 水田 畦畔 | 草刈 | 30代男 | -0.4 | 18.7 | 0.6 | 1.2 | 3.8 | 5.2 | |
| 宮崎 | 8/22 | 33.4 | 68.2 | | | | 6.6 | -8.0 | 2.3 | 2.7 | 3.2 | 8.2 | |
| | 8/23 | 32.5 | 69.2 | | | | 7.2 | -9.4 | 2.4 | 2.4 | 0.3 | 7.1 | |
| 平均 | | | | | | | 5.8 | -15.1 | 2.0 | 2.5 | 5.8 | 9.4 | |

[WBGT値]
熱中症予防のための指標、暑さ指数。31度以上で「危険」レベル

[身体熱環境指数]
作業者近辺の温湿度をもとに算出(富士通独自の暑熱環境評価値)。同じく31度以上で「危険」レベル

常に身体熱環境指数やWBGT値が31度超であった3試験区において、身体熱環境アラームの発生タイミングが、**危険レベルを最初に超えた時の1回のみ**

→実用上十分とは言えず、改善の必要(メーカー側で対応検討中)

まとめ

○危険箇所接近警報アプリ(福島県、福島県ハイテク、芝浦工業大)

- ・警告方法、表示方法、危険箇所登録方法等の改善を行った
- ・トラクタ実装状態で走行試験を行い、所要の性能を確認した

→危険箇所の登録、オンラインでの共有方法の課題解決が必要

○暑熱環境警告機能(富士通、宮城県、福島県、宮崎大他)

- ・身体熱環境指数はWBGT値よりもやや高かったが、実用上の問題はないと考えられた
- ・暑熱環境警告ツールとしての利用については、一部設定の変更で実用上の問題はないと考えられた

→ソフトウェア上の改善等の課題解決が必要

以上

スイカのトンネル栽培における つる引き作業用イスの開発

農業技術革新工学研究センター

菊池 豊、手島司、皆川啓子、積栄、岡田俊輔、松本将大、
原田泰弘、田中正浩、紺屋秀之、山崎裕文

中央農業研究センター 田中宏明

鳥取県 中西由美花、難波唱子、吉田厚美

背景、目的

農業者の高齢化や担い手不足が深刻な問題となっており、負担が少なく、安全で簡単な作業体系が必要である。鳥取県内のスイカのトンネル栽培におけるつる引き作業は、長時間しゃがみ、ひざまずき姿勢が多く、農家から強い改善要望が出されている。

そこで、鳥取県と共同して、スイカつる引き作業でのしゃがみ姿勢による作業者の肉体的負担を軽減するため、身体をサポートする器具を開発する。



農家調査

- ・つらい作業 つる引き(70%)
支柱運び(50%)
- ・つらい部分 1位:腰 (58%)
2位:ひざ (50%)
3位:肩 (13%)



現状

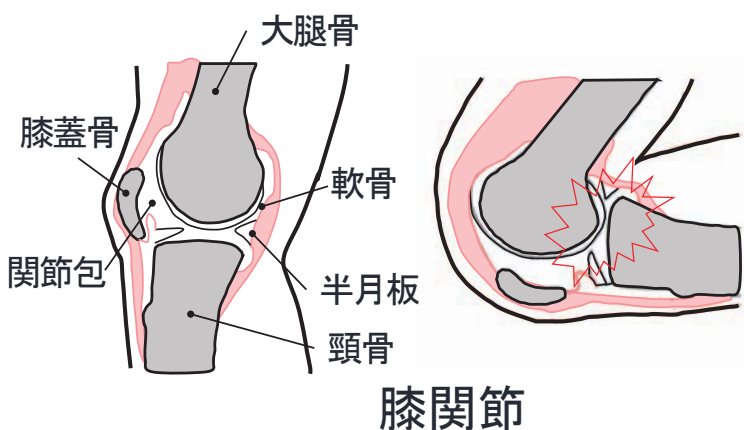
- ・トンネル内へ潜り込んで作業
(幅2m、高さ1m)
- ・正座や片膝立て姿勢
- ・作業長期間(3月~6月)
- ・摘心、整枝の判断は機械化困難



現状分析

正座姿勢では、**膝関節が過屈曲**、**足(首)関節が過伸展**となったり、**体重で神経や血管が圧迫**されることにより、**痛みやしびれ**が生じる。毎年3ヶ月間作業を継続することで**筋骨格系疾患**の原因の可能性がある。

→**膝、足にかかる荷重を低減する器具**



膝関節



足(首)関節

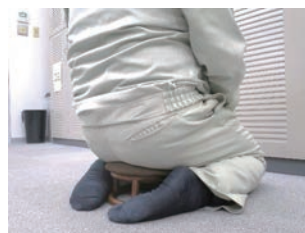
- ・腰掛け姿勢対応（高さ20cm）→正座姿勢不向き
- ・移動時に手持ち →トンネル内作業、移動不便



農作業用、腰掛け、
移動時ずれ



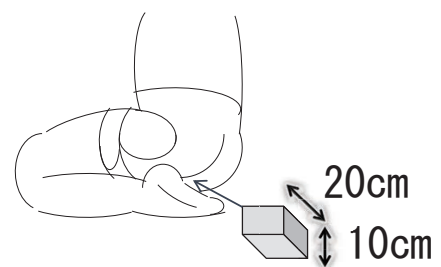
農作業用、腰掛け、
車輪回転方向のみ、
移動時手持ち、マルチ損傷



農業以外、正座、
移動時手持ち

制約条件、コンセプト

- ・高さ1m程度のトンネル内で作業
 - ・正座、片膝立て姿勢で使用可能
 - ・膝、足にかかる荷重分散
 →小型、軽量
- ・ひざまずきながら移動
 - ・地面のマルチフィルムを傷つけない
 →体へ固定
 →柔らかい素材、角を面取り
- ・いろいろな体格、姿勢
- ・作業の合間に着脱
 - 面テープで着脱、位置調整
 - 高さ調整

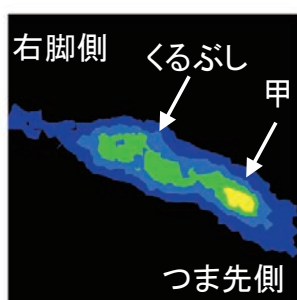


圧力分布測定

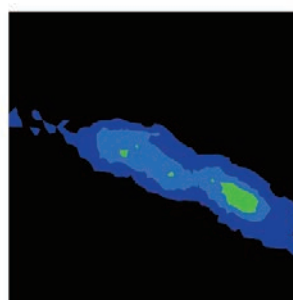
- ・足首と床との接地面積ほぼ同じ
- ・高い圧力が無か、面積縮小
→開発イスで足と床との間の荷重減少
身体負担が軽減される可能性



圧力分布測定システム
ニッター-SCAN

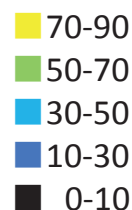


開発イス無



開発イス有

単位kPa



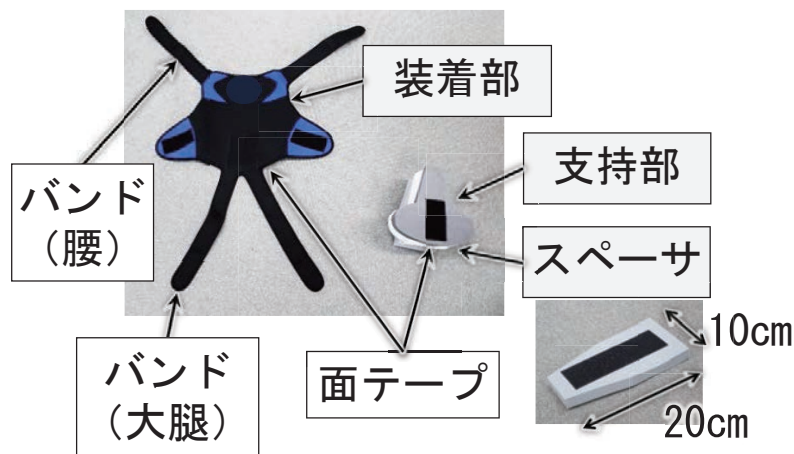
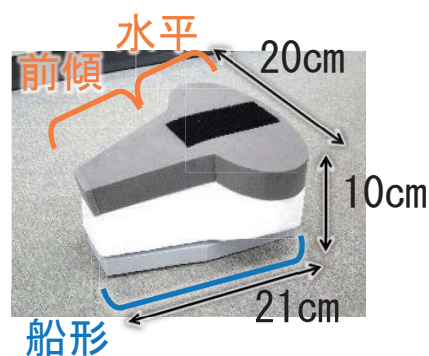
| 開発イス | 無 | 有 |
|------------------------|------|------|
| 接地面積[mm ²] | 6413 | 6033 |
| 50kPa≤割合[%] | 16.4 | 4.2 |

正座姿勢
体幹傾斜
30°

開発イス

農家モニターから意見

- ・体幹を起こしたり深く前屈した時に体を支持できるように
→上面: サドル形、前: 前傾、後: 水平
- ・両脛(すね)の内側にイスが収まるように
→下面: 船形

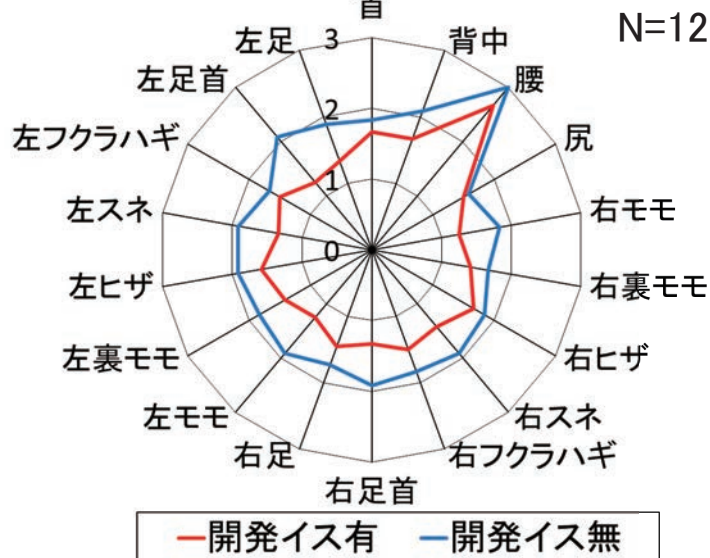
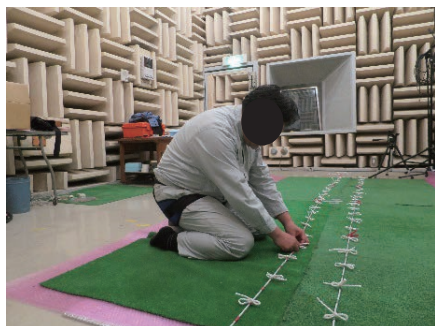


主観評価（模擬作業、正座）

→開発イスによって負担増加低減

主観評価（各部負担感）平均

1[感じない]-2-3-4-5 [非常にきつい]



まとめと今後について

まとめ

圧力分布や主観評価で負担軽減効果を明らかにし、つる引き作業用イスを開発した。

今後について

市販化について、鳥取県、試作メーカーと協議中。
他の作業、作目などへの利活用、応用も検討。

本研究成果は、鳥取県との共同研究によって、平成27年から29年の間、旧中央農業総合研究センター、農業技術革新工学研究センターで実施したものです。

共同研究のパートナーである鳥取県農林水産部農業振興戦略監とっとり農業戦略課研究・普及推進室、鳥取県中部総合事務所倉吉農業改良普及所、並びに連携パートナーの中央農業研究センターの皆様には感謝申し上げます。

鳥取県内のモニター農家や実験の被験者の方を始めご協力いただいた皆様に深く御礼申し上げます。

車両型ロボット農機の安全性に関する取組について

農研機構 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
 紺屋秀之 菊池豊 山崎裕文 原田泰弘 田中正浩

「農研機構」は国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネームです。

ロボット農機を推進する国の政策



第4回「未来投資に向けた官民対話」2016年3月4日

日本再興戦略2016 – 第4次産業革命に向けて –
 「トラクターの自動走行システムの
 実用化」



安全性確保ガイドラインの策定



有人監視化でのほ場内での無人システムの市販化



ほ場間の移動を含む遠隔監視下による無人自動走行システムの実現



農業機械の自動走行に関する 安全性確保ガイドライン（平成29年3月 農水省）

- 適用範囲や使用上の条件
 - ・ 監視下での自動走行
 - ・ 公道では自動走行させない

- 関係者の主な役割・順守すべき事項
 - ・ リスクアセスメントと保護方策
 - ・ 使用者訓練
 - ・ ほ場と周辺環境の確認
 - ・ 事故発生時の対応

(参考) 農業機械の安全性確保の自動化レベル(概要)

レベル0 手動操作



- 走行・作業、非常時の緊急操作など、操作の全てを使用者が手動で実施

レベル1 使用者が搭乗した状態での自動化



- 使用者は農機に搭乗
- 直進走行部分などハンドル操作の一部等を自動化
- 自動化されていない部分の操作は、全て使用者が実施

GPS等を利用して、設定した経路を走行するよう自動でハンドリング(市販化済み)

レベル2 使用者の監視下での無人状態での自律走行



- ロボット農機は、無人で自律走行(ハンドル操作、発進・停止、作業機制御を自動化)
- 使用者は、ロボット農機を常時監視し、危険の判断、非常時の操作を実施
- 基本的に、居住地域から離れた農地など、第三者の侵入可能性が著しく低い環境等で使用

・写真は、使用者が別の農機に搭乗して無人機を監視する方法の例(有人-無人協働システム)
 ・協働作業で、1人で2つの作業が可能(例:耕転+除草+施肥+播種)
 ・他に、ほ場周囲から監視する方法もある
 ・現在、農業現場での実証段階

レベル3 無人状態での完全自律走行



- ロボット農機は、無人状態で、常時全ての操作を実施
- 基本的にロボット農機が周囲を監視して、非常時の停止操作を実施(使用者はモニター等で遠隔監視)

・システムが全て操作(研究段階)

安全性確保ガイドラインの対象

国（農林水産省）の取組

「農林水産業におけるロボット技術安全性確保策検討事業」

＜コンソーシアムメンバー＞
 （一社）日本農業機械化協会、革新工学センター、農機メーカー、県試験場

【目的】

ロボット農機に関する安全性確保策の検討、及び遠隔監視下におけるロボット農機の無人での完全自動走行の実現に向けた検証を行う。

- 使用者訓練
- 安全性確保策を装備したロボット農機の有効性の検証
- 新たなロボット農機、遠隔監視下で完全自動走行するロボット農機を対象としたリスクアセスメントと安全性確保策の検討

(一社) 日本農業機械工業会 技術安全対策委員会 「ロボット農機分科会」

＜検討メンバー＞
農機メーカー、革新工学センター、日本農業機械化協会

共通化事項の検討

| WG | 内容 | 具体例 |
|-----|------------------------------|--|
| WG1 | リスクアセスメントに基づく安全要求事項の整理と要件の検討 | 警告・表示装置（表示灯、警音器）の共通化等 |
| WG2 | 機能性安全等に関する規格化の検討 | ISO 18497の策定会議にPメンバーとして参加 |
| WG3 | 安全教育・安全訓練 | ・指導者養成並びに使用者訓練ガイドライン（骨子）の策定 ・警告看板の標準化 |

国際規格 ISO 18497

ISO 18497

「農業機械およびトラクタ

－高度に自動化した機械類の安全性－

「農業用トラクタ、作業機、および自走式機械の高度な自動化操作に関し、適切な安全性レベルが確保されるよう、安全要求事項およびその検証手段を規定」

- 安全要求事項、保護、リスク低減方策
 - 人・障害物検出機能
 - 自動－手動モード切替装置
 - 停止後のオペレータによる復帰操作
 - エンジン、走行、機械類動作の開始制御
 - システム状況が常時監視可能
 - 常時相互通信システム
 - 速度牽制機能
 - 視覚、聴覚警告

- 安全要求事項、保護、リスク低減方策の検証



2017年3月 国際規格策定会議
(ISO/TC23/SC3 @トロント)

研究課題名

：ロボット農機の安全機能評価試験方法の開発

- 農機メーカー、農研機構では、農業機械（特に車両系）の自動化・ロボット化に関する研究開発の加速化、実用化に向けた実証試験
- 国は「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」を策定、業界はロボット農機に関する国際規格「ISO18497」、「IEC62998」等の策定、改正
- 現状、ロボット農機に関する安全機能の客観的な評価試験方法は未だに確立されていない

ロボット農機の安全性の確保につながる機能や性能の評価試験方法を開発する

評価対象ロボット農機

レベル2（監視下）



<トラクタ>



<田植機>

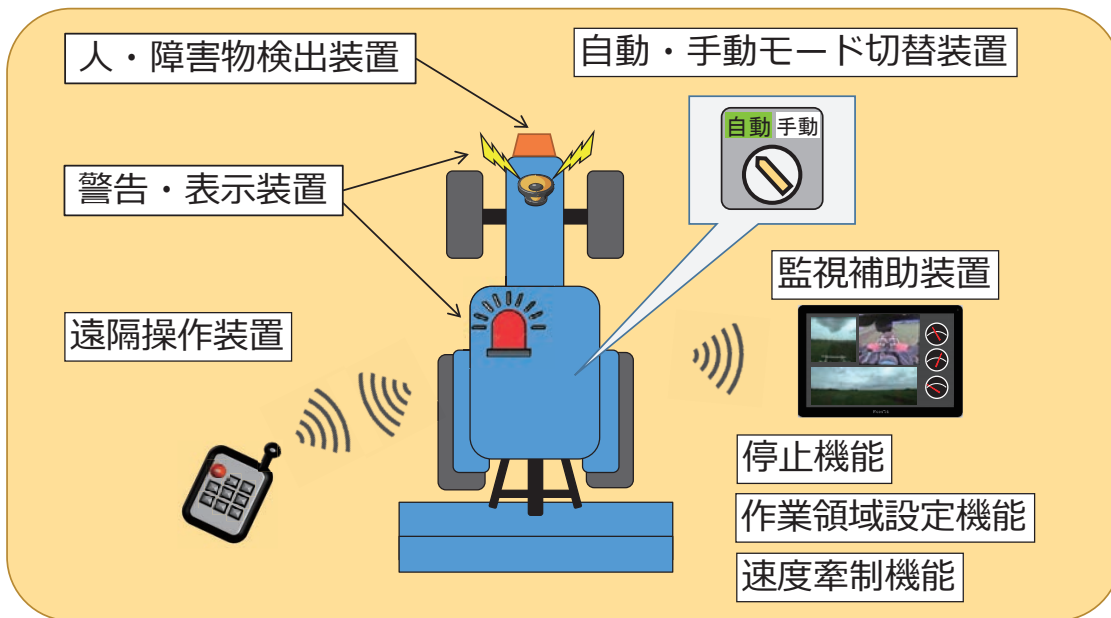


<コンバイン>



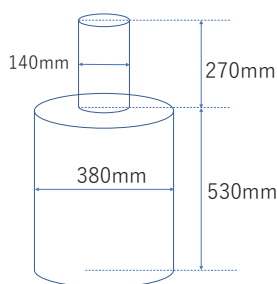
<茶園管理機>

農水省のロボット安全事業、日農工のロボット農機分科会において国内農機メーカー等との協議
 →必要な安全装置・機能の選定、評価試験を行うべき対象項目について検討



人・障害物検出機能

試験障害物



(独)自動車事故対策機構 (NASVA)

出典 : http://www.nasva.go.jp/mamoru/active_safety_search/collision_avoidance_system.html

<ISO 18497 試験障害物の仕様>

試験障害物は座っている人間を表している

- 人間の体の成分を表すため水で満たされなければならない
- 材料はプラスチック製とする (つや消し仕上げのポリエチレン材など)
- 色は、つや消し仕上げのオリーブグリーン色とする (マンセル表色2.5GY3.5/3)



大人 (180cm)



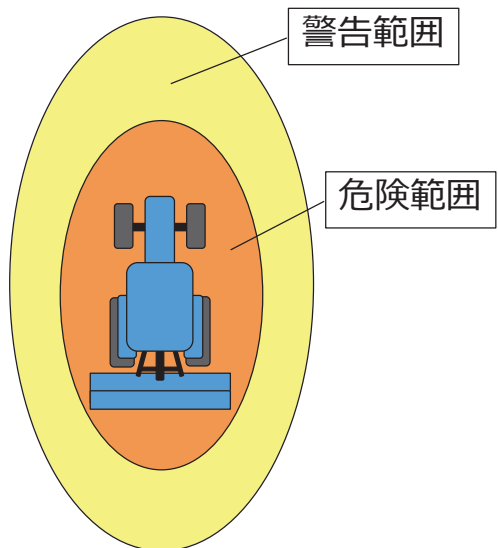
子供 (120cm)

衝突被害軽減性能試験のダミー人形



人・障害物検出機能

検出範囲

→自動走行する際に人・障害物に接触する可能性がある全方向



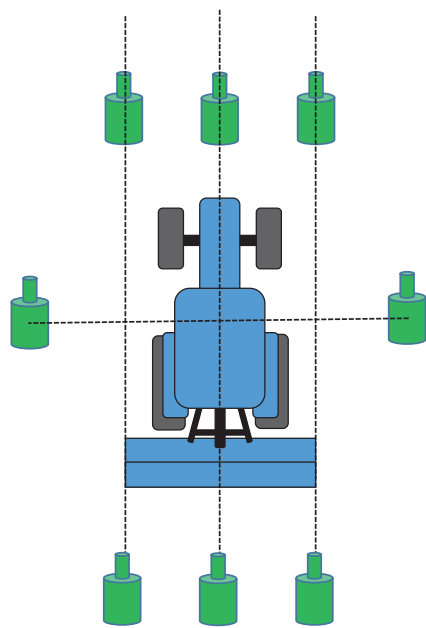
検出時の要件 (案)

| | 自動走行中 | 静止中※ |
|------|--|--|
| 警告範囲 | <ul style="list-style-type: none"> ・視覚的・聴覚的警告を発する 警告灯・警告音   | <ul style="list-style-type: none"> ・視覚的・聴覚的警告を発する |
| 危険範囲 | <ul style="list-style-type: none"> ・視覚的・聴覚的警告を発する ・直ちに安全状態へ移行し、接触しない 静止・停止・回避等 | <ul style="list-style-type: none"> ・自動走行を開始できない |

※静止中：開始操作で自動走行できる状態

人・障害物検出機能

試験方法 (案)



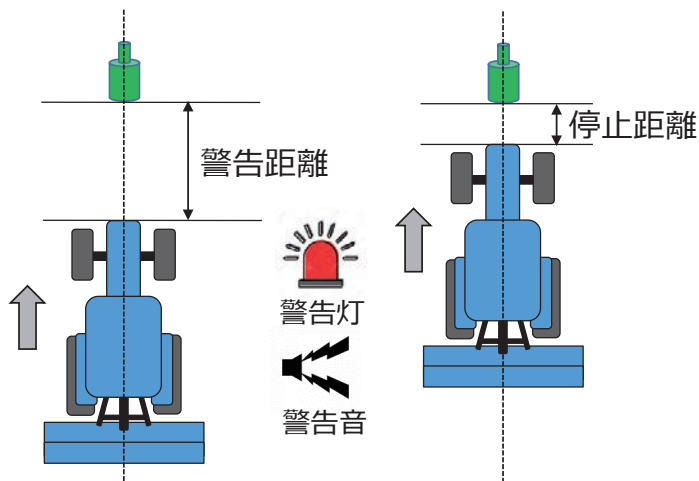
トラクタと試験障害物との相対位置

＜自動走行中＞

定位置の試験障害物に対してトラクタを接近させる

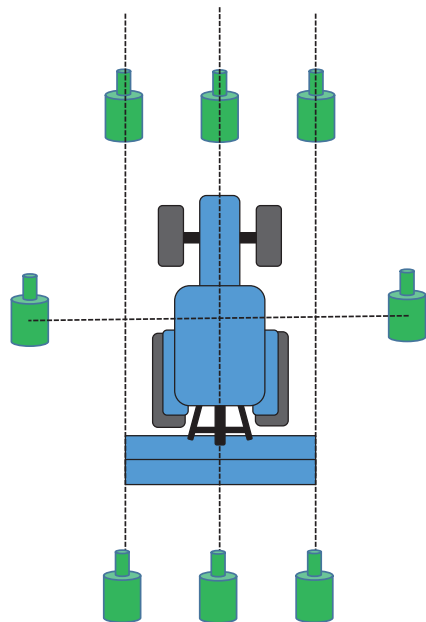


警告発生時、および停止時のトラクタと試験障害物との距離を測定



人・障害物検出機能

試験方法（案）

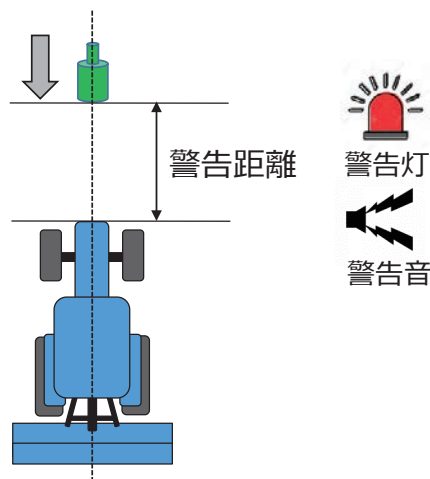


トラクタと試験障害物との相対位置

＜静止中＞
定位置のトラクタに対して試験障害物を接近させる



警告発生時の距離測定、および自動走行を開始できないことを確認



遠隔操作装置



要件（案）（抜粋）

- 「意図しない自動走行」が開始されないための誤操作防止機能を有すること（長押しや2アクション等）
- 装置が故障した場合に備えて電源が容易に外せる必要あり
- トラクタとの常時相互通信機能を有すること
通信が途切れた場合は安全状態へ
- 電源が切れた場合
- 通信障害が発生した場合

試験方法（案）

- ➡ 実際に操作し機能を確認する
- ➡ 実際に操作し機能を確認する
- 電源を遮断した時のトラクタの挙動を確認する
- ➡ 遠隔操作装置を遮蔽し、通信障害を発生させた時のトラクタの挙動を確認する



要件（案）

■ 監視者がロボットトラクタの状態（自動運転、一時停止、非常停止）を周囲から随時確認できる機能を有すること

■ 自動走行開始時、人・障害物への接触の可能性がある場合には注意喚起を行うこと

※日農工のロボット農機分科会（WG1）にて
共通化のための検討が進められている

- ・ 3色の積層灯
- ・ 点灯や警告音のパターン

試験方法（案）



警告・表示装置による警告が目視、聴音にて確認できるトラクタと監視者の相対位置、距離を測定する



それぞれの状況における警告・表示装置による警告を目視、聴覚にて確認する



まとめ

- 目標：トラクターの自動走行の実用化
 - ・ 有人監視化でのほ場内での無人システムの市販化（2018年）
 - ・ ほ場間の移動を含む遠隔監視下による無人自動走行システムの実現（2020年）
- 国の取組
農林水産業におけるロボット技術安全性確保策検討事業
→「農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」
- 業界の取組
日農工「ロボット農機分科会」
規格の共通化や国際規格ISO 18947の策定、改正
- 革新工学センターの取組
ロボット農機の安全機能評価試験方法の策定

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 29 年度 革新工学センター研究報告会

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 30 年 3 月 8 日

