

平成27年度
生研センター研究報告会

平成28年3月10日

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

平成 27 年度 生研センター研究報告会開催次第

1. 開催日時 平成 28 年 3 月 10 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 13:00
 - 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
 - 4) 生研センターの研究概要報告等
 - 5) 個別研究報告
 - (1) 第 4 次農業機械等緊急開発事業の成果
 - 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
 - ②エアアシスト式静電防除機の開発
 - (2) 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
 - (3) ナガイモの種イモ切断装置の開発
 - (4) 加工用ハクサイ収穫技術の開発
 - 6) スマート農業の推進及び農作業安全に係る最近の取組
 - 7) 総合討議
 - 8) 閉 会 17:30

目 次

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	1
2. エアアシスト式静電防除機の開発	9
3. 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	17
4. ナガイモの種イモ切断装置の開発	27
5. 加工用ハクサイ収穫技術の開発	33

中山間地用水田栽培管理ビークルとその作業機の開発

生産システム研究部 藤岡 修、山田祐一、山下晃平
市来秀之、重松健太、小林 研
企画部（附属農場） 小西達也、藤田耕一

[共同研究実施会社]

三菱マヒンドラ農機株式会社
大本啓一、松川雅彦、石川昌範

[委託試験等実施機関]

有限会社グリーンファーム清里 保坂一八
島根県農業技術センター 月森 弘
石川県農林総合研究センター 森本英嗣
鳥取大学農学部 野波和好

はじめに	2
1. 開発目標	2
2. 開発機の概要	3
3. 開発機の性能	5
おわりに	8
参考文献	8

はじめに

中山間地域とは、平野の外縁部から山間地を指す。山地の多い日本では、中山間地域が国土面積の73%、耕地面積の40%、総農家数の44%、農業産出額の35%をそれぞれ占めるなど、我が国の農業の中で重要な役割を担っている（農林水産省，2014；図1）。しかし、中山間地域では耕作放棄地の拡大、作業従事者の減少ならびに高齢化などの問題に直面し、生産基盤の維持が喫緊の課題となっている。また、ほ場1筆あたりの面積が小さく、かつほ場間に高低差があることから、平坦地での営農と同様に合筆によるほ場の大規模化および大型機械を活用した超省力栽培の実現は難しい。

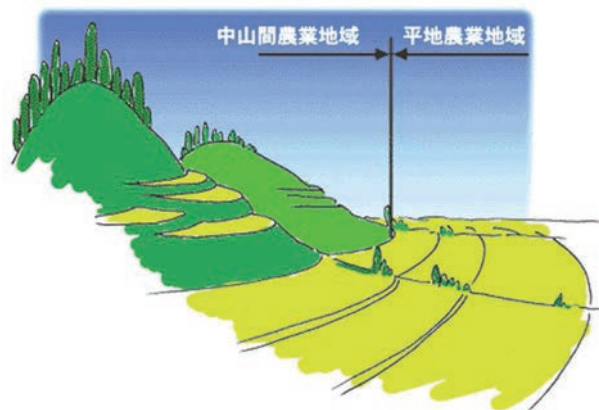


図1 中山間地域の位置付け
(農林水産省，2014)

これまでの中山間地の水稲用機械の開発事例としては、農林水産省の農業機械等緊急開発事業（以下、緊プロ）で開発した「中山間地域対応型自脱コンバイン」（以下、中山間コンバイン）が挙げられる。全面2条刈りのコンパクトな車体で、狭い作業道などでは降車して機体後方からも運転操作ができるように設計されている。中山間コンバインは2002年度に市販化され、これまでに約2,000台が生産現場で活躍している。しかし、収穫以外の耕うん・代かき、田植え、管理作業（除草や施肥、薬剤散布など）は、主に歩行型の専用機を用いて作業が行われている。中山間地域の現状を踏まえると、今後は軽労化を目的とした乗用機械化体系の確立が求められると想定される。また、作業ごとに専用機を揃える必要があることから新規参入の障害ならびに使用機械の格納場所の確保が課題となる。

以上の背景を踏まえ、収穫以外の多くのほ場作業を1台で担い、かつ作業の軽労化を実現する小型の乗用作業車両の開発が必要と考え、2012年度より第4次緊プロにおいて中山間地用水田栽培管理ビークル（以下、中山間ビークル）の開発を行ったので報告する。なお、本課題では中山間コンバインなどの開発実績を持つ、三菱マヒンドラ農機(株)に共同開発企業として参画していただいた。

1. 開発目標

中山間ビークルの開発に先立ち、全国の農業機械士協会事務局よりご推薦いただいた中山間地域の農業機械士協会会員などを対象にニーズ調査を実施した（新農業機械実用化促進(株)，2010）。その結果、通常の農機開発で重視される作業性能に対する要望順位は比較的 low、安全性などの中山間地域特有の要望項目が上位に挙げられていることが特徴的であった（図2）。

現在、緊プロにおいては生産者、企業、大学、公的研究機関や行政関係者などで構成するプロジェクトチーム（以下、PT）を設置して、研究課題の方向性を都度協議しながら開発を進める体制がとられている。本課題においても中山間ビークルに求められる機能、性能についてPTで検討を行った結果、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とその作業機を開発することを開発目標に据えた。これらを基に、①小区画は場の耕うんから立毛中の管理作業までを行う、②300mm程度の段差を乗り越える、③路上において静的横転倒角を40°以上確保する、の3点を開発機の基本コンセプトとして設定した。

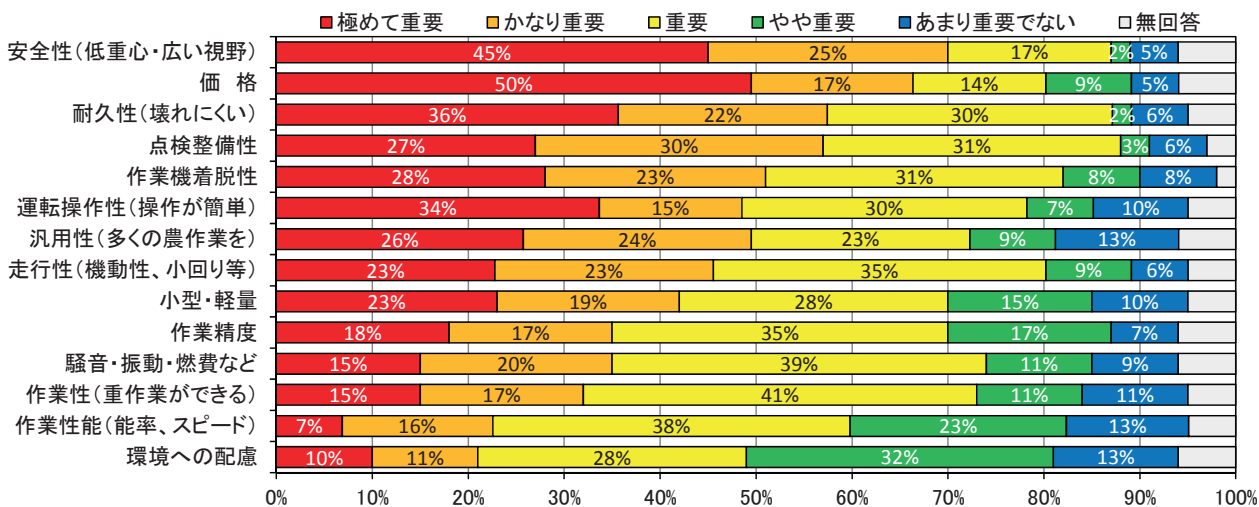


図2 事前ニーズ調査の結果(新農機(株), 2010)

2. 開発機の概要

開発した中山間ビークルの外観および主要諸元を図3、表1に示す。中山間ビークルは本機と作業機からなり、本機は小型の乗用田植機(4条植)をベース車両とした。ベース車両の候補として乗用トラクタ、乗用田植機、乗用管理機などを検討したが、中山間ビークルは耕うんから管理作業までの幅広い範囲をカバーできることが特徴であり、その中で田植え作業が最も厳しい作業環境条件であると考えられることから、乗用田植機をベース車両として選定した。ベース車両の車格は、中山間コンバインに近い機体寸法の4条植え田植機としたが、管理作業時の作業性を考慮し、車輪が条間(30cm)の中央を走行できるように輪距を720mm(4条植)から900mm(5条植)に拡幅した。



図3 中山間ビークル(本機+田植機)の外観

表1 中山間ビークルの主要諸元(田植機装着時)

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
軸距(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

原則として作業機の新規開発は行わずに既販機を活用することとし、図4から図9に示す作業機を試作した。なお、耕うん機は所要動力が大きく、乗用田植機をベースとした本機のPTO出力軸の仕様変更が必要となるため、エンジン駆動の小型管理機を装着する方式とし、本機側に遠隔操作部（非常停止ボタン、作業機クラッチ、スロットル）を設けた。溝切機、粒状散布機（電動式）、除草機については、専用ヒッチに結合可能なツールバーを共有部品とすることで汎用性を持たせた。



図4 耕うん機
(M社 MM658 を改造)

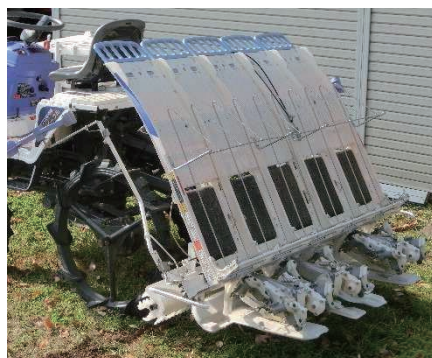


図5 田植機
(M社 LE4 を5条に改造)



図6 溝切機
(S社 SM-2)



図7 粒剤散布機（エンジン駆動式）
(A社 ASG-7061)



図8 粒剤散布機（電動式）
(Y社 EG10K を改造)



図9 除草機
(M社 LVW-6 を5条に改造)

本機後方の作業機リフタに専用ヒッチ（図10）を設け、各種作業機を容易に着脱可能とした。本機側のヒッチはU字形の受け部材を上下一対で配置し、作業機側にこれに対応して平行に配置した連結ピンを引っ掛けることで連結される。中山間ビークルは耕うんができることが特徴の一つである。耕うん作業は他の作業とは異なり、鉛直方向の反力が発生することから、U字形の受け部材の上方に作業機側の連結ピンが外れることを防止するロック機構を設けることで、耕うん作業を可能とする仕組みを考案した（藤岡ら，2015）。これにより簡易なヒッチ構造でありながら、作業機に着脱の容易さと、確実な連結を両立させた。

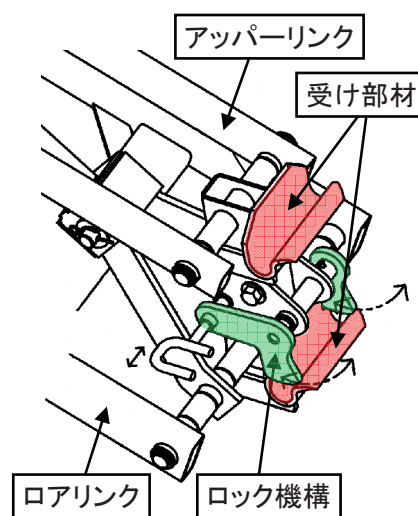


図10 専用ヒッチの外観
(本機側)

開発目標に掲げた 300mm 程度の段差乗越えを可能とするため、開発した中山間ビークルに後輪昇降機構を装備した。後輪昇降機構は後車軸を 150mm 上下動可能とし、後車輪を下方に押し下げることで機体を前方に約 9° 傾斜させることができる。後輪昇降機構を用いることでほ場からの退出時など、段差を乗越える際に機体前方が持ち上がることを抑制し、運転席をほぼ水平に維持した状態で走行可能となる（図 11）。これにより、中山間地で多く見られる傾斜地走行時の安定性が増すとともに、前輪分担荷重が増加することにより登坂能力も向上する。

また、中山間ビークルは管理作業にも使用することから、稲の押し倒しを抑制するために本機下部の最低地上高を約 400mm 確保した。一方、ミッションケースなどのレイアウトを最適化することで低重心化を図り、最も重い作業機である田植機を装着した状態で静的横転倒角を計測した結果、安全鑑定基準の 30° を約 10° 上回る耐転倒性能を持つことを明らかにした（図 12）。



図 11 後輪昇降機構を利用した傾斜地走行の様子(溝切機装着時)



図 12 静的横転倒角の計測の様子(田植機装着時)

3. 開発機の性能

開発機に各種作業機を装着して現地試験に供し、作業性能および取扱性を調査した。現地試験は、PT 委員として開発に携わっていただいている方々にご協力をいただき、以下の 4 箇所および生研センター内のほ場において実施した。主な調査内容は以下のとおりとした。

[現地①] (有)グリーンファーム清里(上越市)：田植え(5/18～29；計 1.7ha)、溝切り(6/9～7/2；計 17.3ha)

[現地②] 石川農総研(金沢市)：田植え(5/14；9.6a×2)

[現地③] 島根農技セ(出雲市)：田植え(5/1；7.5a)、薬剤散布(6/5)、溝切り(6/23)

[現地④] 鳥取大学(鳥取市)：田植え(5/28；13.6a×2)、溝切り(6/30)、肥料・薬剤散布(7/28)

[現地⑤] 生研センター(鴻巣市・さいたま市)：耕うん(12/22、12/25)

1) 田植え作業

作業速度 0.51～0.70m/s の条件で田植え作業を行った結果、ほ場作業量は 18.5～26.8a/h、欠株率は 1.5～1.6%であった。設定株間に対する株間の変動、一株あたり植付本数、植付深さなどは慣行機とほぼ同等であった(図 13、表 2)。



図 13 現地試験における田植えの様子（左：現地①、右：現地②）

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	島根(出雲市)	石川(金沢市)		鳥取(鳥取市)		
供試機	開発機	開発機	I社PZ60	開発機	M社LV5	
植付条数	5条	5条	6条	5条	5条	
ほ場条件	長辺×短辺(m) 面積(a)	50×15 7.5	80×12 9.6	80×12 9.6	54.5×25 13.6	54.5×25 13.6
苗条件	品種 葉齢(葉)	ヒメノモチ 2.3	石川65号 2.4	コシヒカリ 2.3		
運転条件	作業人員(名) 設定株間(cm)	1 20	2(運転+補助) 23	2(運転+補助) 23	1 28	1 28
	作業速度(m/s)	0.59	0.7	0.77	0.51	0.42
	ほ場作業量(a/h)	24.2	26.8	34.4	18.5	16.8
試験結果	株間(cm)	20.4±1.4	22.2±0.1	20.5±0.8	27.1±1.3	28.5±1.6
	一株本数(本)	3.4±1.7	3.2±1.7	3.8±1.8	3.5±1.9	3.7±1.7
	植付深さ(cm)	4.2±0.7	3.2±0.5	2.9±0.7	-※	4.0±0.8
	欠株率(%)	1.6	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。

2) 溝切り作業

現地①で長期利用を試みた結果、稲株の押倒しは報告されず、作業性も良好であった。現地④で歩行型の慣行機（1条）と比較した結果、作業時間は開発機が7.5min/10a、慣行機が8.6min/10aとほぼ同等であったが、作業時の心拍数増加率は開発機で5.9%（平均72拍/min、最大79、安静時68）、慣行機で76.5%（平均120、最大134）と軽労化効果を確認した（表3、図14）。

表 3 管理作業における作業能率と労働負荷

作業名	試験場所	作業時間 (min/10a)		作業時の 心拍数増加率(%)	
		開発機	慣行機	開発機	慣行機
溝切り	鳥取	7.5	8.6	5.9	76.5
肥料散布 薬剤散布	鳥取	10.0	2.9 1.9	20.6	79.4 -



図 14 現地試験における溝切りの様子（左：慣行機、右：開発機、ともに現地④）

3) 肥料・薬剤散布作業

現地④で背負式の慣行動散機（肥料散布）および運搬車搭載式の慣行動散機（薬剤散布）と比較した結果、作業時間は開発機（同時散布）が 10.0min/10a、慣行機が計 4.9min/10a と慣行機の能率が高かったが、肥料散布作業時の心拍数増加率は開発機で 20.6%（平均 82 拍/min、最大 90、安静時 68）、慣行機で 79.4%（平均 122、最大 130）と軽労化効果を確認した（表 3、図 15）。



図 15 現地試験における肥料・薬剤散布の様子
（左上：慣行機（肥料散布）、右上：慣行機（薬剤散布）、中央：開発機（同時散布）、ともに現地④）

4) 耕うん作業

耕うん機は目標耕深 100mm に設定し、耕幅 1100mm、耕うん部はロータリと深耕ロータに交換可能とし、残耕処理および地中へのくい込みを増大させる目的で機体後方中央にチゼル刃を備えた。走行速度を 0.1、0.2、0.3m/s の 3 水準に設定して性能調査を行った結果、乾燥条件（含水比 37.6%、液性指数 0.08）では作業機からの付勢により速度増加（36～76%）が見られ、最も良好な耕深は深耕ロータを装着した状態で 102mm（作業速度 0.17m/s）であった。また、湿潤条件（含水比 64.6%、液性指数 0.36）でも速度増加（25～36%）が見られ、最も良好な耕深はロータリを装着した状態で 120mm（0.14m/s）であった。いずれの土壌条件においても目標とした耕深を確保できたものの、速度上昇に伴って耕深が浅くなる傾向が見られ、小型の歩行型管理機を作業機に用いての高速化は難しかった。



図 16 開発機による耕うんの様子
（現地⑤（鴻巣））

おわりに

中山間地の水田において利用できる小型の乗用栽培管理作業車を開発した。開発機は専用ヒッチを介して各種作業機を着脱することにより、耕うんから立毛中の管理作業まで利用することができる。開発機を現地試験に供して作業性能を調査した結果、慣行機と同程度の性能を持つことを確認した。さらに乗用化に伴い、作業の軽労化が図られることも確認した。今後は市販化に向けた検討を進めるとともに、適用場面を拡大するために水稲作だけではなく、畑作においても開発機を活用できるように、田畑兼用が可能な作業機を開発したいと考える。

本研究を遂行するにあたり、共同開発企業として参画していただいた三菱マヒンドラ農機(株)の関係各位、ならびに PT 委員として貴重な助言を賜った(有)グリーンファーム清里、石川県農林総合研究センター、島根県農業技術センター、鳥取大学農学部の関係各位に感謝の意を表する。

参考文献

- 農林水産省（2014）：中山間地域とは、http://www.maff.go.jp/j/nousin/tyusan/siharai_seido/s_about/cyusan/
- 新農業機械実用化促進株式会社（2010）：中山間地用小型水田栽培管理ビークル、農業機械開発改良ニーズ調査結果報告書。
- 藤岡修・山田祐一・三島友孝・武井祐・石川昌範（2015）：作業車両並びにその走行機体及び作業機、特開 2015-130839。

エアアシスト式静電防除機の開発

基礎技術研究部 吉永慶太、中山夏希、NUGUYEN THI THANH LOAN、宮原佳彦
窪田陽介（現神戸大学）

共同研究実施会社

みのる産業株式会社、株式会社やまびこ

はじめに	10
1. 開発目標	10
2. 開発機の概要	11
1) 開発機の構成	11
2) エアアシスト方法の検討	11
3. 開発機の性能	12
1) 防除効果試験	12
2) 現地実証試験	15
おわりに	16
参考文献	16

はじめに

施設園芸では、閉鎖された空間であることから、灌水や防除作業、蒸発散や温度変化等により高湿度環境下になりやすいため、病害虫が発生しやすく、いったん病害虫の被害を受けると施設全体へ短期間で蔓延してしまう危険性があるため、予防的な意味も含めて農薬散布作業が頻繁に行われている¹⁾。一方、日本の農業従事者は近年減少、高齢化の一途をたどっており²⁾、省力・軽労化が求められている。中でも施設栽培における防除作業は、散布作業への農薬被曝の危険性を避けるために、真夏の暑熱環境下でレインコート、ゴーグル、マスク等を装着して散布作業を行わなければならないため³⁾、大変な作業となっている（写真1）。さらに、近年では太陽光利用型植物工場に代表されるようにハウスの大規模化⁴⁾、栽培の周年化が進んでおり、散布作業は長時間かつ長期間になる傾向が強くなり、作業員にとっては大きな労働負担となっている。このため、近年では施設内に立ち入らずに作業を行う散布法が普及している⁵⁾。これは、手散布による液剤散布が無人で作業可能な防除機であり、具体的には防除ロボットや細霧散布装置を利用する散布方法である。ただし、この方法では、繁茂した作物に対して手散布よりも群落内部への到達性が悪く、葉裏への付着性能が低下する等の問題が指摘されている。付着性能を向上させる技術として、静電散布が広く普及しているが、この方法ではノズルと作物の電気力線に乗って液滴が移動するため、ノズル付近の植物や先鋭部に液滴が良く付着する利点がある一方、凹部には付着しにくく、作物群落内への貫通性や到達性に乏しいといった問題が報告されている¹⁾。



写真1 施設内における慣行手散布の様子

こうした状況の下、農研機構生研センターでは2010年からエアアシストを用いた静電散布における噴霧液滴の付着効果について取り組み、その効果を確認してきた。このように蓄積した技術をベースにして、2011年度から農業機械等緊急開発事業において、株式会社やまびこ、みのる産業株式会社との共同研究を実施し、①静電気力で対象作物に薬液を効率よく付着させる、②作物群落内にも薬液が届き、散布ムラをより少なくさせるためエアアシストを行う、さらに、③重量バランス等を考慮した台車で農薬被曝を軽減するため自動走行させる、といった3つの技術を組み合わせたエアアシスト式静電防除機（以下、開発機）の開発を進めてきた。本報告では、開発機の概要、さらに開発機を用いた性能試験としてこれまでに、静岡県農林技術研究所、千葉県農林総合研究センター、埼玉県農業技術研究センター、宮崎大学の協力の下で行った、メロン、キュウリ、トマト栽培における防除試験結果および現地実証試験結果を報告する。

1. 開発目標

施設栽培において、静電散布技術およびエアアシスト技術を組み合わせ、手散布並みの防除効果が得られる無人防除機を開発する。畦間の散布作業中の動作を無人化、畝と畝の間の移動は手動とすることで移動台車を簡易化し、低価格化も目標とする。

2. 開発機の概要

1) 開発機の構成

開発機は、自動走行台車、静電噴口部、およびエアアシスト部から構成される（表1、写真2）。作物列の間（畦間）を0.2～0.8m/sで前進し、畝の端まで到達すると、あらかじめ設置してある金属板を感知し、自動で後進に切り替わることで散布作業の畝間の往復散布作業を自動化している。なお、機械の次の畝間への移動は、散布を行わず、農薬被曝の心配がないため、自動化せずに作業者が人力で行うことで安価な機械を目指している。静電噴口部は、噴霧粒子に静電気を付加する機能を有した静電噴口を片側5頭口ずつ装備しており、自動走行台車に搭載して、機体両側から作物に向けて薬液を散布できる。エアアシスト部は、自動走行台車に搭載したエアポンプからの圧縮空気が、各静電噴口の間に設置してあるエアアシストノズルから吐出することで、静電噴口から噴霧された薬液の作物群落内への到達力をアシスト可能な構造とした。

2) エアアシスト方法の検討

エアを吐出する方法として、比較的簡易な方法で大きな風量を得られるが静圧が低いため抵抗があると極度に風量が減少する軸流ファン、風量は軸流ファンと比べて少ないが静圧が高い遠心ファン、エア吐出部が小さく静電ノズルを搭載する噴頭部の形状が最も簡易化できる圧縮エアを利用した3種類の方法を考案した。施設内の無人防除機に軸流ファン、遠心ファンを組み込んだ場合、噴頭部の質量が10kg程度増加す

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×2 24V×36Ah	
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	
	定格風量(L/min)	120	
エアアシスト部	エアコンプレッサ	定格圧力(kPa)	20
	消費電力(W)	130	
	質量(kg)	125	
適応動力噴霧器	使用圧力5.0MPa以下のもの		
中間ホース	使用圧力5.0MPaの耐性があるもの		



写真2 開発機の構成

ることにより、防除機の質量バランスや取り回しが悪化し、圧縮エア方式を用いることにより、噴頭部の質量増加を抑えることができた。また、軸流ファンおよび遠心ファン方式は、進行方向および噴霧方向に対して、各ファン設置部分の寸法が大きくなり、噴霧中に作物への接触や畦移りの際に施設へ接触が生じる可能性が生じた。

また、軸流ファンおよび遠心ファンは風の向きを調整することが困難である一方、圧縮エア吐出ノズルは仰俯角に対して自由に調整することが可能であることがわかった。

以上の結果から、施設栽培のための無人防除機を想定した場合、軽量かつ噴頭部に設置しても寸法が大きくなり、圧縮エア方式を用いることとした。圧縮エア吐出



写真4 中空円錐ノズルのスプレーパターン

(左：垂直下向き、右：水平方向)

ノズルは、ポンプが吐出する空気量に加えてノズル側面にある空気吸い込み口から空気を巻き込みながら吐出する流量増幅ノズルを利用し、エアポンプの吐出量に対し約6倍のエアの吐出量を得ることができた(写真3)。また、通常中空円錐ノズルは、ブームスプレーヤーの様に下向きに散布すると円錐型のスプレーパターンとなるが、開発機が想定している水平方向への噴霧の場合、空気抵抗による巻き戻りや重力落下によって、スプレーパターン中心部以外の噴霧液滴は到達距離が著しく短くなる(写真4)。そこで、噴口と噴口の間中点に圧縮エア吐出ノズルを設置することで(写真5)、ノズル中心部の渦流から外れ、到達距離の短い液滴に効果的にエアアシストを行うことができた。

3. 開発機の性能

1) 防除効果試験

手散布並みの防除効果を有し、無人で作業可能な装置を開発するため、慣行手散布を対照区として、機械静電散布のうちエアアシストの有無および反当散布量による



写真3 圧縮エア吐出ノズル



写真5 圧縮エア吐出ノズルの位置

散布性能の違いを検証するため、うどんこ病を対象に、防除効果試験を行った（表1）。調査項目は、防除価および発病葉率とした。

その結果、静岡県農林技術研究所のメロン隔離ベッド栽培では、エアアシストのある機械散布区が、発病葉率で45、防除価で66といずれも慣行手散布と同等以上となった。埼玉県のとまと栽培では、反当散布量を通常より20%削減して試験を行った結果、エアアシストのある機械散布区は、反当散布量が20%削減されても、発病葉率は、慣行手散布に比べ37%程度に抑えることが可能で、さらに慣行手散布以上の防除価を得ることができた。宮崎大学のキュウリ栽培では、エアアシストのある機械散布区が慣行手散布区と同等の防除効果を得ることができた。

さらに、千葉県農林総合研究センターのキュウリ栽培では、ワタアブラムシという害虫を対象とした防除効果試験を行っており、開発機を用いた場合、死虫率は最大で3.4倍程度となり、いずれの条件においても慣行手散布と同等かそれ以上の防除効果を示した。

表 1 防除効果試験条件および結果

1) メロン (通常散布量 : 300L/10a、最終散布後 21 日目)

	静電	エアアシスト	反当散布量 (L/10a)	発病葉率 (%)	防除価
手散布区	なし	なし	300	53	60
機械散布区	あり	なし	300	65	45
		あり	300	45	66

2) トマト (通常散布量 200L/10a、最終散布後 8 日目)

	静電	エアアシスト	反当散布量 (L/10a)	発病葉率 (%)	防除価
手散布区	なし	なし	160	27	82
機械散布区	あり	なし	160	21	87
		あり	160	10	95
		なし	120	33	79
		あり	120	25	80

3) キュウリ (通常散布量 : 300L/10a、最終散布後 28 日目)

	静電	エアアシスト	反当散布量 (L/10a)	発病葉率 (%)	防除価
手散布区	なし	なし	240	8	93
機械散布区	あり	なし	240	14	86
		あり	240	5	95
		なし	180	53	47
		あり	180	21	79

注 1) うどんこ病を対象とし、散布薬剤はキュウリ : ダコニール 1000 倍 (調査期間 : H26. 10. 21 ~11. 25)、メロン : モレスタン水和剤 3000 倍 (調査期間 : H25. 6. 27~7. 18)、トマト : カリグリーン 800 倍 (調査期間 : H26. 10. 31~12. 12)。

注 2) 栽培様式 キュウリ : 株間 80cm、条間 60cm (千鳥植え)、草丈 180cm の土耕養液栽培、メロン : 株間 35cm、ベッド間 120cm、草丈 180cm のベッド溶液栽培、トマト : 株間 30cm、ベッド間 120cm、草丈 240cm のベッド養液栽培。

注 3) 防除価 = $100 - \text{試験区の発病度} / \text{無処理区の発病度} \times 100$ 、100 が最もよい。無処理区は農薬散布なし。

注 4) 対照区の手散布は、各試験地の熟練作業者により実施。

注 5) 発病葉率 = $\text{発病葉数} / \text{調査葉数} \times 100$ (%)、0 が最もよい。調査葉数、キュウリ 200 枚、メロン : 320 枚、トマト : 100 枚。

2) 現地実証試験

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（写真6）を行い、付着性能、作業能率および心拍数・歩数計測、開発機の取扱性等の問題点を調査した。

実証試験における付着性能試験結果を表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安定した走行が可能なトマトハイワイヤ栽培においては、薬液の付着は、散布量が同程度（A菜園）であれば、開発機は慣行手散布以上となり、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、土耕キュウリ栽培では、一般に畝間の走行路が軟弱状態である。灌水や農薬散布により路面が濡れることでさらに軟弱となり、開発機が走行するたびに車輪に



写真6 開発機による散布の様子

表3 実証試験における付着性能^{注1)}試験結果

		トマトハイワイヤ栽培				土耕キュウリ栽培
		A 菜園	B 菜園	C 菜園		
				往復散布	片道散布	
慣行機	散布量(L/列)	40	6	25	14	—
	付着*	39	44	4	2	—
開発機	散布量(L/列)	35	2	21	10	16
	付着	100	46	69	51	26
手散布	散布量(L/列)	—	—	17	—	22 ^{注2)}
	付着	—	—	38	—	54

注 1) 付着は葉裏に設置した感水紙の被覆面積率。

注 2) 土耕キュウリ栽培の手散布区は手押しカート。

注 3) 作目：大玉トマト

A 菜園：調査日：H27. 10. 2、株間 50cm、ベッド間 1.6m、1 ベッド 64m、128 株、草丈 4.1m

B 菜園：調査日 H27. 10. 6、株間 25cm、ベッド間 1.6m、1 ベッド 56m、226 株、草丈 3m。

葉欠きの切断部のみへの散布のため片側 1 頭口（両側 2 頭口）のみ利用。

C 菜園：調査日 H27. 11. 20、株間 25cm、ベッド間 1.6m、1 ベッド 42m、160 株、草丈 2.6m

より轍をつくり、レール上を走行するような安定した走行は不可能であった。この結果、農薬の付着

性能が手散布に比べ劣り、さらに、取扱性、耐久性等にも課題が残った。このような条件へ開発機を導入する場合、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、枕路等を設置することが望ましい。

トマトハイワイヤ栽培の防除作業において、開発機

は慣行手散布に比べ、作業時間で約 1/4、歩数で約 1/50 となり（表 4）、心拍数に差は見られなかった。また、本条件下で 3 時間 40 分（走行距離：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。

表 4 1 列（160 株、40m）あたりの作業時間および歩数

試験区	作業時間（分：秒）				歩数
	前進	後進	取り回し	合計	
慣行機	1:23	1:22	0:43	3:30	4
開発機	1:24	1:35	0:45	3:40	5
手散布				15:34	230

試験は表 3 の C 農園の結果

手散布は 80 株（20m）のデータを 1 列分（往復 80m）に換算

おわりに

施設園芸においては、開発したエアアシスト式静電防除機を用いることで、慣行の手散布並みの防除効果を維持しつつ、無人で防除作業が可能となるため、手散布では難しい農薬被曝の回避や軽労化につながることを期待される。また、現在行っている現地実証試験の結果、条件によっては、散布量の削減につながる結果も得られている。

現在、福島、千葉、広島等の園芸施設の栽培現場において、開発機の実用性を検証する実証試験を終え、それらの結果をまとめ、開発機の取扱性や耐久性等の問題点を整理・改良し、早期の実用化を図りたい。

参考文献

- 1) 農薬の散布と付着、日本農薬学会 農薬製剤・施用法研究会、(社) 日本植物防疫協会、1990
- 2) 2015 年農林業センサ結果の概要 農林水産省 大臣官房統計部 平成 27 年 11 月 27 日公表分
- 3) 静岡県農林技術研究所特別報告 第 3 号 2010 年 10 月 静岡県農林技術研究所
- 4) 平成 25 年度次世代型通年安定供給モデル構築支援・環境整備事業報告書 日本施設園芸協会
- 5) 五訂 施設園芸ハンドブック 日本施設園芸協会 P237-239

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

基礎技術研究部 岡田俊輔、積栄、松本将大、志藤博克（現：評価試験部）

はじめに	18
1. 技術開発の流れと概要	18
1) 2つの先行研究	18
2) 作業判別技術の自脱コンバインへの適用とノイズ低減手法の検討	19
3) 閾値設定のためのノイズ発生確率の検討	20
4) 検出対象の見直しと試作手袋	21
5) 制御部と制御内容	22
2. 手こぎ実作業試験による評価と改良	23
1) ムギによる手こぎ実作業試験と評価	23
2) 実作業試験を踏まえた、制御部と手袋の改良	24
3) イネによる手こぎ実作業試験と評価	25
おわりに	26
参考文献	26

はじめに

巻き込まれ事故を防止するため、一般的には物理的な隔離やセンサによる可動部停止といった対策が施される。しかし、農業機械ではこれら既往の技術を適用することが困難な場合があり、その代表例として自脱コンバインの手こぎ作業が挙げられる(図1)。この対策として、脱穀部に原動機緊急停止装置(以下、非常停止ボタン)が装備されており、一定の事故軽減効果が認められるものの、操作の遅れ等によって、完全に事故を防止することはできない。また、過去の調査によると、7割の農家が手こぎ作業は必要と回答している¹⁾ことから、今後も手こぎ作業は無くならず、事故防止に取り組む必要がある。生研センターでは、平成22~24年度の先行課題「巻き込まれ事故防止のための作業判別技術の開発」において、磁気センサを利用し、磁性体を付加した手袋等を検出することで、供給中の作物等と作業者の手等を非接触で判別し得る可能性を見出した。また、平成23~25年度の農業機械等緊急開発事業(以下、緊プロという)により、非常停止ボタンを操作すると、フィードチェーンが即時停止し、こぎ胴カバー等が開放する装置を開発した。そこで、この作業判別技術および即時停止装置の技術を用いて、自脱コンバインにおける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ので、ここに報告する。

1. 技術開発の流れと概要

1) 2つの先行研究

本報告に先行して、手こぎ作業時の事故に対処すべく、「自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置」と「巻き込まれ事故防止のための作業判別技術の開発」の研究開発に取り組んできた。

前者の研究では、非常停止ボタンを押してもフィードチェーンが迅速に停止せず、重傷事故につながる恐れがあった。そこで、非常停止ボタンの操作により、フィードチェーンが迅速に停止する自脱コンバインを開発した。この開発機は、迅速な停止とともにこぎ胴カバーがわずかに開くことで、挟まれた手を容易に引き抜くことができる機構等も搭載されている²⁾(以下、この機能を有する自脱コンバインを緊プロ機という)。

後者の研究では、作業者が非常停止ボタンを操作せずとも、機械側で未然に巻き込まれ事故を防止することを目指し、その基礎的な技術としてワラ等の供給物と作業者との判別手法を開発した。既存技術の調査から、供給物と人体を直接判別することが困難であった。そこで、手袋に付加した磁性体を磁気センサで検出し、間接的に作業者を判別する手法について検討した。その結果、市販の耐切創手袋に利用されている鉄製のチェーン(図2)を、磁心コイル(図3)で検出する手法について利用可能性を見出した^{3) 4) 5)}。



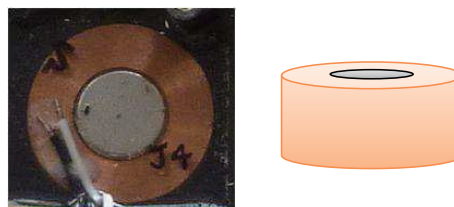
図1 手こぎ作業風景

なお、手こぎ作業においては、巻き込まれのリスクが増大することから、手袋の着用が禁止されている。しかし、素手でワラや鎌の扱いは、手の汚れや痒みを伴う不快な作業である。このため、手袋を着用することで、安全性が向上するだけでなく、手袋を着用することで素手による不快な作業が改善される利点も考えられた。



※手の甲側の筋状の部分に、鉄チェーンが貼付されている。

図2 市販の耐切創手袋



円柱状のネオジウム磁石に、コイルを巻いた構造。磁性体が接近すると、電磁誘導によって起電力が発生する。

図3 磁心コイルの構造と原理

2) 作業判別技術の自脱コンバインへの適用とノイズ低減手法の検討

本技術は磁気センサを利用しており、挟やく桿やフィードチェーンなどの鉄製の可動部品は磁性体であるため、これらの動作によっても信号（以下、手袋の動作以外の信号を「ノイズ」という）が出力される。従って、挟やく桿を磁性の無いステンレス製に変更した。一方、フィードチェーンについては、ステンレス製に変更することが困難なため、磁心コイル側面を鋼管で覆うことで磁気シールドし、ノイズ低減を図った。これらを、研究当初は市販の2条刈自脱コンバインに、その後、6条刈の緊プロ機に搭載し、ノイズの測定を行った。

その結果、2条刈の市販機に搭載した時（図4）のノイズは、1. 1)の先行研究で用いた試験装置（2条刈自脱コンバインのワラ挟持部を模した試験装置）に取り付けた時に比べて機体振動が大きく、挟やく桿の上側とフィードチェーン側面の磁心コイル間の距離が変動したため大幅に増大した。先行研究では、磁石の大型化やコイル巻数の増大で感度向上を図っていたが、高感度化により振動の影響が大きくなることや、大型化によって手こぎ作業の支障となる恐れがあった。そこで、小型の磁心コイルを用いることとした。一方で、感度が低下するため、

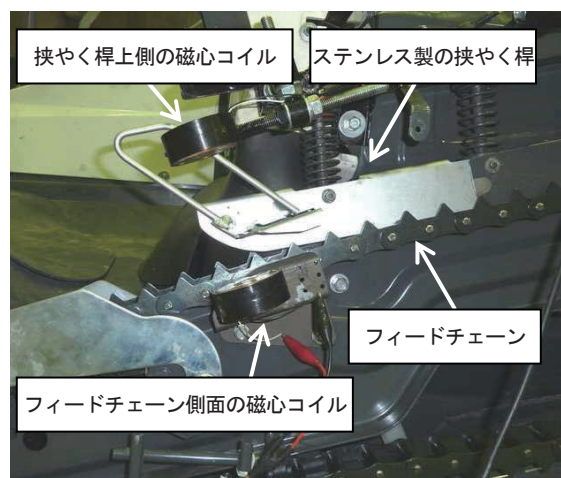


図4 磁心コイルを2条刈の自脱コンバインに搭載した様子

それを補うため、鉄チェーンより検出しやすい別の磁性体を手袋に付加することとした（詳細は、2.4）。その結果、振動の影響が小さくなったが、この対策のみではノイズ低減効果が不十分であったため、さらに対策を検討した。

フィードチェーンの動作によるノイズは、チェーンのリンク形状に従い、チェーンピッチの2倍周期でノイズが変動する傾向が見られた。そこで、フィードチェーン側面については、チェーンピッチの2倍の距離となる66mmの距離で、磁心コイルを2個配置することで互いにノイズを打ち消した。反面、オフセットリンク通過時は、ノイズを打ち消すことができず逆に増幅されるため、オフセットリンクを廃し、割りピン取付け部分を磁心コイルの逆側となる機体内側に配置した（図5）。挟やく桿上側も同様に、磁心コイルを2個配置することで、振動によるノイズを打ち消した。その結果、ノイズを打ち消す前に比べて、挟やく桿の上側、フィードチェーン側面それぞれで、半分程度までノイズが低減した。

上記のように2条刈自脱コンバイン実機での振動の影響を検討した後、ベース機を6条刈の緊プロ機に変更した（図6）。その結果、機体の大型化により、フィードチェーンと挟やく桿上側の磁心コイルの距離も拡大した等の理由によってノイズが減少した。一方で、目標検出距離が100mmから180mmに拡大した。これらを踏まえて、閾値の決定方法や検出対象となる磁性体の見直しを行った。

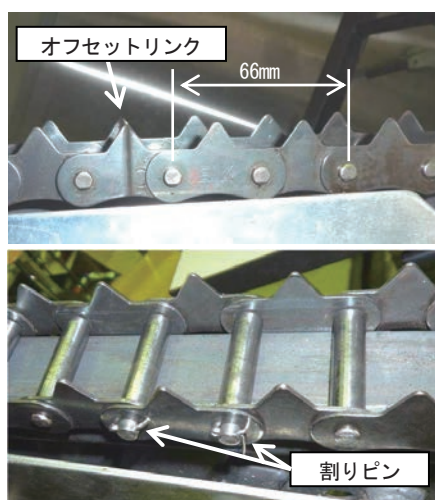


図5 フィードチェーンの形状

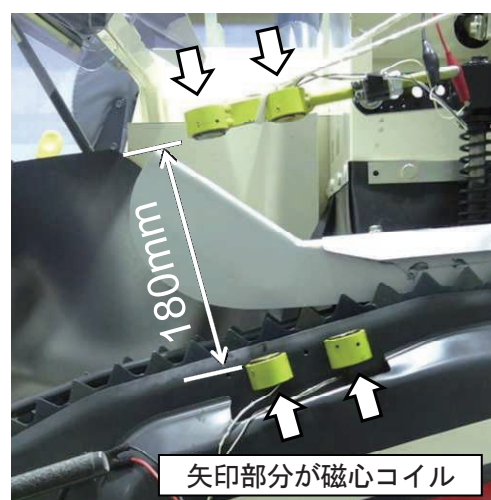


図6 磁心コイルを6条刈の緊プロ機に搭載した様子

3) 閾値設定のためのノイズ発生確率の検討

手袋が接近しているか否かの閾値決定にあたっては、ノイズによる悪影響を受けずに、手袋の検出が可能な範囲を設定する必要がある。これまで測定されたノイズは正規分布をしていたため、平均値と標準偏差から、ある大きさ以上のノイズが発生する確率を求めることができる。また、測定回数が多くなるほど、大きなノイズが1回でも発生する確率は高くなる（例えば、正六面体のサイコロの1の目が出る確率は17%（1/6）だが、10回振った時に1の目が1回以上出る確率は83%）。そこで、あ

る大きさ以上のノイズが1年に1回以上発生する確率を次式より求めた。

$$1 - (1 - \text{ある大きさ以上のノイズの発生確率})^{\wedge} (\text{測定回数})$$

ここで、(1 - ある大きさ以上のノイズの発生確率) はノイズが発生しない確率であり、これに測定回数を累乗することで、測定回数内で一度もノイズが発生しない確率が得られ、1 からこの値を引くことで、ある大きさ以上のノイズが1年に1回以上発生する確率が求まる。測定回数は、1年間の手こぎ作業時間を仮に10時間とし、1.5) で後述する制御用マイコンの測定周期は、最終的に2msとした。その結果、標準偏差に対して7倍以上のノイズの発生確率は、ほぼ0%となると推定されたため、これ以上の値を閾値として設定することとした(以下、ノイズ標準偏差の7倍の値を、最小閾値という。図7)。

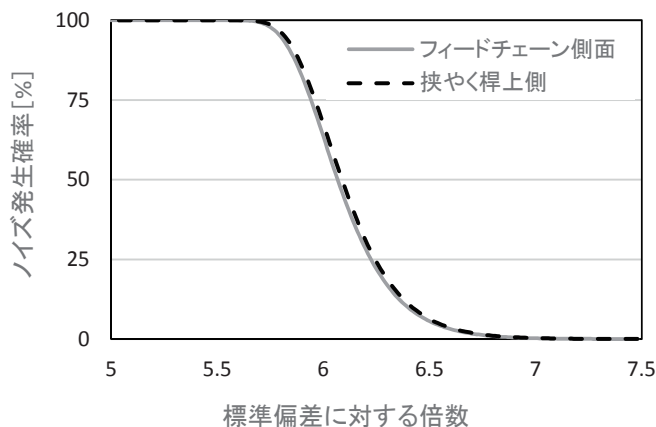


図7 磁心コイルノイズの標準偏差とノイズ発生確率の関係

4) 検出対象の見直しと試作手袋

1.2) の結果を踏まえ、検出対象の磁性体を見直し、鉄チェーンよりも検出が容易である柔らかいひも状のプラスチック磁石を手袋に付加することとし、以下の仮定と方法に基づき手袋の検出が可能な距離を検討した。

磁心コイルは、電磁誘導を利用したセンサであるため、静止した磁性体を検出することができず、移動速度が速くなるほど起電力が大きくなる。そこで、手こぎ作業はフィードチェーンの搬送速度に合わせてワラを供給するため、この速度未満で巻き込まれ部位に手が接近することは少ないと仮定した。この仮定に基づき、フィードチェーンの搬送速度でプラスチック磁石が移動した時に、ある距離に位置する磁心コイルから出力された信号のピーク値が、1.3) で定義した最小閾値を上回れば検出可能とした。

そこで、ベルトコンベアによって移動するプラスチック磁石の上方に磁心コイルを設置し、この時に磁心コイルから出力される信号を測定した。測定条件は、磁心コイルとプラスチック磁石との距離を10mm毎に変え、プラスチック磁石の移動速度をフィードチェーンの搬送速度と同じ0.3m/sとした。なお、信号の大きさは磁心コイルのみの場合や、1.5) で後述する制御部による信号処理後かによって異なる。また、最小閾値は、ベース機のノイズの大きさによっても異なるため、各開発段階で随時測定を行った。

断面形状や磁石の種類が異なる複数のプラスチック磁石(図8、表1)を供試して、上記の測定を行った結果を図9に示す。フェライト系の1.6×2.0mmプラスチック磁石を除いて、供試したいずれの素材についても距離90mmでの信号が最小閾値より大きく、フィードチェーン側面と挟やく桿上側に設置した磁心コイルを合わせることで、目標とする180mmの検出が可能であることを確認した。

検出可能なプラスチック磁石のうち、希土類系に比べてフェライト系磁石は安価であるものの、2.0×10.0mm 幅では手袋への貼付が困難だったため、これ以外で最も細い希土類系の 2.0×3.0mm のプラスチック磁石を貼付した手袋を試作した（図 10）。

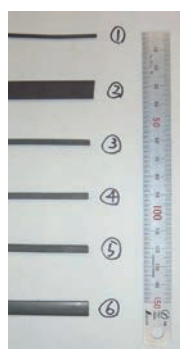


図 8 供試したプラスチック磁石

表 1 供試したプラスチック磁石の諸元
※①～⑥は、図 5 の番号と対応

磁石種類	断面の大きさ	表面磁束密度
① フェライト	1.6×2.0mm	23mT
② フェライト	2.0×10.0mm	34mT
③ 希土類	2.0×3.0mm	148mT
④ 希土類	2.0×3.5mm	175mT
⑤ 希土類	3.0×4.0mm	155mT
⑥ 希土類	2.6×8.0mm	132mT

◆①フェライト(1.6×2.0mm) □②フェライト(2.0×10.0mm)
 ▲③希土類(2.0×3.0mm) ×④希土類(2.0×3.5mm)
 *⑤希土類(3.0×4.0mm) ○⑥希土類(2.6×8.0mm)

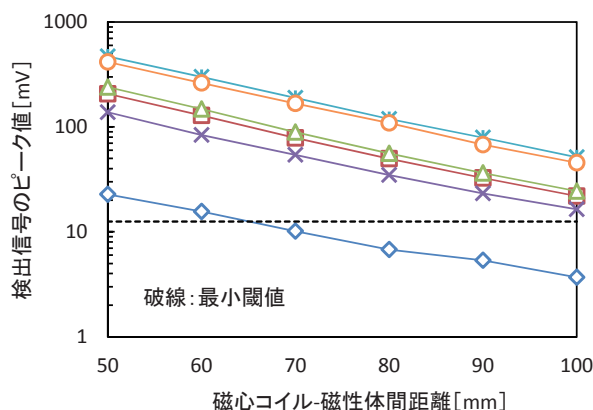


図 9 磁心コイルの検出信号とプラスチック磁石距離との関係



図 10 試作した検出用の手袋

5) 制御部と制御内容

磁心コイルからの出力信号は、微小電圧であり増幅が必要なことや、商用電源や振動によるノイズが混入するためこれらを除く必要がある。そこで、磁心コイルの信号にローパスフィルタを通すことでノイズを低減した後、計装アンプによって増幅を行い、マイコンに入力した。マイコンでは、電圧の測定及び閾値以上か否かの判定等の演算処理や、フィードチェーンやエンジンの停止といった制御を行った。なお、制御部の増幅率を最終的に約 1000 倍としたが、図 9 は増幅率が約 100 倍の時の測定結果のため、試作手袋に採用した 2.0×3.0mm の希土類系のプラスチック磁石について、1. 4) と同様に改めて測定し直した結果を図 11 に示す。

制御方法は、手こぎの作業性をできるだけ損なわないことを目指し、手袋が検出された場合、エンジンは停止せずにフィードチェーンのみ 2 秒間停止の後、再始動することとした。しかし、服等が引っかかって手が抜けられない場合は、再始動すると危険なため、再始動前に再度手袋の有無を確認し、手

袋がない場合は再始動、手袋が再び検出された場合は、エンジンを停止することとした。加えて、本技術は検出用の手袋を着用しないと効果を発揮しない。そこで、制御部が動作を開始してもフィードチェーンは始動しないこととし、手袋を磁心コイルに接近させ、手袋の着用が確認された場合にフィードチェーンが始動することとした。

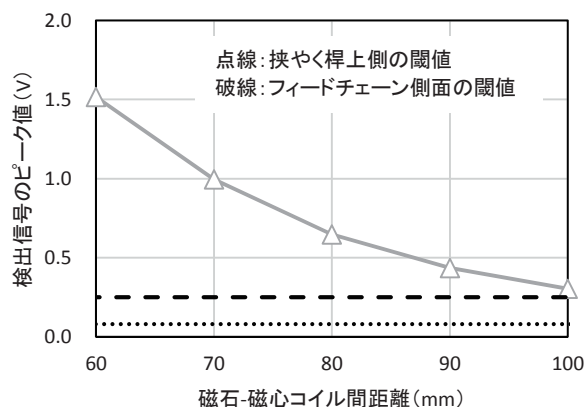


図 11 磁心コイルの検出信号とプラスチック磁石距離との関係（最終）

2. 手こぎ実作業試験による評価と改良

1) ムギによる手こぎ実作業試験と評価

1. の機能を組み込んだ緊プロ機を供試して、ムギの手こぎにおける実作業試験を、生研センター附属農場職員 3 名と研究員 2 名の被験者 5 名で行った。試験条件は、手袋有と無の試験区を設け、手袋有の試験区では、巻き込まれ部位への接近に応じて適正な停止をするか、手袋の検出が頻発しないか目視にて確認するとともに、試験終了後、手こぎ作業に支障はないか、手袋の使用感や、その他の改善点等について聞き取りを行った。また、これまで無負荷時のノイズの測定結果で評価していたため、手袋無の試験区では、実作業時にノイズの上昇要因がないか確認した。なお、手袋無の試験区を設けた理由は、手袋有の試験区では、手袋の接近による信号とノイズによる信号の区別ができないためである。加えて、手袋有無の両試験区を通して、フィードチェーンやエンジンの誤停止等の誤動作がないか確認した。供試したムギの条件は表 2 の通りとし、ムギの供給方法は各被験者が普段行っている作業と同じとした。

試験の結果、ノイズによる誤停止はなく、巻き込まれ部位への手の接近に応じてフィードチェーンが停止した（表 3）。聞き取りでは、概ね作業性は悪化しない旨の回答が得られた。なお、巻き込まれ部位近くに手を接近させて作業する傾向の被験者については、普段どおりとはいかず作業しにくくなるが、慣れれば許容できると回答した。その他改善点として、なぜフィードチェーンが停止したのかわかりにくい、できるだけエンジンは停止して欲しくないといった意見が挙げられた。手袋については、多くの被験者から、てのひら側に塗布した天然ゴムが硬く、作業しにくいという指摘があった。

表 2 ムギの実作業試験時のワラ条件（1 試験区あたり）

供給量	12kg(15m ² 相当)
手こぎ時間	2~5分程度
含水率	10%
草丈	72cm
品種	サトノソラ

表 3 ムギの実作業試験時の停止動作回数

被験者	FCのみ	エンジン停止
安全研A	0	1
安全研B	4	0
農場職員E	0	0
農場職員F	5	0
農場職員G	5	1

※FC: フィードチェーン

実作業中のノイズについては、各被験者で最大、最小値のばらつきが認められたものの、閾値の設定根拠となった標準偏差については、いずれもほぼ同じ値となった。しかし、初期電圧については、それぞれ差が見られ、全体的に初期電圧の2.5Vからオフセットする現象が認められた。加えて、試験前の動作確認中に巻き込まれ部位への接近前に、フィードチェーンが誤停止する現象が確認された。これらの原因は、周囲温度の変化によって初期電圧が設定値からドリフトしたためと考えられた(図12)。

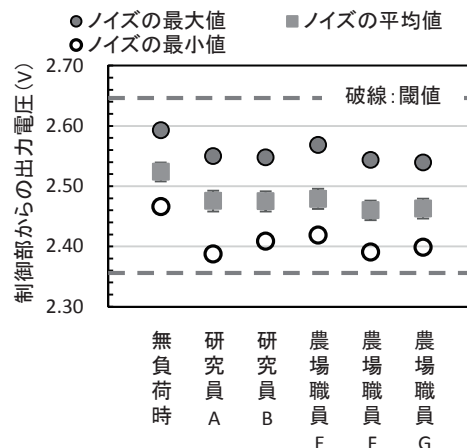


図12 無負荷時と手こぎ作業時のノイズ (ムギの手こぎ作業、フィードチェーン側面)

2) 実作業試験を踏まえた、制御部と手袋の改良

2. 1) の結果を踏まえ、制御部の改良は、手袋が検出されたことを知らせるため、フィードチェーンの停止と同時に、短く一度警報を鳴らすこととした。さらに、フィードチェーン再始動前に手袋が検出された場合、フィードチェーンの停止を維持しつつ2秒間警報を鳴らし、それでも手袋が検出された場合にエンジンが停止することとした。また、温度ドリフト対策として、制御部の動作開始直後に初期電圧を測定し、それを基準に相対的な閾値を設定することとした(図13)。

手袋の改良として、指先と手の甲側の手首付近については、磁石剥がれ防止のために天然ゴムを塗布し、この部分以外の手のひら側の天然ゴムの塗布を廃することで柔らかさを確保し、作業性の向上を図った(図14)。

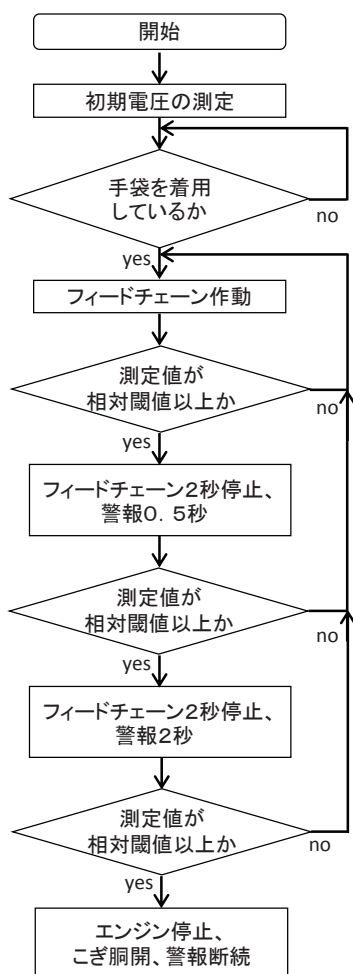


図13 主な制御の流れ



図14 改良した試作手袋

3) イネによる手こぎ実作業試験と評価

2. 2) の改良を加えて、イネの実作業試験を行った。被験者数は、附属農場職員3名と、研究員3名、兼業農家1名、学生1名の8名とし、その他の試験方法は、概ね2. 1) と同様とした(表4)。

その結果、ムギの試験と同様に良好に動作し、フィードチェーンの停止回数も少なく(表5)、概ね作業性の悪化がないとの意見だった。ノイズの標準偏差については、イネの試験においても無負荷とほぼ同様であった。また、温度ドリフトに合わせて初期電圧の測定が行われ、それに応じて、相対的な閾値が設定されていることを確認した(図15)。しかし、初期電圧測定時に手こぎ開始操作のために、磁心コイルに手を接近させたため、閾値の設定にずれが見られることもあった(図16 学生D)。手袋の作業性については、軍手とほぼ等しく作業しやすいといった意見が挙げられた。

改良点や問題点として、フィードチェーンの始動方法がわかりにくいので、手こぎ開始ボタンのようなものを設けるべきという意見が挙げられた。この改善策により、手こぎ動作の開始方法がわかりやすくなり、初期電圧測定時に磁心コイルに手を接近させないようにすることが可能となると考えられた。

表4 イネの実作業試験時の
ワラ条件(1試験区あたり)

供給量	18kg(10m ² 相当)
手こぎ時間	2~5分程度
含水率	51%
草丈	90cm
品種	朝の光

表5 イネの実作業試験時の停止動作回数

被験者	FCのみ	警告2秒までエンジン停止	
安全研A	0	0	0
安全研B	0	0	0
安全研C	1	0	0
学生D	3	0	0
農場職員E	1	0	0
農場職員F	1	0	0
農場職員G	0	0	1
兼業農家H	2	0	0

※FC: フィードチェーン

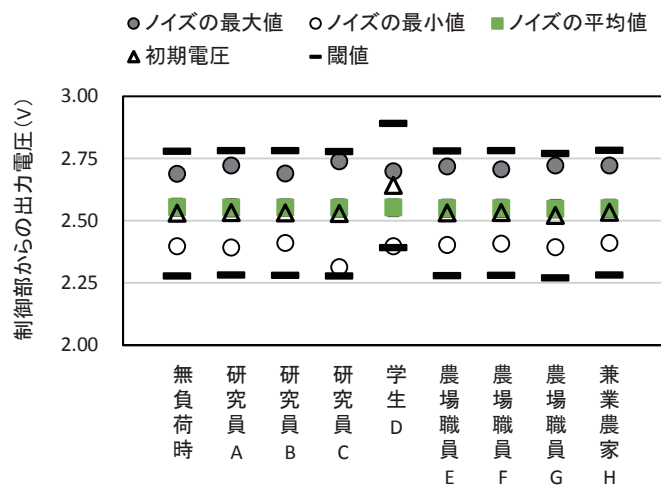


図15 無負荷時と手こぎ作業時のノイズ
(イネの手こぎ作業、フィードチェーン側面)

おわりに

以上のように、磁性体を付加した手袋を磁気センサにより検出することで、自脱コンバインの手こぎ作業時における巻き込まれ事故を未然に防止する技術を開発した。

ここで紹介した技術の留意点として、磁石を使用した技術のため、心臓ペースメーカーや機械式時計など磁気に弱い精密機器に影響があり、使用を避ける必要がある。また、作業中の手の検出を前提としており、適用したセンサの原理上、静止した手は検出できない。

本技術は、緊プロ機への搭載を前提としており、従来の市販機では十分な効果を発揮することができない。従って、まずは緊プロ機の普及が重要となる。その上で、将来的には本技術のような事故の未然防止技術が、農業機械においてもより積極的に導入されることが望ましく、今後も情報発信に努めるとともに、他機種への適用可否についても引き続き検討を行いたいと考えている。

謝辞

磁気センサの評価においては、東京農業大学の河希明氏と、先行研究で東京農工大学の井口有紗氏のご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 志藤ら、自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置、平成 23 年度試験研究成績（生研センター）、55-66
- 2) 志藤ら、自脱コンバインの手こぎ部の緊急即時停止装置、平成 25 年度生研センター研究報告会資料（生研センター）、41-51
- 3) 岡田ら、巻き込まれ事故防止のための作業判別技術の開発、平成 22 年度試験研究成績（生研センター）、7-18
- 4) 岡田ら、巻き込まれ事故防止のための作業判別技術の開発、平成 23 年度試験研究成績（生研センター）、1-10
- 5) 岡田ら、巻き込まれ事故防止のための作業判別技術の開発、平成 24 年度試験研究成績（生研センター）、1-10

ナガイモの種イモ切断装置の開発

園芸工学研究部 大森弘美、千葉大基、八谷 満（現評価試験部）
共同研究実施会社 三菱マヒンドラ農機株式会社 五十嵐正和
帯広畜産大学 姜 興起

はじめに	28
1. 種イモ切断作業の現状と開発目標	28
2. 開発機の概要	29
1) 形状推定モデル	29
2) 切断装置の構成と動作	30
3. 開発機の性能	31
1) 切り分け精度	31
2) 作業能率	31
おわりに	32
参考文献	32

はじめに

ナガイモの原産地は、中国南部から日本を含めた極東地域とされ、ヤマノイモ属のなかでは比較的低温性で、北海道や東北、中部高冷地などの寒冷地に多く栽培されており¹⁾、作付面積および収穫量は、北海道と青森県だけで全国の8割以上を占める²⁾。

ナガイモは蔓性の多年草で、雌雄異株であるが、栽培のナガイモはほとんどが雄である。8月頃に開花するが結実しないため、種イモには、蔓の葉腋に着生するむかごを育てた子イモ（1年子、2年子）か、ナガイモをカットした切りイモが用いられる。子イモは、種イモにするまで1～2年間の養成期間が必要で、種イモとしての大きさを揃えにくく、切りイモは、切り口からの腐敗や不発芽の心配はあるが、種イモの大きさを揃えやすい³⁾。北海道では切りイモ、青森県では子イモを利用することが多い¹⁾。切りイモの場合、種子消毒や種イモ切断・消毒等の種イモ準備作業は手作業で行われており、ナガイモ栽培の所要労働時間（約100h/10a・人）の約3割を占める⁴⁾。種苗代が高いため、作付け規模に合った適正な量で、無駄なく均一な質量で切断することが生産コストを削減し、収量性を高めることから、当該作業の機械化のニーズが高くなっている。そこで、ナガイモの切断作業の効率化を図るため、切断装置の開発を行ったので、その概要を報告する。

1. 種イモ切断作業の現状と開発目標

まず、切断装置に求められる性能を把握するため、北海道における種イモ生産の現状について調査を行った。

ナガイモは切断部位ごとに首部、肩部、胴部、尻部に分けられる（図1）。首部は25mm程度の太さ部分で切り落とされ、残った部分を質量の基準値に沿って切断され、種イモとして用いられている。肩部は、胴部や尻部に比べて催芽過程や植付け後の生育が旺盛なため、切断後は、胴・尻部と仕分けして行われる。慣行の手作業では、ナガイモを包丁で首部を切断した後、肩部および胴・尻部を順次切断し、部位ごとに消石灰で消毒される（図2）。質量の基準値は、生産者により異なったものの、肩部が70～100g、胴・尻部が120～140gの範囲であり、切り分けした種イモの平均質量は何れの部位も概ね基準値に近似した（図3）。また、慣行の切断作業は3～7人の組作業により行われ、1日当たりの処理量は400～500kg/人であった。2人組作業を想定した機械化に向けては、1日当たり1.0～1.3t/人と慣行の2倍の処理量が要望された。そこで、切断装置の開発目標は、切り分け精度は慣行手作業と同等で、1日当たりの処理量は1.0t/人以上とした。

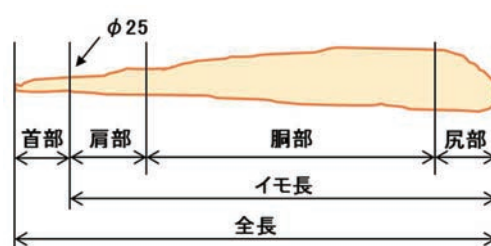
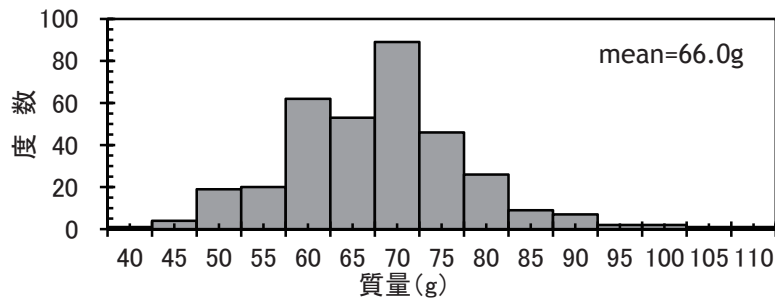


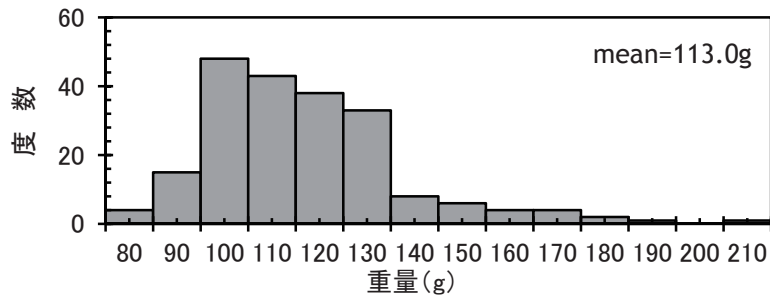
図1 ナガイモの切断部位



図2 慣行の種イモ準備作業の流れ



(a) 肩部 (基準値 70g)



(b) 胴・尻部 (基準値 120g)

図3 慣行の切り分け精度調査結果の一例 (北海道河西郡芽室町生産者)

2. 開発機の概要

開発当初の切断装置は、ナガイモの首部切断後、ロードセルによるナガイモの質量測定、透過型光電センサでグリッドを構成したゲートを通過させながら得た断面積を積分して体積の算出、部位ごとの切断位置の算出、肩部から順次切断という流れで行った⁵⁾。しかし、光電センサによるスキャニングでは、断面積およびイモ長 (約φ25mmの肩部から尻部先端までの長さ) の測定に時間を要し、併せてナガイモ表面のひげ根により正確な測定が困難な場面が散見された。そこで、前記目標達成のためには、処理速度の向上が必要であったため、イモ長と外径からナガイモの形状を推定する統計モデルを開発し、このモデルを組み込んだ切断装置を開発することとした。なお、対象とするナガイモは、全長300~650mm、外径70mmまでとした。

1) 形状推定モデル

モデル構築に際し、111本のナガイモを供試してイモ長 (274~650mm (平均452mm))、25mmピッチの外径および質量 (319~1520g (平均783g)) を測定した。なお、曲率の大きい尻部においてはその60mm近傍を5~10mmピッチで外径を測定した。これをもとに、刻み j における直径 d_j を導出する任意の2ヶ所の外径測定位置 $D(x)$ と $D(z)$ による以下の2変数回帰モデルを構築し、刻み j ごとの外径の推定を行うものとした (表1)。

$$d_j(x, z) = a_j + b_j \cdot D(x) + c_j \cdot D(z)$$

ただし、 $j=1, 2, 3, \dots, 98, 99, 100$ とする。

表1 2変数回帰法による形状推定モデル

位置	切片 (a_j)	係数1 (b_j)	係数2 (c_j)
1	25.17254	-0.00722	0.006144
2	24.36244	-0.01345	0.058878
3	23.54699	-0.01967	0.111224
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮
98	27.27216	0.54586	-0.41077
99	28.21009	0.50272	-0.44119
100	29.19392	0.45833	-0.47364

$D(x)$ と $D(z)$ は、約φ25mmの肩部から255mmと105mmとすることで、ナガイモの形状の推定が可能で、様々なナガイモを供試し、ナガイモの形状の実測値と本モデルによる推定値を比較した結果、概ね適正な結果が得られた(図4)。

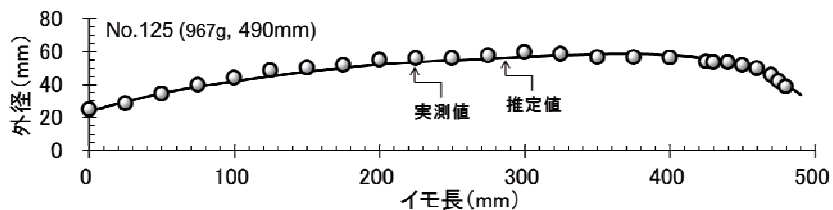


図4 外径の実測値と形状推定モデルによる推定値の検証結果例

2) 切断装置の構成と動作

切断装置は、ナガイモを載せる受け皿を有するチェーン搬送式の供給部、レーザーセンサによりイモ長と外径を測る計測部、スチール線(φ0.5mm)の切断刃と押切板で押し切る切断部、平ベルトコンベアにより切断後の種イモを送る搬出部、パソコンによる制御部で構成した(図5、表2)。ナガイモ搬送用の受け皿は10枚である。切断刃は10本あり、1本が固定で、残り9本が可動する機構となっており、可動刃は形状推定モデルにより算出された位置にアクチュエータによって配置され、使用しない刃がある場合は、切断しない位置に配置される。また、搬出コンベアの位置を調整することで、肩部と胴・尻部に仕分けることができる構造となっている。なお、装置の動作には、エアコンプレッサーが必要である。

表2 切断装置の主要諸元

大きさ	L1,000×W1,550×H1,840mm
質量	200kg
供給部	搬送用受け皿10枚
計測部	レーザーセンサによりイモ長と2ヶ所の外径を測定
切断部	切断刃10本(固定刃1本、可動刃9本) 押切板大きさ：L820×W100mm
搬出部	平ベルトコンベア(L1300×W100mm)
制御部	パソコン(装置の設定・作動、データ保存など)
電源	100V
その他	コンプレッサー(40L/min、0.5MPa以上)が必要

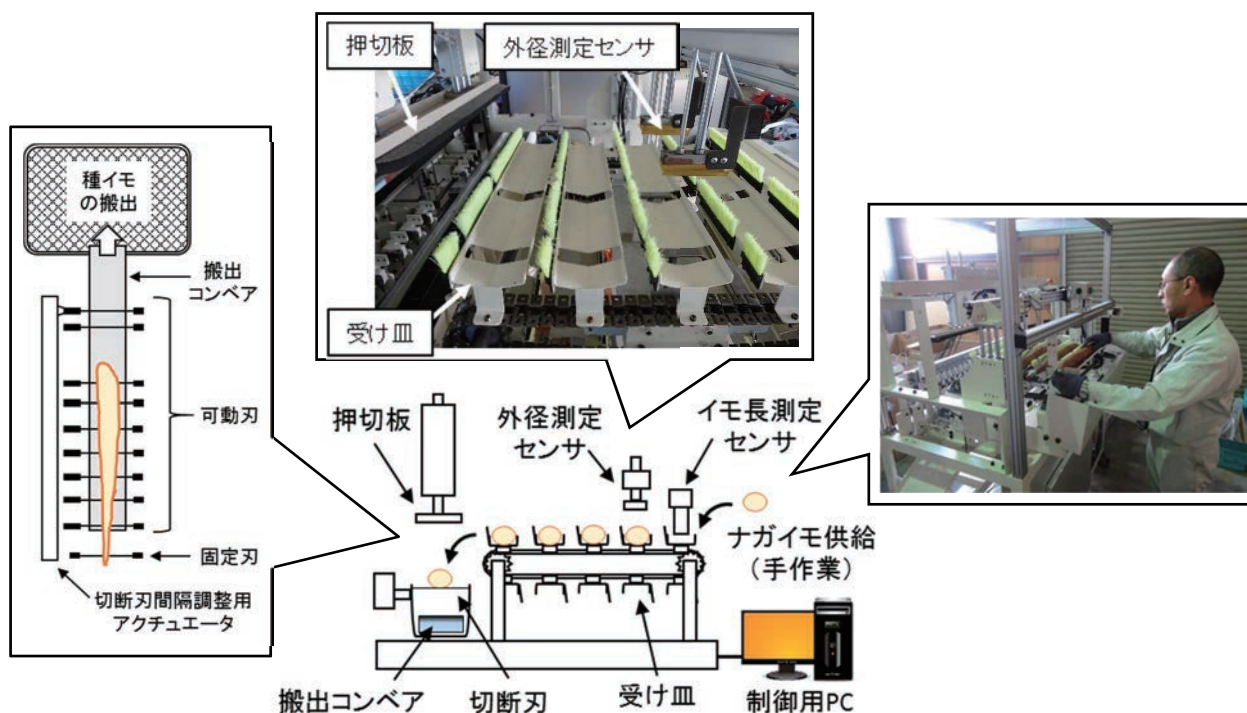


図5 切断装置の概要図

作業時は、作業者が受け皿にナガイモを供給し（図5）、イモ長測定センサでイモ長を測定すると、受け皿の搬送が開始される。次に、外径測定センサで外径が測定され、制御部で形状推定モデルに基づく切断刃の位置が計算される。切断刃の配置が完了すると、受け皿に載ったナガイモが切断刃上に転動すると同時に押切板が下降し、ナガイモが一度に切り分けられる（図6）。そして、切り分けた種イモ切片は、コンベアにより機外へ搬出され、コンテナに収容される。



図6 切り分けたナガイモの一例

3. 開発機の性能

種イモの質量を肩部 70g、胴・尻部 120g に設定し、ナガイモ「十勝選抜系統」を供試して切り分け精度および作業能率を調査した結果、以下のとおり、それぞれの目標を達成できた。

1) 切り分け精度

精度試験では、ナガイモ 20 本（全長 313～556mm（平均 471mm）、質量 419～1335g（平均 901g））を供試し、切断装置でナガイモを切り分けた後の種イモ切片全ての質量を測定した。その結果、種イモ切片の平均質量は、肩部が約 73g、胴・尻部が約 121g であり、切り分け精度は熟練者の慣行手作業（図3）と同等であった（表3）。

表3 慣行と切断装置の切り分け精度

	肩部(g)	胴・尻部(g)
設定質量	70	120
切断装置 ^{注1)}	72.7±14.2	120.7±21.6
慣行 ^{注2)}	66.0±10.2	113.0±20.7

注1) 肩部n=20、胴・尻部n=134

注2) 北海道河西郡芽室町生産者調査結果

2) 作業能率

能率試験では、ナガイモ約 40 本（全長 318～575mm（平均 465mm）、質量 435～1193g（平均 753g））を供試し、ナガイモの供給から切断完了までの処理速度を測定した。それをもとに、1本当たりの所要時間、1時間当たりの処理能率、1日当たりの処理量を算出した。その結果、処理速度は 9.5s/本で、処理能率は約 380 本/h であり、ナガイモの平均質量が 750～900g、切断装置の稼働時間が 7h/日の時、処理量は 2.0～2.4t/日であった。1人がナガイモの供給を行い、もう1人がナガイモの供給準備や切断した種イモの次工程への運搬等を行う2人組作業の場合、作業能率は、慣行手作業（400～500kg/人・日）の約2倍であった（図7）。なお、測定値および分割数がパソコンに保存されるため、切断した種イモ数等が分かり、準備する種イモの切片数の目安として利用できる。

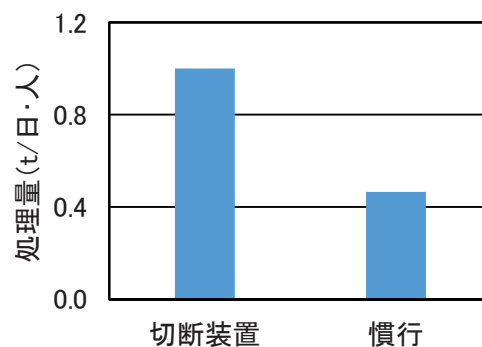


図7 慣行と切断装置の作業能率

おわりに

海外への輸出生鮮野菜の重点品目として、ナガイモやカンショ、イチゴなどが挙げられているが、そのなかでナガイモは、生鮮野菜の輸出額の約9割を占めている⁶⁾。北海道においてナガイモの輸出が本格的に始まったのが2000年で、輸出量、販売額とも年々増加傾向にあり、2000年と2013年を比較すると、輸出額は5倍以上に伸びている⁷⁾。ナガイモは我が国の農産物輸出の中で稀有な成功事例の一つであり、生産現場においても高収益輸作物として位置づけられている。今後、開発機がナガイモ生産の省力化に貢献できることを期待している。

なお、本装置は、共同開発メーカーから平成28年度に市販化の予定である。本装置の開発にあたり、北海道立総合研究機構十勝農業試験場の方々に多大なご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 菊池昌彦, 2003. ヤマノイモ, 新版そ菜園芸. 社団法人全国農業改良普及協会, 453-457.
- 2) 農林水産省大臣官房統計部, 2013. 平成24年産野菜生産出荷統計.
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001115571>.
- 3) (株)秀農業経営コンサルタント, 2015. ナガイモの栽培
<http://www.hidefmc.com/technical/sakumoku/nagaimo/nagaimo.html>
- 4) 北海道農政部, 2013. ながいも, 北海道農業生産技術体系(第4版). 北海道農業改良普及協会, 182-185.
- 5) 生研センター, 2012. 平成23年度生研センター事業報告
- 6) 農林水産省, 2013. 農林水産物・食品の国別・品目別輸出戦略.
<http://www.maff.go.jp/e/export/kikaku/pdf/senryakuhontai.pdf>
- 7) 函館税関, 2014. 野菜(ながいも)の輸出.
<http://www.customs.go.jp/hakodate/12toukei/06topics/nagaimo-140220.pdf>

加工用ハクサイ収穫技術の開発

園芸工学研究部 原田一郎、塚本茂善、李昇圭、宮崎昌宏
深山大介（現中央農業総合研究センター）
青木循（現農林水産省）

共同研究実施会社 ヤンマー（株）、オサダ農機（株）

はじめに	34
1. キャベツ収穫機の高サイ収穫への適用性	34
2. アタッチメント構造の検討	35
3. 開発した高サイ刈取アタッチメントの概要	36
4. 高サイ刈取アタッチメントの性能	37
おわりに	39
参考文献	40

はじめに

近年、主要野菜の加工・業務用の出荷割合が増加傾向にあり、加工・業務用野菜作の新規導入や規模拡大を進める産地が増加している。ハクサイでは2010年の全生産量89万tのうち、52%が加工・業務用途である。ハクサイの出荷形態は段ボール箱によるものが大半であるが、一部産地では出荷に要する労力と経費の削減のため、加工用ハクサイの大型コンテナによる出荷が行われている(図1)。また、ハクサイ生産においては全労働時間のうち収穫作業が30%近くを占めているが、収穫は一般に腰を屈めての手作業で行われており、重量野菜であるため重労働である。

加工・業務用キャベツについては、機上選別・調製と大型コンテナ収容を特徴とする新型キャベツ収穫機(図2)が市販化され、産地への導入が進みつつあるが、ハクサイ生産者からは新型キャベツ収穫機のハクサイ収穫への汎用利用が要望されている。

以上の背景を踏まえ、生研センターでは、2013年(平成25年度)より加工用ハクサイ収穫技術の開発に取り組み、新型キャベツ収穫機を汎用利用して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、ほ場試験を行って性能を確認したので、その概要を報告する。

1. キャベツ収穫機のハクサイ収穫への適用性

開発に先立ち、新型キャベツ収穫機のハクサイへの適用性を検討した。新型キャベツ収穫機には挟持刈取機構と呼ばれる、根部を挟持して引き抜き、搬送、根部の切断を行う構造が用いられているが、この方式がハクサイ収穫に適用可能かどうか、ほ場でのハクサイ収穫を行い、確認した。その結果、根部をつかんでの引き抜き、荷台への搬送、搬送中の根部の切断は概ね可能であったが、引き抜き時や搬送過程において、ハクサイの転倒による根部切断ミスや、転倒による搬送部からの離脱が発生する場合があった(図3)。そこで、搬送時の転倒や離脱を防止し、適切な姿勢での搬送を可能とするため、新型キャベツ収穫機の刈取部に装着するハクサイ収穫用のアタッチメントの開発に着手した。



図1 加工用ハクサイの大型コンテナ出荷



図2 新型キャベツ収穫機



(a) 転倒



(b) 搬送部からの離脱

図3 キャベツ収穫機を用いたハクサイ収穫における問題点

2. アタッチメント構造の検討

新型キャベツ収穫機による収穫の流れは、①掻込みホイールにより根部を挟持して引き抜き、②根茎部挟持ベルトにより根部を挟持して搬送、③根茎部挟持ベルト上方において結球部挟持ベルトにより結球部を挟持して搬送、④切断刃により根部を切断、⑤調製作業部で作業者がコンテナへ収容、という順に行われる。ハクサイ収穫で問題となる転倒は、掻込みホイールでの引き抜き時と、結球部挟持ベルトへ受け渡す前の搬送中に発生するため、この区間でもハクサイを適切に支持する必要がある。

そこで、引き抜き時及び搬送中の転倒、離脱を防止するためのアタッチメントとして、円盤方式と長円方式の2種類の姿勢保持機構を試作した。円盤方式は掻き込みホイールに軸を取り付け、軸上方にスポンジ状の円盤を取り付けた構造で、掻き込みディスクと共に回転し、左右から挟持することで引き抜き時のハクサイの転倒を防止する(図4)。長円方式は、掻き込みホイールと根茎部挟持ベルト上方に、モータにより駆動されるVベルトを取り付けた構造で、引き抜き時から結球部挟持ベルトへ受け渡す区間までハクサイを挟持し、支持し続ける(図5)。これら2種類の姿勢保持機構の性能をほ場試験において確認したところ、いずれの方式においても離脱による未搬送の発生を防ぐことが可能であり、切断精度については長円方式がより優れていた(表1)。そこでハクサイ収穫用アタッチメント(以下、ハクサイ刈取アタッチメントと呼ぶ)には長円方式と同様の構造を採用することとした。

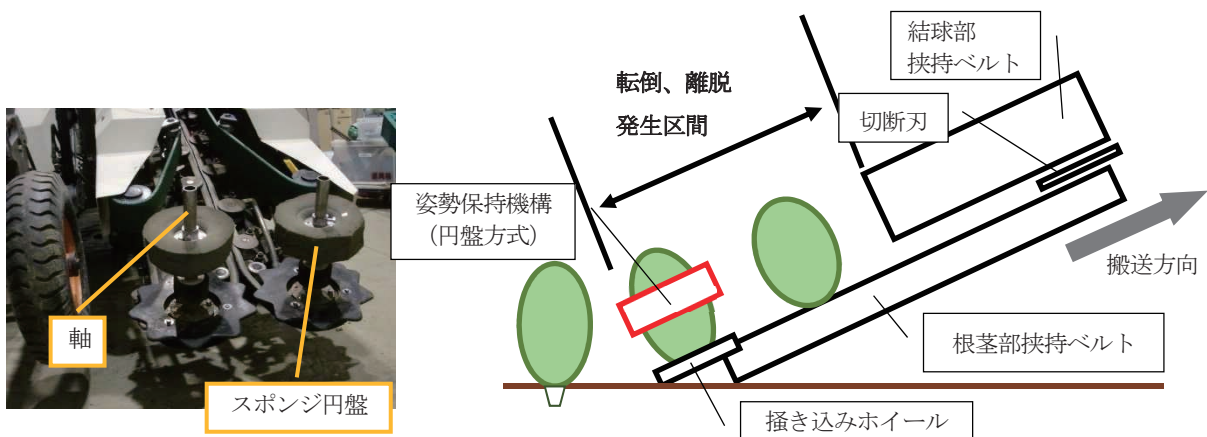


図4 姿勢保持機構 円盤方式

(左図は取り付け状態。右図中黒線はキャベツ収穫機刈取部)

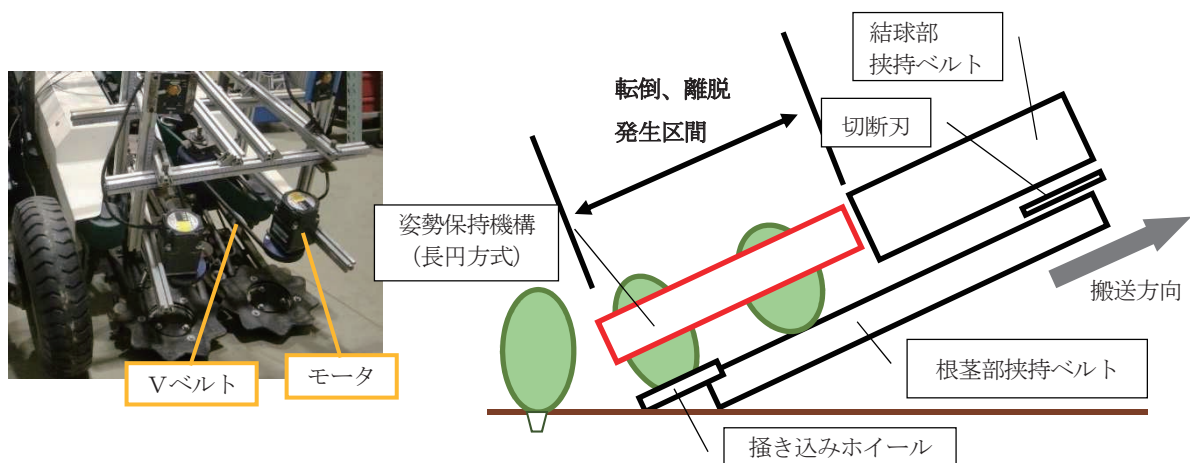


図5 姿勢保持機構（長円方式）

（左図は取り付けけた状態。右図中黒線はキャベツ収穫機刈取部）

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(mm)	刈取状況(%)					外葉枚数(枚)
				適切リ ^{*2}	結球部斜切り ^{*3}	結球部 ^{*4} 深切り	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	信州大福	15	35	66.7	20.0	6.7	6.7	0.0	4.7
長円	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 切断刃前方の根茎部挟持ベルト部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

3. 開発したハクサイ刈取アタッチメントの概要

長円方式の姿勢保持機構について、新型キャベツ収穫機への実装方法を検討し、実用的な構造のハクサイ刈取アタッチメントを新たに試作した。アタッチメントは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により装着される（図6、7、表2）。キャベツ収穫機の構造を変えることなく後付け可能で、脱着が容易な構造である。ハクサイの姿勢保持はVベルトによる挟持により行われる。Vベルトは結球部挟持ベルト部の前端プーリによって駆動されるため新たな動力が不要で、結球部挟持ベルトと同速となっており、円滑な受け渡しが可能である。また、アタッチメント前端の取り込み部挟持幅は止めネジにより調節可能で、ハの字状に閉じた後方部分がバネにより開閉し、ハクサイの大きさに合わせた挟持・搬送が可能である。

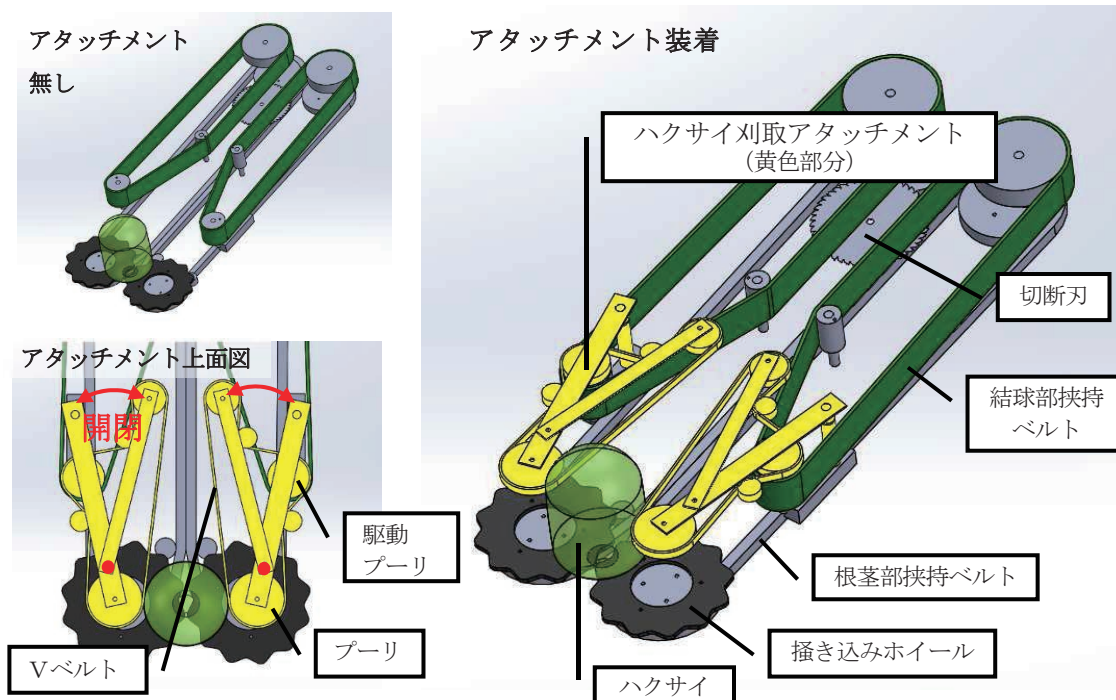


図6 ハクサイ刈取アタッチメント概略図



図7 ハクサイ刈取アタッチメント

* 試験のため一部カバーは未装着

表2 アタッチメント諸元

姿勢保持方式	全長	ベルト挟持
寸法 (mm)	280	600
	全幅*	280
	全高	240
質量 (kg)*	7.8	
適用挟持幅 (mm)	約 160 ~ 230	
駆動方式	Vベルト (幅 16.5mm)	

* 片側
左右装着時全幅700mm

4. ハクサイ刈取アタッチメントの性能

1) 作業精度

試作したハクサイ刈取アタッチメントの性能を調査するため、茨城県の生産者ほ場、生研センター附属農場においてキャベツ収穫機によるハクサイ収穫試験を行った(表3)。調査項目はアタッチメント装着の有無での搬送性能、アタッチメント装着時の切断精度及び残り外葉枚数とした。なお、生研センター附属農場ではアタッチメント装着時の切断刃高さ(根茎部挟持ベルト部テンションプーリ上面からの高さ)を2種類設定し試験を行った。また、切断精度は搬送できた球のうち、結球部に損傷のなかった球の割合とした。

試験の結果、アタッチメント装着により、未搬送の割合が茨城で 13%から 1%に、生研センター附属農場では 98%から 1%にそれぞれ減少した(図 8)。アタッチメント装着時の切断精度は茨城では 91% (切断刃高さ 33mm、残り外葉枚数 4.9 枚)、生研センター附属農場では切断刃高さ 37mm で 69% (残り外葉枚数 3.1 枚)、32mm で 93% (残り外葉枚数 5.2 枚) であり、残り外葉枚数 5 枚程度の場合に約 9 割を結球部に傷無く収穫可能であった(図 9)。よって、切断刃を高く設定して残り外葉枚数を減らし、そのまま出荷できることを狙う場合、損傷球の割合が増えると考えられた。以上の結果から、アタッチメントを利用したハクサイ収穫においては、収穫後に包丁等を用いた再調製(切り直し)を行う必要がある。

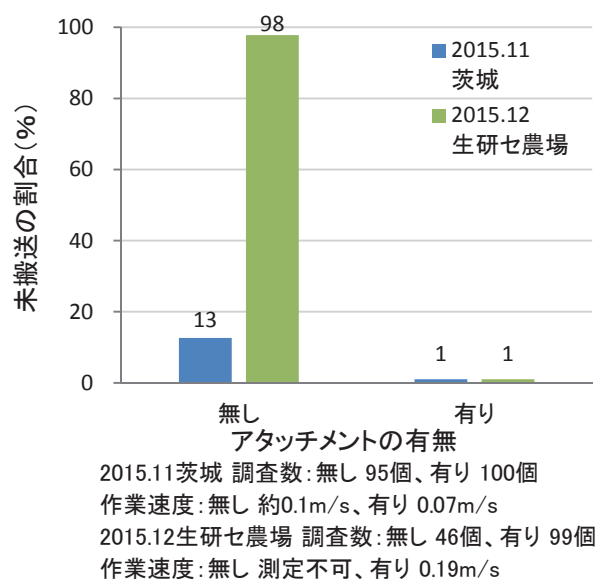


図 8 アタッチメントによる未搬送低減効果

表 3 ほ場、作物条件

試験地	茨城県	生研センター 附属農場
実施時期	2015.11	2015.12
ほ場条件 *1		
畝幅×株間(cm)	60×44	60×42
土性	黒ボク土	灰色低地土
品種	秋の祭典	黄ごころ85
作物条件 *2		
結球質量(kg)	1.9±0.3	3.2±0.4
結球直径(cm)	15	16
結球高さ(cm)	27	31

*1 ほ場はいずれも1畝1条、マルチ無し
*2 作物条件の調査数は各20個
*3 調製後(外葉を全て取り除いた状態)

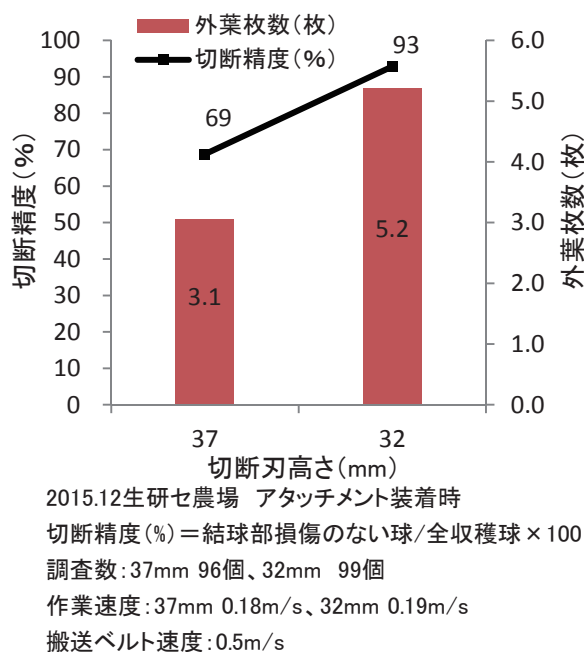


図 9 切断刃高さと切断精度、残り外葉枚数

2) 作業能率

生研センター附属農場（収穫試験と同一のほ場・作物条件）において、アタッチメントを装着したキャベツ収穫機によるハクサイ収穫作業の作業能率を調査した。作業は収穫機オペレータ1名、機上作業員1名、フォークリフト1名の計3名で行い、収穫機によって収穫、コンテナへ収容した後、別途機上以外の場所での再調製（手作業による包丁での切り直し）を行った際の所要時間を測定した（収穫・調製数52個）。そして、一連の所要時間から、連続収穫作業を想定した場合の投下労働時間を算出し、慣行手収穫作業の投下労働時間と比較した。なお、慣行作業については茨城県の生産者ほ場で調査した。比較の結果、アタッチメント利用時のハクサイ収穫において、作業速度0.2m/sでの投下労働時間は41.3人・時/10aとなり、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4）。

表4 作業能率

	作業人数 (人)	作業速度 (m/s)	作業内訳(%)				ほ場作業量 (a/h)	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	0.7	41.3
慣行* ²	5	—	—	—	—	—	1.3	38.0

*1 畝幅60cm×株間42cm、畝長44.5m、1畝1条、両端の畝を順次往復収穫、ほ場脇での再調製（手作業）を想定
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

*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

おわりに

以上述べてきたように、新型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、現地等での試験を通して開発機の性能を明らかにした。開発したアタッチメントによりキャベツ収穫機の加工用ハクサイへの汎用利用が可能となり、収穫機の稼働時間の増加や、大型コンテナ利用による出荷労力・経費の削減に貢献できると期待される。また、ほ場では収穫作業のみを行い、再調製作業は室内で行うといった作業の切り分けにも利用が可能であると考えられる。本アタッチメントは市販化の予定である。

なお、今回の開発では、ヤンマー株式会社、オサダ農機株式会社に多大なご協力を頂いた。また、現地調査、試験にあたっては、ハクサイ生産者や農業協同組合、長野県野菜花き試験場、鹿児島県農業開発総合センター、茨城県農業総合センターから多大なご協力とご助言を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 小林茂典：野菜の用途別需要の動向と対応課題．農林水産政策研究所研究報告会資料、
www.maff.go.jp/primaff/meeting/kaisai/pdf/120306.pdf、2012
- 2) 農水省生産局園芸作物課：今後の野菜の生産と流通をめぐる課題、指定野菜需給見通し検討委員会資料、2012
- 3) 農林水産省大臣官房統計部：品目別経営統計、2007
- 4) 弓野功：茨城県におけるハクサイ栽培の機械化の現状、農業機械学会誌、72(3)、211-215、2010
- 5) 深山大介ら：新型キャベツ収穫機の開発、平成 24 年度生研センター研究報告会資料、59-66、2012
- 6) 原田ら：加工用ハクサイ収穫技術の開発－キャベツ収穫機のハクサイ収穫への適応性の検討－、第 51 回農食工学会関東支部講演要旨、50-51、2015
- 7) 原田ら：加工用ハクサイ収穫技術の開発－姿勢保持機構の試作と性能確認－、農業環境工学関連学会 2015 合同大会講演要旨、CD-ROM、2015

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
得て下さい。

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 生研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
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 3 月 10 日