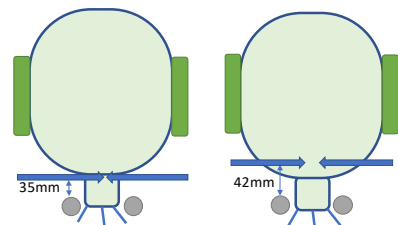


委託試験成績（令和7年度）

担当機関名 部・室名	鹿児島県農業開発総合センター 園芸作物部 農機研究室											
実施期間	令和6年度～令和7年度、継続											
大課題名	Ⅱ 高品質・高付加価値農産物の生産・供給技術の確立											
課題名	加工・業務用ハクサイの機械収穫技術の確立											
目的	ハクサイ収穫作業は多労を極め、現在収穫機（HH1400）が実用化されているが、作型によっては適応性が低い品種がある。そこで、収穫機を導入するために必要な技術的課題について、機械的側面と栽培的側面から解決を図り、加工・業務用ハクサイ機械収穫技術を確立する。											
担当者名	主任研究員 橋口太亮、室長 重水 剛											
圃場の所在地 組織名	鹿児島県曾於市大隅町荒谷 株式会社 吉川農園											
組織の経営概要	農産物販売（さつまいも 20ha、白菜 10ha、ごぼう 2 ha、人参 7 ha、キャベツ 5 ha）、加工品販売（冷凍やきいも）											
<p>1. 実証場所 株式会社 吉川農園（鹿児島県曾於市大隅町）</p> <p>2. 実証方法 前年度までにハクサイ収穫機の切断位置による影響について確認。 今年度は現地圃場での加工・業務用ハクサイの適応性を確認する。</p> <p>(1) 供試機械名 はくさい収穫機 HH1400</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件 腐植質普通黒ボク土</p> <p>イ. 栽培等の概要</p> <p>品種名 「きらぼし90」、「結福」</p> <p>播種期 令和7年9月上旬</p> <p>移植期 令和7年10月6日</p> <p>収穫期 令和8年1月13日</p> <p>栽植様式 畝幅60cm、株間30cm（5,500株/10a）</p> <p>ウ. 試験区の構成</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>品種</th> <th>形状</th> <th>切断位置</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">きらぼし90</td> <td rowspan="2">円筒型</td> <td>浅切35mm</td> </tr> <tr> <td>深切42mm</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">結福</td> <td rowspan="2">砲弾型</td> <td>浅切35mm</td> </tr> <tr> <td>深切42mm</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  <p style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <span>浅切 35mm</span> <span>深切 42mm</span> </p> </div> <p style="text-align: center;">図1 ハクサイ切断位置（ガイドバーから切断刃までの距離）</p> <p>エ. 調査項目</p> <p>収穫前ハクサイ性状調査 : 全高、全幅、全重、結球高、結球幅、結球重、 茎部径、外葉数、引抜抵抗</p> <p>収穫後調査 : 結球重、結球高、結球幅、 損傷有無、土付着有無</p>		品種	形状	切断位置	きらぼし90	円筒型	浅切35mm	深切42mm	結福	砲弾型	浅切35mm	深切42mm
品種	形状	切断位置										
きらぼし90	円筒型	浅切35mm										
		深切42mm										
結福	砲弾型	浅切35mm										
		深切42mm										

### 3. 試験結果

#### (1) はくさい収穫機 HH1400 の概要

はくさい収穫機 HH1400 (写真1) は、搬送部先端に取付けられた掘取り刃 (写真2) がハクサイの根を切り浮かせ、上部の挟持ベルトで左右から結球部を挟持し、さらに茎部を下部搬送ベルトで挟持して後方に搬送する。搬送時に上下のベルト速度差でハクサイの姿勢を制御しながら、搬送中に茎部を1対の回転刃で切断する (写真3)。搬送ベルトから、選別コンベアに落下したハクサイは作業者により基部を切り揃えられ、外葉を除去され、機体後部に搭載された鉄コンテナに人力で収納される。鉄コンテナの有効容積が充填された時点で、収穫機はローダの場所まで戻り、ローダに装着したパレットフォークなどで鉄コンテナを降ろし、鉄コンテナの入れ替えを行う。

作業は、オペレータ1名、ハクサイ調製3名、運搬1名で行う。

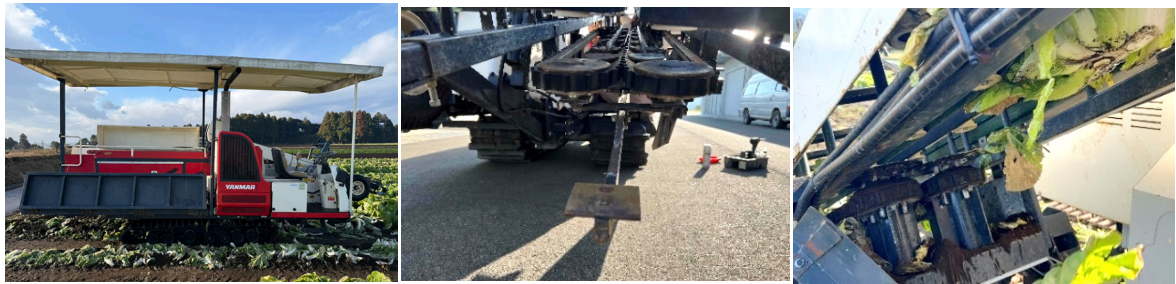


写真1 はくさい収穫機 HH1400 写真2 先端掘取り刃 写真3 基部切断刃

表1 ヤンマーはくさい収穫機 HH1400 主要諸元

機体寸法	全長 (作業時) × 全幅 (作業時) × 全高 (mm)	5700 (5750) × 2160 (2610) × 2750
機体質量 (重量) (kg)		2600
エンジン	型式名	3TNV86CT
走行部	種類	水冷4サイクル 3気筒立形ディーゼル
	総排気量 (L {cc})	1.568 {1568}
	出力/回転速度 (kW {PS} /rpm)	29.3 {39.8} /2800
	クローラ幅×接地長 (mm) ・ 中心距離 (mm)	500×1726・1075
	走行速度 (m/秒)	低速: 0~0.78、標準: 0~1.44、 走行: 0~2.70
刈取部	刈取条数 (条)、適応条間 (mm)	1 600以上
切断部	茎葉切断方式	回転刃 (2枚)
荷受部	適応コンテナ最大積載量 (kg)	鉄枠コンテナ (2基) 800
	補助者人数 (人)	最大3 (180kg)

## (2) 生育期の気象条件

平均気温は生育期前半である10月5半旬まで平年を平均3.9℃上回り、11月に入り平年との差が縮小し、11月4半旬から12月2半旬まで平年を平均0.5℃下回り、12月3半旬から5半旬までは平年を平均2.8℃上回る状況であった(図2)。特に気温差が顕著であったのが、10月3半旬は最高気温が6.4℃高く、最低気温も5.4℃高く、12月5半旬は最高気温が3.9℃高く、最低気温も4.6℃高い状況であった。

降水量は半旬ごとで差が大きく、10月、11月、12月の平均降雨量は平年比50%台であった。局所的には10月5半旬が平年比179%、11月2半旬から3半旬が平年比124%と125%、12月3半旬が平年比132%であった。

日照は、10月と11月が平年並みで、12月が約2割長い日照であった。気温が下がっていった11月の1半旬から3半旬までは平年比76%と寡照であった。

## (3) 畝と苗性状

ア. 畝形状は、畝肩幅32.5cm、畝裾幅48.1cm、畝高13.7cm、畝幅59.8cmであった(表2)。

イ. 通路幅は、12.2cm、株間は30.1cmであった(表2)。

ウ. 移植時の苗性状は、「きらぼし90」が草丈68mm、葉長45mm、葉数4.3枚であり、「結福」が草丈69mm、葉長48mm、葉数3.9枚であった(表3)。

## (4) 移植62日後の生育状況

病害虫の影響もなく順調で、令和7年12月4日の円筒型の「きらぼし90」が葉長47.1cm、葉幅33.8cmであり、砲弾型の「結福」が葉長50.1cm、葉幅34.6cmで「結福」の葉長は「きらぼし90」と比較して大きい状況であった(表4)。

## (5) 移植95日後の収穫前ハクサイ性状

ア. ハクサイ形状の違いによる収穫機への適応性検討のため、円筒型の「きらぼし90」と砲弾型の「結福」を供試した。収穫時の性状調査は、人力により収穫し調製時に外葉を取り除き、基部を包丁で再切断し出荷時の荷姿にして計測した。また、調製時に出荷荷姿にするために取り除いた外葉数を計測した。

イ. 「きらぼし90」収穫前の性状調査を生育期間95日の1月9日に行った。外葉除去前の「きらぼし90」は全高43.9cm、全幅59.9cm、全重は4.3kgとなった(表5)。「結福」は全高46.6cm、全幅57.0cm、全重3.8kgであった。「きらぼし90」は「結福」に比べ全高は有意に低く、全幅、全重は有意な差は認められなかった(表5、写真4、写真5)。引抜抵抗は「きらぼし90」が119.6Nと「結福」の100.5Nより有意に大きい結果であった(表5)。外葉枚数は「きらぼし90」が8.7枚と「結福」8.1枚と有意差は認められない結果であった(表5)。

外葉調製後の結球調査結果は、「きらぼし90」の結球幅は20.0cmで「結福」の18.0cmに比べ有意に大きく、結球重も「きらぼし90」は2.9kgと「結福」の2.4kgより有意に重い結果となった(表5)。莖径は「きらぼし90」が3.8cm、「結福」が3.7cmと同等の結果となり、結球高のみ「きらぼし90」が29.3cmと「結福」の30.8cmより有意に低い結果となった(表5)。

#### (6) ハクサイ機械収穫結果

ア. 機械収穫は、オペレータ1名、機械上でのハクサイ調整者は3名、鉄コンテナ運搬1名の計5名で行った。基部の切断高さは浅切35mm（以下、浅切）、深切42mm（以下、深切）の2水準設けた（図1）。浅切、深切の記載数値は、ガイドバー上部から切断刃までの距離とした。収穫直後のハクサイ性状調査は、ハクサイ収穫機で収穫時に調製したハクサイを測定した。機械収穫時の損傷状況把握のため、収穫機の切断刃でハクサイ下部が斜めに切断されて欠損した株数を計測した（写真6）。また、収穫時の土付着状況についてハクサイ基部の切断面に土が付着しているものを土付着株として計測した（写真7）。

イ. 機械収穫直後の性状について調査を行った。機械収穫後の結球高は、「きらぼし90」の浅切が29.3cm、深切が27.9cm、「結福」の浅切が29.3cm、深切が28.1cmで、品種間の有意差は認められず、切断位置では35mmのほうが、有意に結球高が高い結果であった（表6、写真8、写真9、写真10、写真11）。

機械収穫後の結球幅は、「きらぼし90」の浅切が18.9cm、深切が17.7cm、「結福」の浅切が17.9cm、深切が16.7cmとなり、品種間では「きらぼし90」、切断位置では35mmが、有意に結球幅が広い結果であった（表6）。

機械収穫後の結球重は、「きらぼし90」の浅切が3.0kg、深切が2.5kg、「結福」の浅切が2.6kg、深切が2.3kgで、品種間では「きらぼし90」、切断位置では35mmが、有意に結球重が重い結果であった（表6）。

機械収穫後の斜切率は、「きらぼし90」の浅切が26.7%、深切が66.7%、「結福」の浅切が35.0%、深切が70.0%となり、品種間では有意差が認められず、切断位置では35mmが、有意に斜切率が低い結果であった（表6）。

機械収穫後の土付着率は、「きらぼし90」の浅切が35.0%、深切が70.0%、「結福」の浅切が41.7%、深切が53.3%となり、品種間では有意差が認められず、切断位置では35mmが、有意に土付着率が低い結果であった（表6）。

ウ. 機械収穫前と機械収穫後の歩留まりを比較したところ、結球重においては、いずれの品種も浅切では影響なかったが、深切では「きらぼし90」が-0.4kg、「結福」が-0.1kgとなり、機械収穫の深切は結球重がやや損失する傾向を確認できた（表7）。

#### 4. 主要成果の具体的データ

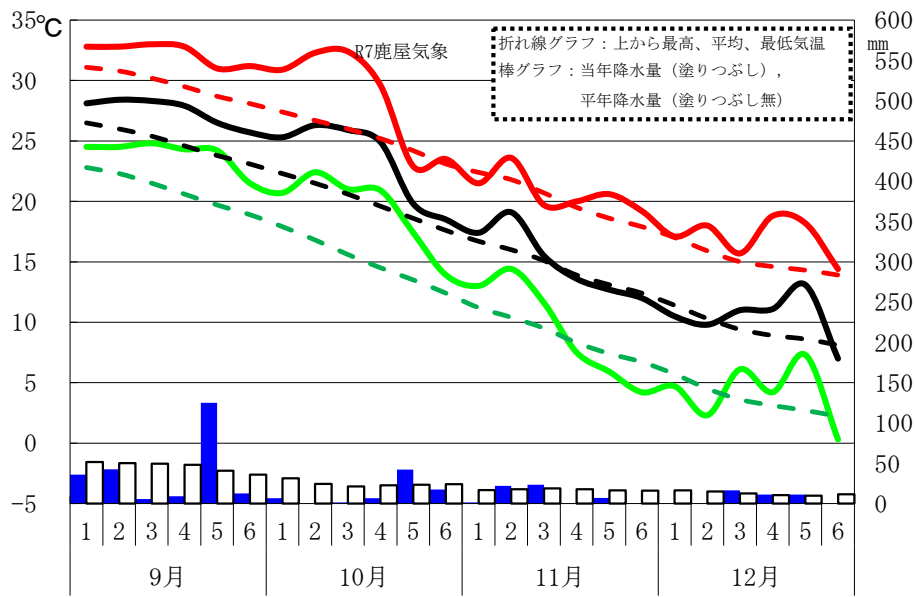


図2 生育中の気温（気象庁鹿児島県鹿屋地点データより）

表2 畝形状、通路幅、株間

畝肩幅 (cm)	畝裾幅 (cm)	畝高 (cm)	畝幅 (cm)	通路幅 (cm)	株間 (cm)
32.5	48.1	13.7	59.8	12.2	30.1

表3 苗性状

品種	草丈 (mm)	葉長 (mm)	葉数 (枚)
きらぼし90	68	45	4.3
結福	69	48	3.9

注) 各品種 10 株調査

表4 移植 62 日後の生育状況

品種	葉長 (cm)	葉幅 (cm)
きらぼし90	47.1	33.8
結福	50.1	34.6

注) 調査日：令和7年12月4日。各品種 20 株調査

表5 移植95日後の収穫前性状

品種	外葉調整前			引抜抵抗 (N)	外葉枚数 (枚)	外葉調整後			莖経 (cm)
	全高 (cm)	全幅 (cm)	全重 (kg)			結球高 (cm)	結球幅 (cm)	結球重 (kg)	
きらぼし90	43.9	59.9	4.3	119.6	8.7	29.3	20.0	2.9	3.8
結福	46.6	57.0	3.8	100.5	8.1	30.8	18.0	2.4	3.7
きらぼし90の結福との差	-2.7	2.9	0.4	19.1	0.6	-1.4	2.0	0.5	0.1
品種間差分散分析	**	ns	ns	**	ns	**	**	**	ns

注1) 調査日：令和8年1月9日。数値は各品種10株3か所調査の平均値。

注2) \*\*1%、\*5%で有意差あり、ns有意差なし

表6 ハクサイ収穫機の切断位置および品種の違いによる影響

品種(形状)	切断位置 (mm)	結球高 (cm)	結球幅 (cm)	結球重 (kg)	斜切率 (%)	土付着率 (%)
きらぼし90 (円筒型)	35	29.3	18.9	3.0	26.7	35.0
	42	27.9	17.7	2.5	66.7	70.0
結福 (砲弾型)	35	29.3	17.9	2.6	25.0	41.7
	42	28.1	16.7	2.3	61.7	53.3
品種	きらぼし	28.6	18.3 a	2.8 a	46.7	52.5
	結福	28.7	17.3 b	2.4 b	43.3	47.5
分散分析		n. s.	**	**	n. s.	n. s.
切断位置	35	29.3 a	18.4 a	2.8 a	25.9 a	38.3 a
	42	28.0 b	17.2 b	2.4 b	64.2 b	61.7 b
分散分析		**	**	**	**	**

注1) 調査日：令和8年1月13日。数値は各品種20株3か所調査の平均値

注2) \*\*1%、\*5%で有意差あり、n. s.有意差なし

注3) 異なる異符号間に結球高、結球幅、結球重はTukey法、斜切率と土付着率はGLM後、Tukey法により有意差あり

表7 ハクサイ収穫前調査とハクサイ機械収穫後の差

品種	調査時期	切断位置 (mm)	結球高 (cm)	結球幅cm (cm)	結球重 (kg)
きらぼし90	収穫前	—	29.3	20.0	2.9
結福			30.8	18.0	2.4
きらぼし90	収穫後	35	29.3	18.9	3.0
きらぼし90		42	27.9	17.7	2.5
結福		35	29.3	17.9	2.6
結福		42	28.1	16.7	2.3
きらぼし90収穫前と35mm収穫後との差			0.0	-1.1	0.1
きらぼし90収穫前と42mm収穫後との差			-1.5	-2.3	-0.4
結福収穫前と35mm収穫後との差			-1.5	-0.1	0.2
結福収穫前と42mm収穫後との差			-2.7	-1.3	-0.1

表8 ハクサイ収穫機の作業時間

型式	HH1400	
圃場区画 (m)	122.5×4.7	
圃場面積 (a)	5.8	
有効作業幅 (m)	0.3	
有効作業速度(km/h)	0.36	
有効作業量(a/h)	1.13	
作業 能 率	収穫 (min/10a)	306.8
	旋回 (min/10a)	25.7
	コンテナ積替え (min/10a)	65.7
	移動 (min/10a)	42.2
	停止 (min/10a)	14.6
	設定 (min/10a)	33.1
	計 (min/10a)	488.2
圃場作業量 (a/h)	1.2	
圃場作業効率 (%)	109.0	
作業人数 (名)	5	
延べ作業時間 (h/10a)	40.7	

表9 人力によるハクサイ収穫時間

収穫方法	人力収穫
圃場区画 (m)	122.5×1.7
圃場面積 (a)	1.2
収穫作業 (min/10a)	654.2
作業人数 (名)	6
延べ作業時間 (h/10a)	65.4

表 10 機械収穫と人力収穫の粗利比較 (単位:円)

項目	機械収穫	人力収穫
A 売上	320,000	320,000
B 機械収穫斜切による減収	4,160	0
C 労働費	48,840	78,480
D 減価償却費	21,277	0
E 燃料費	3,203	0
A-B-C-D-E 粗利益	242,520	241,520

注 1) 売上は、収量 8t/10a、40 円/kg (仮定) として設定

注 2) 斜切による減収は出荷量の 26%発生 (仮定) し、その部分は 5%値低下 (仮定) と設定

注 3) 労働費は 1、200 円/時間、機械収穫は 5 名、人力収穫は 6 名とし、本試験で実施した作業時間を基に算出、

注 4) 減価償却は定額法、耐用年数 7 年、年間稼働 10ha とした

注 5) 燃料消費量は 10a 当たり 24.64L とし、燃料単価は 130 円/L (仮定) とした

## 5. 経営評価

### (1) 作業時間

機械収穫と人力収穫の作業時間を調査した。機械収穫調査の作業速度は 0.36km/h であった。10a 当たりの作業時間は 488.2 分となり、内訳は収穫 306.8 分、旋回 25.7 分、鉄コンテナの 2 基分の積替え時間 65.7 分、積替えに係る移動 42.2 分、停止 14.6 分、設定 33.1 分となった (表 8、写真 12)。作業人数は 5 名で、10a 当たりの延べ作業時間は 40.7 時間となった。今回は、鉄コンテナ積替えに時間を要したが、収穫面積がさらに進み、圃場の中央部でローダが入れるようになったら、コンテナにハクサイが充填された地点で収穫機が移動することなく、ローダが移動して積替えが可能のため、作業時間の短縮化に繋がると思われる。

一方、6 名での人力収穫は、10a 当たり収穫作業が 654.2 分となり、延べ作業時間は 65.4 時間となった (表 9、写真 13)。

以上の結果により、10a 当たりの作業時間は機械収穫が短く、作業従事者が 5 名で可能な機械収穫は作業能率が優れる結果であった。

### (2) 10a 当たりの生産コスト

ハクサイ機械収穫は、人力収穫と比較して減価償却費および燃料費を含めても、10a 当たりの粗利益はほぼ同等であった (表 10)。機械収穫では一部に斜切による品質低下が生じるが、人力収穫と比較して労働費削減による効果で粗利益は同等となった。

## 6. 利用機械評価

はくさい収穫機 HH1400 を使用し、円筒型の「きらぼし 90」と砲弾型の「結福」の収穫調査を行った。ハクサイの全重が 4kg を超えるような重さでも対応可能で、搬送部への詰まりなどは発生せず収穫が行えた。実証生産者より、「きらぼし 90」のほうが幅があるため、操作する上でストレスなく収穫できる。ハクサイ収穫機は 5 名で作業が可能のため、「家族経営ができる」との意見をいただき、さらに「ハクサイをつかむ部分がしっかり保持されていないと、斜めに上がってきて、根を切断する際に斜切で損傷が生じるため、ハクサイを最初に掴む部分の強化と、刃の角度をダイヤルで変えられるようにしてほしい」と

いった改良意見が挙げられた。

## 7. 成果の普及

次年度の本県の野菜研究部門にて成績検討を行う。

## 8. 考察

ア. 形状の異なる円筒型の「きらぼし90」と砲弾型の「結福」を供試し、両品種とも機械収穫が可能であった。「きらぼし90」は「結福」と比較し、引抜抵抗が有意に大きく根の張りが強いため下部搬送ベルトが挟持しやすく、円筒型で搬送中も姿勢が安定しやすいため、供試した2品種においては、オペレータが安定して操作しやすい観点から「きらぼし90」が優れると考えられた。

イ. 切断刃のガイドバーからの高さを浅切 35mm、深切 42mm の2水準で収穫を行った。深切よりも浅切の結球重の減少が有意に小さく、斜切率が有意に低かったことから、機械収穫時の切断刃位置は 35mm が適していると考えられた。土付着について今回実証した生産者からは、機械収穫されたハクサイの土付着程度を確認して、この程度は問題ないとのことであった。しかし、加工・業務用ハクサイの出荷後は鉄コンに入った状態で、冷蔵保管を行うため、腐敗防止の観点を踏まえると、より土付着率が少ない浅切 35mm が適していると考えられた。

## 9. 問題点と次年度の計画

収穫機が株を斜めに掴み、その状態で切断された場合、欠損が増加する傾向を確認した。今後の機械普及を見据え、収穫機の改良と「きらぼし90」に加え、適正品種の探索の必要がある。

## 10. 参考写真



写真4 円筒型「きらぼし90」



写真5 砲弾型「結福」



写真6 斜切



写真7 土付着状況



写真8 浅切 35mm 切断「きらぼし 90」



写真9 浅切 35mm 切断「結福」



写真10 深切 42mm 切断「きらぼし 90」



写真11 深切 42mm 切断「結福」



写真12 機械収穫の状況



写真13 人力収穫の状況