

# ブロッコリー収穫機の利用が秋作ブロッコリーの 作業性および作業時間に及ぼす影響

尾崎祐未，宮寄朋浩，山田寧直<sup>1)</sup>

キーワード：秋作ブロッコリー，ブロッコリー収穫機，作業時間，作業能率

Effects of using a broccoli harvester on workability and working time for Autumn Broccoli.

Yumi OZAKI, Tomohiro MIYAZAKI, Yasunao YAMADA<sup>1)</sup>

## 目 次

1. 緒言
2. 材料および方法
  - 1) 試験1：ブロッコリー収穫機の利用体系
  - 2) 試験2：密植におけるブロッコリー収穫機の作業性
3. 結果
  - 1) 試験1：ブロッコリー収穫機の利用体系
  - 2) 試験2：密植におけるブロッコリー収穫機の作業性
4. 考察
  - 1) 試験1：ブロッコリー収穫機の利用体系
  - 2) 試験2：密植におけるブロッコリー収穫機の作業性
5. 摘要
6. 引用文献

Summary

---

<sup>1)</sup>現全国農業協同組合連合会長崎県本部

## 1. 緒言

長崎県におけるブロッコリーの栽培面積は増加傾向にあり、2021年の栽培面積は999haで、10年前の2012年と比べ72.2%増加している（農林水産省，2021；農林水産省，2012）。また、長崎県は中山間地が多く、狭小で不整形なほ場も多いが、諫早湾干拓地をはじめ、近年は区画整理により大型農業機械の導入が可能なほ場も増え、省力化や生産コストの低減が図られている。

一方、長崎県の農業経営体数は減少しており、高齢化や担い手不足が課題となっている。ブロッコリー産地においても、今後の産地維持のためには省力化を進め、生産性を向上させる必要がある。ブロッコリー栽培では、耕耘、畦立て、定植および防除において、多くの経営体で機械導入が進んでいるが、

収穫作業は手作業が主となっている。ブロッコリーの栽培体系では、収穫出荷作業が全体の作業時間の約30%を占める（長崎県農林部，2024）ことから、収穫作業の機械化は作業時間の削減につながると考えられる。

そこで、本研究ではブロッコリー収穫機を利用し、作業時間の省力化の可能性を検討した。

なお、本研究は2021年から2022年に公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会の公益事業の一環である新稲作研究会の委託試験で実施した。

また、本研究の実施にあたり、ヤンマーアグリジャパン株式会社に収穫機の利用においてご協力いただいた。ここに謝意を表す。

## 2. 材料および方法

本研究は、長崎県農林技術開発センター畑作営農研究部門干拓営農研究室ほ場（諫早市中央干拓131）で実施し、ブロッコリーの収穫機として、ブロッコリー収穫機HB1250（ヤンマー株式会社，大阪）（以下、収穫機）を使用した（写真1）。当該機は、加工業務用ブロッコリーを対象とした一斉収穫機であり、植物体を引き抜き、茎を挟んで根元付近と上葉をカットしながら調整台まで搬送する。調整台には2名の作業者が同乗し、搬送されたブロッコリーの調整とコンテナへの詰め込みを行った。



写真1 ブロッコリー収穫機 HB1250

### 1) 試験1：ブロッコリー収穫機の利用体系

ブロッコリーは収穫期間に幅があり、株ごとに収穫のタイミングが異なる。そこで、手収穫と組み合

せた試験区を設け（表1）、作業時間の削減のためにはどのような利用方法が適しているか検討した。

供試品種は「おはよう」で、2021年8月4日に128穴セルトレイに播種し、9月6日に畦間60cm、株間40cm、1条植え、4167株/10aで定植した。肥料は硫酸を使用し、窒素成分量で基肥は8月31日に14kg/10a、追肥は10kg/10aを9月21日と10月6日に2回に分けて施用した。収穫は花蕾径14cm以上の株を対象とし、手収穫は11月15日から開始、収穫機による機械収穫は2022年1月6日に行った。

試験規模は、1区長さ15mの3反復とし、機械収穫と手収穫ともに作業に要した時間を計測した。また、機械収穫においては各試験区の収穫に要した時間から作業速度および1時間あたりの作業可能面積となる作業能率を算出した。また、人件費は時給1,250円で算出した。

収穫株率は、手収穫および機械収穫を行った場合のそれぞれで算出した。商品化率は収穫したすべての株のうち、生理障害発生株を除く規格がSから3Lまでの株の比率を重量%で算出した。なお、各規格の花蕾の大きさは、長崎県内で最も生産量の多い島原地域の規格を用い、S:7.0~10.0cm、M:10.1~12.0cm、L:12.1~14.0cm、2L:14.1~15.5cm、3L:15.6~20.0cmとした。また、機械収穫では、収穫時に上葉カット用のカッターなどで花蕾が傷ついた株は商品から除外した。さらに、収穫機は加工業務用ブロッコリー

を対象としているため、機械収穫した株は、ブロッコリーの茎を花蕾下でカットし加工業務用として調整した。

表 1 試験区内容

試験区	処理内容
100%機械収穫	花蕾径 14 cm以上の花蕾が 80%到達後すべての花蕾を機械収穫
手収穫 50%後機械収穫	花蕾径 14 cm以上の花蕾を 50%まで適宜手収穫し、その後 80%到達後機械収穫
手収穫 80%後機械収穫	花蕾径 14 cm以上の花蕾を 80%まで適宜手収穫し、その後機械収穫
100%手収穫	花蕾径 14 cm以上の花蕾を適宜手収穫

## 2) 試験2：密植におけるブロッコリー収穫機の作業性

現地ほ場では生産性向上のため、試験1よりも密植で栽培されるケースが見られることから、試験1で実施した株間40cmを慣行とし、株間35cmの密植栽培を行う試験区を設けて作業性を比較した。なお、作業性の評価は、試験1の結果を反映させ、作業時間が100%手収穫の86.5%となる手収穫50%後に機械収穫を行う体系で行った。

供試品種は「おはよう」で、2022年8月23日に128穴セルトレイに播種し、9月21日に畦間60cm、1条植え、株間40cmは4167株/10a、株間35cmは4762株/10aで定植した。肥料は硫安を使用し、窒素成分量で基肥は8月30日に14kg/10a、追肥は10

kg/10aを10月6日と10月20日に2回に分けて施用した。収穫は花蕾径13cm以上の株を50%まで事前に手収穫し、2022年12月20日に残りのすべての株を機械で収穫した。

試験規模は、1区長さ6mの3反復とし、作業に要した時間を計測し、作業速度および1時間あたりの作業可能面積となる作業能率と10aあたりの作業時間を算出した。

また、機械収穫後、上葉カット用のカッターなどで花蕾が傷つくカットミスが発生割合および収穫株の規格割合を算出した。なお、規格は県全体で適応させるために県基準に見直しを行い、花蕾径でS:7.0~9.9cm, M:10.0~11.9cm, L:12.0~12.9cm, 2L:13.0~14.9cm, 3L:15.0~20.0cmとした。

## 3. 結果

### 1) 試験1：ブロッコリー収穫機の利用体系

表2に収穫機の作業性を示した。機械収穫の作業速度は、手作業による選別収穫を80%行った後、収穫機を利用した場合が最も速く、作業能率も最も高かった。

作業時間は、表3に示したように、収穫機による100%機械収穫が最も短く、100%手収穫と比べ約60%削減された。一方、手収穫と機械収穫を組み合わせた体系では手収穫50%後機械収穫が80%後機械収穫より手収穫、機械収穫とも作業時間が短かった。また、人件費は作業時間削減に伴い、100%手収穫と比べて100%機械収穫および手収穫50%後に機械収

穫した場合は削減されたが、手収穫80%後に機械収穫した場合は、作業時間が増加したため10aあたり8,625円の増加となった。

収穫株率および商品化率は、表4に示したように、手収穫の割合が多いほど高かった。なお、100%機械収穫は、収量が最も多かったものの、収穫遅れによる開花や死花などの発生が多かったことから商品化率が低く、商品収量は最も少なかった。また、機械収穫したすべての区において収穫時に上葉カット用のカッターなどで花蕾を傷つけるカットミスが発生した。

表2 ブロッコリー収穫機の作業性

試験区	機械収穫割合 (%)	作業速度 (ms)	作業能率 (a/hr)
100%機械収穫	100.0	0.11	1.43
手収穫50%後機械収穫	50.0	0.12	1.65
手収穫80%後機械収穫	20.0	0.22	3.01

表3 作業時間および人件費

試験区	作業時間 (時間/10a/人)			作業時間の削減割合 <sup>z</sup> (%)	人件費 <sup>y</sup> (円/10a)
	手収穫	機械収穫	合計		
100%機械収穫	-	15.6	15.6	41.3	-27,750
手収穫50%後機械収穫	18.9	13.8	32.7	86.5	-6,375
手収穫80%後機械収穫	30.3	14.4	44.7	118.3	8,625
100%手収穫	37.8	-	37.8	100.0	-

<sup>z</sup>作業時間の削減割合は、100%手収穫を100とした時の各作業時間の相対値。

<sup>y</sup>人件費は、100%手収穫と比べて削減される金額を示し、時給は1,250円で試算した。

表4 収穫株率および商品化率

試験区		収穫株率 (%)	収量 (kg/10a)	商品化収量 <sup>z</sup> (kg/10a)	商品化率 (%)	カットミス (%)
100%機械収穫	手収穫	-	-	-	-	-
	機械収穫	80.7	2556	556	21.8	14.9
手収穫50%後機械収穫	手収穫	50.0	1094	1056	67.3	-
	機械収穫	31.6	868	265	67.3	8.3
手収穫80%後機械収穫	手収穫	78.9	1675	1638	88.1	-
	機械収穫	8.8	239	48	88.1	20.0
100%手収穫	手収穫	99.1	1825	1679	92.0	-
	機械収穫	-	-	-	-	-

<sup>z</sup>商品化収量および商品化率は、S~3L規格までの開花や死花などの生理障害と機械収穫時のカットミスを除いた値とした。また、各規格の花蕾の大きさは、S:7.0~10.0 cm, M:10.1~12.0 cm, L:12.1~14.0 cm, 2L:14.1~15.5 cm, 3L:15.6~20.0 cmとした。

## 2) 試験2：密植におけるブロッコリー収穫機の作業性

収穫機の作業性および作業時間は、表5に示したように、株間40cmと35cmで差がなかった。

収穫株率およびカットミスの発生率を表6に示した。収穫株率は株間40cmが100%、株間

35cmが92.3%であった。一方、カットミスは株間40cmでの発生が多かったが、有意な差はなかった。なお、表7に示したように、収穫した株の規格割合は、株間35cmの方が大きい傾向にあった。

表5 株間の違いが収穫機の作業性および作業時間に及ぼす影響

試験区	作業速度	作業能率	10aあたりの作業時間
	(ms)	(a/hr)	(hr/10a)
株間40 cm	0.12	2.32	4.30
株間35 cm	0.12	2.32	4.31

表 6 株間の違いと収穫株率およびカットミスの発生率

試験区	収穫株率 (%)	カットミス (%)
株間40 cm	100.0	21.7
株間35 cm	92.3	8.3
X <sup>2</sup> 検定	-	n.s. <sup>z</sup>

<sup>z</sup>5%水準で有意差なし

表 7 株間の違いと規格割合<sup>z</sup> (%)

試験区	S未満	S	M	L	2L	3L	3L以上
株間40 cm	4.3	0.0	0.0	0.0	26.1	69.6	0.0
株間35 cm	0.0	0.0	4.2	0.0	25.0	62.5	8.3
U検定	n.s. <sup>y</sup>						

<sup>z</sup>各規格の花蕾の大きさは、S:7.0~9.9 cm, M:10.0~11.9 cm, L:12.0~12.9 cm, 2L:13.0~14.9 cm, 3L:15.0~20.0 cmとした。

<sup>y</sup>5%水準で有意差なし

## 4. 考察

### 1) 試験1:ブロッコリー収穫機の利用体系

作業時間は、手収穫を行わず、100%機械収穫を行う体系が最も短く、効率的であったが、商品化率は最も低かった。これはブロッコリーの収穫期間に幅があり、早い段階で収穫規格に達した株は、機械収穫時には収穫遅れとなり、開花や死花が発生したためである。

したがって、収穫機を利用する際は、手収穫との組み合わせが必要であり、手収穫50%後に機械収穫を行う体系が最も作業時間を削減できた。

なお、100%手収穫を行った場合と同等の作業時間で収穫機を利用した収穫作業を行った場合、表8に示したように、100%機械収穫で2.42倍、手収穫50%後に機械収穫で1.16倍の面積拡大が可能となると推察される。

また、試験1で機械収穫を行った体系で商品化率が低かった原因として、花蕾径14 cm以上の花蕾が80%後に機械収穫を行うよう計画していたが、80%に到達した12月下旬に収穫機の利用を調整することができず、1月6日の利用となったことが考えられる。仮に12月下旬の利用が可能であれば、機械収穫での商品化率が向上したと考えられる。このように、商品化率を向上させるためには、収穫機を利用するタイミングを計ることが重要である。

収穫機を適期に利用する方法としては、収穫予測を活用した利用方法が考えられる。近年、露地野菜の生育予測に基づいた収穫予測が試みられており(岡田・菅原, 2019)、ブロッコリーでも生育・収量予測を行うためのWeb APIを開発する(農研機構, 2023)など、生産現場における収穫予測のさらなる普及が期待されている。また、ほ場ごとに収穫予測を行い、その結果に基づいて収穫機の準備と導入を行うことで、収穫の遅れを防ぐとともに、さらなる作業の効率化が可能になると考えられる。

また、収穫機による省力化効果をさらに高めるためには、商品化率が高い状態で機械収穫を行う必要がある。ブロッコリーは低温に遭遇することで花芽分化し、花蕾を形成する(藤目, 2011)が、定植日が同じであっても、出蕾時期は株ごと異なり、収穫のばらつきが生じている。このことについて、高温乾燥条件下では定植1週間前からの食塩水灌水で収穫の揃いが向上するが、8月中旬以降の猛暑期を過ぎてからの定植時期は効果が小さいことが報告されており(常盤, 2009)、依然として課題となっている。高い商品化率を得るためには、今後、収穫の揃いについて検討が必要である。

また、センサーで花蕾の大きさを判別し、収穫適期のブロッコリーのみを収穫する収穫機も開発され

ている。収穫の揃いと併せて、センサーを使った収穫機の活用についても、今後検討が必要であると考えられる。

## 2) 試験2：密植におけるブロッコリー収穫機の作業性

収穫機の作業性は、株間 35cm であっても株間 40cm と同等であった。試験 1 の結果では、100%機械収穫よりも手収穫を組み合わせ、機械収穫時の株が少ない方が作業性は高くなっていったが、株間 35cm と 40cm では、調査範囲内の対象株数に大きな差がないため、作業能率にも差が生じなかったと推察される。また、収穫株率は、ともに 90%以上となっており、収穫機の利用方法として、株間 35cm であっても対応可能であると考えられた。

また、この試験では生育の前進化により機械収穫時期に収穫機の到着が間に合わなかった。当初調査予定であった場合は、50%の手収穫および収穫機の利用を想定した手収穫による一斉収穫を実施してお

り、その収量と本研究での収穫機による収穫株率などの結果を基に収量および収穫株率を試算すると表 9 のようになった。カットミスは規格外および生理障害発生株と重複する可能性があるため本試算では除いているが、全体の商品化収量は株間 35cm が株間 40 cm と同程度となることが示唆された。

なお、カットミスの発生は、株間 40cm で多かったが、収穫した株の規格は株間 35cm の方が大きい傾向にあり、花蕾の大きさがカットミスに影響するかは判然としなかった。このことは、吉田 (2022) も同様の結果を報告している。また、カットミス発生の大きな要因は、収穫機が植物体を引き抜き、茎を挟んで調整台まで搬送する際に花蕾の姿勢が動くことであり、機械の速度を調整し、安定した花蕾の搬送姿勢を保つことが重要であるとしている。現在生産現場に導入されているブロッコリーの品種は様々であり、品種ごとに草型も異なることから、収穫機を利用する際には、品種の特性を考慮しながら速度などを調整する必要がある。

表 8 手収穫作業時間を基にした面積拡大試算

試験区	収穫作業時間 (hr/10a)	37.8時間あたり	増加率 (倍)
		作業面積 <sup>2</sup> (a/37.8hr)	
100%機械収穫	15.6	24.2	2.42
手収穫50%後機械収穫	32.7	11.6	1.16
100%手収穫	37.8	-	-

<sup>2</sup>収穫作業時間を100%手収穫に合せた場合の作業面積

表 9 ブロッコリー収穫機の収穫株率を基にした収量試算

試験区		収穫株率 (%)	収量 (kg/10a)	商品化収量 <sup>2</sup> (kg/10a)	商品化率 (%)
株間40cm	手収穫	100.0	817	798	97.8
	機械収穫	100.0	870	406	46.7
株間35cm	手収穫	100.0	983	983	100.00
	機械収穫	92.3	846	357	42.2

<sup>2</sup>商品化収量は、S~3L規格までの開花や死花などの生理障害を除いた収量。各規格の花蕾の大きさは、S: 7.0~9.9 cm, M: 10.0~11.9 cm, L: 12.0~12.9 cm, 2L: 13.0~14.9 cm, 3L: 15.0~20.0 cmとした。

## 5. 摘要

秋作ブロッコリーに関して、作業時間の削減による省力化が見込まれるブロッコリー収穫機の利用体系を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

1) ブロッコリーは収穫期間に幅があるため、収穫

遅れなどを防ぎ、商品化率を高く収穫するためには手収穫との組み合わせが必要である。手収穫 50%後に機械収穫を行うことで作業時間を手収穫 100%と比べて 86.5%に削減できる。

2)株間 40cm と 35cm の栽植密度の違いは、収穫機の作業性、収量および商品化率に影響しない。

## 6. 引用文献

藤目幸擴. 2011. 花蕾形成の生理. 農業技術大系 野菜編 第6巻. 基 25-32  
長崎県農林部. 2024. 長崎県農林業基準技術 令和6年2月版. p114-120  
農研機構. 2023. WAGRI に対応した露地野菜の生産予測 API の試験利用登録を開始 「NARO 生育・収量予測ツール」で露地野菜6品目の生育予測が可能に. 農研機構プレスリリース・広報.  
[https://www.naro.go.jp/publicity\\_report/press/laboratory/nivfs/156108.html](https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nivfs/156108.html)  
農林水産省. 2021. 令和3年産野菜生産出荷統計.  
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000032267647&fileKind=0>  
農林水産省. 2012. 平成22年産野菜生産出荷統計.

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/file-download?statInfId=000023602475&fileKind=0>  
岡田邦彦・菅原幸治. 2019. 加工業務用露地野菜生産・出荷におけるデータ駆動型生産支援システム～葉齢増加モデルを用いた出荷調整支援システムを例として～. 農研機構研究報告. 1:43-45  
常盤秀夫. 2009. ブロッコリーセル苗への食塩水灌水による収穫の斉一化. 農業および園芸. 84(1):96-99  
吉田邦彦. 2022. ブロッコリー収穫機の加工業務用一斉収穫体系への適用性検証. 令和4年度新稲作研究会 委託試験・現地実証展示圃成績. 23-28

## Summary

The following results were obtained from a study on the use of a broccoli harvester for the Autumn of broccoli, which is expected to save labor by reducing harvesting time.

- 1) Broccoli has a wide harvest period, so in order to prevent harvest delays and achieve a high marketable rate, it is necessary to combine it with manual harvesting. By performing mechanical harvesting after 50% manual harvesting, the labor time can be reduced to 86.5% compared to 100% manual harvesting.
- 2) The difference in planting density between 40cm and 35cm spacing does not affect harvester workability, yield, or marketability.