

委託試験成績（令和3年度）

担当機関名 部・室名	福島県農業総合センター 所長 武田信敏
実施期間	令和3年度～令和5年度、新規開始
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	ブロッコリー栽培における一斉収穫体系の成立条件
目的	<p>福島県相馬地方は、平成22年度時点で126.7haの栽培規模を誇る当県有数のブロッコリー産地であった。しかし、東日本大震災と原子力災害により営農の中断や生産者の離農による担い手不足が急激に進み、平成24年度には、生産面積が震災前の1/3以下である39.9haまで落ち込んだ。</p> <p>一方、県とJAでは、当該地域における営農再開と産地復興の重点品目としてブロッコリーを位置付け、生産拡大を強く推進している。</p> <p>そこで、ブロッコリー産地の復興の加速化に向け、管内で主軸となる1ha前後の生産者の飛躍的な規模拡大を後押しするため、既存の手選別収穫に一斉収穫機を組み合わせた収穫体系を構築し、機械導入の経済性評価を行い、当地方に即した営農モデルを明らかにする。</p>
担当者名	<p>所 属：福島県農業総合センター企画経営部経営・農作業科 役職・氏名：研究員 宮川貴光 連 絡 先：Tel 024-958-1714 Fax 024-958-1729 Email miyakawa_takamitsu_01@pref.fukushima.lg.jp (現地試験、販売実態調査)</p> <p>所 属：福島県相双農林事務所農業振興普及部経営支援課 役職・氏名：技師 上野 詩織 連 絡 先：Tel 0244-26-1151 Fax 0244-26-1169 Email ueno_shiori_01@pref.fukushima.lg.jp</p>
1. 試験場所	福島県南相馬市原町区馬場（現地生産者ほ場）
2. 試験方法	<p>(1) 供試機械名 ブロッコリー収穫機（HB1250・1条刈り）</p> <p>(2) 試験条件 ア. ほ場条件 ブロッコリー作付9haのうち、機械収穫30a (水田転換畑、前作ブロッコリー、排水性良好、多発病害虫なし)</p> <p>イ. 栽培等の概要</p> <p>品種名 スーパードーム（カネコ種苗）、ブロッケンHP（住友農業資材株式会社）、SK9-099（サカタのタネ）、</p> <p>耕起 5月4日 汎用トラクター</p> <p>播種 7月20日 128穴セルトレイ（種子1粒/穴、播種前処理なし）</p> <p>施肥 8月15日 基肥一発（秋冬ブロッコリー一発（N-P-K=22-6-8）、苦土石灰）</p> <p>移植 8月20日 SK9-099 8月21日 スーパードーム、ブロッケンHP ※全自動移植機、全株深植え（定植位置を最も深く設定）、畝幅は一律65cm。</p> <p>灌水 自走式灌水装置（スピーディーレイン）を事業内で貸与 (定植時期に降雨が多く、今年度は栽培期間中の使用実績はなし)</p> <p>中耕培土 9月14日、10月6日 汎用トラクター、除草作業も同時に実施</p> <p>病害虫防除 減収要因となりうるアオムシ類及び黒すす病等を重点的に防除 (使用薬剤 オラクル顆粒水和剤、プレバソンフロアブル5、アミスター20フロアブル等)</p>

収穫	手収穫は、花蕾径 12～13cm を目安として 4 回に分けて適期収穫。 機械収穫は 1 回目に手収穫を行ったのち、手収穫 2 回目の時期に一斉収穫。
(機械収穫	11 月 1 日 スーパードーム、11 月 11 日 SK9-099、11 月 20 日 ブロッケン HP)
調製・出荷	10 月下旬～出荷継続中 手作業による調製後、青果用として氷詰め出荷。

ウ. 試験区設定と調査項目

《試験 1》生育状況と茎頂（花蕾高）制御技術

機械収穫の効率低下の要因となる倒伏を、密植により軽減可能であるか検証した。供試 3 品種それぞれに株間 30cm の密植区と現地慣行の株間 35cm の慣行区を設け、生育状況（葉数・草丈・地際～生長点の長さ・花蕾径・収穫時の花蕾重）と収穫時の倒伏程度（定植位置と花蕾頂点位置のズレ）を調査し、機械収穫に適した有望品種を検討した。なお、試験ほ場では、倒伏防止対策として、慣行的に全区を深植えて移植している（写真 1）。倒伏の程度については、畝に対して垂直方向を x 軸、畝方向を y 軸、原点を定植位置としたときの、定植位置から花蕾頂点までの長さを距離として表した。

《試験 2》機械収穫調査

手収穫に一斉収穫機を組み合わせた青果用ブロッコリーの収穫体系を検証するため、供試 3 品種それぞれに一斉収穫区と手収穫区を設置した。一斉収穫区は、手収穫区と同様の手収穫を 1 回行ってから 2 回目の手収穫日に機械収穫を行い、現地慣行となる手収穫区は、株の肥大に合わせて 4 回に分けて手収穫を行った。各区の収穫物（収量・品質・出荷可能品率）及び収穫作業（組作業の人数・動作別時間・作業速度）を調査し、聞き取りによる疲労度評価を実施し、経営評価を行った。

試験区の構成

供試品種	区	収穫回と収穫方法			
		1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
スーパードーム	一斉収穫区	手収穫	機械収穫	—	—
SK9-099					
ブロッケン HP	手収穫区	手収穫	手収穫	手収穫	手収穫

3. 試験結果

《試験 1》生育状況と茎頂（花蕾高）制御技術

(1) 地際～生長点の長さ

スーパードームでは密植区が慣行区より 1.0 cm 長い結果となった。ブロッケン HP も密植区が慣行区より 1.8 cm 長かった。SK9-099 では、2 区間の明らかな差は見られず、品種自体がやや花蕾位置が低い特性を持つことから、他 2 品種に比べ 2 区とも地際～生長点の長さが短い結果となった（図 1、表 1）。

(2) 花蕾

密植区では、スーパードーム、ブロッケン HP で慣行区よりも早く出蕾した。密植区の収穫直前の花蕾径は、ブロッケン HP が最も大きく 10.1 cm だった（図 2、表 1）。慣行区は、10 月 5 日時点で 3 品種とも出蕾が確認されず、10 月 19 日に極早生のスーパードーム、SK9-099 で出蕾が確認された。収穫直前の花蕾径は、SK9-099 が最も大きく、10.8 cm だった。

また、花蕾重は、慣行区の方が密植区よりもスーパードームで 49.7g、SK9-099 で 60.1g 重い結果となった。ブロッケン HP は、慣行区の機械収穫が実施できず、データを得られたのは密植区のみであった。

なお、葉数・草丈については、栽植様式による差は見られなかった。

(3) 倒伏の状況

スーパードームの定植位置から花蕾頂点までの距離（以下、距離）は、密植区が 7.2 cm で、慣行区の 4.8 cm と比べ 2.4 cm 長く、より傾いていた。SK9-099 においても距離は、密植区の 6.0 cm の方が慣行区の 4.4 cm に比べ 1.6 cm 長かった。ブロッケン HP の距離は、密植区で 8.3 cm、慣行区で 10.2 cm となり、慣行区の方が長く、傾きが見られた。また、密植・慣行ともに SK9-099 が 3 品種の中で最も距離が短く、傾きが少なかった。

密植区は、y 軸方向の倒伏が慣行区と比べ、スーパードームで 0.8 cm、ブロッケン HP で 4.1 cm 軽減された (図 3)。一方で、x 軸方向の倒伏は密植区で増大した。なお、密植区は、いずれの品種も一部で株間が安定せず、慣行区並の株間 35 cm 程度となっている箇所も見られた。

深植えに関しては、試験区ごとに深さの程度に開きがあり、倒伏防止に対する効果は判然としなかった。しかし、最も深植えの割合が高かった試験区 (SK9-099・密植区) では、一定の方向に傾いていたものバラツキは少なかった (図 3)。

《試験 2》機械収穫調査

スーパードーム、ブロッケン HP では、機械収穫中に一斉収穫機の不具合に起因するキズやカットミスが発生したため (写真 2、3)、一斉収穫区のデータを取ることができた SK9-099 について調査した。

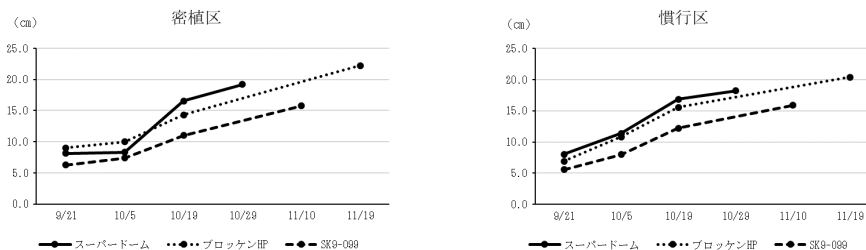
一斉収穫区の 1 回目手収穫時は全体の 18.9% の株を収穫し、2 回目の機械収穫時には残りの 81.1% の株を一度に収穫した (表 2)。手収穫区は、2 回目の手収穫後に 50.0% の株が残っており、花蕾の肥大に応じて、その後 3 回目、4 回目の手収穫を行った。最終的には 2.0% の株が収穫されずに残ったが、原因は肥料不足等による生育不良が主なものであった。

一斉収穫区の機械収穫時の出荷可能品率は 76.3% で、手収穫区の出荷可能品率 100% と比較すると、花蕾径不足で出荷規格に適合しない株が収穫されたことで出荷可能品率に差が見られた (表 3)。

収穫方法別の組作業を見ると、機械収穫は 3 名 (オペレータ 1 名、同乗粗調製 2 名)、手収穫は 2 名で比較した場合、1 株当たりのべ収穫時間は、機械収穫で 9.7 秒 (うち刈取時間 7.6 秒)、手収穫 (2 回目) で 6.3 秒 (うち刈取時間 5.5 秒) であった (表 4)。なお、機械収穫の粗調製 2 名は手収穫の 2 名と同一者が行ったが、徒歩・中腰で行う手収穫作業 (写真 4) と、機械上・起立状態で行う調製作業 (写真 5) において、疲労度は両者で同等との主観評価が得られた。

4. 主要成果の具体的データ

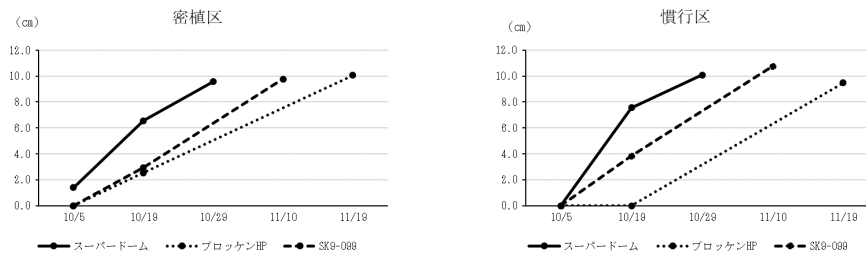
《試験 1》茎頂 (花蕾高) 制御技術の検証



※) 最終調査は各品種の機械収穫前日もしくは 2 日前に実施した。

(収穫日: スーパードーム 11 月 1 日、ブロッケン HP 11 月 20 日、SK9-099 11 月 11 日)

図 1 地際～生長点の長さ



※) 最終調査は各品種の機械収穫前日もしくは 2 日前に実施した。

(収穫日: スーパードーム 11 月 1 日、ブロッケン HP 11 月 20 日、SK9-099 11 月 11 日)

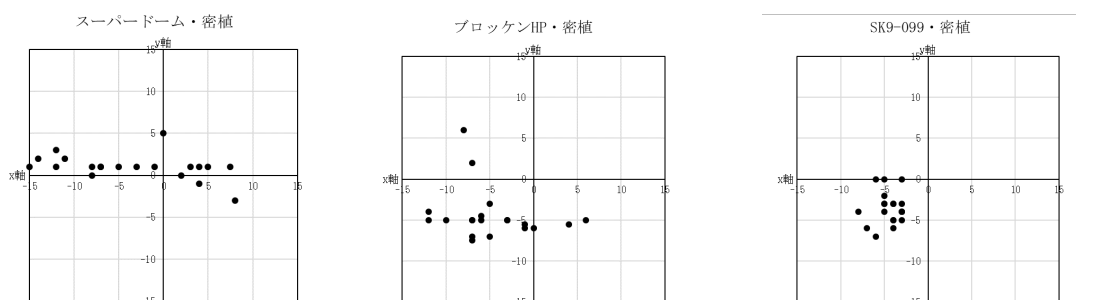
図 2 花蕾径

表1 機械収穫区における収穫時の生育

品種	栽植様式	調査項目		
		地際～生長点の長さ(cm)	花蕾径 (cm)	花蕾重(g)
スーパードーム	密植	19.2 ±1.5	9.6 ±3.6	273.3 ±34.0
	慣行	18.2 ±1.6	10.1 ±3.1	323.0 ±37.0
ブロッケンHP	密植	22.2 ±2.3	10.1 ±2.6	351.4 ±75.9
	慣行	20.4 ±1.9	9.5 ±2.2	-
SK9-099	密植	15.8 ±1.5	9.8 ±1.6	297.2 ±65.9
	慣行	15.9 ±1.4	10.8 ±2.3	357.3 ±90.0

※1) ブロッケンHPの慣行区は、花蕾重調査が実施できなかったためデータなし。

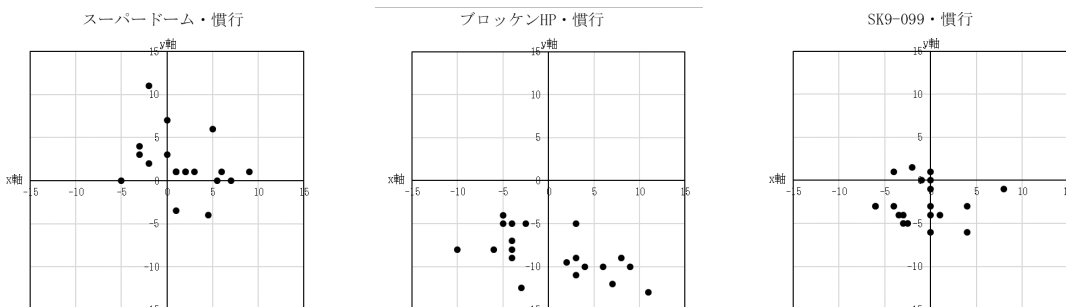
※2) 数値は、平均値±標準偏差。



cm	x軸方向	y軸方向	距離	深植えの程度 (%)
平均	-3.5	1.0	7.2	42.6
標準偏差	7.2	1.5	3.9	

cm	x軸方向	y軸方向	距離	深植えの程度 (%)
平均	-4.9	-4.4	8.3	49.6
標準偏差	4.6	3.0	2.2	

cm	x軸方向	y軸方向	距離	深植えの程度 (%)
平均	-4.5	-3.6	6.0	51.3
標準偏差	1.4	1.9	1.6	



cm	x軸方向	y軸方向	距離	深植えの程度 (%)
平均	1.7	1.8	4.8	43.5
標準偏差	3.6	3.3	2.6	

cm	x軸方向	y軸方向	距離	深植えの程度 (%)
平均	0.4	-8.5	10.2	41.1
標準偏差	5.7	2.6	3.0	

cm	x軸方向	y軸方向	距離	深植えの程度 (%)
平均	-0.9	-2.6	4.4	29.8
標準偏差	3.4	2.3	2.2	

※1) x軸は畝に対して垂直方向、y軸は畝方向、距離は原点を定植位置としたときの、定植位置から花蕾頂点までの距離を示す。

※2) 深植えの程度は計算式によって算出(深植えの程度(定植時の覆土率) = 定植直後の地上部の長さ(cm) / 定植直前の苗の地上部の長さ(cm))。

図3 倒伏の状況

《試験2》機械収穫調査

表2 収穫ごとの累計収穫割合 (%)

手収穫のタイミング	1回目	2回目	3回目以降
累計収穫割合	18.9	100.0	—
一斉収穫区	18.9	100.0	—
手収穫区	18.9	50.0	98.0 [※]

※1) SK9-099の2回目収穫時(11月11日)に計74株の在ほ・収穫状況を調査した。

※2) 生育不良等による未収穫(2.0%:生産者聞き取り)を加味

表3 2回目収穫時の収穫物調査

試験区	一斉収穫区	手収穫区
調査株数(株)	80	40
うち 2L	0	0
L	27	20
M	39	20
出荷不可 (花蕾径不足)	19	0
出荷可能品率 ^{※2}	76.3%	100%

※1) SK9-099の2回目収穫時(11月11日)の結果。

※2) L5株、M11株で機械不調によるキズや折損が発生したが出荷不可に含めず計算した。

表4 収穫方法別の1株当たりのべ収穫時間(秒)

試験区	一斉収穫区	手収穫区
使用機材	一斉収穫機1台	運搬台車1台
組作業人数	オペレータ1名 +同乗粗調整2名 ^{※1}	収穫2名
のべ収穫時間	9.7	6.3
うち刈取作業	7.6	5.5
その他(コンテナ入替等)	2.1	0.8

※1) 粗調整では、花蕾と茎部及び数枚の葉を残すように、機械によるカット位置より上の枝部と葉の切除を行った。

※2) 調査は2回目収穫時の作業時間を基に算出した。

※3) 機械収穫は、機械不調による中断時間を除外した。

5. 経営評価

出荷に当たっては一斉収穫区・手収穫区ともに、JAの出荷規格(表5)に基づき、青果用としてJAへ出荷した。このときの一斉収穫区の売上高は365,700円/10a、手収穫区は464,619円/10aと試算された(表6)。

表5 試験ほ場の青果用の出荷規格

花蕾径	M:~12cm、L:12~13cm、2L:13cm~
品質	花蕾の形状・縮まり・色味が良好(JA部会の目合わせに基づく)であればA品。やや劣るものはB品として出荷するが、病虫害の付着・痕跡のある株は出荷不可。
株全体の高さ	花蕾と茎部の長さを合計して、高さ13cm~15cmとなる位置で水平に切り落とす。
茎部の枝	花蕾を上から見たときに、枝が出て見えない程度まで切り落とす。
茎部の葉	葉を2~3枚残す。
箱詰め規格	発泡スチロール(6kg箱)に、下記の規格に応じた個数と氷を詰めて出荷。 (詰入個数…M:24玉、L:20玉、2L:16玉)

表6 10a当たり販売額試算(円)

出荷規格	一斉収穫区		手収穫区
	1回目手収穫	機械収穫	手収穫4回
2L	11,863	0	67,537
L	68,661	97,722	317,022
M	28,766	158,688	80,059
小計	109,290	256,410	
合計	365,700		464,619

※1) 慣行(株間35cm)の栽植密度の場合。

※2) 機械収穫の規格別割合はSK9-099の2回目収穫時(11月11日)の実測値、手収穫の規格別割合は生産者聞き取りに基づく。

6. 利用機械評価

一斉収穫機の機械収穫時に花蕾のキズとカットミスが多発した。花蕾のキズは、収穫部のアームの角が花蕾に接触することで起こると考えられたことから、収穫期間終了後にローラーを取り付ける改修を施した(写真6)。また、カットミスは、茎カット用回転刃に生じた欠けによるもの(刃の欠損部でカットした際に株が大きく傾いたこと)が一因と判明したため、回転刃の換装を行った。ただし、回転刃の欠けは、青果用の規格(再調整時に花蕾+茎部の合計長13cm以上)を確保するために地際に近い位置で茎をカットした際、株に付着していた土壌や小石を巻き込んだことが原因と考えられたことから、青果用での一斉収穫機の現地導入時は、特に茎部の長い品種を選定する必要性が示唆された。

7. 成果の普及

現在、体系構築の段階であるため、関係機関の意識醸成を図るとともに、指導会等での資料配付を図る。将来的には、産地規模拡大に向け、大規模経営体や大規模水稲複合経営体への普及を目指す。

8. 考察

《試験 1》生育状況と茎頂（花蕾高）制御技術の検証

(1) 地際～生長点の長さ

各品種で栽植様式により大きな差が見られなかったことから、栽植様式は地際～花蕾の長さに対する影響は少ないと考えられる。また、スーパードームの密植区において、9月21日から10月5日に変化が少なかったのは、茎が曲がったことによるものと考えられる。

(2) 花蕾

花蕾径、花蕾重においては、慣行区で優れた結果になる傾向にあったことから、栽植様式は花蕾形成に影響していると考えられ、生育差が生じたのは施肥量が関与していると考えられる。これは、慣行区と密植区において同等量の施肥を行った場合、1株あたりの養分吸収量は、栽植密度の高い密植区の方が劣ると考えられるためである。このため、栽植様式によって施肥量を調整し、生育差の改善を図ることが必要だと考えられる。

(3) 倒伏の状況

SK9-099では、株間の密植と慣行に関わらず、倒伏程度が小さかった。これはSK9-099が、茎（地際～生長点の長さ）が短く、また、やや花蕾位置が低い特性を持つことから、倒伏の要因となる強風等の影響を受けにくく、倒伏程度が小さかったと考えられる。深植えについて、深さの程度に開きがあったのは、畝の均平がとれていなかったことが原因と考えられる。

(4) まとめ

ブロッケン HP は、密植区において生育が優れる傾向が見られ、また、倒伏程度も低かったことから、他2品種よりも、密植栽培に適性が高い可能性がある。一方で、密植区の花蕾重はバラツキが見られ、株の揃いを改めて調査する必要がある。

SK9-099は、花蕾重はブロッケン HP より劣るが、他2品種に比べて倒伏の程度とバラツキは低く、機械収穫に適性が高いと思われる。

スーパードームは、生育や倒伏程度、揃いの良さで他2品種に比べてやや劣る傾向が見られたことから、機械収穫には適さないと考えられる。

《試験 2》機械収穫調査

一斉収穫区は、手収穫区で2～4回目の計3回に分けていた収穫作業を一括的にまとめて行うことができたが、その結果、2回目の出荷可能品率は100%から76.3%へ下がり、10a当たり売上高は464,619円/10aから368,700円/10aへと低下することにつながったと言える。

また、収穫時、機械収穫（9.7秒/株、うち刈取時間7.6秒）が手収穫（6.3秒/株、うち刈取時間5.5秒）より長い時間を要した点については、組作業人数の違いが主な要因の一つに挙げられた。機械収穫の組作業人数を手収穫と同様に3名から2名に減らすことができれば、ほぼ同等の収穫速度が確保できると見込まれる。しかし、機械収穫時の組作業人数を2名とするためには、粗調製を1名で行う必要があり、表6に示すように調製の部位・工程が多い青果用規格は、同乗する粗調製者が最低2名いないと収穫速度を確保できない点から現実的とはいえない。

ただし、機械収穫の所要時間に関しては、調査時に作業を行った現地生産者2名にとって、機械収穫がほとんど経験のない作業であったことも作業速度を下げた要因に考慮された。疲労度調査において、徒歩・中腰で行う手収穫作業（写真4）と、機械上・起立状態で行う調製作業（写真5）が同程度の疲労として感じられたことは、作業の習熟度や効率にも起因している可能性があり、機械収穫の作業速度は複数年を掛けて評価することの必要性に留意しなければならない。

以上より、一斉収穫区は、出荷額の低下、手収穫以上の作業時間の所要による追加の労働費の増加、一斉収穫機の減価償却費の加算を踏まえ、収益性を確保するためには体系の見直しが必要であると考えられた。

9. 問題点と次年度の計画

《試験1》茎頂（花蕾高）制御技術の検証

有望とされた2品種について、ブロッケンHPでは、密植区の花蕾重のバラツキが見られたことから、揃いを向上させる対策を講じつつ、再度調査を行う必要がある。SK9-099では、密植区に比べ慣行区で花蕾重が重かったことから、栽植様式によって施肥量を調整し、密植区においても花蕾重が確保できないか検討する。

また、機械収穫に適した品種に関しては、スーパードームが不適であったこと等を踏まえ、次年度は新たな有望品種を加えて検証し、さらなる品種の選定を進める。

《試験2》機械収穫調査

現状の体系では収益性の向上が見込まれないことから、次年度は、調製の簡便な加工業務用出荷の試験区を設け、粗調製者1名で追加調製を行わずに出荷することが可能であるか検証し、収穫・調製全体の作業時間の大きな短縮を目指す。

10. 参考写真



写真1 現地ほ場の深植えの状況



写真2 花蕾に発生したキズ (左:正常 右:キズあり)



写真3 カットミスにより花蕾が残った茎部



写真4 手収穫作業の様子



写真5 機械収穫の粗調製の様子

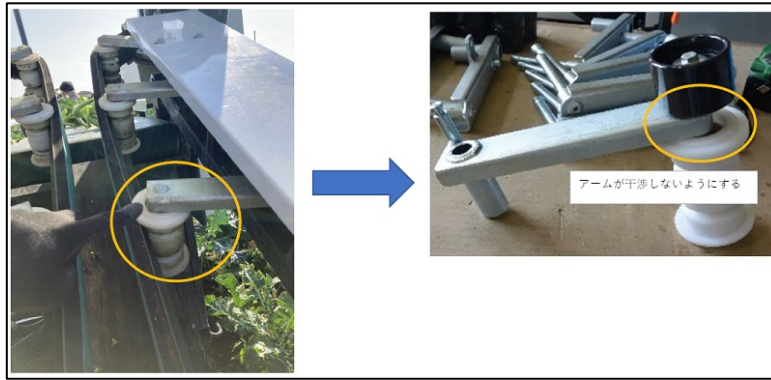


写真6 ローラー取り付けによる収穫部のアームの改修
(右側の写真の上部の黒色ローラーを取り付けた)
(※写真はヤンマーアグリジャパンより提供)