

BULLETIN  
OF  
THE HIROSHIMA PREFECTURAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE  
AGRICULTURAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER

April 2024

広島県立総合技術研究所  
農業技術センター研究報告

アスパラガス収穫作業の軽労・省力化技術に関する研究

第 101 号  
令和 6 年 4 月

広島県立総合技術研究所  
農業技術センター  
(広島県東広島市八本松町原)

# アスパラガス収穫作業の軽労・省力化技術に関する研究

キーワード：母基地際押し倒し法，長柄収穫ハサミ，収穫台車，作業能率，OWAS

坂本 隆行

- 2024 -

## 目次

第1章 緒論	1
第2章 母茎の立茎位置と若茎の萌芽位置を分離できる母茎地際押し倒し法の確立	
第1節 母茎の斜め誘引が収量および畝間群落内の相対積算日射量に及ぼす影響	7
第2節 母茎の斜め誘引後の畝間部の下位節側枝の刈り込みが収量に及ぼす影響	23
第3節 母茎地際押し倒し法による収穫の作業性改善	34
第3章 立ち姿勢での収穫を可能とする収穫器具の開発	
第1節 電動式長柄収穫ハサミの開発	40
第2節 ぬかるみでの走行をスムーズにする収穫台車の開発	68
第4章 開発技術を組み合わせた収穫技術の作業性の検証	77
第5章 慣行立茎栽培における長柄収穫ハサミの適用拡大	
第1節 畝面の視認性を改善する側枝誘引法の検討	96
第2節 側枝誘引が長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業性に及ぼす影響	104
第3節 側枝誘引、長柄収穫ハサミおよび大型車輪収穫台車の利用が収穫の作業性に及ぼす影響	113
第4節 作業通路幅が長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業性に及ぼす影響	125
第6章 現地検証	
第1節 母茎地際押し倒し法および長柄収穫ハサミの現地検証	133
第2節 長柄収穫ハサミのモニターテストによるアンケート評価	142
第7章 総括	154
謝辞	161
Abstract	163
引用文献	171

## 第 1 章 緒論

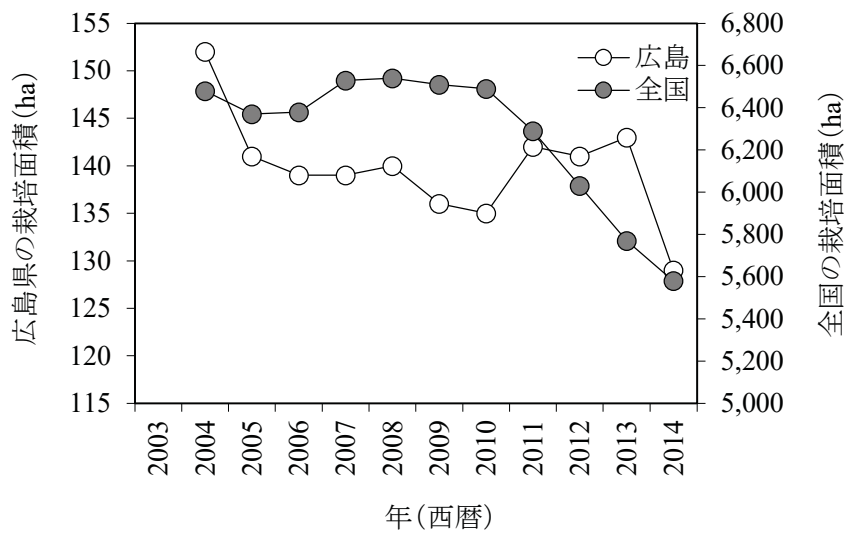
我が国においてアスパラガス(*Asparagus officinalis* L.)は主要な野菜品目の一つで、2014年の作付け面積は5,580 ha、出荷量は25,100 tである(農林水産省, 2014)。アスパラガスの作型は、伏せ込み促成栽培、普通栽培、長期どり栽培に大別できる(元木, 2003)。多くの野菜は一年生作物であるが、アスパラガスは多年生であり、栽培初年は専ら株の養成を行うため、若茎の収穫は殆どない。冬季には低温により地上部の茎葉が徐々に黄化し、光合成産物は地下部に転流され、貯蔵養分として貯蔵根と呼ばれる太い根に蓄積される(日笠・鎌田, 1994)。伏せ込み促成栽培では、株養成を1~2年程度行い、秋季~冬季に茎葉が黄化した後に株を専用の機械を用いて掘り上げ、施設内の伏せ込み床に株を伏せ込み、加温して冬季に若茎を萌芽させて収穫する(小泉ら, 2002・2003, 地子ら, 2012; 山口, 2015; 山口・山田, 2010)。普通栽培では、春季に萌芽する若茎を1ヶ月間程度収穫し、その後は、翌年のための貯蔵養分を蓄積させるため、若茎を収穫せずに茎葉を繁茂させて再度株養成を行う(地子, 2010)。長期どり栽培では、春の萌芽開始から若茎(春芽)を1ヶ月程度収穫し、その後、一定の割合で若茎を母茎(親茎)として育成(立茎)した後、立茎開始から約40日後以降に新たに萌芽してくる若茎を夏芽として、秋の低温により萌芽が停止するまで収穫を続ける。このうち、長期どり栽培は、Chenら(1964)の報告をもとに広島県立農業技術センターの伊藤ら(1994)によって、株養成と並行して収穫を行う母茎留茎栽培として報告がなされ、その後、西南暖地を中心に全国に広まり、アスパラガス栽培における代表的な作型となっている(井上ら, 2007・2008; 池内, 1998; 地子ら, 2006)。

筆者が所属する広島県のアスパラガス生産においては長期どり栽培(広島県では全期立茎栽培とよばれる。以後、全期立茎栽培と表記する)が主な作型で、水田転換作物の一つとして導入が進み、中国四国地域を代表する産地となっている。現在も「2020 農林水産チャレンジプラン(広島県, 2010)」において推進すべき重要品目として位置付けられ、「2020 広島県農林水産業チャレンジプランアクションプログラム(2015 年度~2017 年度)(広島県, 2014)」において個人や法人経営体の栽培拡大を推進している。しかしながら、

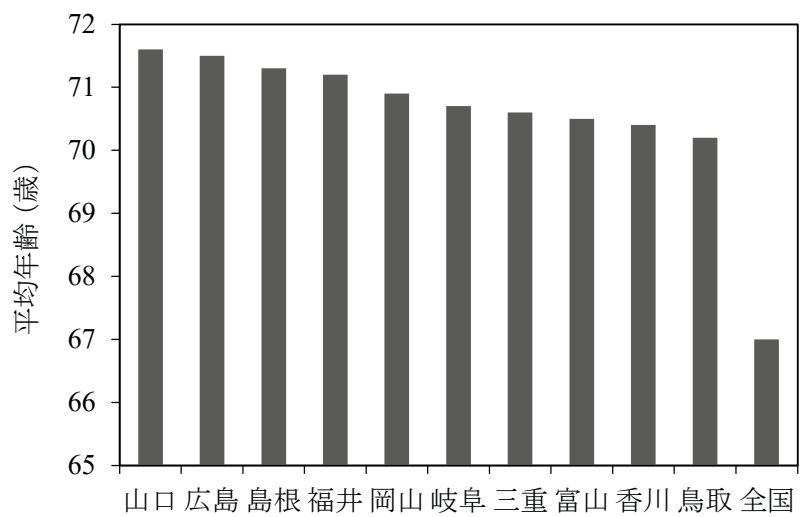
広島県におけるアスパラガス栽培面積は 2004 年の 152 ha から 2014 年には 129 ha に減少している(第 1-1 図)。広島県の 2015 年の基幹的農業従事者の平均年齢は、71.5 歳で全国 2 位の高齢化である(第 1- 2 図, 農林水産省, 2016. 2015 年農林業センサス)。直近の 10 年間においても広島県の基幹的農業従事者の平均年齢は 69.0 歳, (2005 年農林業センサス), 70.7 歳(2010 年農林業センサス)で, 高齢化が進んでいる。アスパラガス栽培における生産者も例外ではなく, 高齢化による栽培面積の減少が報告されている(田中, 2008)。このように高齢化が進む中, アスパラガスの課題として, 収穫作業の労力の軽減が取り上げられている(広島県における 6 次産業化促進に向けた技術開発構想検討チーム, 2014)。

高齢化による栽培面積の減少の主な原因として, 収穫作業の身体的負担が大きいことが挙げられる。アスパラガスの収穫は畝面から萌芽して規定の長さに達した若茎をハサミや鎌を用いて地際から採取することによって行うため, 長時間の中腰姿勢を強いられる(片平, 2004; 坂本ら, 2011; Sakamoto ら, 2016)。収穫期間中は, 新しい若茎が順次萌芽するため毎日の収穫を必要とする。特に全期立茎栽培では, 春芽の収穫後, 母茎を立茎して光合成による株養成と並行して収穫を行うため, 立茎後の収穫は側枝が垂下した母茎群落内にもぐり込む姿勢となり, つらい中腰姿勢に拍車がかかる。さらに, アスパラガスは高温で伸長の程度が大きく(Culpepper・Moon, 1939; 金・崎山, 1989), 気温の高い夏季には若茎の伸長が早く, 穂先が開きやすいことから, 若茎の品質低下を抑制するために 1 日 2 回(朝夕)の収穫を必要とする。全国的にもアスパラガスの収穫は中腰で行われており, 栽培面積も 2007 年の 6,530ha をピークに 2011 年以降急激に減少し, 2014 年には 5,580 ha と 7 年間で 1,000 ha あまりも減少している。このような状況の中, アスパラガス収穫作業の軽労化は喫緊の課題といえる。

広島県のアスパラガス栽培の特徴として, 西南暖地では例外的に露地栽培が主であることが挙げられる。すなわち, 広島県を除く西南暖地の産地の多くが施設栽培(井上ら, 2007; 池内, 1998)であるのに対し, 広島県の 2014 年の施設栽培は約 20%で(広島県園芸振興協会, 2016), 多くが露地栽培である。先に述べたようにアスパラガスは毎日の収穫を必要とし, 降雨時や降雨後など茎葉が雨水で濡れた状態の母茎群落内に潜り込む中腰姿勢で



第 1-1 図 広島県および全国のアスパラガス栽培面積の推移  
農林水産省 野菜生産出荷統計から作成



第 1-2 図 基幹的農業従事者の年齢が高い上位 10 県 (2015 年)  
2015 年農林業センサスデータから作成

の収穫作業を行うこともあり、このような場合には極めて不快感が大きい。

農作業における身体的負担等の問題点について、菊池は全国の農業改良普及センターに対し、農業労働や作業環境の問題点に関するアンケートを行っている(菊池, 2010)。この中で「労働力不足」、「しゃがみ・中腰姿勢」および「腰痛」の相談が多かったと報告し、しゃがみ、前屈み姿勢による膝、腰への負担がある品目の一つとしてアスパラガスを挙げている。また、農林水産省が近年まで農業を営んでいた方を対象に農業経営を断念した理由について調査した結果、「高齢化や病気により体力的に厳しくなったから」が 48.8%と最も高く(農林水産省大臣官房情報課, 2003)、農業経営における作業の軽労・省力化は極めて重要な課題であるといえる。

労働現場における腰痛の発生に関して、厚生労働省は 2013 年に改訂した「職場における腰痛予防対策指針(厚生労働省, 2013)」において、腰痛の発生が多い 5 つの作業における腰痛の予防対策を示している。このうち、作業姿勢については、労働者に対し、上半身が前傾する前屈姿勢、膝関節を曲げて立つ中腰姿勢、上半身と下半身の向きが異なるひねり姿勢、体幹を後方に傾けながらねじる後屈ねん転等の不自然な姿勢をとらないよう留意させることとしている。アスパラガスの収穫作業姿勢の多くは、前屈、中腰の不自然な姿勢に該当し、これらの姿勢をとらないようにするためには、収穫の作業方法や作業環境の改善が不可欠である。

アスパラガス収穫作業の改善を試みた研究は、その必要性が高いにも関わらず、座って作業できる収穫台車(片平, 2004; 井出, 2001)、ロボットによる収穫(田口ら, 2008)、栽培ベッド(池内, 1998)および高施設による栽培(佐野ら, 2014)など、数例報告されているのみである。これらの技術により、収穫作業の軽労化が可能となるが、収穫台車では若茎の採取時に前傾姿勢となること(片平, 2004)、ロボット収穫では導入に多大のコストを要すること(田口ら, 2008)、栽培ベッドおよび高施設化ではアスパラガスは多年生作物であるため、既にアスパラガスを栽培している圃場では導入が難しいなど、課題も残されている。

このような背景の中、広島県立農業技術センター(現: 広島県立総合技術研究所農業技術センター)ではアスパラガス収穫作業の身体的負担の主原因である中腰姿勢の解消を目的に既に栽培を開始している圃場においても新たに取り組める技術として、立ち姿勢



による収穫作業の軽労化技術の実現を目指し、収穫作業の支障となる母茎の立茎位置と収穫する若茎の萌芽位置を分離できる母茎誘引法（以下、母茎地際押し倒し法）を考案している（広島県立農業技術センター，2006）。しかしながら，本法では，慣行の立茎栽培法に比べて規格品収量が 24%低下する課題が残されており（広島県立農業技術センター，2006），実用化を進めるためには収量を維持できる栽培管理法の改善が必要である。また，立ち姿勢による収穫作業の実現には，立ったままで畝面に萌芽した若茎を採取できる収穫器具が必要となる。

そこで，本研究では母茎地際押し倒し法をシーズに，アスパラガス収穫作業の軽労化技術を確立するため，以下の研究に取り組んだ。まず，第一に，母茎地際押し倒し法の課題である収量低下について，茎葉管理法の改善による解決を試みた。それとともに，本栽培法による収穫の作業効率の向上，および中腰収穫や母茎群落内への潜り込み姿勢の低減の可能性について検証を行った。第二に，立ち姿勢での収穫作業を可能とする収穫器具の開発として，柄の長い電動式収穫ハサミ（以下，長柄収穫ハサミ）およびぬかるみでもスムーズに走行できる収穫台車の開発を進め，第三に，開発技術を組み合わせた収穫の作業性および軽労効果の検証を行った。さらに，第四に慣行の立茎栽培への長柄収穫ハサミの適応拡大をはかり，第五に現地評価を行った。

なお，本研究の一環として，著者は広島県立総合技術研究所農業技術センターにおいて，下記のプロジェクト研究を実施した。

1. アスパラガス栽培の自然な立ち姿での収穫作業を目指した栽培管理技術の開発

2004～2007 年度（広島県単重点研究）

2. アスパラガス収穫作業の「つらい姿勢をゼロ」とする軽労・省力化技術の開発

2009～2011 年度（農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業）

（独）農研機構 中央農業総合研究センター，金星大島工業株式会社との共同研究

（名称は研究時のもの）

3. アスパラガス収穫ハサミ“つかみタイプ”の作業性の検証

2012 年度 成果移転促進事業（広島県単）

## 第 2 章 母茎の立茎位置と若茎の萌芽位置を分離できる母茎地際押し倒し法の確立

### 第 1 節 母茎の斜め誘引が収量および畝間群落内の相対積算日射量に及ぼす影響

農業分野における中腰姿勢の代表的な改善事例にイチゴの高設栽培がある(前川ら, 2000; 宮寄・片岡, 2004; 井上ら, 2012)。これは栽培槽を高くすることで、収穫などの作業を中腰から立ち姿勢へと改善する方法であり、イチゴは農業上、一年生として栽培されることが一般的であるため、比較的容易に栽培方法を変更することができ、これによって作業による負担を半分程度に軽減できる(宮寄・片岡, 2004)。一方、アスパラガスは多年生で、一度定植すると、10 年以上も継続して栽培・収穫するため、既に栽培を行っている圃場の高設化を行うことは困難である。また、アスパラガスは根域が広く(八鍬ら, 1982; 橘, 1998; 元木, 2003)、光合成産物を越冬前に貯蔵根に蓄積し、この貯蔵養分を利用して翌年の春に若茎が萌芽する。このため、アスパラガスの収量は前年秋期の根の糖度と根重の積と高い相関があり(日笠・鎌田, 1996)、根域の確保が重要である。高設栽培で根域を確保するには、培地量を増加させる必要がある。しかしながら、培地量の増加には培地重量の増加が伴うため、高設ベンチの倒壊の恐れもあり(佐野ら, 2014)、栽培設備の強度向上の課題も残されている。

広島県立総合技術研究所農業技術センターでは、既存圃場でも新たに導入できるアスパラガスの栽培法として、母茎地際押し倒し法(特許第 4941930)を開発している(第 2-1 図)。立茎後の畝面では、通常、母茎と収穫する若茎とが混在しているため、収穫は母茎を避けながらの作業となるが、母茎地際押し倒し法は立茎時に母茎とする若茎を地際から畝の奥に押し倒すことで、収穫の支障となる母茎の立茎位置と収穫する若茎の萌芽位置を分離でき、収穫する若茎を見つけやすく、母茎を避けることなく若茎を採取することが可能となる。このため、本栽培法により、収穫作業の効率化と軽労化が期待できる。しかしながら、開発時点では収量低下の課題が残されていた(広島県立農業技術センター, 2006)。母茎地際押し倒し法の夏芽の収量は、茎葉が展開して立茎が完了し、収量が増加し始めた時期か



第 2-1 図 母茎地際押し倒し法の概要

- A 1 段階目の押し倒し: 半円筒資材を若茎にあてがい, 角度  $45^{\circ}$  まで押し倒し, ピンで固定
- B 2 段階目の押し倒し: 1~2 日後に地際部まで押し倒し, 固定
- C 作業通路を確保するため, 隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせに押し倒し (Z は作業通路)
- D 母茎を畝の片側に立茎させることで, 立茎位置と若茎の収穫位置を分離 (点線は立茎位置)

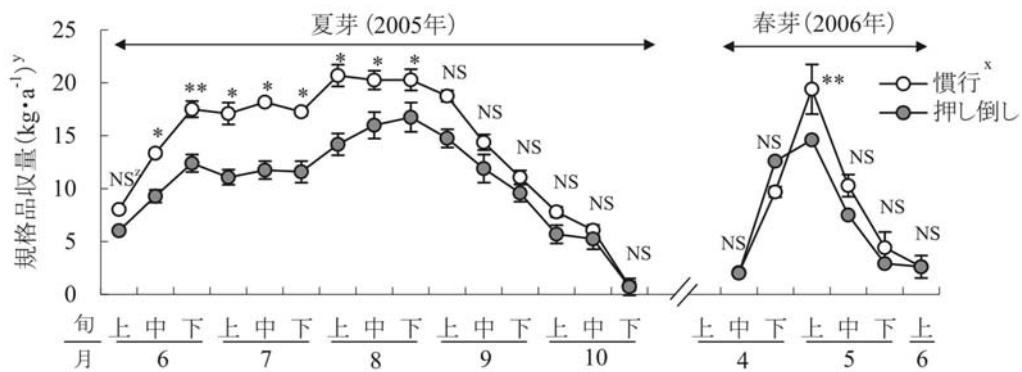
ら慣行の立茎栽培に比べて低く推移し、特に収量が多い 7 月上旬～8 月上旬においては 30%以上減収し、全体で 24%減収した(坂本ら, 2011, 第 2-2 図). この減収の要因として、母茎群落内の日射量の低下が考えられた(坂本ら, 2011, 第 2-3 図). 本栽培法では、母茎を立茎時に畝の片側で立茎するため、押し倒した側の通路に側枝が伸長・展開して作業空間が失われる. この対策として、隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせて押し倒すことで、1 通路おきに作業空間を確保するが、隣り合う母茎が畝間部分で繁茂してしまう. アスパラガスの夏芽の萌芽と伸長は、当年の母茎の光合成産物によって行われ(伊藤ら, 1994), 翌年の春芽の収量には、前年に母茎での光合成によって生成された貯蔵養分の多少が大きく関与している(日笠・鎌田, 1994, 1996). このため、母茎地際押し倒し法ではアスパラガスの主たる光合成器官である擬葉(稲垣ら, 1989)が多く着生する畝間部分の群落における積算日射量の減少が収量の低下の要因の一つとして考えられた.

慣行の立茎栽培では、側枝が込み合う通路の採光を向上させる方法として、通路に伸長した側枝の刈り込みや地上から 50 cm までの下位節側枝を除去する方法(池内, 1998)があるが、田中(2004)は、擬葉の切除の程度が大きい場合には、収量が低下すると報告している. 生産性を低下させることなく、株元の採光性を確保する方法として、井上ら(2008)は垂直方向に張ったネットを用いて地上茎を横幅 80~90 cm となるよう誘引する栽培法を報告している. 母茎地際押し倒し法においては、隣り合う 2 畝の母茎が近接して立茎しているため、ネットを用いた地上茎の誘引法による採光性向上の効果は慣行の立茎栽培に比べて小さいと考えられた. そこで本節では、母茎地際押し倒し法において、立茎後の母茎の株元方向への斜め誘引により畝間群落内の採光を図る方法について検討した.

## 材料および方法

### 1. 耕種概要

広島県立総合技術研究所農業技術センター内の露地圃場で実験を行った. ‘ウェルカム’の購入セル苗(3月8日播種)を2004年5月12日に幅200 cm(ベッド100 cm+通路100 cm), 長さ32 mの畝に株間40 cmの1条植え(1 a 当り125株)で定植し, 株養成を



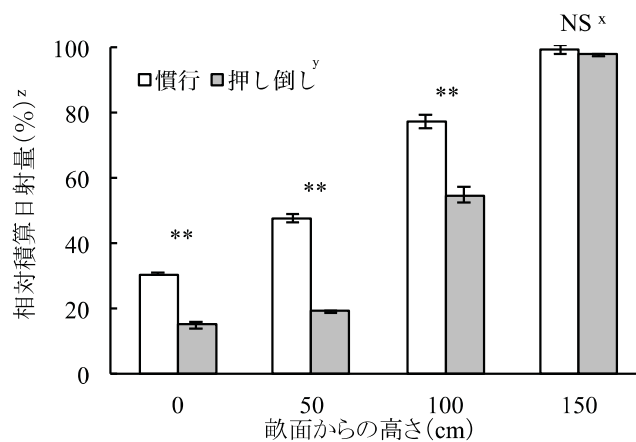
第 2-2 図 アスパラガス母基地際押し倒し法が収穫時期別規格品収量に及ぼす影響 (坂本ら, 2011)

図中の垂線は標準誤差 (n=4) を示す

<sup>z</sup> \*\* および \* は t 検定によりそれぞれ 1% および 5% 水準で有意な差があることを, NS は有意な差がないことを示す

<sup>y</sup> 収量は広島県青果物標準出荷規格の定める規格品 (A 品および B 品)

<sup>x</sup> 慣行区は慣行の立茎方法とし, 押し倒し区は母茎とする若茎を地際から押し倒して畝の片側に列状に立茎した



第 2-3 図 アスパラガス母基地際押し倒し法が畝間の母茎群落内の相対積算日射量に及ぼす影響(坂本ら, 2011)

図中の垂線は標準誤差(n=4)を示す

2006年8月16日晴天日に測定

<sup>z</sup> 全天日射を100とした相対値

<sup>y</sup> 慣行区は慣行の立茎方法とし、押し倒し区は母茎とする若茎を地際から押し倒して畝の片側に列状に立茎した

\*\*はt検定により1%水準で有意な差があることを、NSは5%水準で有意な差がないことを示す

行った。畝の方向は南北方向とした。定植時の苗の草丈は 20~25 cm, 茎数は 3~4 本であった。2005 年以降の施肥については萌芽前に畝表層の土壌を通路に崩して、肥効調節型肥料(リニア型溶出タイプ 180 日, N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O = 14%: 12%: 14%)を 1 a 当り 25 kg, 有機入り配合肥料(N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O = 10%: 8%: 9%)を 8.3 kg, 熔燐(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 20%)を 2.5 kg, 石灰質資材(粉碎かき殻, CaCO<sub>3</sub>: 89%)を 11.5 kg 散布し、土壌と混和しながら畝に成型した。1 a 当りの N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O の合計成分量はそれぞれ, 4.3 kg: 4.2 kg: 4.2 kg であった。その後、茎枯病の耕種的防除を目的(酒井ら, 1992; 小木曾ら, 2012)に約 3 cm の厚さでバーク堆肥により畝を被覆した。

## 2. 母茎地際押し倒し法の概要

第 2-1 図に母茎地際押し倒し法の概要を示した。母茎とする若茎の押し倒しには、半円筒状資材(プラスチック製, 長さ 30 cm × 直径 2.4 cm)を用いた。母茎とする若茎が約 10~30 cm の長さに達した時点で若茎に半円筒状資材の内側をあてがい、若茎が地表面に対して 45°角度まで押し倒して長さ 20 cm の U 字型ピンで固定した(第 2-1 図 A)。その 1~2 日後に若茎を地際まで押し倒した(第 2-1 図 B)。なお、母茎の押し倒しは、隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせて押し倒して、1 通路おきに作業通路を確保した(第 2-1 図 C)。以上の方法により、母茎の立茎位置を若茎の収穫位置から分離し、収穫する若茎の識別を容易にした(第 2-1 図 D)。

## 3. 母茎地際押し倒し法における母茎の斜め誘引が収量および畝間群落内の相対積算日射量に及ぼす影響

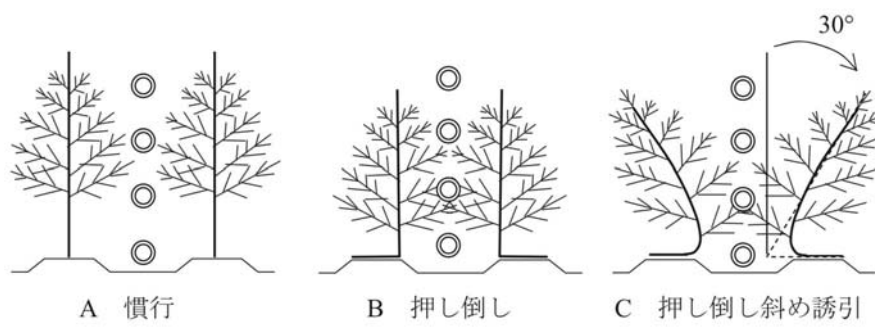
母茎地際押し倒し法において、隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせた畝間における母茎群落内の受光態勢の改善を図るため、母茎を押し倒して立茎した後に株元方向に斜めに誘引する方法について、2006 および 2007 年にそれぞれ母茎地際押し倒し法および慣行の立茎方法与収量および相対積算日射量の比較を行った。

2006 年に母茎地際押し倒し法により母茎とする若茎を押し倒して畝の片端に立茎させ、立茎位置と収穫位置を分離した後に、母茎地際押し倒し法のみで栽培した区(以下、押し

倒し区)および母茎を株元方向に垂直位置に対して 30°の角度で斜めに誘引する区(押し倒し斜め誘引区)の 2 区を設けた(第 2-4 図 B, C). 1 区当たり 14.4 m<sup>2</sup>(18 株)~16 m<sup>2</sup>(20 株)の 2 反復で実験を行い, 両端の 2~3 株ずつを除いた 14 株を収量調査の対象とした. 2006 年 5 月 2 日から 2.母茎地際押し倒し法の概要に記載した資料を用いて, 母茎の地際押し倒しを開始した. 立茎本数は畝の長さ 1 m に 10 本を基準とした. 茎径 12~15 mm を目安に母茎とする若茎を選定し, 所定の本数に満たない場合は茎径 12 mm 未満および 15 mm 以上の若茎も立茎した. 押し倒し斜め誘引区では, 擬葉がほぼ展開した 5 月 31 日に母茎を垂直位置に対して 30°の角度で株元方向に斜めに誘引した(第 2-4 図 C). 両区とも立茎後の栽培期間中, 押し倒し部付近から発生して萌芽位置に垂れ下がり, 収穫の支障となる側枝のみを基部から除去した. 立茎完了後の 2006 年 6 月 11 日~収穫が終了した 10 月 31 日までの夏芽, および, 2007 年の収穫を開始した 4 月 16 日~立茎の完了した 6 月 10 日までの春芽を収量調査の対象とした. 地際から 26 cm 以上の長さには達した若茎をすべて収穫し, 先端から 25 cm の長さに調整後, 広島県青果物標準出荷規格(広島県野菜振興協会, 1997)の定める出荷規格に基づき, 規格品(A 品および B 品)について階級別(L 級:19 g 以上, M 級:12 g 以上 19 g 未満, S 級:9 g 以上 12 g 未満)に本数および重量を調査した.

畝間の母茎群落内の相対積算日射量を積算日射フィルム(オプトリーフ O-1D, 大成イーアンドエル)を用いて晴天日に測定した. アスパラガスの群落における受光量の測定は, 一般に照度計が用いられている(井上ら, 2008b; 元木ら, 2004)が, 本手法では同時に多数の箇所を測定することが極めて困難である. 安価で容易に積算日射量を測定する方法として, フィルムに含浸させた色素の退色から積算日射量を測定する技術が開発された(遠藤・石川, 1994; 吉村ら, 1989). これまでに多くの作物でこの方法が用いられており(羽石・石原, 2005; 磯田ら, 1990; Isoda ら, 1994; 富田ら, 2008; 渡邊ら, 2001; 山田ら, 2004), 坂本ら(2011)によって, アスパラガスの母茎群落における積算日射量の測定にも応用されている. 測定位置については, 畝間の中央における畝面と同一の高さ(0 cm), 畝面から 50, 100, および 150 cm の高さとした(第 2-4 図). 幅 3.5 cm, 長さ 2 cm に切断したフィルムをスライド用プラスチックマウントに挟み込み, 畝間中央部に設置した支柱(直径 16 mm)の





第 2-4 図 処理区の模式図(坂本ら, 2011)

◎は相対積算日射量測定位置を示し, 下から順に 0, 50, 100 および 150 cm の高さ

各測定高に取り付けたクリップでフィルムが水平となるよう調整し、1区当たり3か所設置した。フィルムを2006年8月15日の19時30分に設置し、翌日19時30分に回収した。

2007年に押し倒し斜め誘引区および慣行の立茎方法で栽培した慣行区の2区を設けた(第2-4図A, C)。1区当たり $7.2\text{ m}^2$ (9株)~ $8.8\text{ m}^2$ (11株)の4反復で実験を行い、両端の2~3株ずつを除いた5株を収量調査の対象とした。いずれの区も前年まで同一の条件で栽培した株を用いた。2007年5月1日から母茎の地際押し倒しを開始し、6月1日に押し倒し斜め誘引区の母茎を垂直位置に対して $30^\circ$ の角度で株元方向へ斜めに誘引した。なお、押し倒し斜め誘引区の母茎の押し倒し、立茎および側枝管理については2006年と同様に行った。慣行区の立茎は押し倒し区と同様に茎径 $12\sim 14\text{ mm}$ を基準に選定し、畝の長さ $1\text{ m}$ に10本を基準とした。側枝管理については畝面から $50\text{ cm}$ 以下の側枝をすべて基部から除去した。立茎後の2007年6月11日~収穫が終了した10月31日までの夏芽および2008年の収穫を開始した4月14日~立茎の完了した6月10日までの春芽を収量調査の対象とし、2006年と同様の方法で調査した。畝間の母茎群落内の相対積算日射量を晴天日に2006年と同様の方法で測定した。フィルムを2007年7月24日の19時30分に設置し、翌日の19時30分に回収した。

## 結果および考察

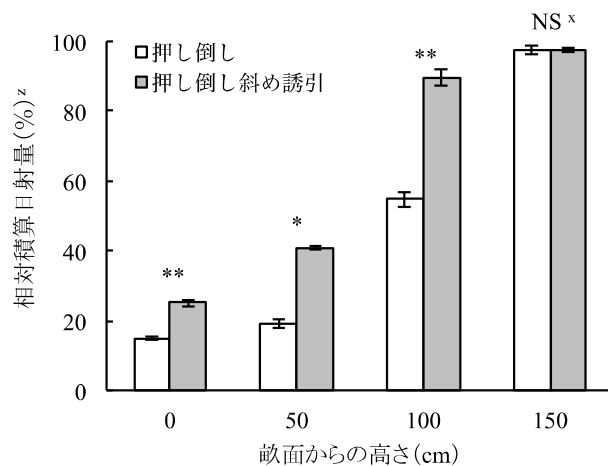
母茎地際押し倒し法における母茎の斜め誘引が階級別収量に及ぼす影響について第2-1表に示した。押し倒し斜め誘引区における夏芽の合計規格品収量は押し倒し区の127%となり、特に夏芽のL級の収量が押し倒し区に対して多く、133%であった。春芽においても押し倒し誘引区が押し倒し区に比べて129%と多く、春芽および夏芽を合わせた年間合計収量は押し倒し斜め誘引区が $171.4\text{ kg}$ で、押し倒し区の1a当たり $134.4\text{ kg}$ に比べて約1.3倍であった。母茎地際押し倒し法における立茎後の母茎の斜め誘引が畝間の母茎群落内の相対積算日射量に及ぼす影響について、第2-5図に示した。畝面から $150\text{ cm}$ の高さでは押し倒し斜め誘引区および押し倒し区との間に有意な差はみられなかったが、 $100\text{ cm}$ 以下では押し倒し斜め誘引区の方が押し倒し区に比べて有意に高く、押し倒し区の1.6~2.1倍であった。慣行の立茎を行った慣行区との比較について、第2-6図に時

第2-1表 アスパラガス母茎地際押し倒し法における母茎の斜め誘引が階級別収量に及ぼす影響

処理区 <sup>z</sup>	規格品収量(kg・a <sup>-1</sup> )								年間合計
	夏芽(2006年)				春芽(2007年)				
	L級	M級	S級	小計	L級	M級	S級	小計	
押し倒し	62.5	32.6	6.2	101.3	26.9	5.4	0.8	33.1	134.4
押し倒し斜め誘引	82.9	37.7	8.1	128.8	34.3	7.4	0.9	42.6	171.4

n=2

<sup>z</sup>押し倒し区は母茎とする若茎を地際から押し倒して畝の片側に列状に立茎し，押し倒し斜め誘引区は押し倒し区同様に若茎を押し倒して立茎させた後，母茎を株元方向へ斜めに誘引した



第 2-5 図 アスパラガス母基地際押し倒し法における立茎後の母茎の斜め誘引が畝間の母茎群落内の相対積算日射量に及ぼす影響

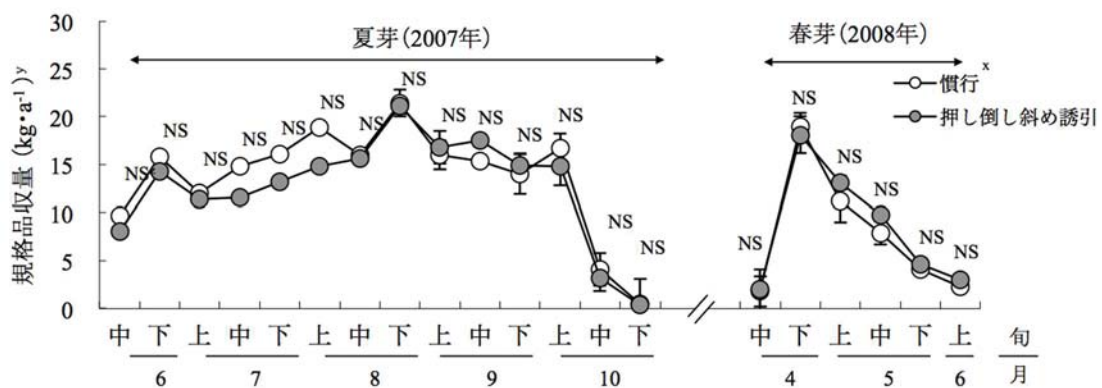
2006 年 8 月 16 日晴天日に測定

図中の垂線は標準誤差(n=4)を示す

<sup>z</sup> 全天日射を 100 とした相対値

<sup>y</sup> 押し倒し区は母茎とする若茎を地際から押し倒して畝の片側に列状に立茎し、押し倒し斜め誘引区は押し倒し区同様に若茎を押し倒して立茎させた後、母茎を株元方向へ誘引した

\*\*,\*は t 検定によりそれぞれ 1%, 5% 水準で有意な差があることを, NS は 5% 水準で有意な差がないことを示す



第 2-6 図 アスパラガス母基地際押し倒し法における母茎の斜め誘引が収穫時期別収量に及ぼす影響

<sup>z</sup> NS は t 検定により 5% 水準で有意な差がないことを示す

<sup>y</sup> 収量は広島県青果物標準出荷規格の定める規格品 (A 品および B 品)

慣行区は慣行の立茎方法とし、押し倒し斜め誘引区は母茎とする若茎を地際から押し倒して畝の片側に列状に立茎した後、母茎を株元方向へ斜めに誘引した

第2-2表 アスパラガス母茎地際押し倒し法における母茎の斜め誘引が階級別収量に及ぼす影響

処理区 <sup>z</sup>	規格品収量(kg・a <sup>-1</sup> )								合計
	夏芽(2007年)				春芽(2008年)				
	L級	M級	S級	小計	L級	M級	S級	小計	
慣行	135.5	47.3	8.6	191.4	39.2	5.6	1.4	46.2	237.6
押し倒し斜め誘引	112.5	56.1	9.2	177.8	41.1	7.1	2.4	50.6	228.4
有意性 <sup>y</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

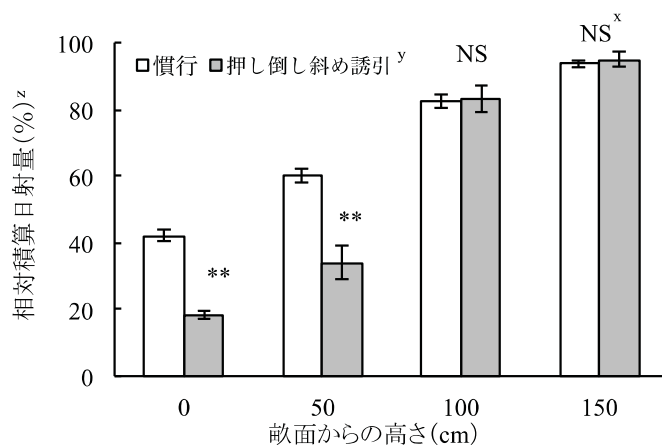
<sup>z</sup>慣行区は慣行の立茎方法とし、押し倒し斜め誘引区は母茎とする若茎を地際から押し倒して畝の片側に列状した後、母茎を株元方向へ斜めに誘引した

<sup>y</sup>NSはt検定により5%水準で有意な差がないことを示す(n=4)

期別規格品収量を、第 2-2 表に階級別規格品収量の結果を示した。時期別の規格品収量については、夏芽および春芽ともに全期間を通じて、押し倒し斜め誘引区および慣行区間に有意な差はなかった。階級別規格品収量については、押し倒し斜め誘引区における夏芽の合計規格品収量は 1 a 当り 177.8 kg、春芽の合計規格品収量は 50.6 kg でいずれも慣行区との間に有意な差はなく、年間の合計収量および階級別の収量についても押し倒し斜め誘引区と慣行区との間に有意な差はなかった(第 2-2 表)。畝間の母茎群落内の相対積算日射量の結果を第 2-7 図に示した。畝面から 150 および 100 cm の高さでは両区に差はみられなかったが、50 cm 以下では押し倒し斜め誘引区が慣行区の約 60%以下で有意に低かった。なお、本実験では全ての区において、丸 5 頭口ノズルを装着した動力噴霧機を用いて手作業で薬剤散布を行った。観察では、押し倒し区および押し倒し斜め誘引区における病虫害の発生は慣行区と同程度で栽培上問題のない水準であった。

母茎地際押し倒し法の減収について、坂本ら(2011)は、次のように考察している。慣行の立茎栽培では母茎が畝上で直立しており、各畝が独立して母茎群落を形成している。これに対して、母茎地際押し倒し法では隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせに押し倒すことで母茎群落が混み合って形成される。また、母茎の地際から 30 cm 程度の部分が畝面に接しているため、慣行に比べて茎高が約 30 cm 低下する。このため、側枝の発生位置が低くなり、畝間の母茎群落内において、畝面から 100 cm 以下の高さの相対積算日射量が低下したと考えられた。また、アスパラガスでは主な光合成器官である擬葉の葉面積の測定方法が確立していないため、慣行区に比べて相対積算日射量が低かった押し倒し区における、畝面から 100 cm 以下の高さの擬葉面積を測定することができなかったが、茎長や目視による比較では各母茎の茎葉の繁茂程度に差はみられなかった。このことから、押し倒し区では母茎群落内の積算日射量の減少が収量低下の一因と考えられた。

本実験では、母茎地際押し倒し法における畝間の母茎群落内の相対積算日射量の減少について、母茎を地際から押し倒して立茎した後に株元方向へ斜めに誘引することで、畝間部の母茎群落上部に空間ができ、100 cm 以下の高さの相対積算日射量が向上し、畝面から 100 cm の高さでは慣行と同等の相対積算日射量が得られた。一方、畝面から 50 cm 以下の高さの相対積算日射量は慣行区と比較して有意に低く、立茎後の母茎の株元方向



第 2-7 図 アスパラガス母茎地際押し倒し法における立茎後の母茎の斜め誘引が畝間の母茎群落内の相対積算量に及ぼす影響  
 2007 年 7 月 25 日晴天日に測定  
 図中の垂線は標準誤差(n=4)を示す  
<sup>z</sup> 全天日射を 100 とした相対値  
<sup>y</sup> 慣行区は慣行の立茎方法とし、押し倒し斜め誘引区は母茎とする若茎を地際から押し倒して畝の片側に列状に立茎した後、母茎を株元方向へ斜めに誘引した  
 \*\*は t 検定により 1% 水準で有意な差があることを、NS は 5% 水準で有意な差がないことを示す



への誘引のみでは、下位節の受光態勢の改善は不十分であった。これは母茎の斜め誘引が、母茎の立ち上がり付近を軸に母茎を株元方向へ誘引するため、群落上部では隣り合う 2 畝の母茎の間に空間ができるが、群落下部では十分な空間ができなかったことが要因であった。しかしながら、慣行区においても畝面から 0 および 50 cm の高さの相対積算日射量はそれぞれ約 40 および 60% で、畝面から 100 および 150 cm の高さの相対積算日射量に比べて低かった。このため、押し倒し誘引区では、畝面から 0 および 50 cm の高さで慣行区に比べて相対積算日射量が低かったものの、畝面から 100 cm の高さの相対積算日射量を慣行区と同等の 80% となったことで、慣行区と同等の収量が得られたと考えられる。母茎を地際から押し倒すことによる立茎後の光合成産物の転流への影響については、知見がないことから今後解明する必要があるが、母茎とする若茎を地際から押し倒して立茎した後の母茎の株元方向への誘引が畝間の群落内の相対積算日射量および収量の低下抑制に有効であることが示唆された。しかし、押し倒し斜め誘引区における畝間部の畝面から 50 cm 以下の相対積算日射量は、慣行区に比べて有意に低く、立茎後の母茎の株元方向への誘引のみでは、下位節の受光態勢の改善は不十分である可能性も考えられた。このため、寡日照条件下では慣行区に比べて収量の影響が大きくなる懸念が示唆された。

## 要約

収穫の支障となる母茎の立茎位置と収穫する若茎の萌芽位置を分離できる母茎地際押し倒し法の課題である収量低下について、茎葉管理法の改善による解決を試みた。隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせに押し倒すことで畝間の母茎群落が混み合うことによる群落下位の相対積算日射量の低下が収量低下の一因であることを明らかにした。改善策として、母茎を立茎後に株元方向へ斜めに誘引することで、畝間の群落内における相対積算日射量を向上し、慣行と同等の収量が得られた。しかし、畝間部の母茎群落下部の相対積算日射量は、慣行区に比べて低く、立茎後の母茎の株元方向への誘引のみでは、寡日照条件による収量への影響が大きくなる懸念され、第 2 節で解決すべく、畝間の側枝刈り込みについて検討した。

## 第 2 節 母茎の斜め誘引後の畝間部の下位節側枝の刈り込みが収量に及ぼす影響

前節において、隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせに押し倒して立茎する母茎地際押し倒し法において、受光態勢の改善を図る母茎の株元方向への誘引のみでは、畝面から 50 cm 以下の相対積算日射量が慣行に比べて有意に低く、寡日照条件下において慣行区に比べて収量への影響が大きくなることが懸念された。そこで、解決策として、畝間中央部における側枝刈り込み処理について検討した。

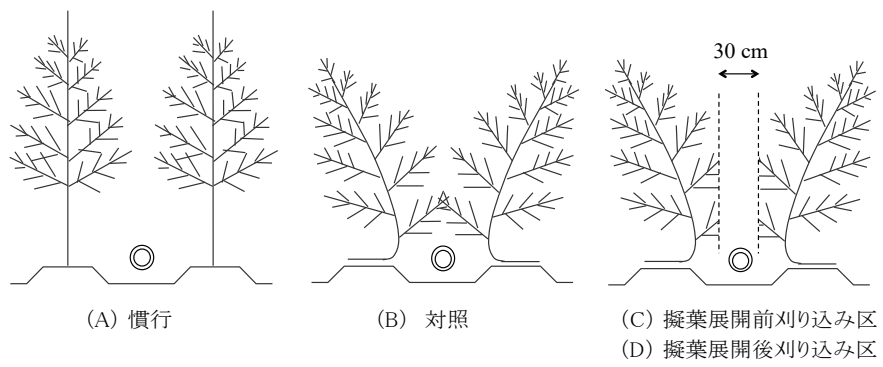
### 材料および方法

#### 1. 栽培概要

実験は 2010 年に広島県立総合技術研究所農業技術センターの露地圃場で行った。2008 年に定植した 3 年生のアスパラガス‘ウェルカム’を用いた。2008 年に畝間 200 cm (畝幅 100 cm + 通路幅 100 cm)、長さ 30 m の畝に株間 40 cm の 1 条植え(1 a 当たり 125 株)で定植して、株養成を行った。畝の方向は南北方向とした。2010 年の施肥は 1 a 当たり肥効調節型肥料(リニア型溶出タイプ 180 日, N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O =14%: 10%: 13%)を 25 kg, 有機入り配合肥料(N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O =10%: 8%: 9%)を 8.3 kg, 熔燐(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 20%)を 2.5 kg, 石灰質資材(粉碎かき殻, CaCO<sub>3</sub>: 89%)を 11.5 kg とし、施肥方法は前節に準じて行った。施肥後、マルチとして畝にバーク堆肥を 3~5 cm の厚さで被覆した。

#### 2. 畝間部の側枝刈り込み処理が収量および畝間部の照度に及ぼす影響

隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせに母茎地際押し倒し法で立茎後、側枝が伸長し、擬葉の展開が開始する時点で母茎を株元方向へ約 30° の角度で誘引して畝間部の側枝刈り込み処理を行った擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉の展開が概ね完了した時点で母茎を株元方向へ誘引して畝間部の側枝の刈り込み処理を行った擬葉展開完了時刈り込み区を設けた(第 2-8 図 C および D)。また、対照区として、母茎地際押し倒し法で立茎後、擬葉展開完了時に母茎を株元方向へ約 30° の角度で誘引した区(第 2-8 図 B)および慣行区として、慣行の立茎方法で栽培した区(第 2-8 図 A)を設けた。1 区 10 株(8 m<sup>2</sup>)



第 2-8 図 処理区の模式図

◎は相対積算日射量測定位置を示す(畝面から 0 cm の高さ)

の4反復とした。

すべての区について、2010年5月6日から立茎を開始し、立茎方法は前節に準じて行った。擬葉展開開始時刈り込み区は5月27日に、擬葉展開完了時刈り込み区は6月10日にそれぞれ前節に準じて母茎を株元方向へ誘引し、畝間の側枝の刈り込み処理を行った。両区ともに畝間部の側枝刈り込みはバッテリー式ヘッジトリマ(RYOBI社製)を用いて畝間部中央を中心に幅30cmで刈り込んだ。

側枝管理について、擬葉展開開始時刈り込み区、擬葉展開完了時刈り込み区および対照区は前節の押し倒し斜め誘引区と同様とし、側枝刈り込み処理後の畝間部の側枝は放任とした。慣行区についても前節と同様の側枝管理とした。

収穫調査については、前節同様に地際から26cm以上の長さには達した若茎をすべて収穫し、先端から25cmの長さに調整後、広島県青果物標準出荷規格(広島県野菜振興協会、1997)の定める出荷規格に基づき、規格品(A品およびB品)について重量を調査した。調査は立茎完了後の2010年6月1日～収穫が終了した10月31日までの夏芽、および、2011年4月14日～6月20日までの翌年の春芽を対象とした。

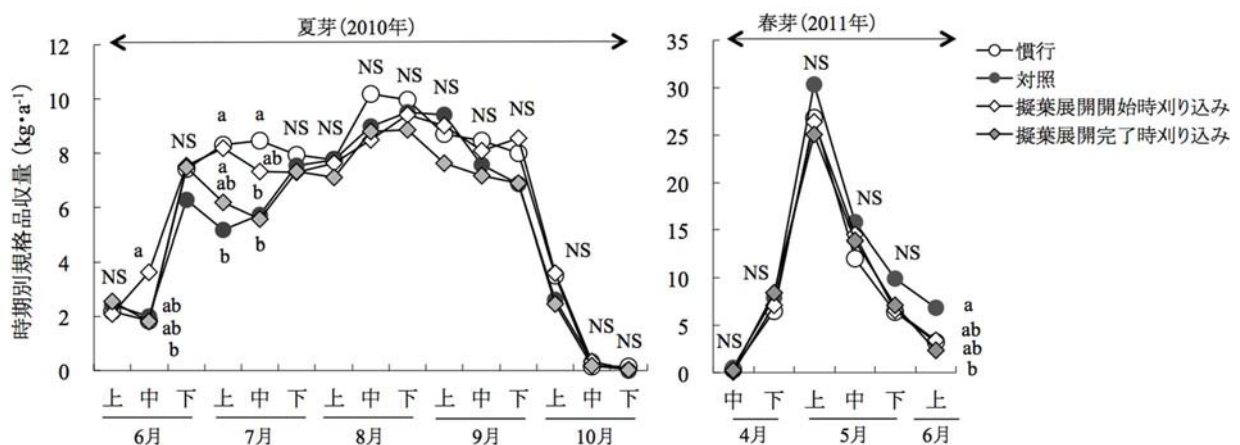
母茎を向かい合わせた畝間部の母茎群落内における相対積算日射量を積算日射フィルム(オプトリーフO-1D, 大成イーアンドエル)を用いて、5月9, 21, 30日, 6月11, 24日, 7月10, 21, 30日, 8月18日, 9月2, 17日に測定した。測定位置は畝間部の中央における畝面と同一の高さとし(第2-8図), 前節に準じてフィルムを設置・回収した。また、母茎を向い合わせた畝間部の母茎群落内における照度について、畝間中央部の畝面の高さに照度データロガー(TR-74Ui, (株)ティアンドデイ社製)を設置して5分毎に照度を記録した。照度の測定は概ね晴天であった2010年9月9日および曇天であった9月11日に行い、1区3反復とした。また、2010年6～10月の日照時間について、実験圃場から直線距離で約120m離れた気象庁気象観測所(広島県東広島市)のアメダスデータ(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)から引用した。

## 結果および考察

母茎地際押し倒し法における畝間部の側枝刈り込みが時期別規格品収量に及ぼす影響

について、第 2-9 図に示した。6 月中旬では擬葉展開開始時刈り込み区で擬似展開完了時刈り込み区に比べて規格品収量が有意に高かった。7 月上旬および中旬では対照区および擬葉展開完了時刈り込み区の収量が一時的に低下した。7 月上旬では慣行区および擬葉展開開始時刈り込み区に比べて対照区で有意に低く、7 月中旬では慣行区に比べて対照区および擬葉展開後刈り込み区で有意に低かった。7 月下旬以降は対照区および擬葉展開後の収量が回復し、10 月下旬まで処理区間に差はみられなかった。翌年の春芽の時期別規格品収量について、6 月上旬に対照区が擬葉展開完了時刈り込み区に比べて有意に高かったが、その他の時期では処理区間に差はみられなかった。夏芽の規格品合計収量および翌年の春芽の規格品合計収量はともに処理区間に差はなく、年間の規格品合計収量も処理区間に差はなかった。

母茎地際押し倒し法における畝間部の側枝刈り込みが畝間畝面の高さの母茎群落内の相対積算日射量に及ぼす影響について、第 2-10 図に示した。すべての区において、立茎開始直後の 5 月 9 日から茎葉の繁茂に伴い、相対積算日射量が低下し、7 月 30 日以降に概ね一定となった。対照区の相対積算日射量は 5 月 30 日以降、慣行区の 45～68%で低く推移した。擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時刈り込み区の相対積算日射量に差はみられなかった。6 月 11 日では擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時刈り込み区の相対積算日射量は対照区よりも高く、7 月 10 日では擬葉展開完了時刈り込み区が対照区より高かったが、7 月 21 日以降では擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時区ともに対照区との間に差はなかった。母茎地際押し倒し法における畝間部の側枝刈り込みが畝間中央部の畝面の高さの照度に及ぼす影響について、第 2-11 図に示した。晴天日(9 月 9 日)では慣行区の照度が 10:30 頃から急激に上昇したが、他の区では 11:00 過ぎから上昇した。稲垣ら(1989)は、アスパラガスの光合成速度を測定し、光飽和点は生育初期および葉状茎が濃緑色の中期の株で 40,000～50,000 lx, 葉状茎の緑色がややあせた状態の生育後期の株で 10,000～20,000 lx, 光合成の光補償点は各生育期間とも 1,500～2,000 lx 付近であると報告している。本実験では立茎開始から収穫終了まで茎葉の色は濃緑色であった。このことから収穫期間中の光飽和点は 40,000～50,000 lx 付近にあったと考えられる。晴天日(9 月 9 日)において、畝間部の日照が光飽和点であ



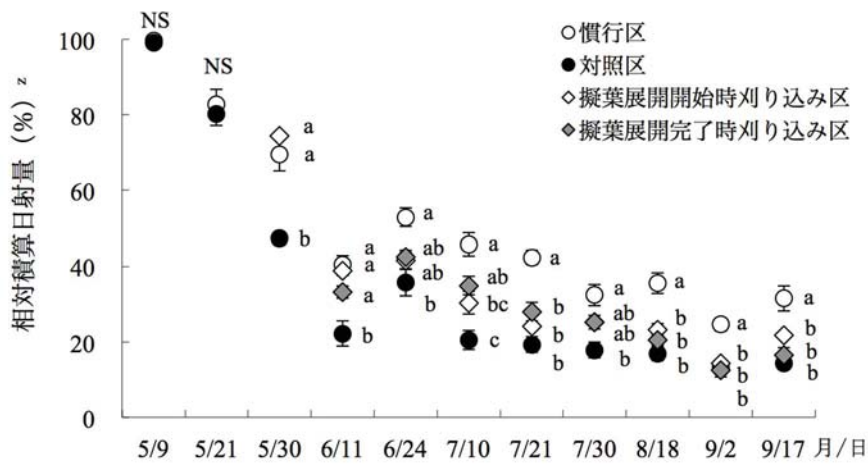
第 2-9 図 アスパラガス母基地際押し倒し法における畝間部の側枝刈り込み処理が収穫時期別規格品収量に及ぼす影響

図中の垂線は標準誤差 (n=4) を示す

Tukey の HSD により NS は 5%水準で有意な差がないことを, 同時期の異符号間に有意な差があることを示す

収量は広島県青果物標準出荷規格の定める規格品 (A 品および B 品)

慣行区は慣行の立茎方法とし, 対照区は母基地際押し倒し法で栽培, 擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時刈り込み区は母基地際押し倒し法で栽培し, 擬葉展開開始時および擬葉展開完了時にそれぞれ畝間部の側枝の刈り込み処理を行った



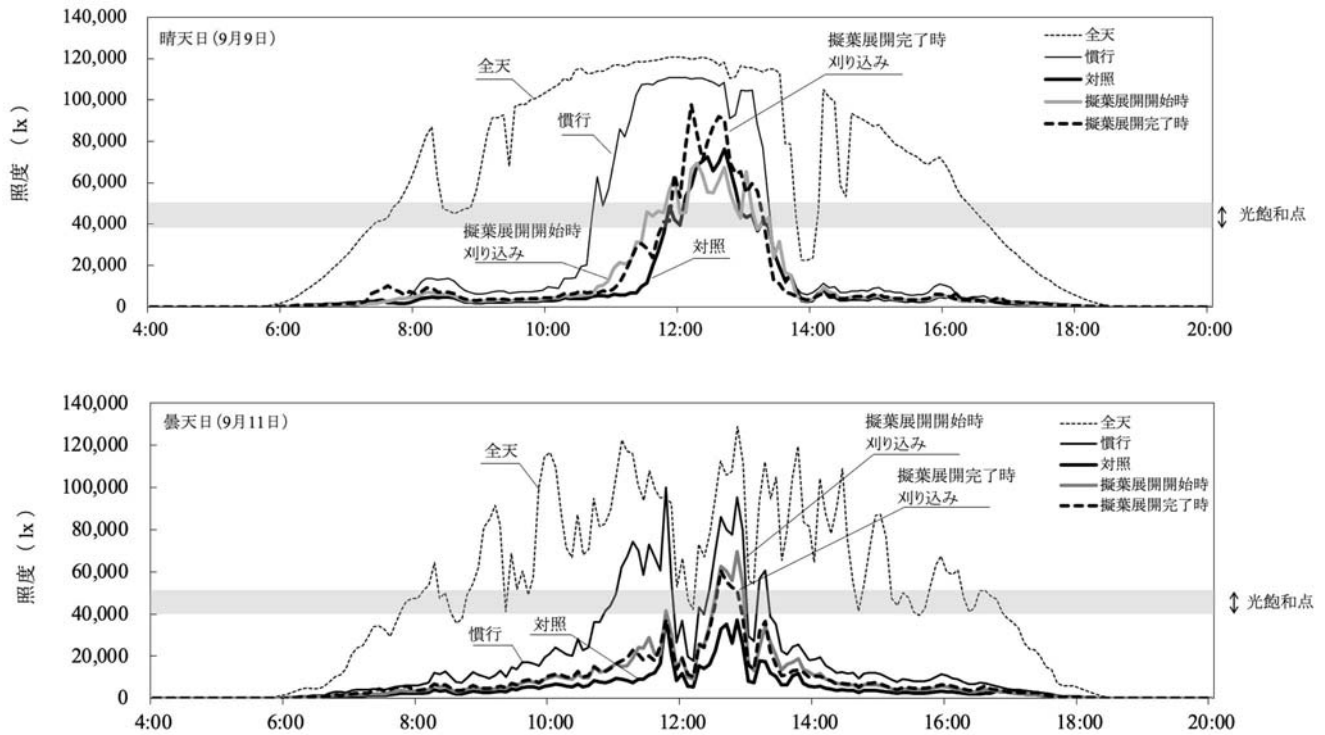
第 2-10 図 アスパラガス母基地際押し倒し法における畝間部の側枝刈り込み処理が畝間の母茎群落内の相対積算日射量に及ぼす影響

<sup>z</sup> 畝間中央部の畝面の高さの相対積算日射量をオプトリーフを用いて測定し、全日射を 100 とした相対値

図中の垂線は標準誤差 (n=3) を示す

Tukey の HSD により NS は 5%水準で有意な差がないことを、同一日の異符号間に有意な差があることを示す

慣行区は慣行の立茎方法とし、対照区は母基地際押し倒し法で栽培、擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時刈り込み区は母基地際押し倒し法で栽培し、擬葉展開開始時および擬葉展開完了時にそれぞれ畝間部の側枝の刈り込み処理を行った



第 2-11 図 アスパラガス母基地際押し倒し法における畝間部の側枝刈り込み処理が畝間部の母茎群落内照度に及ぼす影響

立茎各区とも 5 月 6 日から開始した

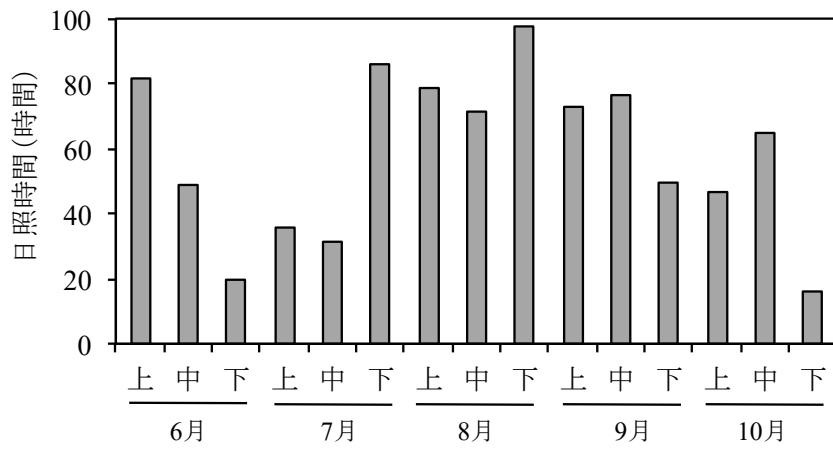
慣行区は慣行の立茎方法とし、対照区は母基地際押し倒し法で栽培、擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時刈り込み区は母基地際押し倒し法で栽培し、擬葉展開開始時および擬葉展開完了時にそれぞれ畝間部の側枝の刈り込み処理を行った



る 40,000~50,000 lx 以上となった時間帯は、慣行区では概ね 10:45~13:15 の約 150 分間であったが、他の区では概ね 12:00~13:00 の約 60 分間であった。また、この時間帯の擬葉展開完了時刈り込み区の照度は擬葉展開開始時刈り込み区および対照区に比べて高く推移した。曇天日(9月11日)においても畝間部の日照は慣行区が最も高く推移した。慣行区の畝間の照度が光飽和点である 40,000~50,000 lx 以上となった時間帯は 11:00~11:50, 12:35~12:55 および 13:10~13:20 の 80 分間であった。擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時刈り込み区の畝間部の照度は同様の推移を示し、両区の畝間部の照度が光飽和点以上となった時間帯は 12:35~12:50 の 15 分間であった。対照区の照度は最も低く推移し、光飽和点以上となった時間帯はなかった。実験圃場から約 120 m 離れた地点の気象庁観測所の日照時間の結果を第 2-12 図に示した。6 月下旬から 7 月中旬にかけて日照時間が少なく、これらの時期の日照時間は 6 月上旬および 7 月上旬~9 月中旬の 50%未満であった。

前節において、隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせに押し倒す母茎地際押し倒し法において、受光態勢を改善する母茎の斜め誘引のみでは、向かい合わせた畝間における下位節の受光態勢の改善は十分でなかったため寡日照が続く条件下では収量低下が懸念された。本実験において、日照時間が少なかった 7 月上旬および中旬に対照区の収量が慣行区に比べて有意に低下したことから、寡日照となる気象条件によっては一時的に収量が低下することが明らかになった。

稲垣ら(1989)の実験では、アスパラガスの光合成速度は 40,000~60,000 lx の条件下に比べて 10,000 lx の条件では 50%程度低くなるが、20,000 lx の条件下では顕著な低下はみられていない。このことから、照度が 20,000 lx 以上の条件であれば、畝間部の照度に差が生じても畝間の側枝における光合成速度の差は小さいと考えられる。曇天日(9月11日)では、慣行区、擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時刈り込み区の向かい合わせた母茎の畝間における照度は光飽和点以上となる時間帯があったが、対照区の畝間部の照度は一日を通して光飽和点未満であった。さらに対照区の照度が 20,000 lx を超えた時間帯も他の区に比べて短かった。本実験では収量低下が生じた寡日照時に照度を測定できなかったが、実験圃場から約 120 m 離れた気象庁観測所の気象データによると 6 月下



第 2-12 図 広島県東広島市の 2010 年 6 月～10 月の旬別日照時間の推移  
 気象庁気象データ(広島県東広島市)から作成

旬～7月中旬の日照時間が他の期間の45～68%と少なかった。これらの寡日照期においては、対照区の畝間の照度が20,000 lx以上となっていた時間帯が他に時期に比べて多かったと推測され、このことが対照区における一時的な収量低下の要因であると考えられた。擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時刈り込み区の曇天日における畝間部の照度および積算日射量に差はみられなかったが、擬葉展開完了時刈り込み区では7月上旬および中旬に一時的な収量の低下が観察された。一方、寡日照期における畝間の母茎群落内の達観での観察において、擬葉展開開始時刈り込み区は擬葉展開完了時刈り込み区に比べて刈り込みを行った幅30 cmの空間への茎葉の伸長がみられた。これは擬葉展開開始時刈り込み区では刈り込み時に伸長途中であった側枝が刈り込み後に伸長したためであり、これにより擬葉展開開始時刈り込み区の畝間部では擬葉展開完了時刈り込み区に比べて擬葉着生数が多くなったと推察され、このことが7月中旬および下旬に擬葉展開完了時刈り込み区で一時的な収量の低下がみられたが、擬葉展開開始期刈り込み区では収量低下がみられなかった要因の一つとして考えられた。

慣行の半促成立茎栽培における茎葉の刈り込みは、収量面から立茎開始30日後に比べて立茎開始60日後が適当とされている(大串, 1998a)。本実験では、側枝の刈り込み時期として、擬葉展開開始時(立茎開始21日後)および擬葉展開完了時(35日後)の2時期とし、立茎が完了する擬葉展開後以降の時期については検討しなかった。本実験において、立茎開始60日後は収量が一時的に低下した7月上旬に該当する。また、本実験では5月上旬に立茎を開始したが、立茎を5月中旬以降とする栽培では、立茎開始60日後は梅雨期以降となる可能性が大きい。このため、母茎地際押し倒し法における畝間の側枝刈り込みは立茎開始60日後では遅いと考えられた。

日照時間が70時間以上に回復した7月下旬以降では、処理区間の収量に差はみられなかった。晴天日(9月9日)における母茎地際押し倒し法で栽培した対照区、擬葉展開開始時刈り込み区および擬葉展開完了時刈り込み区の畝間中央部の照度は慣行区に比べて低く移したが、12:00～13:00の照度は光飽和度以上に達した。また、20,000 lx以上に達した時刻は最も早かった慣行区で10:35、最も遅かった対照区で11:40で、正午以降に20,000 lx未満に低下する時刻は処理区間に大きな差はなく、慣行区と母茎地際押し倒し

法で栽培した 3 区の畝間部の側枝の光合成速度に大きな差が生じると考えられる時間は 60 分程度と推察された。また、アスパラガスの光合成速度は  $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$  の温度で高く、 $30^{\circ}\text{C}$  を超えると顕著に低下する(稲垣ら, 1989)。気温が上昇する梅雨明け後の 7 月下旬以降では、光合成速度が低下していたことが考えられ、これらのことも 7 月下旬以降の各処理区間の収量に差が生じなかった要因の一つとして考えられた。以上の結果から、隣り合う母茎を向かい合わせに押し倒す母茎地際押し倒し法では、寡日照条件により畝間部の照度および積算日射量が減少し、一時的な収量低下が生じることがあり、その解決策として擬葉展開開始時に幅 30 cm での畝間部の側枝刈り込み処理が有効であることが明らかになった。

畝間の側枝刈り込みの作業性は、擬葉展開開始時刈り込み区では刈り込み処理時に擬葉が展開していないため、擬葉展開完了時刈り込み区に比べて容易で、刈り落とした植物体残渣も少量であるため、刈り取り後の片付け作業も容易であった。井上ら(2008)はアスパラガス半促成栽培において、二次分枝を除去することは、親茎内側の採光を改善するだけでなく、通気による昇温抑制効果もあると考えられると述べている。母茎地際押し倒し法における畝間部の側枝刈り込み処理も隣り合わせた母茎の群落と群落の間に空間ができるため、井上らと同様に採光の改善だけでなく通気による昇温抑制効果も期待できると考えられる。また、母茎地際押し倒し法では畝間部における防除の作業性が劣ることが課題であった(坂本ら, 2011)が、畝間部の側枝を刈り込むことで、作業員から畝間の移動や防除用の噴霧ノズルを上下に振る作業が容易であったとの意見が得られ、側枝刈り込み処理は防除作業の改善にも有効であることが明らかになった。

本実験では、畝の向きを南北方向とした。母茎の茎丈は 150 cm 以上と高いため畝間の光環境や側枝刈り込みによる改善効果は畝の方角によって異なってくると考えられる。今後、畝の方角や気象の異なる地域での検証が課題である。

## 要約

前節において、隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせに押し倒す母茎地際押し倒し法では向かい合わせた畝間における下位節の群落が混み合うため、寡日照が続く条件下で収量への影響が大きいことが懸念された。解決策として、畝間部の側枝刈り込み処理について

検討した。対照区では 7 月中旬および下旬に一時的な収量の低下がみられたが、擬葉展開開始時に畝間の側枝を幅 30 cm で刈り込み処理を行った区では、畝間中央部の畝面の高さにおける照度および積算日射量が増加し、慣行と同等の収量を得た。一方、擬葉展開完了時に側枝刈り込み処理を行った区では擬葉展開開始時の刈り込み処理と同様に畝間の照度および積算日射量が増加したが、7 月中旬および下旬に一時的な収量低下がみられた。隣り合う 2 畝の母茎を向かい合わせに押し倒す母茎地際押し倒し法における寡日照条件下での一時的な収量低下の解決策として、擬葉展開開始時の畝間の側枝刈り込み処理が有効であることが明らかになった。

### 第 3 節 母茎地際押し倒し法による収穫の作業性改善

立茎後にアスパラガスを収穫する場合、畝上に母茎と若茎が混在しているため、収穫は母茎を避けながらの作業となり、中腰姿勢による身体的負担に拍車がかかる。また、若茎が母茎の根元に萌芽するため、繁茂した母茎群落内に潜り込む姿勢で収穫しなければならず、露地栽培における降雨後の収穫では茎葉が雨水で濡れているため不快感が大きい。母茎地際押し倒し法では収穫の支障となる母茎の立茎位置と収穫する若茎の萌芽位置を分離できるため、母茎群落に潜り込むことなく収穫することができ、中腰姿勢による収穫でも慣行の立茎栽培に比べて作業性の改善が期待できると考えられた。そこで、本節では母茎地際押し倒し法が中腰での収穫作業に及ぼす影響を調査した。

#### 材料および方法

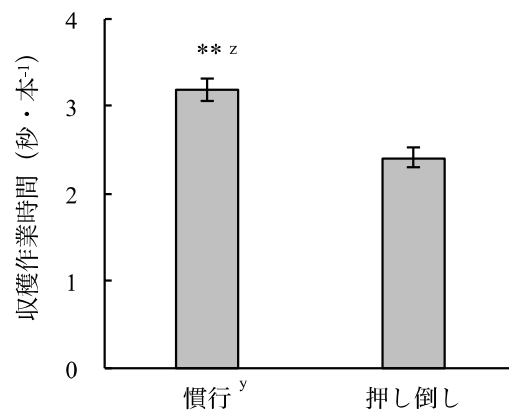
2009 年に広島県内の現地圃場において、畝長 45 m の押し倒し区および慣行の立茎を行った慣行区をそれぞれ 2 か所設置した。8 月 6 日にデジタルカメラを用いて収穫作業を動画で撮影した。被験者は当該圃場で収穫を行っている作業員で収穫作業に熟練した身長 158 cm の 70 歳代男性とした。作業能率として、撮影した動画を基に若茎 1 本当たりの収穫作業時間を調査した。収穫作業時間については、採取する若茎に手を伸ばした時点から、若茎を切断し収穫カゴに入れるまでの時間とした。また、母茎群落内にもぐり込む姿勢

で収穫した若茎の本数を調査し、収穫総本数に占める割合を算出した。なお、母茎群落内にもぐり込む姿勢は作業者の頭部が母茎群落内に入った姿勢と定義した。収穫作業姿勢について、撮影した動画をもとに 2 秒ごとの静止画像を対象に Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) (Karhu et al., 1977; Louhevaara and Suurnakki, 1992) により評価を行った。すなわち、体幹部、上肢および下肢の姿勢に加えて、作業時の重量をそれぞれ点数化し、下記の 1~4 のアクションカテゴリー（以下 AC）に分類した。AC は数字が大きいほど、負担が大きいことを示し、AC1: 改善不要（この姿勢による筋骨格系負担は問題ない）、AC2: 近いうちに改善すべき（この姿勢は筋骨格系に有害である）、AC3: できるだけ早期に改善すべき（この姿勢は筋骨格系に有害である）、AC4: ただちに改善すべき（この姿勢は筋骨格系に非常に有害である）に分類される。なお、OWAS の解析についてはソフトウェア JOWAS (瀬尾, 2001) を用いた。

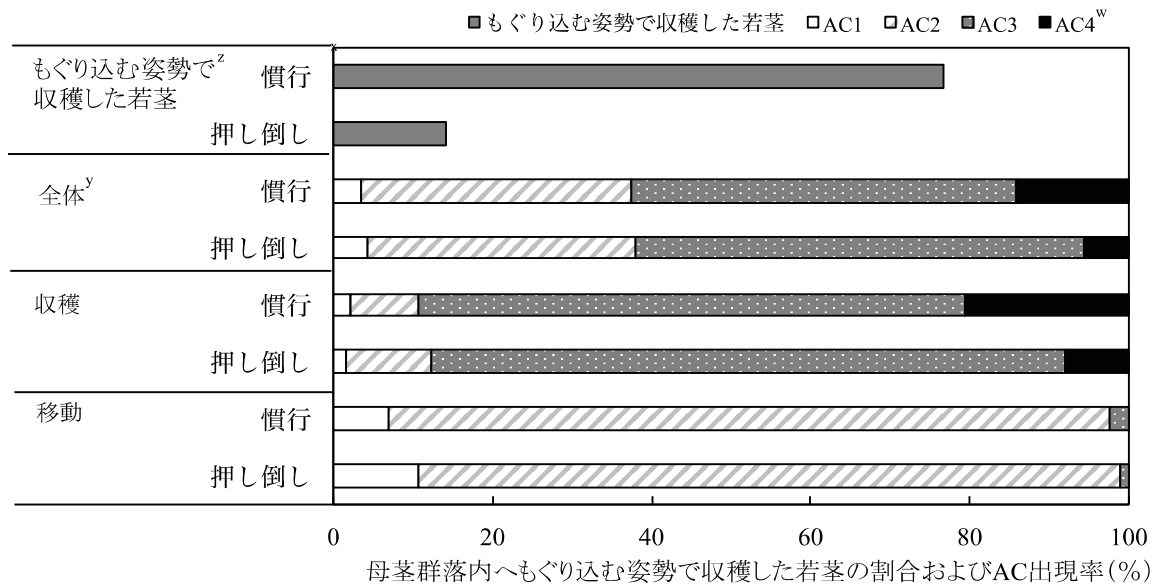
## 結果および考察

母茎地際押し倒し法が収穫時間に及ぼす影響について、第 2-13 図に示した。若茎 1 本当たりの所要時間は、押し倒し区が 2.41 秒、慣行の立茎方法である慣行区が 3.19 秒で、母茎地際押し倒し法により 1 本当たりの収穫作業時間が 24% 削減された。次に、母茎群落内へもぐり込む姿勢で収穫した若茎の割合および OWAS による収穫作業姿勢の評価結果を第 2-14 図に示した。母茎群落内へもぐり込む姿勢で収穫した若茎の割合は、押し倒し区では 14.3% であり、慣行区の 76.7% に比較して 5 分の 1 以下であった。収穫動作時の作業姿勢について、慣行区では AC3 が 68.7%、AC4 が 20.5% であったのに対し、押し倒し区では AC3 が 79.7%、AC4 が 8.1% であり、母茎地際押し倒し法により AC4 が減少し、AC3 が増加した。移動動作時の作業姿勢は押し倒し区および慣行区ともに AC2 が約 90% で、AC3 および AC4 は 2.3% 以下であった。また、被験者からは母茎地際押し倒し法により立茎位置と収穫位置を分離することで収穫する若茎の識別と収穫が容易との感想を得た。

慣行の収穫作業において、畝の奥に萌芽した若茎を収穫する際には手前の母茎を避け、腕を前に伸ばした姿勢で収穫しなければならぬため、より不自然な姿勢となる。これ



第 2-13 図 アスパラガス母基地際押し倒し法が収穫作業時間に及ぼす影響  
 図中の垂線は標準誤差を示す(慣行区 n=88, 押し倒し区 n=86)  
<sup>z</sup> \*\*は t 検定により 1%水準で有意な差があることを示す  
 慣行区は慣行の立茎方法とし, 押し倒し区は母茎とする若茎を  
 地際から押し倒して畝の片側に列状に立茎した



第 2-14 図 アスパラガス母基地際押し倒し法が母茎群落内へもぐり込む姿勢で収穫した若茎の割合および収穫作業姿勢に及ぼす影響

<sup>z</sup> 作業者の頭部が母茎群落内に入った姿勢で収穫した若茎本数/収穫総本数\*100

<sup>y</sup> 全体=((収穫動作の各 AC 出現回数)+(移動動作の各 AC 出現回数))/収穫動作および移動動作の全 AC 出現回数\*100

<sup>x</sup> 慣行区は慣行の立茎方法とし、押し倒し区は母茎とする若茎を地際から押し倒して畝の片側に列状に立茎した

<sup>w</sup> AC1:改善不要, AC2:近いうちに改善すべき, AC3:早期に改善すべき, AC4:ただちに改善すべき姿勢

被験者は収穫作業に熟練した 70 歳代男性で、各区とも 45m の畝を 2 畝ずつ収穫  
調査日:2009 年 8 月 4 日 (n=2)



に対して母基地際押し倒し法では収穫の支障となる母茎を萌芽位置より奥へ配置できるため、母茎を避けることなく収穫でき、AC4の姿勢の軽減につながったものと考えられる。

広島県におけるアスパラガス栽培に要する作業時間について、農業経営指標が公表されている(広島県農林水産局, 2015)。年間の収穫・調整に要する時間は345.8時間にも及び、立茎後の収穫・調整は241.7時間を要する。本指標では、収穫と調整にかかる作業時間の合計で記されているが、集落法人アスパラガスの手引き(広島県農林水産局, 2012)によると、収穫と出荷の作業時間の割合は概ね75%および25%である。また、本指標の基となった平成18年作成の農業経営指標(広島県農政部, 1997)によると立茎後の収穫作業時間は10a当たり180時間である。これらを考慮すると前述の経営指標における立茎後の収穫・調整の241.7時間のうち、181時間が収穫に要する時間であると考えられ、この農業経営指標を用いると、母基地際押し倒し法により収穫時間が約43時間(24%)短縮される。一方、若茎の押し倒し作業に10a当たり30時間を要し(データ省略)、慣行の立茎作業に比べて24~26時間多い。その他、母基地際押し倒し法特有の作業として、母茎の斜め誘引や押し倒し資材の除去がある。また、下位節の側枝管理について、母基地際押し倒し法では畝面の視認性を維持するためには細かな側枝管理(下位節の除去)が必要である。夏季の立茎管理についての記載がある1997年の農業経営指標をもとに、これらの作業に要する時間は慣行に比べて21.6時間多く試算された。このため母基地際押し倒し法の年間作業時間は慣行栽培に比べて、立茎・茎葉管理が45.6~47.6時間増加し、収穫が43時間短縮され、合計で2.6~4.6時間増加する。これは1997および2015年の経営指標の年間作業時間の0.6~1.3%である。慣行と同等の年間作業時間で、従来の収穫ハサミを利用した収穫作業においても、母基地際押し倒し法は筋骨格系に非常に有害であり、ただちに改善が必要であるとされているAC4の姿勢の出現割合の減少に有効であることが示唆された。また、露地栽培の場合では、降雨後の収穫において雨水に濡れた母茎群落に潜り込むことによる不快作業も慣行の5分の1に大きく軽減できる利点があることが明らかになった。一方で、母基地際押し倒し法においても、筋骨格系負担に有害で、できるだけ早期に改善すべき姿勢とされるAC3以上の姿勢が60%以上を占めており、第3章で開発を目指す長柄収穫ハサミによる作業姿勢の大幅な改善が望まれる。

## 要約

母茎地際押し倒し法による収穫の作業性の改善効果を明らかにするため、本栽培法が作業性に及ぼす影響を調査した。Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) (Karhu et al., 1977)による作業姿勢評価の結果、母茎地際押し倒し法により、できるだけ早期に改善すべき姿勢とされる AC3 以上の姿勢が 60%以上あるものの、ただちに改善すべき姿勢である AC4 の低減効果がみられた。また、若茎の収穫に要する時間が 24%短縮され、さらに母茎群落内に潜り込む姿勢が慣行区の 76.7%から 14.3%に大幅に減少し、姿勢改善と不快作業が軽減できることが明らかになった。第 3 章では、残された課題である AC3 の姿勢を低減すべく収穫器具の開発を行った。

## 第3章 立ち姿勢での収穫を可能とする収穫器具の開発

アスパラガス収穫における中腰姿勢の改善について、農業分野での代表的な中腰姿勢の改善方法である高設栽培は、培地量の確保および栽培施設の強度強化の課題が残されており(第2章)、現時点では実用化に至っていない。また、キャベツやニンジン等の収穫作業の省力化技術として開発されている収穫機については、アスパラガスでは畝上に収穫する若茎と光合成を担う親茎が混在していること、規定の長さに達した若茎から順次収穫する必要があることから、機械による一斉収穫は困難であり、研究もほとんど行われていない。先進的な事例として、ロボットによる自動収穫の研究(大友・岸本, 1999; 田口ら, 2008)が行われているが、多大なコストを要するなどの実用化に向けた大きな課題があり、現時点での普及は難しい。そこで、本研究では比較的低コストで導入でき、中腰姿勢を改善できる技術として、立ち姿勢で任意の若茎を採取できる長柄収穫ハサミおよび収穫台車の開発を行った。

### 第1節 電動式長柄収穫ハサミの開発

#### 1. 長柄収穫ハサミの操作方式および補助バンドの検討

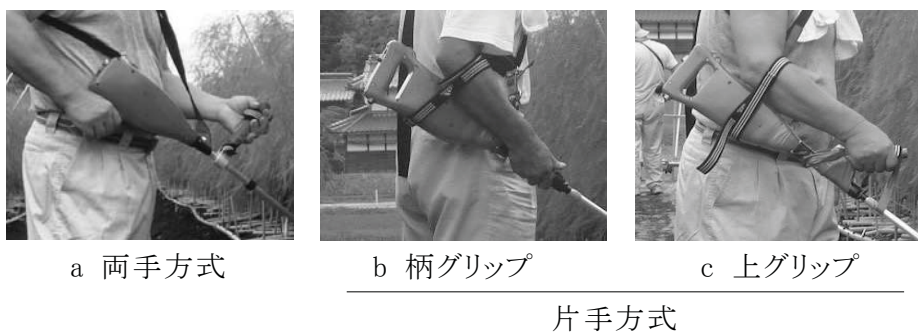
アスパラガスの収穫本数は時期によって異なるが、母茎立茎後の夏季には1日10a当たり約1,000本以上に達することもある。収穫はハサミまたは鎌を用いて畝面に萌芽した若茎を地際から切って採取するが、この作業は若茎1本ごとに行う必要があるため、収穫盛期にハサミで若茎を切断する反復回数は一度の収穫で1,000回以上にもなり、握力に関係する部位への負担が懸念される。そこで、開発を目指す収穫ハサミについては、握力に関係する身体部位への負担軽減を目的に電動式とすることとした。アスパラガスの収穫作業では、長柄収穫ハサミの操作の他に収穫した若茎を運搬するための運搬台車または収穫カゴを移動しながら作業する必要があるため、作業性の観点からみると、自由度が大きい片手操作が望ましい。しかしながら、両手操作に比べて操作性が劣ること、電動式の長柄収穫ハサミで長時間作業する場合には重量による利き腕への負担が大きくなることが懸念される。そこで、長柄収穫ハサミの開発にあたって、まず利き腕の負担軽減および操作性の両視点から操作方式(持ち方)および補助バンドの利用について、検討した。

なお、作業者によって右利き、左利きが異なるが、本論文では右利きの作業者を想定して述べる。このため、左利きの作業者に当てはめる場合は、右手と左手を入れ替えて読み替えていただきたい。

## 材料および方法

### 1) 操作方式の検討

検討した長柄収穫ハサミの操作方式について第 3-1 図に示した。長柄収穫ハサミは主にモーターや減速機を内蔵するケーシング部、柄、ハサミ部からなり、ケーシング部には操作のためのグリップを設けた。両手方式については、5 つのモデルから検討を行った事前の研究(小林ら, 2010)において、有望とされたガンタイプのモデルとした(第 3-1 図 a)。片手方式は柄を直接握って操作する「柄グリップ(第 3-1 図 b)」およびケーシング部の前方の上方に装着したグリップを操作する「上グリップ(第 3-1 図 c)」の 2 方式について検討した。長柄収穫ハサミの重量は 1.7 kg, 柄の長さは 75 cm とした。収穫の模擬作業を 2010 年 6 月 28 日に広島県立総合技術研究所農業技術センターの露地圃場において、被験者 A(50 歳代男性)および被験者 B(60 歳代男性)の 2 名を被験者として行った。3 年生のアスパラガス‘ウェルカム’を母茎地際押し倒し法で栽培した長さ 30 m の畝を用いた。直径 12 mm, 長さ 25 cm の緑色のパイプを模擬のアスパラガスの若茎(以下、模擬若茎)として、100 本/a の割合で畝上に立てて設置した。模擬作業は長柄収穫ハサミの刃を開閉させず、模擬若茎を実際に切断せずに行った。作業手順は模擬若茎に長柄収穫ハサミのハサミ刃を挿し込み、グリップ部の操作スイッチを押すことで収穫とし、順に次の模擬若茎にハサミ刃を挿し込んでスイッチを押す作業を繰り返した。模擬作業は両被験者とも 1 方式当たり 60 分間行った。作業能率として、10~20 分ごとの収穫本数を調査し、1 分当たりの収穫本数として算出した。また、右腕に関係する部位として、右肩、右上腕、右肘、右前腕および右手首の主観的な疲労度について、修正 Borg Scale(Borg, 1982)の指標を用いて、作業後に聞き取りを行った。修正 Borg Scale の指標は、0:なにも感じない(Nothing at all), 0.5:非常に弱い(Very, very weak), 1:かなり弱い(Very weak), 2:弱い(Weak), 4:やや強い(Somewhat strong), 5:強い(Strong) 7:かなり強い(Very strong), 10:非常に強い(Very, very strong)を示す。なお、両被験者とも作業前のこ



第 3-1 図 検討した長柄収穫ハサミの操作方式

これらの部位の疲労度はいずれも 0 であった。

## 2) 補助バンドの検討

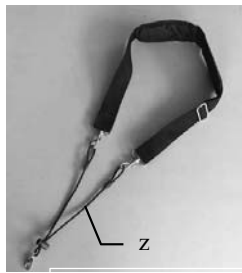
長柄収穫ハサミの重量負担の軽減を目的に 2011 年 8 月 29 および 30 日に補助バンドを用いた収穫の作業性調査を行った。1) の操作方式の検討と同じ圃場において、同様に模擬若茎を用いた収穫の模擬作業を行った。被験者は被験者 A(30 歳代男性, 身長 173 cm, 体重 63 kg) および被験者 B(40 歳代男性, 身長 169 cm, 体重 71 kg) の 2 名とした。試験区として、補助バンドを首に掛ける区(首掛け区), 補助バンドを肩から斜めに掛ける区(襷掛け区) および補助バンドを利用しない区(補助バンドなし区)を設けた。補助バンドの概要を第 3-2 図に示す。なお, 補助バンドの先端部はゴム製で, 長柄収穫ハサミを前に差し出す際に引っ張り伸ばすことができる。補助バンドの長さは, 長柄収穫ハサミのハサミ刃を畝面に当てた時に, 利き腕の力を抜いて補助バンドで長柄収穫ハサミを支えられる長さを目安とし, 最終的な調整は被験者が作業しやすい長さとした。模擬作業は各区 60 分間行い, 作業能率として収穫本数を調査した。作業後に被験者の主観的な疲労度について, 1) 操作方式の検討に準じて, 修正 Borg Scale を指標として聞き取りを行った。また, 作業後の意見を被験者から聞き取った。

## 2. 立ち姿勢で収穫するための機構

立ち姿勢でアスパラガスを収穫するために長柄ハサミに求められる性能として, 畝面の若茎をハサミで切断するだけでなく, 切断した若茎を収穫カゴへ入れること, 若しくは切断した若茎を手元まで回収することが求められる。そこで, 立ち姿勢でアスパラガスを収穫するための機構として, ストック方式およびつかみ方式の 2 方式を検討した。

### 1) ストック方式

中腰の収穫作業では, 左手で収穫する若茎をつかみ, 右手で園芸用ハサミを用いて若茎を地際で切る。この際, 若茎 1 本ごとに切断・採取して収穫カゴへ入れるのではなく, 同じ場所から手の届く範囲の若茎を続けて数本採取し, まとめて収穫カゴに入れる。このため, 立ち姿



a 補助バンド



b 襷掛け



c 首掛け

第 3-2 図 補助バンドの概要および使用方法  
z ゴム紐を採用し、伸縮可能

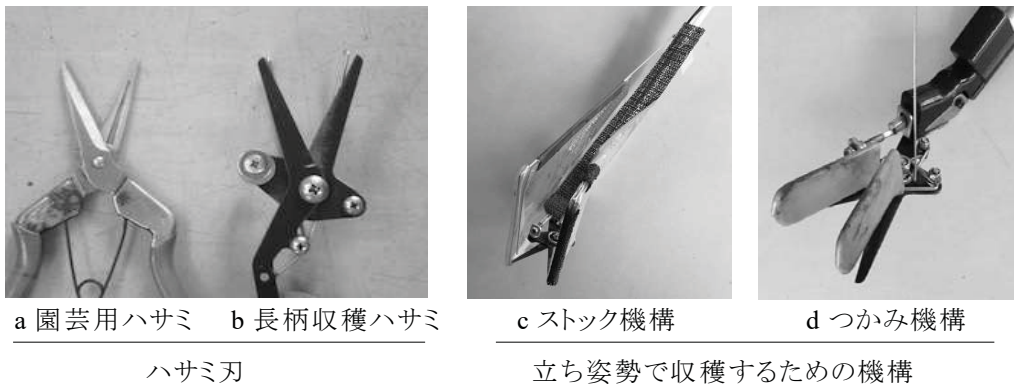
勢での収穫作業においても効率的に作業を行うには、中腰収穫と同様に連続して数本の若茎を採取して、まとめて収穫カゴに入れることが望ましいと考えた。連続して数本の若茎を採取できる機構として、切断した若茎をハサミの後方で数本をストックでき、まとめて収穫カゴへ入れることのできる機構を検討した。

アスパラガスでは立茎した母茎の根元(地下部)に地下茎が形成されており、地下茎先端部の鱗芽群から若茎が伸長する。地下茎の成長に伴い、畝面から萌芽する面積が拡大し、定植後 3~4 年後にはほぼ畝面全体から若茎が萌芽する。若茎は順次萌芽するため、畝上には茎長の異なる若茎が混在する。また、母茎の立茎後に萌芽する若茎(夏芽)は母茎の根元付近に萌芽する特性がある。このため、アスパラガスの収穫では、採取する若茎と隣接して萌芽している若茎や母茎を避けながらハサミ刃をスムーズに入れる必要がある。そこで、本装置のハサミは一般的な細刃の園芸用ハサミと同等のサイズ(第 3-3 図 a, b)とした。

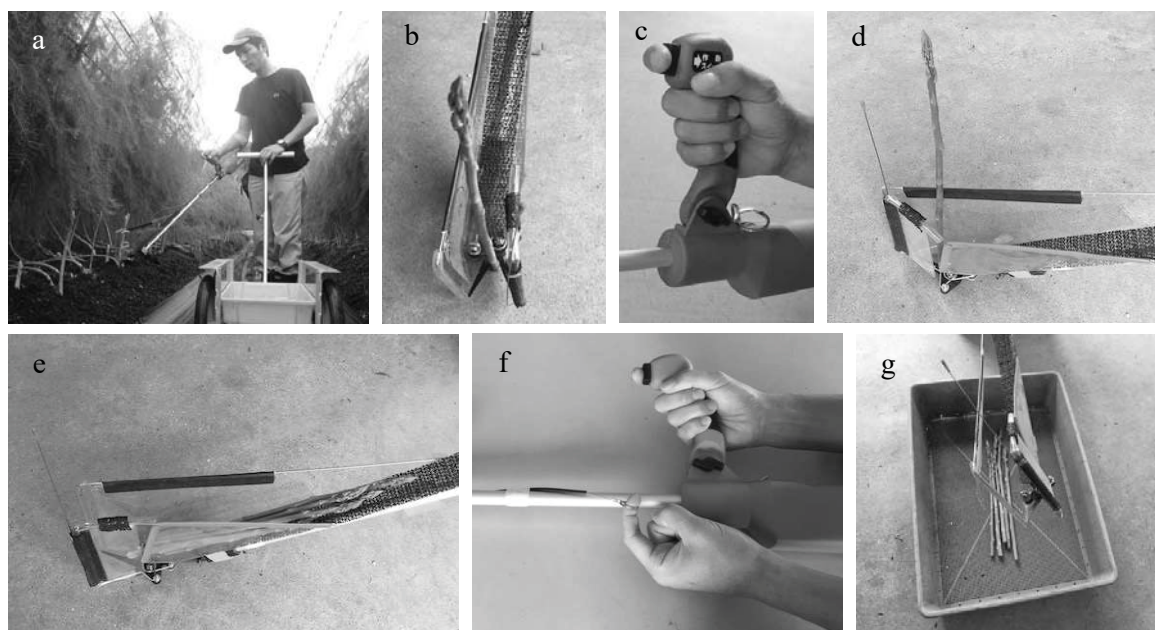
試作した機構を第 3-3 図 c に示す。若茎を切断するハサミ刃、ハサミ刃と連動して閉じ、切断した若茎を囲い込んで切断した若茎を収納部へ誘導するガイド、若茎を収納できるストック部および若茎の茎長を判別するゲージからなる。切断した若茎をストック部へ誘導するガイドは、刃に沿って刃の直上にガイドを配置することで若茎と若茎の隙間にハサミ刃を入れやすくなるよう配置した。ストック部については、刃後方の柄の上に配置し、設置幅を開いたハサミの幅と同等とすることで収穫作業の支障とならないよう工夫した。

収穫の作業手順を第 3-4 図に示す。まず、長柄収穫ハサミのケーシング部を右前腕に固定し、バッテリーを装着する(第 3-4 図 a)。長柄収穫ハサミの重量が負担になる場合には、後述の補助バンドを装着する。収穫しようとする若茎にハサミ刃を挿し入れ(第 3-4 図 b)、手元の操作スイッチを押す(第 3-4 図 c)。これにより、ハサミが閉じて若茎を切断する。このとき、刃直上に装着したガイドが刃と連動して閉じる(第 3-4 図 d)、切断した若茎を後方へ倒して、ハサミ後部のストック部へ収納する(第 3-4 図 e)。この時、切断した若茎が後方へ倒れにくい場合には、刃先をやや上に持ち上げることで、若茎を後方へ倒してストック部に収納できる。以上の作業を繰り返して数本の若茎を切断・ストックする。若茎の太さによって異なるが、5~10 本の若茎を収納することができる。ストック部に収納した若茎の排出は、ストック部を収穫台車に乗せた収穫カゴの上方に持っていき、グリップ部付近のストックカバー開閉レ





第 3-3 図 ハサミ刃および試作した立ち姿勢で収穫するための機構の概要



第 3-4 図 スtock方式の長柄収穫ハサミを利用した収穫作業手順

- a 長柄収穫ハサミのケーシング部分を腕に固定し、バッテリーを腰に装着する
- b ハサミの刃を収穫する若茎に差し入れる
- c グリップ部の作動スイッチを押して、若茎を切断する
- d 作動スイッチを押した状態で刃およびガイド部が閉じる
- e 刃先をやや持ち上げて切断した若茎をストックに収納し、続けて数本の若茎を収穫する
- f 収納した若茎の排出は、ストック部カバー開閉レバーを引いて長柄収穫ハサミを右へ傾ける
- g 若茎の重みでカバーが開き、若茎を排出する

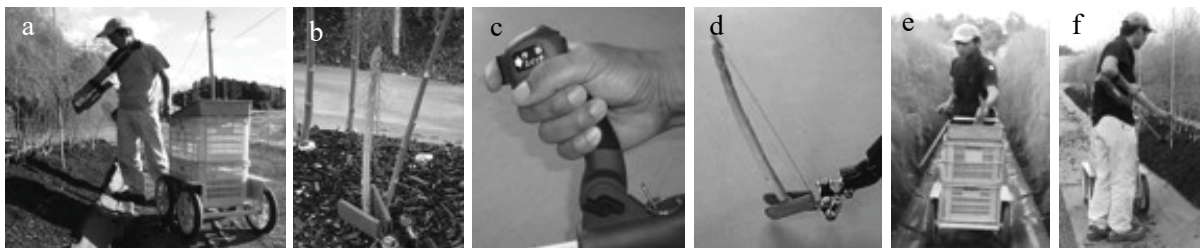
バー(以下、開閉レバー)を引いて(第 3-4 図 f)、収穫ハサミを右側に傾ける。これにより、ストックカバーのロックが解除されて、ストックカバーが開き、若茎が収穫カゴへ排出される(第 3-4 図 g)。その後、開閉レバーを引いたまま、収穫ハサミを右側に傾けてストックカバーを閉じ、開閉レバーを戻す。

## 2) つかみ方式

前項において、試作したストック機構は、数本の若茎を連続して収穫できる利点があるが、切断した若茎をストックするためのガイド部およびストック部が付属しているため、手持ちの園芸用ハサミに比べてハサミ刃周辺部が大きい。このため、立ち姿勢で若茎にハサミ刃を挿し入れる際に若茎が見え難くなることが懸念された。そこで、若茎 1 本ごとの収穫となるが、ハサミ周辺がコンパクトなつかみ機構についても検討、試作した。

試作した機構を第 3-3 図 d に示す。若茎を切断するハサミ刃、切断した若茎を把持するつかみ部からなる。なお、ハサミ刃のサイズについては、ストック方式と同等である。つかみ部については、バネ素材で形取った枠にビニル性のカバーを取り付けたものである。つかみ部はハサミ刃の開閉に連動して開閉し、若茎を切断すると同時に切断した若茎をつかみ部で若茎を把持する。その後、ハサミ刃を開くと、つかみ部も連動して開き、把持した若茎を回収できる。なお、つかみ部の枠がバネ素材でできているため、若茎の太さに関係なく、つかみ部で把持することができる。

収穫の作業手順を第 3-5 図に示す。まず、ストック方式と同様に長柄収穫ハサミのケーシング部を右前腕に固定、バッテリーを装着する(第 3-5 図 a)。長柄収穫ハサミの重量が負担になる場合には、補助バンドを利用する。次に、長柄収穫ハサミの刃を収穫する若茎に挿し入れ(第 3-5 図 b)、グリップ部のスイッチを押して(第 3-5 図 c)、若茎を切断する。この作動スイッチを押している間、刃が閉じた状態を保持し、同時に刃の直上に取り付けたつかみ部が切断した若茎を把持する(第 3-5 図 d)。そのまま、長柄収穫ハサミを手前に引き、左手で長柄収穫ハサミが把持した若茎をつかみ(第 3-5 図 e)、作動スイッチを離す。これにより、つかみ部が開き、若茎を採取できる。左手に採取した若茎を持ったまま、これらの動作を何回か繰り返して採取した若茎を収



第 3-5 図 つかみ方式の長柄収穫ハサミを利用した収穫作業手順

- a 長柄収穫ハサミのケーシング部分を腕に固定し、バッテリーを腰に装着する
- b ハサミの刃を収穫する若茎に差し入れる
- c グリップ部の作動スイッチを押して、若茎を切断する
- d 作動スイッチを押している間、刃が閉じた状態を保持し、刃直上のつかみ部で切断した若茎を把持する
- e 収穫ハサミを手前に引き、左手で収穫ハサミが把持した若茎をつかみ、作動スイッチを離して若茎をとる
- f 以上の作業を繰り返し、採取した若茎を収穫台車に乗せたカゴに入れる

穫台車に載せたカゴに入れる（第 3 図 f）。

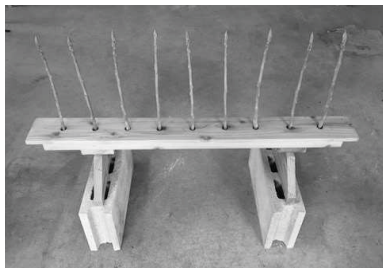
### 3) 収穫成功率

若茎を切断し、ストック部へ収納する成功率について、第 3-6 図に示したセットを用いて模擬作業で調査した。若茎を設置する台について、天板に直径 25 mm の穴を開け、その下に剣山を配置し、この剣山に若茎を任意の角度に挿して設置した。若茎の設置時の天板から穂先までの長さは 26～31 cm とし、設置の角度は直立、前方へ 40～45° および後方へ 40～45° の 3 段階とした（第 3-6 図）。ストック方式については長柄収穫ハサミで若茎を切断してストック部へ収納できた場合、つかみ方式については若茎を切断して、つかみ部で把持した後、長柄収穫ハサミを手前に引き寄せて左手で若茎を回収できた場合を成功と定義した。収穫の成功率を調査した後に若茎を穂先から 25 cm の長さに調整し、重量を測定した。重量をもとに広島県青果物標準出荷規格に基づき、S 級（9 以上 12 g 未満）以下、M（12 g 以上 19g 未満）および L 級以上（19 g 以上）分類し、若茎の設置角度および階級別の調査本数が 10 本以上となるまで調査を繰り返した。なお、調査時の台の天板の高さは広島県立総合技術研究所農業技術センターの露地圃場の畝と同じ 35 cm とし、作業者は身長 173 cm の 30 歳代男性とした。

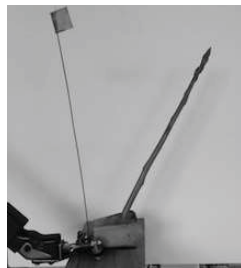
## 結果および考察

### 1) 長柄収穫ハサミの操作方式の検討

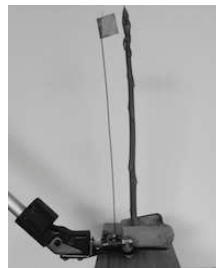
作業能率の結果を第 3-7 図に示した。片手で操作する柄グリップおよび上グリップの作業能率は被験者 A および B ともに 1 分当たり 21 本以上で、両手操作の 17.8 本（被験者 A）および 13.9 本（被験者 B）に比べて 1.2～1.6 倍高かった。次に 60 分間の模擬収穫作業後の利き腕に係る身体部位の主観的な疲労度について、第 3-8 図に示した。被験者 A および B ともにいずれの区も修正 Borg Scale は 3 以下と小さかった。被験者 B では処理区間に殆ど差は見られなかったが、被験者 A では右肩、右上腕、右肘、右前腕および右手首のすべての部位において、柄グリップ区の修正 Borg Scale が最も大きかった。また、上グリップ区の修正 Borg Scale は右手首および右前腕で両手操作よりやや大きかった。



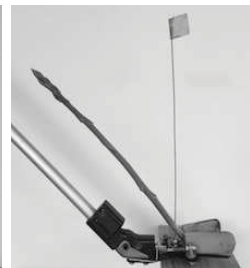
調査用セット



前方



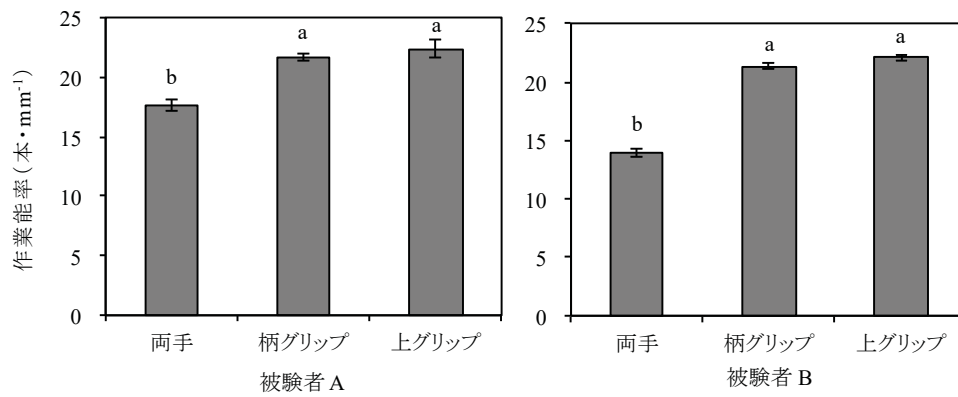
直立



後方

若茎の設置角度

第 3-6 図 試作した長柄収穫ハサミ機構の作業成功率の調査に用いたセットおよび若茎の設置角度

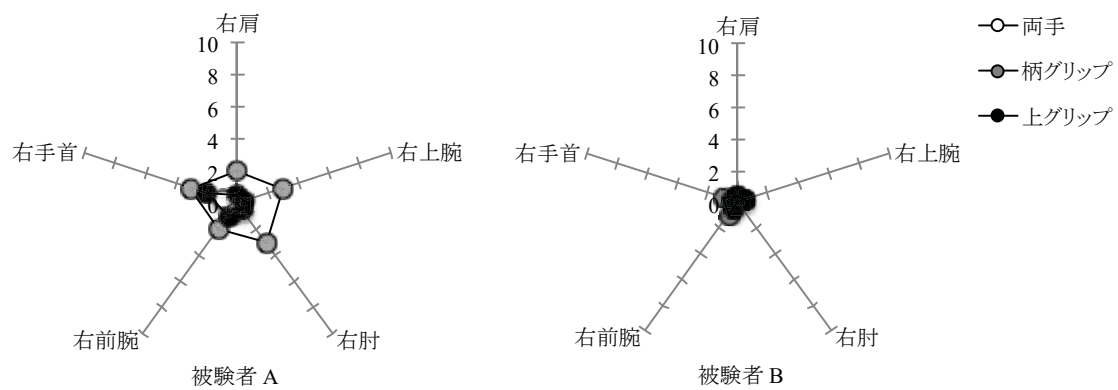


第 3-7 図 長柄収穫ハサミの操作方式が収穫の作業能率に及ぼす影響

操作方式は第 3-1 図参照

図中の垂線は標準誤差を示す (n=4~6)

Tukey の HSD 検定により異符号間に 5%水準で有意な差があることを示す  
 被験者 A は 50 歳代男性, 被験者 B は 60 歳代男性



第 3-8 図 長柄収穫ハサミの操作方式が収穫後の身体的負担に及ぼす影響

図中の数値は修正 Borg Scale (Borg, 1982) を指標とした 60 分間の模擬収穫作後の主観的疲労度を示す (0: 感じない, 0.5: 非常に弱い, 1: やや弱い, 2: 弱い, 4: 多少強い, 5: 強い, 7: とても強い, 10: 非常に強い) 作業前の主観的疲労度は両被験者とも 0 であった  
被験者 A は 50 歳代男性, 被験者 B は 60 歳代男性



開発を目指すアスパラガスは立ち姿勢での収穫作業を可能とするため、操作する手から収穫する若茎まで 50 cm 程度離れている。また、収穫する若茎の茎径は殆どが 2 cm 以下であり、ハサミ刃も開いた状態で 5 cm 程度である。このため、50 cm 程度離れた距離で正確に作業するためには、収穫ハサミ先端のハサミ刃がぶれることなく、作業者の意図する動きが求められる。長柄のものを正確に操作するには一般的に片手よりも両手での操作が優れると考えられる。しかしながら、本実験においては片手操作でも的確に模擬若茎にハサミ刃を差し込むことができ、作業能率も両手操作より高かった。本実験では検証していないが、手掌のみでグリップを握り操作する方法に比べて、柄グリップおよび上グリップは前腕部と手掌の 2 支点で長柄収穫ハサミを保持、操作しており、これにより操作の安定性が高かったものと考えられた。また、安彦ら(2014)は、4 kg の重量物を利き手の片手でもつ場合(以下、利き手型)と胸郭の前方で両手で抱えた場合(以下、両手型)の歩行速度を比較した場合、両手型に比べて利き手型の歩行速度が速かったと報告している。その要因として利き手型では体幹によるバランスの補償が可能であるが、両手型では制限される体幹部の動きによりバランスの制御能力が低下し、このバランスを補償するため歩行速度が低下した推察している。本実験において、両手操作では左手は体幹部の前方で、右手は後方に引いた状態でグリップを握って操作しているため、長柄収穫ハサミを前に挿し出す場合や左右に振る場合には、体幹部の前傾やひねりが生じやすい。このため、両手操作では長柄収穫ハサミの操作範囲が制限されやすいことに加えて、バランスをとることが難しくなると考えられた。これに対して、片手操作では右手のみで操作するため、自由度が大きく、体幹部もひねりも両手操作に比べて生じにくいいため、安定性が高かったと考えられ、これらの要因によって両手方式に比べて片手操作方式で作業能率が高かったものと考えられた。

長柄収穫ハサミを操作する右腕の疲労度(修正 Borg Scale)について、被験者 A の柄グリップ区において右上腕、右肘および右手首が 3 で、少し疲労度を感じていた。柄グリップ区では柄を抱え込むようにグリップを握っており、両手操作や上グリップに比べて手首に力が入りやすいことが観察され、このことが被験者 B の柄グリップ区で疲労度が大きくなった要因であると考えられた。なお、修正 Borg Scale 3 は疲労度が「弱い」と「やや強い」の中間で、多少疲れを感じる程度の疲労度であり、著しく問題となる疲労度ではないと考えられる。このため、1.5 kg

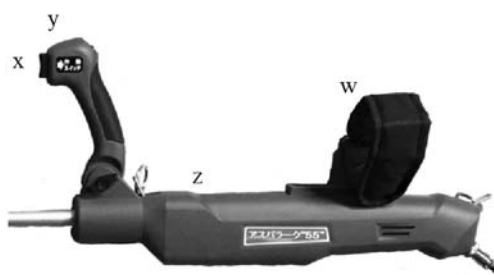
程度の長柄収穫ハサミであれば片手での操作でも利き腕の身体的負担はそれほど問題ではないと考えられる。しかし、アスパラガスの立茎後の収穫作業は3か月以上も行われるため、柄グリップでは両手操作および上グリップに比べて継続的な作業で右手首の曲がり起因する疲労の蓄積が大きくなる可能性も考えられた。また、被験者 B では柄グリップ区上グリップ区の修正 Borg Scale の差は小さかったが、柄グリップでは時折、手首の曲がり角度が大きくなる場面もあり、継続的な作業で被験者 A 同様に手首の負担が大きくなる可能性も懸念された。片手操作が両手操作に比べて作業能率が高かったこと、片手操作では柄グリップで手首の曲がり起因する身体的負担の疲労の蓄積が大きくなる可能性が高いことから、長柄収穫ハサミの操作方式として、上グリップが適すると判断した。

以上の結果をもとに、第 3-9 図に示した長柄収穫ハサミを共同研究機関である金星大島工業株式会社で試作した。主な構成は、若茎を切断するハサミ、モーターや減速器等の駆動機構を内蔵したケーシング部、ケーシング内部の駆動をハサミの開閉に伝達するワイヤーを内蔵する柄および外付けのバッテリーからなる。ハサミは若茎が数本並んで萌芽している場合でも隙間にハサミを入れやすいよう細刃とし、一般的な園芸用ハサミと同等のサイズとした。なお、若茎を地際で切断するため、バーク堆肥を利用している場合には、チップなどの硬いものを誤って切断することも想定される。そこで、ハサミ刃には研磨可能な素材を採用し、分解してメンテナンスできる仕様とした。ケーシングについては、極力軽労化を図るため、バッテリー(重量約 700 g)を外付けとした。また、使用する農業者の体形は個人によって異なる。そこで、右腕を固定するバンド位置および操作グリップの角度について、調節可能な構造とした。

一方、柄の長さについても農業者の身長や畝の高さによって最適な長さが異なってくるため、柄の長さについても調節可能とすることが望ましい。しかしながら、柄へ長さ調節機構を加えることについては、重量およびコストの増加、故障リスクが生じることの課題もある。このため、柄の長さは固定式を検討し、柄の長さが 50, 55, 60 および 65 cm の長さの長柄収穫ハサミを試作した。

## 2) 補助バンドの検討

第 3-10 図に作業能率の結果を示した。被験者 A では 1 分当たり 13.1~13.9 本、被験者



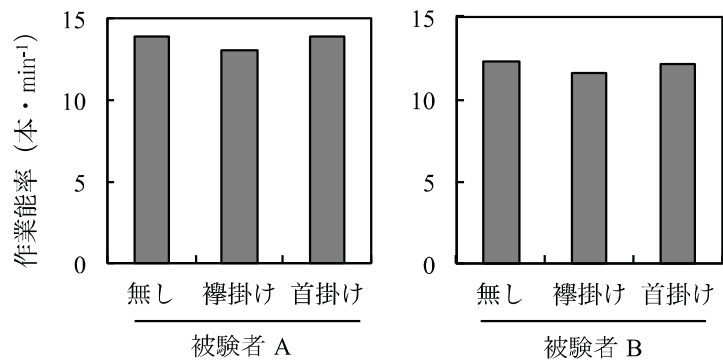
第 3-9 図 試作した長柄収穫ハサミの外観

z ケーシング部

y グリップ(角度調整可能)

x 作動スイッチ

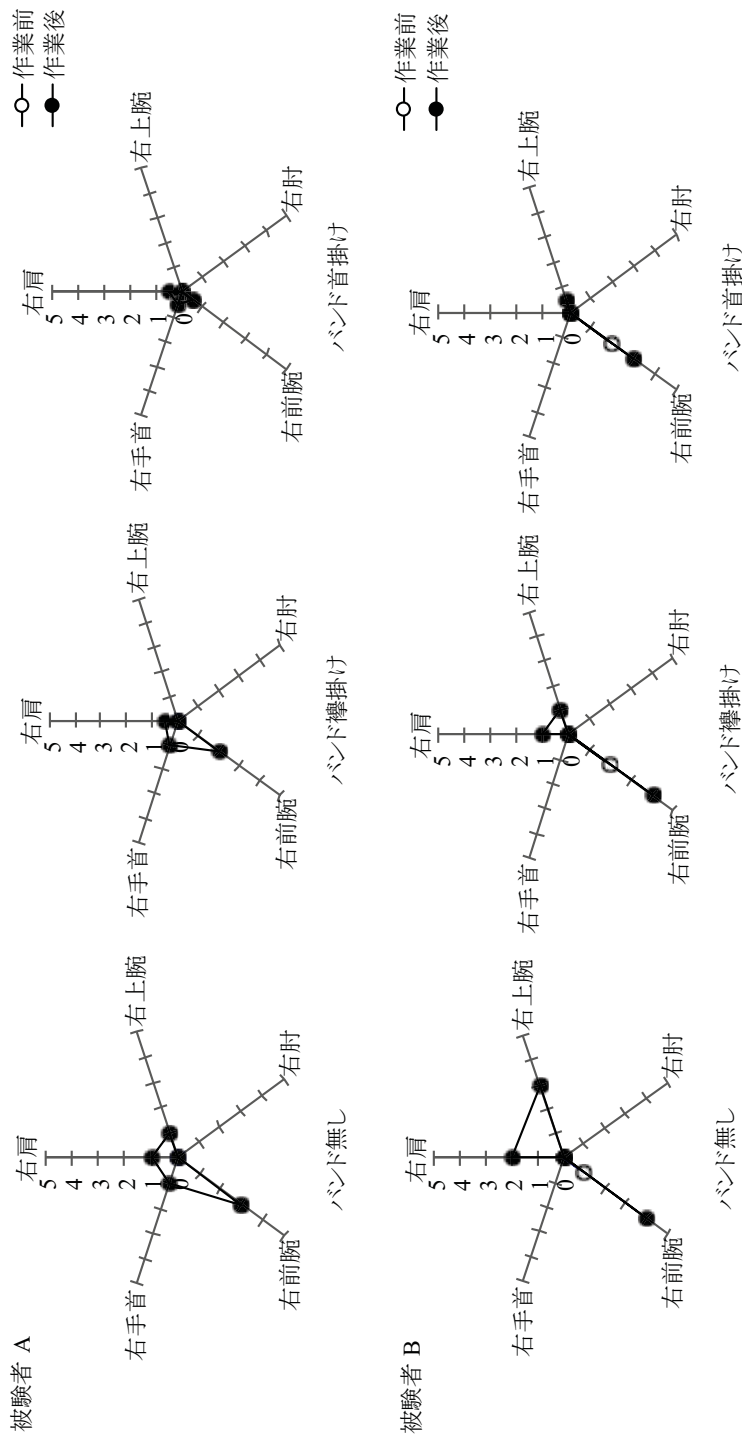
w 前腕部への固定用バンド(前後へ調整可能)



第 3-10 図 補助バンドの有無および使用方法が作業能率に及ぼす影響  
 補助バンドの方式は第 3-2 図参照  
 被験者 A は 30 歳代男性, 被験者 B は 40 歳代男性

B では 11.6～12.3 本で、補助バンドの有無および補助バンドの掛け方による顕著な差はみられなかった。第 3-11 図に 60 分間の作業後の右腕に関係する部位の主観的な身体的疲労度の結果を示した。被験者 B において、作業前にも疲労度を感じている箇所があったため、作業前と作業後の疲労度について、それぞれ示した。まず、被験者 A について、作業前の修正 Borg Scale はすべての部位において 0 であった。60 分間後の作業後の疲労度についてはバンドなし区および襷掛け区の修正 Borg Scale はそれぞれ 3 および 2 であった。一方、首掛け区では 0～0.5 で殆ど疲労はみられなかった。被験者 B では、補助バンドなし区の右前腕の作業後の修正 Borg Scale が 4 で作業前の 1 から増加した。また、右肩および右上腕がそれぞれ 0 から 2 および 3 に増加した。襷掛け区では右前腕が 2 から 4 に増加し、右肩および右上腕で 0 から 1 に増加した。首掛け区では右前腕で 2 から 3 に増加した。次に第 3-1 表に作業後の被験者の意見を示した。まず、被験者 A について、補助バンドなし区では疲労を感じるが補助バンドなしでも作業可能との意見であった。襷掛け区では若茎の採取時にバンドで体が前に引っ張られるとの意見、首掛け区では特に違和感なく作業が可能との意見であった。被験者 B について、補助バンドなし区では時間の経過とともに前腕の疲労が増加との意見であった。補助バンド襷掛け区では被験者 A 同様に若茎の採取時にバンドで体が前に引っ張られるとの意見であったが、首掛け区では体が前方に引っ張られるなどの違和感はないとの意見であった。

開発を目指す長柄収穫ハサミは収穫作業の開始から終了まで常時、装着して使用する。このため、利き腕に負担がかからない重量、若しくは重量負担を軽減するハサミでなければならない。農業分野における作業道具の重さに関する基準値は見当たらないが、工業分野では片手で使用する工具の推奨限界値は 2.5 kg で、重心位置も重要とされている(菅間, 2014.)。長尺物を保持する場合、一般的に保持位置から重心が離れる程、身体的負担が大きくなる。開発した長柄収穫ハサミの重量は 1.5 kg 程度で、重心位置が前腕に装着するケーシング部にあり、片手で操作する器具として許容範囲と考えられる。一方で、社団法人 人間生活工学研究センター発行の「高齢者対応基盤整備データベース[高齢者向け生産現場設計ガイドライン]」においては、高齢者が片手で楽に持てる重さは 1 kg 程度、少し努力すれば持てる重さは 1.5～2.0 kg 程度と報告されている((社)人間生活工学研究センター, 2003)。被



**第 3-11 図** 補助バンドの有無および使用方法が利き腕に関する部位の主観的な身体的負担に及ぼす影響  
 図中の数値は修正 Borg Scale (Borg, 1982) を指標とした 60 分間の模擬収穫作業後の主観的疲労度を示す  
 (0: 感じない, 0.5: 非常に弱い, 1: やや弱い, 2: 弱い, 4: 多少強い, 5: 強い, 7: とても強い, 10: 非常に強い)  
 作業前の主観的疲労度は両被験者とも 0 であった  
 被験者 A は 30 歳代男性, 被験者 B は 40 歳代男性

第 3-1 表 補助バンドの有無および方式が長柄収穫ハサミ使用後の被験者の意見

被験者 <sup>z</sup>	補助バンド <sup>y</sup>		意見 <sup>x</sup>
	有・無	方式	
被験者 A	無	—	疲労を感じるが、補助バンド無しでも作業可能
	有	襷掛け	若茎の採取時に体がバンドで前に引っ張られる
	有	首掛け	特に違和感なく作業が可能
被験者 B	無	—	時間の経過とともに前腕の疲労が増加
	有	襷掛け	若茎の採取時に体がバンドで前に引っ張られる
	有	首掛け	体が前方に引っ張られる等の違和感なし

<sup>z</sup> 被験者 A (30 歳代男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg), 被験者 B (40 歳代男性, 身長 169 cm, 体重 71 kg)

<sup>y</sup> 第 3-2 図参照

<sup>x</sup> 60 分間の模擬作業後に聞き取り

験者 A では補助バンドを使用しない場合、作業後に疲労を感じるが補助バンドなしでも作業可能との意見が得られており、被験者 A においては、開発した長柄収穫ハサミは少し努力すれば持てる重さの範囲内であることが窺われる。一方で、被験者 B では長柄収穫ハサミを装着する右前腕において、補助バンドなしでは修正 Borg scale がやや強いとされる 4 を示した。また、アスパラガスの 1 回あたりの収穫作業時間は収穫量が多い時期には、10 a 当たり 1 時間以上を要し、立茎後の収穫期間は 3 か月以上もの及ぶ。このことから、作業者によっては長柄収穫ハサミの使用による利き腕の負担が大きくなる懸念もあり、特に高齢者が作業する場合においては利き腕の負担を軽減する対策が求められる。

長柄収穫ハサミを使用により、利き腕で主に負担を感じる箇所は被験者 A および B ともに前腕部であった。これは、長柄収穫ハサミを前腕部に装着して使用しており、長柄収穫ハサミの重量をほぼ前腕部で支えていることが要因であると考えられる。補助バンドを襷掛けまたは首掛けで使用することで、両被験者とも程度は異なるが、右前腕部の疲労度を軽減でき、首掛けが襷掛けよりも効果が高い傾向にあった。被験者 B では補助バンドなし区の右前腕の作業後の修正 Borg Scale は 4 に対し、首掛け区では 3 で 1 ポイントの差であったが、首掛け区の作業前の修正 Borg Scale が 2 で、補助バンドなし区の 1 より大きかったことを考慮すると、首掛けの補助バンドの負担軽減効果が大きいと考えられる。作業能率の面では各区の間に顕著な差はみられなかったが、被験者から襷掛け区では若茎の採取時に身体が前方に引っ張られるとの意見が出された(第 3-2 表)。襷掛け区では補助バンドが身体に密着した状態で使用しており、若茎の採取するため長柄収穫ハサミを前方に挿し出す際には右肩から左の腰付近までの背中全体で補助バンドに引っ張られたことが要因であると考えられた。これに対して、首掛け区では首の 1 点のみで補助バンドを支えており、首を支点到弧を描く範囲では自由度が大きく、前方に引っ張られるなどの違和感はなく作業が可能との意見につながったもの推察した。以上の結果より、補助バンドの使用は長柄収穫ハサミの重量に起因する利き腕の負担を軽減でき、補助バンドの使用方法は首掛けとすることが望ましいと判断した。

## 2. 立ち姿勢で収穫するための機構

ストック方式およびつかみ方式の模擬収穫作業の成功率について、第 3-2 表に示した。スト



第3-2表 若茎の階級および設置向きがストック機構およびつかみ機構による模擬収穫<sup>z</sup>の成功率に及ぼす影響

方式	若茎設置の 角度 <sup>x</sup>		若茎の階級別の収穫成功率 <sup>y</sup> (%)		合計	不可の要因および作業上の気付き
	L以上 <sup>w</sup>	M	S以下			
ストック	前傾	100.0 (15/15) <sup>v</sup>	92.9 (13/14)	91.7 (11/12)	95.1 (39/41)	若茎が前方に落下. ガイド部内に入るよう長柄ハサミを前方に立てる必要あり ストック部の側方の隙間から落下 切断した若茎が自然に後方へ倒れるため, 容易にストック部へ収納可
	直立	100.0 (12/12)	91.3 (21/23)	100.0 (11/11)	95.7 (44/46)	
	後傾	100.0 (20/20)	100.0 (17/17)	100.0 (11/11)	100.0 (48/48)	
つかみ	前傾	100.0 (17/17)	100.0 (14/14)	100.0 (13/13)	100.0 (44/44)	若茎の設置角度に関わらず, 長柄収穫ハサミを自然な角度で操作可能
	直立	100.0 (19/19)	100.0 (14/14)	100.0 (13/13)	100.0 (46/46)	
	後傾	100.0 (15/15)	100.0 (21/21)	100.0 (14/14)	100.0 (50/50)	

<sup>z</sup> 第3-6図に示したセットに任意に若茎を設置して収穫した

<sup>y</sup> スtock機構は切断した若茎がストック部に収納できた場合, つかみ機構は切断した若茎をつかみ部で把持した後に長柄収穫ハサミを手前に引き寄せて, 左手で若茎を回収できた場合を成功とした.

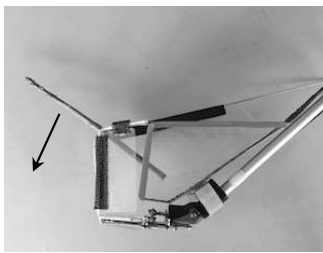
<sup>x</sup> 収穫成功率の調査後に若茎を穂先から25 cmの長さに調整後の重量をもとに広島県青果物標準出荷規格(広島県園芸振興協会)に基づき分類

<sup>w</sup> 前傾および後傾は作業者からみて, それぞれ奥方向(前方), 手前方向(後方)に40~45°傾けて設置した

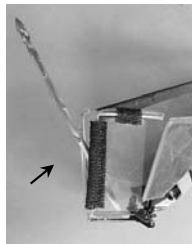
<sup>v</sup> カッコ内の数値は, 成功した若茎本数 / 調査若茎本数

ック区では 95%以上であった。若茎の設置角度は切断後の若茎の倒伏方向へ大きく影響し、前傾では長柄収穫ハサミの前方へ、後傾ではハサミ刃の後方へ倒伏する。このため、若茎が後方へ傾いて萌芽している場合、若茎が切断後に自然にストック部へ倒れて収納されるが、若茎が前方に傾いて前傾では若茎が前方に傾いているため、若茎を切断すると前方にそのまま倒れる。本実験において不可となった事例では、切断した際にそのまま前方に倒れ、ガイド部から落ちた(第 3-12 図 a)。また、若茎が落下しないようにするためには、若茎の切断時に若茎がガイド部に収まるよう長柄収穫ハサミを前方に傾けて操作する必要がある。本実験で前方に落下した事例では、若茎の切断時にもう少し長柄収穫ハサミを前方に傾けることで成功率を高められると考えられる。しかしながら、長柄収穫ハサミを前方に傾ける動作は右腕を上げる姿勢となり、操作が難しいことが課題であった。試作したストック機構はハサミの刃が閉じた際に左右のガイド部先端が密着して閉じるように設計しており、ガイド部の先端で切断した若茎を把持することも可能であり、斜め前方に萌芽した若茎については、これにより対応可能である。この場合、ハサミを開くと、若茎が落下してしまうため、ガイド部先端で若茎を把持している場合には、つかみ方式と同様に長柄収穫ハサミを手前に引き寄せて(第 3-5 図 e)、若茎を左手でつかみ、ハサミ刃(ガイド部)を開き、ストック部に収納する。これにより、把持した若茎を落下させることなく、立ったままでの作業を可能とした。一方、設置角度が直立の場合でストック部の左カバーの隙間から落ちる事例がみられ(第 3-12 図 c)、対策として隙間小さくする改善を図った。

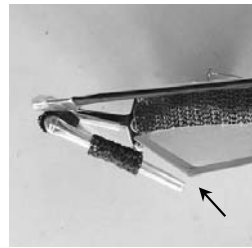
つかみ方式の長柄収穫ハサミの模擬作業での収穫成功率は若茎の階級(太さ)および設置角度に関わらず、成功率は 100%であった。また、若茎の設置角度が前傾の場合でも、ストック方式でみられた右腕を上げて長柄収穫ハサミを前方に傾けて操作する必要はなかった。一方で、設置角度が前傾の若茎の場合、切断した若茎をつかみ部で把持できているが、若茎が前方向へ倒れる事例が幾つか観察された。この要因として、つかみ部が若茎を抑える力が弱いことが考えられた。しかし、若茎を抑える力を増大させることは、若茎を押さえつけることで若茎を損傷させる懸念も生じる。本実験では、若茎が完全に脱落した事例はみられなかったこと、また、つかみ部の鋼線の根元をペンチ等で曲げて、つかみ部を内側に曲げることで把持力を調整することも可能であることから許容される範囲であると判断した。



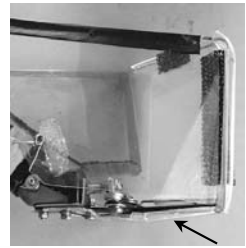
a 前方へ倒れる



b ガイド部で把持する(aの対策)



c スtock部の隙間(側面および底面)



第 3-12 図 スtock方式における若茎の落下要因

アスパラガスの出荷規格品はまっすぐに伸長している若茎とされるが、生産現場では穂先や茎の途中部分で曲がったり、スリップス等による害虫被害、扁平などの奇形が生じる(大串, 1998b; 重松, 2012)。このような若茎については、出荷できないばかりでなく、そのまま放っておくと養分が消耗したり、次の若茎の萌芽が遅れるといった弊害もあり、奇形の若茎は茎長にかかわらず早期に刈り取ることが重要である(第 3-13 図)。このため、長柄収穫ハサミには規格品と同様にこれらの短い奇形若茎を採取できる性能が求められる。ストック方式については、ガイド部に透明な樹脂板を装着しており、ハサミが閉じた際に切断した奇形若茎を樹脂板が囲い込み、短い若茎の採取を可能とした。また、前傾して萌芽した若茎を採取する場合と同様にガイド部の先端で奇形の若茎を把持できる。つかみ方式については、長さや萌芽の向きに関係なく切断した若茎をつかみ部で把持できる。

以上の結果をもとに、第 3-14 図に示した収穫ハサミを開発した。モーターや減速機を内蔵するケーシング部後方に長柄収穫ハサミを利き腕の前腕に装着するためのバンドを付属し、ケーシング部前方に主電源スイッチおよびハサミ刃の開閉を操作するスイッチを取り付けた操作グリップを装着した。なお、操作スイッチはオスとハサミ刃が閉じ、操作スイッチを押している間、ハサミ刃が閉じた状態を維持し、操作スイッチを離すとハサミ刃が開く。作業者の体格に合わせて前腕への装着バンドについては、前後にスライドでき、グリップについては角度を調整できる。また、柄の長さについては、50, 55, 60 および 65 cm の試作機を用いたモニターテストにおいて、身長や圃場条件の異なる条件下においても、殆どの作業者が 55 cm が適するとの意見が多く(坂本ら, 未発表)、柄の長さは 55 cm を基準とし、高身長の作業者に対応できるよう 65 cm の 2 種類とした。若茎は規定の長さに達したものを収穫する。立ち姿勢で畝上の若茎が収穫可能な長さに達しているか否かを判別するためのアンテナを装着した。バッテリーには約 700 g のリチウムイオンバッテリーを採用し、長柄収穫ハサミ本体の重量を軽減するため、外付けとした。作業時にはバッテリーをケーシング部後部の端子にケーブルに連結して使用する。充電は家庭用 100 V コンセントから行い、空の状態から約 2 時間で満充電となる。満充電のバッテリーは概ね 1,800 本の若茎を採取できる容量である。

ストック機構およびつかみ機構を装着した長柄収穫ハサミにより、模擬での収穫作業において、立ち姿勢で畝上の若茎を収穫できることを達成できた。立ち姿勢での収穫作業の実用化



第 3-13 図 若茎の奇形および曲がり



ストック方式



つかみ方式

第 3-14 図 開発した長柄収穫ハサミ

に向けて、作業性や軽労効果の確認など実際の圃場での作業性の検証が必要である。第 4 章において、本収穫ハサミと次節で開発した大型車輪の収穫台車および母茎地際押し倒し法を組み合わせた収穫の作業性について検証し、第 5 章において、慣行立茎での本収穫ハサミの有用性について検討した。

## 要約

アスパラガス収穫作業の中腰姿勢を改善できる技術として、立ち姿勢で任意の若茎を採取できる長柄収穫ハサミの開発に取り組んだ。まず、長柄収穫ハサミの重量による利き腕の負担軽減および操作性の観点から操作方式を検討した。片手での操作が両手操作に比べて作業能率が高かった。片手での操作方式として、長柄収穫ハサミのケーシング部(モーターや減速器を内蔵)を利き腕前腕に固定し、ケーシング部前部から上方に装着したグリップを握って操作する「上グリップ」方式が利き腕の主観的負担が小さかった。

## 第 2 節 めかるみでの走行をスムーズにする収穫台車の開発

アスパラガスの収穫では、採取した若茎を運搬しながら作業を行うため、手提げの収穫カゴや収穫カゴを載せた運搬台車を利用している。開発した長柄収穫ハサミを利用して収穫する場合、長柄収穫ハサミで把持またはストックした若茎を収穫カゴに入れる場合、収穫ハサミの柄が長いため、左手で収穫カゴを持ったまま、若茎を入れることは難しい。また、収穫カゴを通路に下ろして若茎を収穫カゴに入れる場合では、移動の都度に収穫カゴを持つ、下ろすの動作が繰り返し必要となるため、作業能率の低下と収穫カゴの上げ下ろしの繰り返しによる身体的負担の蓄積が懸念される。一方、運搬台車を利用した収穫作業では、第 3-15 図に示した直径が 9 インチの小型車輪を装着した運搬台車が用いられることが一般的である。広島県におけるアスパラガス生産は、水田転換圃場での栽培が殆どで、排水条件の悪い圃場では降雨後には圃場全体がぬかるむことが多い。作業通路がぬかるんだ状態では作業能率が低下(富田, 1974; 富田・丸山, 1974)するだけでなく、9 インチの小型車輪を装着した運搬台車では、車輪が通路に埋まり、スムーズな走行が難しいため、運搬台車を後ろ側に引きながら移動する事例や運搬台車の利用自体を断念する事例がみられる。前述のとおり、長柄収穫ハサミ

を利用した収穫では、右手に常時、収穫ハサミを装着して作業するため、運搬台車の性能として片手で容易に移動できることが求められる。

一般に運搬台車を走行させる際には、主に車輪にかかる荷重や走行する路面条件により様々な抵抗を受け、一般に直径が大きく、リム幅が狭い車輪で走行抵抗が小さくなる。そこで、長柄収穫ハサミを利用したアスパラガス収穫作業における運搬台車操作の負担軽減を目的に走行抵抗を小さくできる車輪サイズの検討、運搬台車の試作を行った。

## 材料および方法

12, 14 および 16 インチのノーパンクタイヤ(ハラックス株式会社製)を用いた(第 3-15 図)。車輪サイズは 12 インチが直径約 29 cm, 幅約 4.3 cm, 14 インチが直径約 34 cm, 幅 4.3 cm, 16 インチが直径約 41 cm, 幅 5.0 cm であった。アルミ角材およびアルミパイプを用いて台車フレームを作成し、車軸に鉄パイプを用いて車輪を取り付けた。なお、車輪サイズは 4 輪とも同じサイズとした。台車を押す取っ手部分にロードセル(K020, A&D 社製)を取り付けた。なお、対照の 9 インチ車輪については、市販の運搬台車の取っ手にロードセルを取り付けた。

幅 1 m, 長さ 3.5 m の木枠を作成して圃場に設置し、この木枠内に水田から採取した土壌を入れ、かん水パイプでかん水することで、人為的にぬかるみ条件を作成した。なお、土壌の種類は灰色低地土である。台車の走行抵抗測定は路面のぬかるみ程度によって異なるが、ぬかるみ程度を数値で表すことは困難であるのが現状である。そこで、路面のぬかる程度の目安として、山中式硬度計を路面に対して垂直に挿して土壌硬度を測定した。なお、測定は 10 箇所で行い、5 mm(0.6 kg/cm<sup>2</sup>)程度であった(第 3-3 表)。また、運搬台車走行後に路面に残った足跡の深さを 10 箇所について測定した。

製作した収穫台車の中央に 5 kg または 10 kg の荷重を載せ、ロードセルを取り付けた取っ手部分を押し 3 m を走行した。各車輪サイズとも 3 回の走行を行い、ロードセルにかかる負荷を走行抵抗値として、読み取った。ロードセルにロードセル用変換器(TUSB-S01LC2Z)を介して PC に接続し、負荷を読み取った。





収穫台車



9インチ(慣行)



14インチ

第 3-15 図 一般的な収穫台車および走行抵抗値の測定に用いた車輪  
車輪写真: ハラックス株式会社カタログから引用 (<http://harax.co.jp>)

第3-3表 収穫台車の走行抵抗測定に用いた路面の土壌条件

地点	土壌硬度 (kg/cm <sup>2</sup> ) <sup>z</sup>		足跡深さ <sup>y</sup> mm
	調査前	調査後	
1	0.3	0.3	28
2	1.2	0.4	35
3	0.3	0.4	32
4	0.3	0.4	30
5	0.4	0.3	29
6	1.1	0.8	24
7	0.3	0.3	23
8	0.7	0.7	26
9	0.8	0.7	22
10	0.4	0.7	28
平均	0.6	0.5	28
標準誤差	0.1	0.1	1

<sup>x</sup> 収穫台車の走行抵抗値測定前および測定後に山中式土壌硬度計を用いて、路面10か所を測定

<sup>y</sup> 身長173 cm, 体重62 kgの調査者が歩行した後に足跡の深さを測定

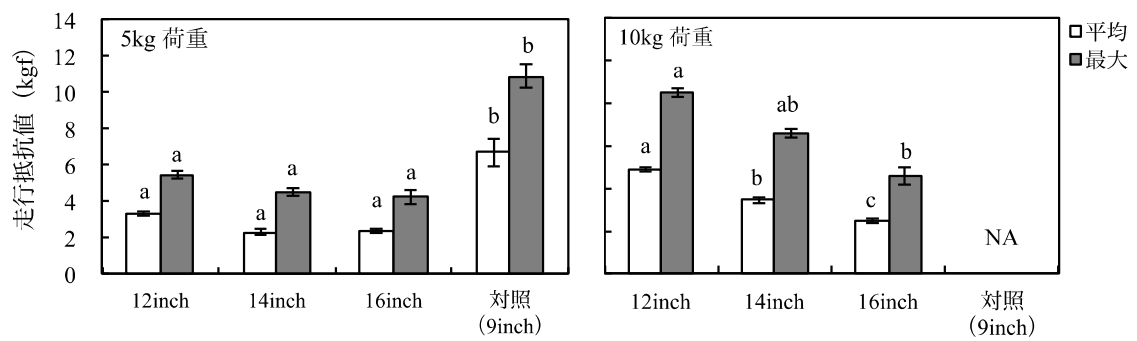
## 結果および考察

運搬台車の車輪サイズが走行抵抗に及ぼす影響について第 3-16 図に示した。5 kg 荷重の場合、対照の 9 インチ車輪では平均走行抵抗が 6.7 kgf であった。これに対して、12, 14 および 16 インチ車輪では、それぞれ 3.3, 2.3 および 2.3 kgf で、12 インチ車輪では 9 インチの 50%, 14 および 16 インチ車輪では 35% であった。最大走行抵抗については、9 インチ車輪では 10.9 kgf で、12, 14 および 16 インチではそれぞれ 5.4, 4.5 および 4.2 kgf で 39~50% に軽減できた。平均走行抵抗値と最大走行抵抗値ともに 12 インチに比べて 14 および 16 インチで走行抵抗の軽減効果が大きく、14 と 16 インチではほとんど差はみられなかった。

10 kg 荷重の場合では、9 インチ車輪の運搬台車では車輪が路面に埋没し、走行することができなかった。これに対して 12~16 インチ車輪では走行することができた。12, 14 および 16 インチ車輪の平均走行抵抗は、それぞれ 4.9, 3.4 および 2.5 kgf で、車輪サイズが大きいほど、平均走行抵抗が小さくなった。同様に、最大走行抵抗も車輪サイズが大きい運搬台車で小さく、12, 14 および 16 インチでそれぞれ 8.5, 6.6 および 4.6 kgf であった。

収穫カゴの大きさにもよるが本実験で用いた収穫カゴ(幅 36 cm×長 51 cm×深さ 10.5 cm)の場合、ほぼ満杯に収穫した若茎をいれると約 5 kg になる。このため、約 5 kg を収穫するごとに収穫カゴを交換すれば、収穫作業中の運搬荷重は多い時で 5 kg 程度であると考えられる。

頸部, 肩, 肘, 腕および手首に負担が大きいと考えられる力を入れる作業にチェックポイントとして、押し作業では 11 kg 以下とすることが目安とされている(宇土, 2003)。対照の 9 インチ車輪では 5 kg 荷重の場合で最大 10.9 kg で押し作業の許容負荷の限界値であった。しかしながら、長柄収穫ハサミを利用した収穫作業において、収穫台車を利用する場合、片手での台車操作となるため、限界値は 11 kg よりも小さいと考えられ、本実験におけるぬかるみ条件下では 9 インチ車輪の走行抵抗値は押し作業時の許容範囲とされる負荷の限界値を超えていると推察される。12~14 インチ車輪では最大抵抗値は 5.4~4.2 kgf と 11 kgf の 50% 以下であった。停止している運搬台車を走行させる際には、始動抵抗があり、走行抵抗に比べてより大きい抵抗を受ける(文献, 中部産業 HP)。本実験で計測された最大走行抵抗値がこれに該当し、一時的な抵抗である。このため、畝から畝への移動など継続的に台車を押す動作では平均抵抗値が重要となる。片手で台車を押す指標ではないが、高齢者が片手で少し努力



第3-16図 収穫台車の車輪サイズが走行抵抗値に及ぼす影響

図中の垂線は標準誤差を示す(n=3)

TukeyのHSDにより平均および最大走行抵抗値の異符号間にそれぞれ5%水準で有意な差があることを示す

NAは車輪が路面に埋まり込み、走行不能であったことを示す  
試験に用いた車輪は第3-15図参照

すれば持てる重量は第 1 節で述べたとおり、1.5～2 kg とされている。12、14 および 16 インチの 5 kg 荷重時の平均走行値はそれぞれ 3.3、2.3 および 2.3 kgf であり、14 および 16 インチが概ね努力すれば持てる重量、すなわち、片手で努力すれば押せる抵抗であると推察される。

降雨時や降雨後にぬかるんだアスパラガス圃場を歩くと、足跡がくぼみとして残り、作業通路に凹凸が生じる。走行抵抗測定後に体重 63 kg の被験者が歩いた路面の足跡の深さを計測した結果、22～35 mm で平均 27.7 mm であった。圃場のぬかるみは土壌の乾燥により改善されるが、足跡や車輪が走行した跡が窪みとして残ることが多い。段差を乗り越える際の走行抵抗を軽減するには、段差の 10 倍程度の直径の車輪を選択することを目安としている(市川, 1995)。12、14 および 16 インチ車輪の直径は、それぞれ 30.5、36.6 および 40.6 cm である。足跡による段差が 30 mm 以下であれば、12 インチ車輪でよいと考えられるが、本実験における最大の段差は 35 mm であった。ぬかるみ状態や圃場の土質によって足跡の深さは異なるが、最大段差 35 mm の場合、10 倍程度の直径である 14 インチ以上の車輪の選択が望ましいと考えられる。5 kg を超えた荷重を積載する場合や走行抵抗の軽減効果の大きさを考えるのであれば、16 インチ車輪の選択が望ましいが、16 インチ車輪の場合、運搬台車の全長が長くなり、取り回しが難しくなる。また、車輪コストが大きいといったデメリットも生じる。5 kg 程度の荷重であれば、14 インチおよび 16 インチの走行抵抗値に大きな差はなかったことから、収穫台車の開発に当たっては、14 インチの車輪を選択することとした。

以上の結果をもとに収穫台車の原図を考案し、N 社に試作を依頼した(第 3-17 図)。荷台の幅は農業分野におい広く用いられているプラスチック製コンテナが収納できるサイズとした。また、ストック方式の長柄収穫ハサミで収納した若茎を収穫台車に乗せた収穫カゴに排出する際に長柄収穫ハサミを持ちあげる動作を極力少なくできるように収穫カゴをタイヤの高さを同程度となるよう低床型とした(第 3-17 図)。また、車輪より収穫カゴが低い位置となる場合、車輪の回転時に跳ね上がる泥によって収穫した若茎が汚れてしまう懸念があるため、車輪の内側および上部へ泥除けを設置した。

台車の取っ手の高さは、台車の押し易さ、すなわち作業負荷に影響を及ぼす。社団法人人間生活工学研究センター発行の「高齢者対応基板整備データベース[高齢者向け生産現場設計ガイドライン]」において、台車を押す作業の最も押しやすい高さは、どの年代でも肘頭



第 3-17 図 試作した 14 インチ車輪を装着した収穫台車

下縁高の90%程度の高さであるが、高齢者になると押しやすい高さの許容幅が若年者に比べて狭くなっているとの報告がある((社)人間生活工学研究センター, 2003)。このため、取っ手の高さは作業者の身長に合わせて任意に調整できることが望ましい。取っ手の形状は、一般的には逆U字形のタイプが多い(第3-15図)。ストック方式の長柄収穫ハサミを利用する場合、ストック部に収納した若茎を収穫カゴに排出する際に運搬台車に乗せた収穫カゴの上にストック部をもってくる必要がある。このため、逆U字型の取っ手では軸が作業の支障となる(第3-15)。また、場合によっては、作業中に取っ手の高さを調整する必要があることも考えられる。逆U字型の取っ手では2か所で調整する必要があり、特に長柄収穫ハサミを利き腕に装着しての作業の場合では高さ調節作業は難しい。このため、取っ手の軸を1本とするT字型の取っ手を採用した(第3-17図)。

## 第 4 章 開発技術を組み合わせた収穫技術の作業性の検証

農業分野において、新たに開発された技術を導入する場合、その新技術の導入による効果がどの程度で、農業経営にとって有用であるかどうかの判断によって導入の可否が決まるのが一般的である。特に、新技術の導入効果として販売額の向上につながる増収や品質向上の効果は、農業経営に直結する効果として重要視される。一方、作業性の向上効果について、作業時間短縮効果はコスト削減効果として検討されるものの、軽労効果については、その特性から経済的数値で示すことは極めて難しい。また、軽労効果を数値として表す方法として、作業姿勢を評価する方法が多く用いられているが、被験者が実際に感じる軽労効果については主観的な判断が大きく、数値化が難しい。このため収穫作業において、被験者が実際に感じた身体的負担について、数値化した事例は見当たらない。

本研究は、高齢化が進む産地で課題となっているアスパラガス収穫作業の身体的負担を軽減することを最大の目的としている。このため、第 2 章および第 3 章において開発した母茎地際押し倒し法、長柄収穫ハサミおよび大型車輪収穫台車を組み合わせた、立ち姿勢によるアスパラガス収穫作業の軽労化技術を現地へ普及するに当たって、作業能率、作業姿勢の数値化はもちろんのこと、軽労効果の数値化は、技術導入の判断のための重要な指針となる。そこで、本章では、開発した技術を組み合わせた、立ち姿勢による収穫の作業能率、作業姿勢および軽労効果の検証を行い、軽労効果の数値化として、被験者が感じる主観的な疲労度から評価を行った。それとともに、立ち姿勢で収穫するための機構として、第 3 章第 1 節で開発したストック方式およびつかみ方式の機構の違いによる作業性を比較した。

### 材料および方法

実験区として、母茎地際押し倒し法で栽培した区でストック方式、またはつかみ方式の長柄収穫ハサミを利用して立ち姿勢で収穫するストック区およびつかみ区、慣行の立茎方法で栽培した区において、従来の中腰姿勢で収穫を行う慣行区の 3 区を設けた。



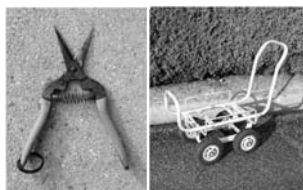
## 1. 圃場条件

実験は2012年に広島県立総合技術研究所農業技術センターの露地試験ほ場で行った。2008年に畝間200 cm(畝幅100 cm+通路幅100 cm), 株間40 cmでの1条植え(1 a当たり125株)で定植した5年生のアスパラガス'ウェルカム'を用いた。慣行の立茎栽培および母基地際押し倒し法ともに第2章第1節に準じて行い, 2012年の5月21日から立茎を開始した。立茎は両栽培方法ともに茎径12~15 mmの若茎を目安に畝長1 mにつき, 10本を基準に選定した(田中, 2004)。なお, 基準の茎径の若茎が萌芽しなかった場合については, 基準外の茎径の若茎も立茎した。慣行の立茎栽培における茎葉管理については, 畝面から50 cmまでの高さの側枝を全て除去し, 茎先端の摘心は行わなかった。母基地際押し倒し法については, 第2章第1節から改良した押し倒し資材(長さ30 cm, 幅2 cm, 高さ1.5 cmのU字形のプラスチック製)を用いて母茎とする若茎の押し倒しを行った。母茎の側枝の伸長がほぼ終了した時点(擬葉展開前)で, 母茎を鉛直に対して約30°の角度で手前に誘引した。また, 押し倒し資材については, そのまま設置しておく資材直下に若茎が萌芽した場合, 若茎の曲がりや若茎に傷がついてしまうため, 母茎の曲がり癖がついた後, 夏芽の収量が増加するまでに外して回収した。茎葉管理については, 地際付近から発生し, 畝面に垂下した側枝のみを基部から除去し, 主茎先端の摘心は行わなかった。

なお, 毎年, 冬季に茎枯病の耕種的防除を目的にバーク堆肥でマルチを行ったため(酒井ら, 1992), 作業性調査時の畝のサイズが定植時と異なり, 畝底面の幅が130~140 cm, 畝上面の幅が50~60 cm, 畝の高さ約35 cmであった。

## 2. 収穫器具

実験に用いた収穫器具を第4-1図に示した。対照区については, 市販の重さ113 gの園芸用ハサミおよび9インチの車輪を装着した収穫台車を用いた。ストック式およびつかみ式の長柄収穫ハサミ(金星大島工業(株)社製)については, スtock部, つかみ部および柄の長さ以外の基本構造はほぼ同様とした。柄の長さについては, スtock区では被験者の希望に合わせて60 cmまたは55 cmとし, つかみ区では55 cmとした。バッテリーおよび電源ケーブルを除く本体重量は, スtock式では約1.6 kg, つかみ式では約1.5 kg, 腰に装着して使用するバッテ



園芸用ハサミ 収穫台車

慣行区



長柄収穫ハサミ(ストック)



長柄収穫ハサミ(つかみ)



収穫台車

ストック区およびつかみ区

第 4-1 図 実験に用いた収穫ハサミおよび収穫台車

リーおよびケーブルの重量については、ストック式およびつかみ式ともに約 700 g であった。作業手順はストック方式およびつかみ方式ともに第 3 章第 1 節に準じて行った。なお、収穫カゴについては、ストック区では収穫ハサミを畝面から収穫カゴの上に移動する際に、上下の変動を少なくするため、収穫カゴの高さを畝面と同程度となる高さとし、つかみ区では採取した若茎を収穫カゴに入れる際に体幹部が屈まないよう収穫台車にプラスチックコンテナ (52 cm×36.5 cm×30.5 cm) を 2 個載せ、その上に収穫した若茎を入れるカゴを配置した。カゴの高さは地表面から 80 cm であった。

### 3. 被験者および作業条件

中腰および立ち姿勢での収穫に熟練した被験者 A (36歳男性, 身長173 cm, 体重62 kg) および被験者 B (63歳男性, 身長162 cm, 体重55 kg) を被験者として作業性調査を行った。慣行区については, 9月11日 (最高気温: 28.7°C) に被験者 A, 9月13日 (最高気温: 30.8°C) に被験者 B とした。ストック区については, 9月4日 (最高気温: 30.8°C) に被験者 A, 9月19日 (最高気温: 26.3°C) に被験者 B, つかみ区については, 9月3日 (最高気温: 30.5°C) に被験者 A, 9月25日 (最高気温: 27.3°C) に被験者 B とした。各調査日も概ね晴天であった。

収穫の作業性試験では, 採取本数を揃えるため, 事前に収穫した若茎を用いた。若茎を畝面から概ね 20~30 cm 程度の高さとなるよう人為的に畝面に設置し, これらの若茎を長柄収穫ハサミで採取した。畝面への若茎の設置については, 長さ約 10 cm に切断した VP13 塩ビパイプをあらかじめ, 実際に若茎が萌芽した収穫跡に地際まで差し込み, この塩ビパイプに若茎を差し込んで行った。採取する若茎本数は, 当該試験圃場における 2011 年の夏季 (7~8 月) の 1 日当たりの平均収穫本数である  $100 \text{ 本} \cdot \text{a}^{-1}$  (データ省略) とし, 畝長 10 m に若茎 20 本を配置した。各処理区とも長さ 10 m の畝を 5~6 畝用いて行い, 被験者が収穫した後, ただちに別の作業者が塩ビパイプに残った若茎の根元部分を取り除き, 新たに若茎を差し込むことで, 60 分間連続して収穫作業を行った。なお, 60 分間の間に被験者の判断で作業途中に腰を伸ばしたりするなどの小休憩をとってもよいこととした。

### 4. 作業能率, 作業姿勢および身体的負担の計測

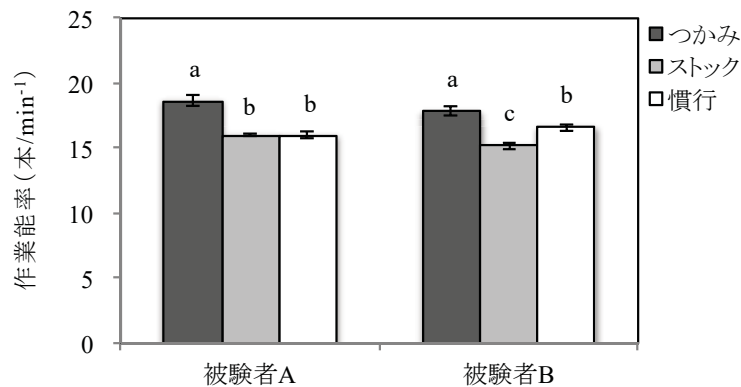
作業能率について、10分間ごとの収穫本数を調査し、1分間当りの収穫本数に換算して評価した。なお、10分ごとの結果を1反復とみなし、TukeyのHSDにより評価を行った。作業姿勢について、各被験者の収穫作業を作業開始から10分間、デジタルカメラの動画モードを用いて撮影し、1秒ごとの静止画像について、第2章第3節の方法に準じてOWASにより解析を行った。収穫時の作業動作として、1秒ごとの静止画像について、作業動作を「採取ハサミまたは長柄収穫ハサミで若茎を切断する(慣行区では若茎に手を伸ばして若茎を切断し、次の若茎に手を伸ばすまで、つかみ区では切断して把持するまでの動作とし、以下、若茎を切断する)」、「長柄収穫ハサミに把持された若茎をとる、またはストックする(以下、若茎をとる・ストックする)」、「採取した若茎をカゴに入れる(以下、カゴに入れる)」、「立ち止まって若茎を探す(以下、探す)」および「移動する」に分類した。なお、「若茎を切断する」、「若茎をとる・ストックする」および「カゴに入れる」動作については、歩きながらの動作も含め、移動のみの動作を「移動する」に分類した。

若茎1本の収穫に要した時間として、若茎を採取する作業(以下、採取)および採取した若茎をカゴに入れる作業(以下、カゴ入れ)の所要時間を動画をもとに計測した。なお、「採取」は前述の「若茎を切断する」および「若茎をとる・ストックする」を合わせた動作とし、「カゴ入れ」は前述の「カゴに入れる」動作とした。

各被験者の主観的な疲労度について、作業前および作業後に身体の各部位を対象に第3章第1節に準じて修正Borg Scale (Borg, 1982)の指標を用いて聞き取りを行った。また、作業終了後に作業の感想および引き続き連続して作業が可能であるかどうかを聞き取りした。

## 結果および考察

収穫作業能率の結果を第4-2図に示した。1分間当たりの収穫本数は、被験者Aではストック区および慣行区がともに16.0本であり、同等の作業能率であった。これに対してつかみ区では18.7本で両区に比べて約17%作業効率が高かった。被験者Bではストック区の作業能率が1分当たり15.2本で慣行区の16.6本に比べて8%劣った。つかみ区では1分当たり17.8本で慣行区に対して7%の作業効率の向上がみられた。



第 4-2 図 アスパラガス全期立茎栽培における母基地際押し倒し法およびつかみ式またはストック式の長柄収穫ハサミ, 14 インチ車輪収穫台車の利用が収穫の作業能率に及ぼす影響

図中の垂線は標準誤差を示す (n=6)

各被験者における異なる英小文字間に Tukey の HSD により 5%水準で有意な差があることを示す

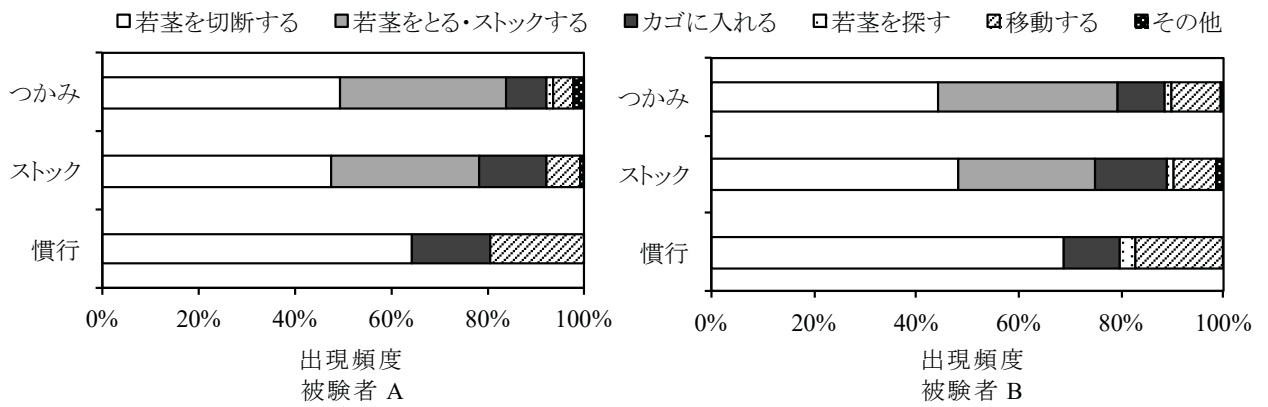
慣行区は慣行の立茎方法で栽培した圃場において, 第 4-1 図に示した園芸用ハサミおよび 9 インチ車輪収穫台車を用いて中腰で収穫した  
つかみ区およびストック区は母基地際押し倒し法で栽培した圃場において, 第 4-1 図に示した長柄収穫ハサミおよび 14 インチ車輪収穫台車を用いて立ち姿勢で収穫した

被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg) および被験者 B (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) とした

作業開始から10分間の動作別出現頻度を第4-3図に示した。被験者Aおよび被験者Bともほぼ同様の傾向を示した。全ての区において「若茎を切断する」動作が最も多く観察され、処理区間では慣行区で最も多く、被験者Aで64%、被験者Bで69%であった。これに対してストック区およびつかみ区については44～50%で慣行区に比べて出現頻度がやや少なかった。長柄収穫ハサミを利用した収穫作業において特徴的な動作である「若茎をとる・ストックする」については、被験者Aおよび被験者Bともにつかみ区の方がストック区に比べて若干多い傾向にあり、特に被験者Bで多かった。「カゴに入れる」については、ストック区の方がつかみ区に比べて出現割合が高く、ストック区と慣行区では概ね同程度であった。「移動する」については、ストック区およびつかみ区では10%未満であったが、慣行区では被験者Aおよび被験者Bでそれぞれ19.6%および17.3%と多く観察された。

若茎1本の「採取」および「カゴ入れ」に要した時間および連続収穫本数を第4-1表に示した。「採取」に要した時間は、被験者Aおよび被験者Bともに慣行区で最も短く(1.59および1.91秒/本)、次いでつかみ区(2.24および2.44秒/本)、ストック区(2.68および2.85秒/本)の順であった。「カゴ入れ」に要した時間は、被験者でやや異なっており、被験者Aではつかみ区(0.38秒/本)およびストック区(0.51秒/本)の間に有意差はみられず、ともに慣行区(0.87秒)よりも短かったのに対し、被験者Bではつかみ区(0.37秒)の方がストック区(0.55秒)よりも有意に短かったが、いずれも慣行区(0.46秒/本)との間には有意な差はみられなかった。「採取」および「カゴ入れ」を合わせた合計の時間は、両被験者とも慣行区、つかみ区およびストック区の順に短い傾向にあった。また、採取からカゴ入れまでの動作の間で連続して収穫した本数はストック区、つかみ区および慣行区の順に多く、つかみ区および慣行区では2.04～3.91本であったが、ストック区では5本以上であった。

ストック区では若茎を切断後に刃先をやや持ち上げることで、切断した若茎を刃部後方のストック部へ収納できるが、つかみ区では若茎を切断して刃上部のつかみ部で把持した後、長柄収穫ハサミを手前に引き寄せて、左手で若茎を採取する。このため、つかみ区ではストック区に比べて「若茎をとる・ストックする」の出現頻度が多かったものと考えられる。一方、「カゴに入れる」動作について、つかみ区に比べてストック区で多かった。ストックでは連続で数本を採取し、まとめて収穫カゴに入れるため、「カゴ入れ」は若茎数本ごとの動作となるが、つかみ区



第 4-3 図 つかみ式またはストック式の長柄収穫ハサミおよび 14 インチ車輪収穫台車の利用が収穫における動作別の出現頻度

被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg) および被験者 B (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) とした  
 作業開始から 10 分間の作業について, 撮影した動画の 1 秒ごとの静止画の動作を分類した

第 4-1 表 母基地際押し倒し法およびつかみ式またはストック式の長柄収穫ハサミが作業能率に及ぼす影響

被験者 <sup>z</sup>	処理区	若茎1本当たりの動作別作業時間(秒/本) <sup>y</sup>			連続収穫本数
		採取	カゴ入れ	合計	
被験者A	つかみ	2.24 ± 0.03 <sup>x</sup> b <sup>w</sup>	0.38 ± 0.03 b	2.62 ± 0.03 b	3.71 ± 0.11 b
	ストック	2.68 ± 0.07 a	0.51 ± 0.04 b	3.20 ± 0.09 a	6.46 ± 0.36 a
	慣行	1.59 ± 0.04 c	0.87 ± 0.04 a	2.46 ± 0.05 b	2.04 ± 0.10 c
被験者B	つかみ	2.44 ± 0.04 b	0.37 ± 0.03 b	2.81 ± 0.04 b	3.91 ± 0.15 b
	ストック	2.85 ± 0.08 a	0.55 ± 0.06 a	3.40 ± 0.11 a	5.42 ± 0.36 a
	慣行	1.91 ± 0.05 c	0.46 ± 0.03 ab	2.38 ± 0.06 c	3.58 ± 0.16 b

<sup>z</sup> 被験者は収穫作業に熟練した被験者 A(36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg) および被験者 B(63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg)とした

<sup>y</sup> 作業開始から 10 分間の作業について, 撮影した動画の 1 秒ごとの静止画の動作を解析した

<sup>x</sup> 平均値±標準誤差 (n=24~85)

<sup>w</sup> 各被験者における同一カラム内の異なる英小文字間は Tukey-Kramer の HSD により, 5%水準で有意な差があることを示す



に比べて動作の工程数が多く、1回の作業当りの所要時間に3秒程度を要し、つかみ区の約0.4秒に比べて大幅に長かった(第4-1表)。このため、つかみ区に比べてストック区で「カゴ入れ」の動作が多く観察され、若茎1本当たりの所要時間もつかみ区の4秒未満に比べて0.5秒以上と長かったものと考えられた。

慣行区では園芸用ハサミで若茎を切断後に直ちに次の若茎を採取できるが、つかみ区では、一旦、長柄収穫ハサミを引き寄せて把持した若茎を回収する必要がある。また、ストック区では、若茎の切断後に長柄ハサミの先端部をやや持ち上げて、切断した若茎をストック部へ収納する動作が必要である。若茎にハサミを挿し入れる動作について、ストック区ではハサミ刃上部に切断した若茎をストック部に収納するためのガイドが装着しているため、刃を目視できない。被験者から出された意見にあるように、「ストック部が邪魔となり若茎が見えにくい」、「若茎にハサミを挿し入れる作業が難しい」ことが課題として抽出された。つかみ区では、刃の状態を目視できるため、ストック区に比べて容易に若茎に挿し入れることができ、ストック区に比べて採取に要する時間が短くなったと考えられた。慣行区との比較では、つかみ区の若茎1本あたりの「採取」に要した時間は長かった。この要因として、慣行区では手元で採果ハサミを操作できるが、つかみ区では手元から50 cm以上先のハサミを操作する必要があることが考えられた。

一方、収穫の作業能率は両被験者とも慣行区に比べてつかみ区が優った。被験者Aでは、ストック区も慣行区に比べて作業能率が優った。つかみ区およびストック区では移動しながら収穫する若茎にハサミを差し入れ、つかみ区では移動しながら把持された若茎をとる作業を行っていた。これに対して、慣行区では中腰で前傾し、腕を前に伸ばして作業する姿勢が多く、これらの姿勢では移動しながら作業を行うことが難しい。このため、若茎を収穫する動作と移動が区別して行われ、収穫作業に占める「移動する」の割合が慣行区で高くなり、つかみ区に比べて作業能率が劣ったものと考えられた。また、「カゴ入れ」について、つかみ区では、採取した若茎を1本ごとに収穫カゴに入れるのではなく、左手に持ったまま次の収穫位置へ収穫台車を押して移動する動作が多く観察されたが、慣行区では収穫台車を移動する前に採取した若茎を収穫カゴに入れていた。このため、両被験者ともにつかみ区に比べて慣行区で「カゴ入れ」の出現頻度が高く、被験者Aではつかみ区の「カゴ入れ」動作の所要時間も慣行区に比

べて短かった。これらのこともつかみ区が慣行区に比べて作業能率が優ったことに寄与していることが考えられた。一方、ストック区も慣行区に比べて「カゴ入れ」の出現頻度が小さかったが、作業能率は慣行区に比べて劣った。この要因として、若茎 1 本当りの「採取」および「カゴ入れ」の合計時間が 3 秒以上と 3 処理区の中で最も長かったことが要因であると考えられた。

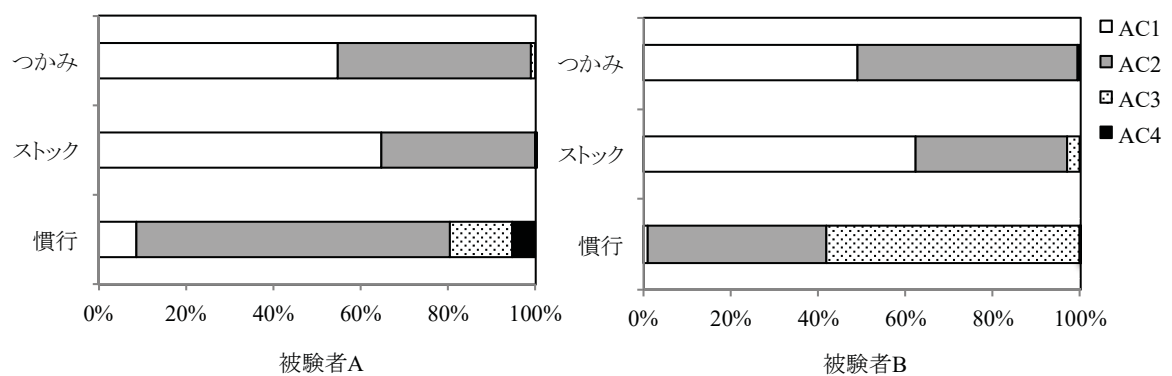
慣行区の「カゴ入れ」について、被験者 A では手の届く範囲での収穫毎に収穫台車の移動を行っていたが、被験者 B では一度に収穫台車を被験者 A の 2~3 倍の距離で移動させ、手の届く範囲の収穫を 2~3 箇所程度収穫し、被験者 A では平均 2.04 本ごとに、被験者 B では平均 3.58 本ごとにカゴ入れ作業を行っていた。それ故に、被験者 A が被験者 B に比べて「カゴに入れる」の動作が多かった。

「若茎を探す」動作については、被験者 A ではつかみ区で 2%であったが、慣行区およびストック区では観察されなかった。被験者 B については、慣行区で 3%、ストック区およびつかみ区ともに 1%で、いずれの区も 3%以下と少なく、処理区間に大きな差はみられなかった。母茎地際押し倒し法では母茎と若茎の萌芽位置が分離されているため、容易に若茎を視認できる。これに対して、慣行区では畝状に母茎と若茎が混在し、側枝が垂下しているが、中腰で収穫し、移動も腰を屈めて移動しており、常に視線が低い位置にあった。このため、母茎地際押し倒し法と慣行立茎栽培との間に顕著な差が見られなかったものと考えられた。

#### 作業姿勢の改善および軽労効果

OWASによる解析結果を第4-4図に示した。被験者 A について、慣行区では AC2 の姿勢が最も多く（72%）観察され、AC3 の姿勢が 14%、ただちに改善が必要とされる AC4 の姿勢が 6%で、改善不要な AC1 の姿勢は 9%であった。これに対し、ストック区およびつかみ区では AC1 がそれぞれ 65 および 55%以上を占め、AC2 がそれぞれ 35 および 44%で、AC1 および 2 の合計が 99%以上を占めた。被験者 B について、慣行区では AC2 および AC3 の姿勢がそれぞれ 41 および 58%観察され、AC1 および AC4 は、どちらも 1%未満であった。ストック区およびつかみ区では、AC1 がそれぞれ 62 および 49%、次いで AC2 がそれぞれ 35 および 50%で、被験者 A 同様に AC1 および 2 が全体の 97%以上を占めた。

作業姿勢評価法の一つである OWAS は、工業分野だけでなく、農業分野においても利用さ



第 4-4 図 つかみ式またはストック式の長柄収穫ハサミと大型車輪収穫台車を利用した収穫における作業姿勢の比較

慣行区では園芸用ハサミおよび従来の小型車輪収穫台車を利用

収穫作業について、開始から 10 分間の撮影した動画 1 秒ごとに OWAS (Karhu et.al., 1977; Louhevaara and Suurnakki, 1992)により下記の Action Category (AC) に分類した

AC1:この姿勢は筋骨格系負担は問題ない 改善は不要である

AC2:この姿勢は筋骨格系に有害である 近いうちに改善すべきである

AC3:この姿勢は筋骨格系に有害である できるだけ早期に改善すべきである

AC4:この姿勢は筋骨格系に非常に有害である ただちに改善すべきである

被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg) および被験者 B (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) とした

作業開始から 10 分間の作業について、撮影した動画の 1 秒ごとの静止画の動作を分類した

れている(宮寄・片岡, 2004; Nwe et al., 2012; 清水ら, 2016). アスパラガスの収穫作業についても OWAS による作業姿勢の評価が行われ, 従来の中腰作業では AC3 の姿勢が多いと報告されており(片平, 2004; 坂本ら, 2011), 本実験でも慣行のアスパラガス収穫の作業姿勢は身体的負担が大きい姿勢であることが改めて示された. 被験者 A および被験者 B との間で AC の出現割合が異なり, 被験者 A では AC2 の割合が最も多かったが, 被験者 B では AC3 が多かった. 被験者 A では膝を地面につける姿勢および両膝を曲げないで(膝角度 150°以上)立つ姿勢が多く観察されたが, 被験者 B では両膝を曲げる(膝角度 150°未満)姿勢が多く観察されており, このことが被験者 B で AC3 の姿勢が多くなった要因であった. AC3 の姿勢は筋骨格系に負担がかかり有害であるため, できるだけ早期に改善が必要とされている(Karhu ら, 1977). 山本ら(2004)は, 異なる 3 つの職場の腰痛の発生状況と作業姿勢を調査した結果, AC3 以上の姿勢の出現頻度が高い職場において, 腰痛が仕事中に急に発生した者の割合が多いことを報告し, 前屈し両膝を曲げて立つもしくは前屈した中腰の姿勢の出現率が比較的高い手作業の職場では, 不自然な姿勢への急な暴露が急性の腰痛発生に関わっている可能性があることを述べている. さらに, 山本ら(2004)は両膝を曲げて立つもしくは中腰姿勢に前傾が伴う姿勢(AC3)の限界は作業全体の 5%よりも低いと考えられ, これらの姿勢が 4.5%観察された職場で仕事中の腰痛発生が多かったと述べている. 本実験の被験者 B における慣行区では, AC3 以上の姿勢が約 60%で観察され, 前傾し両足を曲げて立つ姿勢は 55%と限界の 5%を大きく超えていた. このため, 60 歳男性においては, 急性的な腰痛の発生が極めて大きく危惧され, 早急な改善が必要であるといえる. 一方, 被験者 A では AC3 以上の姿勢は 14%と被験者 B に比べて少なかったが, 被験者 B 同様に限界とされる 5%を超えて観察されており, 被験者 A の慣行の収穫作業についても早急な改善が必要であることが示唆された.

被験者間において AC の出現割合が異なったが, 両被験者とも母茎地際押し倒し法, 長柄収穫ハサミおよび大型車輪の収穫台車の利用により身体的負担の大きい AC3 および 4 が減少し, 作業姿勢に改善の必要がなく, 負担の小さい AC1 が概ね 50%以上に増加した. 特に, 被験者 B では, ただちに改善を必要とする AC3 の姿勢が 58%から 3%以下

に著しく減少した。宮寄および片岡（2004）は中腰で作業するイチゴの地床栽培を高設栽培とすることでAC3およびAC4の姿勢の割合が46%から0%に減少し、高設栽培は軽作業化に効果が高いことを報告している。本実験では、AC3以上の姿勢の割合は0にはならなかったが、前傾し両足を曲げて立つ姿勢を限界以下に減少できており、長柄収穫ハサミの利用により高設栽培と同様に収穫の作業姿勢を改善できることが明らかになった。

ストック区およびつかみ区を比較すると、AC1の割合はストック区の方が被験者Aで10ポイント、被験者Bでは13ポイント高かった。OWASでは、体幹部が20°以上の前傾または後傾が観察された場合、ACが2以上となる。つかみ区では、長柄収穫ハサミで若茎を切断・把持した後、長柄収穫ハサミを手前に引き寄せて左手で長柄収穫ハサミが把持している若茎を採取する。この時、左手を前に出す際に、ストック区に比べて体幹部が前傾になりやすい。また、立ち止まって連続して若茎を収穫する場合、把持した若茎を左手でとる動作が数回繰り返されるため、長柄収穫ハサミで若茎を切断・把持する際に前傾姿勢になりやすく、つかみ区でAC1の割合が小さくなったものと考えられる。しかしながら、つかみ区も慣行区に比べるとストック区同様に著しく作業姿勢を改善できており、十分な作業姿勢改善効果を有しているといえる。

60分間作業後の身体的負担および作業性に関わる意見について、第4-2表に示した。被験者Aおよび被験者Bともにつかみ区では若茎にハサミを入れる動作が容易との意見であったが、ストック区ではストック部が支障となり若茎が見え難く、若茎にハサミを挿し入れる動作が難しいことがあるとの意見であった。慣行区では中腰姿勢が難しく、被験者Bでは側枝が収穫作業の邪魔との意見であった。60分間の作業後に継続して収穫作業が可能か否かについては、両被験者ともつかみ区およびストック区では可能であったが、慣行区では一旦休憩が必要との意見であった。

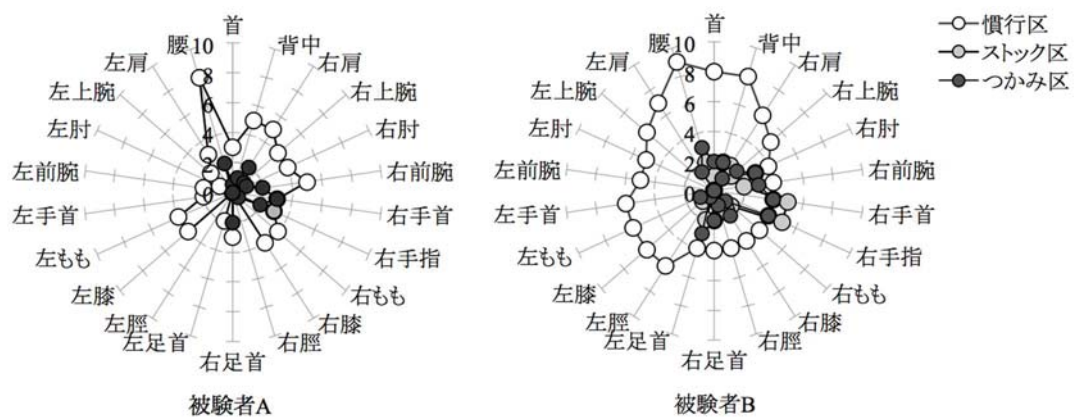
60分間の収穫作業後の主観的な身体的疲労度に及ぼす影響を第4-5図に示した。まず、慣行区について、被験者Aでは主観的な疲労度を示す修正Borg Scaleは腰が8と最も高く、次いで背中、右肩および右前腕が5であった。被験者Bでは腰が9と最も大きく、次いで、首および背中が8と大きかった。また、肩、右上腕等の10箇所5～7を示し、

第 4-2 表 60 分間の収穫作業後の身体的負担および作業性関わる被験者の意見

被験者 <sup>z</sup>	収穫方法	収穫後の意見 <sup>y</sup>	継続作業の可否
被験者A	つかみ区	若茎へハサミを差し入れる作業が容易	継続しての作業が可能
	ストック区	ストック部が支障となり、若茎にハサミを挿し入れる作業が難しいことがある	継続しての作業が可能
	慣行区	中腰姿勢が難しい	休憩が必要
被験者B	つかみ区	若茎へハサミを差し入れる作業が容易	継続しての作業が可能
	ストック区	若茎にハサミを差し入れる際に、ストック部が邪魔になり、見えにくい	継続しての作業が可能
	慣行区	側枝が邪魔 中腰姿勢が難しい	休憩が必要

<sup>z</sup> 被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg) および被験者 B (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) とした

<sup>y</sup> 各区とも 60 分間の作業後に聞き取り調査した



第 4-5 図 つかみ式およびストック式の長柄電動収穫ハサミによる収穫が作業後の主観的疲労度に及ぼす影響

図中の数字は修正 Borg Scale (Borg, 1982)を示す(0:感じない, 0.5:非常に弱い, 1:やや弱い, 2:弱い, 4:多少強い, 5:強い, 7:とても強い, 10:非常に強い)

被験者は収穫作業に熟練した験者 A(36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg)および被験者 B(63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg)とした

作業開始前の疲労度は 30 歳代男性ではいずれの部位も 0, 60 歳代男性では首および腰が 0.5 であった

慣行区は慣行の立茎方法で栽培した圃場において, 第 4-1 図に示した園芸用ハサミおよび 9 インチ車輪収穫台車を利用して中腰姿勢で収穫した

つかみ区およびストック区は母茎地際押し倒し法で栽培した圃場で, それぞれ第 4-1 図に示したつかみ式およびストック式の長柄収穫ハサミ, 14 インチ車輪収穫台車を利用して立ち姿勢で収穫した

被験者Bでは全身で疲労を感じていた。両被験者で5以上となった箇所は腰、背中および右肩であり、中腰で行うアスパラガスの収穫作業はこれらの部位の負担が特に大きいことを数値で表すことができた。これに対して、立ち姿勢で収穫を行ったストック区およびつかみ区では、被験者Aでは全ての部位において、3以下と小さかった。慣行区で最も修正Borg Scaleが大きかった腰は立ち姿勢区では2であった。被験者Bにおいてもストック区およびつかみ区の腰の修正Borg Scaleはそれぞれ2および3で慣行区の1/3まで減少した。また、腰に次いで疲労度が大きかった首および背中の疲労度も1~2であった。

ストック区およびつかみ区では、両被験者とも右手首および右手指の疲労度は他の部位に比べて高く、特に、被験者Bのストック区では5と、慣行区に比べて1ポイント高かった。ストック区およびつかみ区では、右腕に長柄収穫ハサミを固定し、操作グリップを握り操作した。さらに、ストック区では若茎を切断後、切断した若茎を切断刃基部のストック部へ収納する際に、ハサミをやや持ち上げる動作を行っていた。さらに本実験に用いた長柄収穫ハサミはストック区で約1.6 kg、つかみ区で約1.5 kgの重量があり、慣行区の113 gの園芸用ハサミと比較して13倍以上の重量があった。また、被験者からストック区では若茎にハサミを挿し入れる作業が難しいことがあるとの意見が出されており、これらのことが、右手首および右手指の疲労度が他の部位に比べて大きくなった要因であると考えられた。一方で、ストック区およびつかみ区における右肩、右上腕、右肘および右前腕の修正ボルグスケールについては、慣行区に比べて小さかった。上肢疾患が報告された職場での調査で利用される調査方法であるRULAにおいても、腕を前に出す角度が体幹部から20°未満、20~45°、45~90°、90°以上はそれぞれ、1、2、3および4を示し、腕が前方に出るほど負担が大きい姿勢として位置づけられている。慣行区で用いた収穫ハサミは113 gと軽量であったが、腕を前に伸ばして作業を行うため、体幹部と腕の間の角度が90°以上となる姿勢がしばしば観察された。これに対して、ストック区およびつかみ区では長柄収穫ハサミが1.5 kg以上と重量があったものの、操作する右腕については斜め前に伸ばす程度で、慣行区に比べて腕を前に出す角度が小さかった。また、長柄収穫ハサミを首から補助バンドで吊って作業しており、これらのことが立ち収穫区における右腕の疲労度が慣行区に比べて小さかった要因であると推察した。



長柄収穫ハサミを利用した収穫作業では、右手首および右手指の部位の疲労がやや増加する懸念があるが、その他の部位では、60分間の作業後も修正Borg Scaleが3以下の疲労度で、対照区に比べて身体的負担が軽減できている。特に修正Borg Scaleが8以上を示していた腰の負担を大幅に軽減できることが明らかになった。さらに、被験者から60分間の作業後に、引き続き収穫作業を行う場合、慣行区では一旦、休憩が必要との意見が出されたが、ストック区およびつかみ区では引き続き作業が可能であるとの意見であり、このことから、長柄収穫ハサミの利用による作業姿勢の改善は身体的負担の軽減効果が大きいことが窺えた。また、長柄収穫ハサミの重量についても、今回、被験者として作業を行った被験者Aおよび被験者Bでは、60分程度の収穫作業において、許容可能な重量であることが窺えた。

末永ら（1986）は、前屈中腰姿勢で行うイチゴの収穫について1～4月の作業姿勢を調査し、月を経るにしたがって、立位姿勢をとる頻度が増加したことを報告している。また、この立位姿勢は収穫を中断し、小休止をすることが目的の姿勢と考えられ、月を経るにつれて、立位姿勢の出現割合が増加していることは、腰部等に対しての蓄積的な疲労もあると考えられると述べている。今回、調査を行った60分間の作業の間に立位姿勢による小休憩はみられなかったが、アスパラガス生産農家から中腰の収穫作業では、作業時間の経過とともに腰や背中の疲労が増大するため、作業途中で背筋を伸ばす立位姿勢をとったり、その場にしゃがみ込み、周辺の除草を行うなど、必要に応じて、小休止しているとの意見が得られている。長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業能率について、より理解を深めるため、今後、本技術を導入した農家において、収穫期間を通じた累積の軽労効果についての調査が望まれる。

母茎地際押し倒し法については、立茎時の母茎とする若茎の押し倒しや側枝管理等の作業を必要とし、慣行区に比べて45.6～47.6時間程度多くなる（第2章第2節）。慣行の立茎後の収穫作業時間は180時間程度である（第2章第2節）。つかみ区では慣行区に比べて作業能率が7～17%高いことから12～26時間の収穫作業時間の削減が期待できるが、年間の作業時間は慣行区に比べて22～36時間多くなると試算される。

新技術の導入に当たっては、経済性の評価が重要である。しかしながら、軽労効果につい

ての経済性評価は難しい(林ら, 2004; 宮城県, 2006). このため, 一定の作業能率を維持しながら, 作業者が1日の農業労働における疲労が翌日に持ち越されたり, 健康障害を誘発することなく, 作業者の労働能力が長期にわたって保持されるといった長期的な視野に立った評価が必要であるとされている(宮城県, 2006). 広島県のアスパラガス栽培における年間全作業の50%以上は立茎後の収穫作業が占めている. 慣行の収穫では, この間, 中腰を強いられているため腰や背中への負担が極めて大きい. これに対して, 立ち収穫では, 作業姿勢を飛躍的に改善でき, 主観的な身体的負担も著しく軽減できている. 前述の試算では年間の作業時間は22~36時間増加するが, これは年間作業時間の6~10%である. また, 本実験において, 60分間の作業後に継続して収穫する場合, 慣行区では一旦休憩が必要との意見が得られており, 収穫に60分以上を要する経営規模では, 作業時間の短縮効果が大きくなることも期待される. また, アスパラガスは多年生の作物であるため, 定植後の圃場の改良を伴う新技術の導入は難しいが, 本技術は圃場の改良を必要としないため, 導入が比較的容易であると考えられる. これらのことから, 開発した母茎地際押し倒し法, 長柄収穫ハサミおよび大型車輪の収穫台車はアスパラガス収穫作業の軽労化に有効であると考えられる.

ストック方式では, 慣行と同等以下の作業能率であった. また, 被験者からでハサミ周辺部が大きく, 若茎にハサミを挿し入れる際に, ハサミの先端部周辺が見えにくくなること, 茎が並んで萌芽した場合や母茎のすぐ隣に萌芽した場合に, 収穫しようとする若茎に収穫ハサミを挿し入れることが難しいとの意見が出された. これらのことを考慮すると, 立ち姿勢で収穫するための機構はつかみ方式が望ましいと判断した. また, 本長柄収穫ハサミは電動式を採用しているため, 露地栽培においては降雨時の使用に制約があり, 今後の改良が課題である.

## 第5章 慣行立茎栽培における長柄収穫ハサミの適用拡大

### 第1節 畝面の視認性を改善する側枝誘引法の検討

第2章および第3章で開発した母茎地際押し倒し法、長柄収穫ハサミおよび大型車輪収穫台車について、早期の普及を図るため、現地での試験栽培や研修会等での積極的なPRに努めてきた。その中で、母茎地際押し倒し法について、母茎とする若茎の押し倒し作業に時間を要するため、実施が困難な場合があるとの意見が幾つか出された。母茎とする若茎の押し倒しに要する時間は10a当たり30時間(データ省略)で慣行の立茎栽培(広島県農政部, 1997; 広島県農林水産局, 2015)に比べて21~26時間多い。立茎方法によって異なるが、茎径等を基準に立茎に適した若茎を順次選定して立茎する方法では、各圃場の萌芽状況によって異なるが10~14日程度で必要とする立茎数を確保できる。10日で立茎した場合、母茎とする若茎の押し倒しにかかる1日当たりの作業時間は平均すると10a当たり3時間となる。しかしながら、立茎後半になると母茎の伸長・充実と若茎の萌芽との間の養分競合のため、若茎の萌芽が著しく減少する。このため、立茎前半に集中して立茎することとなり、立茎前半の押し倒し作業に要する1日当たりの作業時間は10a当たり3時間を超える。反面、立茎後半には1日当たりの作業時間は3時間未満となる。それ故に、母茎とする若茎の押し倒し作業は、立茎開始から1週間程度に労力を集中させれば、立茎後の3~4か月間の収穫を効率的に行うことができる。しかしながら、栽培面積が大きい経営体や母茎とする若茎の押し倒し作業と水稻の移植時期が重なる経営体では、労力面から母茎地際押し倒し法の実施が難しいとの意見が出された。一方で、収穫作業については身体的負担が大きい作業であるため、慣行の立茎栽培で開発した長柄収穫ハサミを使用したいとの要望が寄せられた。

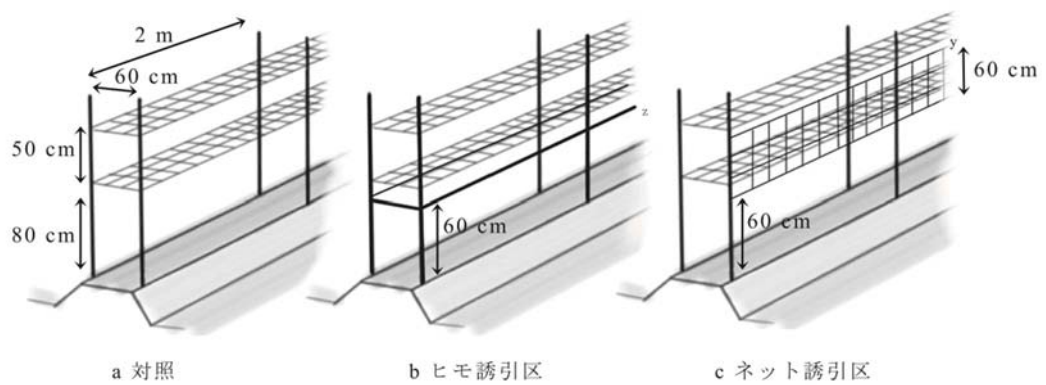
慣行の立茎栽培における立茎作業は、母茎とする若茎を収穫せずにそのまま立茎させるのみで、母茎地際押し倒し法に比べて立茎作業が容易である。しかしながら、慣行の立茎栽培において、立茎後に長柄収穫ハサミを利用して立ち姿勢で収穫を行う場合、垂下した側枝が畝面に萌芽した若茎の視認の妨げとなる。アスパラガスの立茎栽培における作業環境の改善については、側枝の刈り込みや下位節の側枝の除去(池内, 1998; 大串, 1998a)が行われているが、アスパラガスの光合成は主に側枝に着生している擬葉で行われているため(稲垣ら,

1989), 擬葉の切除程度が大きい場合には収量の低下を引き起こす(田中, 2004). また, 過度に下位節側枝を除去すると若茎品質の低下も生じる(大串, 1998a). このため, 慣行の立茎栽培において, 開発した長柄収穫ハサミを効率良く利用するためには, 作業環境の改善と収量・品質の維持を両立できる技術の開発が必要である. そこで, 本章では全期立茎栽培で長柄収穫ハサミを利用する際の作業性を向上させることを目的として, まず, 上方への側枝誘引が収量および品質に及ぼす影響について調査した.

## 材料および方法

### 1. 耕種概要

実験は広島県立総合技術研究所農業技術センターの露地ほ場で行った. 2008年に定植した5年生のアスパラガス‘ウェルカム’を用いた. 畝間200 cm(畝幅100 cm+通路幅100 cm), 長さ30 mの畝に株間40 cmの1条植え(1 a当たり125株)で定植し, 株を養成した. 実験を行った2012年の施肥は萌芽前に畝表層の土壌を通路に掻き落として, 1 a当たり肥効調節型肥料(リニア型溶出タイプ 180日, N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O = 14%: 12%: 14%)を25 kg, 有機入り配合肥料(N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O = 10%: 8%: 9%)を8.3kg, 熔燐(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 20%)を 2.5 kg, 石灰質資材(粉碎かき殻, CaCO<sub>3</sub>: 89%)を 11.5 kg散布した. その後, 通路に掻き落とした土壌と肥料を混和して畝を成形し, 茎枯病の耕種的防除を目的(酒井ら, 1992)に, バーク堆肥を3 ~ 5 cmの厚さで被覆した. また, 8月上旬から約2週間おきに, 成形複合肥料(N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O = 10%: 3%: 10%)3 kgを4回施用した. 母茎の倒伏防止として, 直径22.2 mm, 長さ220 cmの直管鉄パイプを幅 60 cm, 2 m 間隔で畝上に2列になるよう設置した(第5-1図a). さらに, これらの支柱に20 cm×3目のフラワーネットを畝面から80および130 cmの高さに水平に設置した. 立茎は, すべての区で2012年5月21日から開始し, 立茎本数は畝の長さ1 m当たり10本を基準とした. 母茎とする若茎については茎径12~15 mmを基準(田中, 2004)に選定し, 所定の本数に満たない場合は茎径12 mm未満, あるいは15 mm以上の若茎も立茎した. 立茎後の茎葉管理については, 畝面から50 cm以下の側枝をすべて基部から除去し, 主茎先端の摘心は行わなかった.



**第 5-1 図** 各処理区における倒伏防止用の支柱・ネットおよび側枝誘引のためのヒモ・ネットの配置模式図  
 倒伏防止用の支柱およびネットの配置については、各処理区とも同様とした  
 z 側枝誘引用ヒモ  
 y 側枝誘引用ネット  
 図中の側枝誘引用ネットの高さは側枝誘引前の高さ

## 2. 側枝誘引

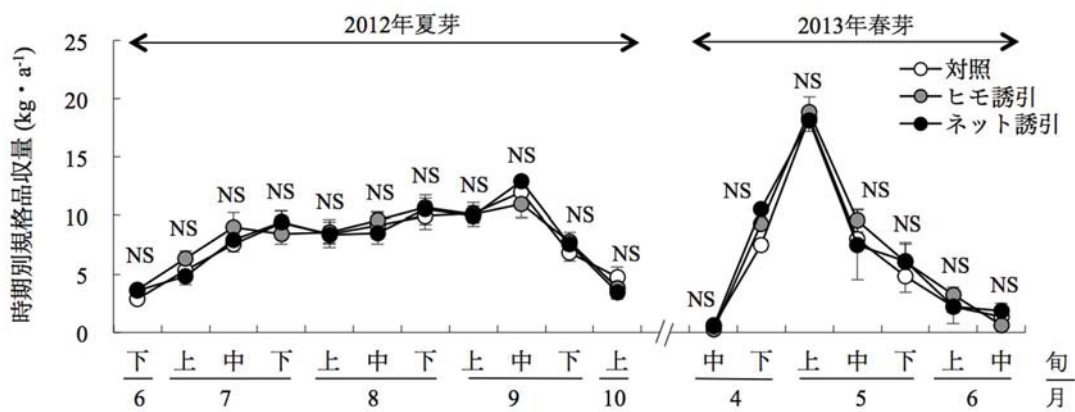
側枝誘引として、ヒモまたはネットを用いて側枝を上方に誘引するヒモ誘引区およびネット誘引区を設けた。対照として、側枝誘引を行わない区を設けた。側枝誘引はヒモ誘引区およびネット誘引区ともに2012年6月29日に行った。ヒモ誘引区では、農業用ハウスバンドを畝の両側に畝面から60 cmの高さとなるように支柱に結わえ(第1図b)、この農業用ハウスバンドに垂下した側枝を載せて誘引した。ネット誘引区では、まず20 cm×3目のフラワーネットを畝面に対して垂直に張り、ネットの下端および上端が畝面からそれぞれ60および120 cmの高さになるように麻ヒモを用いてネットの上端および下端を支柱に固定した(第1図c)。次に垂直方向のネットから側枝を畝の外側に展開させた後に、ネットを固定している支柱1本ごとに結わえたヒモを解き、ネットの下端が畝面から80 cmの高さとなるよう側枝ごとネットを20 cm上方に持ち上げて、再度、麻ヒモで結わえた。側枝誘引の作業性として、ヒモ誘引区では農業用ハウスバンドに垂下した側枝を載せて誘引する作業に要した時間、ネット誘引区については、ネットを支柱に固定している麻ヒモを解き、ネットを上方へ持ち上げて再度ネットをヒモで結わえる作業に要した時間を計測した。

## 3. 若茎の時期別規格品収量および品質

各区とも両端の1～3株ずつを除いた9株を対象とし、1区当たり10.4～11.2 m<sup>2</sup>(13～14 株)の4反復で収量調査を行った。夏芽は立茎後の2012年6月21日から収穫を終了した10月10日までの期間に萌芽した若茎とし、翌年の春芽は収穫を開始した2013年4月17日から6月20日までの期間に萌芽した若茎として、旬別の収量を調査した。茎長が26 cm以上に達した若茎をすべて収穫し、穂先から25 cmに調製した後、広島県青果物標準出荷規格(広島県野菜振興協会, 1997)に基づき、規格品(A品およびB品)について、L級以上(19 g以上)、M級(12～18 g)およびS級(9～11 g)の階級別に本数および重量を調査した。

## 結果および考察

全期立茎栽培における側枝誘引が収穫時期別の規格品収量に及ぼす影響を第5-2図に示した。規格品の収量は全期間を通じて各実験区とも同様の推移を示し、すべての



第 5-2 図 アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引処理が時期別規格品収量に及ぼす影響  
 図中の垂線は標準誤差を示す (n=4)  
 収量は広島県青果物標準出荷規格の定める規格品 (A 品および B 品)  
 NS は Tukey の HSD 検定により、5%水準で有意な差がないことを示す

収穫時期において、実験区間に有意な差はなかった。夏芽および翌年の春芽の規格品別収量および合計収量を第5-1表に示した。夏芽および春芽の収量は、それぞれ1 a当たり86.5～89.0 kg, 42.9～47.9 kgで有意な差はなく、S～L級以上の3階級別の収量についても実験区間に有意な差はなかった。同様に、夏芽および翌年の春芽の合計収量は1 a当たり129.3～136.9 kgで、有意な差はなかった。収穫時期別の規格品に占めるA品率について、第5-3図に示した。夏芽については、9月中旬においてネット誘引区が対照区に比較して有意に高かったが、その他の収穫時期では59～95%で変動がみられたものの実験区間に有意な差はなかった。春芽については、収穫本数の少ない4月中旬で100%であったが、それ以降は69～94%の間で推移し、実験区間に有意な差はみられなかった。

下枝の除去または側枝の刈り込みによって、収穫の作業性が向上するが、アスパラガスの主な光合成器官は葉状茎（擬葉）である（稲垣ら，1989）ため、過度な下枝の除去や刈り込みの程度が大きい場合には、減収や若茎の品質低下が起こると報告されている（井上ら，2008a；田中，2004）。水上・小田原（2007）は一次側枝数が収量性を左右する要因の一つであり、特に春芽の収量およびL級以上の収量に大きな影響を与えると考察している。本実験における側枝誘引では、下枝の除去を広島県における慣行の管理法である畝面から50 cmの高さまでとし、側枝の刈り込みおよび垂れ枝の切除を行わなかった。このため、側枝誘引を行ったヒモ誘引区およびネット誘引区においても対照区と同等の一次側枝数および擬葉の着生量を維持できたものと考えられる。また、ヒモ誘引区ではハウスバンド直上で誘引した側枝が重なりあったが、その重なり程度は軽微であった。ネット誘引区では20 cm×3目のネットで側枝を畝面に対して垂直に誘引したことにより、ネット幅20 cmごとに側枝を誘引でき、側枝の重なり程度は小さかった。このため、ヒモ誘引区およびネット誘引区ともに誘引した側枝に着生した擬葉の光合成量が維持できたと推察され、これらのことからヒモ誘引区およびネット誘引区で収量の低下がみられなかったと考えられる。一方、井上ら（2008b）の報告ではアスパラガスの半促成長期どり栽培において、ネットを用いて地上茎を誘引することで、特にL級（18 g以上）の収量増加がみられている。また、地上茎の誘引によ



第 5-1 表 アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引処理が階級別規格品収量に及ぼす影響

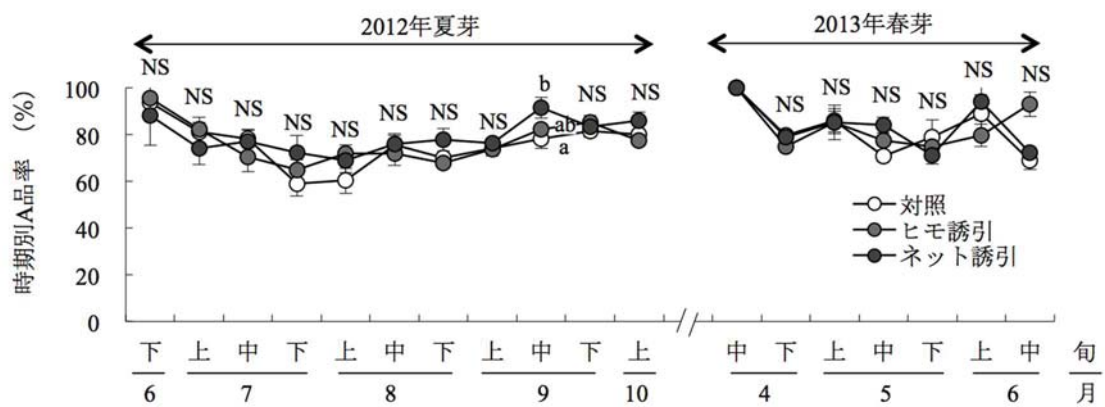
誘引方法	規格品収量(kg・a <sup>-1</sup> ) <sup>z</sup>								
	2012年夏芽				2013年春芽				合計 <sup>y</sup>
	L級以上	M級	S級	小計 <sup>y</sup>	L級以上	M級	S級	小計 <sup>y</sup>	
対照	47.0 ± 3.9 <sup>x</sup>	33.1 ± 2.4	6.4 ± 0.7	86.5 ± 3.5	34.5 ± 2.8	7.2 ± 0.8	1.1 ± 0.2	42.9 ± 1.9	129.3 ± 3.1
ヒモ誘引	52.4 ± 5.3	31.5 ± 3.9	5.1 ± 0.6	89.0 ± 3.9	39.4 ± 3.7	7.1 ± 0.3	1.4 ± 0.3	47.9 ± 3.6	136.9 ± 6.4
ネット誘引	44.4 ± 7.5	35.6 ± 3.1	7.1 ± 1.3	87.1 ± 5.4	36.9 ± 5.4	7.9 ± 0.7	2.2 ± 0.5	46.9 ± 6.2	134.1 ± 11.0
有意性 <sup>w</sup>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup> 広島県青果物標準出荷規格の定める規格品(A品およびB品)の収量

<sup>y</sup> 端数を四捨五入したため、各項目の小計または合計が合わない場合がある

<sup>x</sup> 平均値±標準誤差(n=4)

<sup>w</sup> NSはTukeyのHSD検定により、5%水準で有意な差がないことを示す



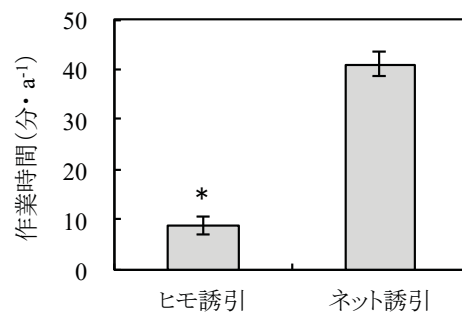
第 5-3 図 アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引処理が時期別 A 品率に及ぼす影響  
 図中の垂線は標準誤差を示す (n=4, 4 月中旬および 6 月中旬は収穫がない反復の区があったため, n=1~4)  
 広島県青果物標準出荷規格の定める規格品 (A 品および B 品) のうち, A 品の割合  
 アークサイン変換後の Tukey (6 月中旬のみ Tukey-Kramer) の HSD 検定により同時  
 期の異符号間に 5%水準で有意な差があることを, NS は有意な差がないことを示す

り通路部の照度が上昇し、茎葉の外側で光合成量が最大になっていることを考察している。しかし、本実験におけるネット誘引区では、増収効果はみられなかった。井上ら(2008b)の実験では、畝幅150 cmとし、作業空間の確保と株元への採光を図る目的で地上茎を誘引しており、地上茎をネットで誘引していない状態では作業通路で茎葉が繁茂していたと考えられる。これに対して本実験では畝幅200 cm、うち通路幅を100 cmとして畝を設置した。このため、接する畝の母茎群落の間に十分な作業空間があり、茎葉外側の受光量が多く、ネットを用いた側枝誘引による増収効果がみられなかったと推察される。

側枝誘引に要した作業時間を第5-4図に示した。1人で作業した場合、畝片側10 m当たり、ヒモ誘引区で53秒、ネット誘引区で247秒であり、1 aあたりに換算すると、それぞれ約9分および約41分で、両区間に30分以上の差が生じた。ネット誘引区では、ネットを通り抜けた側枝があったため、1回の作業で多数の側枝を同時に誘引する作業となった。このため、ネットを上方へ誘引する際の抵抗が大きく、多くの労力を要した。また、ネット誘引時に側枝が折れないように丁寧にネットを誘引する必要があったため、ヒモ誘引区に比べて作業時間を要した。ヒモ誘引区では、下位節の側枝を農業用ハウスバンドに載せたのみであり、茎葉黄化後の母茎の刈り取り時にも、対照と同様に倒伏防止用ネットの上側で母茎の主茎を切断して容易に畝から搬出することができた。一方、ネット誘引区では、まず、垂直に張ったネットを支柱から取り外す必要があり、ネット取り外しの際にも側枝がネットに絡んでいたため、ヒモ誘引区に比べて労力を要した。ヒモ誘引区およびネット誘引区の間に収量および品質の差がなかったことから、側枝誘引の作業性の面からヒモ誘引区がネット誘引区に比べて有望であると考えられる。この点を踏まえて、次節においてヒモまたはネットを用いた側枝誘引が長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業性に及ぼす影響について検討した。

## 第2節 側枝誘引が長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業性に及ぼす影響

前節において、長柄収穫ハサミを利用した収穫作業における畝面の若茎の視認性の向上を目的としたヒモ誘引区およびネット誘引区ともに、収量および品質に悪影響がないことを明ら



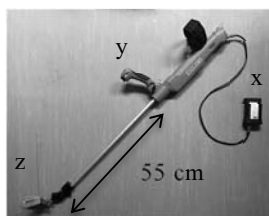
第 5-4 図 アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引方法が側枝誘引の作業時間に及ぼす影響  
 図中の垂線は標準誤差を示す(n=4)  
 作業時間は1畝片側10mの側枝誘引に要した時間を1aあたりに換算(1人作業)  
 \*はt検定により5%水準で有意な差があることを示す

かにした。本節では、側枝誘引による視認性の改善が長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業能率および作業姿勢に及ぼす影響について調査し、側枝誘引の有用性について検討した。

## 材料および方法

第1節の圃場を用いて実験を行った。実験に用いた長柄収穫ハサミの使用に熟練した被験者A(36歳男性, 身長173 cm, 体重62 kg), 被験者B(58歳男性, 身長168 cm, 体重75 kg) および 被験者C(63歳男性, 身長162 cm, 体重55 kg)の3人を被験者とし, 各実験区において, 長柄収穫ハサミを用いた収穫の作業性調査を行った。8月10日に30および被験者B, 8月22日に60歳代男性を対象として調査した。若茎の収穫は採取本数を揃えるため, 事前に収穫した若茎を用いた。若茎を畝面から概ね20~30 cm程度の高さとなるよう人為的に畝面に設置し, これらの若茎を長柄収穫ハサミで採取した。畝面への若茎の設置については, 長さ約10 cmに切断したVP13塩ビパイプを実際に若茎が萌芽した収穫跡に地際まで差し込み, この塩ビパイプに若茎を差し込んで行った。また, 長さ30 mの畝の途中を一部崩して, 畝長10 mとし, 1区2畝を用いた。採取する若茎本数は, 当該試験圃場における2011年の夏季(7~8月)の1日当たりの平均収穫本数である100本・a(データ省略)とし, 畝長10 mに若茎20本を配置した。1回の作業は若茎100本の収穫とし, 被験者が若茎を収穫した後, ただちに別の作業者が塩ビパイプに残った若茎の根元部分を取り除き, 新たに若茎を差し込むことで, 2畝を交互に5畝分を収穫した。また, 調査時の畝のサイズは, 毎年, 施肥時に表面土壌を掻き落として, 畝を成形した後, マルチとしてバーク堆肥を施用したため, 定植時とは畝のサイズが異なり, 畝底面の幅が130~140 cm, 畝上面の幅が50~60 cmであった。

使用した長柄収穫ハサミおよび収穫台車の外観を第5-5図に示した。長柄収穫ハサミは柄の長さが55 cmのつかみタイプ(金星大島工業(株)社製)を用いた。長柄収穫ハサミを用いた収穫作業の手順については, 第3章第1節に準じた。なお, 本実験においては, 長柄収穫ハサミの重量負担の軽減を目的に補助バンドを首掛け方式で利用した。また, 収穫台車には採取した若茎をカゴに入れる際に体幹部が屈まないよう, 第4章に準じて地面から80 cmの高さにカゴを配置した。



ハサミ刃長柄収穫ハサミ

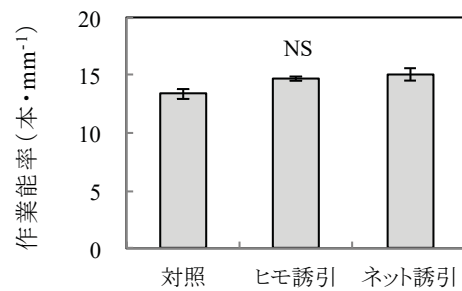
収穫台車

第 5-5 図 アスパラガス収穫の作業性実験に用いた収穫器具  
z ハサミ刃  
y 操作グリップ  
x バッテリー

各被験者の収穫作業をデジタルカメラの動画モードで撮影し、動画1秒ごとに動作内容および体幹部傾斜角度を計測した。動作内容については「長柄収穫ハサミで若茎を切断して把持する（以下、若茎を切断して把持する）」、「長柄収穫ハサミで把持した若茎をとる（以下、把持した若茎をとる）」、「採取した若茎をカゴに入れる（以下、若茎をカゴに入れる）」、「立ち止まって若茎を探す」および「移動する」の動作に分類した。なお、「若茎を切断して把持する」、「把持した若茎をとる」および「若茎をカゴに入れる」動作には歩きながらの動作も含め、移動のみ行っている場合を「移動する」とした。体幹部傾斜角度については、RULA (Rapid upper limb assessment) の角度 (McAtamney・Corlett, 1993) を参考に、45°の角度を加え、垂直を基準 (0°) とし、動画の画面上で前傾または後傾角が20°未満、20°以上45°未満 (以下、20~45°)、45°以上60°未満 (以下、45~60°) および60°以上の4段階に分類した。また、作業能率は畝間を移動する時間を除いた若茎100本の収穫に要した時間を計測し、1分当たりの収穫本数に換算して評価した。値は被験者3人の平均値とした。

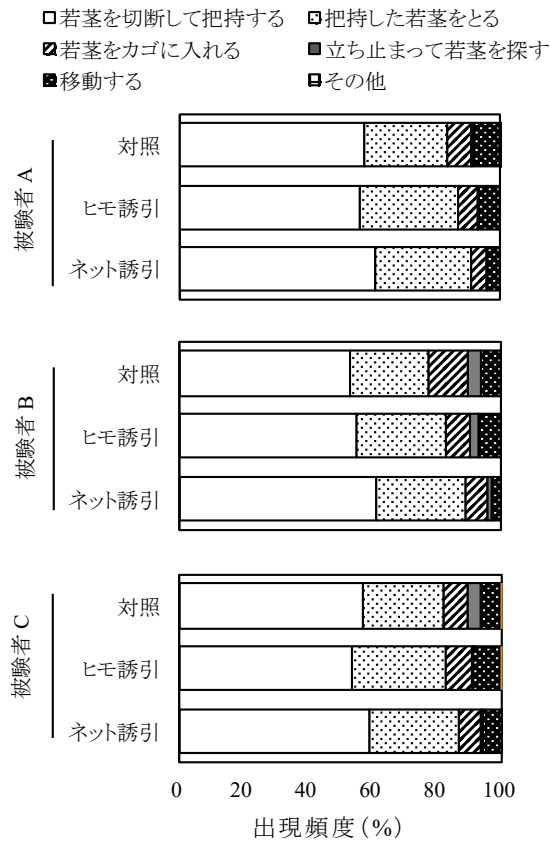
## 結果および考察

ヒモまたはネットによる側枝誘引が長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業能率に及ぼす影響について、第 5-6 図に示した。1 分当たりの収穫本数は 13.4~15.0 本で各実験区間に有意な差はなかった。長柄収穫ハサミを利用した収穫時の動作別出現割合を第 5-7 図に示した。「若茎を切断して把持する」が 53~61% で最も高かった。次いで、「把持した若茎をとる」が 24~31% で高く、これらの 2 つの動作が全体の 77% 以上を占め、その動作割合については、被験者間および実験区間に大きな差はみられなかった。次に多く観察された動作については、「若茎をカゴに入れる」が 5~12% で、「移動する」が 3~9% であった。「立ち止まって若茎を探す」については、全体に占める割合が小さく、被験者 A ではほとんど観察されなかった。一方、被験者 B および被験者 C では、ともに対照区で 4% 観察された。これに対し、被験者 B のヒモ誘引区およびネット誘引区では、それぞれ 2 および 1%、被験者 C ではヒモ誘引区およびネット誘引区ともに 1% 未満で対照区と比較して低かった。



第 5-6 図 アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引が長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業能率に及ぼす影響  
 値は 30, 50 および 60 歳代男性 3 人の平均値を示す  
 図中の垂線は標準誤差を示す (n=3)  
 作業能率は 1 分間に収穫した若基本数  
 NS は Tukey の HSD 検定により 5%水準で有意な差がないことを示す





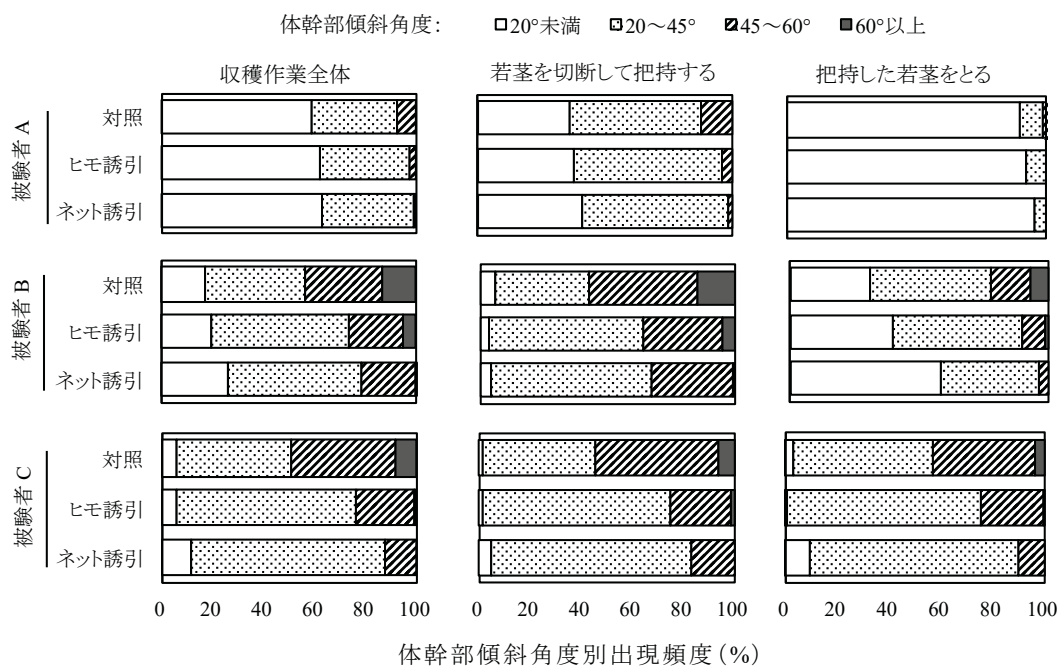
**第 5-7 図** アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引が長柄収穫ハサミを利用した収穫時の動作別出現割合に及ぼす影響  
 出現割合は各被験者および各区とも若茎 100 本を収穫し、撮影した動画を 1 秒ごとに動作を分類した  
 被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg), 被験者 B (58 歳男性, 身長 168 cm, 体重 75 kg) および被験者 C (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) とした

作業中の体幹部傾斜角度について第 5-8 図に示した。収穫作業全体については、被験者によって傾斜角度の出現割合が異なった。被験者 A では 20° 未満の姿勢が多く観察されたが、被験者 B および被験者 C では少なく、特に被験者 C では 20% 以下であった。このことについて、立ち姿勢での作業では目から畝面までの視距離が遠くなるため、頭部や体全体を動かして視野を確保するなど、被験者の視力の差も影響しているのではないかと考えられた。

「若茎を切断して把持する」動作については、被験者 A では 20° 未満が 36~41%，20~45° が 52~58% で、45° 未満が全体の 87% 以上を占めた。45~60° については、対照区で 12% 観察された。これに対し、ヒモ誘引区およびネット誘引区では 45~60° がそれぞれ 5 および 2% に減少した。一方、被験者 B および被験者 C では 20° 未満が 6% 未満と少なく、対照区では 45° 以上の前傾姿勢が 50% 以上を占めた。被験者 B では対照区で 20~45° および 45° 以上がそれぞれ 38 および 57% であったのに対し、ヒモ誘引区ではそれぞれ 61 および 36% であり、20~45° 未満が 23 ポイント増加し、45° 以上が 21 ポイント減少した。ネット誘引区においても、ヒモ誘引区と同等の結果であった。被験者 C においても、対照区に比較してヒモ誘引区およびネット誘引区で 20~45° が対照区の 1.6 倍以上に増加し、45° 以上が対照区の半分以下に減少した。

「把持した若茎をとる」動作について、被験者 A では、いずれの実験区においても 20° 未満が 90% 以上で、大きな差はみられなかった。被験者 B については、20° 未満が対照区で 31% 観察され、ヒモ誘引区およびネット誘引区では、それぞれ 40 および 59% と側枝誘引により増加した。また、対照区で 22% 観察された 45° 以上の姿勢について、ヒモ誘引区およびネット誘引区では、それぞれ 10 および 3% に減少した。被験者 C については、20° 未満がネット誘引区において、約 10% 観察されたが、対照区およびヒモ誘引区では 3% 未満であった。また、ヒモ誘引区およびネット誘引区では、対照区に比べて 45° 以上の姿勢の割合が減少し、特にネット誘引区で顕著に前傾姿勢が改善された。

作業後、被験者全員から対照区では側枝が垂下しており、畝面の若茎が見えにくいとの意見が出された。これに対し、ヒモ誘引区およびネット誘引区では対照区に比較



**第 5-8 図** アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引が長柄収穫ハサミを利用した収穫時の動作別体幹部傾斜角度に及ぼす影響  
 各被験者および各区とも若茎 100 本を収穫し、撮影した動画をもとに 1 秒ごとに体幹部傾斜角度を計測した  
 被験者は収穫に熟練した被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg), 被験者 B (58 歳男性, 身長 168 cm, 体重 75 kg) および被験者 C (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) とした

して畝面の若茎が見えやすいとの意見が得られた。採取する若茎の萌芽位置の確認については、「若茎を切断して把持する」、「把持した若茎をとる」および「若茎をカゴに入れる」の動作時に作業をしながら行っていた。このため、側枝をヒモまたはネットで誘引することで、対照区に比較して容易に畝面の若茎を確認できたため、作業時の体幹部傾斜角度が軽減されたものと推察される。

以上の結果、側枝誘引により長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業能率に差はないが、作業時の体幹部傾斜角度を低減できること、省力的な誘引法として、ヒモによる誘引が有効であることが明らかになった。

### 第3節 側枝誘引、長柄収穫ハサミおよび大型車輪収穫台車の利用が収穫の作業性に及ぼす影響

第1および2節において、ヒモを用いて側枝を上方に誘引する側枝誘引を検討し、若茎の収量および品質を維持したまま、畝面の視認性を改善でき、長柄収穫ハサミを用いた収穫作業時の体幹部前傾姿勢を低減できることを見出した。本節では、前述の減収させることなく長柄収穫ハサミが利用できる夏秋芽収穫の条件で、従来の収穫方法と比較した場合の作業能率、収穫作業姿勢の改善および身体的負担の軽減に及ぼす効果について調査した。

#### 材料および方法

##### 1. 圃場、被験者および作業条件

第1節の圃場を用いて実験を行った。園芸用ハサミおよび9インチの小型車輪の収穫台車を用いて中腰姿勢で収穫する慣行区および側枝誘引を行って、長柄収穫ハサミおよび大型車輪収穫台車を用いて立ち姿勢で収穫する立ち収穫区の2区を設けた。被験者は中腰および立ち姿勢での収穫に熟練した被験者A(36歳男性, 身長173 cm, 体重62 kg)および被験者B(63歳男性, 身長162 cm, 体重55 kg)の2人とした。慣行区については、9月11日(最高気温:28.7℃)に被験者A, 9月13日(最高気温:30.8℃)に被験者Bとした。立ち収穫区については8月30日(最高気温:32.0℃)に被験者B, 8月31日(最高気温:30.1℃)に被験者Aとした。各調査日も概ね晴天であった。なお、慣行区については、第3章の結果を用い

た.

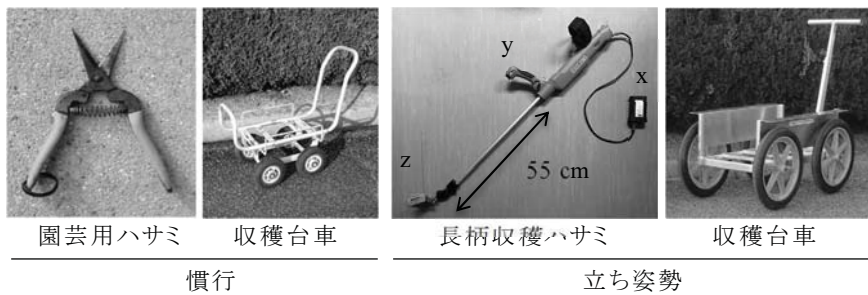
収穫作業に使用した収穫ハサミおよび収穫台車を第 5-9 図に示した. また, 各区の作業姿勢の例を第 5-10 図に示した. 慣行区では重さ 113 g の採取ハサミおよび 9 インチ車輪の収穫台車を用いた. 立ち収穫区では, 重さ 1.5 kg で柄の長さが 55 cm のつかみタイプの長柄収穫ハサミ(金星大島工業(株)社製)および 14 インチの車輪を装着した運搬台車を用いた. 長柄収穫ハサミを用いた収穫の作業手順については, 第 3 章, 第 1 節の手順に準じて行った. まず, 長柄収穫ハサミのケーシング部分を腕に固定し, バッテリーを腰に装着する. なお, 本実験においては, 長柄収穫ハサミの重量負担の軽減を目的に補助バンドを首掛け方式で利用した. 立ち収穫区の収穫台車については, 第 4 章に準じて若茎をカゴに入れる際に体幹部が屈まないよう収穫台車にコンテナ 2 個を載せ, その上に収穫した若茎を入れるカゴを配置した.

若茎の収穫については, 面積当たりの収穫本数をおよび収穫位置を揃えるため, 第 4 章と同様の方法で事前に収穫した若茎を用い, 採取する若茎本数は  $100 \text{ 本} \cdot \text{a}^{-1}$  とした. 調査時の畝のサイズは畝底面の幅が 130~140 cm, 畝上面の幅が 50~60 cm, 畝の高さが 35 cm であった. 立ち収穫区については, 畝面の視認性の改善を目的に作業性調査の前に側枝誘引を行った. 側枝誘引は前節に準じて, 母茎の倒伏防止用に設置した支柱に誘引用ヒモ(農業用ハウスバンド)を畝面から 60 cm の高さに張り, 垂下した側枝をこの誘引用ヒモに載せて誘引した.

## 2. 作業能率, 作業姿勢および身体的負担の計測

各区とも収穫作業を 60 分間連続して行い, 被験者の判断で作業途中に腰を伸ばしたりするなどの小休憩をとってもよいこととした. 作業能率について, 10 分ごとの収穫本数を調査し, 1 分当たりの収穫本数に換算して評価した. なお, 10 分ごとの結果を 1 反復とみなし,  $t$  検定により評価を行った. 作業姿勢について, 作業開始から 10 分間をデジタルカメラで動画を撮影し, 1 秒ごとの静止画像の作業姿勢を第 4 章に準じて JOWAS(瀬尾, 2001)を用いて OWAS(Karhu ら, 1977)により, 1~4 のアクションカテゴリー(以下 AC)に分類した.

また, 1 秒ごと静止画像について, 前節と同様に作業動作を「採取ハサミまたは長柄収穫ハ



第 5-9 図 アスパラガス収穫の作業性実験に用いたハサミおよび収穫台車  
<sup>z</sup>ハサミ刃および若茎把持用グリップ  
<sup>y</sup>操作グリップ  
<sup>x</sup>バッテリー



第 5-10 図 中腰および立ち収穫の特徴的な作業姿勢

被験者は慣行の収穫および立ち収穫に熟練した 30 歳代男性  
(36 歳, 身長 173 cm, 体重 62 kg)

- a 膝つき姿勢
- b 足を曲げた状態での前傾姿勢
- c 足を伸ばした状態での前傾姿勢
- d 立ち姿勢
- e 体幹部が 20° 以上前傾した立ち姿勢

サミで若茎を切断して把持する(以下, 若茎を切断・把持する)」、「長柄収穫ハサミに把持された若茎をとる(以下, 若茎をとる)」、「採取した若茎をカゴに入れる(以下, カゴに入れる)」、「立ち止まって若茎を探す(以下, 探す)」および「移動する」に分類した。「若茎を切断・把持する」、「若茎をとる」および「カゴに入れる」動作については、歩きながらの動作も含め、移動のみの動作を「移動する」に分類した。各被験者における作業前および作業後の主観的な疲労度について、身体各部位を対象に修正 Borg Scal (Borg, 1982)の指標を用いて聞き取りを行った。また、作業終了後に作業の感想および引き続き連続して作業が可能であるかどうかを聞き取りした。

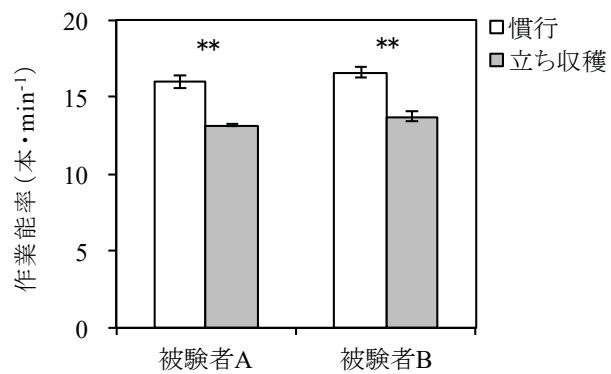
## 結果および考察

60 分間の収穫作業における 10 分ごとの作業能率の結果を第 5-11 図に示した。1 分当たりの収穫本数は被験者 A では、慣行区で 16.0 本、立ち収穫区で 13.2 本、被験者 B では、慣行区で 16.6 本、立ち収穫区で 13.7 本であり、両者とも立ち収穫区の作業能率が慣行区に比較して、18%低かった。

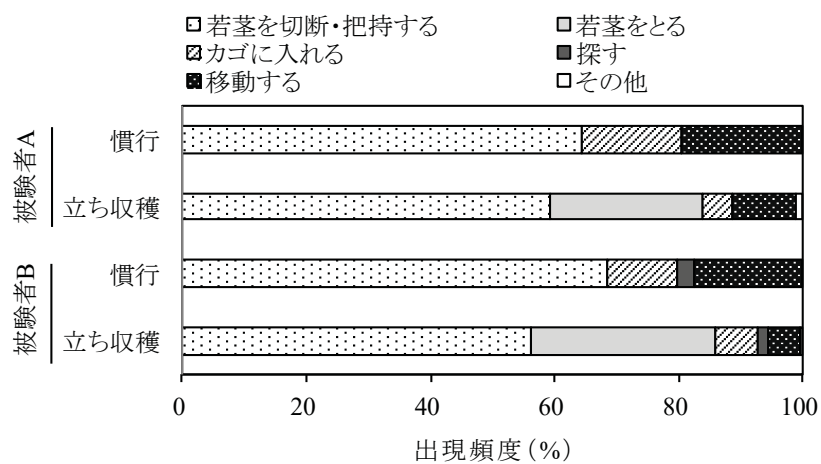
作業開始から 10 分間の動作別出現割合を第 5-12 図に示した。慣行区および立ち収穫区ともに「若茎を切断・把持する」が出現割合 50%以上と最も多く、その出現割合は慣行区が立ち収穫区に比較して、被験者 A では 5 ポイント、被験者 B では 13 ポイント高かった。「若茎をとる」については、立ち収穫区に特有の動作で、被験者 A で 24%、被験者 B で 30%であった。「カゴに入れる」については、両被験者とも立ち収穫区が慣行区に比較して多く、被験者 A で顕著であった。「若茎をカゴに入れる」について、第 4 章と同様に立ち収穫区では、採取した若茎を左手に持ったまま収穫台車を移動する動作が多く観察されたが、慣行区では収穫台車を移動する前に採取した若茎を収穫カゴに入れていたため、慣行区で出現頻度が高かった。「移動する」については、慣行区に比べて立ち収穫区の出現割合が少なかった。母茎地際押し倒し法でつかみ方式の長柄収穫ハサミを利用する場合(第 4 章)と同様に、立ち収穫区では移動しながら収穫する若茎にハサミを挿し入れたり、把持された若茎をとる作業を行っていたことが要因であると考えられた。

立ち収穫区の作業能率は慣行に比べて低かった(第 5-11 図)。母茎地際押し倒し法でつ





第 5-11 図 アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引および長柄収穫ハサミの利用が作業能率に及ぼす影響  
 図中の垂線は標準誤差を示す (n=6)  
 \*\*は t 検定により 1%水準で有意差があることを示す  
 被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg) および被験者 B (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) とした



第 5-12 図 アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引および長柄収穫ハサミの利用が作業の動作別出現頻度に及ぼす影響

収穫開始から 10 分間の作業を撮影した動画を 1 秒ごとに作業の動作を分類した

被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg) および被験者 B (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) とした

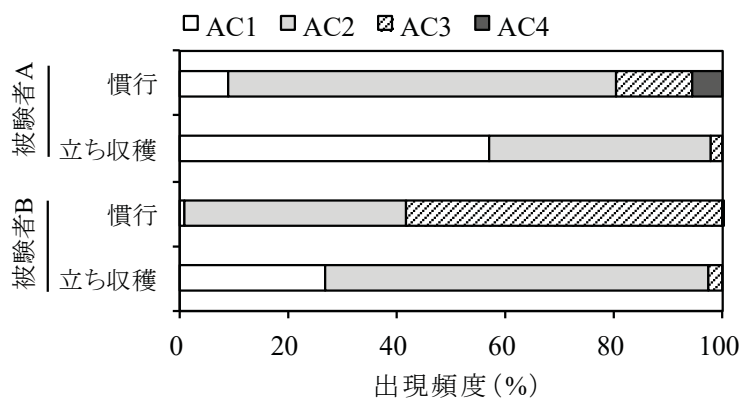
かみ方式の長柄収穫ハサミを利用した収穫では慣行の収穫作業に比べて作業能率が高かった。本収穫ハサミを用いた収穫は慣行立茎および母茎地際押し倒し法との間で作業手順は変わらない。母茎地際押し倒し法では畝面の視認性が高く、若茎を容易に収穫することができる。一方、慣行立茎栽培では側枝誘引を行っても母茎地際押し倒し法に比べると視認性は低く、畝上で母茎と若茎が混在しているため若茎の収穫は母茎を避けながらの作業となる。このことが本実験の立ち収穫区で作業能率が劣った主要因であると考えられた。

側枝誘引、長柄収穫ハサミおよび大型車輪の利用が収穫の作業姿勢に及ぼす影響について、OWAS による評価結果を第 5-13 図に示した。被験者 A では、立ち収穫区が慣行区に比べて AC1 の姿勢がおよそ 6 倍になり、57%であった。また、AC3 の姿勢が 1/7 の 2%で、慣行区で観察された AC4 の姿勢は、観察されなかった。被験者 B では、AC2 の姿勢が最も多く、70%であった。また、慣行区において殆ど観察されなかった AC1 の姿勢が 27%で観察され、慣行区で最も多く観察された AC3 の姿勢は 1/20 以下である 3%であった。

60 分間の収穫作業を行った後に被験者が感じた主観的な身体的負担について、第 5-14 図に示した。両被験者ともに慣行区では腰および背中 of 修正 Borg Scale が高かったが、立ち収穫区では 3 以下に減少した。また、被験者 B では右手首および右手指を除き、すべての部位で立ち収穫区の方が慣行区に比べて修正 Borg Scale が小さかった。一方、被験者 A の立ち収穫区における右手首では慣行区に比べて修正 Borg Scale が 1 ポイント高かった。

60 分間の作業後に被験者から聞き取りを行った結果を第 5-2 表に示した。慣行区では両被験者ともに中腰姿勢での作業が難しく、被験者 B では側枝が作業の邪魔になるとの意見であった。一方、立ち収穫区では被験者 B から長柄収穫ハサミのバッテリーコードが収穫の邪魔になるとの意見が出されたが、両被験者とも腰の負担が小さかったとの意見が得られた。さらに、両被験者とも 60 分間の作業後に引き続き作業が可能かとの質問に対して、慣行区では、一旦休憩が必要との意見が出たが、慣行区に対して、立ち収穫区では引き続き作業が可能との意見であった。

本実験における作業姿勢の改善効果について、母茎地際押し倒し法で栽培した圃場において長柄収穫ハサミを使用した場合(第 4 章)と比較して、被験者 A では AC1 が 50%以上、



第 5-13 図 アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引および長柄収穫ハサミの利用が作業の Action Category (AC) の出現頻度に及ぼす影響

OWAS (Karhu et. al., 1977; Louhevaara and Suurnakki, 1992) により次の AC に分類した

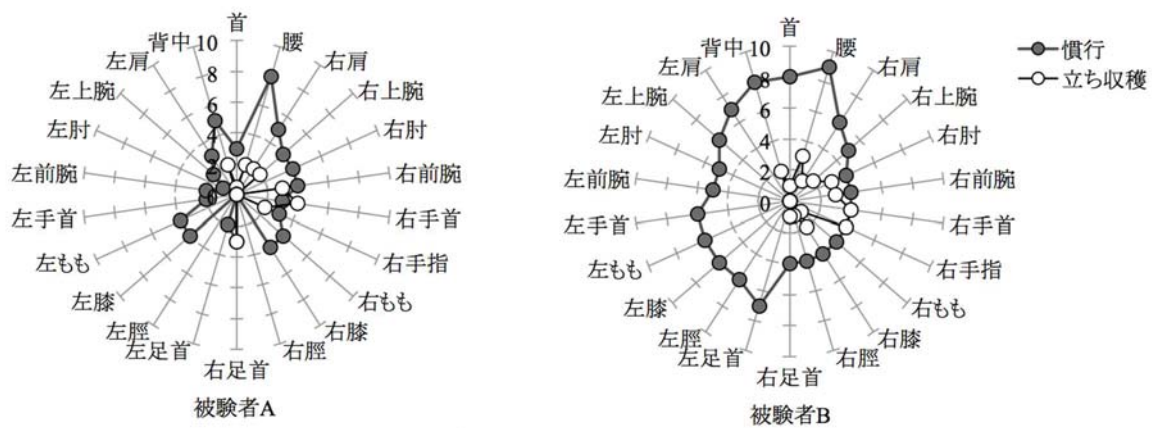
AC1 : no corrective measures

AC2 : corrective measures in the near future

AC3 : corrective measures as soon as possible

AC4 : corrective measures immediately

被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg) および被験者 B (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) とした



第 5-14 図 アスパラガス全期立茎栽培における側枝誘引および長柄収穫ハサミの利用が作業後の主観的疲労度に及ぼす影響

図中の数値は 60 分間の作業後の修正 Borg Scale の指標 (Borg, 1982) を示す

(0:何も感じない, 0.5:非常に弱い, 1:やや弱い, 2:弱い, 4:多少強い, 5:強い, 7:とても強い, 10:非常に強い)

作業開始前の各部位の疲労度は, 被験者 A (36 歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg) では全ての部位で 0, 被験者 B (63 歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg) では首および腰で 0.5 であった

被験者 A および被験者 B ともに収穫作業熟練者

第5-2表 60分間の作業後の作業性および疲労に関する被験者の意見

被験者 <sup>2</sup>	処理区 <sup>3</sup>	収穫の感想	継続しての収穫の可能性
被験者A	慣行	中腰姿勢が難しい	一旦、休憩が必要
	立ち収穫	腰の疲労は小さい	継続作業が可能
被験者B	慣行	側枝が邪魔 体の左側が疲れた 前屈および中腰姿勢が難しい	一旦、休憩が必要
	立ち収穫	腰の疲労は小さい バッテリーコードが時々邪魔になる	継続しての作業が可能

<sup>2</sup> 収穫作業に熟練した被験者A (36歳男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg), 被験者B (63歳男性, 身長 162 cm, 体重 55 kg)

<sup>3</sup> 慣行は慣行の立茎栽培法で栽培した圃場で園芸用ハサミおよび9インチの車輪を装着した収穫台車を用いて収穫し, 立ち収穫区は母基地際押し倒し法で栽培した圃場で長柄収穫ハサミおよび14インチの車輪を装着した収穫台車を用いて収穫した

AC2 が 40%以上とほぼ同様の結果であった。しかし、被験者 B では母基地際押し倒し法で長柄収穫ハサミを利用した場合に比べて AC1 の割合が小さく姿勢の改善効果が劣った。OWAS では体幹部が 20°以上の前傾または後傾が観察された場合、AC が 2 以上となる。母基地際押し倒し法では収穫の支障となる母茎と若茎の萌芽部位を分離できるが、慣行立茎栽培における側枝誘引では、畝面の視認性を改善できるものの垂下した側枝および母茎を完全に分離できない。このため、本実験における被験者 B では畝面の視認性を確保するため前傾姿勢となり、これによって AC1 の割合が母基地際押し倒し法の場合に比べて小さかったと考えられた。しかし、被験者 B の立ち収穫区における腰および背中の主観的な疲労度は慣行区に比べて顕著に軽減できた。また、60 分間の作業後に被験者から引き続き収穫作業を行う場合、慣行区では一旦、休憩が必要との意見が出されたが、立ち収穫区では引き続き作業が可能であるとの意見が得られており、軽労効果が大きいことが示された。

アスパラガスの全期立茎栽培において、母基地際押し倒し法の実施が難しい場合でも側枝誘引を行うことで長柄収穫ハサミを利用でき、作業性が 18%低下するが、不自然な姿勢である中腰姿勢の軽減と労働者の身体的負担を軽減する作業方法の改善策の1つとして、有効であることが示された。本実験では、広島県の主な作型である露地の全期立茎栽培を対象としたが、ビニルハウスなどを導入した半促成長期どり栽培（池内，1998）においても、本報告と同程度の畝間および畝幅の条件であれば、長柄収穫ハサミの利用が可能であると考えられる。また、立茎前の春芽の収穫では、作業の支障となる母茎がないため、全期立茎栽培および半促成長期どり栽培に加えて、春どりのみを行う普通栽培においても、本収穫ハサミの利用が十分可能であると考えられる。

一方、長柄収穫ハサミの利用による作業能率や作業姿勢は収穫ハサミの柄の長さの影響を受けるが、開発した長柄収穫ハサミの柄の長さはコスト面や故障の危険性を回避するため固定を採用した。このため長さ調整が不可能である。本実験では、畝の高さ 35 cm の条件で、身長 162 および 173 cm の男性を被験者とした。日本人男性の 20～70 歳代の各年代の平均身長は 163～173 cm であり（厚生労働省，2015），畝の高さ 35 cm に近い条件では多くの作業員で本実験と同様の軽労効果が得られると考えられる。一方で、これらの条件外で長柄収穫ハサミを利用した際の作業能率や軽労効果については、今後の調査が必要である。

## 第4節 作業通路幅が長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業性に及ぼす影響

前節において、慣行の立茎栽培においてもヒモを用いた側枝誘引により、畝面の視認性を改善でき、長柄収穫ハサミの利用により腰を中心とした部位の身体的負担を大幅に軽減できることを明らかにした。一方、現地圃場において、作業通路が狭い圃場では長柄収穫ハサミの利用が困難であるとの意見が出された。作業通路が狭い圃場では、被験者が母茎に近づいた位置での作業となる。このため、母茎から離れた位置での作業に比べて畝面の視認性が低下し、不良姿勢である前傾姿勢となる。そこで、本節では慣行の立茎栽培において、立茎後に長柄収穫ハサミを導入する際の作業姿勢の改善効果と作業能率を維持できる通路幅について検討した。

### 材料および方法

#### 1. 圃場条件

2013年に前節と同様の露地圃場(2008年定植の6年生‘ウェルカム’)を用いて実験を行った。アスパラガスは慣行に第1節と同様に準じて栽培した。立茎は茎径12~15 mm(田中, 2004)を基準に畝の長さ1 mあたりに10本を選定した。なお、所定の本数に満たない場合は、12 mm未満および15 mm以上の若茎も立茎した。立茎後の茎葉管理については、畝面から50 cm以下の側枝はすべて基部から除去し、主茎先端の摘心は行わなかった。側枝誘引については、第1節に準じて畝の両面に畝面から60 cmの高さとなるよう母茎倒伏防止用支柱に結わえた農業用ハウスバンドに垂下した側枝を載せて上方へ誘引した。

#### 2. 作業性調査

被験者は長柄収穫ハサミを利用した収穫作業に熟練した被験者 A(30歳代男性, 身長173 cm, 体重62 kg), 被験者 B(50歳代男性, 身長176 cm, 体重55 kg) および被験者 C(60歳代男性, 身長169 cm, 体重71 kg)の3名とした。長さ10 mの畝に事前に収穫した若茎20本を実際の収穫跡に無作為に設置し、これらの若茎を収穫した。若茎の設置方法については、第4章に準じた。調査時の畝のサイズは畝間200 cm, 畝底の幅140 cmであった。な



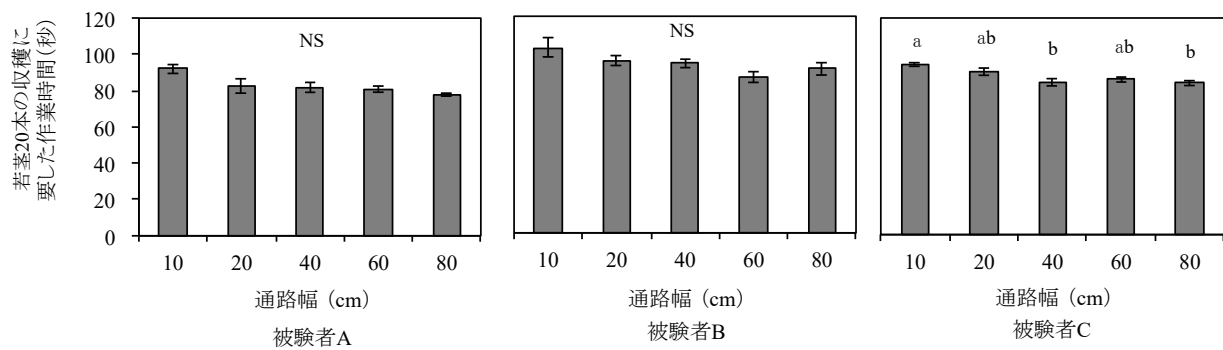
お、畝底の両端 10 cm は畝の傾斜が緩やかで歩行が可能であったため、作業通路の基点は畝底の内側 10 cm の位置とした。作業通路の幅は木杵を設置することで任意に 10, 20, 40, 60 および 80 cm に制限した。収穫作業は各作業通路幅で 1 回 20 本の収穫とし、被験者ごとに各 3 回行った。作業をビデオで撮影し、作業時間、作業姿勢および体幹部傾斜角度を調査した。また、被験者から作業後に感想を聞き取りした。

## 結果および考察

通路幅が収穫の作業能率に及ぼす影響について、第 5-15 図に示した。被験者 A および被験者 B では若茎 20 本の採取に要した時間は、概ね 80~100 秒で差はみられなかった。被験者 C では 10 cm 幅の区が 40 および 80 cm 幅の区に比べて作業時間が 12% 長かった。

次に OWAS による作業姿勢評価の結果を第 5-16 図に示した。体幹部の傾斜角度と同様に被験者によって AC の出現頻度が異なったが、作業通路が広い区に比べて狭い区で身体的負担が大きい作業姿勢が多くなる傾向がみられた。被験者 A では 80 および 60 cm の区で AC1 および AC2 がともに 50% であったが、40 cm 以下の区では AC1 の減少がみられ、40, 20 および 10 cm でそれぞれ 29, 23 および 7% であった。被験者 B では、いずれの区においても AC2 の姿勢が 80% 以上を占め、AC1 の姿勢が 80 cm 区では 17%, 60 および 40 cm の区ではそれぞれ 6% および 4%, 20 および 10 cm 区では 0% と通路幅の減少に伴い AC1 の姿勢が減少した。被験者 C では、40 cm 以上の区において AC2 の姿勢が 85% 以上を占め、AC1 の姿勢と合わせると全体の 90% 以上を占めた。AC1 の姿勢は 50 歳代男性同様に通路幅の減少に伴い減少した。通路幅 20 および 10 cm の区では AC2 の姿勢が 45% 未満に減少して AC3 の姿勢が 50% 以上を占めた。

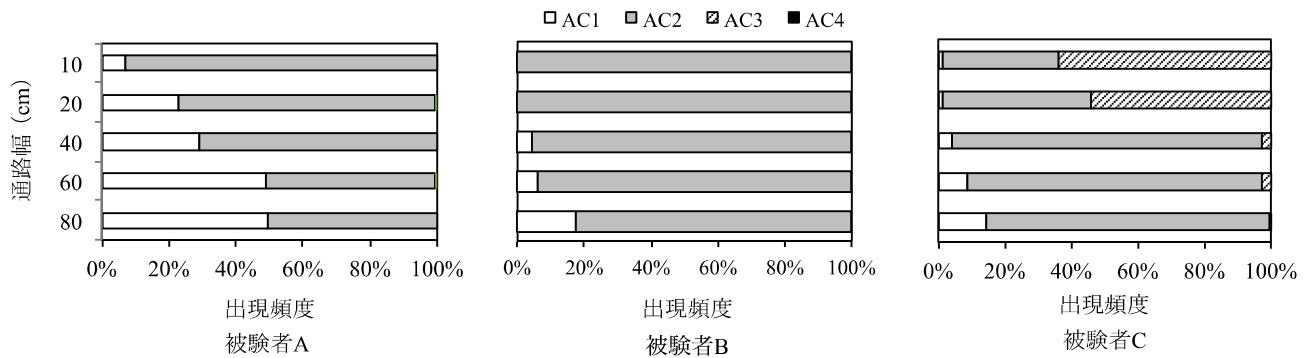
通路幅が収穫作業時の体幹部の傾斜角度に及ぼす影響を第 5-17 図に示した。被験者によって傾斜角度別の出現頻度は異なったが、いずれの被験者においても通路幅が 80 cm から狭くなるに従って傾斜角度が大きくなる傾向がみられた。被験者 A では通路幅 80 および 60 cm の区で傾斜角度 20° 未満および 20~45° の姿勢がそれぞれ概ね 50% を占めたが、40 cm 以下の区では 20° 未満の姿勢が減少し、20~45° の姿勢が増加した。また、45~60° の姿



第 5-15 図 アスパラガス全期立茎栽培における通路幅が立茎後の長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業能率に及ぼす影響

被験者は収穫作業に熟練した被験者 A(30 歳代男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg), 被験者 B(50 歳代男性, 身長 176 cm, 体重 55 kg) および被験者 C(60 歳代男性, 身長 169 cm, 体重 71 kg) とした

収穫作業は長さ 10 m の畝に人為的に設置した若茎 20 本を採取して行った(各 3 反復)



第 5-16 図 アスパラガス全期立茎栽培における作業通路幅が長柄収穫ハサミを利用した収穫作業の Action Category (AC) の出現頻度に及ぼす影響

OWAS (Karhu et. al., 1977; Louhevaara and Suurnakki, 1992) により次の AC に分類した

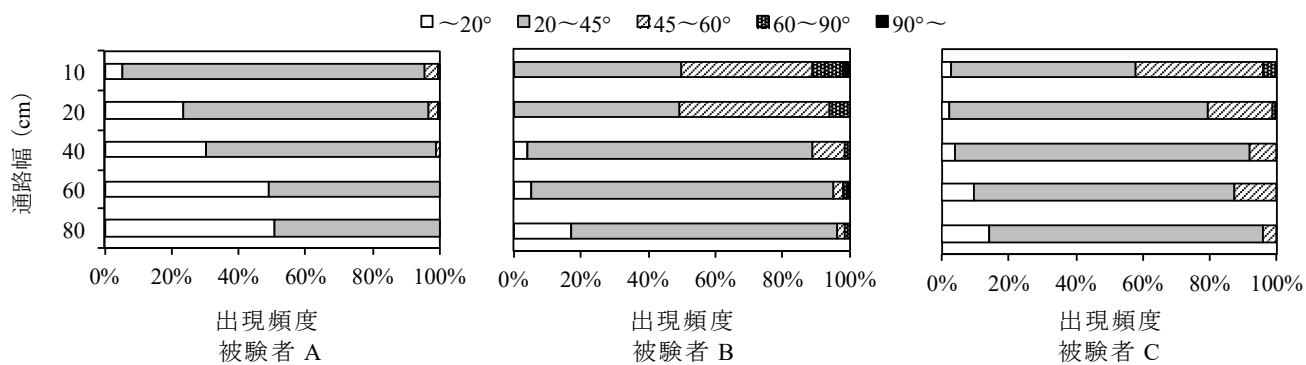
AC1 : no corrective measures

AC2 : corrective measures in the near future

AC3 : corrective measures as soon as possible

AC4 : corrective measures immediately

被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (30 歳代男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg), 被験者 B (50 歳男性, 身長 176 cm, 体重 55 kg) および被験者 C (60 歳代男性, 身長 169 cm, 体重 71 kg) とした



第 5-17 図 アスパラガス全期立茎栽培における通路幅が長柄収穫ハサミを利用した収穫作業の体幹部傾斜角度に及ぼす影響

被験者は収穫作業に熟練した被験者 A (30 歳代男性, 身長 173 cm, 体重 62 kg), 被験者 B (50 歳代男性, 身長 176 cm, 体重 55 kg) および被験者 C (60 歳代男性, 身長 169 cm, 体重 71 kg) とした

収穫作業は長さ 10 m の畝に人為的に設置した若茎 20 本を採取して行った (各 3 反復)

勢が1～4%とわずかであるが観察された。被験者 B では 80, 60 および 40 cm の区で 20～45° の姿勢が多く、45° 未満の姿勢が約 90%以上を占め、通路幅が 20 cm 以下の区では 20～45° の姿勢が約 50%に減少し、45° 以上の姿勢が 50%を占めた。被験者 C では 80, 60 および 40 cm の区で被験者 B 同様に 20～45° の姿勢が概ね 90%以上を占めた。また、20 cm の区においても 45° 未満の姿勢が概ね 80%であった。通路幅 10 cm の区では 20～45° の姿勢が約 60%に減少して 45° 以上の姿勢が約 40%であった。

作業後の被験者の意見を第 5-3 表に示した。いずれの被験者もほぼ同様な意見であった。通路幅 80 および 60 cm の区では特に問題なく作業ができるとの意見であった。40 cm 区では若茎が見えにくいとの意見であった。20 および 10 cm 区で若茎が見えにくく、前傾姿勢がつかなく、被験者 C では腰を落とすため、大腿部が疲れるとの意見であった。また、10 cm 区では被験者 B および被験者 C から側枝が手や身体に触れるとの意見が出された。

作業姿勢は作業通路幅が狭くなるに従って、OWAS において負担が大きい姿勢の割合が増加した。特に被験者 C では通路幅が 20 および 10 cm の区では筋骨格系の負担が大きい AC3 の姿勢が 50%以上となり、著しく作業姿勢が悪化した。一方で、被験者 A および被験者 B では通路幅 10 cm 区においても AC3 の姿勢はほとんど観察されなかった。被験者 A および被験者 B では通路幅が狭い場合には体幹部を前傾させることで畝面の視認性を高めていたが、被験者 C の通路幅 20 および 10 cm の区では前傾姿勢に加えて両足を曲げることで体幹部を下げて視線を低くし視認性を高めていた。このため、両足を伸ばした状態で前傾姿勢をとっていた被験者 A および被験者 B に比べて被験者 C で AC3 の姿勢が多くなった。被験者 B では、通路幅 10 および 20 cm 区でも AC3 の姿勢は観察されなかったが、通路幅 10 および 20 cm 区では通路幅 40 cm 以上の区に比べて体幹部の傾斜角度が大きく、45° 以上の姿勢が 50%以上まで急激に増加した。このため、作業通路幅が 20 cm 以下では作業者によっては作業姿勢が著しく悪化することが示唆された。一方で、OWAS による評価では、前述のとおり AC2 の姿勢がほとんどを占め、通路幅 40cm 区と通路幅 10 および 20 cm の区に AC による作業姿勢の急激な悪化はみられなかった。OWAS では体幹部の傾斜角度は 20° を基準に判断するため、20° 以上の傾斜は同じ点数として分類される。このため、傾斜角度が 45° 以上の姿勢が多く観察された作業通路 20 および 10 cm の区においても比較的身体的負担が

第5-3表 作業通路幅別の長柄収穫ハサミを利用した収穫作業後の被験者意見

作業通路幅 (cm)	作業後の意見		
	被験者A	被験者B	被験者C
80	特に気にならない	姿勢が楽	特に問題ない
60	特に気にならない	姿勢が楽	特に問題ない
40	若茎が見えにくいですが、作業できる	若茎が少し見えにくく、屈む姿勢を感じる	若茎が見えにくい、少し狭い
20	若茎が見えにくく、前傾姿勢を感じる	若茎が見えにくく、姿勢がづらい	腰を落とすため、大腿部が疲れる
10	若茎が見えにくく、前傾姿勢がづらい	若茎が見えにくく、前傾姿勢がづらい ハサミを入れにくく、側枝が身体に触れる	腰を落とすため、大腿部疲れる 見えにくい、側枝が手に触れる

被験者は収穫作業に熟練した被験者A(30歳代男性, 身長 173 cm, 体重 63 kg) および被験者B(50歳代男性, 身長 176 cm, 体重 55 kg) および被験者C(60歳代男性, 身長 169 cm, 体重 55 kg) とした  
 収穫作業は長さ10mの畝に人為的に設置した若茎20本を採取して行った(各3反復)

小さい AC2 の割合が多くなった。一方、被験者 A では被験者 B および被験者 C に比べて通路幅 10 および 20 cm の区における作業姿勢の不良程度は軽微であった。被験者によって体幹部の傾斜角度が異なったことについては、第 5 章第 1 節で述べたように、立ち姿勢での作業では目から畝面までの視距離が遠いため、被験者の視力の差が影響し、頭部や体全体を動かすなど作業姿勢の変化で視野を確保したことが一因として考えられた。

以上の結果から通路幅が 20 cm 以下で作業性が急激に悪化することが示唆された。また、40 cm 以上の区では作業能率に差がみられなかった。これらのことから通路幅は 40 cm 以上必要であると考えられた。一方、収穫作業後の被験者からの聞き取りにおいて、通路幅 80 および 60 cm の区では、特に問題はないとの意見であったが、通路幅 40 cm の区では少し見えにくく、前傾姿勢を感じるとの意見であり、通路幅 40 cm から主観的な作業負担が増大することが示唆された。このため、慣行の立茎栽培で側枝誘引を行った圃場において長柄収穫ハサミの利用による収穫作業姿勢の改善効果および身体的負担の軽減効果を得るには、60 cm 以上の通路幅が望ましいと判断した。

## 第6章 現地検証

農業分野の開発技術の普及において、生産現場での検証は重要な役割を担う。農業分野では、一部の栽培施設・設備を除き、栽培環境条件は規格・統一化されていない。アスパラガス栽培では畝間（隣り合う畝の中心から中心まで）や畝の高さ、畝幅が異なる。また、作業者の性別や年齢、体格も異なり、開発技術を導入する環境条件は千差万別である。このため、開発技術の効果の確認には、試験圃場のみでなく、実際の生産圃場でも同様の効果を確認することが重要である。また、高橋・吉田（2006）は、新技術の普及において、農家が自ら新技術を体験し、その成功事例を「ロコミ」によって波及させることが効果的であると述べており、生産現場での開発技術の実証は、開発技術の認知度の向上および普及の加速化の面でも重要である。そこで、普及の加速化を目的に、まず、生産現場における母茎地際押し倒し法およびつかみ方式の長柄収穫ハサミを組み合わせた場合の収穫の作業性を検証した。第二に、本長柄収穫ハサミの性能および本収穫ハサミに対する評価について調査した。第三に、長柄収穫ハサミの収穫率が作業時間に及ぼす影響を調査し、効率的に作業できる収穫率を試算した。

### 第1節 母茎地際押し倒し法および長柄収穫ハサミの現地検証

開発した母茎地際押し倒し法および長柄収穫ハサミは従前の栽培方法や収穫方法と大きく異なる。このため、導入に当たっては、若茎の収量性や品質、栽培や収穫の作業性に対する不安が生じ、この不安が新技術導入の阻害要因の一つとなりうることが考えられる。山本ら（2005）は新しい技術の操作方法に対する不安や技術効果の不確実性の低減、解消として、当該地域での操作方法や技術効果を確認できる現地実証試験が効果的であると述べている。そこで、実際にアスパラガス栽培を行っている生産者圃場において、当該生産者を被験者として母茎地際押し倒し法および長柄収穫ハサミを組み合わせた収穫の検証を行った。

#### 材料および方法

2013年に広島県内のアスパラガス生産者の圃場で作業性の実験を行った。春芽収穫の後、



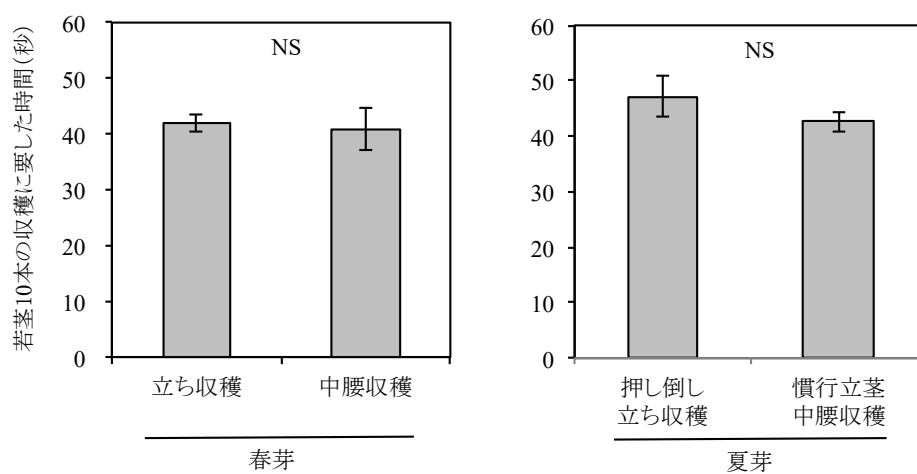
5月下旬から母茎地際押し倒し法で栽培した区および慣行の立茎方法で栽培した区を設けた。各区の栽培方法については、第2章に準じて行い、施肥については農家慣行とした。

被験者は、10年以上のアスパラガス栽培経験を有する当該圃場の50歳代女性生産者とした。5月1日に春芽、7月31日に夏芽の収穫の作業性を調査した。春芽の収穫については、長柄収穫ハサミを利用して収穫した立ち収穫区および慣行の園芸用ハサミを用いて収穫した中腰収穫区の2区とした。夏芽の収穫については、母茎地際押し倒し法で栽培し、長柄収穫ハサミを利用して収穫した押し倒し立ち収穫区、および慣行の立茎栽培で栽培した区で慣行の園芸用ハサミを利用して収穫した慣行中腰収穫区の2区を設けた。なお、長柄収穫ハサミはつかみ方式とし、作業手順は第3章第1節に準じた。

実際の収穫作業について、デジタルカメラを用いて動画を撮影し、撮影した動画1秒ごとに動作内容および作業姿勢を調査した。なお、動画の解析は概ね50本の収穫分とした。動作内容については、「長柄収穫ハサミで若茎を切断、把持する、または園芸用ハサミで若茎を切断する(以下、若茎を切断する)」、「長柄収穫ハサミで把持した若茎を左手でとる(若茎をとる)」、「採取した若茎を収穫カゴに入れる(カゴに入れる)」、「立ち止まって若茎を探す(若茎を探す)」、「移動する」および「その他」に分類した。また、若茎1本の収穫に要した時間として、「採取」および「カゴ入れ」の動作を調査した。なお、「採取」は、立ち収穫区では前述の「若茎を切断する」および「若茎をとる」に要した合計時間とし、中腰収穫では前述の「若茎を切断する」に要した時間とした。また、「カゴ入れ」は両区ともに前述の「カゴに入れる」に要した時間とした。作業姿勢については、OWAS(Karhu et.al., 1977; Louhevaara and Suurnakki, 1992)により、Action Category(AC)1~4に分類した。また、作業能率として、若茎10本の収穫に要した時間を調査した。

## 結果および考察

作業能率の結果を第6-1図に示した。春芽収穫では若茎10本の収穫に要した時間は立ち収穫区で42.0秒、中腰収穫で41.0秒で、処理区間に差はみられなかった。夏芽収穫においても処理区間に差はなく、押し倒し立ち収穫区が47.2秒、慣行立茎中腰収穫が42.6秒であった。



**第 6-1 図** アスパラガスの春芽および夏芽の収穫における収穫方法が作業能率に及ぼす影響  
 図中の垂線は標準誤差を示す(n=5)  
 NSはt検定により、処理区間に有意な差がないことを示す  
 立ち収穫区は、つかみ方式の長柄収穫ハサミを利用して収穫  
 中腰収穫区は、慣行の園芸用ハサミを用いて中腰姿勢で収穫  
 押し倒し立ち収穫区は、母茎地際押し倒し法で栽培した区でつかみ方式の長柄  
 収穫ハサミを利用して収穫した  
 慣行立茎中腰収穫区は、慣行の立茎方法で栽培した区で慣行の園芸用ハサミを  
 利用して収穫した  
 被験者はつかみ方式の長柄収穫ハサミの1年の使用経験を有する50歳代女性生  
 産者

第6-1表 アスパラガスの春芽および夏芽の収穫における収穫方法が作業時間に及ぼす影響

収穫時期	処理区 <sup>z</sup>	若茎1本当たりの動作別作業時間(秒/本) <sup>y</sup>			連続収穫本数
		採取	カゴ入れ	合計	
春芽	立ち収穫	2.69 ± 0.26 <sup>x</sup>	0.95 ± 0.09	3.40 ± 0.30	1.72 ± 0.14
	中腰収穫	1.92 ± 0.13	1.02 ± 0.08	2.94 ± 0.17	1.56 ± 0.16
	有意性 <sup>w</sup>	*	N.S.	N.S.	N.S.
夏芽	押し倒し立ち収穫	2.55 ± 0.28 <sup>x</sup>	1.11 ± 0.07	3.66 ± 0.30	1.37 ± 0.09
	慣行立茎中腰収穫	1.65 ± 0.10	1.26 ± 0.12	2.90 ± 0.16	1.92 ± 0.19
	有意性 <sup>w</sup>	*	N.S.	*	*

<sup>z</sup> 立ち収穫区はつかみ方式の長柄収穫ハサミ, 中腰収穫区は慣行の園芸用ハサミを用いて収穫した  
押し倒し立ち収穫区は, 母茎地際押し倒し法で栽培した圃場でつかみ方式の長柄収穫ハサミを用いて収穫,  
慣行立茎中腰収穫区は, 慣行の立茎方法で栽培した圃場で園芸用ハサミを用いて収穫した

<sup>y</sup> 若茎概ね50本の収穫について, カゴ入れ動作ごとに若茎1本当たりの時間を撮影した動画をもとに解析した

<sup>x</sup> 平均値 ± 標準誤差を示す (n=29-32)

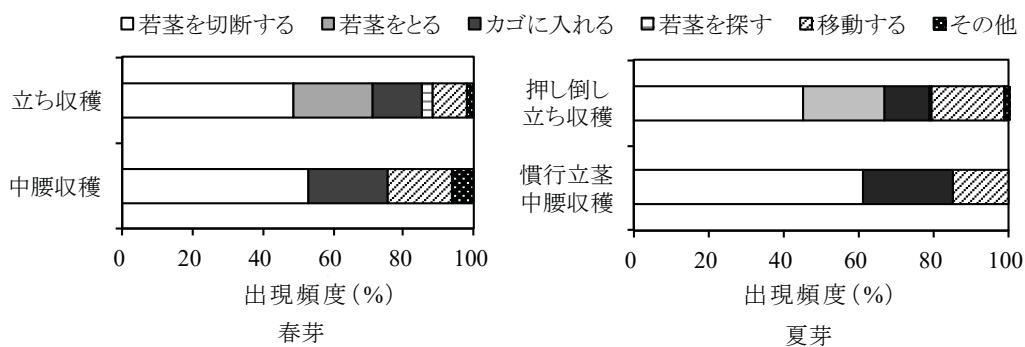
<sup>w</sup> t 検定により, 5%水準で \*は有意な差があることを, N.S.は有意な差がないことを示す

被験者はつかみ方式の長柄収穫ハサミの1年の使用経験を有する50歳代女性生産者

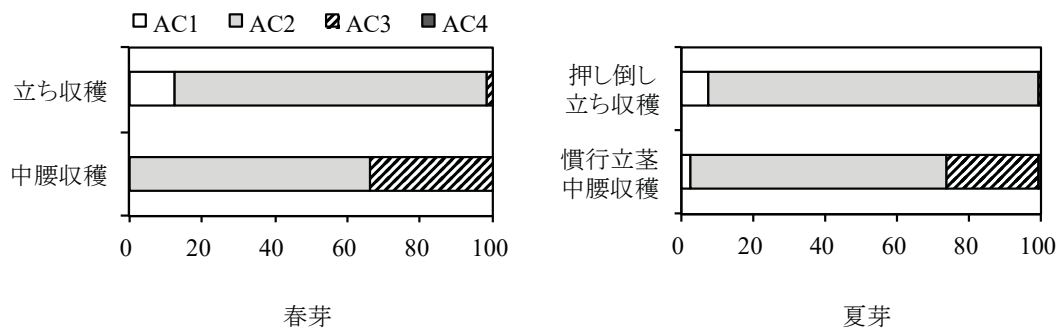
若茎 1 本の「採取」および「カゴ入れ」に要した時間および連続収穫本数を第 6-1 表に示した。春芽収穫では、「採取」に要した時間は立ち収穫区が 2.69 秒で、中腰収穫区の 1.92 秒に比べて長かった。「カゴ入れ」は両区ともに概ね 1 秒で差はみられなかった。また、「採取」および「カゴ入れ」の合計時間も両区に差はみられず、立ち収穫区が 3.40 秒、中腰収穫区が 2.94 秒であった。連続収穫本数は立ち収穫区が 1.72 本、中腰収穫区が 1.56 本で差はみられなかった。夏芽収穫では、「採取」に要した時間は押し倒し立ち収穫区で 2.55 秒、慣行立茎中腰収穫区で 1.65 秒で、春芽収穫と同様に長柄収穫ハサミを利用した収穫方法が中腰での収穫方法に比べて長かった。「カゴ入れ」は春芽収穫同様に両区ともに概ね 1 秒で差はみられなかった。また、「採取」および「カゴ入れ」の合計時間は、押し倒し立ち収穫区で 3.66 秒であり、慣行立茎中腰収穫区の 2.90 秒に比べて長かった。連続収穫本数については、押し倒し立ち収穫区で 1.37 本で、慣行立茎中腰収穫区の 1.92 本に比べて少なかった。

収穫方法が動作別出現頻度に及ぼす影響を第 6-2 図に示した。春芽収穫では「若茎を切断する」は立ち収穫区で 48.6%、中腰収穫区で 52.7%で、両区ともに概ね 50%であった。立ち収穫区に特有の「若茎をとる」については、22.4%であった。「カゴに入れる」は立ち収穫区で 14.3%、中腰収穫区で 22.9%であった。「若茎を探す」は立ち収穫区では 2.9%で観察されたが、中腰収穫区では観察されなかった。「移動する」は立ち収穫区で 10.0%、中腰収穫区で 18.0%であった。また、「その他」が立ち収穫区で 1.9%、中腰収穫区で 6.3%観察された。夏芽収穫では、「若茎を切断する」は押し倒し立ち収穫区で 45.2%、慣行立茎中腰収穫区で 61.0%であった。「若茎をとる」については、21.5%であった。「カゴに入れる」は押し倒し立ち収穫区で 12.3%、慣行立茎中腰収穫区で 24.4%であった。「若茎を探す」は押し倒し立ち収穫区では 0.4%観察されたが、慣行立茎中腰収穫区では観察されなかった。「移動する」は押し倒し立ち収穫区で 19.7%、慣行立茎中腰収穫区で 14.6%であった。また、「その他」が押し倒し立ち収穫区で 0.9%観察され、慣行立茎中腰収穫区では観察されなかった。

収穫方法が作業姿勢に及ぼす影響について、第 6-3 図に示した。春芽収穫について、立ち収穫区では、AC2 が最も多く、86.2%、次いで AC1 が 12.4%、AC3 が 1.4%で、AC4 は観察されなかった。中腰収穫区では、AC2 が 66.3%と最も多く、次いで AC3 が 33.7%であり、AC1 および AC4 は観察されなかった。夏芽収穫について、押し倒し立ち収穫区では、AC2 が最も



**第 6-2 図** アスパラガスの春芽および夏芽の収穫における収穫方法が動作別出現頻度に及ぼす影響  
 立ち収穫区は、つかみ方式の長柄収穫ハサミを利用して収穫  
 中腰収穫区は、慣行の園芸用ハサミを用いて中腰姿勢で収穫  
 押し倒し立ち収穫区は、母茎地際押し倒し法で栽培した区でつかみ方式の長柄収穫ハサミを利用して収穫した  
 慣行立茎中腰収穫区は、慣行の立茎方法で栽培した区で慣行の園芸用ハサミを利用して収穫した  
 概ね 50 本の若茎の収穫作業を撮影した動画を 1 秒ごとに解析  
 被験者はつかみ方式の長柄収穫ハサミの 1 年の使用経験を有する 50 歳代女性生産者



第 6-3 図 アスパラガスの春芽および夏芽の収穫における収穫方法が作業姿勢に及ぼす影響

E

多く、91.7%を占めた。次いで AC1 が 7.5%、AC3 が 0.9%で、AC4 は観察されなかった。慣行立茎中腰収穫区では、AC2 が 70.9%と最も多く、次いで AC3 が 25.8%で、AC2 と AC3 の合計が 96.7%を占めた。

春芽の収穫は作業の支障となる母茎を立茎していないため、長柄収穫ハサミを利用した立ち姿勢での収穫作業においても容易に畝面の若茎を視認でき、母茎を避ける必要もない。この条件下における 50 歳代女性生産者の処理区間の作業能率に差はなかった。一方、収穫時の動作別出現頻度については、第 6-1 表の「採取」に該当する立ち収穫区の「若茎を切断する」および「若茎をとる」の出現頻度は中腰収穫区の「若茎を切断する」に比べて大きかった(第 6-2 図)。「若茎をとる」動作は、立ち収穫区に特有の動作で、長柄収穫ハサミで若茎を切断した後に長柄収穫ハサミが把持した若茎を左手でとる必要がある。このため、第 6-1 表における立ち収穫区の「採取」が中腰収穫区に比べて時間を要した要因として考えられた。一方、「カゴ入れ」では有意な差はなかったものの、立ち収穫区が中腰収穫区に比べて短い傾向にあり、「採取」および「カゴ入れ」の合計時間に有意な差がみられなかった。このことから結果的に立ち収穫区および中腰収穫区の作業能率に差がなくなったものと考えられた。春芽収穫では、立茎開始まで萌芽した若茎を規定の長さに達したのから順次、全て収穫する。このため、長柄収穫ハサミの導入にあたり、新たな栽培方法や側枝管理法は必要なく、新たな労務の発生もない。すなわち、長柄収穫ハサミの作業能率が慣行の収穫方法と同等であれば、導入しやすいものと期待される。本検証において、作業能率を低下させることなく、つかみ方式の長柄収穫ハサミを利用できた結果は、本技術の導入の際における技術的不安要素の解消に寄与できるものと考えられた。

夏芽収穫の作業能率について、第 4 章では、30 および 60 歳代男性被験者ともに母茎地際押し倒し法、つかみ方式の長柄収穫ハサミおよび大型車輪収穫台車を組み合わせた収穫方法が慣行の中腰収穫に比べて作業能率が高かった(第 4-2 図)。しかしながら、50 歳代女性生産者では、押し倒し立ち収穫および慣行立茎中腰収穫区の作業能率は同等であった。本実験で利用した収穫台車は、押し倒し収穫区および慣行立茎中腰収穫区ともに 50 歳代女性が所有する小型車輪の収穫台車を用いた。実験時の圃場はぬかるんだ状態ではなく、利用した小型車輪の収穫台車の走行(移動)に時間を要したり、収穫台車を押す動作が収穫作

業の妨げになる事例は観察されなかった。本実験では 14 インチの大型車輪を装着した収穫台車ではなく、小型車輪の収穫台車を用いたが、収穫台車が押し倒し収穫区の作業能率の低下を引き起こした可能性は極めて小さいと考えられた。30 および 60 歳代男性被験者の実験では、つかみ方式の長柄収穫ハサミを利用した収穫の連続収穫本数が 3.7 本以上で慣行区と同等以上であった。一方、50 歳代女性生産者の実験では、押し倒し立ち収穫区の連続収穫本数は 1.37 本と少なく、慣行立茎中腰収穫区の 1.92 本に比べても有意に少なかった。このため 30 および 60 歳代男性被験者の実験に比べてカゴ入れ動作の回数が多く、採取からカゴ入れ動作への切り替わり回数が多くなり、このことが押し倒し立ち収穫区の作業能率が慣行立茎中腰収穫区に比べて高くならなかった要因であると考えられた。また、50 歳代女性生産者の実験では、30 および 60 歳代男性被験者の実験に比べて押し倒し立ち収穫区の「移動する」動作の出現頻度が高かった。50 歳代女性生産者では移動しながら収穫する若茎を探す動作が観察され、このことも押し倒し立ち収穫区の作業能率が慣行立茎中腰収穫区に比べて高くなかった一因であると考えられた。

作業姿勢について、立茎後の夏芽収穫を対象に調査した事例は報告されているが(片平 2004; 坂本, 2011)、春芽収穫について、調査した事例は見当たらない。春芽収穫は母茎を立茎する前の収穫となるため、母茎群落に潜り込むことなく、母茎を避けながら作業する必要もない。このため、夏芽収穫に比べて容易に収穫できるが、本実験の園芸用ハサミを用いた収穫では、AC3の姿勢が30%以上で観察された。夏芽の収穫は夏季の作業となるため、高温環境下での作業となることもあるが、春芽収穫は春季の作業であるため、比較的温暖な環境下での作業となる。また、収穫期間も夏芽収穫では 3 ヶ月以上と長期間にわたるが、春芽収穫では 1~2 か月程度と短い。しかしながら、春芽の萌芽のピーク時には 1 日の収穫本数が極めて多く、1 日の収穫が長時間にわたる。このため、春芽においても夏芽収穫と同様に作業姿勢を改善できれば、身体的負担を大いに軽減できる。本実験によりつかみ方式の長柄収穫ハサミを利用した収穫では春芽収穫および夏芽収穫ともに AC2 の姿勢が 70%以上に増加し、AC3 の姿勢が 2%未満に減少した。特に、AC3 の姿勢は限界とされる作業全体の 5%(山本ら, 2004)より小さくなり、春芽および夏芽収穫ともに第 4 章の検証結果と同様の改善効果が示された。



当該生産者から栽培終了時に、楽に収穫することができ、これまで栽培終了後の年末まで継続していた腰の痛みから解放されたとの意見を得た。本実証の夏芽収穫において、押し倒し立ち収穫区の作業能率が慣行立茎中腰収穫区と同等で作業能率の向上には至らなかったが、当該生産者から作業能率についても問題ないとの意見が得られ、本技術は十分な実用性を有するものと考えられた。

## 要約

開発した母茎地際押し倒し法および長柄収穫ハサミを組み合わせた収穫の作業性および作業姿勢改善効果の検証を目的に、アスパラガス栽培を行っている生産者圃場において、母茎地際押し倒し法および長柄収穫ハサミを組み合わせた収穫と慣行による収穫の作業性を比較した。春芽収穫および夏芽収穫ともに長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業能率は慣行の中腰収穫と同等であった。第4章の30および60歳代男性被験者を対象とした実験では、母茎地際押し倒し法、長柄収穫ハサミおよび大型車輪収穫台車を組み合わせた収穫が慣行の中腰収穫に比べて作業能率が高かったが、本検証では母茎地際押し倒し法および長柄収穫ハサミの組み合わせによる作業能率の向上はみられなかった。この要因として、連続して収穫した若茎本数が少なく、カゴ入れ動作が多かったこと、移動しながら若茎を探す動作が観察されたことが考えられた。作業姿勢については、長柄収穫ハサミの利用により、AC3の姿勢を2%未満に低減できた。当該生産者から腰の痛みが解消され、作業能率も問題ないとの意見が得られ、十分な実用性を有するものと考えられた。

## 第2節 長柄収穫ハサミのモニターテストによるアンケート評価

開発したつかみ方式を普及させるため、生産現場等において本収穫ハサミを紹介するセミナー等を実施した際に、身体的負担の軽減効果については概ね理解が得られたが、作業性については作業能率が劣るとの指摘があったことから、作業性への不安が本収穫ハサミ導入の障壁の一つになっていると考えられた。第1節において記しているとおおり、新しい技術の操作方法に対する不安や技術効果の不確実性の低減、解消として、現地実証試験が効果的であるとの報告がある(山本ら, 2009)。さらに、この報告の中で技術の導入を促進する要素の一

つとして、小規模で試すことができ、成果を確認することを挙げている(山本ら, 2009)。開発した長柄収穫ハサミは使用に際して特別な条件を必要とせず、容易に試すことができる。また、開発技術の一層の普及には、実際に長柄収穫ハサミを利用する生産者の意見を聞き、不満や課題がある場合には改善することが重要である。そこで、長柄収穫ハサミによる作業姿勢改善技術の啓発と機能性、操作性および安全性についての検証を目的にアスパラガス生産者を対象にモニターテストを実施した。

## 材料および方法

慣行の立茎方法で栽培している広島県内のアスパラガス生産者 22 戸(集落営農法人を含む) 25 人を対象に、開発した長柄収穫ハサミを貸し出した。このうち、概ね 1 か月以上の期間、継続して利用した生産者 11 名を対象にアンケート調査を行った。11 名のうち 9 名が男性、2 名が女性であった。生産者の年齢は 50 歳代が 6 名、60 歳代が 4 名、70 歳代が 1 名であった。身長は 151~154 cm が 1 名、155~160 cm が 3 名、161~164 cm が 2 名、165~170 cm が 3 名、175~180 cm が 1 名、181~184 cm が 1 名であった。

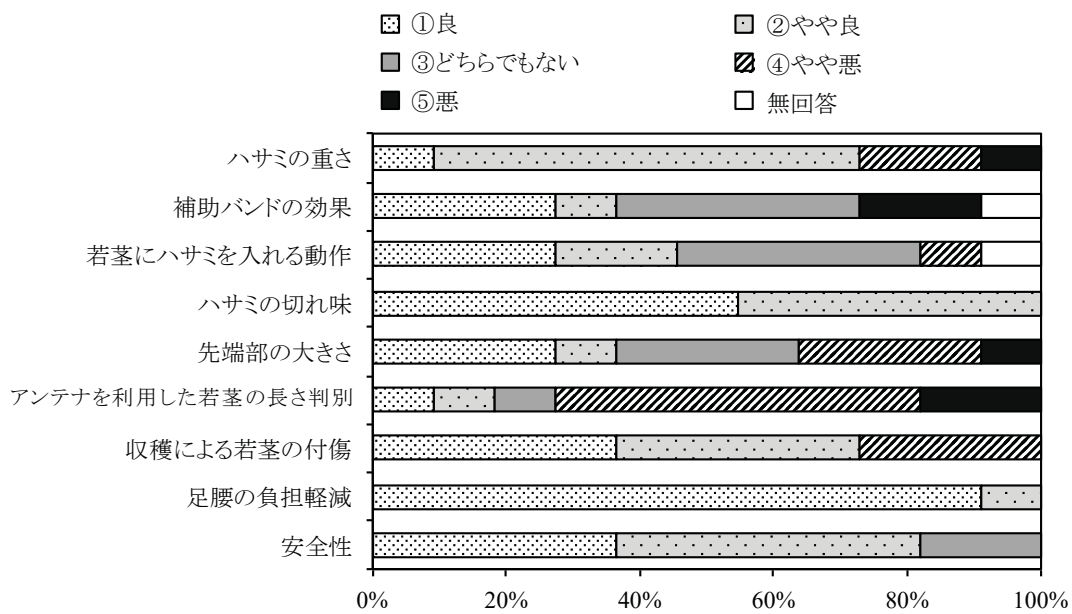
アンケートの調査項目を第 6-2 表に示した。調査項目は 1) ハサミの重さ、2) 補助バンドの効果、3) 若茎にハサミの刃を入れる操作、4) 刃の開き程度、5) ハサミの切れ味、6) 先端部の大きさ、7) アンテナを利用した若茎の長さ判別、8) つかみ部による切断した若茎の把持力、9-1) 長柄収穫ハサミで切断・把持した若茎の回収方法、9-2) その難易度、10) 収穫による若茎の傷、11) 長柄収穫ハサミでの収穫率、12) 作業能率の満足度、13) 足腰の負担軽減効果、14) 安全性、15) 利用希望とした。9-1)、11) および 15) 以外の 12 項目については 5 段階による主観評価とし、9-1) 長柄収穫ハサミで切断・把持した若茎の回収方法は 2 つからの選択、11) は 6 段階による主観評価、15) は 3 つからの選択とした。なお、継続して利用しなかった生産者(40~70 歳代の男性 9 名および女性 5 名、合計 14 名)については、アンケートではなく、個別に意見の聞き取りを行った。

## 結果および考察

長柄収穫ハサミを利用した満足度を第 6-4 図に示した。ハサミの重量は「あまり気にならな

第6-2表 アンケートの調査項目および選択肢

設問項目	選択肢					
	① 良	② やや良	③ どちらでもない	④ やや悪	⑤ 悪	⑥
1) ハサミの重さ	気にならない	あまり気にならない	どちらでもない	やや重い	重い	-
2) 補助バンドの効果	効果あり	やや効果あり	あってもなくても良い	やや邪魔	邪魔になる	-
3) 若茎にハサミを入れる操作	容易	やや容易	どちらでもない	やや難しい	難しい	-
4) 刃の開き程度	狭い	やや狭い	ちょうど良い	やや広い	広い	-
5) ハサミの切れ味	よく切れる	切れる	どちらでもない	やや切れない	切れない	-
6) 先端部の大きさ	満足	やや満足	どちらでもない	やや不満	不満	-
7) アンテナを利用した若茎の長さ判別	容易	やや容易	どちらでもない	やや難しい	難しい	-
8) つかみ部による若茎の把持力	よくつかめる	大体つかめる	どちらでもない	あまりつかめない	全くつかめない	-
9-1) 収穫ハサミで把持した若茎の回収方法	-	-	-	直接カゴに入れる	左手でとる	-
9-2) その難易度	容易	やや容易	どちらでもない	やや難しい	難しい	-
10) 収穫による若茎の付傷	傷はついていない	あまり傷はついていない	どちらでもない	やや傷が多い	傷が多い	-
11) 長柄収穫ハサミでの収穫率	90%以上	80~90%	70~80%	60~70%	50~60%	50%以下
12) 作業能率の満足度	満足	やや満足	どちらでもない	やや不満	不満	-
13) 足腰の負担軽減効果	とても楽になる	少し楽になる	どちらでもない	あまり効果がない	効果が無い	-
14) 安全性	危険を感じた	あまり危険を感じない	どちらでもない	やや危険を感じた	危険を感じた	-
15) 利用希望	是非使いたい	あれば使いたい	使いたくない	-	-	-



第 6-4 図 モニターテストにおける長柄収穫ハサミの満足度

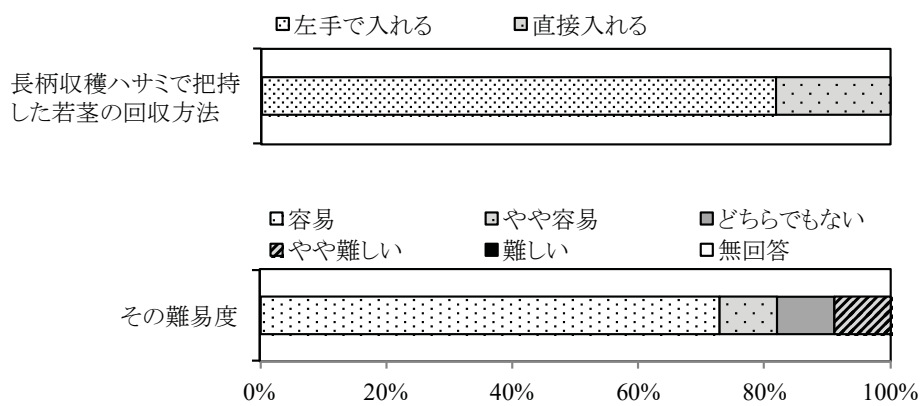
広島県内において、長柄収穫ハサミを概ね1ヶ月以上継続して使用したアスパラガス生産者(男性9名, 女性2名:50~70歳代, 身長160~183cm)に対して, 第6-2表のアンケートを実施  
各項目の選択肢(第6-2表参照)を①良, ②やや良, ③どちらでもない, ④やや悪, ⑤悪で示した

い」が最も多く、64%を占め、「気にならない」を含めた割合は70%以上であった。「重い」および「やや重い」は27%であった。補助バンドの効果は「効果あり」と「やや効果あり」の合計および「あってもなくても良い」がともに36%を占め、「邪魔になる」が18%であった。若茎にハサミを入れる操作は「容易」および「やや容易」が46%、「どちらでもない」が36%、「やや悪い」が9%であった。ハサミの切れ味は「よく切れる」が54%、「切れる」が46%で不満はなかった。先端部の大きさは「満足」が27%、「やや満足」が9%、「どちらでもない」が27%、「やや不満」が27%、「不満」が9%で意見が分かれた。アンテナを利用した若茎の長さ判別は、「容易」、「やや容易」および「どちらでもない」がそれぞれ9%で、「やや難しい」および「難しい」がそれぞれ55%および18%で、難しいとの意見が多かった。収穫による若茎の付傷は「傷はついていない」および「あまり傷はついていない」がそれぞれ36%で、「やや傷が多い」が27%であった。足腰の負担軽減は「とても楽になる」が91%を占め、「少し楽になる」が9%であった。安全性は「危険を感じない」および「あまり危険を感じない」が36%および46%であり、「やや危険を感じた」または「危険を感じた」との回答はなかった。

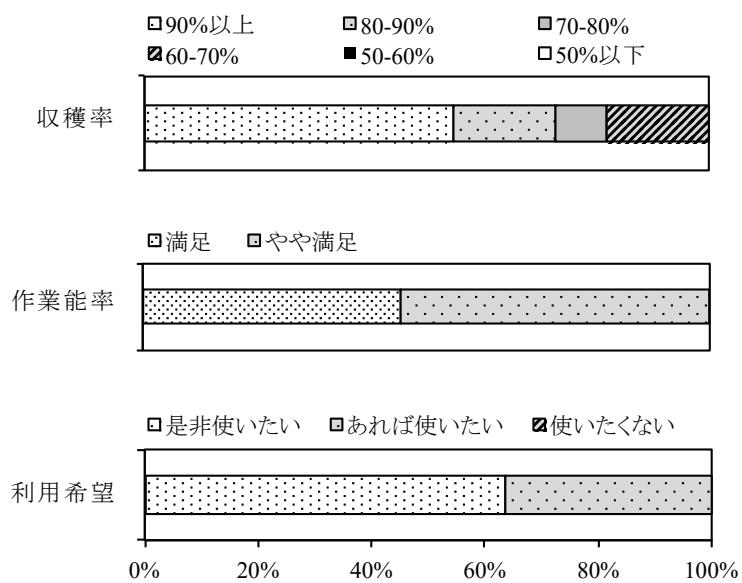
若茎の切断後に長柄収穫ハサミが刃直上のつかみ部で把持した若茎を回収する方法およびその作業の難易度について、第6-5図に示した。82%が「左手でとって入れる」で、「直接カゴに入れる」は18%であった。その作業の容易性については、70%以上が「容易」と回答し、9%が「やや難しい」と回答した。

長柄収穫ハサミで収穫できた若茎の割合（収穫率）、作業能率の満足度および長柄収穫ハサミの利用希望について、第6-6図に示した。収穫率では、55%が「90%以上」と最も多かった。「80～90%」が18%、「70～80%」が9%、「60～70%」が18%で、「50%以下」と回答した生産者はいなかった。作業能率の満足度は「満足」および「やや満足」で100%を占め、それぞれ45%および55%であった。長柄収穫ハサミの利用希望は「是非使いたい」が64%、「あれば使いたい」が34%であった。

継続して利用しなかった生産者の主な意見を第6-3表に示した。収穫ハサミの重さや切れ味については、ほとんどの生産者が重さはそれほど気にならず、切れ味もよく切れるとの意見であった。身体的負担の軽減効果についてもほとんどの生産者が「楽になる」の意見であった。一方、作業性については、立ち姿勢では若茎が見えにくく、ハサミ部に取り付けたアンテナに



第 6-5 図 モニターテストにおける長柄収穫ハサミ利用時の若茎の回収方法および若茎回収方法の難易度  
 広島県内において、長柄収穫ハサミを概ね1ヶ月以上継続して使用したアスパラガス生産者(男性9名,女性2名:50~70歳代,身長160~183cm)に対して,第6-2表のアンケートを実施



第 6-6 図 長柄収穫ハサミでの収穫率，作業能率の満足度および長柄収穫ハサミの利用希望

広島県内において，長柄収穫ハサミを概ね 1 ヶ月以上継続して使用したアスパラガス生産者（男性 9 名，女性 2 名：50～70 歳代，身長 160～183 cm）に対して，第 6-2 表のアンケートを実施

第6-3表 モニターテストにおいて長柄収穫ハサミを継続して利用しなかった生産者<sup>z</sup>の主な意見

項目	意見
長柄収穫ハサミ	重さはそれほど気にならない よく切れる
身体的負担の軽減効果	足腰の負担軽減効果がある 楽に作業できる
作業性	立ち姿勢では若茎が見えない 若茎の長さ判別が難しい 操作が難しい 収穫できない若茎が多い 作業能率が劣る

<sup>z</sup> 40～70歳代の男性9名および女性5名



よる若茎の長さを判別が難しいとの意見であった。また、「操作が難しい」、「収穫できない若茎が多い」、「作業能率が劣る」との意見であった。

開発した長柄収穫ハサミはバッテリーを除いて約 1.5 kg の重量がある。高齢者が少し努力すれば片手で持てる重さは 1.5～2.0 kg とされている((社)人間生活工学研究センター, 2003)。本モニターテストにおいて、継続して利用した生産者の 73%が「気にならない」または「あまり気にならない」と回答した。また、長柄収穫ハサミを継続して利用しなかった生産者からも「長柄収穫ハサミの重さはそれほど気にならない」との意見が得られており、本収穫ハサミの 1.5 kg は多くの生産者にとって概ね許容範囲の重量ではないかと考えられる。しかしながら、27%の生産者が「やや重い」または「重い」と回答した。長柄収穫ハサミの重量負担の軽減を目的に補助バンドを用意したところ、36%の生産者が「効果あり」または「やや効果あり」と回答した。第 3 章第 1 節において、補助バンドは長柄収穫ハサミを装着した右腕の負担の軽減に有効であることを明らかにしているが、補助バンドの長さが長い場合、長柄収穫ハサミの重量負担の軽減効果は小さい。また、バンドの長さが短い場合では、長柄収穫ハサミの重量負担の軽減効果はあるものの、若茎切断時の長柄収穫ハサミを前に出す動作の際に補助バンドによって長柄収穫ハサミを操作する右腕の動きが制限される。このため、補助バンドの長柄収穫ハサミの重量負担軽減効果を得るには、補助バンドの長さを適正な長さに調整する必要がある。本モニターテストにおいて補助バンドの効果はなかったと回答した生産者においては、各生産者の段階で補助バンドを適正な長さに調節できていなかった可能性も考えられた。

長柄収穫ハサミの身体的負担の軽減効果については、長柄収穫ハサミを利用しなかった生産者においても「足腰の負担軽減効果がある」や「楽に作業できる」との意見が得られており、身体的負担軽減効果の有効性については、概ね理解が得られていると考えられた。

作業性については、継続して利用しなかった生産者から「立ち姿勢では若茎が見えない」や「収穫できない若茎が多い」、「作業能率が劣る」など不満が多かった。一方、概ね 1 か月以上継続した生産者からは作業性について「満足」および「やや満足」との回答が 100%を占め、作業能率についての不満はなかった。しかしながら、長柄収穫ハサミを継続して利用した生産者からも利用を開始した初期は操作に慣れないため作業が難しく、作業能率が悪かったとの意見が出された。また、長柄収穫ハサミを利用しなかった生産者に対して、どの程度の期

間、長柄収穫ハサミを利用したかについて、聞き取りしたところ、1週間未満が多く、短い場合では2時間との回答もあった。このことから本収穫ハサミを利用しなかった生産者では、操作に慣れていないため作業性が劣り、作業能率が不満との回答となったと考えられた。これらのことから、長柄収穫ハサミでの収穫率を向上させ、作業能率に不満を抱くことなく、作業するには、長柄収穫ハサミの操作や若茎の長さやハサミ刃を入れる向きなどの判断力を習熟するため一定期間の訓練が必要であることが示唆された。

本収穫ハサミを利用した生産者のうち夫婦で収穫している生産者では、まず、一人が長柄収穫ハサミで容易に採取できる若茎を収穫し、その後にもう一人が従前の収穫ハサミで残った若茎を収穫しているとの意見も出された。長柄収穫ハサミで収穫できなかった若茎を従前のハサミで採取する作業者については、中腰姿勢での作業となるが、収穫本数が少ないため作業時間も少なく、身体的な負担は小さいとの意見であった。アスパラガスの収穫作業を複数名で作業している経営体では、このような工夫もなされていることが明らかになった。

南谷(1997)は、「カラダの疲れ」とは、作業や運動を続けているとき、エネルギー源の枯渇と疲労物質の蓄積により作業能率や運動能力が落ち、このとき目や筋肉などの機能変化や体内で何らかの生理変化が起こり、疲れたなと感じ、これ以上は無理だから休みたいという欲求が起きた状態であると述べている。長柄収穫ハサミを利用した生産者から従前の中腰姿勢での収穫では身体的負担から作業途中で背筋を伸ばしたりする小休憩をとるが、長柄収穫ハサミを利用した収穫では、小休憩をとる必要がないため継続して作業でき、収穫にかかる作業時間は中腰での収穫作業と変わらないとの意見が得られている。また、生産者によっては、長柄収穫ハサミを利用した収穫作業が中腰での収穫に比べて作業時間が短いとの意見もあり、これらの生産者における中腰作業では疲労により作業能率の低下が生じていることが窺われた。作業負担の程度は同一負荷でも個人差がある(石川, 1998)。本モニターテストにおいても生産者によって中腰での収穫作業による疲労度には個人差があり、作業能率の低下の程度にも個人差が生じていたと考えられるが、長柄収穫ハサミを継続して利用した生産者からは作業能率に対する不満の回答はなかった。このことおよび第5章第2節の作業能率の結果から、身体的負担の小さい間は長柄収穫ハサミを利用した収穫は中腰収穫に比べて作業能率が劣るが、作業時間が長く疲労が蓄積するほど、両作業方法の作業能率の差は小さくなる可能

性も考えられた。

山本ら(2005)は、新技術導入の決定要因について、酪農経営における基本給与技術の導入を事例に調査している。その中で、新技術導入の局面において、これまでの既存技術の体系を変えることへの不安感や抵抗感、わずらわしさは新技術選択行動に関する阻害要因となりうるものと考えられると述べている。さらに、新たな技術導入者を対象に技術導入に際し、最も阻害要因となった項目は経営条件である「労働時間増加」よりも技術条件である「技術操作」と「技術効果に対する不確実性」が阻害要因としての影響が強く、これらの技術条件の問題を解消すれば、既存の技術体系変更への不安感や抵抗感が減少することを報告している。本長柄収穫ハサミについても導入の阻害要因として、労働時間の増加が考えられる。しかし、長柄収穫ハサミを利用した生産者からは作業能率についての不満はなく、「技術操作」の習熟度向上により作業能率の問題は解消され则认为られる。また、長柄収穫ハサミを利用しなかった生産者からも足腰の負担軽減効果があり、楽に作業できるとの意見が得られていることから、本収穫ハサミについては「効果に関する不確実性」は導入の大きな阻害要因ではないと推察された。一方、長柄収穫ハサミを利用しなかった生産者から「若茎の長さ判別が難しい」や「操作が難しい」、「収穫できない若茎が多い」との操作性(作業性)に関する不満の意見が得られており、これらのことが要因で労働時間増加を意味する「作業能率が劣る」の意見に繋がったものと考えられる。すなわち、前述の操作性の要因を解消できれば、経営条件である労働時間増加(作業能率が劣る)の不安は解消されるものと考えられた。

しかしながら、本モニターテストにおいては、実際に長柄収穫ハサミを利用して操作性の確認した結果、操作が難しいとの理由から14名の生産者では継続利用に至らなかった。この要因として、本長柄収穫ハサミを利用した作業に慣れていないため操作が難しく、技術操作に対する不安がより顕在化し、阻害要因として働いた可能性が考えられた。山本ら(2005)は技術条件である操作方法に対する不安の解消として、操作方法や技術効果の確認が可能な現地実証が効果的であると述べている。本長柄収穫ハサミについてもモニターテストを通じて、現地実証を行った。しかし、本モニターテストの結果から操作技術が習熟するまでに利用を断念する事例も懸念されるため、本長柄収穫ハサミの操作に対する不安の解消には、現地実証と併せて短期間で習熟度を高める工夫が今後の課題である。安全性については「危険を感じ

た」との回答はなく、使用方法を遵守して使用する作業では、危険性が小さいことが示唆された。

## 要約

開発した長柄収穫ハサミについて、現地での評価を得るため、広島県内の慣行立茎のアスパラガス生産者 25 名を対象にモニターテストを実施し、継続利用した 11 名を対象にアンケート調査を、継続利用しなかった生産者 14 名を対象に聞き取りを行った。継続利用した生産者では、長柄収穫ハサミの重量については、「あまり気にならない」および「気にならない」との意見が 70%以上であり、1.5 kg は許容範囲の重量であることが窺えた。長柄収穫ハサミで採取できた若茎の割合は、55%の生産者が「90%以上」と回答し、作業能率についても「満足」および「やや満足」との回答であった。また、長柄収穫ハサミを「利用した」との回答があり、長柄収穫ハサミに対する評価が高かった。一方、継続利用しなかった生産者からは操作が難しく、長柄収穫ハサミで収穫できない若茎が多いため、作業能率が劣るとの意見であった。身体的負担の軽減効果については、継続利用した生産者および継続利用しなかった生産者ともに効果があることを認識していた。このことから、継続利用しなかった生産者では、操作が難しいことが長柄収穫ハサミの導入阻害要因であると考えられ、操作技術向上のための工夫が今後の課題である。

## 第7章 総括

アスパラガス(*Asparagus officinails* L.)は北海道から九州まで広く栽培されている主要な野菜品目の一つである。その収穫期間は作型によって異なるが、広く普及している長期どり栽培では春季の萌芽開始から低温によって萌芽が止まる秋季まで長期間に亘って収穫を行う。アスパラガスの収穫では、畝面に萌芽した若茎を一定の長さに達したのから順次、ハサミや鎌を用いて地際から切断するため、中腰姿勢を強いられている。さらに、立茎後の収穫では、畝上に光合成を担う母茎と収穫対象である若茎が混在し、垂下した側枝を避けながらの作業となるため、つらい中腰姿勢に拍車がかかっている。筆者が所属する広島県では、県の施策でアスパラガスの栽培を推進しているが、高齢化が進む産地では収穫作業のつらさから栽培を断念する事例もあり、アスパラガスの収穫作業の軽労化は喫緊の課題である。このような中、広島県立総合技術研究所農業技術センターでは、収穫作業の支障となる母茎の立茎位置と収穫する若茎の萌芽位置を分離できる母茎地際押し倒し法を考案している。本研究では、この栽培法をシーズとしてアスパラガス収穫作業の軽労化技術を確立するため、下記の研究に取り組んだ。

【第2章 母茎の立茎位置と若茎の萌芽位置を分離できる母茎地際押し倒し法の確立】まず、本法の課題であった収量低下について、その要因の一つとして畝間の群落内受光量の低下が考えられたことから、畝間の群落内積算日射量の測定と立茎後の母茎の株元方向への斜め誘引による受光態勢の改善を試みた。本栽培法において、作業通路を確保するため隣り合う2畝の母茎を向かい合わせに押し倒すと、慣行の立茎栽培に比べて畝間の母茎群落が混み合い、下位の相対積算日射量が低下した。アスパラガスの光合成を担う主要な器官は側枝に着生している擬葉であるが、形状が針葉樹に類似した針状であるため、擬葉面積を詳細に調査する方法が確立されていない。本実験においても擬葉面積を測定できなかったが、目視による比較では慣行栽培と母茎地際押し倒し法の茎長や茎葉の繁茂程度に差はみられなかった。これらのことから、母茎地際押し倒し法における収量低下は、隣り合う2畝の母茎を向かい合わせた畝間群落内の相対積算日射量の低下が収量低下の一因であると考えられた。改善策として、母茎を立茎後に株元方向へ斜めに誘引することで、畝間の群落内における相

対積算日射量が向上し、慣行と同等の収量が得られた。この結果から、母茎の株元方向への斜め誘引が畝間群落内の相対積算日射量および収量の低下抑制に有効であることが示されたが、畝間部の下位節の受光態勢の改善は不十分であり、寡日照条件で慣行立茎栽培に比べて収量への影響が懸念された。また、畝間部における防除の作業性が劣ることが課題として残された。

前述の課題の解決策として、第二に、擬葉展開開始時および擬葉展開完了時の母茎の斜め誘引および側枝の刈り込み処理を検討した。これらの時期に畝間の中央を中心として畝間の側枝を 30 cm の幅で刈り込むことにより、対照区(母茎地際押し倒し法で母茎の斜め誘引を行った区)に比べて畝間中央部の畝面の照度および積算日射量が増加した。7 月上旬および下旬には、慣行区に比べて対照区の収量が有意に低下し、母茎地際押し倒し法では寡日照条件で一時的に収量が低下することが明らかになった。一方、擬葉展開開始時刈り込み区では寡日照時であっても慣行区と同等の収量が得られた。これは擬葉展開開始時刈り込み区では側枝の刈り込み後に刈り込み時に伸長途中であった側枝の伸長が観察され、擬葉展開完了時刈り込み区に比べて刈り込み部の擬葉の着生数が多くなったためと推察された。また、母茎地際押し倒し法では畝間部における防除の作業性が劣る課題についても、側枝の刈り込み処理により畝間の移動や防除用噴霧ノズルを上下に振る作業が容易となり、防除作業の改善にも有効であった。なお、本実験では畝の配置が南北方向の圃場で実験を行っており、今後、畝の方向や気象の異なる地域での検証が必要である。

第三に、母茎地際押し倒し法が慣行の園芸用ハサミを利用した収穫の作業性に及ぼす影響について、現地の 70 歳代男性を被験者として調査した。Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) (Karhu et al., 1977) による作業姿勢評価の結果、母茎地際押し倒し法により、ただちに改善すべき姿勢である AC4 の姿勢の出現頻度が低減した。また、若茎の収穫に要する時間は母茎地際押し倒し法により 24%短縮され、作業能率の向上が認められ、さらに母茎群落内に潜り込む姿勢の出現頻度が慣行区に比べて大幅に減少した。母茎地際押し倒し法では、母茎とする若茎の押し倒し作業や茎葉管理に時間を要するため、年間の作業時間は 10 a 当たり 3~5 時間程度増加するが、長期間にわたり中腰を強いられる収穫について、日々の作業時間を短縮できること、不快感が大きく、中腰によるつらさに拍車をかけている母

茎群落内への潜り込み姿勢を大幅に減少できることからアスパラガスの収穫作業の改善に有効であると考えられた。一方で、母茎地際押し倒し法においても、慣行の園芸用ハサミを利用した収穫では、できるだけ早期に改善すべき姿勢とされる AC3 以上の姿勢が 60%以上を占めており、さらなる作業姿勢の改善が必要であることが示された。

【第 3 章 立ち姿勢での収穫を可能とする収穫器具の開発】収穫作業姿勢の飛躍的改善のため立ち姿勢で若茎を採取できる柄の長い電動式収穫ハサミ(以下、長柄収穫ハサミ)およびぬかるみでもスムーズな移動を可能とする大型車輪収穫台車を開発した。長柄収穫ハサミについては、まず、長柄収穫ハサミの重量による利き腕の負担軽減および操作性向上の観点から操作方式の検討を行い、片手操作の方が両手操作に比べて収穫の作業能率が高いことを示した。片手操作では長柄収穫ハサミのケーシング部(モーターや減速器を内蔵)を利き腕前腕に固定し、ケーシング部前部から上方に取り付けたグリップを握って操作する「上グリップ」方式において利き腕の主観的負担が小さかったことから、「上グリップ」方式を採用した。次に、立ち姿勢で収穫するための機構として、切断した若茎をハサミ刃後部へ収納でき、数本の若茎を連続して採取できる「ストック方式」およびハサミ刃直上に切断した若茎を把持できるつかみ部を装着し、ハサミ刃周辺がコンパクトな「つかみ方式」の 2 方式を試作した。両方式とも模擬収穫において、95%以上の成功率が得られ、立ち姿勢での収穫が可能であった。

第二に、長柄収穫ハサミの利用に適した収穫台車の開発を行った。アスパラガスの収穫に利用されている台車は 9 インチの車輪を装着したものが多いが、9 インチ車輪では水田転換圃場など、降雨後に通路がぬかるむ圃場において、車輪が埋まり込むため走行が困難となる課題がある。また、長柄収穫ハサミを利用して作業する場合、片手での台車操作が必要となる。そこで、ぬかるみでもスムーズに走行できる収穫台車の開発を目指し、12、14 および 16 インチの車輪について走行抵抗値を調査した。収穫作業時に収穫カゴが満杯になる積載荷重の場合、12、14 および 16 インチの車輪の平均走行抵抗値は 9 インチ車輪の約 35~50%に軽減された。また、本実験における最大段差 35 mm の乗り越えに望ましい車輪サイズは 14 インチ以上であり、コスト、作業性を考慮して 14 インチ車輪を装着した収穫台車を試作した。

【第 4 章 開発技術を組み合わせた収穫技術の作業性の検証】母茎地際押し倒し法で栽培した圃場において、男性 2 名を被験者として、ストック方式およびつかみ方式の長柄収穫ハ

サミ(以下、それぞれストック区およびつかみ区)および大型車輪収穫台車を利用した収穫の作業性について検証した。作業能率は慣行の中腰収穫に比べて、ストック区では同等から8%劣ったが、つかみ区では7%から17%の向上がみられた。作業姿勢については、両被験者とも中腰収穫に比べてAC3の姿勢が減少し、AC1の姿勢が概ね50%以上、AC1およびAC2の姿勢の合計が97%以上と作業姿勢が大幅に改善した。さらに、腰の主観的な疲労についても、疲労度を表す修正 Borg Scale が中腰収穫で8~9であったのに対し、ストック区およびつかみ区では3以下に軽減された。以上の結果から母茎地際押し倒し法、長柄収穫ハサミおよび大型車輪収穫台車を組み合わせた収穫技術は、作業姿勢の改善および腰を中心とした身体的負担の軽減に有効であることが示された。特に、つかみ区では慣行の中腰収穫に比べて作業能率も向上したことから、長柄収穫ハサミの立ち姿勢で若茎を収穫するための機構として、つかみ方式が有望であると考えられた。

【第5章 慣行立茎栽培への適用拡大】まず、慣行の立茎栽培においても長柄収穫ハサミを利用するため、立ち姿勢での収穫作業の支障となる側枝を上方へ誘引する側枝誘引を行ったところ、収量および品質については、ヒモおよびネットを用いた側枝誘引ともに慣行と同等であった。側枝誘引に要した時間では、ヒモを用いた誘引が省力的であった。第二に、長柄収穫ハサミを用いた収穫の作業能率には、側枝誘引の有無による差がみられなかったが、3名の男性被験者のうち2名では、収穫作業時の体幹部前傾角度が側枝誘引により減少した。また、被験者全員から側枝誘引により畝面の視認が容易になったとの意見が得られた。第三に、側枝誘引、長柄収穫ハサミ(つかみ方式)および大型車輪収穫台車の組み合わせた収穫(以下、立ち収穫区)の作業性について、立ち収穫区の作業能率は慣行の中腰収穫に比べて18%劣ったが、作業姿勢については、AC3以上の姿勢が慣行に比べて大きく減少する一方、AC2以下の姿勢が増加した。さらに、両被験者の腰の主観的な疲労度を表す修正 Borg Scale が慣行区と比べて、立ち収穫区では軽減した。以上の結果から、慣行の立茎栽培においても側枝誘引処理を行うことで、長柄収穫ハサミ(つかみ方式)を利用でき、作業性は低下するものの、中腰姿勢の軽減と労働者の身体的負担が軽減される改善策の一つとして有効であることが分かった。第四に、慣行立茎栽培において、長柄収穫ハサミを導入する際に、作業通路幅による作業能率に大きな差はみられなかったが、被験者から作業通路幅が40 cm以下



の区では若茎が見えにくいとの意見が出された。慣行の立茎栽培において、長柄収穫ハサミを利用する場合の作業通路幅は 60 cm 以上が望ましいと考えられた。

【第 6 章 現地評価】まず、開発した母茎地際押し倒し法および長柄収穫ハサミを組み合わせた収穫の作業能率および作業姿勢改善効果の検証を目的として、生産者圃場において、50 歳代女性生産者を被験者として現地評価を行った。長柄収穫ハサミを利用した収穫の作業能率は、春芽収穫および夏芽収穫ともに慣行の中腰収穫と同等であった。作業姿勢については、長柄収穫ハサミの利用により、作業姿勢の改善効果が確認された。また、当該生産者から腰の痛みが解消され、作業能率も問題ないとの意見が得られ、十分な実用性を有するものと考えられた。第二に、広島県内のアスパラガス生産者を対象に長柄収穫ハサミ(つかみ方式)のモニターテストを行った。長柄収穫ハサミを慣行の立茎方法でアスパラガスを栽培している 25 戸に貸し出し、概ね 1 か月以上継続して利用した 11 名を対象にアンケート調査を行った。長柄収穫ハサミの重量については、「あまり気にならない」および「気にならない」との意見が 70%以上を占め、許容範囲の重量であることが窺えた。作業能率については、長柄収穫ハサミで採取できる若茎の割合が「90%以上」との回答が 55%で、「60~70%」の回答も 18%あったが、作業能率が「不満」との意見はなかった。一方、継続利用しなかった生産者(14 名)からは操作が難しく、長柄収穫ハサミで収穫できない若茎が多いため、作業能率が劣るとの意見が出された。この要因として、作業に慣れるまで長柄収穫ハサミを利用しなかったため、長柄収穫ハサミを利用した作業の習熟度が十分でなく、作業性が劣ったことが考えられた。これらのことから、長柄収穫ハサミで収穫する若茎の割合を向上させ、作業能率に不満を抱くことなく作業するには、長柄収穫ハサミの操作や若茎の長さおよびハサミ刃を入れる向きなどの判断力を習得するため一定期間の訓練が必要であることが示された。長柄収穫ハサミの身体的負担軽減効果については、長柄収穫ハサミを継続利用しなかった生産者からも「効果がある」との回答が得られ、長柄収穫ハサミを継続利用した生産者とともに軽労効果を認識していることが明らかになった。長柄収穫ハサミを継続利用しなかった要因として、操作が難しく、作業に慣れるまで時間を要したことが考えられ、短期間での操作技術向上のための工夫が必要であることが明らかになった。

以上のように、開発した母茎地際押し倒し法、長柄収穫ハサミおよび大型車輪収穫台車を

組み合わせることで、収穫の作業能率の向上を図りつつ、腰を中心とした身体的負担が軽減される。また、慣行の立茎栽培において長柄収穫ハサミを利用すると作業能率が 18%程度劣るが、ヒモを用いて収穫の支障となる側枝を上方に誘引することで、作業時の前傾姿勢の軽減と身体的負担の軽減を図ることができる。さらに、50～70 歳代の生産者を対象とした長柄収穫ハサミのモニターテストにおいても、軽労効果および作業能率に満足との評価が得られており、本研究において開発した技術はアスパラガス収穫作業の実用的な軽労化技術として貢献できると考えられる。

広島県におけるアスパラガス生産では経営体(生産者)の高齢化により小規模個別経営体の生産が減少しており、今後、さらに小規模個別経営体が減少することが見込まれている(広島県, 2014)。このような中、広島県では圃場整備とあわせて大規模での法人経営体を育成し、大規模法人が核となる生産構造につなげることを目標としている(広島県, 2014)。一方、広島県の 2015 年の基幹的農業従事者の平均年齢は 71.5 歳で全国平均の 67.0 歳に比べて高い。また、基幹的農業従事者全体に占める 65 歳以上の割合も 80.1%と全国平均の 64.6% に比べて極めて高く(中国四国農政局統計部, 2016)、大規模法人におけるアスパラガスの収穫作業についても高齢者が担っている事例が多い。加藤(2003)は、農業分野の技術開発について、安全性の向上と軽労化が進めば、大規模経営でも高齢者の作業や補助作業が続くと述べている。本研究において開発した長柄収穫ハサミは、モニターテストで継続して利用した生産者から「危険を感じた」との回答はなく、安全性が高いと考えられる。また、軽労効果についても 90%の利用者から「とても楽になる」との回答が得られた。これらのことから、本長柄収穫ハサミは大規模経営体のアスパラガス栽培における高齢者の継続した収穫作業の参加に貢献できるものと考えられる。

開発した長柄収穫ハサミは 2012 年に商品名“アスパラーク”として製品化され、大型車輪収穫台車も受注生産で購入することができる。また、開発技術の普及に期するため生産現場での実演・紹介に取り組んできた。その中で、中腰姿勢が解消され、腰を中心とした身体的負担が軽減される効果については、第 6 章第 2 節で述べたとおり多くの生産者から概ね理解が得られているが、作業能率が劣るとの指摘もあった。本長柄収穫ハサミを利用している生産者からも長柄収穫ハサミの利用には慣れが必要で、使用開始時には若茎にハサミを入れる向きや若

茎の長さ判別が困難と感じたとの意見が出されている。このため、少しでも短期間で長柄収穫ハサミを効率良く利用できるよう作業のポイントをまとめた利用マニュアルを作成した。本マニュアルは広島県立総合技術研究所農業技術センターのホームページにおいて公開 (<http://www.pref.hiroshima.lg.jp/uploaded/attachment/174610.pdf>) し、技術の普及に努めている。開発したこれらの技術によって、アスパラガス収穫作業の軽労化に貢献できれば幸いである。

## 謝辞

本論文のとりまとめにあたり、九州大学大学院農学研究院 准教授 尾崎行生博士には、常に懇切丁寧なご指導とご助言および綿密なご校閲を賜った。本研究の一部は、農林水産省 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「課題番号 21063 アスパラガス収穫作業の「つらい姿勢をゼロ」とする軽労・省力化技術の開発」において実施し、尾崎行生博士には、外部有識者としても本研究の進捗にあたり、ご助言を賜り、本研究のとりまとめによる学位取得を勧めていただいた。心より感謝申し上げます。

また、九州大学大学院農学研究院 教授 望月俊宏博士、同生物環境利用推進センター 教授 吉田 敏博士、同農学研究院 若菜 章博士には、本論文の副査として貴重なご校閲を賜った。九州大学熱帯農学研究センター 准教授 宮島郁夫博士、同センター 准教授 江口 壽彦博士、同農学研究院 助教 酒井かおり博士、同農学研究院 助教 水ノ江雄輝博士には、大学在学中において、本研究の遂行およびとりまとめにあたり、親切丁寧なご指導を賜った。ここに謹んで深く感謝の意を表する。

九州大学大学院生物資源環境科学府博士課程ならびに広島県立総合技術研究所農業技術センター 川口岳芳主任研究員と九州大学大学院生物資源環境科学府 澤田倫平氏、伏原 肇氏には、同じ博士課程に在学し本論文のとりまとめや研究者としての心構えについて、ご指導とご助言を賜った。

本研究の遂行にあたり、元広島県立総合技術研究所農業技術センター栽培技術研究部 越智資泰氏(現広島県立農業技術大学校 教授)には、農林水産省 新たな農林政策を推進する実用技術開発事業への応募、取りまとめおよび成果の普及など、課題全般を通して、ご指導およびご助言を賜った。

元独立行政法人 農業・食品産業総合研究機構 中央農業総合研究センターの作業技術研究領域長 小林 恭氏(現 公益社団法人農林水産・食品産業技術振興協会)ならびに同センター 作業技術研究領域 主任研究員の菊池 豊博士(現国立研究開発法人 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)には、共同研究者として、主に作業性の分野でご支援、ご指導を賜った。金星大島工業株式会社の代表取締役 田中 亨

氏には、共同研究者として、主に長柄電動式収穫ハサミの試作・改良にご支援賜り、成果の販売を実現いただいた。また、本研究の推進にあたり、元専門プログラムオフィサーの澤村宣志氏には、研究の遂行にあたり、貴重なご助言を賜った。

現地実証にあたり、清水文治氏、女久美氏には、圃場の提供と調査にご協力いただいた。また、現地への普及に際して、広島県では西部・東部・北部農業技術指導所ならびに関係JAの方々、全国では北海道、長野県、茨城県、愛媛県、佐賀県および長崎県の関係機関の方々に多大なご協力を賜った。

広島県立総合技術研究所農業技術センター 新田浩通 センター長には、九州大学大学院への入学・在籍に当たり、寛大なご配慮と応援を賜った。同センター 平尾 晃 次長兼技術支援部長、前田光裕元栽培技術研究部長、栽培技術研究部長 石倉 聡博士、生産環境研究部長 梶原真二博士には、研究の遂行および論文とりまとめにおいて、ご指導とご助言を賜った。元広島県立総合技術研究所農業技術センター次長兼技術支援部長 今井俊治博士には、研究や技術開発に対する考え方や姿勢についてご助言と激励を賜った。同センター元管理課 中野敏朗氏、久保修三氏、大武 守氏を始めとする非常勤職員の方々には、圃場における栽培管理支援や実験準備にご支援を賜った。

本研究を遂行する過程でご指導およびご尽力を頂いたすべての広島県立総合技術研究所農業技術センターの職員ならびに関係機関の方々に心より感謝の意を表す。

元広島県立大学教授・元明治大学教授の故 早田保義博士には、研究のご指導はもとより、研究者としての道を勧めていただき、ご指導とご助言いただくとともに激励を賜った。また、元広島県立大学教授・九州大学名誉教授の故 箴島 豊博士には、研究の厳しさとメリハリの大切さをご指導いただき、激励を賜った。元広島文教女子大学教授 河塚 寛博士には、研究のご指導と激励を賜った。心よりお礼申し上げます。

最後に、大学院への進学および研究とりまとめを応援、支えてくれた家族に感謝する。

## Abstract

*Asparagus* (*Asparagus officinalis* L.) is one of the important crops in Japan. Maintaining mother stem cultivation is a widely used form of asparagus cultivation from Hokkaido to Kyushu, and harvest continues from spring to autumn in cropping form. Mother stems are allowed to grow to the fern stage after the harvest of young spears in spring. Farmers harvest the young spears, which grow up from the ground, using shears or a sickle with crouching posture (Katahira, 2004; Sakamoto et al., 2011).

Although, the cultivation of asparagus is promoted by the prefectural government in Hiroshima Prefecture, some of aged farmers have given up the cultivation due to the large physical burden, e.g., long hours of the crouching posture. Improvement of harvesting method is, therefore, necessary, and mother stem bending method was developed in Hiroshima Prefectural Technology Research Institute, Agricultural Technology Research Center. This is a method separating mother stems from the shoot sprouting area by bending of basal part of mother stems, so that farmers can find and harvest young spears easily. In this study, The author engaged in research on the labor reducing harvesting system as described below.

**【Chapter 2. Establishment of the mother stem bending method】** First, the author investigated the establishment of mother stems bending method without yield reduction. Low light interception, which was considered to be the cause of the decreased yield in this community, can be attributed to the fact that the bent mother stems are in close proximity to the stems in the adjoining ridge. Light interception increased when the mother stems were bent to the alleyways slanted mother stems with an angle of  $30^\circ$ . Although the spear yield in the revised mother stem training was similar (96%) to than in the control, the improvement of

the light interception in the revised mother stem training was insufficient. When there was insufficient sunshine, the yield with the mother bending method was lower than that of the control in consideration of the low light interception in the space between ridges.

Secondly, the author investigated the effects of trimming of the congested branches between ridges at beginning or end of phyllode development. When branches were trimmed in 30 cm width at the center line between ridges at the different stages, illumination and the relative amount of integrated solar radiation increased as compared with the mother stem bending method with slanting. The yields of young spears in July under the mother stem bending method with slanting were lower than those under the control. On the other hand, when branches were trimmed at the beginning of phyllode development, the yield of young spears was similar to that of the control even under insufficient sunshine. The branch continued to develop by the trimming at the beginning of phyllode development, so that more phyllode formation as compared to the trimming after phyllode development was recognized. It was found that the yield did not decrease when branches were trimmed at the beginning of phyllode development. The trimming branches between ridges resulted another positive effect in improving plant maintenance between ridges, which made walking and watering plants (which involved moving a rod with nozzles up and down) easier.

Thirdly, the effects of the mother bending method on harvest work efficiency and work posture were evaluated. A male farmer aged 70s harvested young spears with or without (control) the mother bending method. Harvesting postures were evaluated using the Ovako Working Posture Analysis System (OWAS). Severe postures classified as AC4, meaning the corrective measures immediately, considerably reduced with the mother bending method as compared to the control, and harvesting time became 24% shorter. The rate of the time with the crouching

postures in harvesting spears under the mother stems was decreased from 77% to 14%. These findings suggest that the mother stem bending method will improve harvesting circumstances. Further improvement of harvesting posture is needed, because the postures with AC3, requiring corrective measures as soon as possible, were observed with the value of more than 60% even with the mother stem bending method.

**【Chapter 3. Development of harvesting tools for standing harvest】** The author developed a long-shafted shears so that farmers can harvest young spears while standing, along with a large-wheeled cart that is used to carry the harvested young spears and can be easily maneuvered through muddy passages.

Firstly, shears operating procedures were investigated from the perspective of the burden on the user's dominant arm and easiness of the operation. The harvest efficiency of single-hand operation was higher than that of both-hands operation. In single-hand operation, the subjective physical burden of the upper-grip type, in which a case was attached to the dominant arm with a belt and the subject operated the long-shafted shears by a grip attached to the front of the case, was lower than that of a shaft-grip, in which the subject operated the long-shafted shears with a shaft type grip. The upper-grip type of shears was adopted based on this result. Grab type and stock type shears were compared their efficiency and burden for standing harvest. The grab type shears hold the spears with the grab grip when the spears are cut with the shears. The stock-type has a case for the store of harvested spears beside shears. In both types, the harvesting success rate reached more than 95% in simulated harvesting, and it was clarified that standing harvest was possible with the long-shafted shears.

Secondly, a large-wheeled cart was developed for carrying the harvested spears. Although carts with 9-inch (22.9 cm diameter) wheels are commonly used to carry the harvested spears, operation of these carts is difficult under the



muddy condition after rain. Carts used for standing harvesting should be easily operated with one hand, because the farmers use the long-shafted shears with their dominant arm. The author investigated the effect of wheel size (9-, 12-, 14- and 16-inch diameter wheels) on cart travel resistance allowing easy maneuvering through the muddy passages. The author thus developed a cart with 14-inch (35.6 cm diameter) wheels that requires less power to move than carts with 9-inch wheels. When the 5 kg load was in basket similar to being filled with spears, the average cart travel resistances of 12-, 14- and 16-inch wheels were 3.3 kgf, 2.3 kgf and 2.3 kgf, respectively. These values were approximately 35-50% of the average cart travel resistance of a cart with 9-inch wheels (6.7 kgf). The maximum cart travel resistances of 9-, 12-, 14- and 16-inch wheels were 10.9kgf, 5.4 kgf 4.5 kgf and 4.2 kgf, respectively. Cart travel resistances with 14 and 16-inch wheels were similarly lower than that with 12-inch wheels. In addition, it was found that the wheel size adapt to clear uneven terrain was found to be more than 12-inches. A cart with 14-inch wheels was, therefore, decided to be a trail product.

**【Chapter 4. Work efficiency verification of developed harvest technology】** The author investigated the harvest efficiency, harvest posture, and subjective burden with electric long-shafted shears (grab and stock types) and the large-wheeled cart along with the mother stem bending method. Two male subjects (subject A and B) harvested spears for 60 min. The harvest efficiency of the stock type was the same as that of the control in subject A. For the subject B, the efficiency of the stock type was 8% lower than that of the control. On the other hand, in subject A and B, the harvest efficiencies increased by 17% and 8%, respectively, with the grab type. The author evaluated the subjects' harvest postures using OWAS. For the subject A, the time of AC2 (corrective measures in the near future), AC3 and AC4 were 72%, 14%, and 6%, respectively, in the control. In

contrast, the values of AC3 and AC4 decreased by less than 1%, and that of AC1 (no corrective measures) increased by more than 55% with the grab and stock type shears. For the subject B, AC2 and AC3 accounted for 41% and 58% respectively, in the control, and the time of AC1 increased more than approximately 50% with the grab and stock types. The subjective physical burden on the subjects was evaluated using a modified Borg Scale after 60 min of harvesting. The subjective physical burden in subject A and B was 8 and 9, respectively, whereas subjective physical burden was less than 3 for both subjects using a grab or a stock type shears. These results suggest that the new harvest method (using the mother bending method, long-shafted shears, and a large-wheeled cart) was effective in improving harvesting posture and reducing the physical burden. Furthermore, harvesting using grab type shears was more efficient than control, and so the grab type is considered to be a promising machine for standing harvest.

**【Chapter 5. Extending the application of harvesting using long-shafted shears in a conventional cultivation method】** Firstly, improvement of branch training and evaluation of harvesting ability were attempted to respond to the request for using long-shafted shears in conventional cultivation filed. The author investigated the effects of training of branches with strings or net on the visibility, yield and quality of young spears. The yield and quality were similar to the control irrespective of branch training methods. Additionally, the author compared the working efficiency of training branches with strings and nets, and found that training with strings permits a reduction in working time as compared to the net training (21% of the work time on training with nets).

Secondly, the effect of branch training on harvest work efficiency and bending of the upper body of subjects (A, B and C) who used long-shafted shears were evaluated. No difference was found in harvest work efficiency among the branch

training methods. It was, however, observed that the bending angle of the upper bodies was decreased in subjects B and C when branch training with strings or nets was applied as compared to the control. Visibility of the spears, as assessed by all subjects, was improved by training branches with either strings or nets.

Thirdly, the author investigated the harvest efficiency, harvest posture, and subjective physical burden when long-shafted shears (grab type) and a large-wheeled cart were used under modified branch training methods (the new standing harvest method). Two male subjects (A and B) harvested spears for 60 min with the new standing harvest method and traditional method (control). The harvest efficiency of the new standing harvest method was 18% lower than that of the control. The author also evaluated the harvest posture using OWAS. For the subject A, the frequency of postures classified as AC3 or AC4 decreased from 20% (control) to 2% with the new standing harvest method. Furthermore, the frequency of AC1 postures increased from 9% (control) to 57% with the new standing harvest method. For the subject B, the frequency of postures classified as AC3 or AC4 decreased from 58% (control) to 3% with the new standing harvest method, and the frequencies of AC1 and AC2 increased from 1% to 27% and from 41% to 70%, respectively, with the new standing harvest method. Overall, unfavorable postures during harvest were reduced by the new standing harvest method. The subjective physical burden on the subjects was evaluated using a modified Borg Scale after 60 min of harvesting with either the new standing harvest method or conventional methods. The subjective physical burdens on both subjects were highest (>8) at the waist in the control, whereas the scores were lower than 3 in the new standing harvest method. Furthermore, in subject B, the subjective physical burden decreased in many body parts such as neck and back with the new standing harvest method. These results suggest that this method is effective in improving posture and reducing the physical burden on farmers in

harvesting asparagus in maintaining mother stem cultivation although efficiency with new standing harvest method was reduced by 18% as compared to the control.

Fourthly, the working passage width for the improvement in harvesting posture was examined. Three male subjects (A, B and C) harvested spears with 5 degrees of passage widths (10, 20, 40, 60, and 80 cm). For the subject C, harvesting efficiency was slightly lower with in the 10 cm passage width, and there was no difference found in harvest work efficiency under the other passage widths. The bending angle of the upper body increased with 10 and 20 cm passage width in all subjects, and AC3 increased to more than 50% with 10 and 20 cm passage width in the subject C. In contrast, all subjects could harvest without difficulty or problems under passage width was 60 cm or more, but they felt difficulty of the visibility of young spears with 40 cm or lower passage width. From these results, a passage width of 60 cm or more was considered preferable for harvesting using long-shafted shears.

**【Chapter 6. Verification in product field】** First, verification in product field was conducted to evaluate the improvements in harvesting posture and harvesting efficiency. A female subject harvested spears with and without the mother stem bending method and long-shafted shears.

The efficiency of spring and summer harvests using the mother stem bending method and long-shafted shears was similar to that of conventional harvesting method (control). The frequency of AC3 postures decreased to less than 2% using long-shafted shears. In addition, this subject felt that the pain in her waist was alleviated and that there were no problems in harvesting efficiency.

Secondly, a questionnaire survey concerning the long-shafted shears (grab type) was conducted with asparagus farmers in Hiroshima Prefecture. The long-shafted shears were lent to 25 farmers who cultivated asparagus in conventional

methods, and the questionnaire survey was conducted with the 11 farmers who used the long-shafted shears for more than approximately one month.

More than 70% farmers responded 'not very noticeable' or 'not noticeable' about the weight of the long-shafted shears. This result meant that the weight of the long-shafted shears (1.5 kg) was within an acceptable range. As for the rate of the spears that could be harvested with long-shafted shears, 'more than 90%' and '60-70%' accounted for 55% and 18%, respectively, of the responses, but no respondents expressed dissatisfaction with harvesting efficiency. However, the opinion that 'harvesting efficiency was decreased because a large number of spears could not be harvested with long-shafted shears' was obtained from the 14 farmers who gave up use the long-shafted shears. The reason was estimated that their proficiency level was inadequate because they did not use the long-shafted shears enough to make full use of them. Consequently, it was concluded that exercise is necessary to harvest smoothly. Finally, 'positive impressions' of reducing physical burden were also obtained from farmers who gave up to use the long-shafted shears, so that exercise to improve farmers' proficiency in a short period should be established for the extension of the system.

The author wish the farmers to introduce these effective technique for improving farmers' harvesting posture and reducing the physical burden of harvesting asparagus for the fundamentals of stable production of asparagus.

## 引用文献

- 安彦鉄平・村田 伸・山崎康平・小松直正・米山智彦・窓馬勝之. 2014. 運搬方法が歩行パラメータに与える影響. 理学療法科学. 29: 147 - 149.
- Borg, G.A.V. 1982. Psychophysical bases of perceived exertion. Med. Sci. Sports Exercise. 14: 377 - 381.
- Chen, Y. W. and R. T. Jean. 1964. An experiment on the methods of maintaining and renewing the mother stalks in green asparagus. Bull. Tainan District Agricultural Improvement Station 9: 8 - 12.
- Culpepper, C. W. and H. H. Moon. 1939. Effect of temperature upon the rate of elongation of the stems of asparagus grown under field conditions. Plant. Physiol. 14: 225 - 270.
- 中国四国農政局統計部. 2016. 2105 年農林業センサスでみた中国四国地域の農業構造. 中国四国農政局. 岡山県.
- 遠藤良太・石川敏雄. 1994. 複層林における光環境の測定法—色素フィルムを用いた簡易積算全天日射計と照度計の比較—. 日本林学会論文集. 105: 437 - 438
- 羽石重忠・石原良行. 2005. トマト促成栽培におけるハイワイヤー整枝法の特性. 栃木県農業試験場研究報告. 55: 15 - 26.
- 林 清忠・菊池昌彦・高橋 徹. 2004. 軽労化農作業体系の簡易評価法-「質調整作業時間」の提案. 農業経営研究. 42: 31 - 34.
- 日笠裕治・鎌田賢一. 1994. アスパラガスの周年的養分吸収特性. 日本土壌肥科学雑誌. 65: 34 - 40.
- 日笠裕治・鎌田賢一. 1996. アスパラガスの生育および生産性に及ぼす収穫期間の影響. 北海道立農業試験場集報. 70: 1 - 8.
- 広島県. 2014. 2020 広島県農林水産業チャレンジプラン アクションプログラム平成 27 年度～29 年度. 広島県.
- 広島県園芸振興協会. 2016. 平成 28 年産野菜振興推進計画. 広島県.
- 広島県における 6 次産業化促進に向けた技術開発構想検討チーム(一般財団法人ひろぎん経済研究所, 広島大学, 県立広島大学, 広島県). 2014. 広島県北部・東部地域における農産物の 6 次産業化促進に向けた技術開発構想～産学官ワークショップによる広域連携～(農林水産省補助事

- 業 平成 23 年度 6 次産業総合推進事業 6 次産業化促進技術対策事業). 実施主体:一般財団法人ひろぎん経済研究所.
- 広島県農林水産局. 2012. 集落法人アスパラガス栽培の手引き. 広島県.
- 広島県農林水産局. 2015. 農業経営指標. 広島県.
- 広島県農政部. 1997. 農業経営指標. p. 194 - 197. 広島県.
- 広島県立農業技術センター. 2006. 立ち姿勢での収穫を目指すアスパラガスの母茎誘引法. 広島県立農業技術センター平成 18 年度研究成果情報. p. 56 - 57. 広島県.
- 広島県野菜振興協会. 1997. 広島県青果物標準出荷規格. p. 45. 広島県.
- 市川 誠. 1995. 車輪移動機構の ABC(第 2 回)車輪移動機構の走行力学. 日本ロボット学会誌. 13: 213 - 218.
- 池内隆夫. 1998. 暖地ハウス半促成長期どり栽培. p. 基 267 - 273. 農業技術大系野菜編 8 (2). タマネギアスパラガス. 農文協. 東京.
- 井出宜弘. 2001. 電動畝間作業:EV-X. 農業機械学会誌. 63: 21 - 23.
- 稲垣 昇・津田和久・前川 進・寺分元一. 1989. アスパラガスの光合成に及ぼす光強度, CO<sub>2</sub>濃度および温度の影響. 園芸学会誌. 58: 369 - 376.
- 井上勝広. 1996. 半促成長期どりアスパラガスの養分動態. 長崎県総合農林試験場研究報告. 23: 31 - 44.
- 井上勝広・居村正博・尾崎行生. 2008a. アスパラガスの半促成長期どり栽培の収量に及ぼす摘心と下枝除去の位置の影響. 園芸学研究. 7: 87 - 90.
- 井上勝広・重松 武・尾崎行生. 2007. アスパラガスの半促成長期どり栽培の収量に及ぼす立茎開始時期と親茎の太さの影響. 園芸学研究. 6: 547 - 551.
- 井上勝広・重松 武・尾崎行生. 2008b. アスパラガスの半促成長期どり栽培の収量に及ぼす地上茎の誘引と二次分枝の除去期間の影響. 園芸学研究. 7: 91 - 95.
- 井上恵子・北島伸之・佐藤公洋. 2012. イチゴひな壇 2 段高設栽培における栽培槽の配置が作業性と収量・品質に及ぼす影響. 福岡県農業総合試験場研究報告. 31: 21 - 26.
- 石川文武. 1998. 人体の計測とその応用 I 外的負荷をうけた生体反応の計測と評価. 農業機械学会誌. 60: 83 - 94.

- 磯田昭弘・吉村登雄・石川敏雄. 1990. 簡易積算日射計フィルムによるイネ群落の受光態勢の解析. 千葉大学園芸学部学術報告. 43: 39-43.
- Isoda A., T. Yoshimura and T. Ishikawa. 1994. Solar Radiation Penetration and Distribution in Soybean Communities. Japan. J. Crop Sci. 63: 298 - 304.
- 伊藤悌右・今中義彦・長谷川繁樹・船越建明. 1994. 西南暖地におけるグリーンアスパラガスの栽培に関する研究. 第 1 報 収穫と株養成を平行させる母茎留茎栽培の収量性について. 広島県立農業技術センター研究報告. 60: 35 - 45.
- 地子 立. 生長と栽培管理 1 北海道. アスパラガスの生理生態と生産事例 農耕と園芸編集部編. p. 36-41. 誠文堂新光社. 東京.
- 地子 立・午来 博・門傳千香子・荒木 肇. 2012. 北海道オホーツク地域のアスパラガス伏せ込み促成栽培における 10 月掘り 1 年生株の若茎収量. 園芸学研究. 11: 491 - 495.
- 地子 立・植野玲一郎・坂森敏宣・中野雅章. 2006. グリーンアスパラガスのハウス立茎栽培における若茎株立基本数と品種特性. 北海道立農業試験場週報. 90: 55 - 59.
- Karhu, O., P. Kansil and I. Kuorinka. 1977. Correcting working postures in industry : A practical method for analysis. Appl. Ergon. 8: 199 - 201.
- 片平光彦. 2004. アスパラガス収穫台車の開発. 機械化農業. 12 月号: 12-15. (株)新農林社. 東京.
- 加藤克明. 2003. 農業・農村の高齢化の動向と技術開発に関わる課題. 農作業研究. 38: 241 - 246.
- 菊池 豊. 2010. 農作業における作業負荷. 農業機械学会誌. 72: 100 - 103.
- 金 永植・崎山亮三. 1989. アスパラガス若茎の伸長生長に及ぼす気温の影響と若茎重の推定. 園芸学会雑誌. 58: 155 - 160.
- 小林 恭・田中 亨・坂本隆行・越智資泰・菊池 豊. 2010. 作業性評価に基づく電動式アスパラ収穫ハサミのグリップ形状. 農作業研究. 45(別 1). 97-98.
- 小泉丈晴・山崎博子・大和陽一・濱野 恵・高橋邦芳・三浦周行. 2002. アスパラガス促成栽培における若茎の生育に及ぼす品種, 低音遭遇量, 株養成年数および性別の影響. 園芸学研究. 1: 205 - 208.
- 小泉丈晴・剣持伊佐男・町田安雄. 2003. アスパラガス 1 年生株の生育と促成栽培での収量・品質の雌雄間差異. 園芸学研究. 2: 275 - 278.



- 厚生労働省. 2015. 健康日本 21 (第二次) 分析評価事業-国民健康-栄養調査-身体状況調査 (平成 27 年). [http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/kenkou/kenkounippon21/eiyouchousa/kekka\\_shintai\\_chousa\\_nendo.html](http://www.mhlw.go.jp/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/kenkounippon21/eiyouchousa/kekka_shintai_chousa_nendo.html)
- 厚生労働省労働基準局. 2013. 職場における腰痛予防対策指針.
- Louhevaara, V. and T. Suomakki. 1922. OWAS: a method for the evaluation of postural load during work. Finnish Institute for Occupational Health, Helsinki, Finland.
- 前川寛之・桐山晴美・黒住 徹. 2000. 農作業の軽作業化に関する人間工学的研究. イチゴ栽培における栽培面の高さと作業姿勢について. 奈良県農業試験場研究報告. 31: 1-8.
- 宮城県. 2006. 作業環境改善. みやぎの野菜指導指針. p. 320-329. 宮城県.
- McAtamney, L., Corlett, E. N. 1993. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl. Ergon.* 24: 91-99.
- 南谷晴之. 1997. 疲労とストレス. バイオメカニズム学会誌. 21: 58-64.
- 宮寄朋浩・片岡正登. 2004. イチゴ栽培システムにおける作業姿勢に基づく農作業の労働負荷測定および評価法の確立. 長崎県総合農林試験場報告. 30: 29-39.
- 水上宏二・小田原孝治. 2007. アスパラガス半促成長期どり栽培における収量および夏秋芽緑着色向上のための整枝法. 福岡県農業総合試験場研究報告. 26: 89-92.
- 元木 悟. 2003. アスパラガスの作業便利帳. 農文協. 東京.
- 元木 悟・上杉壽和・小澤智美・小松和彦・小口伴二・塚田元尚. 2004. アスパラガスの長期どり栽培における立茎方法および立茎本数が収量に及ぼす影響. 長野県野菜花き試験場報告. 12: 19-29.
- 農林水産省. 2014. 平成 26 年産野菜生産出荷統計. [http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou\\_yasai/index.html](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_yasai/index.html)
- 農林水産省中国四国農政局広島農政事務所. 2009a. 平成 19~20 年広島農林水産統計年報. p. 62-63.
- 農林水産省中国四国農政局広島農政事務所. 2009b. 平成 19~20 年広島農林水産統計年報. p. 86.
- 農林水産省大臣官房情報課. 2003. 平成 15 年度. 食料・農林水産業・農山漁村に関する意向調査.
- Nwe, Y. Y., S. Toyama, M. Akagawa, M. Yamada, K. Sotta, T. Tanzawa, C. Kikuchi and I. Ogiwara. 2012. Workload assessment with ovako working posture analysis system (OWAS) in Japanese vineyards with focus

- on pruning and berry thinning operations. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 81: 320 - 326.
- 小木曾秀紀・酒井浩晃・藤永真史・松本悦夫. 2012. 大型バーナーを利用した畝面焼却によるアスパラガス茎枯病の防除. 関東東山病害虫研究会報. 59: 39-42.
- 大串和義. 1998a. 茎葉整理のねらいと方法. p. 基 191 - 194. 農業技術体系野菜編. 8 (2). タマネギ アスパラガス. 農文協. 東京.
- 大串和義. 1998b. 若茎の生育異常. p. 基 229 - 233. 農業技術体系野菜編. 8 (2). タマネギ アスパラガス. 農文協. 東京.
- 大友功一・岸本 正. 1999. アスパラガス接触センサの研究. 農業機械学会誌. 61: 191 - 195.
- 佐野太郎・西本登志・堀川大輔・後藤公美・穴戸拓樹・安川人央・皆巳大輔. 2014. アスパラガスの高設栽培の検討. 奈良県農業総合センター研究報告. 45: 10 - 13.
- 酒井泰文・伊藤悌右・田中昭夫. 1992. アスパラガス茎枯病の耕種的防除法. 広島県立農業技術センター研究報告. 55: 109-119.
- 坂本隆行. 2011. 自然な立ち姿でアスパラガス収穫作業を軽労化する技術. 機械化農業. 12月号: 14 - 18. (株)新農林社. 東京.
- 坂本隆行. 2012. アスパラガス収穫作業の「つらい姿勢をゼロ」とする軽労・省力化技術の開発. 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業研究紹介 2012. p. 基 7 - 8. 農林水産省農林水産技術会議事務局研究推進課. 東京.
- 坂本隆行・越智資泰・田中昭夫・今井俊治. 2012. アスパラガスの若茎の誘引方法およびそれに用いる誘引具. 特許第 4941930.
- 坂本隆行・越智資泰・田中昭夫・今井俊治. 2011. アスパラガス全期立茎栽培における“母茎地際押し倒し法”が収量と収穫作業性に及ぼす影響. 園芸学研究. 10: 375 - 382.
- 瀬尾明彦. 2001. Ovako Working Analysis System software JOWAS ver. 0.9. 産業保険と人間工学のホームページ. <http://homepage2.nifty.com/aseo/>
- Seo, A. 2001. <http://homepage2.nifty.com/aseo/jowas.htm>
- 重松 武. 1998. 立茎の判断と方法. p. 基 161 - 163. 農業技術体系野菜編. 8 (2). タマネギ アスパラガス. 東京.
- 重松 武. 2012. レベルアップのアスパラガス栽培. 農文協. 東京.

- 清水 佑・松永邦則・浦上敦子・拓植一希・山口貴之・元木 悟. 2016. 新たに開発したホーラーがアスパラガスの定植における作業性に及ぼす影響. 農作業研究. 1: 11-21.
- 菅間 敦. 2014. 操作力データの身体負荷推定への適用とそのデータハンドリング. 首都大学東京大学院システムデザイン研究科学位論文.
- 社団法人人間生活工学研究センター. 2003. 高齢者対応基盤整備データベース[高齢者向け生産現場設計のためのガイドライン]. 社団法人人間工学研究センター. 東京.
- 橋 昌司. 1998. 園芸作物の根系. 根の事典. 179-181. 朝倉書店. 東京.
- 田口喜祥・入江直樹・堀江貴雄・片岡正登・内田善朗・近藤 直. 2008. 全自動収穫ロボットシステムの開発. 長崎県工業技術センター研究報告. 38: 6-9.
- 高橋行継・吉田智彦. 2006. 群馬県稲作農家の低コスト・省力化技術導入に対する評価と意識及び普及に関する調査. 日本作物学会紀事. 75:542-549.
- 田中昭夫. 2004. 中北部地帯におけるハウスアスパラガスの太茎多収穫技術. 広島県立農業技術センター研究報告. 76: 69-74.
- 田中昭夫. 2008. 集落法人によるアスパラガス栽培への取り組み. 施設と園芸. 143: 28.
- 富田 晃・新谷勝広・渡辺晃樹・猪股雅人. 2008. オウトウ垣根仕立ての収量に及ぼす栽植密度と結果枝構成の影響. 園芸学研究. 7: 97-101.
- 富田正彦. 1974. 大区画水田転換畑における排水不良の実証的研究. 農業土木学会論文集. 54:97-101.
- 富田正彦・丸山利輔. 1974. 転換畑作における農業土木的問題点の調査研究. 農業土木学会論文集. 54: 32-42.
- 渡邊慎一・中野有加・岡野邦夫. 2001. 積算日射計測フィルムを用いた果菜類の個葉受光量の簡易測定. 生物環境調節. 39: 121-125.
- 八鍬利郎・原田 隆・高橋義雄・田村春人・秋南栄一・多賀辰義・山谷吉蔵・佐藤滋樹・山吹一芳・山川 潔. 1982. アスパラガスの性状に関する研究:(第2報)3年生及び6年生株の根系について. 北海道大学農学部邦文紀要. 13: 102-108.
- 八鍬利郎・原田 隆・高橋義雄・田村春人・秋南栄一・山谷吉蔵・大矢根敏夫・佐藤滋樹・皆川裕一・山川 潔. 1982. アスパラガスの性状に関する研究:(第3報)ソイル・ブロック分割法による12年生

- 株の根系調査. 北海道大学農学部邦文紀要. 13: 433-440.
- 山田 寿・板野阿貴子・天野勝司. 2004. リンゴ‘玉林’における果実の受光量と果実温度およびソルビトール, 早期みつ症との関係. 園芸学会雑誌. 3: 91-95.
- 山口貴之・山田 修. 2010. 年内どりを目指すアスパラガス伏せ込み促成栽培の最適な根株掘り取り時期. 農耕と園芸. 65: 116-119.
- 山口貴之. 2015. 伏込み促成栽培. p. 基 275 - 279. 農業技術体系野菜編. 8 (2). タマネギ アスパラガス. 農文協. 東京.
- 山本和博・沖本 宏・松下秀介. 2005. 新技術導入の決定要因と技術普及に関する動学的経営分析—酪農経営における基本給与技術の導入を事例に—. 農業経営研究. 43: 1-11.
- 吉村登雄・小宮山桂・石川敏雄. 1989. 簡易積算日射計. 太陽エネルギー. 15: 47-53.

本論文は、2017年に九州大学から授与された博士（農学）の学位論文を基に編集したものである。また、関係学会より論文の転載許可を得ていることを付記する。

---

---

広島県立総合技術研究所農業技術センター研究報告 第101号

令和6年4月 発行

編集  
発行 広島県立総合技術研究所農業技術センター  
〒739-0151 広島県東広島市八本松町町原 6869  
Tel (082)429-0522

---

---

BULLETIN  
OF  
THE HIROSHIMA PREFECTURAL TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE  
AGRICULTURAL TECHNOLOGY RESEARCH CENTER  
NO. 101

---

CONTENTS

Studies on Reducing Harvest Burden of Asparagus (*Asparagus officinalis* L.)

Takayuki SAKAMOTO

---

Hiroshima Prefectural Technology Research Institute  
Agricultural Technology Research Center  
(Higashihiroshima, Hiroshima Prefecture, 739-0151 Japan)  
April 2024