

野菜生産における地域特性を考慮した農業機械・施設の 開発・利用に関する研究

—— 稲跡野菜作と平張型傾斜ハウス生産を中心に ——

長崎裕司*・野中瑞生・川嶋浩樹**・岡崎紘一郎***
宮崎昌宏****・的場和弘*****・田中宏明・角川 修

Key words : vegetable cropping after rice cropping, machine transplanting, cell raised seedlings, planting accuracy, flat-roof sloping greenhouse, contour line cultivation, monorail type sprayer, labor-saving

目 次

I 序 論	130	2 開発した簡易移植機の概要と 試験方法	144
1 四国農業の特徴	130	3 試験結果および考察	146
2 既往の研究と問題点	131	4 摘 要	146
3 研究の目的と範囲	133	V 平張型傾斜ハウスの施工技術	146
4 研究の意義	133	1 緒 言	146
II 稲跡野菜作への移植機導入のための 耕うん技術	134	2 平張型傾斜ハウス開発の経緯	147
1 緒 言	134	3 使用した主な材料	148
2 供試機と試験方法	134	4 施 工	149
3 試験結果および考察	136	5 摘 要	151
4 摘 要	139	VI 平張型傾斜ハウスの構造要素と 骨組みの強度	151
III 機械定植に適合した畝および セル成型苗条件	140	1 緒 言	151
1 緒 言	140	2 試験方法	152
2 供試機と試験方法	140	3 試験結果および考察	153
3 試験結果および考察	141	4 摘 要	155
4 摘 要	144	VII 薬剤散布作業の軽労化技術	156
IV 軽作業化に有効な簡易移植機の開発	144	1 緒 言	156
1 緒 言	144	2 レール式薬剤散布機の仕様と特長	156
		3 試験方法	157

(平成16年10月4日受理)

傾斜地基盤部

*現農林水産技術会議事務局

**現野菜茶業研究所

***現(社)全国農業改良普及支援協会

****現中央農業総合研究センター

*****現畜産草地研究所

4 試験結果および考察	158
5 摘 要	159
VIII 平張型傾斜ハウスにおける快適・ 軽労化技術	160
1 緒 言	160
2 調査および試験方法	160
3 試験結果および考察	162
4 摘 要	165

I 序 論

日本の野菜生産は、1960年代初頭は農業総産出額の1割を占めるに過ぎなかったものが、2000年には約4分の1を占めるに至っている。しかし、栽培面積は1990年代に入り急激な減少に転じ、輸入野菜の増加、労働生産性の伸び悩みおよび労働力の高齢・女性化により、収益性が低下していることから、持続的生産が困難になりつつある。

一方で、1999年に制定された食料・農業・農村基本法の中では、食料の安定供給、農業の多面的機能の発揮と持続的発展、農村の振興に関する施策が示されている。例えば、中山間地域等の振興策では「中山間地域等において、その地域の特性に応じて、新規作物の導入、地域特産物の生産、販売等を通じた農業その他の産業の振興による就業機会の増大、生活環境の整備による定住の促進等を推進」があげられている。このような施策に対応した農業技術開発研究の重要度が増してきている。

そこで、本研究では地域特性を考慮した農業機械・施設の研究を行い、作業技術的な視点で日本独自の野菜生産方式を確立するための要素技術開発をねらいとした。

具体的には日本農業の多様性の縮図とされる四国地域において、傾斜地農業および特産の野菜生産に重点をおき、省力・軽作業化の観点で研究を進めてきた。

1 四国農業の特徴

前述したように地域特性を考慮した研究を行う対象として、四国地域をとりあげた。まず、背景として四国農業の特徴について論ずる。

IX 総 括	165
1 稲跡野菜作の機械定植技術	165
2 傾斜畑に適合した施設および軽労化 作業技術	165
3 結 言	166
謝 辞	166
引用文献	166
Summary	170

農作物作付（栽培）面積では、四国地域は15万haと全国（449万ha）の約3%を占めるに過ぎない⁴⁵⁾。しかし、高速道路網の整備により大消費地である京阪神地域との連携が強まりつつあり、多様な需要に対応できる付加価値の高い生鮮農産物の供給が期待されている。気象条件は、瀬戸内海と太平洋に囲まれ、中央部に1,500m前後の急峻な山地が横たわっていることから、温暖・寡雨から多雨、さらに山間部の冷涼・多雨地帯まで多様である。

このような条件から、園芸作に限定しても、香川平野のレタス、タマネギ等の水田裏作野菜、高知平野の大規模施設園芸、愛媛沿岸傾斜畑でのカンキツ、徳島平野のサツマイモ、ダイコン等の砂地畑野菜、および徳島、高知山間部の小規模傾斜野菜畑地帯など、地域の土地・気象特性に応じた多様な農業生産が行われている。

1995年農業センサスによると、四国地域の農地では水田が62.9%、畑地が11.0%、樹園地が26.1%であり、勾配が3度以上の傾斜水田率は14.2%と全国の11.2%と同程度である一方で、15度以上の急傾斜畑率（樹園地も含む）は51.1%（全国同7.8%）と極めて高く、畑作を中心とした傾斜地利用が特徴である。増淵は、当時の四国農業の現状を社会経済的条件、土地基盤条件について整理し、問題点を明らかにするとともに、傾斜地農業の新たな動向と再編課題を提案している²⁴⁾。

この中で、①平野部の集約園芸地域が高い収益を維持している一方で、山間部は一戸当たりの生産農業所得が500千円未満の町村が大半を占め、さらには過疎化、高齢化や耕作放棄の増大という問題を抱えている。②平野部についても香川県のように兼業が深化し、担い手の女性化により作業の軽作業化が喫

緊の課題となっている。③逆に、山間部については高標高や夏の冷涼な気象条件等を活用した野菜や花、地域特産果樹等の新たな産地形成に成功した事例がある、としている。

なお、全国的にみても耕地の約30%は傾斜地であり、特に西南日本に広く分布している。中国地域は河川が形成したU字谷の兩岸のなだらかな傾斜面に沿って田畑が発達しているのに対し、四国地域ではV字谷周辺の山腹の限られた面積に、水利条件に応じて棚田、傾斜段畑が切り開かれている。

2 既往の研究と問題点

四国農業は上述したように傾斜地利用と特産野菜作に特徴がある。ここでは、作業技術に関わる研究について、既往の研究事例および問題点を示す。

1) 傾斜地農業関連研究

傾斜地農業研究は、近年労働強度軽減や生産物の高付加価値化に関わる技術研究の成果があがっており^{4,20,50)}、国際的にもカンキツ作での快適省力・高品質生産システム⁵⁹⁾が紹介されるなど、先進・特異的な取り組みがなされてきた。また、四国農業試験場の研究基本計画でも、農業をはじめとする一次産業に依存する割合の高い四国地域では、傾斜地農業をはじめとした多様な農業生産に対応した研究が必要とされている⁵⁴⁾。

傾斜地農業研究では、従来土壌保全に関する研究が主流であった。腐食含量が少なく理化学性の劣る褐色森林土が大部分を占める傾斜畑は、常に干ばつと土壌浸食の危険にさらされていることから、牧草帯や等高線畝、間作や敷きわらの対策が土壌侵食防止に有効であるとしている^{7,8,21)}。しかし、敷きわら作業は多労であり、わら、かや等の入手が困難であることなどから近年あまり行われなくなっており、耕うん方法および土壌物理性の改善による対策を講ずる必要がある。

傾斜畑の耕うんに関する研究は1960年代に徳島農試や四国農試で行われ、歩行形トラクタを利用した耕うん・揚土作業機が開発された^{14,25)}。耕土を傾斜上方へ動かす揚土作業ではユニバーサルロータの実用化に成功し、段軸り耕法、ドラムロータ耕うん法、単軸式ティラリ耕法等の成果をあげた。しかし、いずれの耕うん法も作業精度を維持するには、作業者

の腕力に依存せざるを得ないことから作業負担が大きく、昨今の労働力の質の低下、高齢化を考慮すると今後も行い続けることは困難である。また、ドラムロータ耕うん等の攪拌耕では前作物残さのすき込みが不十分になりやすく、表層土の碎土しすぎにより土壌浸食が助長される問題が解決されていない。

世界的には、乾燥地農業において過度の耕うんにより土壌構造が破壊され、土壌水分の欠乏や侵食が発生する問題を解決するため、1980年代に作物残さのマルチを含めたミニマムティレージによる耕うん・播種法が提案されている⁵¹⁾。日本においてもロータリ耕うんの多用により耕深が浅くなり、土壌環境の悪化が指摘されており、超深耕から不耕起または反転から攪拌までの複雑な組み合わせ諸方式の中から、気象・土壌・作物の特性に応じた合理的なティレージシステムを開発する必要が指摘されている⁵⁵⁾。

ミニマムティレージに類した国内の研究として、中型乗用トラクタ(35kW)に装着した振動式サブソイラによる心土破碎を傾斜8度の傾斜畑で行い、降雨水の地表流出を減らし、土壌中への浸入を増大させた試験実施例がある²⁷⁾。また、沖縄のサトウキビ畑において振動式全層破碎機の土層破碎を行うことで、土壌の浸透性が向上し土砂流出が軽減したことが確認されている⁶²⁾。このように心土破碎等による土壌物理性改善により、表面流出水量を減らし、土壌侵食を抑制しながら作物の生産性向上を図る手法は有効である。

一方で乗用トラクタによる傾斜地作業は、①機械の転倒、暴走の危険性が高く、②すべり、負荷が大きく作業所要動力の増大を招き、③操作性の低下によりハンドルおよび作業機の位置等を常時調整する必要があるため、運転者への作業負担が増すとともに、作業精度が低下し、④作業能率の低下、燃料消費量の増大が避けられず、⑤耐久性が落ち故障し易い等の問題点を抱えている。平地用の作業機をそのまま傾斜地で使うには適応性が低いので、傾斜地用の作業機の開発が必要であるとされている²⁵⁾。また、利用限界は概ね傾斜15度以下とされている⁴⁷⁾。

2) 特産野菜栽培関連研究

近年20年間で開発された日本の野菜生産に不可欠な技術については、「野菜栽培の低コスト・省力化技術」として農林水産研究文献解題No.28にまとめられ

ている⁴⁶⁾。また、主要農業機械メーカーではそれぞれ主要野菜について機械化一貫体系を提示しているが、特産の野菜や地域色の強い栽培方法に対しては十全ではない。

農林水産省では、野菜作の機械化を推進するためには各作目について栽培様式の標準化を進める必要があるとし、1993年度から、高性能農業機械実用化促進事業の中で機械開発サイド（機械化栽培標準化協議会）と、野菜生産機械化緊急対策事業の中で野菜栽培サイド（野菜生産機械化技術開発協議会）の両面から検討を進め、1999年度までにキャベツ、はくさい、レタス等の11品目の野菜・畑作物について標準的栽培様式を定めるに至っている⁶⁷⁾。

しかし現状では、標準栽培様式を定着させ機械化促進を図ることが重要とされながらも、水稻跡での西日本のレタスのように近年開発されたセル成型苗用野菜移植機の導入が畑地に比べて進んでいない事例がある。これは栽培面積や経営規模が小さいことや、排水対策や冬作でのトンネル保温の問題から広幅畝による3～4条植えが多いことが主要因とされている²²⁾。

標準化の流れの中で、前述した高性能農業機械実用化促進事業に並行して農業機械等緊急開発事業（通称、緊プロ）が行われ、標準的栽培様式に適合した全自動野菜移植機、中耕・培土や防除作業を行う野菜栽培管理ビークル、キャベツ収穫機等の収穫用機械が開発されている。

一方で、1995年度からの地域特産農産物用機械開発促進事業（同、地域緊プロ）が行われ、都道府県を中心にメーカーと生研機構の連携で地域特有の野菜作に対応した機械開発が行われている。四国においても徳島県でサツマイモつる処理機やニンジン用の大型トンネル支柱打ち込み機が開発されている^{65,66)}。

高畝2条植えニンジンについては、一次間引き機が開発されるとともに、播種・追肥作業機の検討が行われ³³⁾、近年軽作業化に有効なニンジン引抜き機が開発され、ほぼ実用段階に至っている⁵⁷⁾。また稲跡レタス作では、広幅畝に対応したレタス用半自動多条移植機が開発され、手植えの1.4倍程度の能率を実現している⁶⁴⁾。

ロータリ耕うんは野菜作でも多用されているが、大きくアップカットとダウンカット方式に分けられ

る。一般に、水田や転換畑ではアップカット式が碎土や作物残さの埋没に優れるとされているが、重粘土では所要動力の増大が指摘されている¹²⁾。近年では、回転半径が小さい耕うん爪をロータリの畝間部分に配置し、耕土が内向きに投てきされるようにしたアップカットロータリで、所要動力の増大を抑えて耕うん畝立て同時作業が行える方式が開発されている⁵⁾。

3) 傾斜地施設栽培関連研究

傾斜畑では露地栽培だけではなく、簡易な雨よけ施設でトマト、ナス等の果菜類やハウレンソウ等の葉菜類が栽培されている。

1983年から3年間で実施された「四国地域傾斜地帯への野菜の導入定着技術の確立」研究において、夏季冷涼な気象条件を活用した新品目・作型の導入や、風雨害対策、土壌侵食防止技術が提示されたが¹⁾、簡易雨よけよりも強度が大きいプラスチックハウスを導入し、生産基盤を整備するまでには至っていない。これは、当該地域の農業所得が極めて低い水準であり、施設・機械に多額の投資が困難であったことが一因である。

また、当該地域は降雨頻度・量が多い反面、平地に比べ夏季冷涼であることから各種野菜の端境期出荷が可能である。そこで、雨よけ技術の改良・開発が行われ、被覆資材やかん水管理等が検討されたが、耐風性に関しては問題が残されている¹⁸⁾。

一方で、比較的収益の高いカンキツ作では、ハウスミカン栽培のため、既に露地栽培が行われていた傾斜ミカン園において、市販の鉄骨補強パイプハウスにより施設化を図っている事例は多い。しかし、傾斜方位・角度が多様で不整形な傾斜畑に、市販ハウスは十分に適合しているとはいえず、野菜作でも利用できる高強度のハウスをより低コストで設置できる技術が希求されている。

果樹ハウスでは、果樹園の地形そのまま施設化しているものが多く、ハウス内気温・湿度、地温の分布差による果実の生育ムラが大きな問題となっている³⁾。野菜・花き作で傾斜ハウスを適用する場合もこの問題があり、改善のポイントは側窓等の換気面積をできるだけ大きく確保することにある¹⁷⁾。これらのハウスには傾斜対応金具を用いた市販の鉄骨補強パイプハウスが適用されることが多いが、コストが平地の1割増しの1.1～1.3万円/3.3㎡を要す

るという問題がある³⁶⁾。

耐風性については、これまで数々の園芸施設の台風等による被害の調査・研究事例があり^{23,63)}、主骨材や接合部の強度不足、基礎の抜け上がり、筋交い等の補強の不備が被災原因としてあげられている。パイプハウスでもガラス温室並みの安全性を実現できる施設・資材の開発が必要であり⁴⁹⁾、平地用としては2000年度に風速50m/sに耐えられる低コスト耐候性鉄骨ハウスが開発され、従来の鉄骨ハウスの約7割のコストで施工できる技術が示されている⁴³⁾。この要点は接合部の補強とセメント系固化材使用による基礎強化にある。

作業面については、人力による防除等の管理作業や収穫・運搬作業では、傾斜地の登降坂作業が平地または等高線作業に比べ負担が大きくなる⁶⁰⁾。防除作業では市販の自走形動力噴霧機が果菜類の栽培で用いられている事例があるが、管理作業の機械化は進んでいない。

3 研究の目的と範囲

四国地域において、機械・施設に関わる課題が多く残されている傾斜地および特産野菜作について、環境保全および省力・軽作業化を考慮した作業技術や機械・施設の開発・利用研究を行うことは重要である。既に四国農業試験場報告^{30,31,32,33)}において以下の研究は報告した。

- 1) 傾斜畑において畑機能維持のため、土壌流亡防止に有効な土中耕うん技術を開発した。その中で、基幹となる振動式全層破碎機⁴⁸⁾の傾斜畑における作業特性の把握、有心畝立て状の播種床ができるトラクタ装着式の浅耕ロータリ播種機と組み合わせた作業方式の適用、傾斜畑における土壌物理性向上効果および作物栽培への適用方法を検証した。
- 2) 高畝2条植えエンジン作用の播種・管理作業機を開発した。その中で、一定間隔で行う一次間引き機の開発、播種・追肥作業の軽作業化手法を検討した。

さらに、本報告において以下のような観点で各研究に取り組んだ。具体的な研究内容も含めて示す。

- 1) 野菜作は品目が多種多様で栽培様式が地域により異なることから、管理作業の多くは手作業に依存し、作業機開発・普及が稲作や畑作に比べ遅れ

ているのが現状である。労働力の高齢・女性化の問題や輸入野菜の急増という状況の中、機械化による省力・低コスト・安定生産は喫緊の課題とされている。

ここでは、稲跡野菜作に機械定植を導入するため、①碎土が良く、稲株・わらの埋没や稲株の分断に優れた耕うん技術が必要と考え、狭切削幅爪ロータリの適用を検討し、作業性能と利用法を明らかにした。②耕うん後の畝立て方法と、レタスセル成型苗の苗条件の違いが機械定植精度、収量・品質に与える影響を検討した。③小面積での移植作業に適した手押し収穫台車に装着式の手動簡易移植機を開発し、軽労化効果を確認した。

- 2) 傾斜地特有の気象資源等を活用した野菜・花き生産を推進するには、傾斜畑に適合した低コストで強化構造を有したハウス並びに軽労化機器の導入が必要である。

ここでは、低コストで高強度の建設足場用資材を多用することで、コストを抑えて構造を強化した平張型傾斜ハウスの施工技術を中心に検討した。また、ハウス導入にともない、傾斜地作業の負担軽減に有効な等高線畝栽培と、ハウス構造を利用したレール式薬剤散布機等の軽労化機器の適用を検討した。

具体的には、①平張型傾斜ハウス導入の経緯を示すとともに、その施工技術の要点を明らかにした。②構造強度について基礎の引き抜き試験と実大ハウス骨組みを使用した加力試験により、鉄骨補強パイプハウス（耐風速40m/s）と同水準であることを確認した。③ハウス梁に設置したレールを自動走行する小型軽量のレール式薬剤散布機を開発し、その性能を明らかにした。④平張型傾斜ハウスを導入した農家における栽培環境改善効果、等高線畝導入やレール式薬剤散布機等の軽労化機器による作業改善効果を明らかにした。

4 研究の意義

傾斜畑土中耕うん技術、特産野菜作の機械化技術、傾斜畑に適合した施設および軽労化技術について、「野菜生産における地域特性を考慮した農業機械・施設の開発・利用に関する研究」と称し、その研究手法・結果、適用効果を明らかにすることは、日本

の野菜生産の収益性の維持および持続的生産のため重要である。

坂上は「野菜生産における育苗自動化作業システムの研究」の中で1990年代における機械化の現状と展望を述べており、栽培様式の標準化や機械開発と栽培・育種の連携等が必要としており⁵²⁾、主要野菜については前述した栽培様式の標準化と機械開発の連動で成果が上がっている。

しかし、現段階では地域のシーズ・ニーズを踏まえた実証研究については取り組みが不十分である。一方、本研究で取り上げる傾斜地農業は、経済的に不利な条件を抱えながらも、平地にはない昼夜温度差等の資源を活用した新たな農業展開が可能とされており^{28,34)}、作業技術研究の観点で、地域特性を活用した省力・軽作業化技術の実証研究をまとめることは、日本における今後の野菜生産に関する研究の一つの方向性を示すものとして意義がある。

Ⅱ 稲跡野菜作への移植機導入のための耕うん技術

1 緒 言

稲跡野菜作で移植機導入が進まない原因の一つとして、耕うん・畝立て後の碎土状態が悪いことや稲わら・株が障害となることがある。また、秋雨期で耕うん適期が限られることも問題である。

そこで、少ない所要動力で高い碎土、残さ埋没性能が得られる耕うん方法・条件を明らかにする必要がある。本節では耕うん方法として、ダウンカット式の狭切削幅爪ロータリについて検討する。一般に、水田や転換畑の耕うん方法としてアップカット式が碎土や作物残さの埋没に優れるとされているが、所要動力の増大も指摘されている^{12,13)}。また、狭切削幅爪ロータリとアップカットロータリの比較試験では、狭切削幅爪が碎土率は同程度、所要動力は約半分にとどまり、稲株の分断も優れるとされている²⁹⁾。

耕うん条件としては、稲跡で土壤水分張力値から導かれる pF が2.2～2.5の水分域では土壤の乾燥にともない碎土率が向上するという事例¹⁵⁾がある。ここでは稲わらを圃場外に搬出し土壤の乾燥を促進させることも含め、碎土等の性能を向上させる条件を明らかにしようとする。

2 供試機と試験方法

1) 狭切削幅爪ロータリ

狭切削幅爪 (T社製M-245A) は、通常使用されている同一回転半径のなた爪に比べ切削幅が約70%と狭い(第1表, 写真1)。供試ロータリ (S社製 RSL 162 ASZ, 耕うん幅1.6m, 質量220kg) には、通常のなた爪ロータリの約1.4倍の本数である48本の狭切削幅爪を取り付けることができ、横ピッチを小さくできることから碎土の向上が期待できる。

2) 試験内容と方法

供試した圃場の土性は、中粗粒質灰色低地土でロータリ耕うんにより比較的碎土しやすい土壌である。試験は水稻収穫跡地を使用し、耕盤の深さは概ね12cmである。調査項目・方法については文献²⁶⁾を参考にした。

(1) 狭切削幅爪となた爪の耕うん性能の比較

前述した狭切削幅爪ロータリと、狭切削幅爪と同じ回転半径で、切削幅が46mmのなた爪を取り付けたなた爪ロータリ (S社製 RSL 152 AS, 耕幅1.5m) を供試した。

供試トラクタ (S式D-288, 出力20.6kW (28 PS),

第1表 狭切削幅爪と対照としたなた爪の主要諸元

爪 種 類	回転半径 (mm)	切削幅 (mm)	爪幅 (mm)	爪厚さ (mm)	質量 (g)
狭切削幅爪	250	33	58	8.8	650
な た 爪	260	46	46	7.8	500

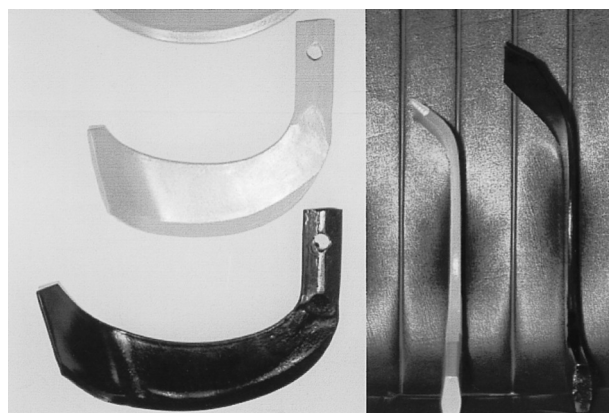


写真1 供試した耕うん爪

注) 横から見た写真では上側が狭切削幅爪、
下側がなた爪
上から見た写真では左側が狭切削幅爪、
右側がなた爪

4 輪駆動)の走行速度を0.16m/s (2 回目の耕うん時のみ0.32m/s)に設定し、PTO 変速を4段階(1,360, 1,060, 810および610rpm)に変えることで、4水準の耕うんピッチによる試験区を設けた(第2表)。

調査項目および方法は、以下の通りである。

a 砕土率

50×50cm枠内の深さ10cm程度までの土壌を採取し、目開きが20, 10および5mmの篩により篩い分けた。特にことわらない限り、ここでは20mm通過土質量割合を砕土率とする。

b 稲株・わら埋没率

50×50cm枠内の深さ5cm程度までの稲株・わらを回収し、耕うん前の稲株・わら量から差し引いた値を耕うん前の値で除して算出した。

c 稲株分断率

まず、上記測定時に回収した稲株の株元の長径 a_i 、短径 b_i を測定し、その二乗平均から導かれる直径を持つ円の面積 S_i を次式により算出した。

$$S_i = \pi \times (a_i^2 + b_i^2) / 8$$

n 個の株から得られた面積の平均 $\bar{S}$ は

$$\bar{S} = \sum_{i=1}^n S_i / n$$

さらに、平均直径 d を次式により算出する。

$$d = 2 \times (\bar{S} / \pi)^{1/2}$$

単純に長径、短径の二乗平均値では、仮に採取した稲株が1本の茎だけの状態になったものの数が多いとき、分断が不十分な大きな株があっても平均直径の数値に反映されにくい。ため、このような算出方

法をとった。さらに、以下の計算により分断率(%)を算出した。ここでは、採取した稲株の全てが1本の茎の状態になっていた場合に100%となるようにした。

$$\text{稲株分断率} = (1 - \frac{d - d_0}{d_1 - d_0}) \times 100$$

ただし、 d : 耕うん後の平均直径

d_0 : 稲株の1本の茎の平均直径

d_1 : 耕うん前の立毛状態での平均直径

d PTO 軸所要動力

PTO 軸トルクの測定は、トラクタの PTO 軸にトルクメータ(ミネベア製 TM-120-S 型、容量1.2 kN・m)を装着して行った。回転数はトルクメータに付属した磁電式回転数ピックアップ(小野測器製 MP-981型)で検出した。

(2) 圃場条件別での狭切削幅爪ロータリの耕うん性能

圃場条件として、まず稲わらが圃場表面に細断散布された状態と圃場外搬出した状態での比較を行った。さらに、稲収穫時のコンバイン刈り高さ別で試験を行った。刈り高さは、自動刈り高さ制御の調節ダイヤルにより設定した。通常刈り高さは10cm程度であるが、高水分での刈り取りが強いられる場合は脱穀負荷を低減させるため高刈りを行わざるを得ない。設定は標準と標準より低および高の3段階とした。

調査項目は、砕土率、稲株・わら埋没率及び稲株分断率とした。

(3) 使用条件別での狭切削幅爪ロータリの耕うん性能

使用条件として、トラクタの PTO 変速(第2表参照)、走行速度(0.16, 0.32及び0.41m/sに設定)および耕深(3段階)別について試験を行った。また、砕土を良くするため2~3回耕うんするのが一般的であることから、2回目の耕うんを行う時期についても検討した。

一方、狭切削幅爪の摩耗による耕うん性能への影響を調べるために、新品爪と爪幅が半分以下になった摩耗爪での比較した。供試した摩耗爪の状態は、両端の偏心爪を除いた爪の平均質量が1本当たり530g(新品爪:650g)であり、爪幅が26mm(新品爪:58mm)であった。

第2表 PTO 変速と耕うんピッチの関係

PTO 変速	設定 PTO 回転数 (rpm)	設定耕うんピッチ (cm)
1 速	610	5.3
2 速	810	3.9
3 速	1,060	3.0
4 速	1,360	2.2

注1) 設定耕うんピッチは、狭切削幅爪・なた爪とも同じ。

2) 土壌条件等により、耕うん時の PTO 軸回転数並びに耕うんピッチは若干変動する。

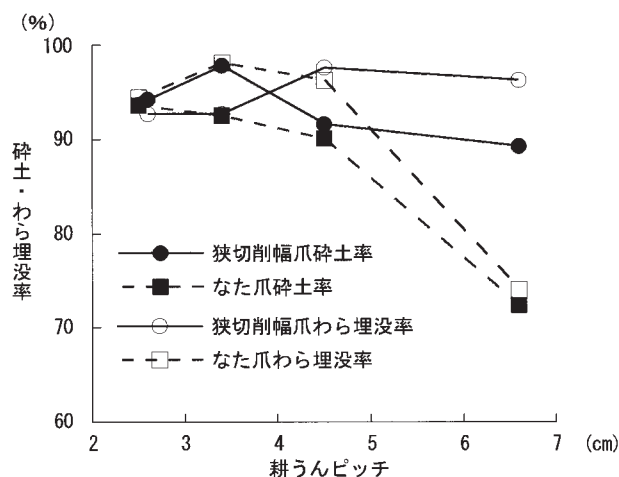
調査項目は、碎土率、稲株・わら埋没率及び稲株分断率であり、摩耗程度別試験では PTO 軸所要動力を加えた。

3 試験結果および考察

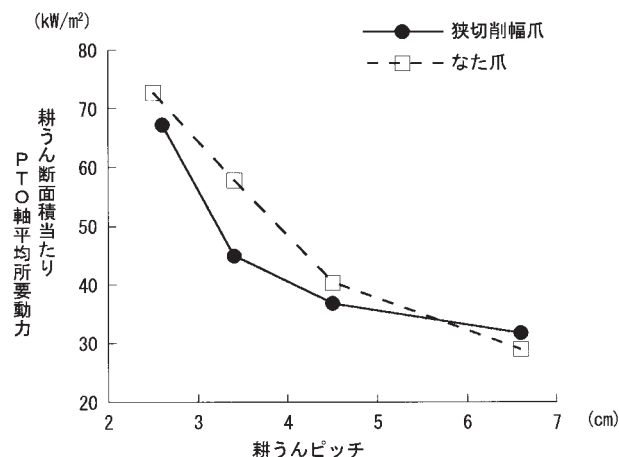
1) 狭切削幅爪となた爪の耕うん性能の比較

狭切削幅爪ロータリは、稲わらが土壌表面に細断散布されているにもかかわらず、耕うんピッチが大きいとき (PTO 軸低速回転時) の碎土性能及びわら埋没性能が第1図のようになた爪ロータリに比べ優れていた。

狭切削幅爪は切削幅が狭いことから、1本の耕うん爪に作用するトルクは減少する一方、爪本数が増えるため PTO 軸トルクは増加する可能性がある。第2図のように耕うん断面積当たりの PTO 軸所要動力は、狭切削幅爪、なた爪ともに耕うんピッチが



第1図 狭切削幅爪となた爪の碎土率、わら埋没率
注) わら細断散布状態、土壌含水比26%



第2図 狭切削幅爪となた爪の所要動力
注) わら細断散布状態、土壌含水比26%

小さくなる (PTO 軸回転数が高速になる) にしたがいは大きくなる傾向を示すが、狭切削幅爪ロータリの所要動力は、なた爪ロータリより若干小さくなる傾向を示した。

碎土向上のため、横ピッチを小さくし、なた爪の本数を増やして取り付けた使用例もあるが、耕うん爪間に土を抱え込み所要動力が増大するといわれている。狭切削幅爪ではこの抱え込み現象がほとんど発生しないことから、本数を増やしても所要動力が増大しなかったと考えられる。

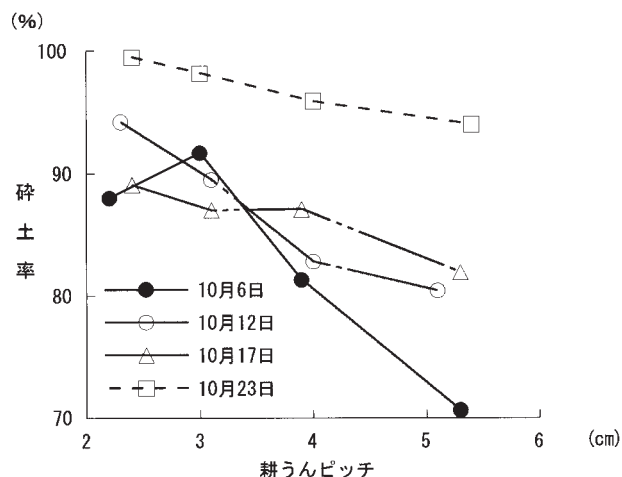
2) 圃場条件別の狭切削幅爪ロータリの耕うん性能

(1) 土壌表面に細断散布された稲わらの影響

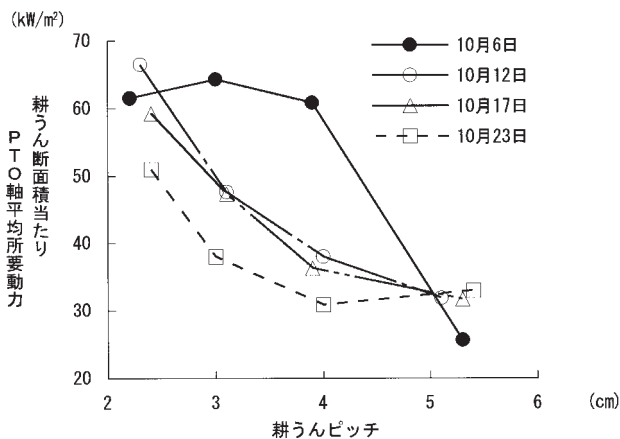
稲跡に野菜を栽培する場合でも、コンバイン収穫後に稲わらを細断し土壌表面に散布している場合が多い。このような細断散布状態では、試験期間中に降雨がなくても深さ5~10cmの土の乾きが悪いことが確認できた。一方、稲わらを圃場外に搬出した試験区では、収穫後降雨がなければ日数の経過とともに含水比が漸減する。

第3図に示すように、稲収穫後19日目の10月23日では含水比は22%に低下し、碎土率は全ての耕うんピッチにおいて90%以上に達した。10月6日は含水比が28%程度と比較的高いため、耕うんピッチが大きいと碎土が悪かったものの、小ピッチでは碎土率が90%程度と高かった。

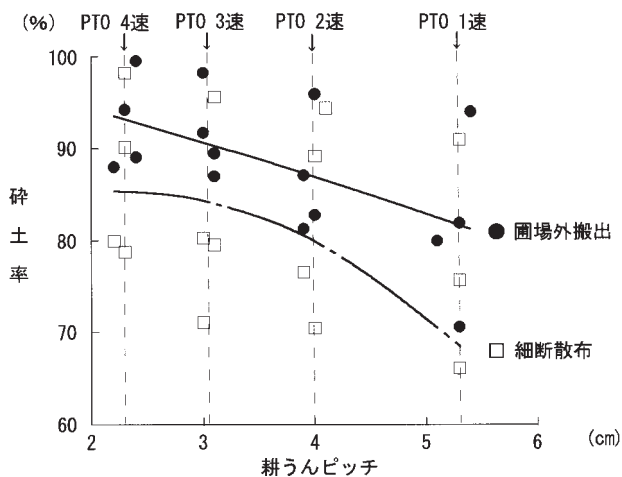
PTO 軸所要動力は、第4図のように耕うんピッチが大きくなると漸減した。ただし、10月6日は傾向



第3図 稲収穫後の経過日数による碎土率の違い
注) わら圃場外搬出



第4図 稲収穫後の経過日数による所要動力の違い
注) わら圃場外搬出

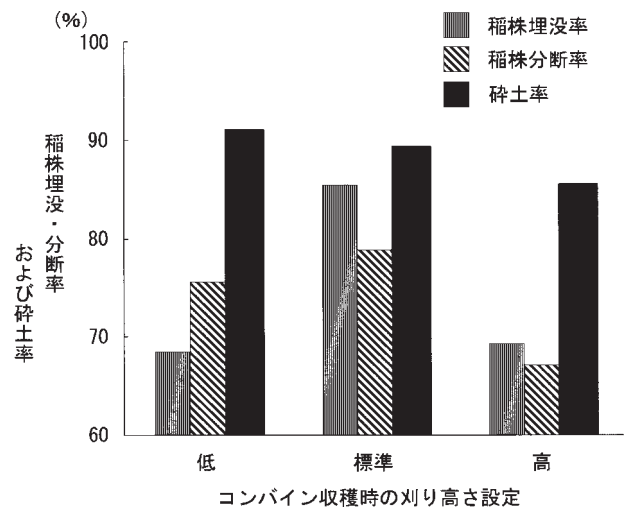


第5図 わらの有無による碎土率の違い
注1) 深さ5～10cmの土壌含水比＝
わら圃場外搬出：22～28％
わら細断散布：27～28％
2) 細断散布の PTO 1速で碎土率36.1%の
ときがあった。

が異なりピッチ3cmで極大値を示した。これは、第3図のように同ピッチで碎土率が極大値を示した
ことと関連があるとみられる。つまり、所要動力の増
大分が効果的に碎土の向上に働いたと推察される。

一連の試験で得られた稲わら細断散布区及び圃場
外搬出区別の碎土率の分布を、横軸に耕うんピッチ
をとって示すと第5図のようになる。よって、本試
験期間(1995年10月9日から23日、期間降雨量7mm)
においては、稲わらを圃場外に搬出した試験区の方
が全体的に碎土が良かった。

さらに、圃場外に搬出した状態では、土壌水分は
概ね pF 2.1～3.1 (土壌含水比で29～25%) の範囲



第6図 刈り高さ別での碎土率等の違い

注1) 刈り高さは、低6cm、標準10cm、高17cm
2) わら圃場外搬出、土壌含水比26％
3) 走行速度0.15m/s、PTO 変速3速

であり、より pF 値が高い乾燥した領域では碎土の
低下が懸念される。しかし、秋冬期でその水分領域
になることは少なく、碎土を向上させるには、でき
るだけ圃場を乾かしてから耕うんの方が良い。

したがって、土壌表面に細断散布された稲わらは、
土壌の乾燥を遅らせ、碎土等を悪くする一因となる。
また、わらの量が多いと埋没不十分となりやすく、
移植機の定植作業の障害となることから、圃場外
に稲わらを搬出することが望ましい。

(2) 稲株の刈り高さの影響

コンバイン収穫後の稲株の高さは、わら無し状態
で測定したところ、低で6cm、標準で10cm、高では
17cmであった。第6図に示すように稲株の埋没は標
準が最も良かった。稲株の分断率は、1本になった
株を除いて算出した分断率でみると高刈りが他に比
べ劣る。1回目の耕うんでは株高さ方向については
分断が進まないことから、高刈りでは明らかに大き
な株が表層近辺に存在することになる。また、碎土
も刈り高さが高くなるにしたがい若干低下する傾向
を示したことから、コンバインの刈り高さは極端な
高刈りを避けることで、株の埋没・分断や碎土の良
好な耕うんが可能である。

3) 使用条件別の狭切削幅爪ロータリの耕うん性 能

(1) PTO 変速

稲跡でのロータリによる耕うん・整地作業では、

まず1回目の耕うんはロータリの低速回転(PTO 変速1, 2速)で「粗起こし」をし、数日後に高速回転(同3, 4速)で耕うんして碎土を高めるのが一般的である。

移植機での植付けを想定した場合、大きな稲株が表層に残っていると、適正な植付姿勢・深さを保つ上で障害になることから、稲株はできる限り細かく分断しておく必要がある。この手段として、1回目から高速回転で耕うんする方法を提案する。

1回目を低速回転で耕うんすると、第7図のように2回目耕うん後でも1回目を高速回転で行った水準まで稲株は細かくならなかった。したがって、土壌含水比が高い等の理由により所要動力が大きくなり作業が困難になるとき以外は、1回目から高速回転で耕うんする方が稲株を小さく分断でき、稲跡ですぐに野菜作を行う場合には望ましい。

(2) 走行速度

狭切削幅爪ロータリでも、一般のロータリと同じくトラクタのPTO軸回転数を一定にして走行速度を速くすると、第8図のように碎土等の性能は低下する。これは耕うんピッチが大きくなるためである。特に走行速度0.41m/sでは稲株埋没率が約30%と極端に悪くなったことから、本試験においては、0.32

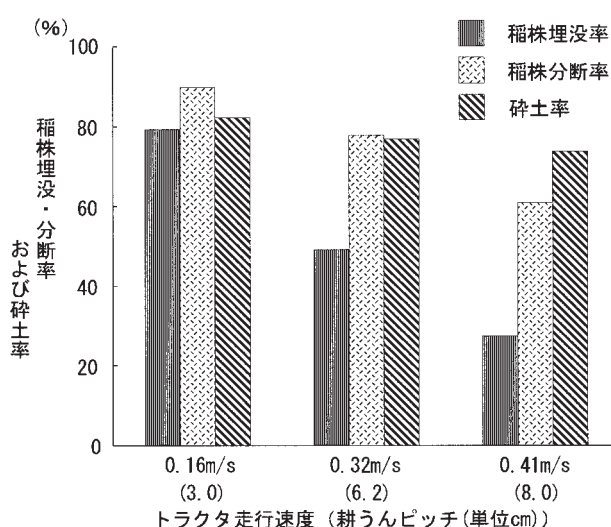
m/s程度までが許容範囲と考えられる。

(3) 耕 深

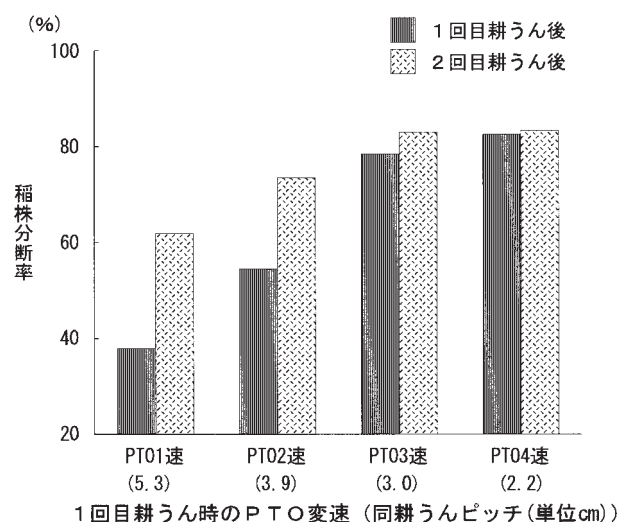
第9図に耕深別での碎土等の耕うん性能を示す。耕深を7cm程度と極端に浅くすると、稲株の分断は良好に行われるが、稲株の埋没が著しく悪くなった。したがって、1回目の耕うんの耕深は10cm以上を確保すべきである。

(4) 2回目耕うんの時期

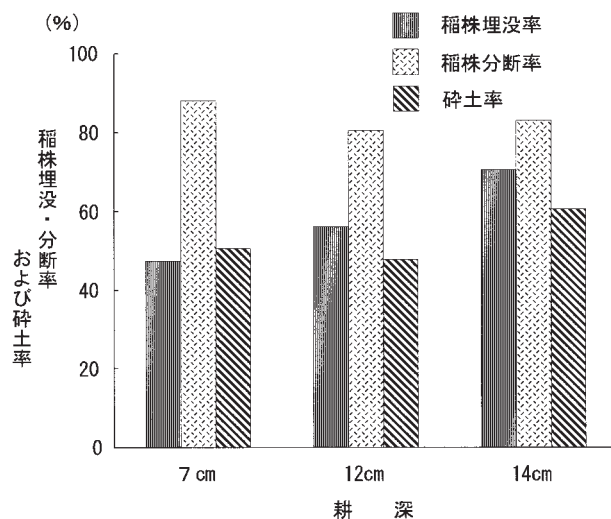
2回目の耕うんの時期は、1回目の耕うんで碎土等が良好に行われていると、日数をあけても極端に



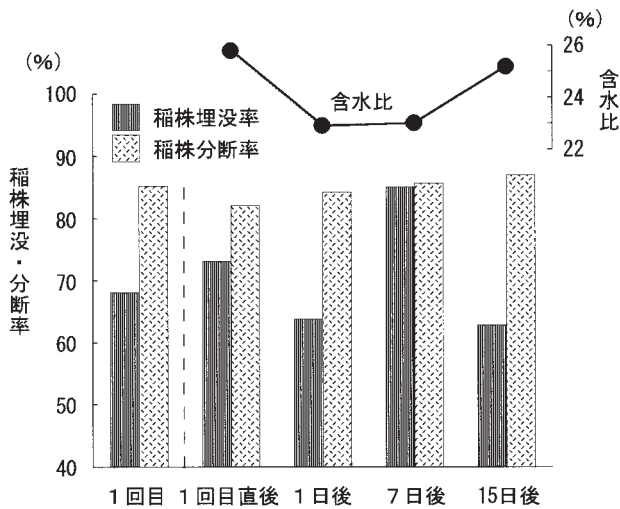
第8図 走行速度別での碎土率等の違い
注1) わら圃場外搬出, 土壌含水比29%
2) PTO 変速は3速を使用



第7図 PTO 変速別での稲株分断率の違い
注1) わら圃場外搬出
2) 1回目土壌含水比28%, 走行速度0.16m/s
2回目土壌含水比23%, 走行速度0.32m/s
なお, 2回目のPTO変速は4速



第9図 耕深別での碎土率等の違い
注1) わら圃場外搬出, 土壌含水比31%
2) 走行速度0.16m/s, PTO 変速3速



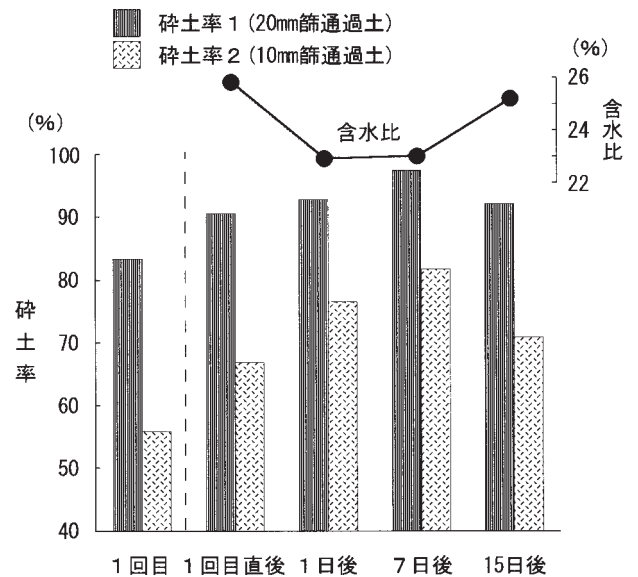
第10図 2回目耕うん実施日別での稲株埋没率・分断程度
 注1) わら圃場外搬出, 1回目土壌含水比31%
 2) 1回目走行速度0.16m/s, PTO変速3速
 2回目走行速度0.31m/s, PTO変速4速

良くなることはなかった。稲株埋没率は、第10図のようにばらつきがみられ1回目の±10%の範囲で変動した。これは、2回目の耕うんでは表層の稲株を埋没させると同時に、既下層に埋没した稲株を再び表層に引っ張り出すことがあることを示唆している。稲株分断率については、1回目で既に85%程度と高い値を示しているため変化は小さかった。なお、1日後の2回目耕うん後すぐに3回目を行った場合では、分断率が95%程度にまで高まることから(データ省略)、耕うん回数を3回に増やすことで稲株の分断をより促進できる。

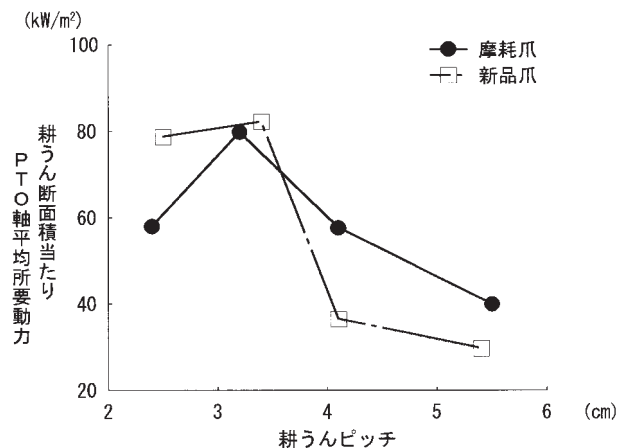
砕土率は、第11図に示すように日数の経過とともに良くなる傾向を示した。しかし、その間に降雨があり土壌含水比が高くなると砕土率の向上割合は低下した。

(5) 耕うん爪の摩耗の影響

耕うん爪が摩耗すると砕土等の性能が低下する。狭切削幅爪は、刃縁から摩耗が進む刃縁摩耗型の形態をとる。第12図のように耕うんピッチが大きいときには新品爪の方が所要動力は小さくなり、同ピッチが小さいときには摩耗爪の方が小さくなる傾向を示した。所要動力が同程度であったPTO変速3速設定時(耕うんピッチ約3cm)では、砕土等の性能に差は認められなかった。



第11図 2回目耕うん実施日別での砕土率
 注) 土壌および試験条件は第10図と同じ



第12図 摩耗程度別での所要動力
 注) わら圃場外搬出, 土壌含水比31%

つまり、狭切削幅爪は摩耗により爪幅が半分程度になっても、切削部が残っている状態であれば、砕土等の性能低下は小さいとみられる。

4 摘 要

稲跡野菜作に適合した耕うん用として狭切削幅爪ロータリを供試し、砕土等の耕うん性能を調査するとともに、性能向上が図れる耕うんピッチや走行速度等の使用条件を明らかにした。

1) 狭切削幅爪ロータリは、使用する耕うん爪の切削幅が狭く、一般のな爪ロータリの約1.4倍の本数の爪が取り付けられることから、砕土等が良い一方で、所要動力の増大はなかった。

- 2) 稲収穫直後に耕うんするときには、稲わらは圃場外に搬出して土壌を乾燥させて行う方が碎土が優れていた。
- 3) 極端に高刈りされて残った稲株は、1回目の耕うんでは株高さ方向の分断が進まないことから、土壌表層に比較的大きな株として残った。
- 4) 1回目の耕うんから PTO 変速3、4速の高速回転を使用することで、稲株をより細かくできた。走行速度は約0.3m/s までであれば碎土等の性能が優れていた。
- 5) 2回目の耕うんは、日数をあげ土壌の乾燥を促進してから行うと良いが、秋雨期であることに留意し、降雨がないうちに行うべきである。
- 6) 狭切削幅爪は切削部が残っている状態の摩耗であれば、碎土等の性能の低下は小さかった。

Ⅲ 機械定植に適合した畝およびセル成型苗条件

1 緒 言

前節において検討した狭切削幅爪ロータリで耕うんした後の畝立て方法と、レタスセル成型苗の機械定植適性との関係を検討し、稲跡で良好な植付精度が確保でき、収量・品質の低下のない技術を明らかにする必要がある。

これまで、セル成型苗の植付深さ・姿勢が収量・品質に与える影響は、畑土壌においてはかなりの蓄積がある⁹⁾一方で、水田土壌しかも稲跡ではそれに比べ少ない。特に、試験対象とした香川県のレタスの畝形式は、畝幅150～170cmの広幅畝の3～4条植えであり、畝の上面にのみビニルマルチを張る特殊な方式である。しかも、押さえは歩行形の溝上機で畝溝の土をはね上げ、マルチ全面に被せて行う。このような畝形式での調査事例は試験開始時にはなく、近年香川県農業試験場で取り組まれたにすぎない¹¹⁾。

また、一般に開孔器式の植付部を持つ移植機では、草姿がコンパクトな苗を利用すると定植精度の向上に有効とされており、キャベツについては藤原らが育苗方法も含めて検証している²⁾。

そこで、広幅4条畝において、表層の碎土が良く稲株等の障害物の少ない畝立て方法を検討するとともに、レタスセル成型苗の植付深さ・姿勢や畝の条件、苗質の違いが機械定植に与える影響を調査し、

稲跡レタス作における機械定植に求められる条件を明らかにしようとする。

2 供試機と試験方法

1) 供試畝立機

トラクタ装着式畝立機(Y社製 YTV 1,800 F, 畝幅1.7m, 畝高0.2mに設定, 写真2)を供試した。標準の使用耕うん爪は回転半径が255mmであるが、畝下層を攪拌しないようにした半径が198mmの爪も供試した。トラクタはS式D-288 (20.6kW (28 PS))を使用した。

2) 供試野菜移植機

全自動移植機(K社 SKP-3, 植付部スライド式多条植え, 写真3)を供試した。条間30cm, 株間35cmに設定し、4条植えとした。

3) 供試セル成型苗

レタス(品種‘シスコ’)を全自動移植機用200穴セルトレイ(セル上部26mm角, 高さ44mm, 容量14cm³)

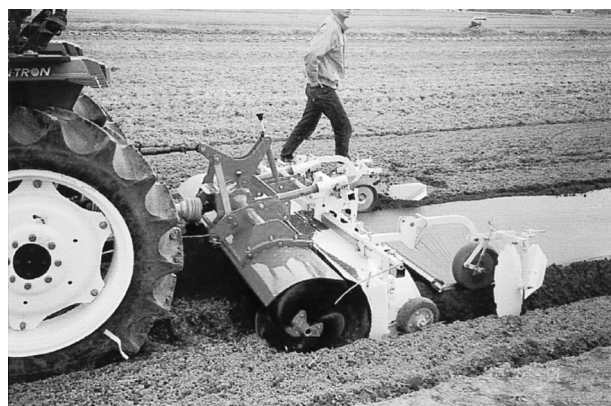


写真2 供試したトラクタ装着式畝立機



写真3 供試した全自動移植機

で育苗した。

4) 試験内容と方法

(1) 稲跡野菜作の機械定植に適合した畝立て技術の検討

供試畝立機について、使用耕うん爪別での碎土率、稲株埋没率および分断率を調査した。調査方法は、IIの2の2)の狭切削幅爪ロータリでの試験と同じである。また、小形矩形板(25×100mm (25cm²))を装着した、SR-2型土壌貫入抵抗計による載荷時の沈下量測定で、畝表層の硬さを調査した。

試験は、トラクタの走行速度を0.16m/sに設定し、PTO 変速を4段階(1,360, 1,060, 810および610rpm)に変えて行った。

(2) セル成型苗の植付深さ・姿勢が収量・球形に与える影響

手植えにより植付深さ・姿勢を変えて、レタスの収量・球形に与える影響を調査した。植付深さは、セル成型苗の根鉢上面が地表面と同じになる普通植えと、根鉢上部が1cm露出する浅植え(植付深さ-1cm)、根鉢上方に1cm厚さで土が被さる深植え(同+1cm)の3種類とした。植付姿勢は、普通植えの状態から30度と60度傾けた3種類とした。定植は1995年10月26日に行い、翌年3月8日に収穫調査を行った。調査項目は、外葉重、球重、球幅(レタス球の長径で測定)および最大半径(軸中心から長径上の長い方の半径を測定)とした。

畝上面には、直径5cmの植付穴が条間30cm、株間35cmで千鳥状に配置されたマルチフィルムを張り、溝上機で畝溝の土を全面に被せてフィルム押さえとした。

(3) セル成型苗の苗質の違いが機械定植精度に与える影響

苗質は育苗日数の違いにより設定し、播種日を1996年10月24日、30日および11月5日とした。出芽日はそれぞれ10月28日、11月2日および9日であった。苗質の調査は、12月10日に行い、出芽後日数がそれぞれ45日、40日および33日にあたる12月12日に定植した。調査項目はJA全農の苗調査方法(JA全農1994)を参考にし、草丈、葉数、最大葉長、開帳、根鉢形成率、総根長およびT/R比(地上部と地下部の乾物重比)とした。

さらに、供試畝立機はロータリの両端後方に取り付けられた溝上げ犁で畝を成型し、マルチフィルムを畝上面に展張しながら、その後方の斜め回転コーラで畝肩に土上げしてフィルムの両端を押さえる方式である(以下、肩押さえ方式と称する)。そこで、慣行の土乗せ方式と供試畝立機の肩押さえ方式による機械定植精度の違いを調査した。なお、供試畝は耕うん前に稲わらを圃場外に搬出し、狭切削幅爪ロータリで2回耕うん後、供試畝立て機で畝立てを行った。定植は供試全自動移植機により行った。

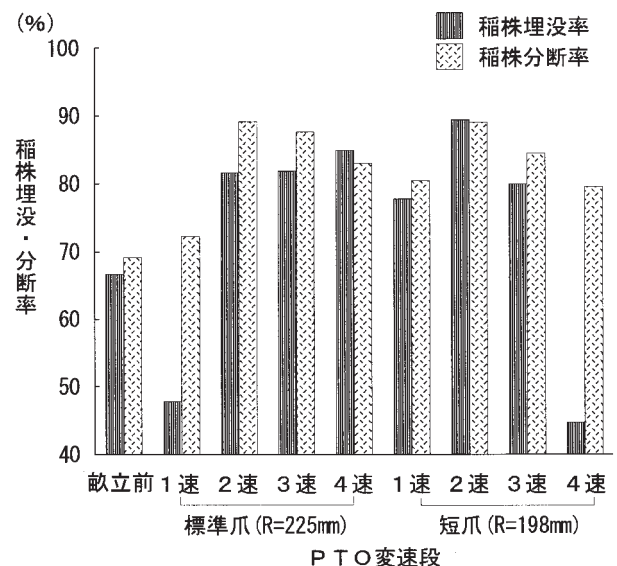
ただし、収穫調査時に畝の外側と内側とで収量が大きく異なり、試験区間の差よりも顕著であったため、本試験では収穫調査結果の考察は行わなかった。

3 試験結果および考察

1) 稲跡野菜作の機械定植に適合した畝立て技術の検討

供試畝立機の中央部のなた爪を、回転半径が小さいものに変更することにより、畝立て前の耕うんで下層に埋没された稲わら・株を表層に上げずに、表層の碎土向上を図ろうとした。

第13図のように、畝立機の使用により稲株の分断率が向上する一方で、稲株の埋没は回転半径255mmの耕うん爪(以下標準爪)のPTO 1速と半径198mmの



第13図 畝立機爪種別での稲株埋没・分断率

注1) 畝立て前の土壌含水比は31%

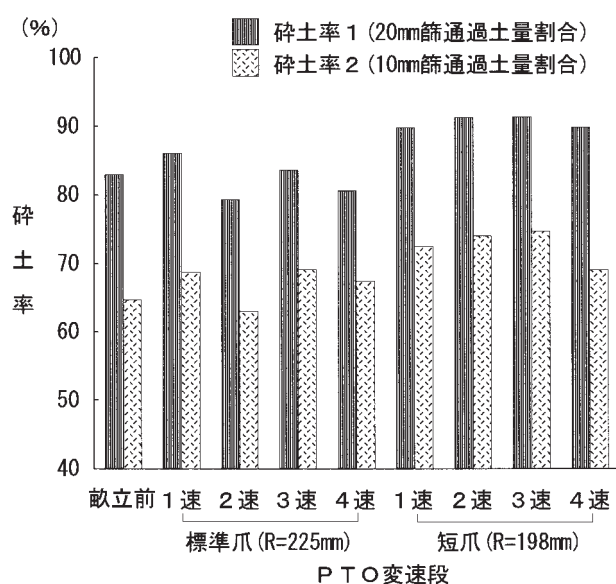
2) PTO 変速段は、1速610rpm、2速810rpm、3速1,060rpm、4速1,360rpmに設定した。

爪（以下短爪）の PTO 4 速のように畝立て前より悪くなる場合があった。すなわち、畝立機の使用回転数によっては下層の稲株が表層に移動し、結果として埋没が悪くなる場合があるので注意を要する。

また、第14図のように畝立て前の碎土率が83%と比較的良好な状態において畝立てを行うと、畝立て後の碎土率の向上はわずかであった。ただし、短爪が標準爪に比べ同一 PTO 変速で4～12%良かった。

機械定植精度には、畝表層の硬さが関係すると考え、第15図のように小形矩形板の沈下量を測定した。载荷荷重が同じときの沈下量の値は、標準爪に比べ短爪の方が10mm程度大きい。すなわち、短爪の方が表層の硬化程度は小さく、しかも畝立て前の表層の硬さと同程度かもしくは軟らかくなった。定植試験時の畝状態を表す指標の一つとして使えると考えられる。

畝立機の PTO 軸所要動力は、第16図に示すように回転数が速くなると漸増する。短爪は標準爪に比べ明らかに所要動力が小さかった。ただし、標準爪の PTO 4 速での30kW/m²でもトラクタは作業不能となることはない。なお、ここでの値は PTO 軸平均所要動力を、形成された畝の断面積で除したものである。



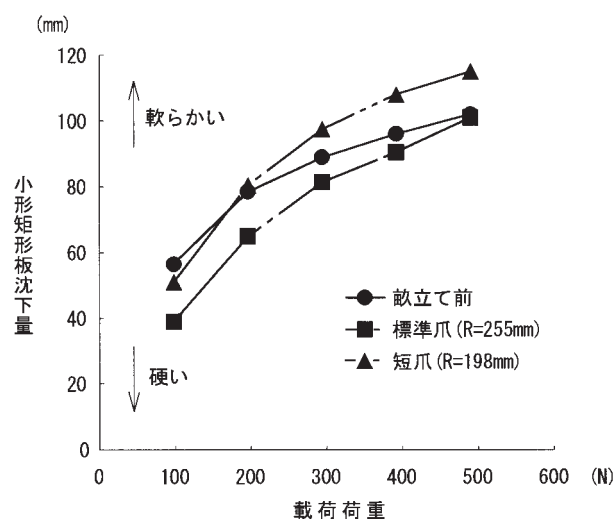
第14図 畝立機爪種別での碎土率

注) 土壌含水比, PTO 変速段設定は第13図と同じ

2) セル成型苗の植付深さ・姿勢が収量・球形に与える影響

植付深さによる影響は、第3表のように外葉重では浅植え>普通植え>深植えの傾向を示したが、球重は試験区間での差が小さかった。また、球幅では浅植え>普通植え>深植えの傾向を示し、レタス球の締まり具合が異なると推察された。すなわち、浅植えでは外葉が多くなり、深植えでは外葉が少なく、締まりすぎたタケノコ球になりやすく、品質低下につながると思われる。

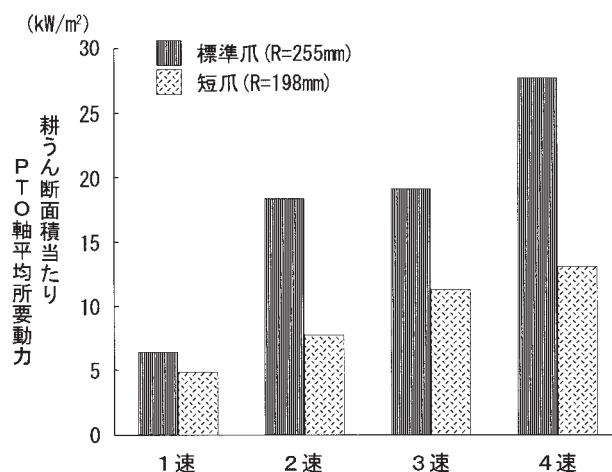
植付姿勢による影響は、第4表のように外葉重、球重とも60度植え>30度植え>普通植えの傾向を示



第15図 畝立機爪種別での矩形板沈下量

注1) 畝立て前の土壌含水比は31%

2) PTO 2 速で畝立てを行ったときの値



第16図 畝立機爪種別での所要動力

注) 土壌含水比, PTO 変速段設定は第13図と同じ

第3表 植付深さがレタス収量・球形に与える影響

植付深さ	外葉重 (g)	球 重 (g)	球 幅 (cm)	最大半径 (cm)
浅 植 え	385	627	17.4	9.8
普通 植 え	328	637	17.1	9.5
深 植 え	271	610	16.6	9.6

注) 球幅はレタス球の長径とし、最大半径は長径上で軸中心から長い方の値とした。

第4表 植付姿勢がレタス収量・球形に与える影響

植付姿勢	外葉重 (g)	球 重 (g)	球 幅 (cm)	最大半径 (cm)
普通 植 え	328	637	17.1	9.5
30度 植 え	348	630	17.2	9.7
60度 植 え	393	650	17.8	10.2

注) 球幅と最大半径は表1と同じ

第5表 供試した育苗日数が異なるレタスセル成型苗の苗質

苗種類	草丈 (g)	葉数 (g)	最大葉長 (cm)	開帳 (cm)	根鉢形成 率 (%)	総根長 (cm)	T/R比
45日苗(a)	6.2	4.4	6.5	7.1	88	448	4.3
40日苗(b)	6.5	4.5	7.1	7.4	92	401	3.6
33日苗(c)	4.8	3.6	4.8	7.1	92	248	3.5
a × b	ns	ns	*	*	—	*	**
a × c	**	**	**	ns	—	**	**
b × c	**	**	**	**	—	**	ns

注) t 検定による比較. * : 5%, ** : 1%水準で有意差あり. ns : 有意差なし

した。特に60度植えでは外葉が明らかに多かった。球幅は試験区間での差が小さかったが、最大半径は60度植えレタスが明らかに大きく、球軸は収穫時まで傾いた状態であり歪みが顕著であった。すなわち、傾きで許容されるのは垂直から30度までとみられる。

3) セル成型苗の苗質の違いが機械定植精度に与える影響

(1) 苗質がかき取り精度に与える影響

全自動野菜移植機の定植適期苗の判定は、200穴トレイ使用のレタスでは本葉3.5～4.5枚、草丈10cm以下、根鉢形成率が95%以上であるとされている¹⁰⁾。根鉢形成率の判定には他にもいくつかの方法があるが、ここではJA全農の方式に基づき、茎葉部を持ってトレイから引き抜いたときに、根が切れたりせずにセルの形状を保っている苗の本数割合で表す方法を用いた。

供試した全自動移植機は、ピンセット状のかき取り機構で根鉢を挟持してセルトレイ上部から引き抜く方式である。この方式では、根鉢形成率の数値が必ずしもかき取りミスの発生割合の傾向と一致しない。

第5表に供試した苗の苗質を示す。40、33日苗の

根鉢形成率はともに92%であった。供試全自動移植機のかき取りミスを別途調査したところ、ミス発生割合は40日苗が1.1%にとどまったのに対し、33日苗は4.5%とやや大きな値を示した。これは、33日苗の総根長が40日苗の約60%程度と短いことが影響していると考えられる。一方、45日苗で根鉢形成率が88%と若干悪かったのは、根鉢先端の老化（褐変）のため根鉢の崩れが多くなったためである¹⁶⁾。また、45日苗でかき取りミスが2.0%発生した。これは主に地上部が隣接苗同士で絡んでいたことによる。

(2) 機械定植精度への影響

供試移植機は畝上を走行する鎮圧輪により植付深さを自動的に調節する機構を有している。植付深さは9段階に設定でき、そのうち中立位置とその位置より2段階浅植えおよび2段階深植えの計3種類で試験を行った。定植作業時の走行速度は0.21m/sで、作業能率は3.8h/10aであった。

苗質の違いによる機械定植精度を第6表に示す。地上部が最も大きい40日苗は、同一植付深さ設定でも他に比べ植付深さが浅くなる傾向を示した。また、傾き苗率でも40日苗が劣る傾向を示した。したがって、定植精度の向上には苗の草姿をコンパクトにす

第6表 苗質の違いによる機械定植精度

苗種類	植付設定	欠株率 (%)		傾き苗率 (%)		植付深さ (cm)	
		土乗せ区	肩押さえ区	土乗せ区	肩押さえ区	土乗せ区	肩押さえ区
45日苗	浅植え	17	10	10	30	-1.5	-0.2
	中立	—	13	—	0	—	1.4
	深植え	17	7	0	0	1.5	2.6
40日苗	浅植え	7	7	0	40	-0.6	-0.5
	中立	0	10	20	30	-0.2	1.3
	深植え	7	9	0	40	1.0	2.7
33日苗	浅植え	10	27	20	10	-1.2	0.2
	中立	21	35	0	10	0.9	1.7
	深植え	10	10	0	20	2.4	2.8

注) —は欠測値。傾き苗率は直立状態から30度以上傾いた苗の割合

ることが有効である。

一方、マルチフィルム押さえ方式別の機械定植精度は、土乗せ方式が肩押さえ方式に比べ、欠株が少なくかつ傾き苗の発生がなく良かった。肩押さえ方式では、移植機の開孔器が持ち上がる時に開孔部周辺のフィルムをわずかに引き上げることがあり、それにより定植された苗を動かし、その結果として欠株、傾き苗が生じた。土乗せ方式では、フィルム上の覆土厚さが状況により異なるため、同一植付深さ設定でも植付深さが変動することに留意する必要がある。

また、定植10日後の12月22日に肩押さえ方式のマルチフィルムが強風により飛ばされた。慣行の土乗せ方式ではフィルムが全く飛ばされておらず、風に対し効果的であることが確認できた。

4 摘 要

稲跡レタス作において、機械定植精度向上に有効な畝立て方法・苗質を検討し、その要因を明らかにした。

- 1) 畝立機中央部に回転半径の小さい耕うん爪を配置することで、畝表層の碎土や稲株の分断が促進できた。
- 2) 耕うん作業により下層に埋没されていた稲株が畝立て作業により表層に上がってくる場合があるので、表層の状態を確認しながら畝立機の使用回転数を調整する必要が認められた。
- 3) レタスにおいては、セル成型苗の植付深さ・姿勢の違いにより特に球形が異なった。根鉢が完全に覆土されるような深植えや、30度を超える傾き

植えは避ける必要がある。

- 4) 全自動移植機では、根の張りが十分でなかったり、老化している苗では、トレイから苗を抜き出すときのミスが増大した。
- 5) 開孔器式の移植機では、レタスについてもキャベツ等と同じく、草姿がコンパクトな苗を利用すると定植精度が向上することが確認できた。

Ⅳ 軽作業化に有効な簡易移植機の開発

1 緒 言

稲跡の冬・春レタスの産地では、小区画の圃場であつ1回当たりの植付面積が数a程度であり、現状では1農家で高能率の全自動野菜移植機を導入することは少ない。一方、手植えは中腰姿勢で行うため、作業の軽労化を図る必要がある。

作業改善のため足蹴り式や電動台車に座って手植えを行う事例があるが、ここでは立ち姿勢で作業できる手動式の移植機を検討する。この種の移植機として、最近では香川県農業試験場において、レタス用半自動多条移植機が開発され手植えの1.4倍程度の能率を実現している⁶⁴⁾。広幅畝の3～4条植えに対応するため、複数の植付部を持ち、畝をまたいで走行できることが重要である。

そこで、小面積での定植作業を対象とした手押し収穫台車に装着可能な手動式簡易移植機を開発し、作業負担の軽減効果を明らかにしようとする。

2 開発した簡易移植機の概要と試験方法

開発機は、畝をまたいで走行できる手押し式収穫

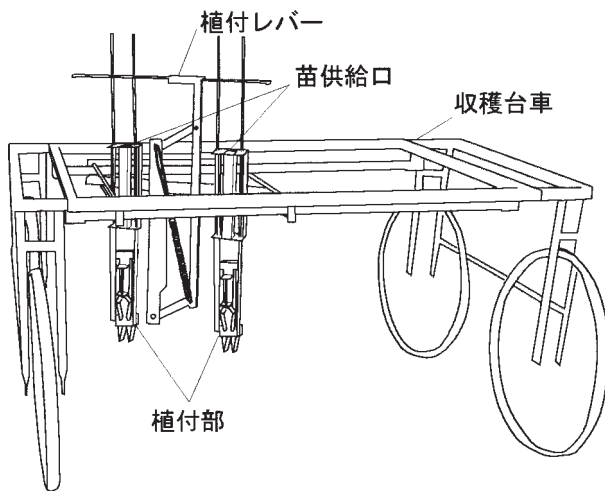
台車に、2組の植付部が取り付けられたユニットを装着したものである。大きさは全長1,500mm(荷台900mm)、全幅1,550mm、全高1,200mmであり、分解しなくても軽トラックに積載できる。また、全質量が40kgであることから1人で畝替え、圃場外への移動ができる(第17図)。

1) 植付機構

植付部は、定植にともなう上下動作と開孔器の開閉動作を連動させるため、第18図のようにチェーンと1枚歯つきスプロケットのかみ合わせ利用し、苗導管を上下させるとスプロケットが回転し、開孔機可動棒を上下に動かして開閉リンクを介して開孔器が動作する。

2) 往復4条植えへの対応

開発機は、2条同時に植付けが行え、1往復で4条の作業が可能である。当初は、第19図のように植付ユニットは収穫台車のレール上を横にスライドさ

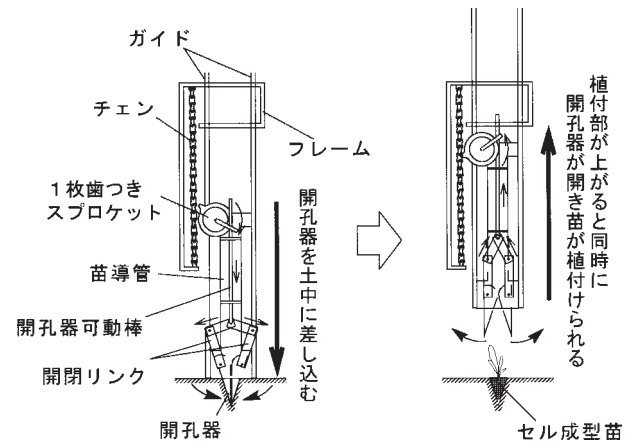


第17図 簡易移植機の概略図

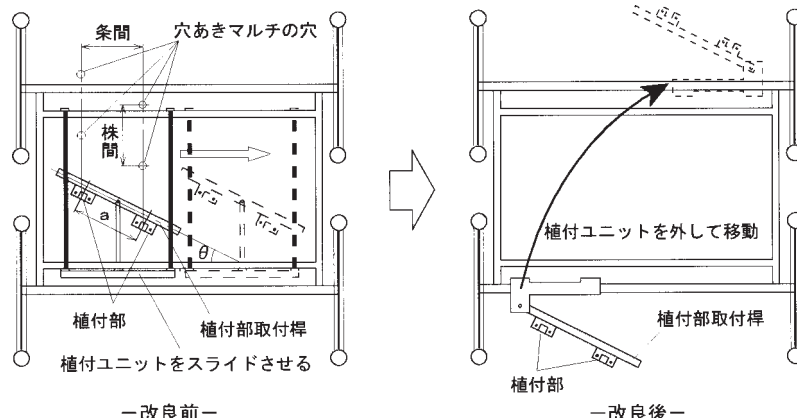
せる方式とした。機構をより単純にするため、ユニットを台車外枠に取り付ける方式に改良した。これにより台車に新たにレールを取り付ける必要がなく、やや前屈みで行っていた作業の改善にも有効であった。なお、1本の畝を植付けるのに台車を旋回させる必要がなく、条間と株間の設定は、2つの植付部の間隔 a と取付棒角度 θ を調節することで、正条植えだけではなく、千鳥植えにも対応できる。

3) 試験方法

まず、植付機構が所定の動作を行うか確認した。植付性能として、主に作業能率を調査した。また、作業負担の改善効果をみるため、手植えと開発機での作業時の心拍数を調査した。心拍数は携帯型心拍数メモリ装置(ヴァイン製メモリーマック VHM-016)により記録した。



第18図 植付機構の概略および動作



第19図 植え付けユニットの収穫台への装着方法

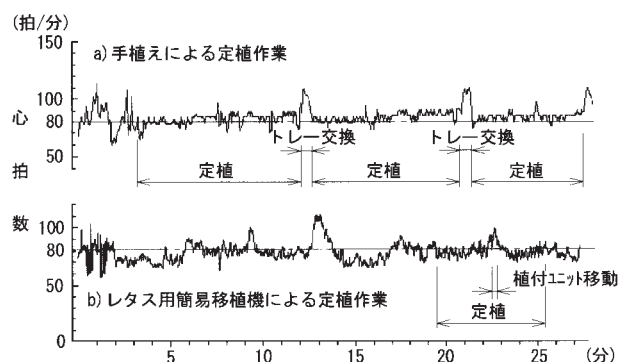
3 試験結果および考察

1) 植付機構の動作確認

開発機の植付機構は、苗を供給し植付部を上下させるだけで定植ができる。動作を確認すると、①苗を苗導管上部から入れる。②植付部を押し下げ、開孔器を土中に差し込む。③そのとき、1枚歯付スプロケットが時計回りに回転し、開孔器可動棒を押し下げる。これにより開孔器が閉じられ、中の苗を保持できる。④植付部を持ち上げると、1枚歯付スプロケットが反時計回りに回転し、開孔器可動棒を引き上げる。これにより開孔器が開きながら上昇し、中の苗が土中に植え付けられる(第18図)。以上の一連の動作がスムーズに行われることを確認した。

2) 作業改善効果

開発機の作業能率は1.13 h/aであり、手植えの1.25 h/aより若干高能率で植付作業ができる。植付部を穴あきマルチの穴位置に合わせるのに時間を要していることから、開孔器で容易に穴が開けられるマルチ資材を利用し、一定間隔で作業させることで



第20図 手植えと簡易移植機作業時の心拍数の比較
注) 安静時心拍数 66拍/分



写真4 簡易移植機でのレタスセル成型苗定植作業

能率向上は可能である。植付姿勢についても問題はなかった。

畝長さ80mの4条植えの試験では、手植えは中腰姿勢が強いられ、作業者は腰、太股の筋肉の疲れを作業後の感想で述べていた。開発機では、中腰姿勢より負担の小さい立ち姿勢で行える。作業中の心拍数の変動を第20図に示す。手植えでは1本当たり6.6秒要しており、通常の農家より若干遅い速度であった。このときの心拍数は、80~90拍/分であり、作業的には軽作業に位置づけられる。一方、開発機では1本当たり6.1秒を要し、心拍数は平均で手植えより5拍/分程度減少しており、わずかではあるが軽労化効果が認められた。

なお、植付部の支持をスプリングバランサ(E社製EW-5、容量25~49Nで可変)にすることにより、作業者が任意に上下動作の所要力を変えられるようにし、より取扱性の良い定植作業が可能になった(写真4)。

4 摘 要

広幅4条植えに対応した簡易移植機を開発し、レタスセル成型苗定植作業での作業改善効果を明らかにした。

- 1) 開発した植付機構は手動の上下動作だけで、2株同時に精度良く定植できた。
- 2) 移植機の作業能率は手植え並みであったが、立ち姿勢で行え身体負担が軽減できた。

V 平張型傾斜ハウスの施工技術

1 緒 言

傾斜畑での施設園芸において、簡易雨よけは省力・安定生産を行うには問題があるとされつつも、低コストで設置できることから、強化構造を有したハウスに更新するという動きは少ない。しかし、高齢化等により労働力が脆弱化する中で、産地の生き残りを図るためには、野菜作の生産基盤を強化する必要がある。簡易雨よけに替わる新たなハウスが必要である。

そこで、開発した平張型傾斜ハウスについて、その経緯を示すことで傾斜畑に適合した園芸施設に求められる条件を示し、使用材料、施工手順について

詳述し、従来の簡易雨よけやハウスと比較した優位性を明らかにしようとする。

2 平張型傾斜ハウス開発の経緯

簡易雨よけの作業面での問題は、アーチパイプの足の部分が通路に差し込まれ、フィルム押さえひもを留めるワイヤーはパイプに沿い膝下高さに張られていることから、防除や誘引等の管理および収穫時の作業空間が著しく狭くなることである（写真5）。

そこで、高知県土佐町大淵地区の標高600～650mの南面した傾斜段畑において、簡易雨よけと棚田のパイプハウスを利用して夏秋トマト生産を行っている農家圃場（写真6）において、傾斜畑に適合したハウスに関する実証研究を行った。

まず、市販の鉄骨補強パイプハウスを平均傾斜18

度の圃場に傾斜方向に建設した（面積150㎡、写真7）ところ、作業環境の快適性向上に有効である反面、コストが平地仕様の1割増（3.3㎡当たり資材費1.3万円）となり、不整形圃場の有効利用に難点があった。

そこで、高強度で資材単価が比較的安価な建設足場用資材を利用することで、強度を確保しながらコスト低減を図り、平屋根の形状を圃場に合わせ不整形に対応できるハウスの検討を開始した。

当初の平張型傾斜ハウス（面積242㎡、写真8）は、鉄骨補強パイプハウスの束石形基礎と50mm角パイプ支柱を用い、足場用パイプは棟および屋根パイプに使用した。不整形区画を平屋根で全て覆うことができ、等高線方向に長い圃場条件に合わせ、従来の傾斜畝を作業の軽労化に有効な等高線畝に変更することができた。資材費は3.3㎡当たり0.9万円であった。問題点は、束石形基礎は強風時の引き抜きに対する強度が不足すること、高さ2.5mの軒高では最盛期に2m近くまで生長するトマトが障害となり、ハウス中央部の風抜けが悪くなることであった。

対策として、まずベースつきコンクリート基礎を



写真5 簡易雨よけの中での防除作業



写真6 傾斜畑に散在した簡易雨よけによりトマト生産を行う農家圃場



写真7 傾斜方向に建てた鉄骨補強型パイプハウス



写真8 当初の平張型傾斜ハウス

考案し、支柱も含めた主な骨組みを全て足場用資材（パイプ、クランプ）で組めるようにすることで、3～4 mの軒高が確保できるようにした。

さらに、段畑地形を一体的に覆えるハウスを検討し、段畑の石垣高さが約2 mと高い場合には、屋根面傾斜が急になりすぎないように石垣部分で屋根を分離して中央換気窓を設ける（面積370㎡、写真9）等の工夫を行った。これにより、高温期は上・下段とも効率的に換気でき、低温期はハウス内に2重張りを設け、1台の加温機で上下段を一体的に保温管理することが可能になった。最終的な資材費は3.3㎡当たり0.8万円であった。

現在、平張型傾斜ハウスを導入し整備された農家圃場（写真10）では、夏秋期のトマト栽培に加え、冬春期のスイートピー栽培も行われ、周年生産による高収益化を実現したモデルとなっている。

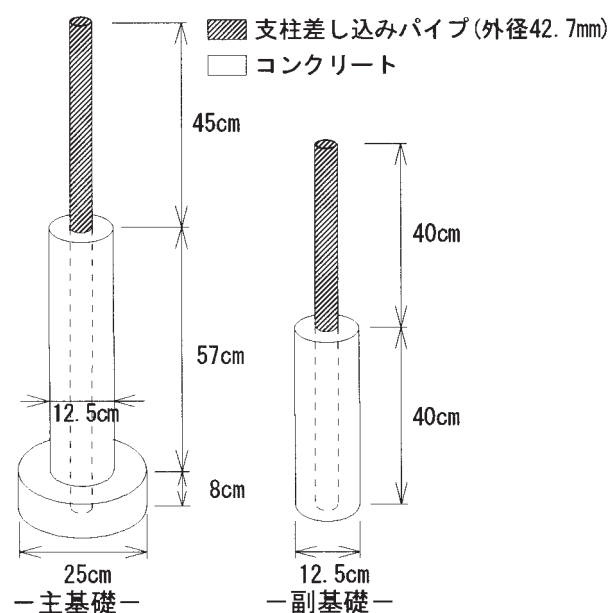


写真9 段畑地形に対応した平張型傾斜ハウス

3 使用した主な材料

平張型傾斜ハウスでは、主骨材に外径48.6mm、肉厚2.4mmの足場用パイプを使用し、パイプ同士は足場用の直交・自在クランプで接合した。パイプの延長は、長さ300～400mmに切った外径42.7mmパイプを半分の長さずつ差し込んで接続し、外径6mmのビスで固定した。

基礎は、前述したベースつきコンクリート基礎である。次項の基礎の引き抜き試験の結果より、第21図に示す外径250mmベース部分をつけた主基礎を用いた。また、側面では主基礎間に副基礎を配置する。これらは、紙製の円形型枠を使用し、セメント1に対し、砂2.5、砂利3.5の容積割合で調合したコンクリート⁴⁰⁾を充填し固めたもので、容易に自作できる³⁸⁾。



第21図 平張型傾斜ハウス用の基礎



写真10 平張型傾斜ハウスの整備された農家圃場

被覆材には基礎間隔 3 m に 0.7 m を加えた幅 3.7 m、厚さ 0.15 mm のポリオレフィン (PO) 系軟質フィルムを使用し、側面だけではなく屋根面も原反張りで対応した。屋根面のフィルム留め材は、雨水の流れを妨げないよう傾斜方向に配置し、間隔は 0.5 m とした。側面は屋根面の傾斜に平行に 3 段で留め材を配置し、2 段の巻き上げ換気窓が設けられるようにした。

4 施 工

1) 敷地決め

第22図のような石垣で区切られた傾斜段畑での施工事例¹⁹⁾を示す。傾斜畑は不整形であることから敷地決めが難しいが、傾斜山側の石垣に沿って通路幅約 1 m を確保して等高線方向に基準線を取り、それに直交して傾斜方向の基準線を決めた。主基礎の間隔は本事例では 3 m を基本とし、2 条植えのトマト畝が支柱間に 2 畝確保できるようにした。ハウス外周部は圃場形状に合わせて支柱間隔を適宜変更した。

2) 主基礎の埋設

主基礎は深さ 0.5~0.6 m に埋設するが、大きな石や岩盤により掘削が困難な場合は、0.4 m 程度の深さが確保できたときにはそのまま設置し、それ未満では基礎列方向に沿って 1 m を超えない範囲で掘削位置をずらすようにした。それでも対処できない事例が第22図のハウスで 1 か所発生したが、その際には岩盤に直径 20 mm、深さ 0.2 m 程度の穴を掘削し、呼び径 19 mm の鉄筋を差し込み、現場練りのコンクリートで固定して基礎代わりとした。なお、基礎の質量は

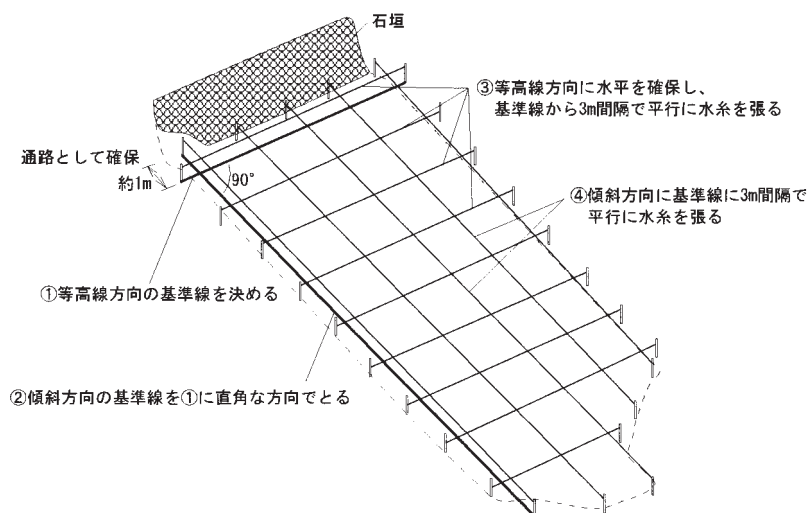
約 20 kg であり 1 人で埋設作業が行えた (写真11)

3) 支柱の設置

支柱は主基礎の立ち上がりパイプ (外径 42.7 mm) に差し込んで固定する。差込長さは接合部の変形を防ぐため、曲げ許容範囲とされるパイプ外径の 3 倍⁴¹⁾の 15 cm 以上とした。屋根面傾斜は概ね圃場の平均傾斜に合わせ、圃場の凹凸があっても支柱長さが 2.5~4 m の範囲に収まるようにする。足場用パイプを支柱として使用したときの強度を試算したところ、4 m の長さで許容圧縮応力度は 3.2 kN/cm^2 であり、断面積を乗じた 11.2 kN が許容荷重となる。この数字は 1 本の中柱で負担する屋根パイプ等の固定荷重 (0.4 kN)、 50 m/s の風圧力 (6.1 kN)、積雪深 50 cm の積雪荷重 (4.4 kN) より十分に大きい。支柱長さの上限を 4 m としたのは屋根面のフィルム展張作業の安



写真11 主基礎の埋設作業



第22図 敷地の決定と基準線、基礎位置決め方法

全確保のためである。

4) 屋根組作業

傾斜方向の支柱列を傾斜上方から下方に向かい棟パイプで接続する。支柱頭部には垂鉛メッキ平キャップを被せ、その直下に自在クランプを固定して支柱と棟パイプの接続を行う。この作業を行う前には、棟・屋根パイプの荷重により支柱が傾かないよう、傾斜上端列の支柱を支える筋交い補強を仮設した。

屋根パイプは主に直交クランプを用い、棟パイプ上に等高線方向に配置する(写真12)。支柱間隔を4等分した0.75m間隔にすると位置決めが容易であり、フィルム張り作業時の足場間隔としても適切であった。

フィルム留め材は、屋根パイプに直交すなわち傾斜方向に固定する。雪や雨水が滞留しないようにするには、間隔は0.5mが適当とみられた。留め材はビ

ス(呼び径4もしくは5mm)で屋根パイプに固定する。なお、棟と屋根パイプの接続クランプの締め付けボルトが留め材よりも上面に出ることから、あらかじめナット上位置で切断した。

5) 側面仕上げ

側面のフィルム留め材は屋根面に平行に配置する。留め材は曲げ強度が小さいため、主基礎間に2本の支柱を約1m間隔で配置しそれらに固定するようにした。主基礎間の支柱に副基礎(第21図)をつけると、位置決めが容易であり、かつ地際からのパイプの錆びつきを防ぐことができる。

留め材は、通常は3段配置し、最下段は地面から約0.5mの位置にハウス裾周りの固定張り用として取り付けた(第23図)。中段、最上段はそれぞれ側窓巻き上げフィルム用とし1.0~1.5m間隔で取り付けた。また、最上段は屋根面からのフィルムを巻き込んだ固定張りにも使用した。

四隅部分は第23図のように幅約1mで固定張りとした。扉には市販のファスナーつき出入口用フィルムを使用したり、パイプハウス用の開き戸や引き戸を取り付けることも可能であるが、足場用パイプとクランプを利用した開き戸を作ることもできる。

6) 補強取付

平張型傾斜ハウスの補強は、主に強風対策用としてブレース、筋交いおよび方づえで対応した。ハウス外周は市販鉄骨補強ハウスで利用されている直径9mm鉄棒製のブレースを2本組で交差させ、主基礎間1スパンおきを目安に取り付けた。

側面方向からの風圧力に対しては、足場用パイプを利用した筋交い補強を行った(写真13)。ハウス外

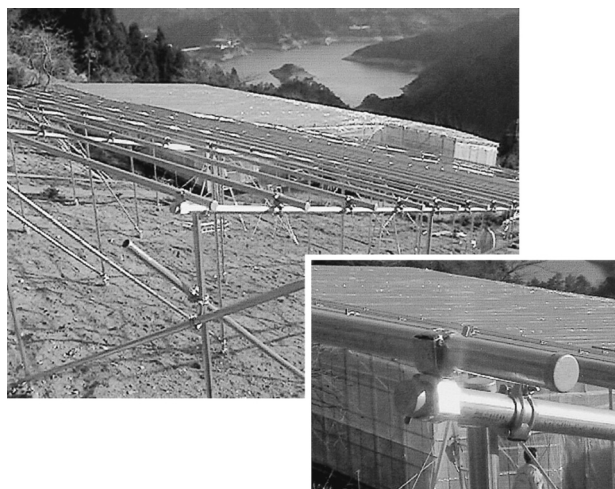
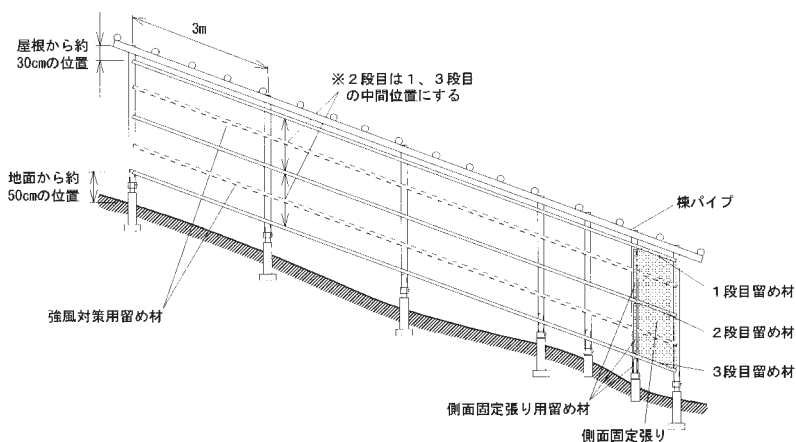


写真12 屋根パイプの取り付け



第23図 側面のフィルム留め材の取り付け位置と四隅の固定張り



写真13 プレースおよび筋交い補強

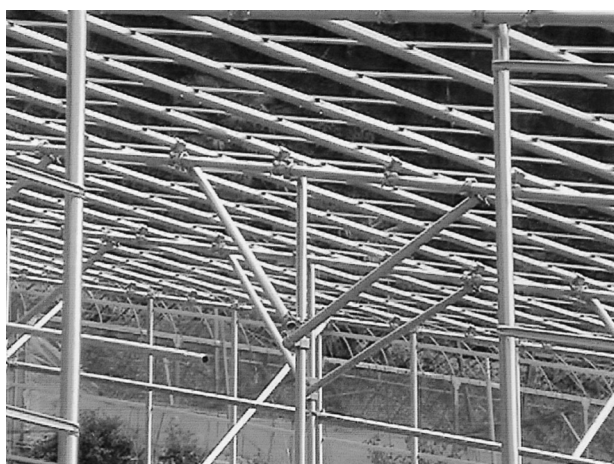


写真14 支柱と棟パイプ間の方づえ補強

周部の主基礎支柱を支えるように、傾きは概ね45度になるように取り付け、作業の障害になる筋交いは角度を変更したり、通常時は収納しておき強風時にのみ取り付けて補強できるようにするとよい。

屋根面については、支柱と棟パイプの間に足場用パイプと自在クランプで方づえ補強を行った（写真14）。支柱頭部で棟パイプを支持しているクランプに過大な力が作用しないようにするのに有効である。

7) フィルムの展張

裾周りの固定張りフィルムは耐久性を考慮し、厚めの0.5mmの止水シートを用いた。屋根・側面には、伸びにくくかつ裂けにくいポレオレフィン（PO）系の軟質フィルムを使用した。3.7m幅の原反が使用でき、屋根面では全ての留め材に鋼線製波形スプリング等で押さえ、棟パイプ直近の留め材には2枚のフィルムを重ねて固定した。屋根面では雨漏りの原因と



写真15 施工手順の確認を行った平張型傾斜ハウス

なるフィルムの破れに特に注意する必要がある。側面は四隅に固定張りを設け、2段の巻き上げ換気窓に必要な幅で切ったフィルムを取り付ける。巻き上げには市販の手動式巻き上げ装置を利用したり、パイプで自作した簡易なハンドルを用いた。

8) 施工所要日数

第22図の敷地（面積287m²）に設置したハウスが写真15である。実際に施工に要した人数、日数より2人組み作業に換算すると第7表のようになり、合計で15日間（30人日）を要した。ハウス施工に必要な資材は、第8表の通りであり被覆資材を除く資材費は約80万円を要し、3.3m²当たり約0.9万円であった。

5 摘 要

傾斜畑野菜作で求められるハウスを実証研究の中で検討し、その結果として得られた平張型傾斜ハウスの施工技術を明らかにした。

- 1) 実証農家において簡易雨よけに替えて平張型傾斜ハウスを導入することで、従来のトマトに加え、新たにスイートピー栽培が行えるようになり生産性の向上に寄与した。
- 2) 平張型傾斜ハウスは、建設足場用資材を多用することに特徴があるが、新たに引き抜きに強いベースつきコンクリート基礎を考案した。
- 3) 施工は農家自身で行え、面積が約3aのハウスで30人日を要し、資材費は3.3m²当たり0.9万円であった。

Ⅶ 平張型傾斜ハウスの構造要素と骨組みの強度

1 緒 言

前節のように平張型傾斜ハウスは、低コスト高強

第7表 施工手順と所要日数

①粗整地作業	0.5日
⇩	
②主基礎穴掘削	0.5日
⇩	
③主基礎埋設	1.0日
⇩	
④主基礎支柱取付	1.0日
⇩	
⑤仮補強取付	0.2日
⇩	
⑥棟パイプ取付	0.3日
⇩	
⑦主基礎列屋根パイプ取付	0.5日
⇩	
⑧屋根パイプ残り取付	1.0日
⇩	
⑨副基礎及び支柱取付	1.5日
⇩	
⑩屋根面フィルム留め材取付	1.5日
⇩	
⑪側面フィルム留め材取付	1.0日
⇩	
⑫扉, 出入口の加工	0.5日
⇩	
⑬補強取付 (筋交い, 方づえ, プレース)	1.0日
⇩	
⑭腰フィルム設置	1.0日
⇩	
⑮屋根フィルム設置	2.0日
⇩	
⑯側面フィルム, 巻上げ設置	1.5日
合 計	15.0日

度の建設足場用資材を利用し, 使用する基礎や骨組み・補強およびフィルム展張方法を工夫することで, 農家自身が傾斜畑条件に合わせて施工できることが実証され, 施工方法等はマニュアル化されている¹⁹⁾.

一方で, ハウスの強度, 特に耐風性について検証する必要がある. 構造要素の中で, ここでは特に基礎に着目し, 傾斜畑でも埋設作業が容易で強風時の引き抜きに強いベースつきコンクリート基礎を考案し, その諸元と強度を明らかにしようとする.

構造全体としては, 足場用パイプは, 軒高4m, 支柱間隔3mでの施工において, 支柱や屋根組で使

第8表 使用資材とコスト

資 材 名	数 量 (本, 個)	コスト (円)
主基礎	46	31,824
副基礎	52	18,335
足場用パイプ (長さ3m)	151	115,265
足場用パイプ (長さ4m)	38	36,989
足場用パイプ (長さ5m)	132	161,330
接続用パイプ (長さ6mを 300mmに切って使用)	8	13,920
単クランプ	98	21,168
自在クランプ	277	60,940
直交クランプ	205	45,100
ウインドエース (6m)	190	192,090
PO ストッパ (2m)	360	75,600
ブレース	15	33,691
合 計		806,253
(3.3㎡当たり)		8,528

注) 第22図の敷地に設置した写真15のハウスで使用した資材 (被覆資材は除く)

用するには十分な強度を有している. 一方, クランプはパイプ軸方向のせん断強度が直交で4.9kN, 自在で3.4kNにとどまり, さらに直交については0.7~0.8kN・mのねじりモーメントが作用すると破断するという測定事例⁵⁶⁾がある.

したがって, 風圧等により過大なねじり荷重が作用すると考えられる箇所には直交クランプの使用はさけ, 筋交い・方づえ補強を適切に加えることが重要である. そこで, 実物大ハウスにおける強風を想定した加力試験を行い, 補強方法別での変位の違いを明らかにしようとする.

2 試験方法

1) 基礎の引き抜き試験

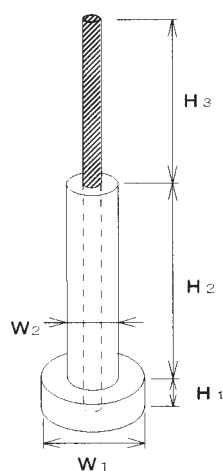
第9表, 第24図の諸元を有する試作ベースつき基礎と市販の東石型基礎(W社製A-1)について, 油圧ショベルにより引き抜き試験を行った. 引き抜き抵抗の測定はロードセル(TEAC製TU-BR 1T, 容量9.8kN)により検出した. ベースには外径30と25cm, 立ち上がりには同15, 12.5および10cmの紙製円形型枠を所定の長さに切って使用し, コンクリートは前述した園芸用ハウス施工暫定基準の調合割合B種によった.

第9表 試作ベースつき基礎の主要諸元

	H ₁ (cm)	H ₂ (cm)	H ₂ (cm)	W ₁ (cm)	W ₂ (cm)	質量 (kg)
タイプ A	10	57	43	30	15	37.3
タイプ A'	7.5	57	45.5	30	15	34.0
タイプ A''	5	57	48	30	15	30.7
タイプ B	10	57	43	25	12.5	26.4
タイプ B'	10	57	43	25	10	20.4
市販基礎	—	—	40	(長19-短16)	—	27.9

注1) 基礎の全高は全て110cm. ベースの高さはH₁で外径がW₁. 立ち上がりの高さはH₂で外径がW₂. 差し込みパイプ長がH₃.

2) 市販基礎は束石形でコンクリート部分の断面形状が楕円形



第24図 ベースつき基礎の寸法

2) 実物大ハウス構造による加力試験

第25図に示す支柱、棟、屋根組が組み上がった平張型傾斜ハウスを供試し、側面に加力したときの筋交いの配置別での、支柱頭部の変位量の違いを調査した。側面に作用する力は風圧によるものとし、以下の想定をもとに、ハウス内から2本の支柱を4輪駆動トラクタ（S式D-288, 出力20.6kW (28 PS), 機体質量1.3 t）でロードセル（基礎引き抜き試験と同じ）を介してけん引した。

高知県の設計用風速50m/s（再現期間22年での値）が作用したとき、2本の支柱が負担する側面からの風圧力を概算すると、速度圧69.3, 風力係数0.8, 見つけ面積18m²（高さ3 m×幅6 m）, 重力加速度9.807m/s²より,

$$\text{風圧力} = 69.3 \times 0.8 \times 18 \times 9.807 \div 9.8 \text{ kN}$$

となることから、最大荷重の目安は9.8 kN とした。

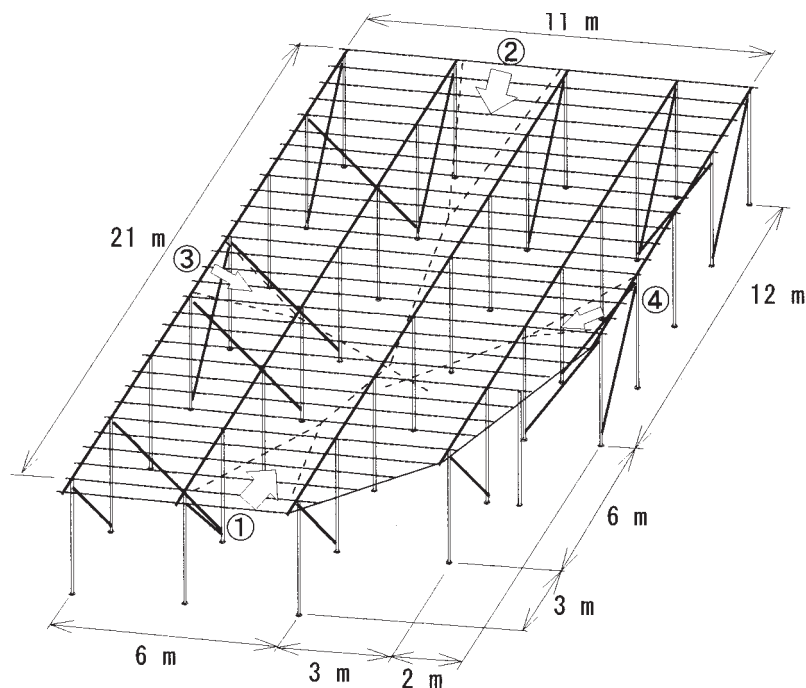
なお、変位量はワイヤ式変位計（共和電業製 DTP-1 MDS, 容量0—1,000mm）で測定した。けん引方向は第25図に示す傾斜上下および等高線の4方向とした。

3 試験結果および考察

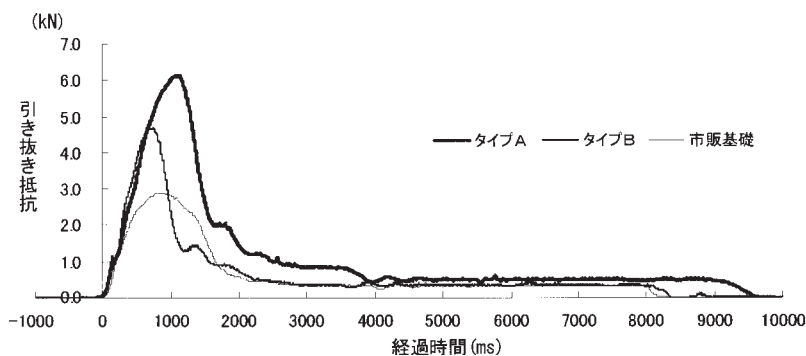
1) 基礎の引き抜き試験

引き抜き抵抗の変化を第26図に示す。鉛直方向への引き抜きを開始すると基礎周辺の土が徐々に盛り上がり、その後完全に土を抱えた状態で引き抜かれた。粘性土の場合、基礎または杭で囲まれる底面の周辺から鉛直面と底面、地表面で囲まれる直方体の重量に、直方体の鉛直面に働く土の粘着抵抗を加えた値が引き抜き抵抗として作用する⁴⁰⁾。また、縦横50 cmで小径パイプ（外径22.2mm）を井桁構造に組んでベースとし、深さ50cmに埋設した簡易基礎での測定事例では11.8 kN と極めて大きな抵抗が得られている⁵⁸⁾。このことから、底面積が大きいタイプAの基礎が最も大きな抵抗値を示したのは自明である。

埋め戻し土の締め固め程度別での最大引き抜き抵抗を第10表に示す。締め固めにより約30%抵抗が増大した。基礎の軽量化のためベース厚さを薄くすると約20%減となり、ベースおよび立ち上がり外径を小さくすると24~29%減となった。ただし、最も抵抗が小さい基礎でも対照とした束石形基礎の1.5倍の値を示した。ベース厚さ5 cmでは、引き抜き試験を繰り返す中でベース部分にひびが生じた。また、立ち上がり外径を10 cmまで小さくすると、42.7 mmパイプを差し込んだ状態で生コンを型枠内に充填しづら。以上の知見から、ベース外径25 cm, 厚さ8 cmお



第25図 加力試験に供試した平張型傾斜ハウス
注1) 図中①～④と矢印は加力位置と方向を示す
2) 側面の主基礎支柱間に1 m間隔で配置している支柱は省略



第26図 基礎引き抜き試験時の引き抜き抵抗の変化

第10表 試作基礎の最大引き抜き抵抗

	締固め程度小 抵抗 (kN)	締固め程度大 抵抗 (kN)
タイプ A	4.7	6.1
タイプ A'	3.5	5.0
タイプ A''	4.4	4.9
タイプ B	3.7	4.7
タイプ B'	3.0	4.4
市販基礎 (対照)	2.1	2.9

注) 締固め程度小の最大引き抜き抵抗は、埋め戻し土を
足で締め固めた状態 (5 ～ 40cm 土壌硬度 5.1 kgf/cm²)
での値。同程度大はパワーショベルのバケットで締
め固めた状態 (同 9.3 kgf/cm²)

よび立ち上がり外径12.5cmの基礎を平張型傾斜ハウ
ス用基礎として選択することとした。

なお、風速50m/sの風が側面から当たったときに、
屋根面に作用する引き抜き力を1本の主基礎で負担
する力の概算値は、速度圧69.3、風力係数 $1.3 \sin \theta - 0.5$ 、
見つけ面積9 m²、重力加速度9.807m/s²で、傾
斜10度のハウスについて試算すると、

$$\text{風力係数} = 1.3 \times \sin 10 - 0.5 = -0.27$$

$$\text{風圧力} = 69.3 \times (-0.27) \times 9 \times 9.807 \div -1.7 \text{ kN}$$

となり、構造に極端な変形が生じない限り、市販の
束石形基礎でも耐力は有しているが、コストはペー

スつき基礎を自作することで約1/3に抑えられる。

2) 実物大ハウス構造における加力試験

けん引方向および筋交い本数別の最大荷重とそのときの変位量を第11表に示す。なお、傾斜上り、等高線方向についてはトラクタ車輪のすべりにより想定した最大荷重まで至らなかった。園芸施設安全構造基準では、プラスチックハウスの柱の倒れの変形制限は、柱の高さ h の1/60である。この値は、鉄骨補強パイプハウスの水平加力実験で、鉄骨架構の仕口（支柱と梁の接合部）の許容曲げモーメントから算出される許容水平力の5～10倍の荷重をかけたとき、仕口の塑性変形等にもない変形制限（ $h/60$ ）の10倍以上の水平変位が発生し、特に $h/30$ を越えると基礎頭部が急激に転倒しはじめた点を考慮して定められている⁴²⁾。供試した平張型傾斜ハウスでは変形制限は $3,000\text{mm}/60=50\text{mm}$ となる。

全ての方向について筋交い本数を増やすことで、変位量が小さくなる傾向を示した。傾斜上方にけん引（第25図の①）した場合、仮に9.8kNまで荷重をかけたと想定すると筋交いがないと変形制限を越える可能性があった（第27図）。傾斜下方けん引（同②）では筋交いなしでも変形制限以下の変位量であった。等高線方向（同③、④）については、傾斜上下方向に比べ同一荷重時の変形量が大きく、筋交い本数が支柱本数に比べ極端に少ないと変位は変形制限の2倍以上に達した（第28図）。しかし、この場合でもクランプ等の接合部の変形はなく、基礎の倒れ（地表

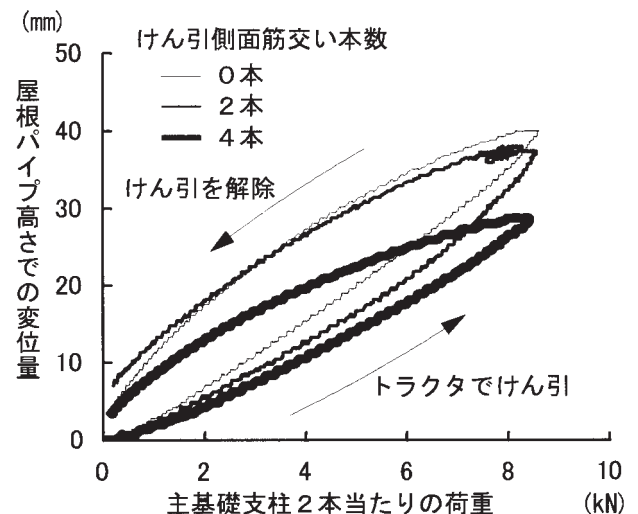
面で最大約30mm）が生じただけであった。なお、除荷すると倒れは速やかに復元した。

設計風速50m/sに相当する力を局部的ながらもハウス側面に加えた結果、加力方向により変位の傾向が異なったものの、部材の破損や回復不能な著しい変形は生じなかった。筋交い補強を適切に行うことで、目標とした鉄骨補強パイプハウス（耐風速40m/s）以上の強度は確保できる。

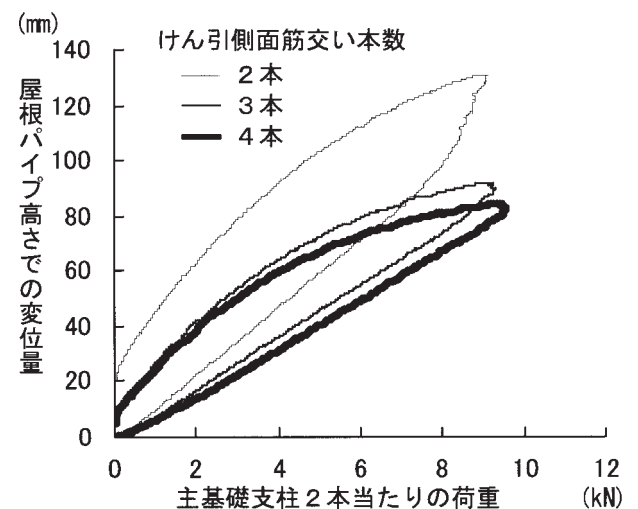
4 摘 要

平張型傾斜ハウスの強度を、基礎引き抜き試験および実物大ハウス構造による加力試験により明らかにした。

1) ベースつき基礎は、市販の東石形基礎の1.5倍以



第27図 傾斜上方（第25図①）けん引時の変位量



第28図 等高線方向（第25図③）けん引時の変位量

第11表 けん引方向と筋交い本数別の加力試験結果

けん引方向	筋交い本数	最大荷重 (kN)	最大変位 (mm)
傾 斜 上 方 ①	0 本	8.6	40
	2 本	8.6	38
	4 本	8.4	29
傾 斜 下 方 ②	0 本	10.2	47
	2 本	10.3	46
	5 本	10.4	41
等 高 線 方 向 ③	2 本	9.1	131
	3 本	9.3	92
	4 本	9.6	85
等 高 線 方 向 ④	0 本	8.7	97
	2 本	9.2	82
	3 本	8.9	80

注) けん引方向の①～④は、第25図を参照

上の引き抜き抵抗値を示した。

2) 引き抜き試験の結果と人力による埋設作業を考慮し、ベース外径25cm、厚さ8cmおよび立ち上がり外径12.5cmの基礎を、平張型傾斜ハウス用基礎として選択した。

3) ハウス全体の強度は、実物大のハウス構造に風速50m/sに相当する荷重を加えて検証した結果、加力方向により傾向が異なるものの、筋交い補強を適切に加えることで、目標とした耐風速40m/s以上は確保できるとみられた。

Ⅶ 薬剤散布作業の軽労化技術

1 緒 言

ハウス内の高温・多湿環境は病害虫の温床となりやすく、自ずと薬剤散布の回数が多くなる。作業面では身体負担が大きく農薬被ばくの問題があり、自動化等により改善する必要がある。

施設における各種防除法⁹⁾の中でも、使用できる薬剤の種類が多いことから液剤散布法が最も普及している。特に可搬形動力噴霧機（動噴）による散布が一般的であり、タンクから薬液を吸い込み、2～4.9MPaの圧力をかけて耐圧ホースで送り散布ノズルから吐出する。この動噴と接続し畝間を自動走行・散布する装置がバッテリーカーと呼ばれるものであり、大規模な果菜類栽培で使用されている。また、大規模育苗施設では、定置配管したスプリンクラで散布と細霧冷房を兼用させた装置もある。さらに、大規模なハウスでは施設構造を利用して設置したレールを自動走行する、散水・薬剤散布の兼用機も用いられている。

しかし、山間地の小規模ハウスではこれら自動化装置の導入は少ない。導入コストの問題が最も大きい。地上走行式の装置では傾斜地で安定して自動走行できないことも原因である。そこで、ハウスの補強梁を利用して設置したレール上を走行する、低コストな散布機の開発を目指した。すなわち、農家が所有する動噴とホースがそのまま利用でき、自動往復走行機能により薬液の被ばくがなく、容易に脱着して複数のハウスで利用できる散布機である³⁵⁾。

まず、傾斜地の棚田に建てられた連棟ハウスにおける花き栽培に適用できる散布機を開発し、仕様を

変更することで平張型傾斜ハウス内でも利用できるようにする。

2 レール式薬剤散布機の仕様と特長

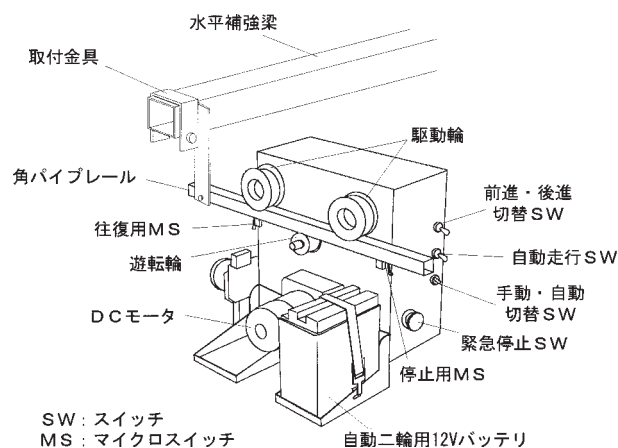
1) 散布機の概要

レール式薬剤散布機は、ハウス内に設置した作業レール上をモータ駆動で自動往復走行できる走行装置に、平面的に作付を行う花き栽培では水平広幅ブームノズルを、果菜類のような立体的な作付では垂直ブームノズルを装着して作業を行う。薬液は、動力噴霧機からホースを介して供給し散布する。レール間の移動は、レール末端の妻面方向で横移動できる懸架式の台車を使用し省力化を図っている³⁹⁾。

走行装置(第12表、第29図)は、搭載した12Vバッ

第12表 レール式薬剤散布機用走行装置の主要諸元

機体寸法	
長さ×高さ×幅	360×320×270mm
質量	12.7kg
駆 動	
モータ出力	80W (DC 12V)
駆動輪数	2
駆動輪直径	58mm
総減速比	1/22.4
無負荷走行速度	0.41m/s
作業レール	
材質	亜鉛メッキ角パイプ
断面大きさ	32×32mm (厚さ1.6mm)
使用ブームノズル	
長さ	5,200mm
質量	3.3kg
ノズル数	18 (右: 9, 左: 9)



第29図 走行装置の概略図

テリ（自動二輪用，定格容量12Ah，質量3.6kg）で出力80WのDCモータを駆動する。駆動輪は，レール上部に2輪配置し，下部の1つの遊転輪とで作業レールを挟んで走行する。本体にはアルミ部材を使用し，全質量を12.7kgにまで軽量化できた。これにより，作業レールを取り付けた複数のハウスにつけ替えて利用できる。

使用した散布器具類は，動噴，薬液タンク，耐圧ホース（呼び径8.5mm）およびブームノズルである。前述したように作付に合わせてブームノズルを選択し，例えば間口6mのハウスでの花き栽培では，噴口が18個ついた幅5.2mの水平幅広ブームノズルで，高さ1.5mの位置から下方へ一斉散布を行う。なお，慣行手散布に比べ防除効果の低下は認められず，薬害の発生もなかった。

2) 自動走行機能

ここでは，コストを抑えるため往復走行動作のみ自動化した。作業者は監視や横移動のため常にハウス近辺にいることから，薬液噴霧の開始・停止は少し離れた位置から手動で行うようにした。自動走行機能の制御フローを第30図に示す。

散布機の前後には緊急停止スイッチが取り付けられており，両方ともOFFの状態では走行可能となる。手動走行と自動走行との切替はスイッチ操作で行い，自動時に自動走行スイッチをONにすると往路走行を開始する。走行装置前方のマイクロスイッチで作業レール端部に取り付けたストッパを検知して往路終端で自動反転し復路走行を開始する。同後方のマイクロスイッチが復路終端のストッパを検知して自動停止する。これらは走行装置内に組み込んだリレーで制御している。

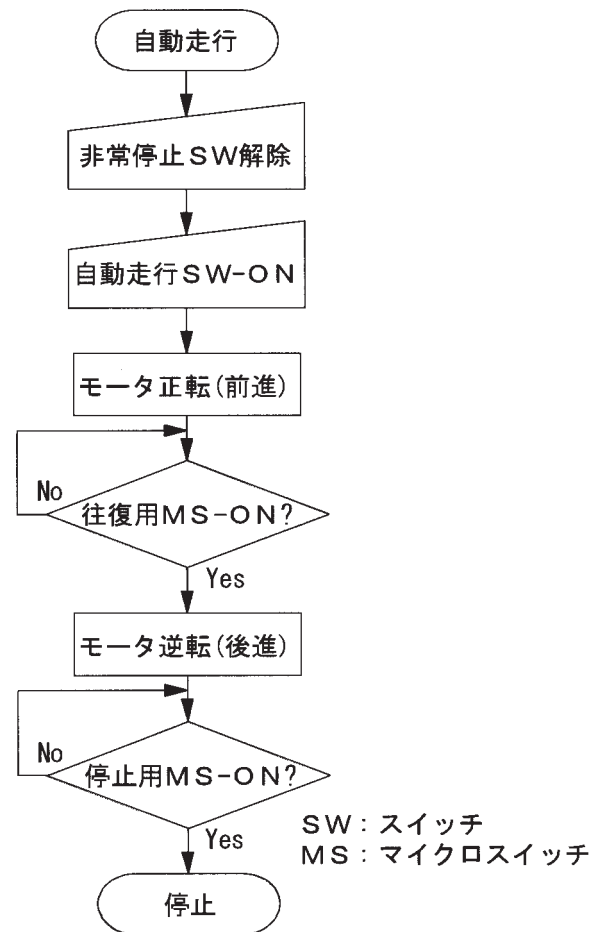
3 試験方法

1) 駆動性能の確認

32mm角パイプを作業レールとして使用し，ホースをけん引しない状態での走行速度（無負荷走行速度）を把握する一方で，走行方向とは逆向きにロードセル（TEAC 製 TT-FR 200，容量1.96kN）でけん引し，駆動輪のすべりが100%となったときのけん引力（最大けん引力）を調査した。

2) 連続走行試験

ハウス内に長さ25mで設置した作業レールにおい



第30図 走行動作の制御フローチャート

て連続的に往復走行させ，搭載バッテリー（自動二輪用，容量12Ah）1個で走行可能な距離およびその間の速度を調査した。

3) 棚田花き栽培ハウスにおける散布作業試験

切花生産に使用されている3連棟のハウス（面積9.2a）内において試験を行った。1棟の間口が6m，奥行きが51mで補強水平梁（50mm角パイプ，高さ約2m）が3m毎に設置されている。作業レールは，各棟の中央に1本ずつ補強梁を利用して高さ1.8mに設置した。1棟内に4畝でトルコギキョウが作付けされており，散布機は中央の通路上をホースを引っ張りながら散布走行した。

なお，対照とした作業は別の連棟ハウス（面積8.3a）において動力噴霧機，環状ノズル（5頭口）を用いて，畝間を歩きながら両方の畝上の切花（オリエンタルユリ）に散布しているときの作業時間から換算した。使用した動力噴霧機は常用圧力2MPaで吐出量が約10Lのものであり，薬液ホースは呼び径

8.5mmのものを使用した。散布機では設定圧力を1～2 MPa とすることで、慣行と同程度の100～150 L/10 a の散布量が得られるよう噴霧ノズル（チップ型式Y社 NN-D-6）を定めた。作業については散布状況・時間を調査した。

4）平張型傾斜ハウスにおける散布作業試験

トマト栽培が行われている第31図に示す段畑に建てた平張型傾斜ハウス内の等高線畝通路上に、高さ約1.8mで作業レールを設置した。トマトは立体的に栽培されており、レール式薬剤散布機で使用するブームノズルを縦型の10頭口（左右各5頭口）に変更するとともに、機体の横揺れが少なくと考え、作業レールを21mm角パイプに変更した。レール間の移動は、写真16のようなウインチを利用した手動台車で行うようにした。なお、走行装置には12Vバッテリーを2個搭載し、24Vと12Vの自動切替により、往路（空作業時）は0.82m/sで、復路（散布時）は0.41m/sで走行できるよう改造し、作業能率向上を図った。

対照とした作業は、長さ約1mの2頭口ノズルの振り散布（手散布）とした。作業については散布状況・時間を調査した。合わせて作業時の心拍数を携帯型ハートレートモニタ（POLAR 製アキュレクスプラス）で計測し、身体負担についても調査した。

4 試験結果および考察

1）走行装置の駆動・走行性能

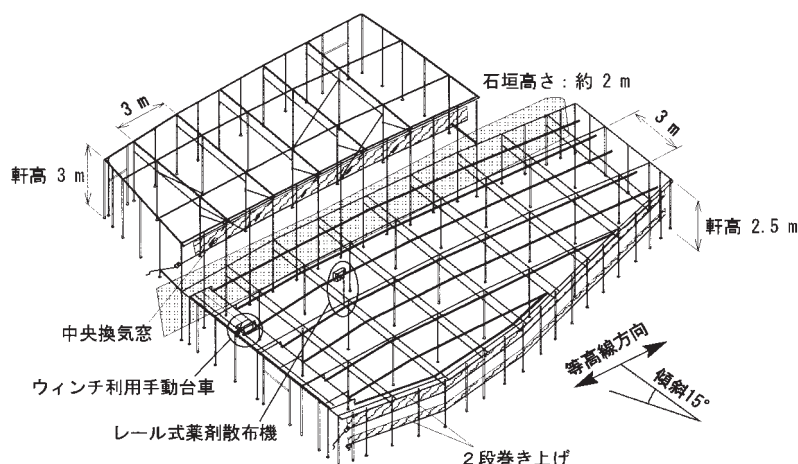
走行装置の無負荷走行速度は0.41m/sであった。

これは地上走行式の市販バッテリーカーと同程度である。前述した3連棟ハウス内で薬液ホースをとり回すのに要するけん引力は最大で約100Nであった。走行装置の最大けん引力は223Nであり、薬液ホースをけん引しながら走行するのに十分な能力を有している。実際の作業では5%程度のすべりが生じていた。

走行装置はレール上部のフランジつき駆動輪2輪と、下部のフランジつき遊転輪1輪で作業レールを挟み懸架走行するが、平均0.4m/sでの連続走行試験中に脱輪等で走行不能になることはなかった。搭載バッテリーで充電1回当たり約5,000mの走行が可能であった（第32図）。供試ハウスでの延べ走行距離は約300mであり、年間最大20回弱行われる切花の薬剤散布では約6,000mの走行距離となることから、薬液



写真16 ウインチ利用手動台車によるレール間移動

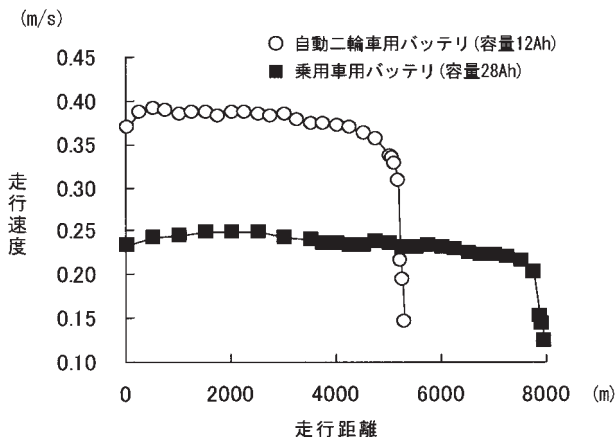


第31図 レール式薬剤散布機の試験を行った平張型傾斜ハウスの概略図

注1）ハウスの面積＝284㎡、傾斜上下方向16m、等高線方向山側18m、同谷側26m

2）図中等高線方向の太線が作業用レール（上段ハウスは省略）

3）図中のハウス内部の斜め実線は筋交い・補強パイプ類（下段ハウスは省略）



第32図 連続走行試験中の走行速度と距離



写真17 花き栽培ハウス内での薬剤散布作業風景

第13表 花き栽培ハウスにおける散布機と手散布の散布作業時間の比較

散布方法	作業速度 (m/s)	作業行程数	作業時間 (min)	回行時間 (min)	10 a 当たり 作業時間 (h/10 a)
レール式薬剤散布機	0.39	3	13.1	1.4	0.26
手散布	0.16	6	31.9	5.6	0.68

ホースのけん引負荷や自然放電を考慮しても年間1, 2回の充電で対応できるとみられた。

2) 棚田花き栽培ハウスにおける散布作業試験

散布作業状況を写真17に示す。水平幅広ブームノズルを装着し薬液ホースをけん引しながらの走行でも脱輪等の問題は生じなかった。1.5mの高さでブームを保持していることから、作業中に高さ約1mの高さにあるフラワーネット支持用の杭に接触することなかった。

作業時間の調査結果を第13表に示す。供試ハウスでの散布機による薬剤散布作業時間は0.26 h/10 aであり、慣行人力手散布の0.68 h/10 aの約40%に短縮できた。作業者は、散布機が作業中は横移動レール近辺で待機しているため、薬液被ばくが少なく安全性が向上した。棟間移動の所要時間は、1回当たり約0.3分であり、横移動台車を動かすのに要した力は最大でも17N程度であったことから、本横移動方法も省力・軽労化に有効である。

3) 平張型傾斜ハウスにおける散布作業試験

作業レールを32mmから21mm角パイプに変更したが、散布機は安定して走行し散布作業が行えた(写真18)。また、レール間移動もウインチの手回し操作だけで安全に行えた。作業時間調査では、散布機利用でも作業行程数は同じであり、ハウス1棟を一斉散布で



写真18 平張型傾斜ハウス内での薬剤散布作業風景

きる花きに比べ能率向上割合は小さかったものの、手散布の約60%の所要時間で作業できた(第14表)。

散布機による一連の作業の中で、散布中は待機して作業を監視しているだけであり、身体負担は極めて小さいものの、レール間移動時にホース回収し、ウインチ操作で散布機を動かすときの作業負荷はやや大きいため、平均心拍数は手散布の93拍/分に対し、96拍/分とほぼ同水準にとどまった。

5 摘 要

ハウス内の薬剤散布作業の自動化を図るため、レー

第14表 平張型傾斜ハウスにおける散布機と手散布の散布作業時間の比較

散 布 方 法	作業速度 (m/s)		作業行程数	作業時間 (min)	回行時間 (min)	10 a 当たり 作業時間 (h/10 a)
	空作業時	散布時				
レール式薬剤散布機	0.81	0.40	9	13.4	4.1	0.97
手 散 布	0.71	0.15	9	29.8	0	1.66

ル式薬剤散布機を開発し、その性能と適用効果を明らかにした。

- 1) 開発したレール式薬剤散布機は12Vバッテリーを搭載した DC モータ駆動で、レールに懸架し自動往復走行して散布作業を行う。
- 2) 散布機は、手散布と同様に薬液ホースを引きずりながら走行するのに十分なけん引性能を有していた。
- 3) 搭載バッテリーは、自動二輪車で使用されている容量12Ah クラスが軽量化に有効であり、通年使用に耐えうるとみられた。
- 4) 平面的な花き栽培において高能率作業を実現でき、立体的なトマト栽培でも適用できた。レール間移動方式を工夫することで、傾斜地でも適用でき、薬液の被ばくのない省力的な作業が実現できた。

VIII 平張型傾斜ハウスにおける快適・軽労化技術

1 緒 言

開発した平張型傾斜ハウスは、不整形な段畑地形に対応し、従来の簡易雨よけに比べ高強度であり、市販鉄骨補強ハウスより低コストで施工できる。実証試験地農家は、ハウス導入による作業面での最大の利点を、降雨時に濡れずに適期作業が行えることとしている。これは、トマト栽培が定植以降、芽かき、ホルモン処理、誘引、防除作業等の管理作業が多く、7～11月にかけて10段余りを連続的に収穫することが背景にある。また、新たな作型を導入することも実証されており、夏秋期のトマト栽培に加え、冬春期にスイートピー栽培を導入し定着させている⁴⁴⁾。

一方、栽培環境の改善効果や作業の快適・軽労化については、具体的に検証する必要がある。そこで、栽培環境におけるハウス導入効果を、栽培に使用できる面積の増大や作業空間の拡大で把握しようとする。

る。快適化については、WBGT (湿球黒球温度) 等の温熱環境指標で把握することも可能であるが、ここでは換気性に着目し調査する。軽労化については、身体負担の大きい登降坂作業が多い傾斜畝から、水平移動の多い等高線畝に変更することによる改善効果を明らかにしようとする。

2 調査および試験方法

1) 栽培環境に関する調査

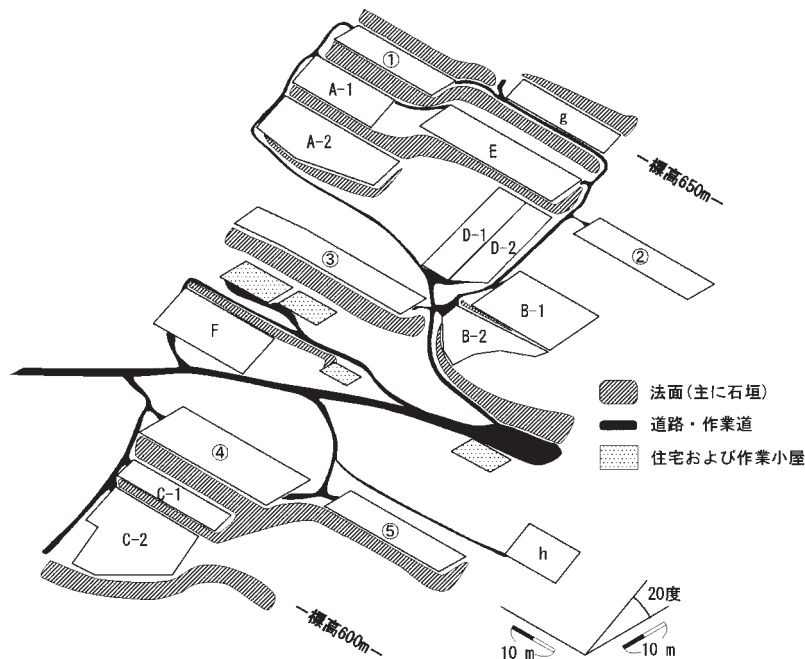
実証試験地の第33図に示すA-1, 2, B-1, 2 およびC-1, 2 の3か所について、簡易雨よけ時と平張型傾斜ハウスの栽培可能面積を調査した。作業空間については、A-2 区画における簡易雨よけとハウスの形状を比較した。

2) 換気性向上効果

第25図の加力試験で使用したハウスを供試し、換気性の調査を行った。側面は四隅に相当する部分の固定張りを除き、開放幅各1mで2段の巻き上げ換気窓が取り付けられている。まず、側窓全閉状態から傾斜上側、下側、最後に傾斜側面の換気窓の順に開放したときの、ハウス内の気温変化を測定した。気温は、高さ1.5mでハウス内の傾斜方向3か所に設置した温度計(タバイエスベック RT-30S)により、センサ部を日よけした非通風状態での計測とした。

次に、ハウス内外の風速を測定し比較することにより換気性を明らかにしようとした。ハウス内は高さ1.5mで熱線風速計(京都電子工業製 AM-101の風速計測部で計測)により計測した。屋外風速は、ハウスから約100m離れた位置の気象観測装置の値を使用した。

比較対照として、平張型傾斜ハウスに隣接した平地に建てられたアーチ型パイプハウスを用いた。間口6m、奥行き15m、棟高さ2.5m、肩高さ1.5mである。側面に開放幅0.8mで1段の巻き上げ換気窓が取り付けられている。



第33図 実証試験地における簡易雨よけおよびハウスの配置

注) 平成9年時点の簡易雨よけはA～hであり、うち大文字は平成13年までに平張型傾斜ハウスが立てられた圃場を示す。
①～⑤は棚田加温ハウス

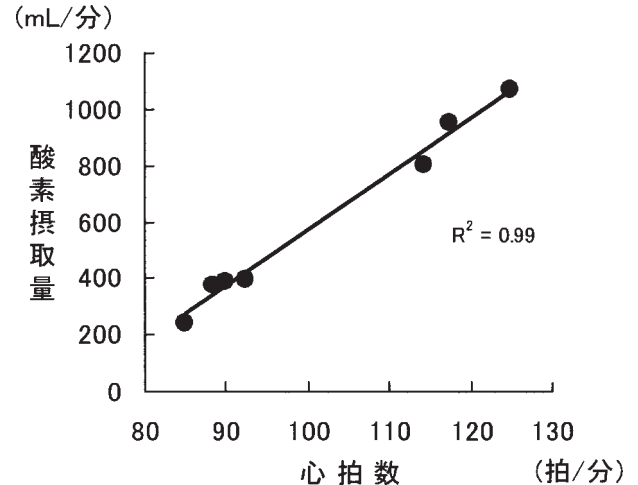
3) 平張型傾斜ハウス内作業に関する試験

平張型傾斜ハウスにより、降雨時にも濡れずにハウス内を動き回れる空間が広がるとともに、作畝方向は傾斜・等高線方向いずれも可能となる。傾斜15度を越えるハウスについては軽労化に有効な等高線畝の適用を検討した。なお、前述したように南斜面にある営農試験地では等高線畝は東西畝に相当するが、傾斜により栽培面での相互遮蔽の問題が軽減できる。畝間距離が1.5mの場合、傾斜20度では隣接畝の高低差が約0.5mとなる。通路面を水平にし、幅を約0.3m確保することで、大半の管理作業が平地とほぼ同じ条件で行える。

等高線畝に関わる作業について、以下の項目で調査した。

(1) 等高線畝の畝立て作業

耕うん爪の向きを傾斜上方にそろえ片排土仕様にした小型溝上機（K社製CT-35R、質量51kg、出力1.7kW）を供試し、作業状況と身体負担を調査した。作溝深さは5cmに設定し、揚土も兼ねて傾斜上方にのみ土を飛ばし、幅約30cmの水平な通路を作るようにし畝立てを行った。身体負担は、携帯型ハートレートモニターによる心拍数計測によった。なお、被験者



第34図 被験者の心拍数と酸素摂取量の関係

注1) 39歳男性

2) 昇降速度を任意に変え踏み台昇降運動を行ったときの値

は39歳男性で、労働負担の算出に用いられる酸素摂取量と心拍数の相関は、第34図のように0.99と高く、心拍数で負担を評価するのは妥当と考えられた。

(2) 薬剤散布作業

等高線畝と傾斜畝について手散布での作業能率と心拍数で比較した。等高線畝は、第33図のA-2（平

均傾斜15度)に設け、通路面は概ね水平にし、1畝の長さを約25mとした。傾斜畝は、同図F(平均傾斜18度)に設け、畝長さは約9mとした。散布対象であるトマトは、収穫終期で高さ約2mまで繁茂した状態であった。手散布は、動力噴霧機から薬液ホース(呼び径8.5mm)で水を送り、長さ約1mの2頭口ノズルの振り散布で行った。

(3) レール利用荷下ろし作業

等高線畝で採果したトマトをコンテナに集め、第35図に示す器具により枕地を傾斜方向に下ろす方式を検討した。平均傾斜18度のハウス(第33図のD-1, 2)内において、約20mの距離で25.5kgの重量に調整したコンテナの荷下ろし作業を行い、器具利用と抱え運搬時の心拍数を調査し比較した。

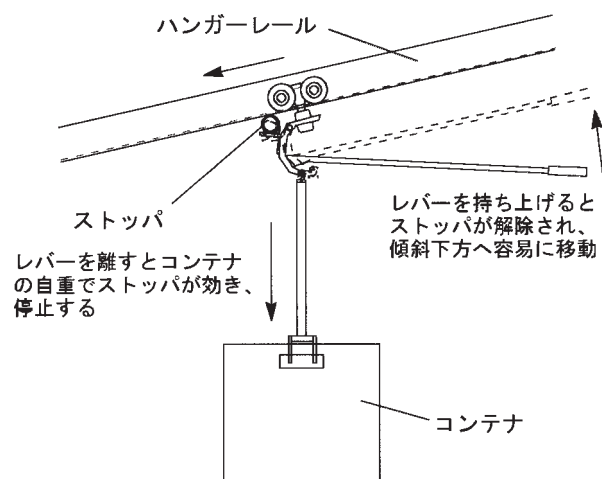
(4) 誘引作業

散布作業より負担の軽い作業として、スイートピーの誘引模擬作業を平地と傾斜畝(傾斜18度)で行い、作業状況の調査と心拍数計測を行った。誘引用のネットに洗濯ばさみでつるを固定する作業について、高さ1.7mから1.4mへのつけかえを模擬的に行った。作業状況はビデオカメラの画像を10秒間隔でサンプリングし、OWAS(Ovaco Working Posture Analyzing System)⁵³⁾により姿勢コードを読みとり負担度の算出を行った。

3 試験結果および考察

1) 栽培環境の改善

従来の簡易雨よけでは、骨組みのアーチパイプを差し込むため、通路幅を1.2mも確保しなくてはなら



第35図 試作したレール利用荷下ろし補助器具

なかった。平張型傾斜ハウスを導入することにより、通路幅は0.3~0.4mで済み、栽培畝として利用可能な面積は同一敷地において30~60%増となった(第15表)。また、市販の鉄骨補強ハウスでは、第36図のような区画において斜線部分に建てることは困難であり、平張型傾斜ハウスの方が不整形区画の利用効率が低い。

また、写真19のように通路にパイプがなく広い作業空間が確保でき、レール式薬剤散布機用の作業レールを通路に設置しても、収穫・管理作業の障害とはならなかった。

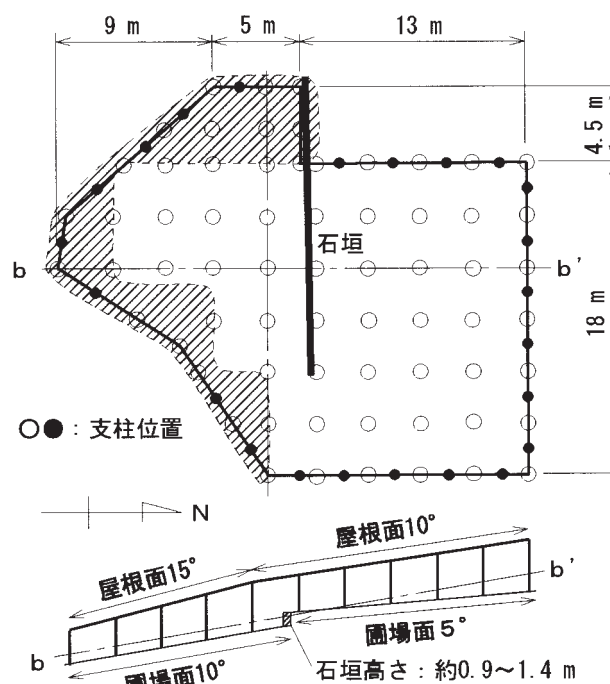
第15表 栽培可能面積でみる平張型傾斜ハウス導入効果

ハウス記号	簡易雨よけ 面積 (m ²)	平張型傾斜ハウス 面積 (m ²)	増加率 (%)
A-1,2	145 (352)	232 (370)	59.8 (5.1)
B-1,2	193 (389)	256 (438)	32.5 (12.6)
C-1,2	177 (377)	234 (390)	32.4 (3.4)

注1) ハウス記号は第33図を参照。()内数字は敷地面積に対応

2) 栽培可能面積は、畝裾幅1.1mとして、通路、枕地部分を除外して算出

3) 増加率は、(平張型-簡易雨よけ)/簡易雨よけ×100とした



第36図 不整形な傾斜畑に対応した平張型傾斜ハウス
注) ハウス面積=419m², 第33図のB-1, 2を一体的に履った

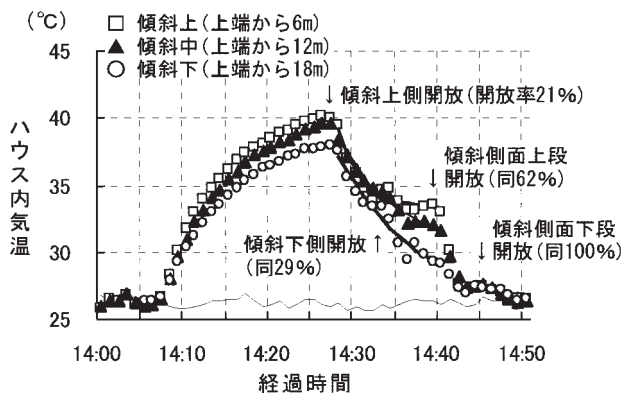


—簡易雨よけ—



—平張型傾斜ハウス—

写真19 平張型傾斜ハウス導入による収穫作業環境の改善



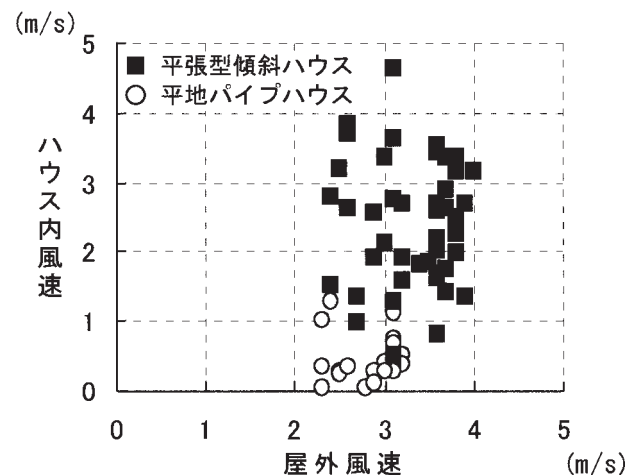
第37図 換気方法によるハウス内気温の変化

- 注1) 2001年9月28日測定。天候晴れ
(平均日射0.63kW/m²)
2) 測定高さ1.5mでその高さには植物体は無し
3) 平張型傾斜ハウス：傾斜10度、面積215m²
4) 平地パイプハウス：面積90m²

2) 換気性向上効果の確認

傾斜面に建てられたハウスでは、気温等の分布差が生じるとされており、平張型傾斜ハウスでも傾斜方向に温度較差が生じた。第37図のように傾斜上・下側のみの開放では較差が残るため、換気作業は傾斜側面開放も合わせて行う必要があった。全側面を開放することで換気が促進され、全閉状態で外気温+14℃であったのが外気温並みにまで低下した。

平張型傾斜ハウスは、2段の巻き上げ換気窓を四方に設け開放できることから、側窓開放面積の床面積に対する割合が30～40%であり、市販のアーチ形パイプハウスの同割合が10～20%にとどまるのに比べ大きく、斜面風の取り込みが効果的に行えた(第



第38図 平張型傾斜ハウスの換気性

- 注1) 2001年8月17日測定。天候晴れ
(平均日射0.53kW/m²)
2) 高さ1.5mの熱線風速計の測定値
(周辺に植物はない)
3) 平張型傾斜ハウス：傾斜10度、面積215m²
4) 平地パイプハウス：面積90m²

38図)。気温が30℃を越える環境での風速1 m/s程度の風は、作業者の代謝エネルギーを小さくする効果があるという事例⁶¹⁾もあり、好換気性はハウス内環境の快適性向上にも有効である。

3) 等高線畝導入をはじめとした平張型傾斜ハウス内作業改善

(1) 等高線畝の畝立て作業

小型溝上機による作業は、写真20のように水平な通路面を作りながら等高線畝を立てることができた。傾斜20度近くの傾斜面でも機体を安定して支持するには、ハンドルを傾斜上方に約10度回転させ、機体

前部をやや傾斜上方に向けて等高線走行させるとよかった。なお、傾斜10度では平地と同様にハンドルの角度変更をせずに作業が行えた。この作業時の平均心拍数は107拍/分と中程度の作業負担であり、平地の110拍/分と大差なかった。

(2) 薬剤散布作業

散布作業は、等高線畝では往路はホースを引っ張り散布せずに歩行し、復路で後退散布を行った。なお、傾斜畝では登坂は空作業、降坂で散布とした。

心拍数はホースを引っ張りながら歩行することで徐々に上昇し、等高線・傾斜畝とも散布開始前後に最大値を示した。その後は等高線畝で90拍/分まで、傾斜畝では90～100拍/分の水準まで低下した。心拍数増加率では等高線畝が傾斜畝より14%低くなった(第16表)。ここでの傾斜畝は斜面長が10mと短いため、負担の差が小さかったが、実証試験地には傾斜18度で斜面長が最大25mのハウスもあることから、負担軽減には等高線畝導入が望ましい。



写真20 小型溝上機による等高線畝作り

(3) レール利用荷下ろし作業

収穫作業は、容量約10Lのバケツに採果したトマトを入れ、ハウス外のクローラ式運搬車に積載したコンテナに移す方法が採られていた。等高線畝では、収穫したトマトを枕地にあるコンテナに移し、1畝ずつ傾斜方向に降ろしながら連続的に採果し、最後に傾斜下端でコンテナを運搬車に積むのが効率的と考えた。

簡単なレバー操作により、コンテナの自重を利用して任意の位置に止めたり、動かしたりすることができた。重量約26kgのコンテナを傾斜18度、距離20mの荷下ろししたときの心拍数は、抱え運搬の心拍数が122～108拍/分で推移したのに対し、試作器具では118～114拍/分と差は小さかったものの変動が小さかった。また、手を離しても暴走することがなく、また足下のすべりを気にせずに安心して作業が行えた。

(4) スイートピーの誘引作業

つる性の切り花であるスイートピーは、着花高さをそろえ切り花に必要な茎長を確保するため、誘引(つる下ろし)が必要である。模擬作業では平地が平均心拍数83拍/分であったのに対し、傾斜18度の登坂で平均90拍/分、降坂で86拍/分にとどまり、傾斜畝でも軽作業であった。

OWASによる作業姿勢分類では、全身については負担が大きいAC3、AC4の姿勢はなかった。しかし、傾斜畝作業では傾斜上方の脚を曲げ、下方の伸ばした脚に重心をかけている状態が作業時間の60%以上を占め、下肢の負担は比較的大きかった。すなわち、傾斜18度以上では、誘引のように作物に正対して行う作業は、心拍計測で軽作業を示しても脚への負担が大きく、等高線畝の方が作業面では望ましい。

第16表 薬剤散布作業における畝方向別の作業能率、身体負担

畝条件 (散布方法)	作業能率 (h/10a)	最大-最小 心拍数 (拍/分)	平均心拍 数 (拍/分)	心拍数 増加率 (%)
等高線畝 (手散布)	1.66	106-86	93	37
傾斜上下畝 (手散布)	1.38	116-74	103	51
等高線畝 (散布機)	0.97	105-81	96	41

注1) 作業能率は、実測値より等高線方向長さ25m、傾斜方向長さ12m (面積300㎡) のハウス内作業に換算してから10a当たり能率として算出

2) 39歳男性、安静時心拍数: 68拍/分

4 摘 要

平張型傾斜ハウス導入による栽培環境改善効果や、等高線畝導入による管理作業の身体負担軽減効果を明らかにした。

- 1) 平張型傾斜ハウスは、不整形な傾斜畑を効率良く利用でき、広い作業空間を確保できた。
- 2) 全ての巻き上げ換気窓を開放することで、ハウス内気温を外気温並みにでき、快適化に有効な風の取り込みも良好に行えた。
- 3) 等高線畝は、小型溝上機で作畝でき、薬剤散布作業等の作業負担の軽減や姿勢改善に有効であった。

Ⅸ 総 括

本論文は、日本の労働集約的な野菜生産について、農業機械・施設に関わる作業技術的な問題を解決するため、四国地域において傾斜地農業および特産の野菜生産に重点をおき実証研究に取り組んだものである。具体的には稲跡野菜作に関わる作業技術研究を行い、移植機導入のための新たな耕うん・畝立て方法を提案した。傾斜地施設園芸では生産基盤の向上が図れる平張型傾斜ハウスの開発に取り組み、レール式薬剤散布機等の適用により作業の快適・軽労化を図ろうとした。

1 稲跡野菜作の機械定植技術

西南暖地では稲収穫後水田での野菜作が多く、香川県では冬春レタスの作付けが行われている。稲跡では耕うん・畝立て時の碎土や残さの埋没が不十分になりやすく、全自動野菜移植機の機械定植精度向上の障害となる場合が多いことから、定植畝の碎土等を向上させる必要がある。

そこで、切削幅が通常のなた爪の約70%と狭く、同一耕うん幅で通常のロータリの約1.4倍の耕うん爪が取り付けられる狭切削幅爪ロータリを適用し、所要動力の増大がなく碎土や稲株分断等の性能に優れていることを確認した。その利用面では、コンバイン収穫後の稲わらを圃場外に搬出し、土壌の乾燥促進を図ることで碎土が向上し、また1回目からロータリを高速側で耕うんすることにより稲株分断が促進されることを明らかにした。

さらに、回転半径が小さい耕うん爪を使用した畝立機は、畝表層の碎土等を良好にできた。レタスセル成型苗の機械定植では、植付深さ・姿勢の違いにより球形が異なり、浅植えや深植え、30度を越える斜め植えは避ける必要がある。開孔器式の移植機では、草姿がコンパクトな苗を使うことで定植精度の向上が図れることが確認できた。以上により、稲跡で移植機を利用するための耕うん・畝立てから定植作業に関わる技術要素が明らかにできた。

最後に、小面積での定植作業の軽労化を図るため、手押し式収穫台車に装着可能な手動の簡易移植機を開発した。開発機は、簡単な機構でセル成型苗を植え付けることができ、作業姿勢の改善が図られ、負担軽減に有効であることが確認できた。本機は、全自動移植機の利用が困難な小規模営農での活用が見込まれる。

2 傾斜畑に適合した施設および軽労化作業技術

従来の傾斜畑の簡易雨よけによる不安定な野菜・花き生産を改善するため、低コストで高強度の平張型傾斜ハウスを開発し、その施工技術を明らかにするとともに、ハウス内での軽労化技術として等高線畝やレール式薬剤散布機の適用を検討した。平張型傾斜ハウスは建設足場用資材を利用することで強度を確保しながらコスト低減が図れる。面積3aのハウスで資材費は3.3㎡当たり0.8万円であり、市販の鉄骨補強パイプハウスの約70%のコストで施工できた。本研究で考案した引き抜きに強いベースつき基礎を自作して使用方法と、筋交いや方づえ補強を適切に加えることで、耐風速40m/s以上の強度が確保できる。

本ハウスは構造の強化により高さ約3mの高軒高にでき、換気性に優れ空間も広がることから作業の快適性向上に有効である。また、ハウスの梁構造を利用することで、レール走行式の自動薬剤散布機が適用できる。開発した散布機は、バッテリー搭載DCモータ駆動の小形・軽量機で、1台を脱着して複数のハウスで利用でき、作業負担軽減が図れた。今後は作業者の年齢等に応じ、より取扱性の優れた軽労化機器の検討が必要であろう。

3 結 言

以上のように、野菜生産における地域特性を考慮した作業技術研究として、四国地域を研究対象とし水田転換畑と傾斜畑における機械・施設の開発・利用について論じた。地域農業に関わる試験研究機関の役割として、地域のニーズを踏まえ新たな開発技術要素を取り入れながら、実証研究を推進することは重要である。

本研究のうち、傾斜畑に適合した施設および軽労化技術の開発は、農林水産省の地域先導技術研究「四国傾斜地に対応した野菜・花き等の集約的生産技術の確立」の一部として取り組まれたものである。当該研究では、傾斜地の未利用資源を活用した低投入型野菜・花き生産技術の開発と合わせて、遊休農地の保全・管理技術として山羊を利用した雑草管理に取り組むなど、中山間の諸問題に正面から取り組んだプロジェクト研究であったといえる³⁷⁾。平張型傾斜ハウスをはじめ、要素技術のいくつかは普及に耐えるものとなっているが、より深化させるべき研究課題も多い。

傾斜地農業は経済的に不利な条件を抱えながらも、前述した未利用資源を活用するなど、平地では考えられない農業展開の可能性がある²⁸⁾。例えば、傾斜地未利用資源の一つとして湧水を利用した花苗育苗技術³⁴⁾は、給水管理の最適化を図ることでより高品質苗生産が可能となる見込みがあり、使用に適した培地特性解明や、簡易な環境制御に関する技術開発研究が今後必要とされるであろう。

謝 辞

本研究は、平成7年～9年に実施した「野菜作における軽作業化技術に関する研究」と平成9～13年に実施した地域先導技術総合研究「四国傾斜地に対応した野菜・花き等の集約的生産技術の確立」に関する研究成果の作業技術研究に関わる部分を取りまとめたものである。

本研究にご理解をいただき、論文としてとりまとめるにあたり、ご指導とご鞭撻を賜った、九州大学大学院農学研究院・橋口公一教授に深く感謝申し上げます。また、執筆にあたり懇切なご校閲とご指導をいただいた、同研究院・田中俊一郎教授、森健教

授ならびに井上英二助教授に厚くお礼申し上げます。

また、研究を進める上で、当時の四国農業試験場業務科職員のご協力を得ました。平田孝和技官、藤川益弘技官および香川信次技官には、実験器具や試作機の製作にご尽力いただき、香川将志技官、関浩二技官には圃場試験や野菜栽培管理にご協力いただきました。また、宮武正広技官、樋笠啓智技官および上枝博樹技官には現地実証試験や平張型傾斜ハウス開発にご協力いただきました。その他、多くの業務科職員も含めお礼申し上げます。

稲跡野菜作に関わる研究では、当時の香川県農業改良課糸川桂市専技を始めとした香川県の普及・試験研究機関の方々からご協力をいただきました。平張型傾斜ハウスは、実証試験地農家・川村彰氏のご協力の賜物です。レール式薬剤散布機の共同開発に取り組んでいただいた、(株)土佐農機・井澤誠一社長、(株)ニシザワ西澤準一製造部長に感謝申し上げます。傾斜地作業の労働負担解析には、愛媛大学農学部鶴崎孝教授のご協力を得ました。記して感謝申し上げます。

最後に、作業技術研究分野の大先輩として、当時の川崎健場長、小野良孝場長ならびに石束宣明総合研究部長には、研究推進時に貴重なご意見、ご指導をいただきました。改めてお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 浅川正彦 1983. 四国地域の畑作と傾斜地利用の課題. 研究ジャーナル 6 (11): 21-24.
- 2) 藤原隆広・吉岡 宏・四方 久・佐藤文生 1998. 全自動機械定植におけるキャベツセル成型苗の定植適期の総合評価. 農作業研究 33(2): 73-80
- 3) 原蘭芳信 1986. (農業施設ハンドブック). 第3章 園芸施設 3.4 施設栽培団地 3.4.2 傾斜地大型ハウス. 東洋出版, 東京. pp 251-255.
- 4) 堀江正樹 1988. わが国の傾斜地農業の実態と課題. 研究ジャーナル 11 (11): 16-23
- 5) 細川 寿 2000. 重粘土用耕うん畝立て法. 総合農業の新技术 13: 232-239.
- 6) 生江洋一・本島 修 1998. (農薬散布技術).

4. 施設園芸で使われる薬剤散布技術. 日本植物防疫協会, 東京. pp 229-251.
- 7) 井田 明 1987. 農耕地の土壌水食とその対策. 農業および園芸 62 (1): 30-36
- 8) 石原 暁 1992. 土地を守る傾斜地農業. 農林統計調査 92・4: 9-15.
- 9) 岩田 均 1996. II. セル成型育苗における技術開発の現状と育苗技術のマニュアル化 5. レタス. 平成8年度野菜・茶業試験場課題別研究会「葉茎菜類セル成型育苗における技術開発の現状と今後の課題」資料: 57-69.
- 10) JA 全農 1994. 葉菜類全自動機械移植システム育苗・移植マニュアル. JA 全農, 東京. pp 25.
- 11) 香川県農業試験場 1996. レタス生産省力化技術の開発・普及 2. 移植作業のシステム化. 平成7年度農業機械に関する試験成績書: 15-20.
- 12) 金谷 豊・倉田 勇 1989. 重粘土壌の耕うん方法に関する研究(第2報) — 水田と転換畑における碎土率向上技術 —. 農業機械学会誌 51 (1): 45-53.
- 13) 唐橋 需 1984. 土づくりのための機械とその運用問題. 農業および園芸 59 (11): 41-46.
- 14) 川崎 健 1977. 傾斜地農業機械化の研究経過と課題. 研究ジャーナル 2 (10): 12-15.
- 15) 川崎哲郎 1990. 水田土壌の耕うんに適した水分域について. 農業土木学会論文集. 147: 69-77.
- 16) 川嶋浩樹・長崎裕司ら 1997. 育苗中のレタスセル成型苗の生育と機械定植による植付精度. 日作四国支紀 34: 40-41.
- 17) 川嶋浩樹・野中瑞生・長崎裕司・吉川省子 1999. アーチ型傾斜ハウスの換気による温度分布特性. 平成10年度研究成果情報(総合農業). 農業研究センター: 454-455.
- 18) 木村 悟 1989. (成果シリーズ225「四国地域傾斜地帯への野菜の導入定着技術の確立」). 中山間傾斜地帯における気象災害の防止技術の改良・開発. 農林水産技術会議事務局, 東京. pp 33-42.
- 19) 近畿中国四国農業研究センター 2002. 平張型傾斜ハウス施工マニュアル. 地域先導技術総合研究「四国傾斜地に対応した野菜・花き等の集約的生産技術の確立(1997~2001)」資料: 1-25.
- 20) 金野隆光 1990. 傾斜地(中山間地)利用農業. 研究ジャーナル 13 (6): 21-31
- 21) 小谷 晃 1988. (総合農業研究叢書第12号「耕耘作業の変遷と技術開発の方向」). 集約傾斜地畑作における耕耘と耕地保全. 農業研究センター, つくば. pp 80-88.
- 22) 黒瀬一吉 1994. 第2章 調査結果 3. レタス. 機械化適性栽培手法調査検討会報告書 — 機械化のための栽培様式の標準化 — (社団法人日本施設園芸協会編): 16-24.
- 23) 黒住 徹・角山正吉・大辻純一 1999. 台風7号による園芸施設被害の要因と今後の対策. 奈良県農業試験場研究報告 30: 33-42.
- 24) 増淵隆一 1997. 傾斜地農業の地域特性と再編課題. 四国農業試験場報告 61: 134-147.
- 25) 松山龍男・増田治策・川崎 健 1966. 傾斜地農作業の機械化(1)~(4). 農業技術. 21(2): 4-8, 21(3): 12-15, 21(4): 9-13, 21(5): 6-9
- 26) 森本國夫 1989. 耕うん試験の場合. 農業機械学会誌 51 (4): 93-95.
- 27) 永石義隆・原口暢朗 1990. 心土破碎による傾斜地の地表水制御について. 四国農業試験場報告 53: 95-111.
- 28) NAKAGAWA, S. 1997. Session II. The Current Situation and Future Tasks in Slopeland Agriculture in Japan and Asia. International Symposium on Development of Slopeland Agriculture. 1-17.
- 29) 長崎裕司 1996. 稲跡野菜作における移植精度向上のためのロータリ耕うん法. 総合農業の新技术 9: 178-183.
- 30) 長崎裕司・岡崎紘一郎・宮崎昌宏 1996. 土中耕うんに関する作業技術の開発 第1報 振動式全層破碎機の作業特性. 四国農業試験場報告 60: 89-104.
- 31) 長崎裕司・岡崎紘一郎・宮崎昌宏 1996. 土中耕うんに関する作業技術の開発 第2報 全層破碎浅耕播種方式の開発. 四国農業試験場報告

- 60:105-113.
- 32) 長崎裕司・岡崎紘一郎・猪之奥康治・宮崎昌宏・田中宏明 1998. 土中耕うんに関する作業技術の開発 第3報 傾斜畑への全層破碎処理の適用効果. 四国農業試験場報告 62:31-44.
- 33) 長崎裕司・岡崎紘一郎・猪之奥康治・宮崎昌宏・田中宏明 1998. ニンジン用間引き機. 播種機及び追肥機の開発. 四国農業試験場報告 62:17-29.
- 34) Nagasaki, Y., Nonaka, M., Kawashima, H. 2000. Development of Shallow Pool Nursery System. Proceedings of the International Engineering Conference 2000. 459-456.
- 35) 長崎裕司・野中瑞生・川嶋浩樹・井澤誠一・西澤準一 2000. レール式自動薬剤散布装置. 特許第3141016号.
- 36) 長崎裕司・川嶋浩樹・野中瑞生 2002. 傾斜地作業の快適・軽労化と周年安定生産をめざした平張型傾斜ハウスの導入. 農業および園芸 77 (9):62-66.
- 37) 長崎裕司 2002. 中山間傾斜地農業における作業技術研究に関する一考察. 農業機械学会誌 64 (5):14-18.
- 38) 長崎裕司・宮武正広・樋笠啓智・上枝博樹・野中瑞生・川嶋浩樹・的場和弘 2003. 平張型傾斜ハウス用低コスト基礎の考案. 近畿中国四国農業研究センター研究資料 2:1-5.
- 39) 長崎裕司・野中瑞生・川嶋浩樹・井澤誠一・西澤準一 2003. 小規模連棟ハウスに対応したレール式薬剤散布機の開発 — 走行装置の開発について —. 農業機械学会誌 65 (1):152-158.
- 40) 日本施設園芸協会 1997. (園芸用施設安全構造基準 (暫定基準) 平成9年版). 1.2 施工基準 1.2.1 共通事項:42-54.
- 41) 日本施設園芸協会 1998. (地中押し込み式パイプハウス安全構造指針). 3. 構造計画及び設計上の注意:8-21.
- 42) 日本施設園芸協会 1998. (園芸用鉄骨補強パイプハウス安全構造指針). 3. 構造計画及び設計:9-22.
- 43) 日本施設園芸協会 2001. 低コスト耐候性鉄骨ハウス施工マニュアル — 風対策 —:1-30.
- 44) 野中瑞生・長崎裕司・川嶋博樹 2002. 不整形な傾斜圃場に適した低コスト平張型傾斜ハウス. 研究ジャーナル 24 (3):17-20.
- 45) 農林水産省大臣官房統計部 2003. 平成14年度農作物作付 (栽培) 延べ面積及び耕地利用率. 1-3.
- 46) 農林水産技術会議事務局 2003. (農林水産研究文献解題No.28 野菜栽培の低コスト・省力化技術). 第3章 省力・機械化・軽作業化技術. 農林統計協会, 東京. 54-262.
- 47) 岡崎紘一郎 1991. 傾斜地農作業の機械化. システム農学 7 (2):77-84.
- 48) 岡崎紘一郎 1996. (生物生産機械ハンドブック). 第5編 耕うん. 4.3 土中破碎耕うん. コロナ社, 東京. pp 425-427.
- 49) 奥島里美・奈良 誠 1992. 施設園芸における災害の傾向 — 園芸施設共済統計表から —. 農業施設 23:87-93.
- 50) 小野良孝 1999. 傾斜地農業について. 農林水産技術同友会報 28:60-63.
- 51) O. R. Jones, R. R. Allen, and P. W. Unger 1990. (Advances in Soil Science, Volume 13). Tillage Systems and Equipment for Dryland Farming. Springer-Verlag. New York. pp 89-130.
- 52) 坂上 修 1995. 野菜生産における育苗自動化作業システムの研究. 東北農業試験場報告 89:23-107.
- 53) 生物系特定産業技術研究推進機構 2002. 農業労働の計測・評価ガイド-1:26-34.
- 54) 四国農業試験場 1998. 四国農業試験場の研究基本計画 平成8年~平成17年 (平成10年4月改訂版). 第1章 研究推進の背景:1-3.
- 55) 塩谷哲夫 1985. 畑作物栽培におけるティレージシステムの研究について. 農作業研究 54:1-12.
- 56) 田中宏明・角川 修・猪之奥康治・岡戸敦史・宮崎昌宏 2002. 環境保全的省エネ型栽培システムの体系化 — 傾斜ハウス設計支援技術の開発 —. 平成13年度総合農業試験研究成績・計画概要集 — 作業技術 — 128.
- 57) 田中宏明・猪之奥康治・角川 修・岡戸敦史・

- 西沢準一・西沢 章 2003. 金時ニンジン収穫
用作業機の開発 — 現地での作業と作業機の概要
—, 農業機械学会関西支部報 93:102-105.
- 58) 豊田裕道・森山英樹・瀬能誠之・前川孝昭 1999.
園芸用プラスチックハウスの耐風性向上のため
の簡易基礎工法について (第1報), 農業施設
29 (4): 215-223.
- 59) TAKATSUJI, T. 1997. Session V-2. Labor
Saving Production Systems of High-Quality
Citrus Fruits on Steep Sloping Land. Interna-
tional Symposium on Development of
Slopeland Agriculture. 130-143.
- 60) 鶴崎 孝 1993. (日本農作業学会編農作業学).
第5章作業関連要因と農作業(総論) 5.4 施設.
農林統計協会, 東京. pp 163-173.
- 61) 鶴崎 孝・宮下佳生・岡本直洋・兵頭志穂・長
崎裕司 2002. 園芸ハウスにおける温熱環境と
作業者の身体負担に関する研究. 2002年度農業
施設学会大会講演要旨 80-81.
- 62) 薬師堂謙一・深澤秀夫・細川 寿・菅原和夫
1996. サトウキビおよびパインアップル畑から
の土砂流出軽減技術. 総合農業の新技術 9:
138-147.
- 63) 山下 進・小倉 力 1982. 園芸施設の台風に
よる被害について. 農業土木試験場技法, A28:
61-84.
- 64) 山浦浩二 2003. レタス用半自動多条移植機の
開発. 香川県農試ニュース 72: 4.
- 65) 吉田 良 2002. サツマイモのセル苗機械移植
法とつる処理機の開発 機械化農業, 2002・5:
13-17.
- 66) 吉田 良 2002. 大型トンネル支柱打ち込み機.
機械化農業 2002・11: 4-6.
- 67) 吉岡 宏 2003. 機械化のための栽培様式の標
準化. 農業機械学会誌 65 (1): 7-10.

Studies on Machinery and Facilities for Various Vegetable Production

Yuji NAGASAKI*, Mizuo NONAKA, Hiroki KAWASHIMA**, Koichiro OKAZAKI***,
Masahiro MIYAZAKI****, Kazuhiro MATOBA*****, Hiroaki TANAKA and Osamu SUMIKAWA

Summary

This paper describes experimental studies to solve the problem of farm mechanization and engineering for labor-intensive vegetable production of Shikoku area in Japan. Flatland vegetable farming is characterized by tillage and ridging for vegetable transplanting. Characteristic slopeland agriculture has been developed: flat roof sloping greenhouses for protected horticulture, and monorail-type sprayers for comfort and labor saving. Following are the summary and conclusions of respective chapters.

[Chapter 1]

1) Southwest regions in Japan, such as Kagawa Prefecture in Shikoku, offer abundant vegetable production after rice harvests. In Kagawa, lettuce is produced mainly from winter to spring. Performance of pulverizing of soil and submergence of rice stubble and straw is bad; moreover, the planting accuracy of the fully automatic transplanter is inferior. Therefore, it is necessary to improve soil pulverization, etc. A narrow-cutting-width blade rotary tiller, which can be attached to 1.4 times blades of usual rotary tiller, requires small PTO power while demonstrating excellent performance in terms of soil pulverization and cutting of rice stubble. Carrying rice straw out of the field aids rotary tillage and ridging soon after rice harvesting; using high PTO revolution in rotary tilling reduces rice stubble.

2) A ridger with small radius blades attached in the middle improved soil pulverization. The appropriate transplanting of cell-raised seedlings is important because the lettuce globe shape differed according to planting depth and angle differences. A compact seedling shape was effective to improve transplanting accuracy of the transplanter with the opener-type planting finger.

3) A hand transplanter attached to the handcart was developed for labor saving in small-field transplanting. This transplanter was effective for improvement of work posture and reduction of labor burden. It would be utilized small-scale farm as an alternative to the full-automatic type.

[Chapter 2]

1) It is necessary to improve low productivity of vegetable and flower cultivation by the conventional sheltering culture. Therefore, a flat-roof sloping greenhouse with a low-cost and reinforcing structure was developed to improve the process and cost of construction. Contour strip cropping and a monorail-type sprayer were applied to the cultivation in the sloping greenhouse for labor saving. It is possible to construct a sloping greenhouse at a low material cost because scaffold materials with high strength and low-cost are abundant. The material cost of the sloping house, which was 2,500 yen/m², was about 70% the cost of an angled-pipe reinforced marketed greenhouse with equivalent strength of the sloping greenhouse. Foundations and braces could realize a 40m/s wind resistant structure. Farmers can thereby produce foundations

that are resistant to strong winds. Braces were easily installed to reinforce the sloping greenhouse.

2) Because the flat-roof sloping greenhouse has a high-intensity structure, the ventilation was smooth for its high eaves of about 3m height; the expanded working space improved the work comfort. A monorail type sprayer, driven by a DC motor, was useful in all greenhouses the farmer managed. Spraying was effective to reduce the labor burden. It is important to improve operational performance of machinery with the age, constitution, and condition of operators.

[Conclusions]

Various vegetable production was described in studies on machinery and facilities for slopelands and flatlands. The National Research Center for Regional Agriculture should undertake research to establish a new farming system based on regional production needs. These studies developed facilities and labor saving technologies for slopeland agriculture in a project entitled, 'Developing an intensive vegetable and flower production system using slopeland resources in Shikoku'. This project addressed problems of agriculture in mountainous areas and solved them by integrated investigation. For example, goats were used for weed control for conservation of fallow areas. In addition, the study established labor saving, sustainable, and high quality production systems through utilization of superior slopeland conditions. Some technologies, such as the flat-roof sloping greenhouses, could be extended to agriculture in mountainous areas. Further investigation into other technologies is necessary.

Slopeland agriculture presents multi-faceted values and possibilities that are absent in flatland agriculture. For example, spring water is one slopeland resource: it can cool the seedlings of flowers directly. Further investigation into seedling production is necessary to elucidate the characteristics of seedling soil and optimum environmental control in a nursery greenhouse.

Department of Hilly Land Agriculture

*Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council

**National Institute of Vegetable and Tea Science

***Japan Agricultural Development and Extension Association

****National Agricultural Research Center

*****National Institute of Livestock and Grossland Science