

中山間傾斜地の施設生産における省力化・快適化の現状と課題

長 崎 裕 司

農林水産省 農林水産技術会議事務局

The Present and the Future of Labor-saving and Comfort Techniques for Farmwork in Hilly-land Protected Cultivation

Yuji NAGASAKI

Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council

The Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan

キーワード：施設園芸，省力化，軽労化，平張型傾斜ハウス，片屋根型ハウス，レール式薬剤散布機，ユーザビリティ

1 はじめに

近年、施設野菜生産においても規模拡大により高収益化を図ろうという動きが活発である。風や雪に対し高強度を有する低コスト耐候性ハウスや、屋根開放型ハウスなど新たな機能を盛り込んだ大型施設が導入されつつある。これまで、わが国全体としては強度が劣るパイプハウス等の小規模施設が依然として多く、独法および公立試験研究機関における研究はこれらを対象とした構造強化、かん水、換気および加温等の自動化機器の導入、作業の省力・軽労化が中心であった。一方で、労働力の高齢・女性・パートタイム化は、施設の規模を問わず大きな問題であり、身体負担が少ない栽培様式や作業機械の適用、温熱環境の改善により、快適なハウス内作業を実現することが一層重要になってきている。

そこで、施設野菜における省力・快適化研究の事例を紹介するとともに、残された課題と今後の研究方向を提案する。

2 既存の研究事例

わが国の施設園芸の発展には、建設コストの問題があるとはいえ大規模化による周年安定生産が重要である。これまで、施設構造、被覆資材等の検討、温室内環境制御や養液栽培等の栽培管理技術に関する研究が行われており、作業技術関係では福岡県において高軒高温室におけるハイワイヤー栽培に対応した簡易高所・低所作業車利用の作業体系が検討され¹⁾、静岡県においてはフェンロー型温室でのメロン栽培ベッドの側面をレールとして利用した、運搬・作業用台車の利用等による高品質・

省力生産システムが開発されている²⁾。また、イチゴについては土耕栽培に収穫作業車の導入を図った事例³⁾や、近年普及が進んできた高設栽培において作業姿勢評価からベッド高さの検討を行った事例⁴⁾など、各地で簡易な省力・軽労化技術に関する検討が行われている。

また、温熱環境関係では高温対策として、作物栽培面からパイプハウスの屋根面を開放するフルオープンハウスが各地で導入されており、防虫網との組み合わせで減農薬栽培に取り組んでいる事例⁵⁾や細霧冷房技術の多目的利用や最適化研究が進められている⁶⁾。

今後は省力・軽労化機器・装置の導入だけではなく、作業者の観点でハウス内の温熱環境を評価・改善することで快適化に結びつける研究開発がより重要になり得る。

3 平張型傾斜ハウス導入と傾斜地作業の軽労化技術の開発事例

3.1 傾斜畑野菜作への平張型傾斜ハウスの適用



図1 傾斜面に建てられた簡易雨よけ(右)と市販の鉄骨補強アーチ型パイプハウス(左)



図2 段畑地形に対応した平張型傾斜ハウス



図3 防虫ネット組込平張型傾斜ハウス

従来の傾斜畑での果菜類栽培は、直径約2cmのパイプをアーチ状に曲げ、その屋根部分のみフィルムで被覆した簡易雨よけに依存してきた(図1)。低コストで導入できる反面、強風に対する強度が弱く、風雨から完全に作物を守ることができないため、品質の低下が避けられない。

開発した平張型傾斜ハウスは不整形傾斜畑に対応し、資材コストを約0.9万円/3.3cm²に抑えながら、強度は鉄骨補強パイプハウスの水準以上を確保できた。これは、引き抜きに強い紙製円形型枠製のベース付コンクリート基礎を自作して使用し、主骨材や接合金具に建設足場用パイプ(直径48.6mm)やクランプ類を活用したことが主要因である。被覆はPO系フィルムの原反張りで2~3年使用する。施工はマニュアル⁷⁾にしたがい、農家自身が自作することができる。

段畑地形への対応は、石垣高さが1m程度までであれば屋根面角度を工夫し一体的に覆い、2mを超える場合には、フィルム展張作業や換気性を考慮し、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、換気性を良くするため中央換気窓を設ける(図2)。高温期は下段部分からの暖気による上段部分の温度上昇を軽減でき、ハウス全体の換気が良好に行える一方で、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できた⁸⁾。

1996~2001年に実施した高知県土佐町における実証試



図4 徳島県三加茂町での現地実証実験

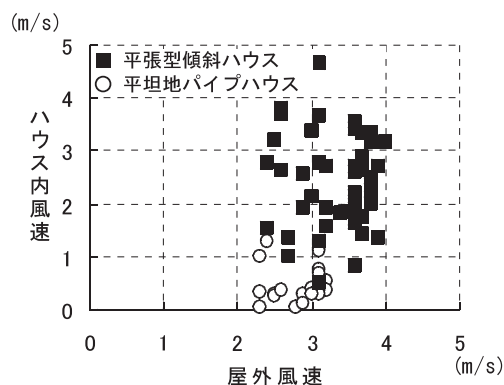


図5 平張型傾斜ハウスの換気性

- 注：1) 2001年8月17日測定、天候晴れ(平均日射0.53kW/m²)
 2) 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) 平坦地パイプハウス：面積90m²

験では、傾斜4~19度の約80aの農家圃場に建てられていた簡易雨よけの約90%を平張型傾斜ハウスに建て替え、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導入し、周年生産による高収益化を図っている。また、高知県の5割減農薬トマト栽培にも取り組み、防虫ネットを全側面に展開した状態(図3)でも換気特性の良さを維持している。

また、2002年から実施されている徳島県三加茂町における実証試験⁹⁾では、省力管理が可能なトマトの養液栽培技術を図4のような平張型傾斜ハウス栽培に適用し、斜面風を利用した高温抑制技術や、雨水処理・利用技術等の検討と合わせた総合研究が取り組まれている。

3.2 平張型傾斜ハウス内を始めとした傾斜地作業の快適・軽労化技術の開発

平張型傾斜ハウスは前述したように換気性に優れている。床面積に対する開口部面積割合が約40%の平張型傾斜ハウスでは、比較した平坦地パイプハウス(同割合約10%)より風の取り込みに有利である(図5)。一方で、安静時のエネルギー代謝を酸素摂取量により測定したところ、ハウス内気温が高くなるにしたがい増加するが、

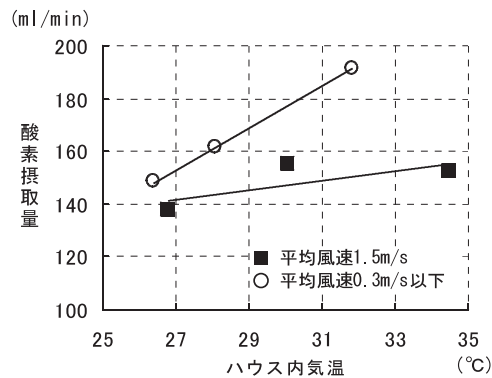


図6 風による安静時エネルギー代謝量の低減



図7 夏秋トマトの等高線畝栽培

表1 薬剤散布作業における作畝方向別の作業能率, 身体負担

	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 (散布機)	0.97	105-81	96	141
等高線畝 (手散布)	1.66	106-86	93	137
傾斜上下畝 (手散布)	1.38	116-74	103	151

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300m²) 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



図8 開発したレール式薬剤散布機

風により増加割合が大きく低減したことから(図6), 換気の良いハウスは快適性向上に効果的と考えられる。

傾斜地作業は一般に平坦地に比べ労働負担が大きく, 重さ25kgまでの人力運搬では傾斜面(傾斜15度まで)の負担が平坦面に比べ上りで約2~5倍, 下りで約0.8~3.3倍になる¹⁰⁾とされている。そこで, 傾斜10~19度の傾斜ハウスにおいて, 等高線畝栽培(図7)を適用し, 管理作業の大半が平坦地と同様に行えるようにした。薬剤散布作業の労働負担を調査したところ, 表1のように等高線畝では傾斜上下畝に比べ作業時の心拍数増加率が約10%低減した。また, 梁構造を利用したレールを自動往復走行する薬剤散布機(図8)により, 一層の省力・軽労化を図ることができる。

4 小規模ハウスにおける軽労化技術の開発事例

4.1 花き栽培農家の作業実態と改善方向

分散した棚田に建てられた各7~9a規模のハウス10棟余りを利用して, ユリを中心にトルコギキョウ等の草花を栽培している花き農家において作業実態を調査した。経営主と妻の労働時間は約1年間でそれぞれ約2,400時間であり, 出荷・調整作業が半分を占めていた。その他雇用等で約900時間分を補っているが, 定植作業が半分以上であった。球根・苗の定植作業は中腰姿勢であり, 腰掛けて作業ができる台車等を適用することが望ましい。また, 高温期(6~9月)の定植が過半を占めるため, 遮光等の対策も必要である。また, ハウスが10ヶ所余りに分散しているため開閉作業に要する時間が比較的多く, 温度管理の自動化機器導入が望まれる。

作業時間としては少ないが, 薬液の被爆の問題がある薬剤散布作業について, 前述したレール式薬剤散布機と市販の携帯型燃焼式煙霧機を組み合わせた周年防除体系を検討した。平面的に栽培されるユリ, トルコギキョウ等の花き類では, ハウス1棟を水平幅広ブームノズルで一斉散布行う方式が効率的であり, 散布効果も手散布と変わらない。薬液の供給は動力噴霧機からホースを介して行い, 32mm角パイプレールを自動往復走行して散布する(図9)。質量が約10kgの小型軽量機であり, レールを整備することで複数のハウスで利用できる¹¹⁾。導入コストは本体が約20万円, レール関係資材費が長さ約50mの3連棟ハウス(面積約9a)に3列のレールを設置し, レール間移動の手動台車を付加して約13万円である。一



図9 レール式自動薬剤散布機によるトルコギキョウ栽培での散布作業

表2 薬剤散布作業の能率

	作業能率 (h/10a)
レール式薬剤散布機	0.26
携帯型燃焼式煙霧機	0.23
手散布 (動力噴霧機)	0.68

注：間口6m，長さ51mのハウス内作業で算出



図10 携帯型燃焼式煙霧機によるユリ栽培での散布作業



図11 開発した片屋根片ハウス

上図：不整形棚田への適用
下図：外張り遮光と自動換気

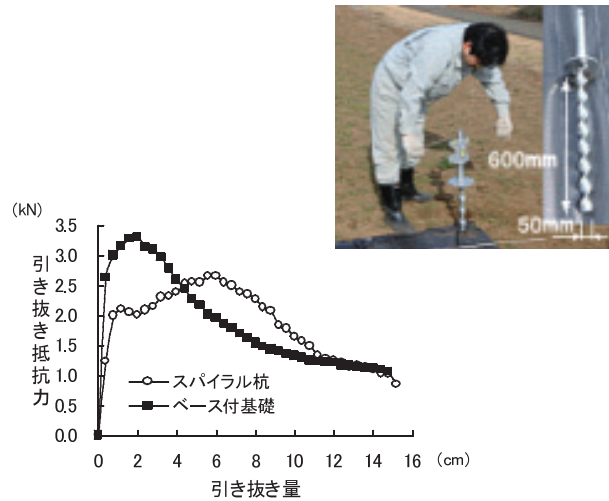


図12 スパイラル杭設置と引き抜き強度

注：地盤強度はスウェーデン・サウンディング試験法(JIS A 1221, 手動式)により，深さ25～75cmにおいて換算N値で3～4 (粘性土で軟らかさが軟～中くらいに相当)

方，10～3月の中山間傾斜地では気温が低く霧の発生もあることから，動力噴霧機による液剤散布は使用が限られる。従来のくん煙剤による防除では薬剤が高価であることから，液剤散布用の水和剤・乳剤が使える携帯型燃焼式煙霧機の移動散布により効率的な作業が行えた(表2，図10)。

4.2 片屋根型ハウスの導入と快適性向上技術

平張型傾斜ハウスの施工技術を援用し，育苗用の片屋根型ハウスを検討した。夏秋期中心の利用では，側面は防風網(4mm目)の展張のみとしたが，強風や雨の降り込みを抑制することができ，換気作業の省力化が図れた。間口は4～8mとし，軒高は低い方で最低2mは確保し，高い方は施工および支柱強度の面から4mまでとした。間口が6m以上の場合には中央列に支柱を配置した。平張型傾斜ハウスと同様に不整形区画にも適用でき(図11)，資材コストは規模により異なるが約1.0万円/3.3m²であった。周年利用を図るには，側窓の自動巻き上げによる換気作業の省力化が有効である。また，高温対策としては，外張り遮光で対応できる。

普及を進めるためより施工方法の省力化を図るため，基礎穴の掘削が不要なスパイラル杭の適用を検討した。施工が容易でベース付コンクリート基礎の約1/10の時間で設置でき，約80%の引き抜き強度を有していることを確認した(図12)。

換気性については側面開放のみの条件では，アーチ型ハウスより風通しが明らかに優れている(図13)。防風網より目合いの小さい防虫網組込での管理の適用も，温度上昇割合は抑制できると考えられる。

温熱環境の評価には，熱中症防止の指標として使われているWBGT(湿球黒球温度)がハウス内についても適用

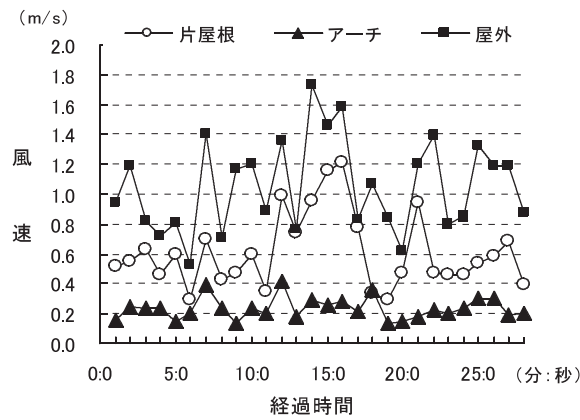


図13 ハウス内外の風速測定結果

注：2003年7月22日，晴天時．ケンブリッジアキュセンス製風温風速センサ (CAFS-220-S10M) で計測

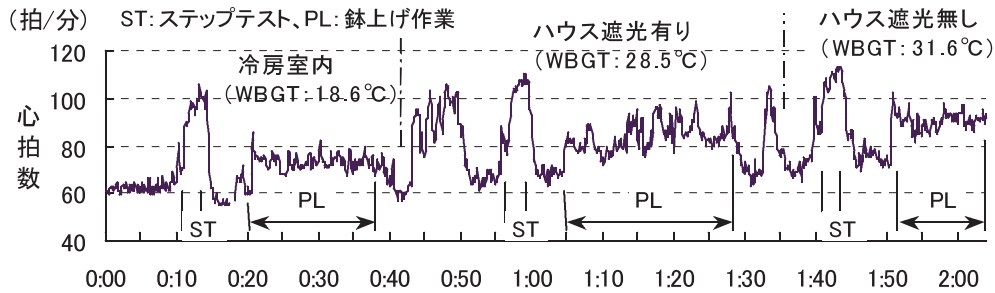


図14 遮光処理による身体負担軽減効果

注：2002年9月11日，晴天時．WBGTはアメニティセンサ (京都電子工業製AM-101) で計測して換算．心拍数はハートレートモニタ (POLAR製バンテージXL) で計測



図15 簡易移植器と電動苗運搬車による定植作業

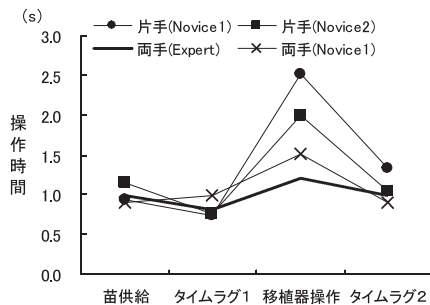


図16 開発者と他の作業者の操作時間比較
注：定植株数20株での値

できる。乾球(日よけを行う)、湿球および黒球温度を計測するだけで、容易に算出できる。60%遮光の白色不織布資材の外張りによりWBGTが約3℃低下した条件において、身体負担が中程度のステップテストと軽作業の鉢上げ時の心拍数を調査したところ、負担の大きいステップテストでは遮光による軽減効果が明瞭でなかったのに対し、鉢上げ作業では心拍数の低下が確認できた(図14)。さらにより積極的な暑熱対策として、最近開発された小型ファンを装備した空調服¹²⁾を農作業場面に適用する研究も開始されている。

5 新たな視点での作業評価—ユーザビリティの観点から

ユーザビリティとはISO-13407等で「ある製品が、指定されたユーザによって、指定された利用状況下で、指定された目標を達成するために用いられる際の有効さ、効率およびユーザの満足度の度合い」と定義されている。広義的に「使い勝手」に相当し、日本では「コンピュータを応用した対話システム」等のコンピュータ関連技術で研究が進められている¹³⁾が、人間中心設計という面であらゆる製品に今後要求されてくる概念と考えられる。この考え方にに基づき、ハウス内作業機械の利用技術の

検討を始めている。従来の作業技術・労働科学的評価を基本とし、「使えるか→使いやすいか→気持ちよく使えるか」というユーザビリティの階層¹⁴⁾的な検討を踏まえて研究を進める必要がある。

取り組み事例として、図15のような簡易移植器と電動苗運搬車を組み合わせた定植作業について、従来の心拍数、筋電測定に加え、ビデオ画像を利用し開発者とそれ以外の作業者との操作時間の差を読みとる操作性測定(NEM:Novice Expert ratio Method)の適用がある。本測定により、移植器操作に改善の余地があること、両手操作が片手より優れていることが数値的に把握できる(図16)。

6 おわりに

施設生産の省力化・快適化には、環境制御用の自動化機器が整備され、高所作業も可能な作業台車が導入できる大規模施設が有利である。既に韓国や中国でも輸出野菜を対象とし大規模施設の整備が進んでいる。施設・労働コストが依然として高いわが国においては、大規模化による生産コスト低減だけで対抗するのは困難である。地産地消や安全な農作物の安定供給という流れを取り込んだ野菜生産が重要であり、省力・軽労化が図れる栽培・作業体系は多様な担い手を形成するのに必要不可欠な技術と考えられる。

したがって、労働力情勢を考慮しかつ、現状のハウス整備状況を踏まえた栽培・作業技術を検討しなくてはならない。品目によってはイチゴ栽培のように積極的に高設栽培を導入したり、作業者近辺の温熱環境を局所的に改善する技術を適用し、他産業並みの快適作業が行えるハウス内環境づくりが望まれる。

摘要

中山間傾斜地を中心とした施設野菜における省力・快適化研究の事例として、平張型傾斜ハウスの開発と快適性向上効果、レール式薬剤散布機等の導入による省力・軽労化、並びに片屋根型ハウスにおける温熱環境改善を紹介する。また、ユーザビリティの観点での新たな農作業評価方法を試みる。今後の施設園芸は大規模化による周年安定生産が重要である一方で、作業者の高齢・女性・パートタイム化が進む中、省力・軽労化機器・装置の導入やハウス内温熱環境の改善による快適化に関する研究開発も必要である。低コストで構造強化を図りながら換気性の向上と広い作業空間を確保した平張型傾斜ハウスや片屋根型ハウスは、大規模化で対応できない産地において特に有用な技術と考えられ、省力・軽労化技術の導入と合わせた他産業並の作業環境作りが望まれる。

引用文献

- 1) 姫野修一・真鍋尚義・森山友幸. 1999. 施設園芸用簡易高所作業車の開発および作業者の身体負担軽減効果. 福岡農総試研報. 18: 63-67
- 2) 大須賀隆司・佐藤展之. 1999. フェンロー型温室における各種省力技術を利用した温室メロン省力生産システムの開発. 静岡農試研報. 44: 43-59
- 3) 森山友幸・真鍋尚義・金丸 隆. 1998. イチゴの収穫における作業車利用による作業能率の向上と労働負担の軽減. 福岡農総試研報. 17: 83-86
- 4) 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して作業姿勢について. 奈良農試研報. 31: 1-8
- 5) 福岡県農業総合試験場 八女分場 中山間地作物研究室. 2001. 八女分場型フルオープンハウスの開発と気象特性. 平成12年度研究成果情報(九州農業): <http://www.affrc.go.jp>
- 6) 林 真紀夫. 2003. 細霧冷房の現状と課題. 施設と園芸. 2003冬号. 8-13
- 7) 長崎裕司・野中瑞生・川嶋浩樹・的場和弘. 2002. 平張型傾斜ハウス施工マニュアル. 近畿中国四国農業研究センター技術マニュアル資料: 1-25
- 8) 四国農業試験場 総合研究部 総合研究第2チーム. 2000. 不整形な傾斜圃場に適した低コスト平張型傾斜ハウス. 平成11年度研究成果情報(四国農業): <http://www.affrc.go.jp>
- 9) 近畿中国四国農業研究センター 総合研究部 総合研究第3チーム. 2004. ホームページ. <http://www.naro.affrc.go.jp/skkabo/sokenindex2.htm>
- 10) 鶴崎 孝. 1993. 作業関連要因と農作業(総論)5.4施設. 日本農作業学会編 農作業学. 農林統計協会. 163-173
- 11) 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. 農業機械学会誌. 65(1). 152-158
- 12) 【楽天市場】. 2004. 空調服:夏を快適に過ごすための新分野, 新機能の空調服です. <http://www.rakuten.co.jp/pc2bndex.html>
- 13) 黒須正明・堀部保弘・平沢尚毅・三樹弘之. 2001. ISO13407の意義. ISO13407がわかる本. オーム社: 2-5
- 14) 海保博之. 2002. 生活用具の開発・評価に当たっての認知的工学的視点(2) 使用性をめぐって. 人間生活工学. 3(4): 61-63