

果樹園作業の改善を目指す新技術

生物系特定産業技術研究推進機構（生研機構）園芸工学研究部 小 川 幹 雄

はじめに

農産物の輸入自由化が進み、果実についても国際競争の時代に突入している。カンキツ類、リンゴ、オウトウ、ブドウ等が海外から輸入されるようになっているが、全体としては、諸外国に比較して品質の高いわが国の果実が消費者に評価され、市場価格もそれなりに維持されているのが現状のようである。栽培技術の開発や品種の育成に携わる研究者、またこれを現場で実践する生産者のため努力の成果といえる。

しかし、外国の生産者が有望な日本の市場を、このまま手をこまねいて見ているとは考えられず、近い将来、日本人好みの果実を生産して乗り込んでくることが十分予想される。これに対抗するためには、消費者のニーズを的確に把握し、バラエティに富み、内容外観ともに品質の優れた果実を、納得し得る価格で供給していく必要がある。このためには、高度な栽培技術をいかに省力化し、効率的な果実生産を行うかが大きなポイントといえよう。

I 果樹栽培における機械化の課題

わが国では農業従事者が高齢化し、労力の確保がしだいに困難になりつつあるが、後継者の育成なくして上記の問題の本質的な改善はあり得ない。つまり、国際化のなかで生き残りを図るためには、若い世代にとって魅力のある果樹農業を実現しなければならない。そしてこれには、果樹栽培における作業の効率化や省力化とともに、労働の質的改善が重要である。より良い果実を生産するための労を惜しんではならないが、必要な作業は快適な環境の下で行うとともに、効率的な作業によって余暇を生み出し、他産業並みにこれを楽しめる状況を作っていくことが必要となっている。

表-1に示されるように、果樹栽培では収穫作業に多くの労力を要してお

り、わが国の代表的な果実であるミカンやリンゴでは、全労働時間の約4割を費やしている。収穫作業では、果実の入った重いコンテナを取り扱うために、労働負担が大きいことも大きな特徴であり、作業の省力化と軽労働化が重要な課題となっている。また、果実を収穫するまでには様々な管理作業が必要であるが、中でも病害虫防除のための薬剤散布は重要な作業となっている。薬剤散布作業は、比較的早くから機械が導入されて労働時間は少ないものの、作業環境の改善が最も求められている作業である。果樹栽培における機械化の課題は多岐にわたるが、ここでは特徴的な収穫と薬剤散布作業に焦点を当て、技術開発の現状と今後の方向について述べてみたい。

II 果実収穫作業の省力化

1 収穫作業の現状

果実の収穫作業は、収穫容器（通常はプラスチックコンテナ）の搬入、果実を摘み取る採取、園外への搬出の、大きく三つの段階に分けることができる。

果実は一般に傷が付きやすく、傷の発生によって商品価値が著しく低下するため、機械による採取が難しい作物である。欧米諸国では、ナッツ類や醸造用ブドウのような加工用果実の機械収穫が行われているが、生食用果実の生産が中心のわが国では、小梅の収穫に手持ち式の

表-1 平成4年産主要果実の10a当たりの年間労働時間（単位：時間）

	ミカン	リンゴ	日本ナシ	ブドウ	モモ	オウトウ
労働時間合計	192.9	258.6	249.1	346.1	238.1	276.6
整枝・せん定	15.7	24.7	83.8	81.4	25.4	17.8
施肥	7.6	4.3	11.3	14.9	3.1	2.5
中耕・除草	17.6	14.7	8.7	13.1	9.9	17.0
薬剤散布	22.1 (11%)	3.3 (1%)	7.3 (3%)	15.0 (4%)	13.1 (6%)	39.6 (14%)
その他防除	0.3	4.6	5.1	—	1.9	1.4
授粉・摘果	39.7	60.1	76.5	110.0	103.2	4.3
袋掛・除袋	1.0	31.9	0.8	30.1	—	—
その他管理	10.7	15.2	5.5	12.3	16.1	4.5
収穫・調製	76.3 (40%)	97.1 (38%)	46.3 (19%)	63.6 (18%)	62.5 (26%)	185.8 (67%)
生産管理	1.9	2.7	3.8	5.7	2.9	3.7

1) リンゴはふじ、日本ナシは幸水、ブドウは種なしデラウェア、モモは大久保。

振動収穫機が用いられる以外に機械を利用する例は見られない。リングやミカンでは、採取した果実を作業者が携帯する収穫かごや袋に収納し、これがいっぱいになるとコンテナに移し替える作業を繰り返すのが普通である。

果樹園における作業の特徴として高所作業があげられるが、収穫作業においても能率を阻害する要因の一つになっている。つまり、脚立上や樹上等の足場が不安定な場所での採取は、地上作業に比較して能率が低下するからである。能率上の問題ばかりでなく、作業の安全性や労働負担の観点からも改善が必要である。また、果実の収穫作業では、収穫果実の搬出のための労力が大きな割合を占めている。特に、果実入りコンテナの積み下ろしは労働負担が大きく、規模の大きな果樹園では取り扱う数量が膨大となるため、作業の軽労働化が強く要望されている。

2 収穫用作業台

果実収穫作業の究極の機械化は、人間並みの作業を疲れを知らずにこなせる、果実収穫ロボットの実現であろう。わが国を含む先進諸国でその開発研究が行われ、かなりのレベルに達している研究もあるが、今のところ実用化の事例は見られない。科学技術の著しい進歩を考えると、いずれ実用化する時代が到来すると思われるが、現状では、技術面や採算面でクリアしなければならない問題が少なくない。

一方、果実を樹からもぎ取る採取作業は人間が行い、その後の処理を自動的に行う収穫用作業台が開発され、欧米では既に実用化している。図-1 はその一例であり、作業者が採取した果実を最寄りのコンベアに載せると、機体後部の収穫容器の位置まで搬送されて収容される方

式になっている。携帯容器に採取した果実をコンテナに移し替える、言わば二度手間を省くことによって能率向上を図るものである。この種の機械化の研究はわが国でも既に行われ、図-2 に示すような試作機によってその有効性が確認されており、栽培様式の標準化、規格化が進めば実用化が可能な技術であると考えられる。

3 果樹用高所作業車

収穫作業に限らず、脚立や樹上での作業は、足場が不安定で疲労も大きいため、地上作業に比べて能率が低下する。高所作業車は、作業者に安定した足場を提供することによって、地上作業と同等の作業能率と、安全性を確保しようとする作業機である。果樹用高所作業車の研究は、生研機構（農業機械化研究所）において 20 数年前から実施され、様々な機能を持つ機種を開発を行ってきた。図-3 に示す HA-13 型は、一連の研究の最後の試作機で、4 輪式の走行部に、X 字状のリンク機構によって昇降するデッキを設けたものである。デッキには多数の張出板が内蔵されており、ローラの摩擦力によって左右に繰り出され、作業者の足場となって樹冠内作業を容易にしている。

果樹園用高所作業車の普及台数は、リング等の落葉果樹を中心として、ここ数年目覚ましい伸びを示している。市販の高所作業車は、シザース型（図-4）及びブーム型（図-5）と呼ばれる二つのタイプに分類される。シザース型は、HA-13 型と同様に作業者の足場となるデッキが X 字状のリンクで昇降する方式であり、ブーム型は、仰角可変のブーム先端に、作業者が乗るゴンドラを装着したものである。現在の市販機では、両タイプともクローラ式の走行部を有する機種が多い。

一方、ミカン園での高所作業車の利用は現在ほとんど見られないが、生研機構では、図-6 に示す傾斜地用多目

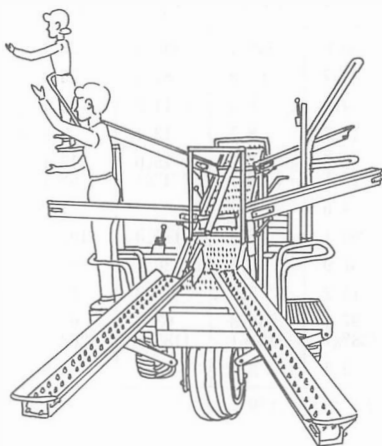


図-1 収穫用作業台（オランダ）



図-2 収穫用作業台（日本：農業機械化研究所）

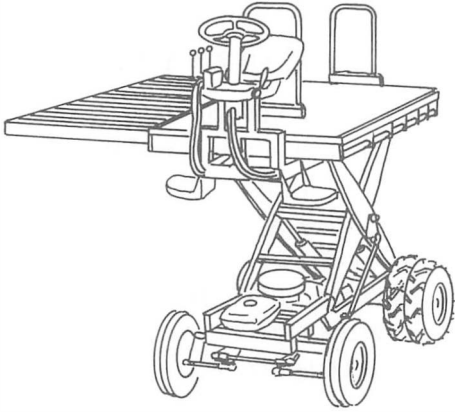


図-3 果樹園作業台 HA-13 型

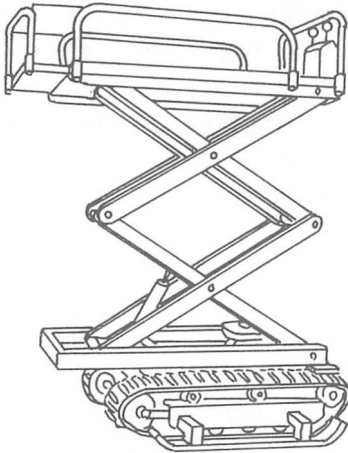


図-4 高所作業車（シザース型）

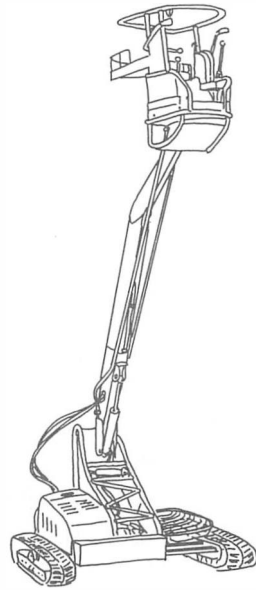


図-5 高所作業車（ブーム型）

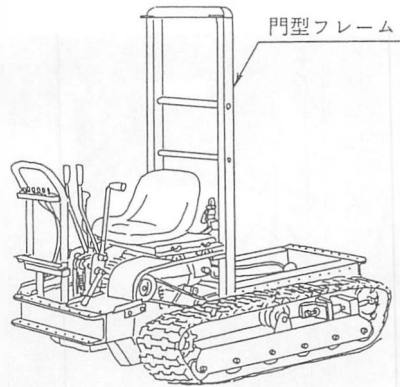


図-6 傾斜地用多目的作業車

的作業車用として、高所作業用のアタッチメントの開発を行った。傾斜地用多目的作業車は、カンキツ栽培の機械化作業体系の確立を目的としたものであり、図-7 に示す高所作業用デッキは、防除機（後述）、土壌管理用作業機に続いて開発したものである。試作した高所作業用デッキは、作業者の足場となるデッキと、デッキ昇降のガイドとなるマストから構成されている。マストは、その基部を作業車の後部にある作業機取り付けヒッチに固定し、油圧によって 360° 旋回できる方式になっている。デッキの構造及び張出板の方式は HA-13 型と同様であるが、長さ 100 cm、幅 70 cm に小型化し、昇降範囲は地上高で 50~150 cm とした。デッキとマストの結合はヒッチ式としており、着脱を容易にするとともに、ハンドリング用フォークと交換できるようにしている（図-8）。

4 ハンドリング・運搬の合理化

果樹の収穫作業では、収穫果実の搬出に多くの労力を

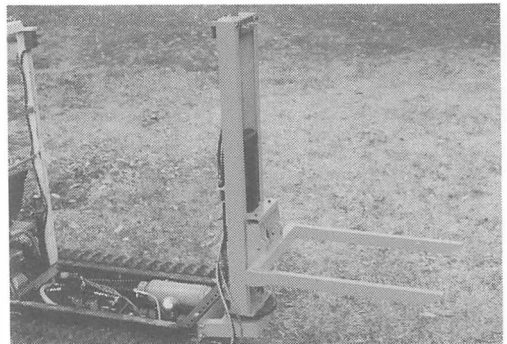


図-7 ハンドリング用フォーク

要しており、特にコンテナの積み下ろしの繰り返しが能率の低下を招き、作業者の大きな負担となっている。この傾向はカンキツ園で著しく、積み替えを繰り返すために、収穫量の数倍ものコンテナを扱わなければならない例も見られる。コンテナに手をかける回数をいかに減らすか、また、積み込みや積み替えが必要な場面ではいかに合理的かつ軽労働で行うかが、収穫能率向上の大きなポイントといえる。

収穫果実のハンドリング・運搬を合理化するためには、園内作業道を整備して、自走式運搬車の導入を図ることが不可欠である。このことは、かつて農道の整備とトラックの普及によって、収穫労力が大幅に節減されたことから明らかである。一方、園地でコンテナを運搬車の荷台に積み込む作業の機械化については、現在研究が行われている。図-9に示した収穫箱積み込み装置は、傾斜地用多目的作業車用の作業機として、生研機構が開発したものである。これは市販の空気圧式バランサー（最大荷重 30 kg）を利用した装置で、果実入りのコンテナを 1 kg 以下の軽微な力で運搬車の荷台に積み込むことができる。作業者の労働負担は大幅に軽減されるが、作業

能率の向上が課題として残されている。

Ⅲ 防除作業の省力化

表-1に示すように、労働時間の合計に対する薬剤散布作業の時間割合は、リングがわずかに 1% 強であるのに対して、ミカンでは 11% に達している。これは、スピードスプレーヤの普及率が、ミカンでは落葉果樹に比較して極端に低いためである。このように樹種による差はあるものの、果樹栽培の中で薬剤散布はいまだに苛酷な作業であり、その改善を望む声が多い。カンキツ園では、園地の基盤整備と機械の導入によって省力化を図っていく段階であるが、スピードスプレーヤ以外の自走式防除機も市販され、選択の幅が広がってきている。

1 ノズル回転式防除機

代表的な果樹園用防除機であるスピードスプレーヤは、大型の送風機を利用して薬液を飛散させる有気散布方式である。これに対して、送風機を用いない無気散布方式で、ノズル回転機構を有する果樹用防除機が開発されている。生研機構が、カンキツ園用防除機として開発したもので、傾斜地用多目的管理機として市販に移されている。図-10に示すように、直立したマストの左右両側に複数のノズル（左右各 5 個程度）を設置し、これをリンク機構またはチェーンで連結して円運動させながら薬液を噴霧する散布装置である。カンキツ園における散布性能試験の結果、回転式ノズルの効果によって樹冠内部まで実用上問題のない程度に薬剤が付着することが確認され、スピードスプレーヤや手散布と同等の散布性能を有

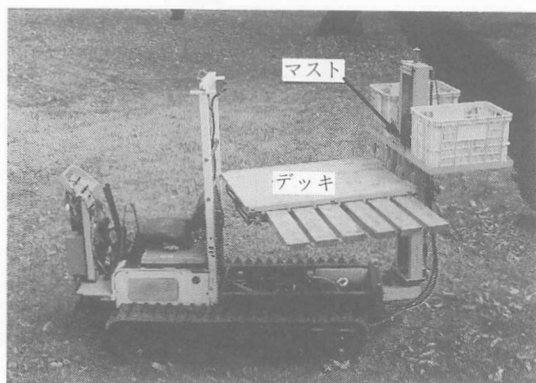


図-8 高所作業用デッキ



図-9 収穫箱積み込み装置



図-10 ノズル回転式防除機（傾斜地用多目的管理機）

するとの評価が得られている。

また、このノズル回転方式を応用して図-11 に示すような防除機が開発され、スイングスプレーヤの名称で市販が始まっている。外観的にはスピードスプレーヤに似ており、ノズルの配置も同様であるが、送風機はなく、扇形に配置されたノズルがリンク機構で結合されて回転する構造になっている。送風機を持たないためにこれによる騒音の発生がないこと、所要動力が小さいこと等が特徴としてあげられる。

2 風筒式防除機

図-12 は、四国農業試験場が開発した風筒式防除機で、傾斜地カンキツ園を主な対象とした歩行用の小型機械である。先に述べたノズル回転式防除機と異なり、風の力を利用した有気噴霧方式の散布装置である。送風機の吹出し口外周部に複数のノズルを配置し、動力噴霧機で加圧された薬液を、空気流で微細化するとともに送風散布する方式である。送風機は直径 46 cm の軸流送風機で、6.5 馬力の 2 サイクルエンジンで駆動している。風量は毎分 180 m³、吹出し口での風速は 25 m で、自然風速が 1 m 以下のほぼ無風状態において、薬液の有効到達距離は約 15 m である。風筒の角度は、オペレータが手元の調

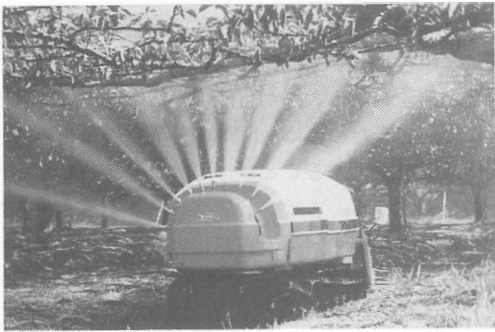


図-11 ノズル回転式防除機（スイングスプレーヤ）

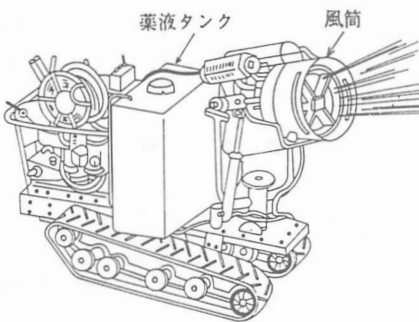


図-12 風筒式防除機

節レバーの操作によって上下左右に調節でき、対象樹に狙いを定めて散布を行うことができる。また、自動的に一定の角度で上下に振りながらの作業も可能となっている。

1 人で作業ができるため、手散布と比較して楽で 2～3 倍の能率向上となること、少ない薬液量で精度の高い散布ができること、オペレータの農薬被曝が比較的少ないこと、などの特徴が確認された。この風筒式防除機についても、方式のやや異なる 2 機種が市販されている。

IV 防除作業の無人化

薬剤散布は、果樹栽培では比較的早くから機械が利用された作業であり、リンゴ等の落葉果樹では、スピードスプレーヤを導入して大幅な省力化が実現している。しかし、農薬被曝や騒音にさらされるオペレータにとって、防除作業は依然として苛酷な作業である。機能的な防護キャビンの装着や、さらには作業の無人化が今後の自然な方向といえよう。

1 誘導ケーブル式無人防除機

図-13 に示した誘導ケーブル式無人防除機は、生研機構と農機メーカー等が協力して平成 5 年度から実施している、農業機械等緊急開発実用化促進事業（通称「緊プロ」）で開発され、市販に移された機種である。

誘導ケーブル式無人防除機の本体は、容量 1,000 l の薬液タンクを搭載したスピードスプレーヤである。その名称が示すように、走行経路に誘導ケーブル（電線）を敷設し、これに電流を流したときに発生する磁界を車体に設置した誘導センサが検出し、無人走行を行う方式である。誘導ケーブルは、園地の条件に応じて、地表面や地中（深さ 30 cm 程度まで）のほか、空中（地上 1.5～2 m）に設置することができる。また、補助遠隔操作機能を有しており、いわゆるラジコンによって、機体の発進停止、散布用バルブの開閉、送風機の回転停止を遠隔操作できるようになっている。さらに、各種の安全装置を

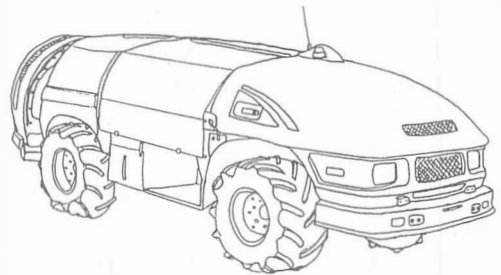


図-13 誘導ケーブル式無人防除機

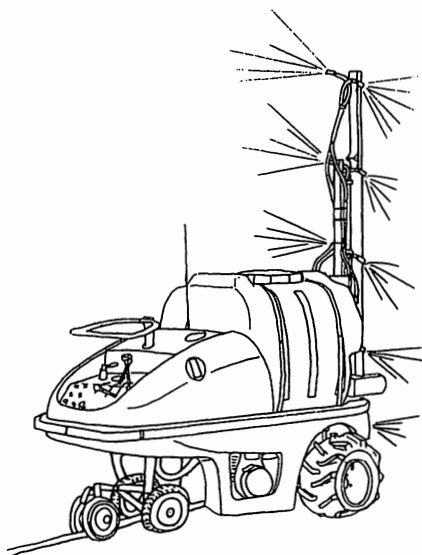


図-14 パイプ誘導式無人防除機

装備し、無人作業時の安全性を確保している。薬液タンクが空になった場合や作業の終了時、走行経路上に障害物を検出した場合、機体が誘導ケーブルから大きく逸脱した場合には、直ちに自動停止する方式になっている。

農薬被曝、騒音や危険回避ができるほか、無人散布中に薬剤調合等の作業が行えること、条件によっては一人のオペレータが複数台の防除機を操作できるなどの効果が期待される。

2 パイプ誘導式無人防除機

わが国の果樹園では、栽培様式によってはスピードスプレーヤーの導入が困難な場合が数多くあり、防除作業の省力化と軽労働化が重要な課題である。これに対処するため、平成6年度の「緊プロ」の中で、図-14に示すような小型のパイプ誘導式無人防除機が開発された。

この防除機は、容量300 lの薬液タンクを搭載し、地面上に設置した外径3~4 cm程度の誘導パイプに沿って無人作業を行う方式である。走行部は3輪式で、複輪式の前輪と補助誘導輪が誘導パイプを挟むような形で機械的に操向を行う。誘導パイプとしては、市販のポリエチレン管が敷設作業や機能の面で効果的であるが、外径が同等であれば、有り合わせの物を利用することができる。また、移動時やパイプを敷設できない場所では、歩行用機械として有人運転も可能である。変速装置には油圧式無段変速機を用いており、園地条件に適した作業速度を選択することができる。

散布装置は回転式ノズルによる無気散布方式で、左右にそれぞれ5個の散布ノズルを備えている。適用樹高は

2.5 m程度であるが、樹高に応じて使用するノズルの個数及び角度を調節することができる。また、赤外線式センサによって樹冠を検出し、散布装置の左右のバルブを自動的に開閉する機能を備えている。さらに、機体の発進停止及び散布用バルブの開閉は、離れた位置から無線によって遠隔操作することができる。安全対策としては、薬液が規定量以下に減少したとき、誘導パイプから脱輪した場合及び障害物に接触した場合には、走行クラッチが切れてエンジンが停止する方式になっている。

パイプ誘導式無人防除機は、無気散布方式を採用しているので薬剤の飛散が少なく低騒音の作業ができるほか、手散布に比べて、2倍以上の能率向上が可能である。また、均一な散布が行えるので、薬剤散布量の低減も可能である。この防除機については、1995年の秋以降に製品化が予定されている。

お わ り に

果樹栽培においては、収穫、受粉摘果、整枝・せん定等に多くの労力を要しており、いずれも現状では直接的な機械化が難しい作業内容である。新品種の作出を含む栽培技術面と、新しい手法を応用した機械開発の両面からのアプローチを、両者が協力して継続していく必要がある。一方、ここで述べたように、収穫作業におけるハンドリング・運搬、薬剤散布やその他の管理作業に関しては、現状においても、作業の省力化や軽労働化、作業環境の改善を図ることが可能である。そしてこれを効率的に実現するためには、園地の基盤整備によって、自走式作業機を導入することが不可欠と考えられる。つまり一例をあげると、スピードスプレーヤーを導入するための園地整備は、防除作業の省力化のみならず、他の作業にも少なからず好ましい影響を及ぼすということである。

リンゴ等の落葉果樹では、機械化を進めるための基盤が比較的整備されているが、カンキツ栽培では、条件に応じた整備が今後積極的に進められる必要がある。果樹は永年作物であり、園地の基盤整備には多くの困難が伴うと思われるが、果樹栽培の明るい未来のためには、その克服が不可欠であろう。

参 考 文 献

- 1) 宮崎昌弘 (1995) : 果樹園芸 45(5) : 10~13.
- 2) 小川幹雄 (1995) : 現代農業 74(6) : 86~87.
- 3) 小川幹雄 (1995) : 今月の農業 39(7) : 115~120.
- 4) 小川幹雄 (1995) : 果樹園における機械化の課題と省力防除技術 : 平成7年度果樹病害虫防除研究会現地検討会要旨 : 19~25.