

## 傾斜樹園地の機械化

田 辺 一\*

## 1. 機械化の経過と目標

## 1) 経 過

果樹園の機械化が提唱されてすでに10数年になる。当初は年間を通じて労力を多く要する病害虫防除作業を機械化する目的<sup>1)</sup>で、昭和28年ごろから固定配管施設が、昭和30年ごろからスピードスプレーヤが導入され始めた<sup>2)</sup>。

スピードスプレーヤの普及は主としてリンゴ作地帯であったが、他の果樹作では定置配管施設が普及した。しかしながら定置配管施設による防除は、果実の品質の改善、共同作業への発展へとその効果を現わしたが、技術的には人力による個人散布技術の単なる拡大延長に過ぎず、画期的な労働能率の向上や規模拡大による経費削減の効果は少なかった。

しかるにいわゆるミカンブームに乗って昭和35～36年ごろから急速な果樹園面積の増加を見たが、傾斜樹園地における栽培方法は従来の人力作業当時の方法から脱し切れなかった。これはこれまでの試験研究の大半が果実の生産量に重点が置かれ、作業面からの検討がなおざりにされていたことにも原因の一端があった。

その後、労賃の高騰などによって果樹栽培収益の伸び率が停滞ないし減少したことから、果樹栽培においても省力機械化農法への切り替えが迫られ、また農業構造改善事業の推進で機械利用、省力化に関する研究が大切になってきた。すなわち昭和37～38年ごろから運搬の合理化を目指して、既成園では従来のケーブル運搬、人力運搬に代る自動車運搬のための農道の整備が進み、新たに造成される園地では当初から大型機械の導入を前提とした開園が行なわれるようになった。

当時はこのような農道の設置、開園方式に関する資料が乏しく、直接農家と接触する果樹担当普及員らは園の形態、開園の設計施行方法などについて随分苦勞を重ね各人各様の方法を案出したが、施工に関しては全く建設

機械オペレータまかせという状態も少なくなかった。

このようにして果樹園には自動車が走り、トラクターが進行するようになって一見機械利用が進んだかのように見受けられるようになったが、作業内容から見れば機械利用は大勢的に見れば「運搬と防除」作業のみで、他の作業はすべて人力にたよっているとと言っても過言ではない。

ちなみに昭和35～36年ごろの10a当り労働時間は<sup>1)</sup>、かんきつ、なつみかんで300時間、みかん、りんご、ぶどうで400～500時間、袋かけ、防除に多くの労力を要するものでは700時間と言われていた。農林省は農業の基本問題と基本対策<sup>3)</sup>で、昭和44年度にみかんで224.6時間、果樹農業振興基本方針<sup>4)</sup>では116.1時間を目標として生産費中労働費の占める割合の削減を計る方針を打ち出しているが、果実生産量、収益性の増加を計りながら、これだけの労働節約を完遂するためには、研究面、指導面において相当思い切った施策が必要であろう。

## 2) 検討のねらい

筆者は最近果樹栽培の研究から遠ざかっているので、最近の情勢についてはつまびらかではないが、昭和28～29年から34年にかけて主として防除の面から果樹栽培を観察し、また昭和37～38年には将来の機械化経営を想定したみかん園の形態と造成に関して種々の考想を持つ機会を得た<sup>5)</sup>。

もちろん当時は前述のように果樹園の形態、造成方法についての資料に乏しかったので、傾斜地果樹園の近代化方式として人力労働を全く排除する方式から出発して飛躍的な考想をほしいままにし、それと既応の研究調査結果および営農的見地の相互関連性を果樹の専門家を中心として、土壌、作物、経営、機械の各専門のそれぞれの立場から検討し最善の方式の具現を計ろうとした。この討議の中で、その当時は突飛的な考想であると言われたものでも、現在ではすでに研究が進み、実用化されるいは実用化されつつあるものがいくつかあることは、われわれにとって大きな喜びとするところである。

\* 島根大学農学部 1970. 1. 16 受理

当時の研究成果にはつぎのように書かれている。

「しかし今日では傾斜地用大小農機具の後進性、傾斜地の地形的複雑さとそれぞれ適応させるべき傾斜樹園地造成理論および工法の未熟さ、材料とする柑橘の機械化困難な生態的特性などから、まだ一定の造成方式、機械化体系を選定しがたい。そこで与えられた土地条件を対象とし(13°~27°勾配の花崗岩質南面凹形斜面)、現地地形斜面に適合するであろう数種の形態、構造の圃場を造成し、それぞれの圃場に適合すると思われる機械化運営方式を適合させて各圃場ごとに最善の運営を行ない、その生産力、労働生産性、投資効果、所得などから総合的に各形態の優劣を比較判定して目標達成をはかる」と。

現在すでに提唱されている亀の甲方式を始めとする種々の開園形態、農道型斜面畑方式、ヘッジング、トップングによるかき根形樹形成形などはこの討議の中ですでに扱われていたものである。

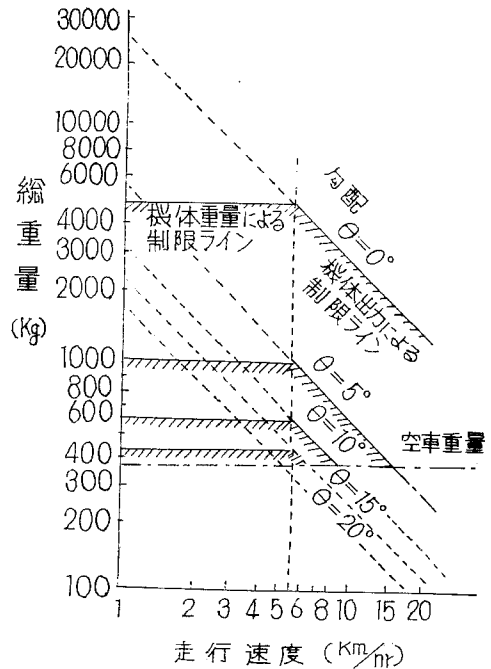
「機械化農業とは何か」の討議はわが国では戦後数多く討議された。「人力による慣行農法に機械を導入すること」に始まり、「機械利用の体系化されたもの」とも唱えられたこともある。最近<sup>27)</sup>では「高度の労働手段を中核として生産過程の各作業が編成され、しかも各作業、各技術が相互に有機的な関連を持つ農産物の生産方式」と言うような定義付けもされるようになり、機械の性格と作物の生理生態、栽培形態などとの関連性が追及され、画一化作業の連続性、単純化を目標とした作物の栽培様式の検討が実施されるようになってきた。機械化の経済性はもっとも大切な事柄で、樹園地の集団化、共同化についても忘れてはならないものではあるが、ここでは経営経済的なものについては省略し、機械化を前提としたみかんの栽培技術を中心に、機械化を進めるための条件について検討をすることにする。

## 2. 機械化のための整備

### 1) 前 提

傾斜地の労働条件は平地に比べて非常に不利である。機械は走行するだけでも容易でない。これらの困難性は傾斜角が大きくなるほど大きい。

樹園地の傾斜角別割合をみかんについて見ると<sup>28)</sup>、5°未満が13%、5~15°が45%、15°以上が46%で、その後の開園面積を含めると傾斜地の面積割合が大半である。そこでこのようなほ場でも容易に作業ができる機械、すなわち傾斜地用特殊機械の開発が要望されるのは当然のことである。農用ケーブルはそのもっとも良い例で、傾斜地用として開発され、農道設置の困難な場所、谷越えなどにその効果を発揮した。しかしながら農道が設置できる場所では農道が有利<sup>29)</sup>で最近では農用ケーブルはそ



図一 登坂運搬性能(二輪トラクタ、トレーラ)<sup>12)</sup>  
 エンジン出力3PS、機械効率0.8  
 トラクタの車輪にかかる重量170kg  
 ころがり抵抗係数0.025 けん引係数0.7

の位置を走行車両に譲りつつある。

走行運搬車においてもトラクターにおいても傾斜地用特殊機械の要望が強く、農家みずから町工場に依頼して低い重心で、強力なエンジンを装備した運搬車を製作し利用<sup>10)</sup>していた。また傾斜地作業の機械化を進める立場から二輪、四輪トラクターの車輪の開発、重心移動装置、ヒッチングの方法等の研究がなされた<sup>23)</sup>。外国においては油圧利用による車輪のリーニング装置が利用されている。しかしながらこれらの装置は軽量な作業機、あるいは機体が水平化されなければ作業精度が極度に低下する機械ではその効果も大であるが、一般に平地用機械に比べて高価となるのみでなく、その反面その装置によって利用限界傾斜角が飛躍的に増加するものでもない。むしろ利用可能の範囲内において運転者の操作を楽にし、トラクターが円滑に動くようになるところに意義がある。

そこでここでは平地用の安価な機械を利用することを前提として考察する。

### 2) 農道の整備

トラクター、スピードスプレーヤ、トラックなど走行車両を利用して機械化を進めようとする場合は何はともあれ機械が走行する通路を必要とする。ここではトラクターの登坂能力、降坂制動性能から農道の縦断勾配に

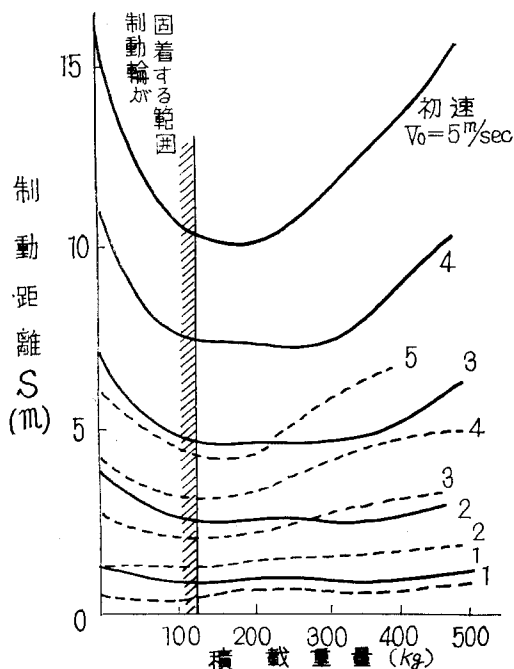


図-2 後輪制動性能 (二輪トラクタ, トレーラ)  
 空車全重量372kg 前輪分担荷重250kg  
 (含運転士) 軸距257cm  
 実線 傾斜 11° 破線 傾斜 0°

ついて検討する。

(1) 登坂性能 トラクターのけん引力は平地ではトラクターおよびトレーラーの走り抵抗に打ち勝てば良い。傾斜地では傾斜角 $\theta$ の坂道を登坂するトラクターは、トラクター重量、トレーラー重量、運転手その他の重量の合計重量 $W$ と $\sin\theta$ の積が勾配抵抗として走り抵抗に加算されるので、傾斜角が大きいくほどトラクターのけん引性能は低下する<sup>(10)(11)</sup>。

一般に登坂力はトラクターのエンジン出力と駆動輪荷重の両方から制限を受ける(第1図)が、変速歯車を低速に入れた場合は駆動輪荷重で制限される場合が多い。したがって登坂力を増加させるためには駆動輪荷重を増加させるか、駆動輪のけん引係数を増加させる方法が採用される<sup>(12)</sup>。前者は付加おもりの採用、積荷の工夫によって容易に増加できるが、後者は路面と走行装置の構造によってほぼ決まってしまう。運搬用路面は普通固乾路面となっているので空気タイヤのラグの影響は現われない。ラグの影響の現われるような道路では、その道路は傾斜地ではただちに車輪跡(わだち)が排水路となり道路の維持管理に大変な手間と費用がかかる。一般に固定費を計上できるところではコンクリート舗装が行なわれているが、普通は固乾した路面上を踏み固めに強い草種で被覆している。草種によっては草根で路面は堅くなる

が、雨後あるいは早朝には草葉の湿りによって車輪のすべりが増加し登坂力が減退する場合があるので、ときどき地上部を刈り取る必要がある。

(2) 降坂制動性能<sup>(12)(13)</sup> 坂を下る場合は、トラクターの変速歯車はできるだけ低速に入れエンジンブレーキを働かせて降りる必要がある。フットブレーキを使い過ぎると発熱のため制動力がなくなる(フェード現象)ので危険である。トラクターは傾斜地用としてとくに設計されたものでないので注意が大切である。さらに大切なことは急ブレーキのかけ方である。急ブレーキ時の制動距離 $S$ は初速度を $V_0$ とすると、 $S = \alpha V_0^2$ で表わされ、 $\alpha$ は減速度に反比例し傾斜地では $W \sin\theta$ の影響で平地より大きい値になり、制動距離は平地よりはるかに長くなる。 $\beta = 2$ であるので初速はできるだけ低くすることが大切である。

また制動輪にかかる荷重が小さい場合に制動によって制動輪の回転が停止(固着)する場合がある。この場合の制動距離は上記の制動距離より伸びるのみならず、機体の方向安定性も失なわれて危険な状態となる(第2図)。このように平地では十分使用できる機械でも傾斜地では制動距離が大きくなり勝ちで、しかも機体のだ行による危険が accrue につきまってくることに注意しなければならない。

とくにトレーラーをけん引する場合の安易なヒッチング、後方転倒、あるいはクローラトラクターによるハンドルの切り損ないなどによる谷底への転落など危険はいつも隣りにあることを忘れてはならない。

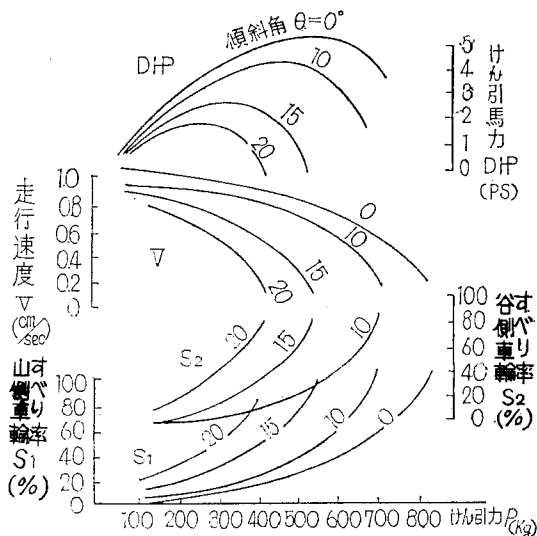


図-3 四輪トラクタのけん引性能  
 花崗岩前積固乾砂壤土面上 全重 1524kg  
 重心位置 地上高 625mm 後輪軸から前方 802mm

以上のような登坂、降坂性能から見て走行面の傾斜は8°以下であることが望ましい。昭和40年に制定された高性能農業機械導入方針<sup>14)</sup>は、高性能農業機械の導入に関する目標、必要条件、導入に関する必要事項を記しているが、その中でも「トラクターの走行面の傾斜ができるかぎり8°以下であること」とし、また道路の有効幅員についても基準を示している。

### 3) 樹園地の整備

(1) 支線道路 従来傾斜樹園地は上下のたて仕切線によって土地所有が仕切れ、その中で歩行運搬用として狭い急傾斜の道路が配置されていた。しかも高性能農業機械を使用するために道路の縦断勾配を8°と仮定すると、8°以上の傾斜地では当然斜め上方に向けていならずま形に道路を配置しなければならなくなる。しかもトラクターあるいはけん引型作業機をけん引する場合は鋭角に交る道路での回行は困難<sup>15)16)</sup>で、さらに道路による占有面積を少なくするために従来のたて仕切りは適用できなくなった。

また道路は機械の道路であると同時に、園内機械運行の際の旋回部としても利用されるので、園地は支線農道で囲われることを原則とするようになる<sup>16)</sup>。

以上のことから支線農道の配置の決定はほ場区画の決定と一致することになり、ここに平行四辺形、菱形、亀の甲形、同心円形などはほ場区画ができて上がる。

(2) 園内耕作道路 トラクターによって機械化を進める場合、園内には当然耕作道を必要とする。この場合は等高線あるいは斜め方向の登降坂形式で作業をすることになる。この場合トラクターは機体の傾斜と斜面上で傾斜下方へ向う力  $W \sin \theta$  (接線力) によってけん引性能が低下する。すなわち機体の傾斜による左右車輪の駆動力差、接線力に対抗するための傾斜上向き偏角の付与、このことは走り抵抗の増加、駆動力の進行方向への分力の減少、差動装置の働きなどを誘発しそれらの原因によってトラクターのけん引性能は極度に低下する。一例<sup>17)</sup>を示せば固乾した花崗岩崩積砂壤土面上では平地に比べて傾斜10°で1~2割減となり、15°で $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{2}{3}$ のけん引力しか発揮できない(第3図)。

駆動輪には左右同じ大きさの荷重をかけ、被けん引車輪には傾斜上方側車輪の荷重を大きくすることはけん引性能改善の一方策<sup>18)</sup>ではあるが、実体はそれとは反対の現象となる。スピードスプレーヤのタンク内の薬液は機体の傾斜によって傾斜下方側車輪の荷重をより増加するように働く。

筆者は普通畑作における等高線方向の作業を傾斜角4°ごとに区切り、4°程度までは平地と同様に作業できる、

4°~8°ではやや困難であるが作業可能である、8°~12°では機械の利用上工夫を必要とし、12°以上では利用困難としている。もちろん個々の作業を取り上げれば15°~16°でも作業は可能であるが、スピードスプレーヤをけん引するような作業では10°をこえると利用困難となる。高性能農業機械導入基本方針でも走行式防除機械を用いる場合はほ場内走行路の傾斜を、「歩行型トラクターでけん引されるもの6°程度、乗用型トラクターでけん引され、またはこれにとう載されるものおよび自走式のもの8°程度」としているが、これは縦断、横断面勾配ともに適用されるものであろう。

以上のことから8°以下のほ場では山なり方式の開園も可能であるが、それ以上の傾斜角では段畑方式を採用することになる。

(3) 段畑方式 従来の段畑では水平段畑あるいはやや傾斜した段畑とし、その段畑上面しかも中央に樹木が植えられていた。人力作業を前提とする場合はこの方式に意義付けもできるが、機械利用とくに走行式機械を利用する場合は機械の通路が必要である。段の上面に樹木を植え、しかも機械の通路を設けるとすれば樹木の植付け面積が極度に制限される。これは果樹栽培農家でもっとも問題とするところである。

対策として樹木を斜面に植えることを提唱した。いわゆる斜面畑方式で、昭和37年当時はこの説には相当な反論があったが、現在では一つの開園方式として認められ、トラクターは段上面を通過する。

ここで問題となるのは道路間隔で、それは将来どの作業までどのように機械を利用するかによって決まる。

a. すべての作業をトラクターの動力で実施するとすれば、すべての樹木はトラクターの走行路に近接している必要がある。

b. すべての作業が薬品処理等によってまったく樹木に触れなくても作業ができる状態になればその必要はない。この場合は薬剤散布機の有効到達範囲で道路間隔が決まる。

現在bの条件は落葉剤、摘花果剤などに試みられているが、全作業がここに到達するにはなお相当の年月を必要とするであろう。また現在用いられているスピードスプレーヤにしても薬液到達距離に限度があり、樹木の各列ごとに道路を必要とするのが普通である。亀の甲方式は機械の登坂、回行、作業を考えた開園方式で検討に値するものである。

### 4) 栽培様式

(1) 樹形 機械化を進めるためには作物はすべて画一化することが大切で、バリカン型モアーによる剪定を考

え、従来の開心自然形すなわち円錐体とかき根形すなわち長方立方体の表面積を計算し、後者の面積が大きいことを指摘した<sup>24)</sup>。当時としてはこれにも反論があったが、愛媛県果樹試験場玄関のかき根型みかんの成績が良かったことからこの方面の検討が実施された。果樹の収量の多少は葉面積指数が基になる。樹冠表面積の増加と1樹当り収量は比例する等の愛媛農試の研究成績<sup>19)</sup>はこの裏付けとなる。

かき根型樹形は樹間は耕作道として広く利用できるし、スピードスプレーヤによる薬剤の到達付着も良好で防除効果が高く、その他各種作業が容易である。従来の樹形をヘッジングによって強剪定しても2年で元通りの収量が得られるという説<sup>20)</sup>もある。果樹農業振興基本方針<sup>9)</sup>でも長さ4m、幅3m、高さ3mの食パン型孤立樹冠としている。

(2) 動力源 機械化を進めるには動力源が必要であることは言うまでもない。果樹栽培においても完全な施設園芸の段階にまで発展すると使用容易な電力が主役を演じ、作業はすべて遠隔操作ですますことができるようになるかも知れない。そのもっとも可能性があるのはスプリンクラーで、スプリンクラーは本来の目的であるかんがいのみならず、防除、凍霜害防止その他種々のChemical control用として多目的に利用され、省力の効果は非常に大きくなる。しかし現在のところ収穫、運搬作業にまでは望めない。

移動動力源として油圧モーターのような水圧モーターが開発されれば固定配管施設は一段とその用途が拡大されるが、現在のところでは移動動力源には内燃機関がもっとも優勢で、トラクターに搭載して自由に移動作業ができる。

最近利用されはじめた軌道による運搬車は移動動力源の一種であるが、占有面積も小さく、施設費も道路に比べてはるかに安価で動力源として有用である。将来油圧の利用によりその利用範囲が拡大される可能性がある。

しかしトラクターも軌道式も現在のところ運搬作業が主で、研究用として防除が実施されている程度である。

(3) 機械化研究の現状 すべての果樹をとおして現在農家をもっとも要望しているものは防除機と収穫機である<sup>21)</sup>。防除についてはスピードスプレーヤの利用が増加し、航空機による防除も進んできた。しかし収穫は生食を主体とするわが国の果樹作にあっては難問が多い。収穫機の開発試作としてシェーカー、折りたたみ式移動脚立、捕果装置等の試験研究が行なわれている<sup>22)</sup>。その他自動操向装置付き運搬車、動力剪定機、モノレール式防除装置の試作等の研究が行なわれている<sup>23)</sup>が、現段階では人力補助作業を省略することは困難で、本来の機械化

にはまだほど遠い。総体的に見て果樹作の本格的な機械化はこれからと言うところである。

機械化は既述のように個々の機械の開発のみで達成できるものではない。とくに傾斜地では作業が困難で、作業の省略あるいは他の作業による代替など能率化とともに容易化を計らねばならない。品種改良、栽培法の改善あるいは調節用薬剤の開発も大切である。栽培法としては草生栽培の可否、草刈り回数、程度、無袋栽培、熟期の調節法等の研究も進んでいる。

残念なことに水田偏重であったわが国では、果樹作の樹園地関係の研究人数は少ない。業界関係者の関心度も低いのが現状である。果樹は永年生作物であるだけに研究もむづかしいが、それだけに余計努力が必要である。

### 3. 結びにかえて

筆者はここ10年来、土地利用合理化研究の一環として傾斜地農業を耕草園林地の立場からながめ、樹園地においては園地のあり方を機械化の立場から開園方式、造園法などについて検討してきた。そして機械利用の立場から利用限界のは握と同時に、限界以上の土地は機械利用が可能となるよう土地、作物からの歩み寄りを提唱してきた。道路構造、段畑方式あるいは亀の甲方式に見られる循環耕作道はその一例であるが、その中のどの一つを取り上げてみてもまだまだ多くの問題をかかえている。これらすべてを限られた時間内に述べることはできないし、特別な項目のみを述べても土地から足が離れ、あるいは与えられた表題から離れる可能性もあった。そこでここでは機械化を進めるための条件の設定に主眼を置いて考察した。その結果表面的ら列に終わったきらいがあるが、傾斜樹園地の機械化はその進展度合が非常に遅れ、現在すでに本腰を入れなければならない時期であるので、この一文がその際の参考になれば幸である。

#### 参考文献

- 1) 全国農業会議所：農業構造改善必携，昭和38年6月30日，大成出版，P. 160
- 2) 関東東山農試農機員部；スピードスプレーヤに関する研究（第1報）実態調査および性能試験について，昭和35年3月15日，P. 9-16
- 3) 全圃連農業機械部，関東東山農試農機員部；果樹園における共同防除方式並びに防除機具の実態と問題点，昭和36年7月20日，P. 26-27. 57. 97
- 4) 農林漁業基本問題調査事務局；農業の基本問題と基本対策参考附表
- 5) 農林省；果樹農業基本方針，昭和42年3月31日
- 6) 四国農試土地利用部；傾斜地果樹園の造成，機械化運営の組立研究，昭和37年度成績，昭和38年2月，昭和38年度成績昭和39年2月
- 7) 武井昭；わが国における機械化農業発展の可能性，農業と経済，第35巻11号，P. 4

- 8) 果樹基本統計調査, 昭和33年
- 9) 篠原, 田所; 急傾斜地における農路道の利用について, 四国農業研究第1号, 昭和31年
- 10) 四国農試機械化研究室; 傾斜地用運搬車の一事例, 傾斜地果樹園の造成, 機械化運営の組立研究, 昭和37年度成績, P. 37—42
- 11) 田辺外; 傾斜地における農用トレーラーの運搬性能について(第2報)登坂および旋回性能について, 四国農業試験場報告第15号, P. 47—58
- 12) 鏡木外; 小型トラクター用トレーラーに関する研究, 関東東山農業試験場報告第18号, P. 157—183
- 13) 田辺外; 傾斜地における農用小型トレーラーの運搬性能について(第1報)降坂制動性能について, 四国農業試験場報告第14巻, P. 175—202
- 14) 農林省; 農業機械化促進法一部改正, 昭和40年6月21日, 法律第135号
- 15) 四国農試; 四国農業試験場における試験研究の運営の問題点, 昭和40年10月, P. 124
- 16) 四国地域技術連絡会議; 四国農業の技術指針—みかん開園ならびに省力機械化技術指針, 昭和40年12月, P. 1—212
- 17) 田辺外; 傾斜地における四輪トラクターの等高線方向けん引走行性に関する研究(第2報)(第3報), 農業機械学会誌第28巻等4号, P. 204—207, 第29巻第1号, P. 3—7, 田辺外; 四輪トラクターの傾斜地における牽引走行性能について, 四国農業試験場報告第14巻, P. 151—174
- 18) 田辺外; 傾斜状態における車輪の走行抵抗に関する研究(第2報)(第3報), 農業機械学会誌第9巻第4号, P. 191—192, 第30巻第3号, P. 146—147
- 19) 蕨師寺; これからの樹園地経営と栽培, 畑地かんがい講習会テキスト, 昭和44年9月9日, 畑地農業振興会 P3—17
- 20) 平田; 果樹作と運搬の合理化, 機械化農業2604号, P. 35
- 21) 農業機械化研究所; 果樹作物の機械化必要度, 果樹作機械化の問題点と機械開発への要望, 農機新聞, 第1110号, P. 7
- 22) 農業機械化研究所研究第三部; 昭和41, 42, 43年度成績, 農業機械化研究所
- 23) 四国農試機械化研究室; 傾斜地における機械利用に関する研究, 歩行用二輪トラクターについて, 昭和38年4月, 四輪トラクターによる作業の技術的問題点, 昭和39年2月
- 24) 田辺; 傾斜地果樹園(かんきつ)における農作業機械化についての考察, 未発表