

Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan

土 壌 の 物 理 性

第 22 号

昭和45年 9 月

巻 頭 言.....	須 藤 清 次	1
傾斜樹園地の機械化.....	田 辺 一	3
りんご園の改良.....	篠 辺 三 郎	7
みかん園の造成について.....	竹 中 肇	13
下層土の物理的要因とミカンの生育.....	古 賀 汎	19
桑園土壌について.....	永 井 政 雄	26
樹園地の気象.....	中 川 行 雄	32
樹園地について.....		33
遠心 pF とその測定法.....	須 藤 清 次	35
土 粒 子.....		40
会 員 名 簿.....		41
会 務 報 告.....		52
編 集 後 記.....		52

土壤物理研究会会則

- 第1条 本会は土壤物理研究会と称する。
- 第2条 本会は土壤の物理性を中心とする試験研究の発展と農業技術への貢献を図ることを目的とする。
- 第3条 本会はその目的を達成するため次の事業を行なう。
- 1 研究発表会、討論会及び見学会などの開催
 - 2 土壤の物理性 (Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan 会誌という) 並びにその他の印刷物の発行
 - 3 内外の研究、技術の交流及び他の学会、諸団体との協力
 - 4 その他本会の目的を達成するため必要な事業
- 第4条 本会の会員は正会員、学生会員及び賛助会員の3種とする。
- 第5条 会員は次の会費を所定の期日までに納めるものとする。
- | | | | |
|------|------|---|---------|
| 正会員 | 年 | 額 | 500円 |
| 学生会員 | " | | 300円 |
| 賛助会員 | 1口年額 | | 10,000円 |
- 第6条 本会に次の役員をおく。
- 会長1名、副会長1名、評議員、会計監事若干名及び幹事若干名。幹事以外の役員の選出は総会において行なう。幹事は会長の委嘱による。役員任期は2年とする。但し再任をさまたげない。
- 第7条 会長は毎年1回以上総会並びに評議員会を招集する。
- 第8条 本会の経費は会費その他の収入をもってあてる。
- 第9条 本会の会務執行に必要な規定は別に定める。
- 付 本会の事務局は当分の間下記におく
- (昭和44年4月以降)
- 東京都北区西ヶ原2-1-7 (〒114)
農業技術研究所土壤物理研究室内

「土壤の物理性」投稿規定

- (1) 投稿は本会会員に限る。ただし共著者の場合また編集委員会が依頼した場合はこの限りではない。
- (2) 原稿の採否は編集委員会が決定する。編集委員会は要すれば文章の加除修正を行なう。ただし内容についてはこれを著者に依頼することがある。
- (3) 投稿には400字詰横書きの原稿用紙を用い、用語、図表等は関係学術雑誌の規定にならって執筆すること。
- 枚数は16枚程度を一応の規準とする。
- (4) 投稿は以下に示す種別にしたがい、その内容は土壤の物理性に主体をおくものとする。
- <報文> 他誌に未発表のものに限る。書き方は方法、結果、考察ならびに総括(摘要)の体裁をとり、引用文献を明らかにすること。
- <論説・総説> 土壤の物理性に主眼をおき、広い視野に立って記述したもの。
- <資料> 既に発表した報文または発表予定の内容を各分野の参考資料となるよう書き改めたもの。
- <解説> 物理性に関する諸事項の理解を計るための平易な解説ならびに研究技術の普及交換を進めるための紹介を含む。
- (5) 原稿には下記形式の送り状をつける。報文のみ初刷りは著者校正とし、印刷ずみの原稿は返さない。

発表年月日	受付年月日		
種別	原稿枚数	図表数	図枚、表枚
表題	写真数	別刷	葉
著者名			30部+
所属			部

- (6) 別刷は30部を著者に贈呈する。それ以上希望する場合は実費を申し受ける。

付記：投稿及び会誌編集に関する通信は下記宛のこと
東京都北区西ヶ原(〒114) 農業技術研究所
土壤物理研究室内土壤物理研究会編集委員会

巻 頭 言

土 壌 物 理 学 の 成 立 へ

須 藤 清 次

今年のはじめちょうど地吹雪のふきあれる頃 snow engineering の話を聞く機会があった。東北・裏日本で除雪などの雪対策に関心が高まってきたのはモータリゼーションのためという表現だけでは、いうまでもなく上べだけの話になる。私の住む庄内地方は水田4万haの規模であるが、この冬の出稼ぎ人数は1万人と伝えられた。農家の人々が居住地から経済的に追い出されていることになる。つまり産業の面からみれば雪国の冬は半ば眠っている。

雪の技術を見ると、ブル除雪・雪崩れとその防止法などはほとんど土の力学の定式が使われ、道路・鉄道・家屋に沿う防雪柵の工法はまったく飛砂と同じ原理に立っている。さらに農地・道路の消雪法は接地気象学の応用である。土壌学は応用科学であるといわれたり、遅れた学問などということを気にしていたのであるが、雪と土との関係を見ると考え方を少し変えたい。科学水準の高低ということではないが、土に関する科学も案外に他分野にも寄与しているものだということをあらためて考えさせられた。

このような例、すなわちもと土に端を発するか、または主舞台を土にもち、のちに諸課題を取扱う一般的手法に使われているものをいくつかあげてみよう。粘土のイオン交換とイオン交換樹脂、コロイド科学・レオロジーと高分子科学、クーロン・モールの粗粒子の力学と材料力学、ダルシーの透水係数と多孔質体の水理学・コッセン・カルマンによる比表面積測定法、pFと吸湿。これらとは逆に他分野の成果によりまた応用科学として土壌学が大きな影響を受けていることはいうまでもない。

ただこのような各専門諸科学の進歩が高度工業社会の発展のなかでどのように扱えられるかということも気にかかる。大きく振り返ってみると、人間の生活手段として土や水は、また社会生活の一原理として天文・気象などもともと人々の生活にもっともなじみ深いものであった。原始や古代に遡らなくとも昔の人は土・水・天などについてかなり適確な総合的知識を身につけていた。水理・天文からニュートンの頭脳を通して動力学が生れてきた。したがって科学の体系の発展に土も大きな舞台となっている。しかし一たび労働の分化が始まり専門家が活躍をはじめると、やがて今日の工業社会といわれる時代にまで進んできた。この百年のわが国の大学をみても、はじめの農学科から多くの学科が独立していった。社会では、はじめはほとんどが農家であった。いまは人々はいろいろな職業についている。土が水や天と共に基礎となって発達してきた工業技術、それがどう農学に影響を与えたかなどというシンポジウムもこの4月に開かれるようになった。農業や土は産業や諸科学の中心から外れたところに位置しているようにも思われるのも一面の意味があろう。

少しまえば博物学という旧式のかげをもって呼ばれた地学はいま生物学と共に第二の最盛期を迎えようとしている。岩石の熱残留磁気学によりヴェーゲナーの大陸移動説が復活したり、新しい数字や同位元素により地学は書替えられつつある。近くでは農業気象学もそういえる。現状の土壌物理は農業内の諸分科の専門家を中心にした研究体制になっている。これにはちがった専門家をひき入れて土壌物理の革新を考えるのも一つであろう。しかしますますできることもある。それは昔の人がもっていた土の姿の全体的把握が私達さえもあまりにも貧しいということである。そういう概念をはっきりさせることは次のステップの基準になるだろう。現代人も土の上に立ち、土から穫れたものを食べている。電気器機の知識よりも土の知識が少なくてよいということは余りにも非人間的であろう。

土の科学は自からが生んだ工業諸科学・工業社会により、ある意味で揚棄されたといえる。しかし私達はそれほど土のことを知っていないように思われる。また土の研究手段も昔の器具の改良化の域からあまり脱していないかもしれない。土に対する人々の要望や他専門分野からの期待をあまり聞いたことはない。これらの条件は土の科学は未来のあるものであるということの意味している。

土壌物理に関係している私達は何らかのすじで農政の制約・影響を大きく受けているなかで生活している。この現実からは脱ける脱けないの問題ではないが、そういう条件は科学にプラスとマイナスのあることは当然であろう。1955年から今日まで内閣の交代のたびに約5ケ年の経済・政治計画がつくりかえられてきた。1961年の農基法・農業構造改善もその成否もあいまいのままに農政は変転している。農政が変わると研究・技術行政も変わざるをえない。これは農家にとっては生活がかかる重大事であるが、研究者にとって飯は食えるとしても頭脳は飢餓の淵に立たされることになる。八郎潟干拓では水田をいままで拓らた約半分でストップし、これからは畑作・牧草という方針が出されている。水田化に関係した私はいやな感じにおそわれた。畑が悪いというわけではない。もともと干拓初期はその方がよいという意見も出されたが、農政はそうさせないということであった。今年の農政は畑かも知れないが、農業気候や市場問題は来年以降の畑作をどう保障しているのであろうか。

何かの契機をつかんで土壌物理の発展にけじめをつける気風が生れることであろう。そういう条件はまずこの土壌物理研究会の活力によりその基盤がつくられる。また私達の力の蓄積にかかっている。私達の課題には土だけでなく農業もあるのが、私は近い手本として農業気象や地学を横目でみながら、土の科学のことを考えたいと思う。

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虫害防除作業を機械化する目的¹⁾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²⁾。

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¹⁾、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³⁾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⁴⁾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⁵⁾。

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。

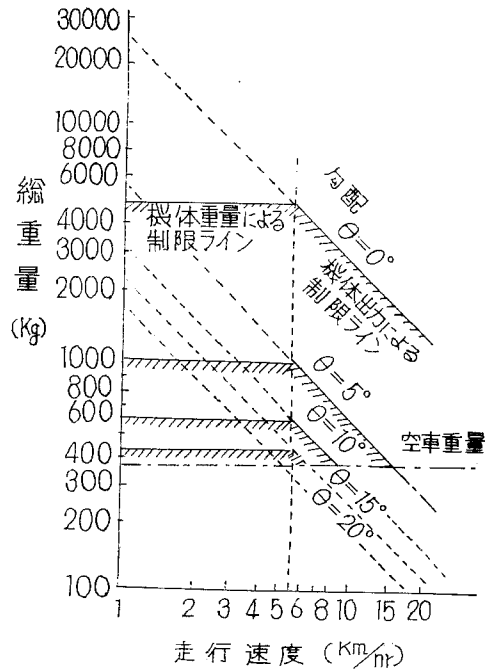
「機械化農業とは何か」の討議はわが国では戦後数多く討議された。「人力による慣行農法に機械を導入すること」に始まり、「機械利用の体系化されたもの」とも唱えられたこともある。最近²⁷⁾では「高度の労働手段を中核として生産過程の各作業が編成され、しかも各作業、各技術が相互に有機的な関連を持つ農産物の生産方式」と言うような定義付けもされるようになり、機械の性格と作物の生理生態、栽培形態などとの関連性が追及され、画一化作業の連続性、単純化を目標とした作物の栽培様式の検討が実施されるようになってきた。機械化の経済性はもっとも大切な事柄で、樹園地の集団化、共同化についても忘れてはならないものではあるが、ここ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²⁸⁾、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²⁹⁾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)¹²⁾
 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¹⁰⁾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²³⁾。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

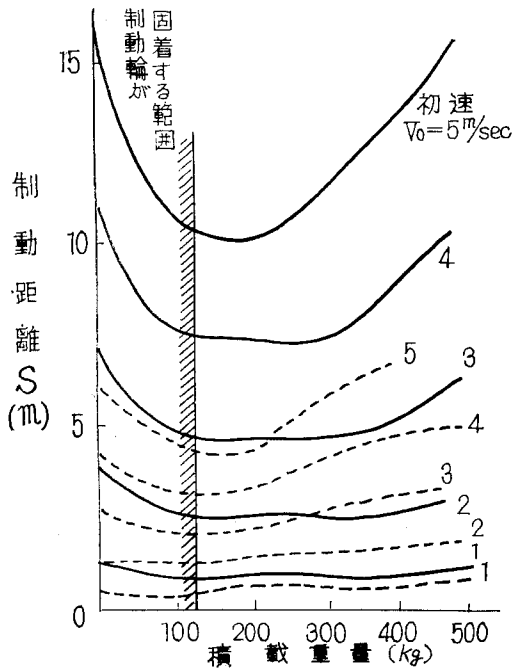


図-2 後輪制動性能 (二輪トラクタ, トレーラ)
 空車全重量372kg 前輪分担荷重250kg
 (含運転士) 軸距257cm
 実線 傾斜 11° 破線 傾斜 0°

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 θ 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⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

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⁽¹²⁾。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⁽¹²⁾⁽¹³⁾ 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、 α 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。

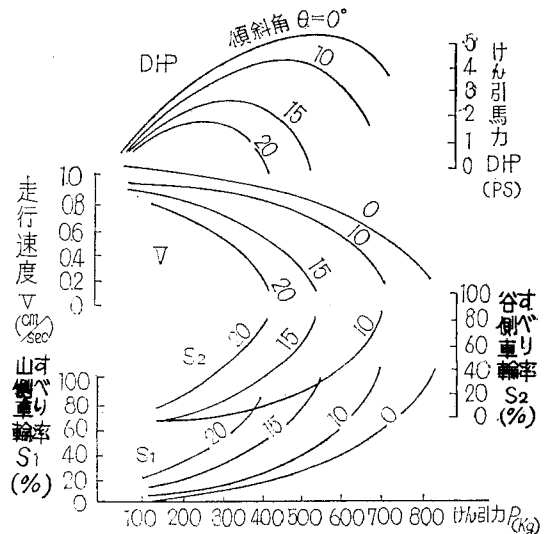


図-3 四輪トラクタのけん引性能
 花崗岩前積固乾砂壤土面上 全重 1524kg
 重心位置 地上高 625mm 後輪軸から前方 802mm

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¹⁴⁾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。しかもトレーラ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¹⁵⁾¹⁶⁾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¹⁶⁾。

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¹⁷⁾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¹⁸⁾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²⁴⁾。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¹⁹⁾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²⁰⁾もある。果樹農業振興基本方針⁹⁾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²¹⁾。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²²⁾。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²³⁾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

観測井ラインは各列31~35本が設置され、内径42mmの塩ビ管に小孔を開け地下1.8mまでは十分観測できる。

観測は3月より11月中旬まで1週2~3回、午後1時頃に自作の電接計で行なった。

3) 地 温

暗キヨ設置に伴う地温の動きを浅部は曲管地温計(5~30cm)、深部(40~100cm)はサーミスタ計で5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100cmをそれぞれ測定した他、二針式の自記地温計を施工区、未施工区に各2台設置し、20, 40cmの地温を自記させた。

温度の測定は地下水位、流量観測と同じく週2~3回定時に行なった。

4) 暗キヨ流量

暗キヨからの流量は定時(午後1時)に週2~3回、メスシリンダーで測定した。

5) 小流域の流出調査

りんご園の改良事業は一般に小面積のものが多く、この流出機構を調べる目的で圃場の下流部に自記水位計と直角三角堰を設け、流量観測を行なった。

6) 気象観測

実験地より約1km離れた農学部気象圃場で観測した。

3. 実験結果

1. 地 温

施工区と未施工区の観測期間(43年春~秋)中の層別の平均差を示すと次のように、いずれも施工区が高い。

地表1.77°C, 5cm0.7°, 10cm0.77°
 20cm0.87°, 30cm1.2°, 40cm1.26°
 60cm0.60°, 80cm0.61°, 100cm0.77°

上記の温度差からも判るように、根群分布の多い中層部(20~40cm)と地表部の差がとくに著しい。この結果が樹の生理に大きく影響することは確実である。

また地表部(落葉の下部)の上昇の大きいことは、落葉部の乾燥を助けモニリヤ病の子実体への発展を防ぐ効果をもつものと考えられる。

2. 暗キヨ流出量と融雪深

融雪深はその日の最高気温に大きく関係する。融雪量が暗キヨ排水量に影響するのは約3日後であることが図一2よりわかる。

暗キヨよりの流出は暖冬なら2月中下旬、一般の年は3月上旬より始まる。ただし暗キヨの埋設深が150cm程度となると冬期間でもわずかであるが流出が見られる。

1日の流出が最高になるのは午後5時頃で、日最高気温の発生する時刻から多少の遅れが見られる。

これまでの例によると流出量が春季最大となるのは3月末頃で、地下水位が最高に達するのは、これより3~7日遅れる。地下水位はこれから次第に低下し、4月末頃には流出は見なくなる。

これ以降の地下水位は暗キヨの埋設深より深部に形成され、数日間に亘る大雨のない限り浅部埋設の暗キヨからは夏季には流出しない。

融雪深は日によって異なることは、前述の通りであるが、43年3月における融雪深は最低20mm/day 最高95mm/dayであった。

95mm/dayの発生した3月20日から3日目の23日に43年春の最大流出量(559cc, 815cc)を測定している。

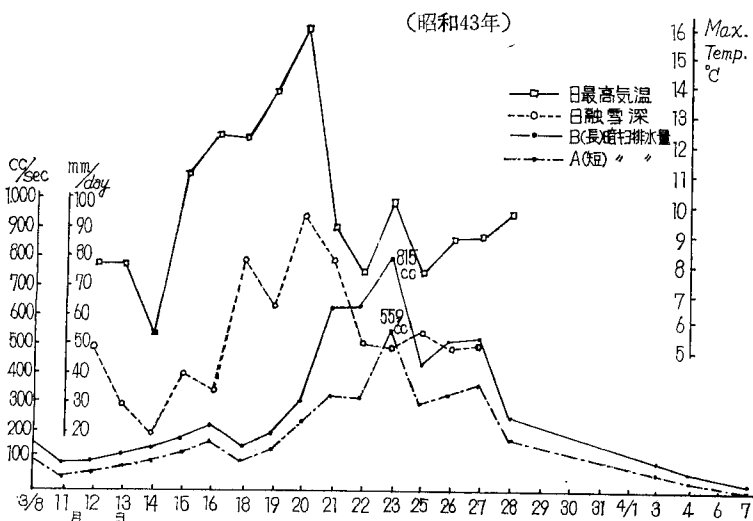
流出量を検出するための三角堰附近に設置した水位計の記録では、3月19日~21日までを例にとってみてわかるように、午後3時頃に最高水位を記録(図一4)している。

これは日最高気温発生前後の融雪が著しく、1~2時間のおくれで開水路に到達するものと考えられる。

暗キヨへの影響は、それより更に遅くなり、午後5時頃には融雪水は見られないため、開キヨへの地表流入がなくなり、地中より開キヨ側壁への浸出水の集合量が、開キヨに入り込んでいるものと考えられる。

3. 地下水位

春季に地下水位は最高に達する。りんごの花芽の活動開始は4月中旬頃と考えてよく、これ以前



図一2 日最高気温、日融雪深、暗キヨ流出量

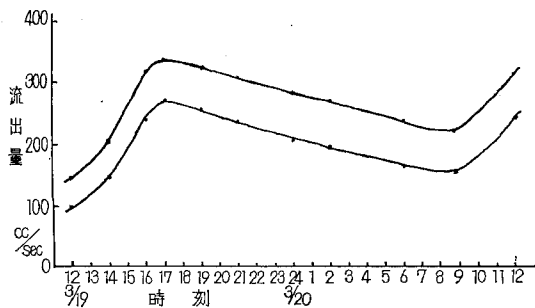


図-3 暗キヨ流出の時間的变化

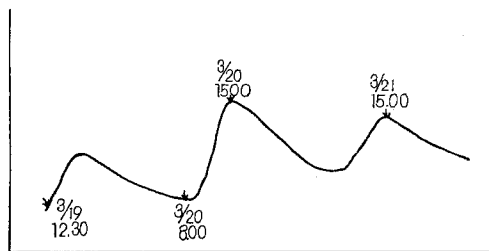


図-4 排水路の水位変化 (水位計記録)

から土中水分の低減策が実行されるべきである。

3月末から7月までの間で3~5日間の無降雨時に地下水位がどのようになるかを調べたものが図-5である。

これに見られるように、暗キヨの影響が極めて大きいことが知れる。

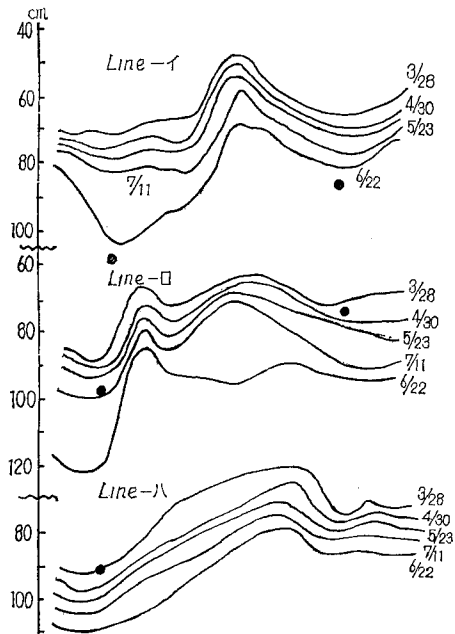


図-5 3~5日間無降雨のときの地下水位変化

Line-Hは上流側(図の右側)の暗キヨが存在しないためLine-I、IIに比べると影響範囲は拡大しているが、地下水位コウ配は他に比べ緩やかである。

暗キヨ吐出口に近いほど地下水位が高いということも図-5で示される。

土の含水量についても、地表より10cmごとに採土し測定したもので、暗キヨ吐出口附近が上流部より多いことが確認できた。

43年3月8日~4月7日までの1ヵ月間の流出量の実測値の全平均値はA暗キヨ(短):194cc/sec, B(長):284cc/secとなった。その比は1:1.46で暗キヨ長さの比21:30にほぼ比例する。

融雪後と5月の無降雨, 8月の大降雨直後における地下水位の状況から Delacroix 式によって、A, B両暗キヨの支配距離を図-6の模式に考え、測定値からそれぞれD/2, D'/2を求めてみると、つぎのようになる。

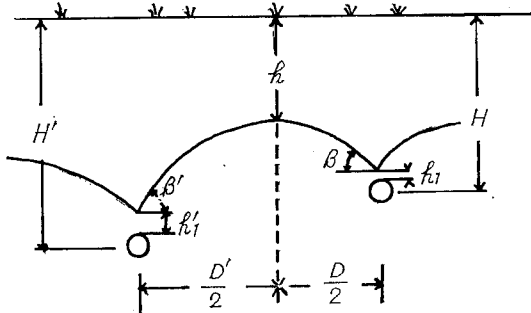


図-6 暗キヨ模式

月日	D/2	D'/2	D'/D
3月28日	515cm	955cm	1.8
5月1日	515	869	1.7
8月30日	491	925	1.9

これにより、暗キヨの深さを13%増すと間隔は80%増加させ得るようである。

4. 透水性と還元層

実験地は洪積台地で表層20~30cmは腐植の多い黒色火山灰で、第2層は黄褐色ないし黄橙色の火山噴出層が深さ80cmぐらいまで存在する。80~100cmには極めて希少な植土~重粘土で灰白~灰褐色を呈する。100~120cmでは固い鉄集積層が存在し、この80~120cmの間の両層が透水性を阻害している。

オーガーホール法を用いて Ernst の互層のときの式を用いて透水係数を測定してみると

施工区 $K = 2.8 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$

未施工区 $K = 2.1 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$

となる。

未かく乱土を用いて変水頭式で透水係数を求めた結果

は

施工区 $K = 2.6 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$

未施工区 $K = 6.6 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$

となり、いづれも未施工区の透水性が劣る。

秋から雪どけ流出が終るまで、土中水分は次第に多くなり、土中酸素も減少し還元層が拡大する。排水によって地下水位が低下するので値も当然変化すると考えられるので目下測定を続けている。

土壌三相分布については、表層より80cmくらいまでの気相の増大が著しい。

5. 流出量よりみた単位排水量

2月下旬から浅部暗キヨは流出が始まるが、これには、気温、地温の影響が大きく関係していることは明白である。

一般に暗キヨは施工後年月の経過とともに排水量が減少すると言われているが本例では施工後8年になるが、上流地区で大規模な地下工事が行なわれた後1年くらいの間一時的に減少を見たが、その後回復し測定時のピーク排水量はむしろ増大している。

地下水位の観測から得られた暗キヨの支配面積を30m×19.1m⇒573m²とした場合、43年春の排水量815cc/secを用いて計算すると、単位排水量は14.2l/sec/haとなり驚くほど大きい。

従来からの観測では春季流出期の全平均値（毎日定時1回観測から計算）は3l/sec/haという値が得られており、43年分については極めて大きいことがわかる。

この排水量の大きい原因は、積雪、融解、浸透の影響が極めて大きく、それは、これまで凍結していた地表付近が3月近くになり融解を始め、融雪の速度と重なるため、土中侵入量が増大するものと考えられる。

以上のことから、積雪地のりんご園では春季の排水はできるだけ短時間で終わらせることが果樹生理上大切であることから、水田の単位排水量にとらわれることなく、附近の実測例などから、単位排水量は大きくとることがのぞましい。

4. 排水による効果

排水によって地下水位が低下し、土中水分の減少に伴って地温が上昇する。この結果、果樹生理に好影響をもたらす、成長促進、果実収量増、着色の向上、糖分増加などの品質向上が著しく、その結果農家の収入が増大す

る。

この他、乾燥にともなう、モニリヤ菌の活動抑制、地耐力の向上による作業能率の向上が認められた。

- (1) 糖度……国光について糖度計によった数百例の測定では施工区のもものが1.2~2.5%向上した。
- (2) 肥大……7月より収穫期まで、いづれの時期も施工区の方が果実重は重かった。
- (3) 着色……カラーフィルムによる判定の他熟練者による肉眼判定が行なえるが、欠点も多いので、測色色差計による色差 (R. S. Hunter の色立体 L, a, b 値), J I S および国際照明委員会の C I E 表色系による色度 (x, y 値) について、無作為抽出のりんごを測定した。その結果では、低品位のものの上昇が極めて著しかった。

色差については、感覚的な差として appreciable に相当し、ΔE 値3~6の差を見、極めて着色の向上が著しいことが判明した。

色度については、国光では赤色が増加し、色の純度も向上している。

ゴールデンデリシャスについては黄色が増し、緑が減少することが明らかとなった。

む す び

以上、りんご園の暗キヨ排水による改良についてのべたが、現在の進行状況は研究開始以来約10年、やつと目標とした各項目の半ばに到達しそうである。

研究開始とともに植えたスターキングデリシャスが今年からやっと数個~十数個の実をつけるようになった。

幼木から成木まで一貫して追いつづけたのが私の念願です。しかし上記でお判りいただけると思いますが、りんご園の改良の一方法としての暗キヨ排水を明らかにできていません。すなわち、すべてこれからと云った方がよいと思います。

りんごは一般に20年生以上になって始めて経済的に成した樹となると云われています。これからの10年いやそれ以上かかるかと思いますが（現在の私の能力と機動力とでは）ので会員の皆さんの御援助をお願いします。

折角の紙面を与えられたにもかかわらず、土壌物理から大きく飛び出たものとしてしまったことを深くおわびします。

みかん園の造成について

竹 中 肇*

1. みかん園増加の趨勢

戦後のみかん栽培面積の伸びは誠に目覚ましいものがあり、生産量も年々増大してきた。たとえば農林省が昭和37年に公表した長期見通しによると、昭和46年の栽培面積は137,300ha、生産量2,190,000ton、供給率74%と予想されているが、その後の増植は予想をはるかにこえるものがあり、早くも昭和39年には、当初の見通しを修正し栽培面積163,000ha、生産量2,420,000ton、供給率91%と試算している。この量は、昭和39年の生産量1,200,000tonの2倍に相当するものである。

しかしこの見通しもまた実際の伸びのすさまじさを見過ぎていたことは明らかであり、昭和45年には生産量は2,500,000tonを越えるものと予測されているのが実情である。

このような増加の理由として、一つには、みかんが、その商品としての性質上、保存や輸送が比較的簡便であり、しかも食味の上からもりんご等と比べれば、簡単にしかも大量に食べ易い親しさをもっていることなどから、生産者の手取価格が比較的安定して高かったことが指摘されよう。

しかし開園技術上の問題として考えると、昭和30年以降の機械開こんが、このような栽培面積増大に大きい役割を果たしたことは明らかな事実である。

このような増大の内容を地形的に見ると、そのうち75%以上が15°以上の傾斜地となっている。畑地全体で見れば8%以上の面積は37%に過ぎないから、みかん園の開園は、傾斜地において機械力を導入した造成と管理技術が主体となると言っても過言ではない。すでに水田の転換畑の問題などは丹原氏によって本誌でも論じられている¹⁾ことであるので、本稿では傾斜地における問題に絞って論義を進めて行きたい。

2. 機械開こんの意義と特徴

1. 使用機種

造成に使用される土工機械のうち主体となるのは汎用

性ですぐれたブルドーザである。ブルドーザは1915年にアメリカで製作されたのが最初で、太平洋戦争では、これが盛んに飛行場建設などに使われ、機械力の優越性をはっきりと印象づけた。昭和25年ごろからは本格的な国産製品が製作されるようになり、性能も次第に向上して現在は海外にも輸出されるまでに成長してきた。

開園にブルドーザを使用した例としては昭和26年ごろから愛知県下等で地盤造成と称して、傾斜地での切土、盛土作業やしわよせ作業などに使い始めるようになった例までさかのぼる¹⁵⁾。みかん園については昭和30年静岡県下浜松市都田町で機械開こんが実施されたのが最初である。現在、機械開こんでは20—25 tonの大型機械よりも10—15 tonのD7、D6級が、扱い土量や移動の関係で有利な場合が多く、主体となっている¹⁰⁾¹¹⁾。このほか地形、土壤等の条件によっては、レーキドーザ、リッパなど深耕のために使われたり、植穴作りの作業などにバックホーなども使われることがある¹²⁾。

2. 機械開こんの利点

まず利点としてあげられるのは、イ、短期間に開園を完了できることである。抜根基盤の整地、深耕などの作業は、平地で10a当り3—4時間ですむ場合が多い。著者らが調べた27—33°付近の急傾斜石礫地帯(小笠山)の調査例では基盤造成のための時間当り土工量は115—164m³に達した。これまでの人力開こんであれば農家は開こんのための多大の労力を奪われ、営農作業に十分な力をそぐことができなかつたことを思えば大きい福音と言えよう。ロ、100cm程度までの深耕が容易にできることであり土壤改良資材などの投与と相まって早急な地力向上が期待できる。すなわち人力ではせいぜい30cmぐらいまでの深耕に止まる場合が多いが、深層まで土壤の物理性が改善されて根が十分に伸長する。また、開こんと同時に搬入路を作り、大量の資材を搬入することが可能である。例えば四国農試土地利用部が指針としてあげている10a当りの粗大有機物投入量は6.4 ton、燐586kg、炭カル474kgなどであり、このような大量の資材の搬入と土層中への混入は機械力によらねば不可能に近い。ハ、営農機械の作業効率が向上する。すなわち、開こんと同時に農道、耕作道を整備しうるので、大幅な労力節

* 東大農学部 1970. 2. 15 受理

減が可能である。みかんの直接生産費のうち約1/3が労力費で占められるが、傾斜地ではこの比率が増大する。一方みかんの手取り価格は低下の傾向にあり、しかも昭和25年に41%を示した農業就業人口比率が40年には20%にまで低下して、48年には12%と予想されることから明らかなように年々労賃は上昇しており、営農機械の導入は必然的な方向である。

3. 機械開こんの欠点

欠点としては、イ、大面積が短期間に造成されるため、どうしても大規模な土壌侵食、崩壊の危険が付きまとうことであり、ロ、傾斜地で15°以上も配勾があれば表土扱ひ作業が事実上、実施できず、心土が露出して、地力を低下させることなどがあげられよう。

4. 機械施工上の特徴

純然たる土木建設工事にくらべると、イ、単位面積当りの扱ひ土量は、0.1—0.3m²の場合が多く、比較的少ないと言えよう。ロ、工期の点からみると、期間が比較的短かく、広い面積が同時施工となり、仮設の種類が多く、段取りが複雑でロスタイムが大きくなる傾向が強い。

ハ、工事の仕様から考えると、施工が広い面積にわたって実施されるため、基礎的な調査がどうしても不備な傾向が強く、複雑な地形、土壌等の条件の中から同一規格の仕上り面を作り上げる困難さがある、画一的な工事仕様書のみでは処理できない場合が多い¹⁶⁾。したがって仕様書以外に具体的に施工を実施する手順を十分練り上げておかなければならない。福岡は農地災害の防止、

表一 施 工 手 順

	I	II	III
圃 場 全 域 (準 備 段 階)	1. 予備施工 予備測量 予備設計 伐開刈払	8. 圃場概形造成 9. 深耕 ブルドーザ深耕 土壌改良 資材	備 16. 農道・側溝 の仕上げと 保全
	2. 地形測量	10. 耕作道の概形造成	17. 各所修正工
	3. 計画設計と圃場区画の設定	11. 整地・除石 ・雑物運搬	18. 防風林・防風垣
	4. 治水工事	12. 承・排水路 ・暗渠 排水・承水路 排水路 暗渠・排水	19. 出来高測量 20. 果樹定植作業
	5. 幹・支線農道概形造成 幹線農道 支線農道 農道側溝	13. 畑面保全	
	6. 作業舎	14. のり面保全	
	7. 宿根草殺草	15. 果樹定植準備	

栽培管理上の合目的性を考慮した施工手順として表一のようなものを示している。

圃場造成のうち、重要な作業として抜根作業があげられる。条件が悪ければ所要経費のうち65%が抜、排根に費されてしまった例や¹⁷⁾、抜排根費用が開こん工事費全体の9割にも達する極端な事例も¹⁸⁾みられる。直径30—45cm以上の木であれば、ブルドーザやレーキドーザをそのまま無理に使うことは避けて、火薬使用を併行させると却って能率を向上させることができる¹⁹⁾。

3. 造園形態と園地内部諸施設

造成工法は、農地災害を防止し、しかも作物栽培や営農上の有利性とが融和したものでなければならない。したがって造園形態の選定や、内部諸施設の配置は種々の条件を勘案し慎重に決定しなければならない。定植後の手直しは困難であるから、造成計画には失敗が許されない厳しさがある。

1. 造園形態

福岡はカンキツ植栽の土地利用の面から、傾斜地における造園形態を、水平階段畑、広巾畑面勾配階段畑、斜面畑に分類している²⁾。直接にみかんを植栽する面積割合を示す畑地造成率は斜面畑で最大であり、ついで畑面に造成勾配をもたせ、植栽列を複列以上とした広巾畑面勾配階段畑となる。原傾斜角度が増すほど、階段斜面に潰地を生ずる機会が多い水平階段畑は最も劣ることとなる。

一方、営農上から見ると、畑面での管理作業が円滑に行なわれる形態がのぞましい。階段畑ではのり面崩落防止の上からも、また畑面の独立閉鎖的性格をこれ以上強めないためにも、階段高は2m以内にとどめるべきである。したがって、原傾斜角度が急であればあるほど畑面巾が狭くなる傾向となる。一方みかんの樹冠形成をみると自然形整枝で略4m程度であるから、少なくとも畑面巾は水平階段畑で4m以上、広巾畑面勾配階段畑で8m以上が要求される。

また機械の使用機種として急傾斜面では10ton級の中型のものが使われる機会が多い。機械の施工能率から考えれば、当然ブルドーザの排土板の長さや機体の長さに適合した階段巾にすべきであり、この点からもこの程度の階段巾は必要と考えられる。

このように畑地造成率、畑面巾、階段高、さらには機械の施工能率を総合すると、傾斜地における階段工造成のための造成限界としてほぼ20°が一応の目安となる。(もしこれ以上の急勾配で開園するためには、階段巾が狭くなるから樹冠形成のやり方に工夫が必要となる)一方、斜面畑では、既成園の実例で30°ぐらいまでの開園が可能であるが、斜面における機械施工と保全を考えれば25°程度が一応の目安となる。すなわち、造園形態を総合的に判断すると斜面畑がすぐれており、ついで

広巾畑面勾配斜面畑となり、水平階段畑は今後検討すべき問題が多いようである。

2. 道 路

道路配置とその構造は農地防災上からも、また営農管理上の便宜からも極めて重要である。とくに各圃区を囲う支線農道は、営農基地との連絡や圃区内の管理作業にとって決定的な役割を果す。圃区を囲う等高線方向の一边を如何に決定するかを、承水路の機能から考察してみる。すなわち承水路延長が長くなればなるほど承水路内の流量が増大するので、土水路の浸食防止の立場からは限界長75—100mが限度となる。したがって支線排水路の最長配置間隔としては150—200mが適正ということになり¹⁹⁾、等高線方向の圃区の長さもこの程度以内にえらぶべきであろう。一方、営農作業上からみると、支線農道は密であればあるほど有利であるが、しかし植栽面積がへり、農道の建設、維持費が増大する。山崎はこれらの関係を O. R 手法を用いて計算し、適正支線間隔として150—200mを得ている²⁰⁾。したがって圃区を囲う支線農道のうち、水平方向の長さは防災、営農上から総合して150—200mと決定される。

一方、斜面の上下方向の長さは、防災上からみると、防災林の減風有効距離と関係がある。これまで防風林の有効範囲としては、風上に対しては高さの5倍、風下に対して10倍くらいとされているから、数メートルの樹高を想定すると防風林の間隔は数十メートルを期待しうることとなる。したがって下方から吹き上げる風に対し緩傾斜ではこの程度の防災林の配置をとり、支線農道もこれに沿わせて配置するのがのぞましいこととなる。ただし急斜面ではその効果は減殺されるから、この半分程度の距離として30m程度とするのが安全である。

以上に述べた事実から、造成工事の基本単位となる圃区の大きさは、等高長辺にそって200m、上下方向は地形勾配により60m—30mが考えられることとなる。

これらの支線農道における機械の旋回、走行を容易にするため、かめの甲型に支線農道を配置する提案⁴⁾が行なわれている。

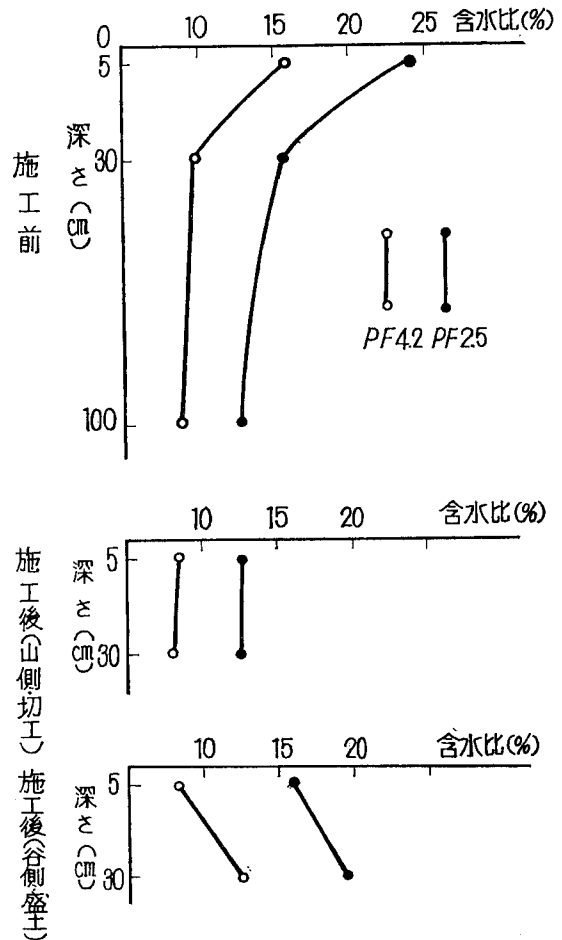
耕作道は樹や畑に対する直接上の管理能率を支配している。階段畑にはどうしても各段ごとに耕作道を設けねばならない。これに反し斜面畑では、資材は上方の支線農道から搬入し、果実は下方の支線農道へ搬出するという形になるので、耕作道の配置や施工が比較的容易になる利点がある。斜面畑の場合の営農上の最適密度は現状の営農機械の能率からみて、樹列2、3列ごとに設けるのがよいと思われる。営農機械の使用を前提にすれば、耕作道の幅は最低2m以上を期待したい。

3. 水 路

承水路は土水路浸食上の安全を考慮するとその限界長は75—100mとなるが、通水を円滑に行なうためには勾配1/50、断面は底幅30cm、深さ30cm程度が望まれる。また浅く広い断面の草生水路（巾員50—100cm、深さ10—20cm）も考えられよう¹⁸⁾。

支線排水路の最長間隔は承水路の長さに規制されるから150—200mとなる。さきに圃区を囲う支線農道の水平方向の長さとして150—200mを示したが、最も経済的な支線排水路の位置は結局、圃区の中央部を流下させるような位置ということとなる。排水路の断面は集水量に応じ、断面を決定するわけであり、一般に10年確率程度の時間降雨で、流出率70%程度が計画の基礎となっているが、圃地の造成方法や土壌の性質から見て、流出率はこれを更に下回る場合も多いので今後の調査、研究が必要と思われる。

このほか営農作業の能率を高め、保全上有効と思われる



図一 1 ブルドーザによる階段工造成における土の移動 (小笠山)

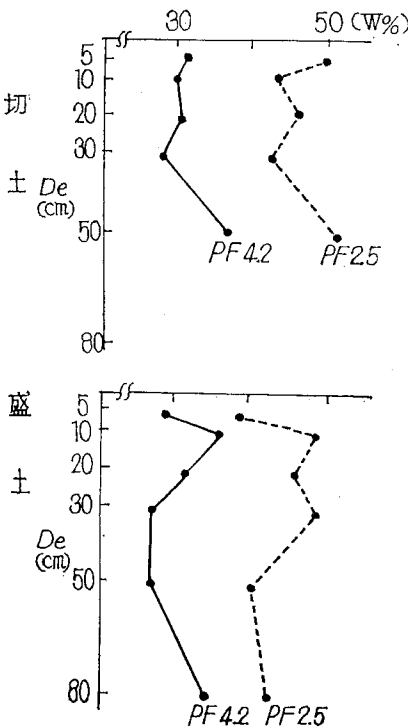
る施設についても、諸条件を考慮して有機的に設置するべきであろう。また最近大規模な畑地カンガイ施設が建設される事例も多くなって来たが、このようなときには、防除、施肥、除塩、防霜など施設の多目的利用を積極的に計画すべきである。ミカン、茶についてはスプリンクラーを利用する防除体系が形をととのえつつあるので²³⁾、これを考慮して、耕作道の配置、植栽方法などは、新たな視点から再検討を加えなければならない。

4. 造成工事より見た土壌物理性の特徴

造成時には土工機械の運行方式によりそれぞれ特徴ある土の移動がおこる。傾斜地では足まわりも悪く一般に表土扱い工法をとりえないので、表土と心土の位置関係は運土方法によって規定されることになる。

たとえば著者らが小笠山の急傾斜地帯で実施した階段工造成調査によると¹⁴⁾、ブルドーザにより削り出された土は、谷側に順次押し出され盛土部となるが、ここでは地山における表土、心土の位置関係が完全に逆転する。

この関係を、土の水分保持特性から追求すると、施工前の地山では表土の水分保持力が大で pF4.2 および pF2.5 の含水比は、深さ 1 m の下層の土にくらべて、はるかに大きく、しかも pF 2.5 から pF 4.2 の範囲に存在する水もまた多い。ここで、施工前の傾斜度が 33° であるため、畑面巾



図一 2 人力開こんによる土の移動(沼津市西浦) 土部は比較

的地力の大きい表土で構成されるため、水平階段工では植栽に当ってはやや谷よりの盛土部分に入ったところに幼木を植えるのが得策であろう。小笠山の実例で保水力のちがいを pF2.5 から pF4.2 の範囲に分布する水について深さ 30 cm の土層で示すと、盛土部では水深換算 14.4 mm に対し、切土部では 8.6 mm に過ぎなかった。

これに反し人力開こんでは土の移動は、不規則におこるために、機械施工におけるほどの明らかな特徴はなく一定の傾向をつかみがたい。参考のために沼津市西浦で測定した事例をあげておく。(図一 2)

階段畑の造成において見られる土の移動の特徴はまた土工量の算定についても考慮しなければならぬ重要な問題点を示唆する。すなわち土工量の算定において、これまで最も一般的に使われて来た伊丹公式をみると²⁾、単位時間当りの土工量 V は

$$V = \frac{10 \times B \times f \times 60^2 \times F}{16 \times (3D + 20)} : \text{m}^3/\text{hour} \quad \text{--- ①}$$

- ここで B ; 排土板面積 (m^2)
- f ; 土量換算係数
- F ; 現場作業係数
- D ; 土運搬距離 (m)

すなわち D が大きいほど、土の運搬量が低下することが示されている。しかし傾斜地で斜面上を水平方向に土工機械を動かす場合には、この関係は成立しないことが明らかである。たとえば水平階段工で基盤整地のために土を動かす場合や、斜面畑造成で前進表土捲落し工法をとる場合では、土が排土板にたまれば随所に谷側へ押し出せばよい。かえって根石や根株が存在していれば、そのために前進距離は減少し、運土のための時間を空費するから、平地での関係と全く異なる視点で、土工量算定式を作る必要がある。著者らは小笠山や西彼杵半島での調査事例を検討し、傾斜地の土工の平均サイクルタイムはほぼ一定であるという事実をたしかめ、土工量算定のための実用式を次のように導いた²⁷⁾。

$$V = A \times \alpha \times h^2 \times l \times f \quad \text{--- ②}$$

ここで $A ; \pi 60^2 / 4 \left(\frac{1}{\delta} + \frac{1}{\lambda} \right)$

- δ ; 前進速度と前進距離の比率
- λ ; 後退速度と後退距離の比率
- δ, λ は同一機種については、ほぼ一定値をもつことが実験的にたしかめられる
- α ; 地山の硬さと障害物の多少を示す係数、地山が硬いほど、また障害物が多いほど小となる。
- h ; 排土板の高さ (m)
- l ; 排土板の幅 (m)

f ; 土量換算係数²¹⁾

傾斜地でブルドーザを水平方向に動かすとき、根株や大石を除去しようと思えば、必要時間は長くなるが、しかし前進距離を制限されることとなり、結局これらの要因が相殺し合ってサイクルタイムが一定となって、土運搬距離 D を含まない②式が導かれたわけである。式中の α の値についてなお検討を進めなければならないが、関東ロームなどの土工では軟化により α の値が低下する場合もあり、注意を要する。

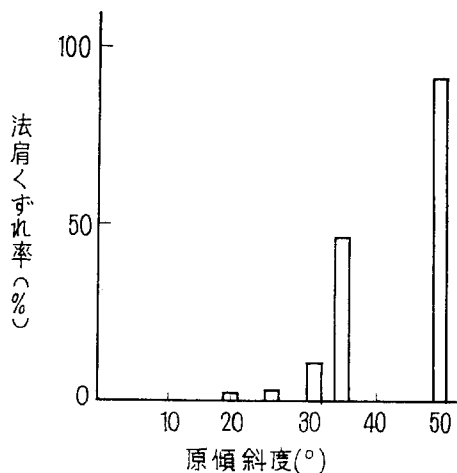
深耕をブルドーザに行なわせるか、それともレーキドーザかりッパー、バックホーなどを行なうかも重要な問題である。

西濃農業センターで行なった事例をみると、レーキドーザによる深耕は時間当たり 5 a であるのに反し、ブルドーザでは、2.5 a にすぎず、前者の方が能率がすぐれ、しかも表土、心土の混合がよく行なわれて土壌改良の目的を達成しやすく、ネザサの処理もでき易かったと報告されている²⁰⁾。しかし石礫が多く固結したカマトコと称される層を含む小笠山では、ブルドーザによるしわ寄せよりも、却ってバックホーの方が能率的であった。一方、石礫が少ない風化した愛媛県下の花崗岩地帯の実例ではリッパーが有効な場合もある。要はそこでの地形、地質、土壌、施工手順、機械の足まわりや稼動状況などを総合的に考慮して使用機種を選定しなければならない。

近年、大規模な地形修正を行なって開園する工法が、九州、四国の各地を中心に行なわれている。この場合は土の移動、攪拌が更に徹底して行なわれる。丹原は愛媛県下の南宇和島の一本松町の洪積山地の開園を調べ、施工前は心土に特徴的に見られた固相優位の緻密な土層が、開園後には、固相容積を減じて水分優位な断面となり、みかんの生育にとり好適な条件が整備されたと報告している²⁰⁾。このような深層までの土の膨軟化は人力施工による開園では到底見ることのできない特徴としてあげられよう。

5. 保全対策について

機械施工では基盤造成工事の進行速度が大きいため、人力施工の比率が大きい土羽工、水路工などの施工速度とバランスがとれず、豪雨時などの大災害をひきおこすことがあるので充分、施工手順をねておくことが必要である。すなわち予備調査の段階で、背後地からの出水や、局所的な湧水が多発するなど災害発生の危険が予知されるようなときには、まずこの部分から着工すべきである。そして、まず地区外よりの出水処理を行ない、危険が多い圃区の工事を完成させてのり面崩壊の防止や排水路の整備を充分行なつてのち、次の圃区の建設



図一 3 原傾斜度とのり面崩壊の關係(小笠山)

(注) 盛土部ののり肩の総延長距離に対し、崩れが発生している部分の長さを百分率で表示したものをのり肩くずれ率とする

工事に当るべきである。一度に大面積の土を動かしてしかも充分な防災施設をもたぬ段階の豪雨は予想外の大災害をもたらす、下流部にも大被害を与えることとなるので避けるべきである。

また、極端な急傾斜地での、開園は厳につつまねばならない。小笠山における調査事例をみると、原傾斜角度 30° 以上となると、急激に法面の崩壊がみられるようになり、50° ではたとえ階段造成を行なったとしても、地力の高い法面は原形を失なって崩れてしまい、有効な植栽面積を更に減少させる結果となっている。このような事例をみても、開園の限度としてはやはり 30° 付近ということがわかる。

地力保全の面からみると平時の継続的な土壌浸食が問題である。土壌管理としては、土留め作物の導入を行なうこと、耕起の方向を等高線にそって行なうことなどが強調されねばならない。土壌管理による流去水量、流去土量の差異の大きさはきわめて顕著なものである⁷⁾。例えば、14°の斜面で行なわれた四国農試の試験結果をみると、上下方向のアゼは、等高方向のアゼに対し流去水量で 19 倍、流去土量では実に 41 倍の大きさとなっている。19°の斜面で行なわれた和歌山果試の試験結果も同様である。また裸地中耕に対し被覆植物を導入した試験区では 1/15、流去水量は流去土量は 1/38 まで減少させることができた。

このほか、気象災害に対する適切な対策も必要である。防風林の設置は、原植生を最大限に利用する方式をとるなどの配慮も大切である。適当な自然植生がない強風地帯では、防風ネットの設置などを検討すべきであり、風による、葉ずれからの生育不良や、ソウカ病、カ

イヨウ病などの多発を防がねばならない。また冷害に対する対策として農道を、植栽面よりやや下げて冷気の通過をよくするなど地形条件によっては考慮しなければならない。

6. む す び

近年の、みかん園開園の推移を振り返り、目覚ましい開園面積の増大が、建設機械の進歩と機械開こんの進歩と呼応していることを述べた。また大部分の開園が傾斜地で行なわれている関係上、これに適した開園方法や保全対策を講じる必要性を強調した。土の物理性からみると、土木機械の運行方式により特徴ある土の移動がおり、農地ができあがるので、これらを充分に考慮した農作業や、栽培体系を考えるべきであろうと思われる。

- 1) 福岡喜弘：傾斜地樹園地造成の施工手順について、研究の資料と記録 No. 15, 53—67, 1966
- 2) 福岡喜弘：傾斜地かんきつ園の造成に関する研究 I 造園形態と造成限界、農土論集 No. 19, 27—42, 1967
- 3) 福岡喜弘：傾斜地かんきつ園の造成に関する研究 II 農道、農土論集 No. 24, 14—24, 1968
- 4) 福岡喜弘、村松久雄、尾崎元扶、十河稔：傾斜地かんきつ園の造成に関する研究, III 耕作道型(かめの甲配置)斜面畑の造成実証、農土論集No. 26, 35—48, 1968
- 5) 伊丹康夫：ブルドーザ土工の設計および施工、技報堂, 1955
- 6) 伊東秀雄、小林文雄：機械施工による階段畑の断面設計について、農土研 28(1), 5—8, 1960
- 7) 科学技術庁資源局：傾斜地農業と土壌保全, 1961
- 8) 片桐勲、竹内覚三：機械による抜根時間と穴葉量の一考察、農土誌 36(2)85—91, 1968
- 9) 紀藤喜男、佐野文彦、上崎哲男：機械抜根に関する研究、農土研 26(2)64—68, 1958
- 10) 前田芳郎、小出剛：機械施工(1)、農土誌, 36(7)44 8—451, 1938
- 11) 前田芳郎、安藤好和、山下昭正：機械施工(6)、農土誌 36(2)813—819, 1969
- 12) 前田芳郎、佐々木宏能：機械施工(7)、農土誌 37(1)30—37, 1969
- 13) 前田芳郎、小出剛：機械施工(8)、農土学会誌, 37(2)109—118, 1969
- 14) 森本孝弘：傾斜地における開削方法と土の移動について、研究の資料と記録 No. 15, 68—71, 1966
- 15) 中田昌卯：機械開こんに関する調査—ブルドーザによる地盤造成について—農土研 25(5)279—283, 1957
- 16) 農地開発機械公社：歩出基準改訂版—農地の造成改良に関する機械施工—, 1966
- 17) 岡本基次：かんきつ栽培用畑地の造成について、農土研, 8(3)295—308, 1936
- 18) 大村宏：機械開こんの歩掛りについて、農土研 26(1)278—284, 1958
- 19) 丹原一寛：水田転換ミカン園土壌の物理性について、土壌の物理性 No. 13, 45—53, 1965
- 20) 丹原一寛：愛媛県における柑橘園土壌の物理的性質に関する研究、愛媛県農試研究報告, No. 9, 1969
- 21) 竹中肇：土工における土の体積変化について、研究の資料と記録 No. 16, 45—49, 1967
- 22) 竹中肇、山崎不二夫、安富六郎、多田敦、兼田公揮：関東ロームにおける土工、農土論集 No. 14, 71—76, 1965
- 23) 竹中肇：スプリンクラーによる病害虫防除について、(I) (II)農土誌投稿中, 1970
- 24) 上崎哲男：農地造成その保全についての提言、農土誌 36(6)416—419, 1968
- 25) 山岡照平：ミカン園新植誌本、静岡県柑橘農業協同組合連合会, 1965
- 26) 山崎不二夫：急傾斜ミカン園の農道間隔について、農土論集, 20 38—44, 1967
- 27) 山崎不二夫、竹中肇、安富六郎、堤聡：ブルドーザによる急傾斜地階段工の土工計算定式、研究の資料と記録 No. 15, 54—57, 1966

下層土の物理的要因とミカンの生育

古 賀 汎*

はじめに

ミカンは永年作物の特性から、林木、桑などとともに入土壌条件に影響される程度が大きく、とくに土壌の物理性が適地性に関与すると考えられ、本誌でもすでに、その生育には深層まで容気量が多く、根の深いところがよいことが紹介されている¹⁾。しかし、最近まではミカンの生育と土壌の物理量との関係を明らかにしたものは比較的少なく、根の分布に対する含空気孔隙量の限界¹⁰⁾¹⁵⁾や、樹体あるいは果実の生長に影響する土壌水分の限界⁵⁾が示されたに過ぎない。

この数年来、現地圃の調査から、土壌の物理性と生産力の関係が詳細に研究されるようになり、生育あるいは根の伸長に対する適正物理量も提示されるようになった¹²⁾¹⁹⁾。筆者らもまた、現地圃¹²⁾および機械開墾によるミカン園造成地⁹⁾における土壌生産力は、一義的には土層における根の伸長の難易すなわち「有効土層の深さ」に支配され、さらに土層の物理性が地下水位の変動と土壌水分の動態—「土壌の乾湿」—に反映して生育、収量に著しく影響することを示し、生育抑制が始まる土壌水分、適正な土層の深さや有効保水量などを明らかにし、土層の深さや土壌の乾湿を区分要因として土壌区と生産力の関係について報告した。

ここでは、現地調査およびライシメーター、コンクリート棒、a/2000規模の実験結果から、鉍質土壌におけるミカン根の伸長および生育に影響する下層土の物理的要因とその限界について水の動態を通じて検討する。

1. ミカン園土壌の物理性と根の分布

1. 土壌の固相率、仮比重および山中式硬度計の読み

一般にミカンの大～中根は比較的浅く、小細根は深くまで分布するが、傾斜地では深くても1m内外にとどまる場合が多い。土壌断面における根の分布は大きさ別の断面分布割

合で表わされるが、5mm以下の小細根の分布は根量をかなりよく表わしていることが認められる。いま、小細根の断面分布割合が10%以上を根の伸入に対する適正、10%以下を抑制、根の分布がない場合を制限とし、四圍地域の代表的鉍質ミカン園土壌の土層10～20cmごとに測定した固相率、仮比重の範囲を示すと表-1のとおりである。

ミカン園土壌の固相率、仮比重はほとんど耕起されないため土壌の基本的な性質を表わし、液相や気相率にも強く影響するものとみられるが、表-1のように固相率、仮比重の増大は一般に根の伸入を抑制あるいは制限する傾向がみられ、結晶片岩、安山岩、中生層、古生層に由来する土壌では、根の伸入に対してかなり一致した範囲を示している。しかし、粗粒質の花崗岩土では固相率65%、仮比重1.7位まで根が伸入するのに対して、細粒質の和泉砂岩土では固相率42%、仮比重1.1前後で制限される場合がある。このように根の伸入の抑制あるいは制限となる仮比重や固相率は土壌の種類とくに土性によって著しく異なるもので、各種作物についても同様なことが示されている⁶⁾¹³⁾。

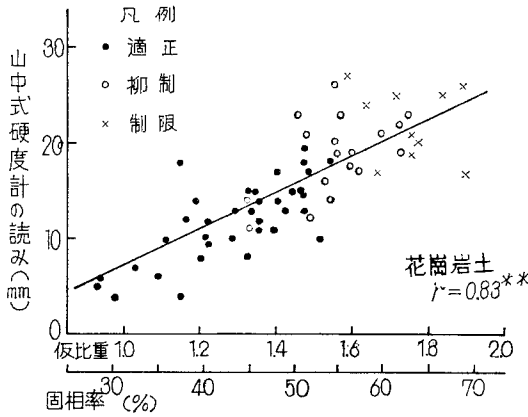
つぎに山中式硬度計の読みは土壌のち密度、硬度を表

表-1 ミカン園における根の分布と土壌の固相率、仮比重

地質 母材	土性	礫 (Gv%)	固相率 (Sv%)			仮比重		
			適正	抑制	制限	適正	抑制	制限
花崗岩	SL	20>	35 ~58	49 ~66	61 ~73	0.9 ~1.5	1.3 ~1.7	1.6 ~1.9
和泉砂岩	SL -SCL	25>	32 ~47	38 ~52	52 ~58	0.9 ~1.2	1.0 ~1.4	1.4 ~1.6
和泉砂岩	LiC -HC	3>	31 ~42	37 ~42	42 ~48	0.8 ~1.1	1.0 ~1.1	1.1 ~1.3
結晶片岩	L -CL	20>	28 ~48	45 ~54	57 ~60	0.7 ~1.3	1.3 ~1.5	1.6 ~1.6
安山岩	SiC -LiC	25>	29 ~48	43 ~55	—	0.7 ~1.2	1.1 ~1.4	—
中生層 古生層	SCL -LiC	30>	27 ~47	40 ~57	53 ~59	0.7 ~1.3	1.1 ~1.5	1.4 ~1.6

* 四國農業試験場 1970. 3. 5 受理

注) 根の分布(土壌断面割合); 適正(10%以上), 抑制(10%以下), 制限(なし)



図一 ミカン園における根の分布と土壌の固相率、
反比重、山中式硬度計の読みとの関係

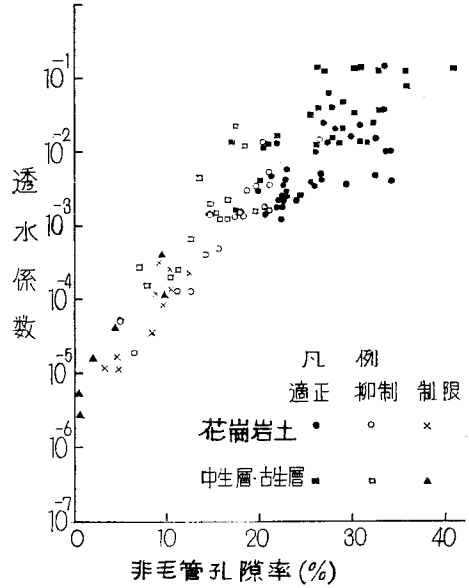
わす⁷⁾²¹⁾とされ、作物根の伸長との関係も報告されている¹⁴⁾¹⁸⁾。ミカン園においても土性がほぼ等しい同一地質母材においては反比重、固相率と硬度計の読みはかなりの相関が示され、花崗岩土では図一にも示されるように $r=0.83$ 程度の高い相関がある。しかし、小細根が断面割合で10%以上分布する土層は硬度計の読みで20mm前後以内に限られること以外は、根の伸入抑制あるいは制限との関係は明らかでない。このことは「生物学的システム」には「機械的」な物理量の対応は不十分⁹⁾なことを示しているものと思われる。

2. 非毛管孔隙および透水性

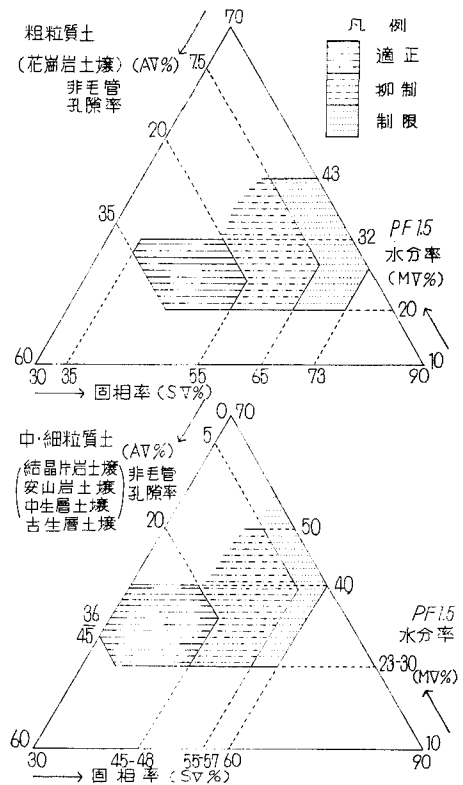
非毛管孔隙は土壌の通気性に強く影響する因子で、根の伸長発達は通気の良不良に強く支配されるものとみられる。一方、土壌の透水性は非毛管孔隙量と密接に関係し⁹⁾、土壌の構造の側面を表わすものとみられる。非毛管孔隙率を全孔隙率と pF1.5の水分率との差で表わし、飽和透水係数との関係を示すと図二のように鉍質土壌では地質母材、土性に関係なくかなり一致した対応関係が認められ、根の伸入の適性範囲の非毛管孔隙率は20%以上、透水係数は 10^{-3} オーダー以上で、同様に制限範囲は非毛管孔隙率5~10%以下、透水係数 10^{-5} 以下とみることができる。非毛管孔隙の制限範囲は従来ミカンについて根群がきわめて稀になるか、あるいは認められなくなる限界とされている含空気孔隙量8%¹⁰⁾、あるいは10%¹²⁾などに近い値を示している。

3. pF1.5条件における三相分布

土壌の三相分布を三角座標上に表示し、適正、抑制、制限範囲を図示すれば、固相、液相、気相それぞれの適、不適条件を明らかにできる。しかし、傾斜地におけるミカン園の土壌水分の変動はきわめて大きい⁴⁾ので、土壌水分を pF1.5条件に規制した場合の三相分布を示す



図二 ミカン園における根の分布と土壌の非毛管孔隙率、透水性との関係



図三 ミカン園土壌のpF1.5条件における
三相と根の分布

ことにした。これによれば、固相、pF1.5水分率、非毛管孔隙（pF 0-1.5）が三角座標上に示される。

ミカン根の伸入に対する適正、抑制、制限範囲は図-3のように固相率および pF1.5水分については土性によって異なるが、各土壌とも固相率の増大によって根の伸入が抑制される傾向を示し、適正範囲は粗粒質土では35%から55%、中～細粒質土では30%から48%前後までに入り、制限範囲は前者で65%以上、後者でほぼ57%以上となっている。

pF1.5水分の過大は各土壌とも非毛管孔隙率の過小とおおむね表裏の関係にあり、その過小は例がきわめて少ないが、礫土において根の伸入を制限している場合があった。また、非毛管孔隙率は各土壌ともほぼ等しい値によって根の伸入を規制することについては前述したとおりである。

愛媛県の柑橘園土壌については、ここでいう制限範囲以外を適正範囲とすると、固、液、気相の三相がおよそ40-57、20-45、10-35の範囲で示され、この範囲は土性によって若干づつ相違するが根群域制限土層は、三相のいずれかが上記範囲を超えることが報告されている¹⁹⁾。ここでは液相を pF1.5水分としたため十分の比較はできないが、非毛管孔隙率の適正範囲は土性が違っても比較的一致した値を示すに対し、固相率の範囲は土性によって明らかに異なるので、根群あるいは生育に対する三相適正範囲は土性あるいは土壌の種類別に示すことが妥当であろう。

以上、根の分布に影響する物理的要因として各土壌を通じて非毛管孔隙率が優位にあげられ、ほぼ20%以上が適正範囲、20%から10-5%までが抑制範囲、10-5%以下が制限範囲となり、透水性は非毛管孔隙量に規制されることから透水係数 10^{-8} オーダー以上が適正範囲、 10^{-7} 以下が制限範囲と認められた。ついで固相率も根の分布に影響する要因となっており、土性によって根の伸長の適正あるいは制限範囲を異にする。このように鉨質ミカン園土壌においては、非毛管孔隙率および固相率が根の伸長発達に関係する主要な要因として上げられ、この2要因の組合せによって根の伸長に対する物理性の適正、あるいは抑制範囲が決定されるとみてさしつかえないであろう。

なお、細根が密に分布し、有機物が多い表層土は三角座標の左方に分布している。この部位の土壌の物理性は固相率が小さく、非毛管孔隙が大きく、土壌水分の保持

表-2 ミカン根の伸長程度と下層土の固相および気相率

供試土壌 (土性)	水分 条件 (pF)	根重最高 (100)		根重80%に低下		根重20%に低下				
		固相 (Sv%)	相仮比重 (Av%)	固相 (Sv%)	相仮比重 (Av%)	固相 (Sv%)	相仮比重 (Av%)			
花崗岩土 (SL)	1.0	45	1.2	19	51	1.4	9	59	1.6	2
	1.5 } 2.0	55	1.5	17	63	1.7	8	66	1.8	2
安山岩土 (LiC)	1.5 } 2.0	17	1.0	17	43	1.2	7	50	1.3	1>

も適当ということができ、根系の伸長発達にもっとも良好な条件を与えるものと思われる。

2. 根の伸長に関与する

下層土の物理的要因

ミカン園土壌の物理性と根の分布の解析によって、主な物理的要因として非毛管孔隙率と固相率あるいは仮比重をあげることができたが、これらを検証してその限界を知るためには条件を整えた実験的検討が必要である。筆者らは現在、ライシメーターあるいはコンクリート棒などを用いた実験を行なっているが、ライシメーターにおいて人工的に圧縮した下層土の物理性と根量との関係は固相率、山中式硬度計の読みと負、非毛管孔隙率、透水係数と正の相関があり、さらに根量は生育、収量にも密接に反映する。このことは現地園において土壌の物理性が根の伸長を通じて生育、収量に強く関与していることと一致する。

このような物理性のうち、とくに根の伸長に影響するとみられる要因とその限界を明らかにするため、粗粒質の花崗岩土と中～細粒質の安山岩土を用いて固相率、仮

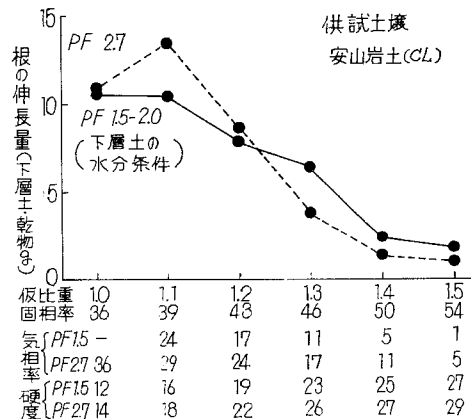


図-4 下層土の気相率、土壌硬度計の読みとミカン根の伸長

比重を変えた圧縮土層を作り、地下水位を変えることによって土壤水分を規制した上で根の伸長を実験した。

まず根の伸長程度ごとの土壤の固相率、仮比重は表一2に示されるように土性によって大きく異なる。すなわち、同一水分条件で根の伸長がもっともよい場合の物理性は花崗岩土（SL）では仮比重 1.5、固相率55%前後に対し、安山岩土（LiC）では仮比重 1.0、固相率37%前後であり、根量が80%以下あるいは20%前後となり根の伸長が制限される場合についても花崗岩土で高く、安山岩土で低い。

つぎに水分条件の影響について検討すると根の伸入程度に対する土壤の固相率、仮比重は、pF1.0前後の高水分の場合がpF1.5~2.0の水分に比較して低い値を示す。これはほぼ気相率の減少に対応しており、いずれも通気性がわるくなったことが原因となっているものと考えられ、現地園土壤で認められた非毛管孔隙率20%以上が適正範囲、制限範囲が5%前後以下とほぼ一致した値を示している。

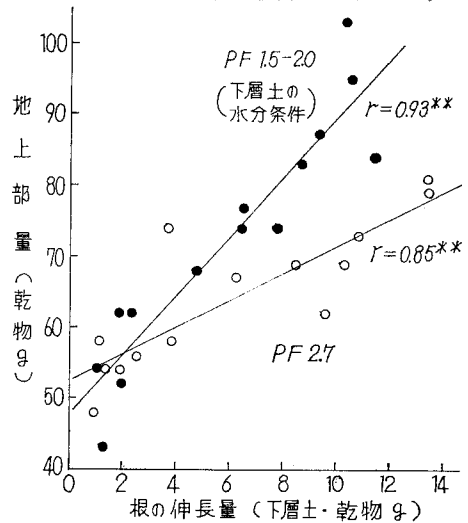
また、pF1.5~2.0とpF2.7前後の低水分条件とを比較すれば、図一4に示されるように根の伸入の抑制あるいは制限に対する土壤の固相率、仮比重は前者よりも後者が低い値を示す。低水分になることによって気相率が必然的に上昇しているにもかかわらずこのように根の伸入の抑制が強まることは、この場合固相の充填密度自体は変わらないので、むしろ土壤水分の低下によって山中式硬度計の読みを表わされるような機械的な土壤の硬度あるいは抵抗¹⁾を高めることが原因となっているものと考えられる。このようなことは畑作物の実験によっても認められることである。

土壤硬度について、わが国では根の伸長実験を行なった成績は少ないが、水稻では山中式硬度計の読みが23mm附近で限界を示すとされ¹⁸⁾、また、畑作物で25mm⁷⁾あるいは17~20mm、7~13kg/cm²¹⁴⁾という報告がある。本実験のpF2.7前後の条件ではほぼ22~23mmで根の伸長が抑制されるとみられたが、このような土壤硬度による根の伸長抑制は、相当な乾燥条件で認められたことから、傾斜地ミカン園においては下層土がひん繁に乾燥する⁴⁾夏~秋期に起こるものと思われる。

以上によって、現地ミカン園土壤で推定された非毛管孔隙率と固相率が根の伸長発達に影響する要因となることは実験的にも認められ、この場合、固相率が大きいことは乾燥条件において機械的な硬度あるいは抵抗を高めることが原因となっていると考えられた。

3. 下層土の透水性および保水性とミカンの生育

下層土への根の伸長は、主として養水分の吸収域を拡大することになるので、前述した根の伸長実験においても図一5に示すように下層土の根量は地上部の生育を旺盛にする。しかし、下層土の物理的要因は、単に根の伸長を通じて地上部の生育に影響するにとどまらず、表層土を含めた水の動きや根域を中心とした有効保水量全体を通じて生育に影響することが考えられる。したがって、下層土の透水性や保水性の質、量の面からミカンの生育に影響する物理的要因の検討が必要である。



図一5 ミカン根の伸長と地上部生育の関係

1. 下層土の透水性とミカンの生育

根の伸長発達にもっとも関係が深い土壤の非毛管孔隙

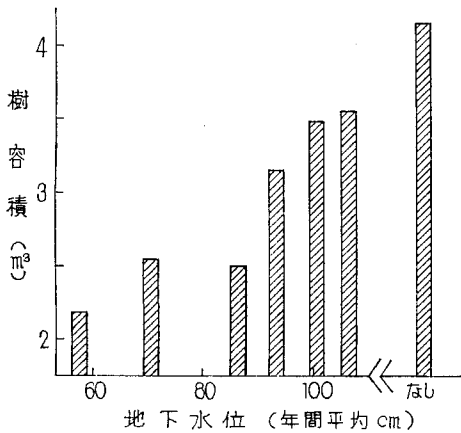
表一3 下層土の透水性が表層土およびミカンの生育におよぼす影響

透水係数	表層土への影響			地下部（表層土）			地上部		T/R
	湛水日数 ⁽¹⁾	Eh (mV)	硝酸化成率 ⁽²⁾ (%)	細根率 (%)	腐程	TTC 反応 ⁽³⁾	落葉率 (%)	全重 T(g)	
10 ⁻²	0	630 ~ 440	78	33	—	+	7	66	1.2
10 ⁻³	0	510 ~ 330	65	33	—	++	5	72	1.3
10 ⁻⁴	10	170 ~ -34	49	30	+	+	14	57	1.1
10 ⁻⁵	18	70 ~ -150	14	20	++	+	42	37	0.9

注) 1. 実験期間 7月2日—8月21日 (降雨量160mm, 灌水21mm)
 2. (1)通算湛水日数
 3. (2)施肥後4週間目のNH₄-N+NO₃-Nに対するNO₃-N割合
 4. (3)TTC (トリフェニルテラゾリウムクロライド)

量が透水速度を左右することについてはすでに述べたが、水の浸透が縦浸透のみによって行なわれるライシメーターにおいて、30cm以下の下層土の透水係数が 10^{-4} ~ 10^{-5} のオーダー以下となれば、多量降雨によって、表層土は飽水状態となり、地表流出が起こる場合がある。

このような下層土の透水性がミカンの生育におよぼす影響の限界について知るために、下層20cm以下の透水係数を土壌の充填密度を変えて実験した。すなわち、表一3のように多量降雨あるいは灌水によって、下層土の透水性は表層土の土壌水分、酸化還元電位に強く影響し、これらが根の腐朽あるいは活性度はもちろん、地上部の落葉程度に著しく影響して地上部生育に反映することが認められる。この場合、短期間の実験であるため下層土への根の伸長の影響は無視できるので、表層土の根域あるいは地上部生育に対する下層土の透水性の適正範囲は、飽和透水係数 10^{-2} ~ 10^{-3} 、抑制範囲は 10^{-4} 、制限範囲は 10^{-5} ~ 10^{-6} のオーダーで示される。このような透水性の範囲は、非毛管孔隙量と対応して、前述した根の伸長の適正、抑制、制限範囲とほぼ一致するものである。



図一六 ミカン園における地下水水位と幼木の生育

この実験に示されたような下層土の透水性がミカンの生育におよぼす直接の影響は、横浸透が多い傾斜地ミカン園においては当然局所的なものと考えられるが、水田転換園などにおいてはとくに留意されねばならないであろう。しかし、傾斜地ミカン園においても、花崗岩や和泉砂岩を母材とする残積土壌の未風化〜風化岩盤層や中生層や洪積層などの下層土においては、透水性がきわめてわるいことが推定され、水の横への動きも加わって生育に強く影響するものと思われる。

筆者ら⁴⁾は花崗岩を母材とする凹型傾斜地において、飽和透水係数が 10^{-5} ~ 10^{-6} 以上のような土層では、凹型斜面に地下水が集まり、その水位の変動によって土壌断面に酸化沈積物が生成する場合があります、地下水水位の位置

が図一六に示すようにミカンの生育に密接に関係することを認めている。また、圃場水分の減少は凸型斜面では降雨後1~2日で平衡的になるが、凹型斜面ではきわめてゆるやかな減少を示し、24時間容水量(圃場容水量)は前者でpF2.0前後、後者でpF1.0~1.3である。したがって凹型斜面では降雨後の過湿期間が長く、果実の落果率を高くし、果実肥大や樹体生長をも抑制する。さらに、降雨後1~2日でpF1.5前後まで排水されるためには地下水水位が90~100cm以下に低下する必要が認められた。

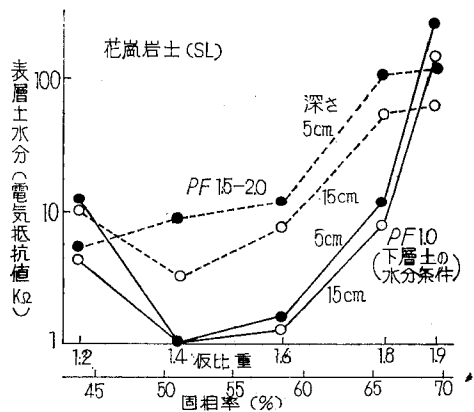
2. 下層土の保水性とミカンの生育

従来、土壌水分が初期萎凋点まで減少すれば作物の生育が抑制されると考えられていた、しかし、最近では畑作物の一時的しおれ時の土壌水分は pF3.0~3.5²²⁾ であって、積極的な生長を促すためには pF3.0前後の毛管連絡切断点水分あるいは正常生育阻害水分が重要であるとされている¹⁶⁾。前述した傾斜地ミカン園土壌においては、果実肥大抑制時の土壌水分張力は根域の下限においてpF2.7~3.0であって、これは従来報告された成績²⁾ともほぼ一致し、果樹に共通な生長抑制時の土壌水分を示していると思われる。また、夏梢の明らかな一時的しおれや落葉の増大をもたらす土壌水分張力は pF4.0~4.2 であり、42年における西日本干害²⁾ あるいはポット試

表一四 人工圧縮土壌の有効容水量

仮比重	固相率 (Sv%)		非毛管孔隙率 (%)					有効容水量※
	1.5	2.7	1.5	3.2	2.7	4.0	3.2	
1.10	39.4	24.1	14.1	17.4	7.8	4.5	21.9	
1.21	43.4	17.0	14.8	18.6	8.7	4.9	23.5	
1.30	46.8	11.3	15.2	19.8	9.4	5.3	24.6	
1.39	49.9	7.1	14.6	18.8	9.9	5.7	24.5	
1.48	53.0	3.2	13.5	18.1	10.6	6.0	24.1	

注) ※ここでは近似的にpF1.5~4.0とした



図一七 下層土の圧縮が表層土水分におよぼす影響

験¹⁷⁾の成績ともほぼ一致し、畑作物に比較してかなり高い傾向が認められる。

このようなことからミカンに対する土壌の有効容水量（ここではpF1.5～4.2までとする）は、易動的なpF1.5前後からpF3.0前後までと難動的なpF3.0から4.2前後までとを区別しておく必要がある。いま人工的に圧縮した土壌の固相率、仮比重とこれら両領域の土壌水分率を示すと表—4のように、pF2.7—4.0の水分量は固相率、仮比重が大きくなれば増大するに対し、pF1.5—2.7領域やpF1.5—4.0の有効容水量は根の伸長が抑制されるような固相率、非毛管孔隙率のとき最大となる。このようなことは固相率—pF1.5水分率関係¹⁹⁾や容積重—土壌硬度—含水比¹⁴⁾などの報告からも推定される。

一方、下層土の構造が土壌水分の運動に影響し、火山灰土壌などでは下層土から表層土への土壌水分の供給があることも知られている¹⁶⁾²⁰⁾。いま、花崗岩土の砂壤土を用いて下層土の仮比重、固相率を変えた土層を作り、異なる水分条件における乾燥時期の表層土水分に対する影響を示すと図—7のとおりである。この実験において、仮比重、固相率が大きくなれば葉のしおれが発生したが、一般に下層土からの水の供給速度は根の伸長に対する物理性の適正範囲において比較的大きく、抑制あるいは制限範囲においてはきわめて小さいものと思われた。

したがって土壌の有効保水量は質的側面と根の伸長の深さによって決定されるといえるが、有効容水量は鉍質土壌の下層土では表—4にも示されるように数%の相違に過ぎない場合が多いので、根域の深浅によって大きく

影響されるものと思われる。

ミカン根の伸入域の保水量が生育に影響することは、愛媛県下のミカン園の調査でも報告されている¹⁹⁾が、筆者ら⁴⁾は図—8にも示すように根の伸入の深さ、すなわち有効土層は60cm前後、有効保水量は100mm前後が少なくとも必要であろうと報告した。また、1967年において連続無降雨約40日後のミカンの干害は、有効土層の深さが40cmまではきわめて強く表われるが、40—60、60—80cmとなるに従って順次軽減され、80cm以上でようやく順調な生育を示すことを認めている。

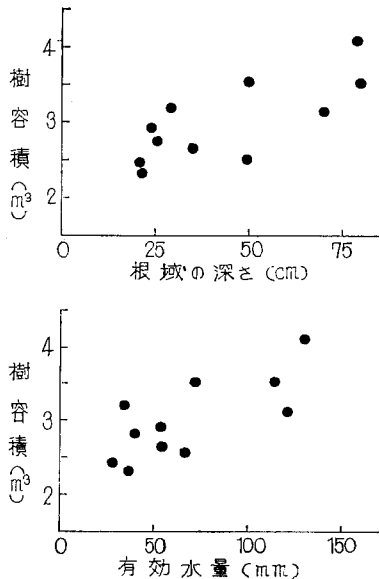
以上、根の伸長を抑制するような下層土の物理性は、水の動態を通じてミカンの生育を抑制する要因となることを述べた。すなわち、ミカンの生育に対する土壌の透水性の限界は根の伸長の抑制あるいは制限となる非毛管孔隙率とほぼ対応し、透水係数 10^{-2} — 10^{-3} が適正で、 10^{-4} では抑制、 10^{-5} — 10^{-6} では制限範囲と思われた。また、地下水位は90—100cm以上まで低下する必要がある、土壌の保水性は主として根域の深さによって左右されることから、有効土層は少なくとも60cm前後以上、有効保水量は100mm前後以上が必要であろうと思われる。

4. む す び

現地ミカン園土壌の解析および実験結果から、鉍質ミカン園土壌においては、下層土の非毛管孔隙率および固相率が根の伸長発達を規制する、すなわち有効土層を特徴づける要因とすることができる。これらの要因はまた、土壌の透水性と根域の有効保水量の適正条件に関連してミカンの生育に影響する主要な要因となるものである。

筆者に与えられた課題は「ミカン園の土壌について」であった。ミカン園土壌において、主な根域である表層土の物理性が重要なことは当然のことで、傾斜地における土壌侵食⁸⁾や土壌管理¹⁵⁾が土壌生産力に影響する場面もきわめて大きい。しかし、ここで述べた「下層土の物理的要因とミカンの生育」との関係は適地判定ばかりでなく土壌改良の指標として重要なもので、表層土も含めた土壌管理のあり方もまた示唆しているものと思われる。

ミカン園土壌の改良のためには、排水や深耕など基盤整備によって土層の物理的状態を根の伸入に最適条件とする必要があることはいうまでもない。しかし、適正な物理性の維持は土壌改良の方法、土壌管理条件さらには機械化栽培時の土壌の圧縮などによって異なるものと思われ、今後、土壌改良効果を永続させる見地からの検討が必要である。また、水の効率的利用の面から、表層土においては土壌の透水性の障害となる土壌の固結化の条



図—8 根域の深さ、有効水量とミカン幼木の生育

件について、さらに土壤の保水性の質、量とともに根の伸長域以下の土層からの水の上昇供給の限界について明らかにする必要がある。

引用文献

- 1) Barley, K. P. and Greacen, E. L. : *Advances in Agronomy*, 19, 1—43, Academic Press, N.Y. (1967)
- 2) 加藤正弘・玉井虎太郎：園芸学会 44 年度研究発表要旨, 102 (1969)
- 3) 川村秋男：瀬戸内鉾質土壤の侵蝕性とその保全に関する研究, 1—137 (1963)
- 4) 古賀汎・川村秋男：四国農試報, 15, 1 (1966) 古賀汎：四国農試報, 13, 69 (1963) 古賀汎・川村秋男：四国農試報, 21, 印刷中 (1970)
- 5) Kuraoka, T., Matsumoto, K., Kikuchi, T. and Watanabe, T. : *園学誌*, 26, 83 (1957)
- 6) Lutz, J. F. : *Soil Physical Conditions and Plant Growth* (Editor Shaw, B. T.), P.42. Academic Press, N.Y. (1952)
- 7) 松尾憲一：農技研報, B 14, 285 (1964)
- 8) 真下育久：林野土壤調査報告, 11, 1 (1960)
- 9) 美園繁：農業技術, 23—6, 1, —7, 1 (1968)
- 10) 森田義彦：農技研報, E4, 1 (1955)
- 11) 中岡和光：土壤の物理性, 9, 1 (1963)
- 12) 農林水産技術会議事務局：昭和42年度土壤生産力に関する特別研究推進会議果樹園土壌分科会資料, 1—282 (1968)
- 13) Rosenberg, N. J. : *Advances in Agronomy*, 16, 181 (1964)
- 14) 小川和夫：東海近畿農試報, 18, 192 (1969)
- 15) 坂本辰馬：愛媛果試報, 3, 1—115 (1963)
- 16) 椎名乾治：農業土木試報, 1, 83 (1963)
- 17) 鈴木鉄男・金子衛・田中実：園学誌, 36, 389 (1967)
- 18) 滝嶋康夫：土壤の物理性, 16, 10 (1967)
- 19) 丹原一寛：愛媛農試報, 9, 1—103 (1969)
- 20) 寺沢四郎：農技研報, B 13, 1 (1963)
- 21) 山中金次郎：土壤の物理性, 11—12, 1 (1965)
- 22) 横井肇：東海近畿農試報, 12, 1 (1965)

桑園土壤について

永井 政雄*

はじめに

最近、桑園における労働生産性は著しく向上したが、一方土地生産はこれを単位面積当り全国平均収藪量の推移からみると、昭和36年の70.6kgを最高にそれ以後は停滞しており、ここ数年はやや上向きの傾向を示し昭和44年には74kgとなっているとはいえ、全般の傾向としては横ばいであるといえる。

この原因としては未成桑園の増加、桑園が生産性の高い平地から地味の劣る農山村や山村の山間傾斜地に移行していること、さらには農村労働力が不足のため桑園の管理が不十分で、これが地力低下に結び付いていることなど種々の理由が指摘されている。

このため、土地生産性の向上が強く望まれているが、それにはまず桑生産の基盤である土壤に適切な改善対策を施して地力の増進を図り、施肥および栽桑法を相立て、安定多収な技術を確立することが前提であるとき、土壤肥料分野に対する期待は極めて大きい。

1. 桑園土壤の概況

昭和41年の統計によれば、全国の桑園面積は表一に示すように16.2万haとなっているが、これを地域別にみると関東、東山ならびに東北に多く、これらの地域のみで約12万haに達し、全桑園面積の3/4を占める。

また、全国の総収藪量は10.5万 ton であるが、上記3地域のみで80%にも達している。

10 a 当り収藪量は全国平均65.2kgであるが地域別にみ

表一 養蚕業の地域別概況(41年)

区 分	単 位	全 国	東 北	北 陸	関 東	東 山	東 海	近 畿	中 国	四 国	九 州
養蚕農業数	1,000戸	478	87	21	141	106	37	12	17	20	38
桑園面積	1,000ha	162	31	5	55	35	12	3	4	5	11
収 藪 量	ton	105,392	16,257	1,603	41,380	26,299	5,871	1,653	2,351	2,990	6,989
10 a 当り収藪量	kg	65.2	52.3	29.8	75.9	75.3	48.5	48.8	52.6	62.0	63.5

(41年養蚕統計年報)

* 農林省蚕糸試験場 1970. 5. 6. 受理

ると主要生産地域である関東、東山が75kgであり、ついで九州、四国の60kg台で、主要生産地域の1つである東北は50kg、また東海、近畿は40kg台となっており、北陸は気象的制約が大きいこともあって30kgに満たず、収藪量の地域差は著しく大きい。

1. 桑園土壤区分とその分布

桑園土壤については昭和30~38年に亘って実施された

表一 桑園土壤区分とその分布

土 壤 区 分	土 壤 区 分
非火山性土 51.6	火山性土 48.4
砂丘土 0.4	多腐植質火山灰土 5.5
排水良好な沖積土 12.6	湿性多腐植質火山灰土 1.3
排水や良好な沖積土 7.6	土 9.5
排水良好な沖積土 3.8	腐植質火山灰土 2.0
排水きわめて不良な沖積土 0.4	湿性腐植質火山灰土 1.6
崩積土 10.4	鉍質火山灰土 0.3
排水不良な崩積土 3.1	崩積性腐植質火山灰土 11.5
軟質受食土 1.7	土 1.5
硬質受食土 1.0	湿性崩積性腐植質火山灰土 1.5
準硬質受食土 1.7	山灰土 2.1
れき質受食土 1.5	崩積性鉍質火山灰土 0.4
褐色森林土 3.1	湿性崩積性鉍質火山灰土 1.0
湿性褐色森林土 1.5	灰土 1.3
灰褐色森林土 0.02	受食性腐植質火山灰土 4.4
赤黄色土 2.7	受食性鉍質火山灰土 0.6
	沖積性腐植質火山灰土 3.0
	沖積性鉍質火山灰土 0.5
	湿性沖積性腐植質火山灰土 1.1
	浮石土 0.6
	火山砂れき土

施肥改善合理化事業に基づく土壤調査により全国的分布とその特徴がほぼ明らかにされている。なお、この調査には23都府県の蚕糸試験場が参加し、全国桑園の70%が調

査された。

表一2にみられる如く、桑園土壤を火山性土と非火山性に大別すると両者の占める割合はほぼ等しい。また、これら土壤の細区分別では排水良好な沖積土の面積が最も大で、全面積の12.6%を占めている。この土壤の分布は全国的で桑園の希薄地帯にも河川敷などに集団的にみられる。ついで崩積性腐植質火山灰土の11.5%、崩積土の10.4%などが多く、このことは桑園の分布が比較的傾斜の多いことを反映している。さらに平坦または比較的傾斜のゆるいところに分布する腐植質火山灰土の9.5%、排水やや良好な沖積土の7.6%なども多く、これらは桑園土壤の中で主要な位置を占めている。

2. 土壤区分と生産力

土壤区分の生産力を判定する場合に、全国平均では生産力の高い県に多く分布する土壤区分は生産力が高くなり、生産力の低い県に多く分布する土壤区分は生産力が低くなるので地域性を加味した土壤の生産力という見方では意義があるが、地域内での生産力の比較では問題がある。

そこで、これを純土壤の立場から生産力を総合判断すれば次の通りである。

沖積土 > 沖積性火山灰土 > 褐色森林土 > 赤黄色土 > 崩積土 (火山性土 > 非火山性土) > 受食土 (火山性土 > 非火山性土) > 浮石土 砂丘土 火山砂れき土

2. 土壤の物理的要因と生産性

1. 土性と生産力

桑は既に述べた如く多くの土壤区分あるいは条件のもとで栽培されている。したがって生産力に関係のある要因は種々であるが、ここでは主要な物理的要因の2.3について述べる。まず、土性であるが、表一3の如く、その種類は広い範囲にわたっている。生産力との関係は一般には土性が砂土とか、れき土あるいは植土など極端な土壤では生産力は低い。

表一3 土性別分布

土壤	土性	土性					
		砂土	砂壤土	壤土	植壤土	植土	れき土
非火山性土	表土	5.5	27.0	33.2	20.5	8.0	5.0
	下層土	11.1	17.4	13.8	19.1	20.4	18.3
火山性土	表土	0.3	20.5	29.7	31.3	16.9	1.3
	下層土	2.5	12.3	10.9	32.6	33.1	8.5

しかし、実際の桑園では表土あるいは下層土の土性の細粗のみでは生産力と結びつかないことが多い。土性お

よび層序が密に関与する。表土と下層土がそれぞれSL, SL; SL, CL; L, Cの場合には生産力が高く、また, S, S; SL, S などでは低い例が多い。SL, れき土の場合も生産力が低い。すなわち下層土の保水および保肥力の低い土壤では桑園として生産力が劣るといえる。

2. 有効土層と生産力

表一4 有効土層の厚さ

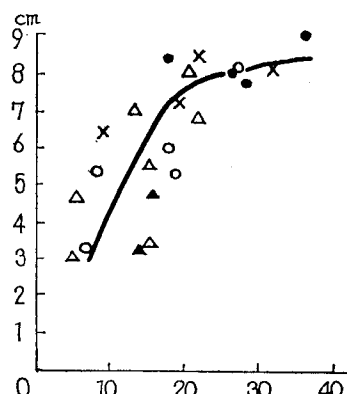
土壤	厚さ cm					
	0~25	25~50	50~75	75~100	100~125	125~
非火山性土	1.3	10.4	23.5	20.2	34.9	9.8
火山性土	0.1	4.2	17.6	14.3	41.1	22.6

有効土層が25cmより浅い土壤では桑園として不適当で、この種の多い土壤は赤黄色土で、25~50cmでは浮石土、赤黄色土、砂丘土、受食土に多く、生産力は劣る。桑園としては少くとも60~70cmの有効土層があり、下層に不透水層などがなく、通気性が良好であることが望ましい。

2. 土壤中の気相率と桑生育との関係

桑の生育は酸素と水によって支配されることは当然であるが、両者は土壤中で相対関係にあり、桑の生育は土壤が湿润状態ではO₂の多少によって乾燥状態では水分の多少によって支配される。

桑の根の伸長は気相率が20%までは増加し気相率が10%以下になると桑の生育に影響があらわれ、3.8%以下になると地上部、地下部ともに伸長は著しく阻害を受ける。なお、酸素の拡散速度は気相率が15%以上では沖積土、火山灰土ともに孔隙の大きさに関係なく大きい、沖積土では気相率が10~15%では孔隙分布に支配され、10%以下では著しく阻害される。



図一1 気相率と根の伸長 (農林蚕試森ら)

3. 酸素濃度と桑の生育

土壤の酸素濃度が低下するにつれて桑の生育は阻害を

受けるが、その程度は根が最も著しくついで葉、条の順である。根では酸素濃度が10%以下になると影響を受ける。

表一五 酸素濃度と総根数指数 (その1)

酸素濃度	0%	2	3	5	10	20.6
総根数指数	0	4	16	80	108	100

酸素濃度と部位別重量指数 (その2)

酸素濃度	部 位	葉	条	葉柄	根	総重量
20%		100	100	100	100	100
10		104	104	80	83	100
7.5		82	79	80	50	78
5		66	61	60	33	61

(農林・蚕試 森ら)

表一六 土壌の酸素濃度と根の伸長

酸素濃度	0	2	3	5	10	20.6
指 数	0	4	16	80	108	100

表一七 土壌中の酸素濃度と部位別重量 (単位mg)

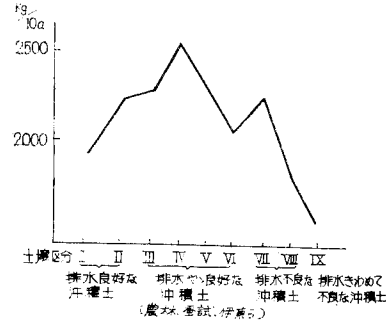
部 位	部 位		部 位
酸素濃度	条	葉+葉柄	根
21	277	735	114
15	248	630	87
13	249	641	61
11	230	601	64
9	198	505	49
7	167	383	42
3	143	328	30
0	34	83	3

(農林・蚕試 森ら)

4. 地下水位と桑の生育

地下水位の高低は桑園の生産力に密接な関係があり、地下水位が過度に高い場合には、根は浅く、根系分布は著しく小さくなり、樹令も短かい。伊東らは甲府市長松寺附近の31カ所の桑園を調査し、土壌区分と生産力との関係を図一2の如く示した。

このうち土壌区分VII, VIII, IXはともに地下水位が1m以下にあり、とくにIXは50cm以下であった。なお、



図一2 土壌区分と生産性 (蚕試伊東ら)

VIは下層土が黒泥質層または黒褐色植土であり、Iは土性が粗で乾性が強い土壌であった。なお、下層に斑鉄などが出現する排水やや良好な沖積土は最も生産力が高い結果を得ている。

5. 土壌水分と桑の生育

火山らは圃場水量22~23%、萎凋点水分9%の砂壤土を用いて、桑苗をガラスポットに植え、土壌水分と生育との関係を観察し、有効水分の30%が失なわれれば根の生長は急におとろえ、さらに50%以上失なわれると、地上部と根の生長は始んど停止すると報告している。

また、直井は無散水、有効水1/2および有効水に土壌水分を散水により保った場合の桑樹乾物増加量について比較し、下記の如き成績を得た。両者の違いは前者が幼苗によるポット試験であるのに対して、後者が圃場試験であるためである。

表一八 土壌水分と桑樹乾物増加量 (株当り)

部位	地下部		地上部		合 計
	根 株	株	枝	葉	
散水					
無散水	97.0	34.0	135.4	151.4	418.3
有効水 1/2	231.1	99.0	220.9	243.8	794.8
有効水	212.1	108.0	236.1	270.3	826.6

(農林・蚕試・直井)

なお、桑園での水分消費型は必ずしも明確ではないが、一般的にいえば、表層消費型であり、表層40~45cmで全体の70~80%が消費され、さらに40cmの間でも地表に近い土層で50%以上を示す場合が多い。消費水量は1日当り最大6mmとするのが一般である。

3. 桑園土壌の特徴

桑園では一度桑が定植されると長期にわたってそのまま栽培されるため、施肥、耕耘などの管理がほぼ一定の位置で繰返されるという特殊な条件にあるため、一般の農耕地と異なった、きわめて複雑な土壌を形成する。

すなわち、桑は通常植溝を掘って、堆肥、粗大有機物その他土壤改良資材あるいは表土などを基肥とともに溝底に入れ、その上に植付けられる。また、一旦植付けられると、その位置は永年固定化される。

畦間中央は土中堆肥などが比較的深く施されるか、あるいは草生作物または敷わらによって被覆されるなど特殊な土壤管理が行われる一方、肥料は株ぎわなど畦間のほぼ決った位置に毎年繰返し溝施用されることが多い。

このように植付けとその後の肥培管理および桑樹とくに地下部の影響が土壤に反映して特殊な桑園土壤が形成される。この点について伊東は Zakosek が中部ヨーロッパのぶどう園の土壤形態と対比して、桑園土壤の基本的な土壤断面を図一3の如く図示するとともにつぎの3つの位置を提唱している。

すなわち、(1)畦に相当する位置で、Zakosek の R 層に相当する。この層は桑の植付けのため溝掘作業により本来の土壤層序が少なからず破壊され、いわゆる Ap 層と異なる Ak 層が形成される。また畦と畦の間には Ap 層

を含む土壤構成が観察されるが、この位置は植付け後の肥培管理の影響をもつとも強くうけるため、層序を異にした二つの位置に区別することができる。(2)畦間中央は土中堆肥などのかたちで有機物が施用される場合が多く、一般の地上部の Ao に対応して土中の有機質の層位 Ao が形成される。敷わらの場合には自然土壤の Ao 層と対応する。(3)畦間の他の部位、とくに株ぎわに近い部分は本来の土壤構成を他の二つの位置よりもよく維持している。この位置は、従来一般に行なわれてきた株ぎわの溝施肥位置にあたることである。

一般に、これらの3位置は株間、畦間中央、株ぎわと呼ばれる。

また、森らは桑園で畦の方向に直交する土壤断面の化学性を詳細に調査して、桑園土壤に出現する諸性質の大部分が示される断面を桑園の単位断面とすることを提案している。

桑園の造成法

桑園土壤の特徴を形成する条件は土壤がもともと持っている性状と人為的な造成法あるいは土壤管理の違いに基くものである。

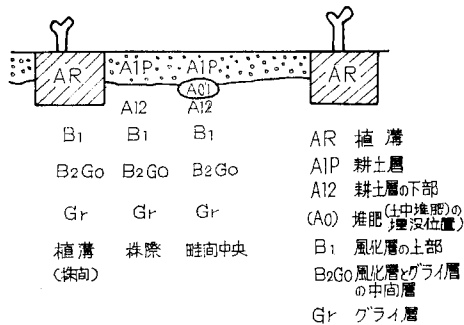
桑園の造成法には種々あるが、その選択は技術的には地形、土壤、造成後の管理法などによって決まる。一例をあげれば次の通りである。

造成方式	現況傾斜	管理機種
山成工	0~15°	四輪トラクター
褶曲整形型	12~20	歩行型 "
改良傾斜緩和型	12~30	四輪 "
山成工土壤改良型	15~25	歩行型 "
階段工全断面切土法	15~30	歩行型 "
斜面切盛工法	12~25	四輪 "

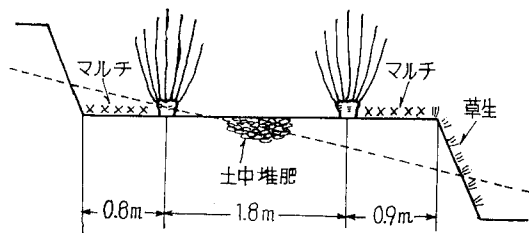
これらは基本的には山成工と階段工の2つに大別することができる。

山成工は現況地形をできるだけ修正せず、ブルドーザもしくはレーキトータにより開墾造成する方式で、階段工に比べて土地利用率高いこと、表土の移動が少なく、心土の露出もないことなどの点で優れているが、この反面、植溝掘りを人力に頼らざるを得ないため、多大の労力を要し、また管理の機種にも制約があるなどの難点がある。

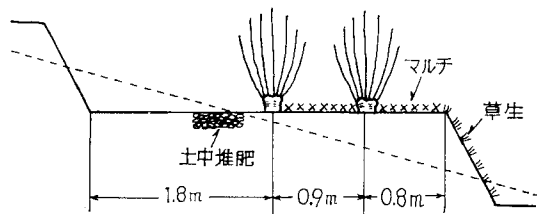
簡易開墾は植溝を掘らずに穴植えするもので簡便な方法であるが、深耕して植付けた場合より優れたとの事例もあり、土壤条件によっては有効な方法である。しかし、表一9にみられるように10a当り収量は1000kg以下と低く、概して低収であるので、これより多収をあげるためには土壤の理化学性を積極的に改善する対策を施す必要



図一3 桑園の土壤構成模式図(蚕試伊東)



図一4 全断面切上工法の場合の植栽例



図一5 切盛土工法の場合の植栽例

がある。

階段工は山成工に比べて、施工コストが嵩むという欠点はあるが、造成後の管理や侵食防止の面からは優れた方法である。

階段工には前掲の如く全断面切土法と切盛土法の別があり、前者は造成に2工程を要し、後者に比べて多くの経費がかかるが、長期的にみれば造成の際に根本的な土壌改造を施すことが結局は特策であり、桑園造成には全断面切土法が奨励されている。

桑の生育は地形や開墾方式によって著しく異なり、造成前の表土の厚さは造成後の桑の生育を支配する。また、切土部は盛土部に劣り、同一テラス面においても山側の桑生育は谷側に劣るのが一般である。

表-9 開墾様式と桑生育

造成方法	年次 収量	昭39年 昭40年 昭41年 昭42年 昭43年				
		昭和	39年	40年	41年	42年
機械開墾A	収量	324	669	786	1,005	696
	指数	84	110	118	111	109
" B	収量	387	607	662	908	641
	指数	100	100	100	100	100
簡易機械開墾	収量	373	752	755	1,021	725
	指数	115	112	114	112	113

(長野県蚕試)

集団桑園などの開園で、造成の対象となる土壌は多くの場合山間傾斜地に分布しているため、低地のものに比べて一般に生産が劣る。また、既成桑園の改植にあたっては永年の肥料の多投などにより、化学性の劣化しているものが多い。したがって、新改植のいずれを問わず、土壌調査の結果に基づいて土壌改良処置を行なう必要がある。とくに、下層土の改良は植付け後では実施が困難であるので造成時に適切な処理を施して土地生産性を高めることが、造成の際の基本的条件となっている。

表-10は腐植質火山灰土の桑園を改植した際に深耕と改良資材(熔りん・石灰)の施用および管理の際に有機物の多投処理を施したものであるが、深耕と改良資材の施効果が高いことを示している。

桑園の管理法

桑園の管理には種々の方法が行なわれているが、基本的には清耕、草生および敷わらの

表-10 改植時の土壌改良効果(造成3年目)

処理	収量	年間合計				備考
		春蚕期	初秋	晩秋	秋期	
対 照	1360	228	591	2179	125	深耕土中堆肥熔りん、深耕
改 良 A	1834	171	722	2727	125	ベント・ ^{1/2} コマルチ 稲から ^{1/2} スキ込
" B	1729	155	645	2529	116	会上ベント無施用
" C	1624	256	614	2494	114	熔りん、深耕土中堆肥

三つに大別される。これらの農家における実施状況をみると清耕法が桑園管理の主体で全桑園面積の約80%を占めている。草生法は全般に少なく僅か数パーセントに過ぎず、地域別では東北、東海、九州などで比較的普及率が高い。敷わら法は%の普及率を示し、草生法に比べて遙かに多い。地域別では関東々山および西日本に多く、とくに東海、中国で20%前後の高い普及率を示している。

つぎに、これら管理法と桑収量との関係について述べる。表-11は9県の地方蚕試が6カ年にわたって実施した管理法に関する指定試験の成績である。この結果にみられるように、敷わら法は桑収量を増加し、とくに傾斜地(埼玉)や砂丘土(鳥取)などでは地力維持に著効のあることが理解される。

一般に敷わらは確実に生産力を高める方法で、その効果は多くの試験例で示されている。その効果を要約すれば

表-11 桑園の土壌管理法と収穫量の比較

県名	地形・地質	桑収量(試験実施期間の年平均)							
		実 数				指 数			
		標準草	生敷ワラ	標準草	生敷ワラ	標準草	生敷ワラ	標準草	生敷ワラ
1 福 島	平坦地	火山灰土	879	729	910	100	94	103	
2 新 潟	平坦地	洪積土	2,759	2,489	2,968	100	90	108	
3 群 馬	平坦地	洪積土	1,753	1,496	1,525	100	85	87	
4 埼 玉	傾斜地	古生層	1,523	1,520	2,310	100	97	132	
5 山 梨	傾斜地	洪積層	2,241	2,173	2,310	100	97	103	
6 " "	平坦地	沖積層	1,345	1,367	1,564	100	102	116	
7 岐 阜	平坦地	洪積層	1,738	1,753	1,861	100	101	107	
8 鳥 取	平坦地	沖積層	1,669	1,403	2,042	100	84	122	
9 愛 媛	平坦地	沖積層	2,059	1,798	2,028	100	87	89	
10 熊 本	平坦地	火山灰土	1,250	1,008	1,386	100	87	111	

(桑園の土壌管理に関する試験) 桑園改良指定試験

ばつぎの通りである。

1. 土壤水分に及ぼす影響

土壤面の水分蒸発を防止する。また、土壤構造の改善により水分保持力が増大するとともにマルチ材料そのものも水分保持に役立つ。

2. 地温に及ぼす影響

敷わらは地温にも、他の管理と異った影響を与える。即ち、清耕に比べて地温の最高温度が年間を通じて低く、地温の変化も緩かであり、とくに夏季の高温時期に清耕では地温が上昇し、根の伸長や差分の吸収を阻害する場合、マルチ法では地温の上昇を抑制して、桑の生育に好適な条件を与える。このような地温の抑制効果は草生にもあてはまる。

したがって、夏季に高温な暖地では地温の抑制効果が大きく、桑に与える影響も大きい。

逆に、春先に気温の低い寒冷地では桑の生育が害される恐れがある。

4. 土壤の理化学性に与える影響

土壤中の有効態カリが増加する。また、窒素は桑の栄養源となるが、有機物の質と量によって、窒素飢餓の原因となる。このほか、硝化力を高めるなどの効用もある。

一般に桑の収穫量と根系の分布とは密接な関係があつて、生産力の高い桑園では根系の発達が良好である。敷わらの場合には、根の総量や細根量が清耕や草生に比べて多く、静岡県蚕試の行なつた早魃地桑園での試験では総根量および細根量ともに清耕のほぼ倍であるとの結果を得ている。しかし、根の分布は表層に集中し、ときに根が地表面上にでて被覆層に入ることもある。

敷わらでは、3、4年に1回隔畦にロータリーにより耕耘を行ない土壤を膨軟にする。この場合適度の断根は細根の発達を促すが、これを過度に行なうと収量減となつて逆効果となる。

敷わらは既に触れたように瘦薄地や早魃地あるいは傾斜地で、その効果が大きい。

しかし、反面に有機質資材の確保に難点がある。

草生法は表にみられる如く、清耕に比べて劣る例が多いが、この原因は主として養水分の競争に拠るものであつて、草生への施肥、刈取時期の配慮によってこれを回避することができる。現在では傾斜地などでは地力保全効果と相俟つてその効果が大きいため桑園管理法の主体をなしている。

唯、関東以南の低暖地では畦間を広くしない限り、周年草生は困難であるので、各季間のみ被覆し、中耕するのが望ましい。

桑園の土壤改良

表12 不良桑園土壤とその分布割合

不良桑園土壤	分布割合	生産力制限要因	同左参考
強酸性土壤	18%	置換酸度(y_1)6以上	pH(H_2O)5以下は表土7%、下層土9%
りん酸欠乏土	22	有効りん酸(N/5HCl)0.01%以下	りん酸吸収係数2000以上20%
浅耕土	9	有効土層50cm以下	75cm以下30%
表土が薄い	9	表土15cm以下	15~30cmまで33%
表土砂れき土 下層砂れき土	7 20	砂、れき土	
重粘土	26		
盤層	6	30cmまでに盤層のあるもの	30cm以下にあるもの15%
過湿地	10	過湿の害の出易い土壤	
干ばつ地	21	粗粒質、重粘土質土壤降水量の少ない地帯で干ばつ発生	
受食性土	25	土壤侵食をみとめた土壤	

桑園土壤を改良する場合には、開拓地あるいは既耕地に新植する場合と、既成桑園を対象に改植する場合がある。表一12は全国に分布し、何等かの桑生育の阻害要因をもつ、所謂不良桑園土壤を示したもので、土壤改良を要する土壤である。

また、新に開闢する場合には、地味瘦薄なところが多く、土壤の化学性や物理性が不良で、微生物フロラにも片寄がある。

したがって、これら土壤のもつ阻害要因を除去し地力を培養するための根本的な改良対策が必要である。

むすび

以上桑園土壤の一般的特徴についてその概略を述べたが、土壤の化学性と桑生育との関係については過去に数多くの検討が行なわれているが、物理性についての研究は少ない。最近、その重要性が強調され、名場所で検討されつつあるが、なお、未解決の問題も多く、今後の研究が期待されている。

とくに、現在、養蚕業の転換期にあつて要求される場所は、養蚕農家の経営安定と自由化に対処しうる生産構造の改善である。

養蚕業の近代化は省力と経営規模拡大の方向で急速に進められ、除々にその効果が認められつつあるが、これらの基調をなすものは限られた桑園から安く、かつ多くの桑を生産する技術の開発である。

このためには蚕のエサである桑の生産基盤である土壤を改良して生産量が高めることが前提となる。この意味で土壤肥料分野での期待は規めて大きい。

樹園地の気象

中川行夫*

1. 果樹の栽培分布と気象

わが国の果樹産地の気象を外国と比較すると、生育期間の降水量が著しく多いことに気付く。

栽培の北限は、気象的には主として冬季の低温および夏季の積算温度の不足で決まっているが、南限と気象の関係はまだ明らかでない。冬季の著しい低温は低温害を起し、夏季の積算温度の不足は果実の品質を不良にする。

2. 地形による気象の変化

カンキツは冬季の最低気温が高温な海沿いの斜面に多く栽培されている。谷間地形、平たん地、斜面のすそ部などのように冷気が停滞しやすい地形では冬季に最低気温が低くなるので凍害が起りやすいが、風は弱い。一方、斜面の上部など標高が高くなると冬季の寒くて乾燥

した季節風が卓越するので寒風害が多発するが、凍害は起りにくい。したがって、斜面の中腹が風弱く低温になりにくいので理想的な栽培立地となっている。また、起伏地形では地形によって日照時数や台風被害が著しく異なる特徴を持っている。

3. 果樹園の微気象

孤立している樹は周囲の気象環境にまったく左右されるが、数十～数百本とまとまった果樹園になると、園内にはまわりの気象と違った独特の微気象が造られる。この微気象は果樹の仕立て方（たな仕立てか立木仕立てか）や栽植密度によって著しく相違する。一般に園内では、風が弱まり空気湿度が高くなる傾向がある。また樹冠下の地面付近の温度は裸地に比較して日中は低く、夜は高くなりやすい。

このほか、斜面の果樹園は森林と同様に降水阻止作用によって土壌浸食を防ぎ、滲透水の流出を時間的に遅らせる作用がある。

* 園芸試験場

総合討論

「樹園地について」

1969. 11. 21

司会者：椎名 乾治，山沢 新吾

(椎名) 樹園地の形態と物理性についてテーマに対する問題点はつぎのように整理される。

機械化と生産性の向上

{ 緩勾配化(地形修正)
傾斜面の有効利用
既成園の改善

水と物理性の関係

法面と道路……管理面での効果

土壌の物理性(生育)との関係(根群域)

(竹中) 造園計画の中で現在勾配と地表流出の関係を明らかにしていない。10年雨量の6～8割で考えている点は問題点である。

承水路の形態は側溝としてか、それとも独自であるかも問題である。

地形修正する際、ブルは転圧効果もあり後で、耕耘し直さないといけないということもあり得る。耕作道を園内に設置することは、密度が増し根の生育を阻害することにはならないだろうか。

耕作道の密度と配置も生産との関係で考えないといけないであろう。

(椎名) 耕作道面は畑面と同じに考えて良いのではないだろうか。

(古賀) 四国方面(全面深耕)で有機物が混入しても粗孔隙20%以上には余りになっていない。根の良く入る所は何らかの形で有機物が関与している。そこでは固相率も低下する。テラス畑と斜面畑を比較すると、斜面畑の方が生育が悪くなる。

深耕(たこつぼ、ざんごう)した所では、10年後にも良く改良されている。

(山崎, 質問) 土壌硬度と根の生育について。

(古賀) 粗孔隙率でなくて、硬度計で表わされる。土壌の物理性が作物の生育に関与するのではないかと思われる。

(山崎) 通気性が良好ということは物理性も良好と考えられる。

(八幡) 計画する際、樹園地の形態面で、日照は良く利用するよう考えるべきではないだろうか。日照が良くなれば味も良くなるし……。そういう点では、法面、道路も従来の考え方以外の考え方が出来るのではないか。

(篠辺) りんごでも、土壌、地形(日照)によって味が全々異なる。平坦地では、日照が有効に活用されていない。斜面の方がおいしいし、着色も違う。

(田辺) かきね仕立てにすると日照が両面で全く異なる。仕立て方ももっと考えるべきであろう。SSとの関係で樹高が高くなると非常に high power を必要とする。傾斜地ではその点あまり問題とならない。現状では道路は必要である。労賃が高くなっているから、作業しやすいように造成すべきであろう。

(長堀, 質問) root zone の決め方について

(古賀) 優良園では根群が40～50cmという深い所まで伸びている。

(竹中) 1mぐらいまで根が伸びていても50cm位できても良いと思う。

(椎名) それより深く伸びている根はどう考えれば良いのだろうか。

(古賀) 1m前後の根については、吸水の作用はしているだろうが、どれだけの働きをしているか不明である。

- (椎名) テーマを樹園地の土壌と水についてに進めます。
- (田淵, 質問) 九州で開園が進んでいるが、干害に対してどうなるか。開園後の有効雨量の変化について。
- (竹中) 国東半島の国東用水の例では、全般的には水利用に対する熱意が高い。3mm/day位で計画する(開園の場合)。流出については現実には増大するであろうが、数的には不明である。重要な問題であるから今後調べるべきであろう。
- (山崎) 下層土の粗孔隙を増すことが大切であるということは、根群域の通気性を確保するという点で決定的意義があるという気もするのであるが、
- (古賀) 一次的なものについてはその通りである。
- (山崎) 深層の2%の根の重みは小さいと考えて良いのではないか?
- (椎名) 表層で70~80%は吸収されると思う。有効水分の面は下層土については問題ないと思う。深耕して深くまで根が伸びれば、高い費用をかけてかえがいかなくても良いのではないかという考えがある。
- (美園, 質問) 優良園で1万トン取るのに水をいくら使うか、どれ位の期間に使うか。
- (竹中) 1万トン10aからとれたとすると、計画密植である。7~8月に3~4t/月位の水を使うが現段階では収量と水は結びつかないであろう。
- (篠辺) 3t/ha 収獲があれば良い。7~8月は180mm/month, 6400t位の水を消費している概算になる。
- (永井) 7mm/day.
- (岩田) 水が横流れするのではないだろうか(傾斜地)
- (古賀) 地形の影響を強く受けている。根が入っている部分については水分補給源となる。
- (中村) 根についても活力があるのは、新しい部分(先端)についてのみではないだろうか。
- (古賀) 生きた根群域にも活力はあると考えられる。
- (永井) 桑でも条件の良い所の方が良く出来る。栄養成長、生殖成長のちがいだから、それぞれに合った環境を作ることが必要である。
- (須藤, 質問) どの深さまで水を求めて根は伸びるか、
- (永井) 条件によって異なる。酸素の補給等の関係できまる。
- (篠辺) 盤層を破る場合、破砕部分は半永久的に残り排水作用をなすと考えられる。ち密層がある時の暗渠は深く入れた方がよい。
- (山崎, 質問) 暗渠と雪のとけ方の関係。
- (篠辺) 暗渠直上部が一番早い。
- (文責, 足立, 横井)

遠心 pF とその測定法

須藤 清次*

遠心法による pF 測定は美園・寺沢・木下および筆者の発表⁶⁾があってから広く普及している。遠心 pF の測定法は二三の著書^{5,7,16)}にも引用されてきたが、一方ではその改良の工夫^{9,13)}も行なわれてきた。しかし遠心汚過筒による pF 測定法は中村^{9,10)}と岩田⁴⁾によりその根拠が検討されているが、まだ理論的にも測定方法についても問題が残っている。

pF 理論そのものについては、わが国でも岩田^{1,16)}と妹尾¹¹⁾により整理が行なわれてきた。それらの理論に従い、遠心 pF については筆者は岩田により基本点は明らかにされていると考えるが、ここでは遠心 pF すなわち負圧 pF の定義¹⁴⁾とその土壤物理的意味を整理し、遠心器による実験過程で起こる諸現象を考慮しつつ遠心 pF の測定法の確立を追求した。

I 遠心法による pF

1. 計算式

土壌水の化学ポテンシャル(水 1 gr 当り)はいろいろな因子によりきまることが、遠心法により計算される pF は遠心力場での力学的状態量である水圧 P から求める。この土壌水の化学ポテンシャルは P 以外にたとえば溶質などの存在による低下などを加えなければならないが、遠心力をもとにして計算されるものは P によるものだけである。したがって遠心 pF は化学ポテンシャルの P 成分だけをいっているわけである。

このような遠心 pF は植物の吸水を規定するには不十分な数値であるが、土の力学や土壌水の運動については——それが P の反映であるから——負圧凝集力や水理ポテンシャルと等価である。土壌水と植物との関係を広く考えれば水の吸収力だけでなく補給速度⁸⁾も問題である。遠心 pF は P だけを反映するのであるが、それなりの意味をもっているわけである。

遠心法 pF は次のように計算される。

$$pF = \log(-\Delta\mu), \quad \Delta\mu = \mu - \mu_0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

μ_0 : 基準状態(常温, 大気圧)の水の化学ポテンシャル [cm]

力学的変化では化学ポテンシャル μ は(2)式で表わされる

$$d\mu = -s dT + v dp \quad \dots\dots\dots(2)$$

s : 比エントロピー, T : 絶対温度,

v : 水の比体積, P : 静水圧

等温条件 dT = 0 で考えると,

$$d\mu = v dp \quad \dots\dots\dots(3)$$

この式から力学的状態量 p, v を変数として化学ポテンシャルの変化 $\Delta\mu$ を求めると,

$$\Delta\mu = \int_{p_0}^p v dp \quad p_0 = \text{大気圧}, v = 1 \text{ cm}^3/\text{gr}$$

$$\approx v \int_{p_0}^p dp = -v(p_0 - p) \quad [\text{dyn} \cdot \text{cm}]$$

$$= \frac{-v(p_0 - p)}{rg} \quad [\text{cm}(\text{head})]$$

$$\approx -h \quad [\text{cm}] \quad \dots\dots\dots(4)$$

h は負圧(negative pressure)またはサクション(suction)と呼ばれている。(4)と(1)から pF が計算される。

$$pF = \log(-\Delta\mu) = \log h \quad h : [\text{cm}] \quad \dots\dots\dots(5)$$

重力場での土壌水の負圧 h は 図-1 において、高さ H_a での負圧は h_a , H_b での負圧は h_b で与えられることはいうまでもない。したがって pF はそれぞれ $\log h_a$, $\log h_b$ となる。連続している土壌水で H_a と H_b とで pF すなわち化学ポテンシャルが異なった値をとることについては後で触れることにする。

遠心力場では 図-2 のようになる。土壌水が圧力を伝達する(水理学的連続)条件のもとで(4)式の計算は次のようになる。

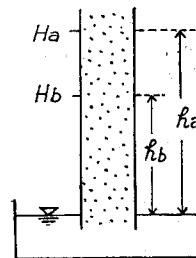


図-1 重力場

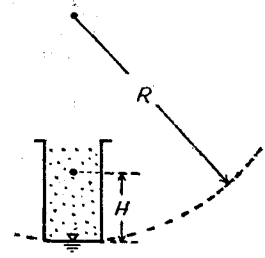


図-2 遠心力場

* 山形大学農学部, 1970. 4.30 受理

$$\begin{aligned}
 h &= \frac{v}{rg} \int_{p_0}^p dp \quad [\text{cm}] \\
 &= \frac{-1}{rg} \int_R^{R-H} r r \omega^2 dr \quad \omega: \text{角速度} [\text{rad/sec}] \\
 &= \frac{-\omega^2}{g} \int_R^{R-H} r dr = \frac{-\omega^2}{g} \left[\frac{r^2}{2} \right]_R^{R-H} \\
 &= (RH - \frac{H^2}{2}) \frac{\omega^2}{g} \\
 &= (RH - \frac{H^2}{2}) \frac{1}{981} \left(\frac{2\pi n}{60} \right)^2 \quad n: [\text{rpm}] \\
 &= (RH - \frac{H^2}{2}) \times 1.118 \times 10^{-5} \times n^2 \quad [\text{cm}] \dots (6)
 \end{aligned}$$

$$\therefore pF = \log h = \log \left(RH - \frac{H^2}{2} \right) + \log (1.118 \times 10^{-5}) + 2 \log n \dots (7)$$

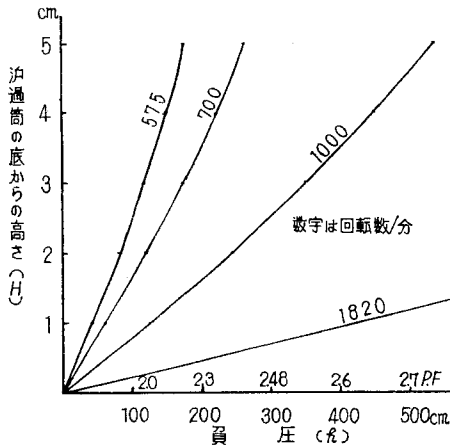


図-3 遠心過筒内の高さ(負圧)と回転数(R=12.05cm)

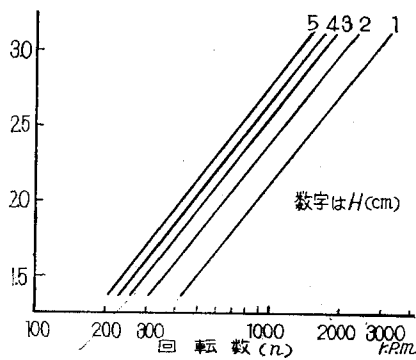


図-4 回転数とpF (R=12.05cm)

R = 12.05cmの場合の(6), (7)式の関係を図-3, 4に示す。

2. 過筒内の基準面

前項で(6)式の計算では底面を自由水面とした。それが自由水面であるかどうかということは、Russel-Richardsのように確実に自由水面をつくる方法を思い浮べつつ、

いつも問題になってきた 4.9.10.13), 中村¹⁰⁾によれば有底(自由水面あり)と無底(自由水面なし)の実測値の差は含水比の測定値のふれの程度であるとみられている。岩田⁴⁾の考えは、図-5において底面に異なる間隙径 $r_1, r_2 (r_2 > r_1)$ があるとき大き方の r_2 で底面の状態がきまるとのことである。すなわち水の力学的平衡は高圧から低圧に向って進むから同一レベルでは低圧部できまり、底面の水圧は $2\sigma/r_2$ となる。

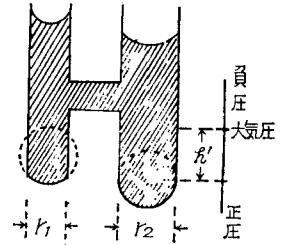


図-5 毛管の底面(岩田から)

遠心器内の過筒では実際にどうなっているだろうか。回転中は測定が困難だから、静置した土柱で図-6のような実験を行なった。自由水面をもつAと自由水面をもたないBの各土柱の水圧(負圧)分布を較べれば両者のちがいがわかる(両者とも底面は同様にカーゼで覆った)。負圧の比較は直接測定ではなく、図-6に示すように土柱高・含水比曲線の差 Δh をもって底面の圧力差 Δh とした。

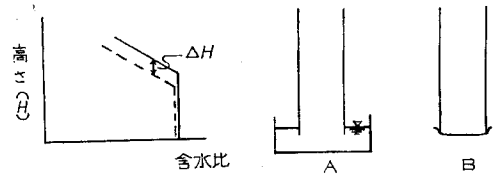


図-6 土柱底面の比較

このような実験では土(砂)の密度などの影響が出やすいので、試料の充填は筒内落下法で行ない、外要因の介入を避けるようにした。この9対の実験値について、対応のある場合の差の検定 (F(0.05)) とサイン検定(0.05)を行ない有意差を確かめた。この結果両者の有意差が認められる。

$$\Delta h = \Delta H = -2.5 \text{cm}, \quad \Delta H = H_B - H_A$$

さらに土柱の下端に遠心器の過筒(濾紙を敷いた)を接続して行なった実験では $\Delta h \approx -1.5 \text{cm}$ となった。

自由水面のない底面は約 2 cm の負圧になっている。もし図-5のような底面モデルでは底面は正圧となり、過筒の穴は直径 1 mm だから約 3 cm の正圧になるはずである。ところが約 2 cm の負圧になっているということは、底に曲率半径約 0.8 mm の凹メニスカスができていたことを意味している。このようになった理由は、何らかの衝撃で底面の凹メニスカスが落下したものと考える。長時間の静置は不可能なのであろう。

静置実験でもこのような負圧が生じたことから、遠心

器内ではなおさら起こりうることである。しかし凹メニスカスの半径がそう小さくなることはありえないから、遠心器内の汙過筒でもやはり底は 3 cm ぐらいの負圧であろう。

無底の遠心汙過筒では回転時間を 67hr にすると、低 pF に相当する土壤水も減少して懸垂水だけになるという中村¹⁰⁾の実験(図-7)も、衝撃の累算による筒外への脱水およびセル間の水の切断によると解釈できる。

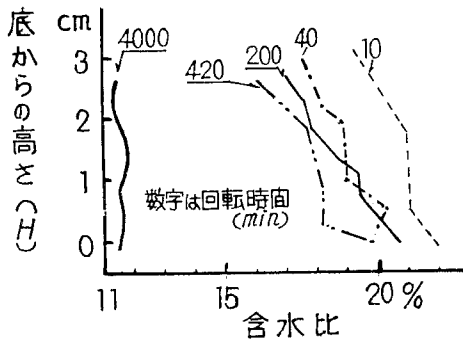


図-7 回転時間と含水比(中村)

底面の負圧が 3 cm のときの(7)式の計算値への影響は小さく、 $pF=1.5$ でも 0.022 にすぎない。したがって(7)式で計算しても実用的にはさしつかえない。

II. 遠心法 pF の測定法

1. 回転時間

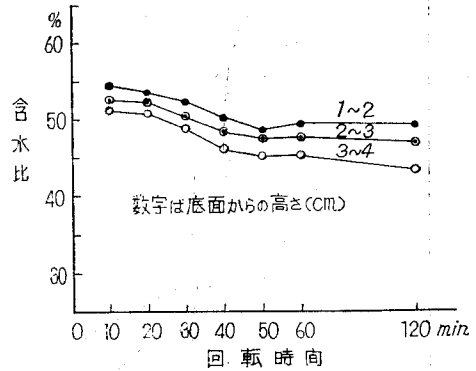
遠心器の所要回転時間は透水速度できまる問題である。汙過筒内の動水勾配は不明であるが、開放不飽和浸透が行なわれているはずだから脱水速度は不飽和透水係数 k だけでほぼきまるといえる。岩田³⁾ Wessling¹⁵⁾ の資料から k と負圧 k との関係は $k=Ah^{-B}A, B>0$ とみられ、 k は pF が高くなると小さくなる。すなわち pF が高くなるにしたがい所要回転時間は長くなるはずである。図-8 の実験値で、水分が安定する時間は高 pF ほど長くなるから、上述の考え方が肯定されよう。

無底の汙過筒では回転時間が 35hr. までは含水比は漸減し、67hr では水理学的不連続な懸垂水だけが残ることは図-7 でみた。無底の汙過筒では不必要な回転時間を過ぎない方がよい。図-8 のような実験によると、砂も植壤土もいずれも $pF \approx 2.0$ で 40min, $pF \approx 2.5$ で 60min でよい。

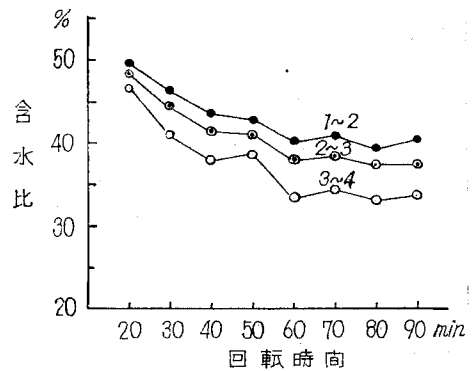
2. 汙過筒内の水分の安定条件

汙過筒では(7)式により図-3 の pF 値が実現されるが、実験上には次のような誤差が生ずる。

異なる回転速度 n でえられた同 pF 値の含水比を同一座標にプロットすると図-9 のようになる。砂では高 pF



(a) 回転数 1100 rpm



(b) 回転数 2750 rpm

図-8 回転時間と含水比(砂)

部分すなわち汙過筒の上部でサンプルしたものは pF・含水比曲線から著しく低水分側に外れる。また底に近い下部では含水量が高いことから水の移動が予想されるが、図のようにばらつきが大きい。一方植壤土では上部は共通な曲線に乗り、下部のみ低水分側に外れる。

筒内上部の過低水分は植壤土ではみられず砂だけに現われたことから、この原因は蒸発(実験では試料の上端は紙で覆った)によるのではない。砂での上部の過低水分は、上部に懸垂水化が現われたものと考え。間隙セル間の連続が切れる確率は負圧が大きいほど大きい¹²⁾。植壤土で筒内上部の平衡が維持されたのは大小セルが入り組んでいるから安定が保たれたのだといえる。

このように筒内の pF のちがいがおよび含水比のちがいがにより、一般に筒内下部と砂の上部では含水比の測定試料をとってはならない。

含水比測定のための試料採取にはある厚さ ΔH を必要とする。 ΔH の大きさにより pF 値は巾をもってくる。いま(7)式を H で微分すると、

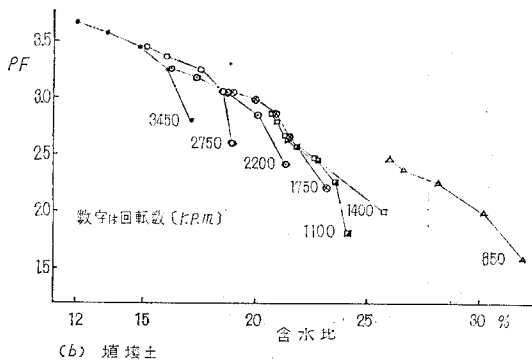
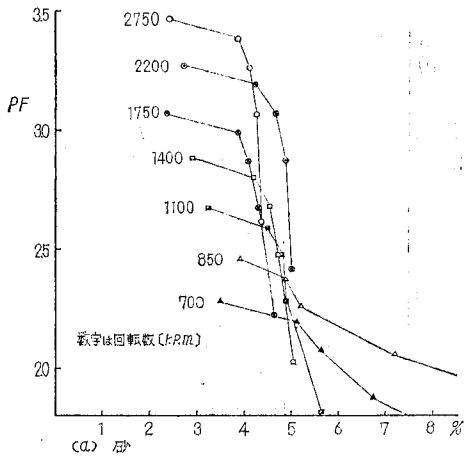


図-9 pF-含水比の重ね合せ

$$\frac{d(pF)}{dH} = \frac{d \log(RH - H^2/2)}{dH} = 0.4343 \times \frac{R-H}{RH - H^2/2}$$

上式で $R=12.05\text{cm}$ の場合は図-10のようなになる。したがって上部ほど一定幅 dH 当りの pF 差は小さい。

慣行法⁶⁾では明確な規定はなかったが、理論上から秤量試料は底面から 1cm のところから採取すべきであると

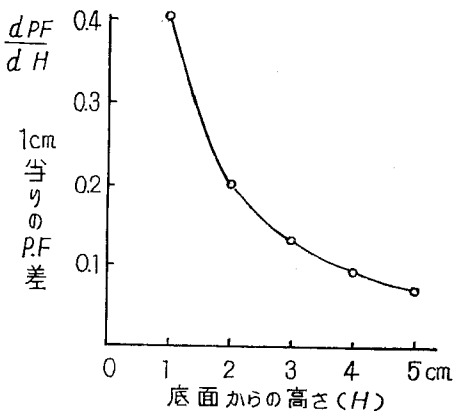


図-10 汎過筒内の pF スケール

されてきた。しかし上述の事情から 1cm のような下部では水移動による過低水分の誤差と pF 値の中誤差の大きいところに当る。このような実験条件の制約があることが、慣行法で pF 含水比のふれが大きいとされた理由であろう。遠心法は否定されるべきものではない。

III. 二、三の問題点

1. 力学的平衡と化学ポテンシャル

土柱内の水分は連続しているにも拘らず、高さにより pF すなわち水の化学ポテンシャルはことなるとしてきた。このような定義による pF は水圧 (負圧) h だけから計算され、 h はその力学場の位置のポテンシャル H' との和で静力学平衡が表わされる。

$$h + H' = \text{const} \dots\dots\dots(8)$$

このような関係を熱力学的に理解して、 h を化学ポテンシャルとみる岩田の立場もある¹⁶⁾。

しかしそれではコップの中の溶質の濃度分布などは取扱えない。土壤水が熱力学的平衡になっていると理解をする理由はない。(3)式の P すなわち水圧 h のみによる pF 成分を取扱っているのだと知っていれば一つのすじは通るわけである。

物質の平衡を取扱かうとき、温度と力の平衡は短時間にえられるが、化学ポテンシャル μ の平衡はすぐには達しないとみた方が一般的である。 μ が不平衡だから土粒子の溶出や溶質の移動が進行するわけである。

遠心力など水力学的手段でえられた pF は水の化学ポテンシャルの圧力成分だけである。その故にまたこれらの pF は土壤水または土の力学的状態を規定することができる。

2. 水理学的連続

前項の(8)式はいうまでもなく水が液体であるから成立する。常温・常圧下で水および水溶液の液体はほぼ $h \leq 1000\text{cm}$ すなわち $pF \leq 3$ で維持される。このような条件は遠心法・吸引法のような負圧の場合だけではなく、圧膜法のような正圧の場合も同様であろう。なぜなら、加圧側の気圧は等方的であるので、脱水方向へ押し出す力が生ずる条件は制限されるからである。

遠心法では $h=0 \sim 1000\text{cm}$ までの距離 H は短い。毛管切断の確率は距離にも関係するから、遠心法では h 遠 $=1000\text{cm}$ すなわち $pF=3$ の近くまで水理学的連続が保たれ易いといえる。

一方遠心法で $pF=4.2$ ぐらいまで測定しても含水比

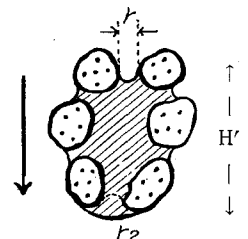


図-11 懸垂水

は $pF=3$ 以下からスムーズに変化している。これは $pF=3$ 未満のところから土壌水の懸垂水化が進みはじめ、 $pF > 3$ で完全に懸垂水になるところえスムーズに連なっているものと理解したい。

懸垂水は力場の影響下では次のような平衡が考えられる。図-11において、遠心力方向の長さを H' とすると。

$$H'rg = 2\sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \dots \dots \dots (9)$$

かりに遠心力 $= 10^3rg$, $r = 0.005\text{mm}$, $r_2 = 0.01\text{mm}$ とすると、

$$H' = \frac{2 \times 74}{981 \times 10^3} \left(\frac{1}{0.0005} + \frac{1}{0.001} \right) = 0.45\text{cm} = 4.5\text{mm}$$

となり、遠心力を 10^4rg にすると同様な r で $H = 0.45\text{mm}$, 遠心力を $750rg$ とすると $H' = 9.0\text{mm}$ となる。

3. 遠心器の型

遠心力の方向は斜めに汙過筒が固定されている型の遠心器の場合は、汙過筒の底面を遠心方向に垂直に細工をしない限り(7)式の計算は通用できない。それでも筒面が遠心力方向と斜交するので水分移動の経路が試料中で平等にならないから、平衡所要時間の問題が複雑になる。このような点から汙過筒は可動型のに限る。

IV. 要 約

1) 遠心法などの水圧 h で定義される pF は力学的平衡の表現であり、同一水塊でも pF 値はことなるという立場で pF を整理し、その故に実用的意義もでてくるとした。

2) 遠心汙過筒の底面は大気圧との差は約 3cm ぐらい

で pF 計算には影響しないこと、秤量は底面上 1cm ではふれが大きいなどの測定上の問題点を明らかにした。

〔謝辞〕 実験は鈴木隆氏、渡部一之君の協力により行なった。論文のまとめに当り美園繁氏、寺沢四郎氏、岩田進午氏との討論に負うところが大きかった。厚く御礼申上げる。

文 献

- 1) 岩田進午：土肥誌, 32(11)52~58, 1961.
- 2) 同 上：土壌の物理性, (6)24~43, 1962.
- 3) 同 上：農土研, 30(7), 9~18, 1963.
- 4) 同 上：土肥誌, 39(3), 107~107~178, 1968.
- 5) 川口柱三郎：土壌学, 朝倉, 1967.
同 上：農芸化学実験書(第1巻), 産業図書, 1960.
- 6) 美園繁ほか：農技研報告, B. 2. 95~124, 1953.
- 7) 同 上：土壌肥料全編, 養賢堂, 1958.
：続作物試験法, 農業技術協会, 1960.
- 8) 同 上：土肥誌, 34(9), 49~353, (10)363~366, 1963.
- 9) 中村忠春：研究の資料と記録(東大), (16), 24~34, 1967.
- 10) 同 上：農土誌, 37(8), 11~15, 1969.
- 11) 妹尾学：農土論集, (14), 5~8, 1965.
- 12) 田淵俊雄：The Theory of Suction Drain from the Saturated Ideal Soil : Analysis of Capillary Moisture-Distribution Curve : Soil Sci. 102(2), 161~166, 1965.
- 13) 竹中肇：研究の資料と記録(東大), (13), 33~34, 1963.
- 14) 寺沢四郎：土壌の物理性, (11・12), 64~82, 1965.
- 15) Yong, R. N. and Warkentin, B. P.: Introduction to Soil Behavior, P. 378. Macmillan Co, 1966.
- 16) 山崎不二夫編：土壌物理, 養賢堂, 1969.

土 粒 子

ペドロジーと土壤物理

編集者から、ペドロジストの立場から、土壤物理の研究についてひとことと依頼され、おひきうけしたものの、土壤物理の分野に対しては全くの門外漢なので、はたと当惑してしまったというのが正直なところだ。自分の不勉強を棚にあげて、何故こういうことになるのだろうと思いをめぐらしてみると、どうやら、われわれが野外で接する自然体としての土壤と、実験室で土壤物質について精密に行なわれる物理的測定結果を結びつける方法が、今日なお不十分である点に原因の一つがあるように思われます。このことは、気候・植生・母材・地形・時間・人間をも含めた生物などの土壤生成諸因子の総合作用の結果として形成される自然体としての土壤の生成過程を研究対象とする歴史科学としてのペドロジーと、土壤生成作用の結果獲得された現在の土壤のもつ性質を対象とする現在科学としての土壤物理学とが、どのようにして結びつくかという問題に帰着するといえるのではないのでしょうか。

一例を土壤中の水の行動について考えると、同じ透水係数をもった土壤物質でも、それが水の上下運動を主とする平坦な地形面におかれたときと、さらに横流れが加わってくる斜面におかれたときとでは、実際に土壤体内を流れる水の量は異なってくるだろうし、また同じ斜面上でも、流出を主とする斜面上部と、流入を主とする斜面下部とでは水の流量は当然異なるであろう。このような現象は、山の尾根筋や丘陵頂部には乾燥型の土壤が分布し、山麓部の土壤では、特に基盤岩石との境界部分が湿润状態にあることがしばしば観察されることから、古くから定性的には推定されてきていることです。しかし、土壤生成過程や風化過程を明らかにするためには、

水の流量に及ぼす地形条件の影響を定量的に把握する必要にせまられてきます。さらに18号のこの欄で木下氏も述べておられたように、降水量と土壤への流入量との関係や土壤面蒸発量などのデータ不足がいっそう定量的把握を困難にしているといえるでしょう。

このような意味からも、わが国において各土壤型ごとに、また同一土壤型内の異なった地形ごとに定点観測網が設置され、野外の土壤における降水の流入量、蒸発散量、浸透量および他の水収支の要因の観測データの集積が切望される次第です。現地での定点観測データにもとづいて、各土壤型別の水分収支図や経時的水分等値線図のようなものが完成して広く一般に利用できるようになれば、土壤図の有用性は、現在よりも著しく高まるのではないだろうか。例として土壤中の水の行動をとりましたが、経時的定点観測の必要性は、他の土壤の性質についても云えると思います。野外での土壤中での現在の物質の変化量を定量的にとらえることができれば、それを過去に外挿することによって、現在の土壤断面の性質発現のために作用した土壤生成因子の強度を推定することが可能となるし、また未来に外挿することによって土壤の進化の方向とそれに伴う土壤物質の物理的・化学的性質の変化を推定することが可能となるであろう。現実には、定点観測網の非常に不備な今日、その設置を目指して努力すると同時に、ペドロジストと土壤物理学者との野外における共同研究をもっと盛んにしていくことが必要なのではないだろうか。土壤物理については全くの素人が、的はずれなことを書いたのではないかと思います。もしそうならば平に御容赦のほどを。

(農枝研化学部 永塚鎮男)

会 員 名 簿 (昭和45年4月1日現在)

賛助会員		9	中 国	39
正 会 員	北 海 道	83	四 国	38
	東 北	70	九 州	91
	関 東	216	沖 縄	3
	北 陸	57	国 外	4
	東 海	41		
	近 畿	44	計	686
講 読 会 員		28		

総 合 計 723

〔賛助会員〕

大起理化学工業 K. K.	〒 116	東京都荒川区町屋 2 の16 の 2
ウイジン工業社	158	東京都世田谷区玉川用賀町 1—22
帝石テルナイト工業 K. K.	151	東京都渋谷区区幡ヶ谷 1—31—10
天北化学 K. K.	103	東京都中央区日本橋本町 4—1
電気化学工業 K. K.	100	東京都千代田区有楽町日比谷
日本重化学工業 K. K.	103	東京都中央区日本橋小網町 2—14
北炭化成工業 K. K.	335	埼玉県戸田市川岸 1 の 1 の 20
三井金属鉱業 K. K.	103	東京都中央区日本橋室町 2—1
理研科学測定器研究所 K. K.	121	東京都足立区伊興町前沼1254

氏 名 勤務先、郵便番号及所在地

〔北 海 道〕

青柳 省吾	北大農 060	札幌市北 9 条西 9 丁目
赤城 仰哉	根釧農試 086-11	標津郡中標津町
秋山喜三郎	北見農試 099-14	常呂郡訓子府町弥生52
石塚 喜明	063	札幌市琴似 3 条 4 丁目
伊東 輝行	中央農試 069-13	夕張郡長沼町東 6 線 北15号
石井 和夫	北海道農試	紋別市小向
市川 信雄	中央農試	夕張郡長沼町北長沼
稲津 脩	中央農試稲作部 068	岩見沢市金子町
梅田 安吉	北大農 060	札幌市北 9 条西 9 丁目
岩間 秀矩	北海道農試 099-61	紋別市小向
岩淵 晴郎	中央農試	夕張郡長沼町北長沼
江川 友治	北海道農試 062	札幌市羊ヶ丘 1
大垣 昭一	北見農試 099-14	常呂郡訓子府町
奥村 統一	天北農試 098-57	枝幸郡浜屯別町
片山 雅弘	北海道農試 062	札幌市羊ヶ丘 1
川原田 元	帯広開発 080	帯広市西 4 条南 8 丁目
川原 祥司	道南農試 041-12	亀田郡大野町本町
菊地 晃二	十勝農試 082	河西郡芽室町新生
木下 彰	北海道農試 062	札幌市羊ヶ丘 1

工藤 正美	専修大美唄農工短大	美唄市字美唄1610の1
黒川 春一	道南農試 041-12	亀田郡大野町本町
近藤 鍊三	帯広畜大 080	帯広市稲田町
小林 茂	中央農試 069-13	夕張郡長沼町東 6 線 北15号
小林 莊司	同上	
後藤 計二	同上	
金野 隆光	北海道農試畑作部 082	河西郡芽室町新生
斉藤 知行	道庁農務部 060	札幌市北 3 条西 6 丁目
斉藤万之助	開発局土木試 060	札幌市平岸無番地
盛 時雄	中央農試 069-13	夕張郡長沼町東 6 線 北15号
桜田 純司	北大農 060	札幌市北 9 条西 9 丁目
佐久間敏雄	開発局土木試 060	札幌市平岸無番地
佐々木清一	北大農 060	札幌市北 9 条西 9 丁目
佐藤 博	北海道農試 062	札幌市羊ヶ丘 1
志賀 一一	同上	
塩崎 尚郎	北海道農試 099-13	紋別市小向
島田 実幸	中央農試 069-13	夕張郡長沼町北長沼
相馬 暁	中央農試	同上
相馬 剋之	北大農 060	札幌市北 9 条西 9 丁目

- 杉浦 勲 北海道林試 079-01 美唄市光珠内 北15号
 高尾 欽弥 中央農試 069-13 夕張郡長沼町東6線 北15号
- 高橋市十郎 中央農試 069-13 夕張郡長沼町北長沼
 高畑 滋 北海道農試 062 札幌市羊ヶ丘1
 田上 三夫 同上
 田村 昇市 帯広畜大畜 080 帯広市稲田町
 千葉 豪 北海道農試 062 札幌市羊ヶ丘1
 常松 栄 専修大美唄農工短大 079-01 美唄市美唄
 堂腰 純 北大農 060 札幌市北9条西9丁目
 道場三喜雄 中央農試 069-13 夕張郡長沼町東9線 北15号
- 中井 義夫 道庁農地開拓 060 札幌市北3条西6丁目
 中山 利彦 北見農試 099-14 常呂郡訓子府町弥生
 野村 栄吉 北海道開発コンサルタントKK 063 札幌市北4条西6丁目
- 野村 琥 十勝農試 052 河西郡芽室町新生
 林 成周 北海道農試畑作部 082 河西郡芽室町新生
 原田 勇 酪農短大 069-01 江別市西野幌
 馬場 秀和 専修大美唄農工短大 079-01 美唄市字美唄
 久末 勉 北海道農試泥炭 072 美唄市開発町南
 平井 義孝 中央農試 069-13 夕張郡長沼町東6線 北15号
- 平島 利昭 根釧農試 086-11 標津郡中標津町
 福原 道一 北海道農試 082 河西郡芽室町新生
 古畑 哲 北海道農試畑作部 082 河西郡芽室町新生
 堀口 郁夫 北大農 060 札幌市北9条西9丁目
 前田 隆 北大農 同上
 松居 勝広 帯広畜大 080 帯広市稲田町
 松田 豊 同上
 松原 一実 中央農試 069-13 夕張郡長沼町
 丸谷 典弘 北大農 060 札幌市北9条西9丁目
 水元 秀彰 中央農試 069-13 夕張郡長沼町北長沼
 南 松雄 中央農試 069-13 夕張郡長沼町東6線 北15号
- 宮脇 忠 同上
 室松 正雄 開発局 060 札幌市平岸無番地
 村井 信仁 中央農試 069-13 夕張郡長沼町北長沼
 元木 征治 道南農試 041-12 亀田郡大野町本町
 森 哲郎 中央農試 069-13 夕張郡長沼町北長沼
 矢沢 正士 北大農 060 札幌市北9条西9丁目
 矢野 義治 開発局 060 札幌市平岸無番地
 山口 正栄 中央農試 069-13 夕張郡長沼町北長沼
 山田 忍 専修大美唄農工短大 079-01 美唄市美唄
 山本 茂 北大農 060 札幌市北9条西9丁目
 山本 晴雄 中央農試 069-13 夕張郡長沼町東6線
- 横田 廉一 北大農 060 札幌市北9条西9丁目
 横山偉和夫 北海道生産農協 060 札幌市北条4西1丁目
 吉田 享 開発局 060 札幌市平岸無番地
 渡辺 公吉 中央農試 068 岩見沢市金子町
- 〔青 森 県〕
 小林和太郎 青森農試 036-03 青森県黒石市砂森1
 篠辺 三郎 弘前大農 036 弘前市文京町3
 中島 一成 青森農試 036-03 黒石市大字黒石字砂森
 長谷部次郎 弘前大農 036 弘前市文京町3
 矢橋 晨吾 同上
 吉田 裕一 県津軽土地改良事務所 036 弘前市 蔵王町4
- 〔岩 手 県〕
 赤塚 恵 東北農試 020-01 盛岡市厨川赤平4
 伊藤 実 岩手大農 020 盛岡市上田3-18-8
 伊藤 明治 岩手園試 024 北上市飯豊字成田
 岩崎 勇作 林試東北支場 020-01 盛岡市下厨川字 鍋屋敷
 遠藤 敏夫 園試盛岡支場 020-01 盛岡市下厨川字 鍋屋敷
 岡崎絃一郎 東北農試 020-01 盛岡市下厨川赤平4
 今野 雄始 県立岩谷農林高校 023-11 江刺市岩谷堂 字杉ノ町
 佐々木信夫 岩手農試南分場 023-11 江刺市愛宕字 八日市69-4
- 徳永 光一 岩手大農 020 盛岡市上田3-18-8
 中江 克己 東北農試 020-01 盛岡市下厨川赤平4
 浪瀬 信義 岩手大農 020 盛岡市上田3-18-8
 林 弘宣 同上
 藤尾 福蔵 東北農試 020-01 盛岡市下厨川赤平4
 舟戸 一勝 東北農政局 020 盛岡市仙北町下野28
 吉田 稔 岩手大農 020 盛岡市上田3-18-8
 吉野 喬 東北農試 020-01 盛岡市下厨川赤平4
 渡辺 徹 岩手大農 020 盛岡市上田3-18-8
- 〔宮 城 県〕
 塩谷 勝 宮城農業短大 982 仙台市根岸町15-1
 高田 博 上沼農業高校 987-06 登米郡中田町上沼
 藤原 彰夫 東北大農 980 仙台市北六番丁
 古坂 澄石 東北大農研 980 仙台市片平町41
 苫米地勇作 981-12 名取市手倉田字山6の39
 前田 信寿 宮城農短大 982 仙台市根岸町15-1
 山根 一郎 東北大農研 980 仙台市片平町41
 若生松兵衛 宮城農試 983 仙台市原町小田原櫛江
- 〔秋 田 県〕
 金子 淳一 秋田農試 010-14 秋田市仁井田字小中島

久保田正光	東北農試	014-01	大曲市四ッ屋	押嶋 保夫	茨城農試	310	水戸市若宮町
佐藤 智男	東北農試	014	大曲市朝日町	川崎 元也	茨城大農	300-03	稲敷郡阿見町
白石 道夫	東北農試	014-01	大曲市四ッ屋字 下古道3	久保田治夫	同上		
鈴木 昂	西目農業高校	018-06	由利郡西目村沼田 字新道下2-6	小林 登	茨城農試	310	水戸市若宮町
本谷 耕一	秋田農試	010-14	秋田市仁井田字小中島 〔山形県〕	佐野 文彦	茨城大農	300-03	稲敷郡阿見町
石橋 秀弘	山形大農	997	鶴岡市若葉町1-23	鈴木 竜彦	茨城農試	311-42	水戸市上国井町南原
大竹 俊博	山形農試	990	山形市鉄砲町2-10-75	高橋 薫	鯉淵学園	319-03	東茨城郡内原町
神尾 彪	山形大農	997	鶴岡市若葉町1-23	津田 公男	茨城農試	310	水戸市若宮町
川島 次男	同上			坪野 敏美	鯉淵学園	319-03	東茨城郡内原町
上出 順一	同上			豊田 久承	海外技術協力事業団国際農業研修会館	319-03	東茨城郡内原町
近野 雅子	山形農試	990	山形市鉄砲町2-10-75	長谷川文男	茨城農試	310	水戸市若宮町
斎藤 三郎	同上			林 尚孝	茨城大農	300-03	稲敷郡阿見町
東海林 覚	山形農試庄内分場	999-76	東田川郡藤島町	本田 宏一	茨城農試	310	水戸市若宮町
鈴木 隆	山形大農	997	鶴岡市若葉町1-23	吉原 貢	同上		
鈴木 正	山形農試	990	山形市鉄砲町2-10-75	〔栃木県〕			
須藤 清次	山形大農	997	鶴岡市若葉町1-13	安保 文夫	宇都宮大	320	宇都宮市峰町350
瀬野尾昭吾	県農林部	990	山形市旅籠町2-4-51	内田 文雄	栃木農試	320	宇都宮市互谷町1080
月館 光三	山形大農	997	鶴岡市若葉町1の23	小関 純一	畜産試	329-27	那須郡西那須野町
土屋 功位	同上			川田 登	栃木農試	320	宇都宮市互谷町1080
東山 勇	同上			国生 哲夫	宇都宮たばこ試	329	下都賀郡桑絹町
本間 廉造	同上			清水 邦夫	宇都宮大	320	宇都宮市峰町350
森田 浩	同上			土山 豊	栃木農試	320	宇都宮市互谷町1080
吉田 力	同上			坪田 五郎	同上		
渡辺 和夫	山形農試	990	山形市鉄砲町2-10-75	中出 尚夫	327	佐野市朝日町795天海ホームビル434号	
渡辺 信二	同上			原禎 紀	畜試	329-27	那須郡西那須野町
〔福島県〕				福田 行雄	県農務部	320	宇都宮市塙田町504
池田 孝男	福島農試浜支場	979-25	相馬市成田字五 郎衛門橋	藤沢 徹	宇都宮大	320	宇都宮市峰町350
宇佐見昭宣	福島農試	963-05	郡山市富田町若宮前20	吉野 晴夫	宇都宮たばこ試	323	小山市出井
河野 御	同上			吉野昭一郎	栃木農試		宇都宮市互谷町1080
末永 弘	同上			〔群馬県〕			
菅野 正	同上			金井 徹	群馬農試	371	前橋市江木町1251
鈴木 平喜	同上			金嶋 康典	群馬蚕試	371	前橋市総社町総社
関根 勇治	同上			琴 寄融	群馬農試	371	前橋市江木町1251
立谷 寿雄	同上			斎藤 恵亮	同上		
館川 洋	同上			鈴木 秀平	同上		
武田 敏昭	同上			須田 鉄称	同上		
成田 忠頼	同上			高橋 哲夫	同上		
西牧 正己	同上			角田 三郎	県庁	371	前橋市曲輪町66
和田山利明	福島農試浜支場	979-25	相馬市成田字 栗町184	中島文四郎	群馬農試	371	前橋市江木町1251
〔茨城県〕				山田 要	同上		
飯田 栄	茨城県庁	310	水戸市三の丸	〔埼玉県〕			
				秋本 俊夫	埼玉農試	360	熊谷市大字久保島1372
				新井 真杉	同上		
				伊沢 敏彦	農業機械化研	330	大宮市日進町1-40-2
				石居企救男	埼玉農試	360	熊谷市大字久保島1372

- 小川 和夫 農事試畑作 364 北足立郡北本町荒井
 鎌木 豪夫 農業機械化研 330 大宮市日進町1-40-2
 北原 健吾 埼玉農試 360 熊谷市大字久保島1372
 北村 誠 農業機械化研 330 大宮市日進町1-40-2
 草野 秀 農事試畑作 364 北足立郡北本町
 倉田 勇 農業機械化研 330 大宮市日進町1-40-2
 栗原 浩 農事試畑作 364 北足立郡北本町荒井
 国分 欣一 農事試 365 鴻巣市大字鴻巣
 佐藤 祐一 水資源開発公団 336 浦和市神田936
 柴 英雄 埼玉農試 360 熊谷市大字久保島
 鈴木 清司 同上
 高橋 保夫 農事試 365 鴻巣市大字鴻巣
 西村 藤市 北炭化成工業 335 戸田市川岸1-1-20
 根本 清一 農事試 365 鴻巣市大字鴻巣
 長谷川新一 農事試畑作 364 北足立郡北本町
 蜂須 信治 埼玉農試 360 熊谷市大字熊谷1201
 平野 福治 埼玉農試 360 熊谷市大字久保島1372
 細野 衛 羽生高等学校 348 羽生市羽生3579
 細谷 毅 埼玉園試 南埼玉郡久喜町元万部
 正木十二郎 自営 330 大宮市日進町3-796
 増島 博 農事試 365 鴻巣市大字鴻巣
 渡辺 和之 農事試畑作 364 北足立郡北本町字荒井
- 〔東京都〕
- 藍 房和 東農工大 183 府中市幸町3-5-8
 秋山 豊 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 足立 忠司 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 足立 綱雄 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 穴瀬 真 教育大農 153 目黒区駒場2-19-1
 新垣 雅裕 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 蘭 道生 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 有田 裕 同上
 有光 一登 林業試 153 目黒区下目黒5-37-21
 石沢 修一 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 伊東 正夫 蚕糸試 166 杉並区和田3-55-30
 井ノ子昭夫 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 岩佐 安 同上
 岩崎代志治 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 岩田 進午 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 宇野 要次 同上
 遠藤健次郎 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 緒形 博之 同上
 大中 正之 東京農大 156 世田谷区桜ヶ丘1-1-1
 小田切弘一 片倉チッカリン 100 千代田区大手町
 三井生命ビル
- 小浜 節雄 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 大塚 秀光 東教大 113 文京区弥生1-5-13(自宅)
- 川地 武 大林組 180-04 北多摩郡清瀬町下清戸
 金木 良三 東京農大 156 世田谷区桜丘1-1-1
 粕淵 辰昭 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 木内 知美 同上
 岸上 定男 教育大農 153 目黒区駒場2-19-1
 吉良 芳夫 東京農大 156 世田谷区桜丘1-1-1
 久保田 徹 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 黒田 昭 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 黒鳥 忠 林業試 153 目黒区下目黒5-37-21
 黒部 隆 農工大 183 府中市幸町3-5-8
 小出 博 東京農大 156 世田谷区桜ヶ丘1-1-1
 越野 正義 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 駒村 正治 東京農大 156 世田谷区桜丘1-1-1
 小山 正忠 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 小山 実 東京工業試 151 渋谷区本町1
 小山 雄生 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 佐藤 末男 富士平工業 113 文京区本郷6-11-6
 三幣 正己 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 重田 泰蔵 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 志佐 誠 大林組 143 大田区山王2-7-9
 渋谷 政夫 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 島田 俊介 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 清水 弘三 173 板橋区幸町39(自宅)
 清水 隆一 日本肥料 103 中央区日本橋室町2-1
 三井ビル
- 白岩 隆己 日大農 154 世田谷区下馬町3-49
 神藤 洋爾 山陽バルブ 100 千代田区永田町
 2-14-2 山王グランドビル内
- 白井 喬二 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 杉浦 力 日本道路公団試 194-01 町田市山崎町1678
 鈴木 重義 農工大 183 府中市幸町3-5-8
 鈴木 達彦 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 鈴木 誠 蚕糸試 166 杉並区和田3-55-30
 住田 章 東大大学院 練馬区小竹町1-78-26
 渡辺方(自宅)
- 高木 信一 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 高杉普太郎 信越化学工業KK 100 千代田区丸ノ内
 1-2
- 竹中 肇 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 竹原 秀雄 林業試 153 目黒区下目黒5-37-21
 立花 一雄 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 竹迫 紘 東京農試 190 立川区富士見町3-10
 田淵 俊男 東大農 113 文京区弥生1-1-1
 田原 虎次 農工大 183 府中市幸町3-5-8
 千葉 守男 農技研 114 北区西ヶ原2-1-7
 堤 聡 東大農 113 文京区弥生1-1-1

寺沢 四郎	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7	山沢 新吾	教育大農	153	目黒区駒場2-19-1
土井 淳多	東大農	113	文京区弥生1-1-1	山田 裕	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7
富永 章	東大農	113	文京区弥生1-1-1	山中 勇	教育大農	153	目黒区駒場2-19-1
内藤 利貞	教育大農	153	目黒区駒場2-19-1	山中金次郎	パンフイック・コンサルタンツKK	160	新宿区南元町8
永井 政雄	蚕試	166	杉並区和田3-55-30				
永田 慧	鹿島技研	182	調布市飛田給2-19-1	山本 保	北越製紙KK	103	中央区日本橋本石町 3-4-4
中田 昌卯	農工大	183	府中市幸町3-5-8	伊達 昇	東京農試	190	立川市富士見町3-10
中田 礼嘉	大林組技研	180-04	北多摩郡清瀬町 下清戸640	八幡 敏雄	東大農	113	文京区弥生1-1-1
永塚 鎮男	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7	行方 文吾	農工大農	183	府中市幸町3-5-8
中野 政詩	東大農	113	文京区弥生1-1-1	横井 肇	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7
新田 伸三	日本道路公団試	194-01	町田市山崎町 1789	吉田 信雄	同上		
二宮 啓輔	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7	喜田 大三	大林組技研	180-04	北多摩郡清瀬町 字下清戸640
野口 正三	教育大農	153	目黒区駒場2-19-1	吉野 実	農技研	北区西ヶ原2-1-7	
橋本 与良	林業試	153	目黒区下目黒5-37-21	渡辺 光昭	同上		
八田 貞夫	農林水産技術会議事務局	100	千代田区 霞ヶ関農林省内	渡辺 裕	同上		
林 敬太	林業試	153	目黒区下目黒5-37-21	〔千葉県〕			
早瀬 達郎	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7	岡部 達雄	千葉農試	280-02	千葉市大膳野町808
平沢 一雄	農大附属農場	243	神奈川県厚木市船子 1737	小中 伸夫	同上		
福土 定雄	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7	金光達太郎	千葉大園	271	松戸市戸定648
藤沼 善亮	同上			佐藤吉之助	千葉農試	280-02	千葉市大膳野町808
前川 孝昭	東教大農	153	目黒区駒場2-19-1	中原 孫吉	千葉大園	271	松戸市戸定648
増井 正芳	東京農試	190	立川市富士見町3-10	橋爪 厚	千葉農試	280-02	千葉市大膳野町808
松井 健	株式会社地域開発コンサルタンツ	100	千代田区6番町4西牧ビル	三好 洋	同上		
松口 竜彦	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7	〔神奈川県〕			
松野 正	日本工営KK	100	千代田区内幸町 2-1-11	青葉 幸二	園試	254	平塚市中原
松本 久二	林業試	153	目黒区下目黒5-37-21	蟻川 浩一	神奈川農試	259-12	平塚市寺田縄496
松永 俊行	ジャパン・コンサルタンツ	102	千代田区六番町グロリアビル	五十嵐正次	農業土木試	254	平塚市中原1519
真下 育久	林業試	153	目黒区下目黒5-37-21	上村 春美	同上		
丸山 明雄	同上			岡本 春夫	自宅	241	横浜市旭区白根町1454
美園 繁	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7	大平 成人	農業土木試	254	平塚市八幡1943
三寺 光雄	気象研	100	千代田区大手町1丁目7番	小倉 祐幸	秦野たばこ試	257	秦野市名古屋木
宮内 定基	東大農	113	文京区弥生1-1-1	小倉 矩正	同上		
本村 悟	農技研	114	北区西ヶ原2-1-7	金子 良	農業土木試	254	平塚市中原1519
森 信行	蚕糸試	166	杉並区和田3-55-30	岸本良次郎	農業土木試	254	平塚市八幡1943
森下 諦三	光興業農技	104	中央区宝町1-11 味の素ビル	木村 重彦	同上	254	平塚市中原1519
安田与七郎	東大農	113	文京区弥生1-1-1	小菅 孝利	同上		
安富 六郎	同上			古藤 実	県園試	259-01	中郡二宮町二宮1217
山崎不二夫	東大農	113	文京区弥生1-1-1	佐々木次郎	農業土木試	254	平塚市八幡1943
				椎名 乾治	同上	254	平塚市中原1519
				鈴木 勝征	園試	254	平塚市中原1519
				関谷 宏三	同上		
				多田 敦	農業土木試	254	平塚市中原1519
				千葉 努	園試	254	平塚市中原1519
				中川昭一郎	農業土木試	254	平塚市中原1519

仲野 良紀 同上 254 平塚市八幡1943
 根岸 久雄 農業土木試 254 平塚市中原1519
 林 堯 同上
 林 直幹 同上
 古木 敏也 同上
 三木 肇 秦野たばこ試 257 秦野市名古木
 細井 昭彦 日東化学 230 横浜市鶴見区大黒町

〔新潟県〕

井利 一 県農業技術課 951 新潟市学校町1
 飯村 康二 北陸農試 943-01 高田市上稲田
 五十嵐太郎 新潟大農 950 新潟市小金町106
 泉田 又蔵 新潟農試 阿賀野川試 950-01

中蒲原郡亀田町

岩本 信義 新潟農試 940 長岡市長倉町
 高橋 功 同上
 田村 卯八 同上
 長崎 明 新潟大農 950 新潟市小金町106
 中村 祥一 新潟農試 940 長岡市長倉町
 中野 富夫 新潟農試 940 長岡市長倉町
 箱石 正 北陸農試 943-01 高田市上稲田
 馬場 昇 新潟大農 950 新潟市小金町106
 藤堂 誠 北陸農試 943-01 高田市上稲田
 丸田 勇 新潟農試 940 長岡市長倉町
 丸山 幸平 新潟大農 950 新潟市小金町106
 森田 康 新潟農試 940 長岡市長倉町
 吉田 昭治 新潟大農 950 新潟市小金町106

〔富山県〕

飯田 周治 富山農試機実農 930-11 富山市布市195
 稲葉 保 大谷技術短大 939-03 射水郡小杉町黒河
 上森 晃 富山農試機実農 930-11 富山市布市195
 久津那浩三 富山農試 930 富山市布市195
 滝島 康男 富山農試 930 富山市太郎丸
 滝川 圭吾 同上
 中林 茂男 同上
 新村 善男 富山農試機実農 930-11 富山市布市195
 山森 鉄郎 富山農試 950 富山市太郎丸
 宮崎 平三 富山大技術短大 939-03 射水郡小杉町黒河

〔石川県〕

西川 光一 石川農試 921 石川郡野々市中林86
 西川 庸一 同上
 丸山 武雄 同上
 山本 洋久 石川農試 921 石川郡野々市中林86

〔福井県〕

勝見 太 福井農試 910 福井市寮町辺操
 友広啓二郎 同上

〔山梨県〕

板川 秀雄 山梨農試 400 甲府市下河原町699
 徳永 雄治 山梨農試 400 甲府市下河原町699
 村田 恒治 肥飼検 400 甲府市住吉2丁目1番16号
 夜久 孝 山梨農試 400 甲府市下河原町699
 水越 一行 山梨農研 400 甲府市下河原町699
 山県 辰雄 同上

〔長野県〕

加甲 艶照 農試山地支部 389-02 北佐久郡御代田町
 鎌田 嘉孝 長野農試桔梗ヶ原分場 399-07 塩尻市
 木内 一己 南安曇農校 399-82 南安曇郡豊科町成相
 北原 俊一 長野農試 380 長野市中御所363
 清井 敏博 同上
 小穴 岳夫 野沢北高校 384-01 佐久市野沢
 関 好博 東信農水改良 386 上田市常入
 豊田 広三 農試山地支場 389-02 北佐久郡御代田町
 中川西弘之 同上
 中路 勉 信大農 399-02 上伊那郡南箕輪村8304
 中村 伴蔵 長野農試桔梗ヶ原分場 399-07 塩尻市
 中村 秀夫 長野農試下伊那分場 399-31 下伊那郡

高森町下市田

長谷川 徹 長野農試桔梗ヶ原分場 399-07 塩尻市
 林 宏一 長野農試下伊那分場 399-31 下伊那郡
 高森町下市田

松下 利定 長野農試桔梗ヶ原分場 399-07 塩尻市
 御子柴 穆 長野農試 380 長野市中御所363
 翠川 道夫 同上
 矢木 博 信大繊維 386 上田市高入500

〔静岡県〕

石田 隆 静岡柑試 424 清水市駒越2712
 河西 孝司 静岡農試 420 静岡市北安東845
 加藤 芳朗 静大農 438 磐田市見付
 金田 雄二 静岡農試 420 静岡市北安東845
 河森 武 同上
 近藤 鳴雄 同上
 中間 利光 静岡柑試 424 清水市駒越 2712
 野中 民雄 静岡農試海岸砂丘地分場 437-16

小笠郡浜岡町池新田

平峯 重郎 茶業試 439 小笠郡菊川町倉沢1706
 伏見 弘 中部農業改良普及 424 清水市江尻竹下町
 富美夫 林試 434 浜北市根堅2542-8
 山田 金一 静岡農試 430 静岡市北安東845

〔愛知県〕

石原 暁 東海近畿農試 470-23 知多郡武豊町
 南中根45
 稲垣 育作 愛知農総試 480-11 愛知郡長久手村岩作
 今泉 諒俊 農試豊橋経営実農 440 豊橋市飯村町

字高山
 上村 亀記 同上
 岡本 恭二 東海近畿農試 470-23 知多郡武豊町
 南中根45
 加藤 虎治 愛知農総試 480-11 愛知郡長久手村岩作
 久保 清昭 三祐コンサルタンツKK 440 名古屋市
 中区錦2-15-22
 熊田 恭一 名大農 464 名古屋市千種区不老町
 河野 宏 東海近畿農試 470-23 知多郡武豊町
 南中根45
 佐藤 雄夫 同上
 鈴木 信治 農試豊橋経営実農 440 豊橋市飯村町
 字高山
 高橋 和司 同上
 田中 宏幸 愛知農総試 480-11 愛知郡長久手村岩作
 中島田 誠 東海近畿農試 知多郡武豊町南中根45
 松崎 健 名大農 464 名古屋市千種区不老町
 松本 猛 農試豊橋経営実農 440 豊橋市飯村町
 字高山
 水之江政輝 東海近畿農試 470-23 知多郡武豊町
 南中根45
 森 健治郎 愛知農試 446 安城市池浦町境目1
 森山 真明 日本肥料 475 愛知県半田市港町3-10
 湯村 義男 東海近畿農試 446 農試知多郡武豊町3-1
 南中根45

〔岐阜県〕

宇都宮正治 岐阜大農 504 各務原市那加門前町3-1
 加納 利博 岐阜県美濃市上河和1114 加納正夫方
 小林 一 岐阜大農 各務原市那加門前町3-1
 長沢 陽一 岐阜農林高校 501-04 本巣郡北方町150
 古田 力 岐阜大農 504 各務原市那加門前町3-1

〔三重県〕

伊佐 務 三重大農 514 津市上浜町1515
 石崎 博一 三重農試 510-02 鈴鹿市江島町6
 位田藤久太郎 三重大農 514 津市上浜町1515
 市川 真祐 同上
 木谷 奎 同上
 北岸 確三 同上
 小中 俊雄 同上
 白井 清恒 同上
 徳永 美治 東海近畿農試 514-01 津市一身田大古曾
 戸田 敏一 三重農試 510-02 鈴鹿市江島町6
 中西 昂 同上
 長田 昇 同上
 西村 進 三重大農 514 津市上浜町1515
 本荘 吉男 東海近畿農試 514-01 津市一身田大古曾

松田 兼三 三重農試 510-02 鈴鹿市江島町6
 吉川 重彦 同上
 〔滋賀県〕
 川村才十二 滋賀農試 525 草津市西渋川2-8-4
 種田 行男 滋賀短大農 525 草津市西渋川2-8-4
 〔京都府〕
 海田 能宏 京大農 606 京都市左京区北白川
 川口桂三郎 同上
 川村 昇 同上
 小出 忠男 立命館大理工 603 京都市北区等技院
 北町28
 洪 隆宣 京大農 606 京都市左京区北白川
 香山 達男 京都農試 621 亀岡市余部町和久成
 田中 孝 京大農 606 京都市左京区北白川
 久馬 一剛 京大農 同上
 桜井 雄二 京大農 606 京都市左京区北白川
 十河 総 近畿農政局 602 京都市上京区西洞院通
 下長者町
 富士岡義一 京大農 606 京都市左京区北白川
 古川 久雄 同上
 丸山 利輔 同上
 森田 修二 京都府大農 606 京都市左京区下鴨半木町
 山崎 総 京大農 606 京都市左京区北白川
 〔大阪府〕
 梅田 重夫 府大農 561 堺市百舌鳥梅町4-804
 後藤 太郎 日本肥糧検大阪支 530 大阪市北区
 北扇町38 (市立工業研内)
 田坂 総 千里開発センター 560 豊中市東町
 3-6203
 手島 三二 府大農 591 堺市百舌鳥梅町4-804
 虎谷 博一 府放射線中央研 593 堺市新家町 704
 藤谷 武弘 全購連
 福桜 盛一 大阪府大農 591 堺市百舌鳥梅町4-804
 穂波 信雄 同上
 前田 正躬 神島化学KK 530 大阪市北区堂島北町20
 〔奈良県〕
 太田 頼敏 日本理水設計粉 541 大阪市東区高麗橋
 トーメンビル

〔兵庫県〕

荒木 齊 兵庫農試 673 神戸市垂水区神出町小東野
 石田 陽博 神戸大農 657 神戸市灘区六甲台町1
 今井太磨雄 兵庫農試 673 明石市北王子町365
 岡本 三郎 神戸大農 657 神戸市灘区六甲台町1
 加藤谷栄章 兵庫農試 673 明石市北王子町365
 門野 行男 同上
 株本 暉久 同上園芸 673-03 神戸市垂水区神出町小東

岸本 基男	同上	673	明石市北王子町365	権藤 昭博	広島農試	724	賀茂郡八本松町原
後藤 定年	神戸大農	657	神戸市灘区六甲台町1	西潟 高一			
小林 潤	県農林部	650	神戸市生田区下川手通5-1	野々山芳夫	中国農試	720	福山市東深津町
砂野 正	兵庫農試	673	明石市北王子町365	橋本 武	広島農短大	724	賀茂郡西条町
田中 平義	県農林部	650	神戸市生田区下山手通5-1	吉沢 孝之	中国農試	720	福山市東深津町
中橋 勇作	兵庫農試	673	明石市北王子町365		〔山口 県〕		
東 順三	神戸大農	657	神戸市灘区六甲台町1	坂上 行雄	山口農試	747-13	山口市大字大内御堀
二見 敬三	兵庫農試	673	明石市北王子町365	佐々木恭輔	山口農試大島柑橋分場	742-28	大島郡橋町安下庄安高
前窪 伸雄	K. G. U.	グリーン研	665 宝塚市	中井 久	同上		
山西 清蔵	肥料新聞	662	西宮市甲子園3-321		〔香川 県〕		
	〔鳥 取 県〕			安藤 奨	香川農試	761-11	高松市仙生山町百相
有田 昌雄	鳥取農試	680	鳥取市吉成605	氏家 勉	四国農試	765	善通寺市生野町
今井 富蔵	鳥取大農	680	鳥取市湖山町1-1	梅田 裕	香川大農	761-07	木田郡三木町池戸
上田 弘美	鳥取農試	680	鳥取市吉成605	川村 秋男	四国農試	765	善通寺市生野町
浦木 松寿	果樹試	689-25	東伯郡赤碕町松谷	吉良 八郎	香川大農	761-07	木田郡三木町池戸
大野 猛郎	鳥取農試	680	鳥取市吉成605	久保田収治	四国農試	765	善通寺市生野町
小谷 佳人	鳥取大農	680	鳥取市湖山町1-1	古賀 汎	同上	765	善通寺市仙遊町
後藤 恒夫	鳥取農試	680	鳥取市吉成605	鈴木 新一	四国農試	765	善通寺市生野町
清水 寿美	同上			田地野直哉	香川大農	761-07	木田郡三木町池戸
鈴木 正佳	同上			高橋 和夫	四国農試	765	善通寺市生野町
高田 秀夫	鳥取大農	680	鳥取市湖山町1-1	千葉 智	同上		
楯岡 良介	同上	680	鳥取市材木町311	福田 清	香川大農	761-07	木田郡三木町池戸
長 智男	鳥取大農	680	湖山町1-1	松田 松二	同上		
西尾 一雄	鳥取農試	680	鳥取市吉成605	山崎 清功	四国蚕試	765	善通寺市生野町
矢野 友久	鳥取大農	680	鳥取市湖山町1-1		〔愛 媛 県〕		
山根 義敏	県庁	680	鳥取市東町1-220	安部 健夫	愛媛県蚕試		大洲市中村258
	〔島 根 県〕			栗原 肇	愛媛農試	790	松山市道後町2-4
田辺 一	島根大農	690	松江市西川津町1060	丹原 一寛	同上		
中尾 清治	同上			中村 忠春	愛媛大農	790	松山市樽見町118
西川 省三	島根県農試種芸科	693	出雲市塩治町	船田 周	同上		
福島 晨	島根大農	690	松江市西川津町1060	松山 良三	愛媛県農林部	790	松山市一番町4
村上 英行	島根農試	693	出雲市塩治町1940		〔高 知 県〕		
	〔岡 山 県〕			井上輝一郎	林業試四国支場	780	高知市朝倉行宮の森
遠藤 俊三	岡山大農	700-91	岡山市津島	岩川 孝	果樹試	780	高知市朝倉北城山271
大森 正	岡山農試	709-08	山陽町神田	上杉 郁夫	農林技研	781-21	吾川郡伊那町波川
喜田村俊明	岡山たばこ試	713	倉敷市玉島柏島5250	梅原 久稔	同上		
小橋 英夫	岡山大農	700-91	岡山市津島	上久保政時	781-52	高知県香美郡野市町東野	
塚本 吉郎	岡山農試	700	岡山市学南町3-2-46	小嶋 和雄	高知大農	783	南国市物部2200
長堀 金造	岡山大農	700-91	岡山市津島	近藤 博幸	農林技研	781-21	吾川郡伊那町波川
西村 功	同上			下野園 正	林業試四国支場	780	高知市朝倉行宮の森
米田 茂男	同上			土居 栄城	高知大農	783	南国市物部2200
	〔広 島 県〕			徳橋 伸	農林技研	781-21	吾川郡伊那町波川
池宗勝三郎	広島農試	724	賀茂郡西篠柴町	西村 完爾	同上		
上野 義規	中国農試	720	福山市東深津町	橋田 茂和	県農業技術課	780	高知市丸ノ内5
遠藤 融郎	広島果樹試	729-24	豊田郡安芸津町三津	橋本 博好	果樹試	780	高知市朝倉北城山271
大山 信雄	中国農試	720	福山市東深津町				

堀川 幸也 高知大農 783 南国市物部2200
 松村 茂 農林技研 781-21 吾川郡伊那町波川
 柳井 利夫 同上
 山本 公昭 同上
 横田 志郎 林業試四国支場 780 高知市朝倉行宮の森

〔福岡県〕

有村 玄洋 九州農試 833 筑後市大字和泉496
 井上 喬二郎 同上
 茨木 和典 同上
 鬼鞍 豊 同上
 川崎 弘 同上
 菅野 一郎 同上
 甲本 達也 九大農学部 812 福岡市箱崎町
 後藤 重義 九州農試 833 筑後市大字和泉496
 田辺 邦美 九大農 812 福岡市箱崎町
 徳留 昭一 九州農試 833 筑後市大字和泉496
 鳥巢 諒 九大農学部 812 福岡市箱崎町
 島中 洋 園芸試 814 福岡市大字柏原571
 福永 良一 福岡農試 818 筑紫郡筑紫野町上古賀232
 藤川 武信 九大農 812 福岡市箱崎町
 本田 親史 九州農試 833 筑後市大字和泉594
 松井 幹夫 福岡農試 818 筑紫郡筑紫野町上古賀232
 宮本 征一 九大農 812 福岡市箱崎町
 吉田 勲 同上

〔佐賀県〕

生島 芳雄 佐賀大農 840 佐賀市本庄町1
 岩切 徹 果樹試 845 小城郡小城町寺浦
 岡 晃 農土試佐賀支場 840-01 佐賀市高木瀬町
 下高木
 黒田 正治 佐賀大農 840 佐賀市本庄町1
 小柳 芳郎 佐賀農試 840-23 佐賀郡川副町南里
 中原美智男 果樹試 845 小城郡小城町寺浦
 永石 義隆 農土試佐賀支場 840-01 佐賀市高木瀬町
 下高木
 肥後 隆明 佐賀大農 840 佐賀市本庄町1
 松尾 憲一 佐賀農試 840-23 佐賀郡川副町南里
 欠野 綱之 佐賀大農 840 佐賀市本庄町1
 山下 恒雄 農土試佐賀支場 840-01 佐賀市高木瀬町
 下高木

〔長崎県〕

井田 勝美 農林センター 854 諫早市貝津町
 市来小太郎 農林センター果樹 856-01 大村市原口郷
 小野 末太 農林センター 854 諫早市貝津町
 工藤 洋一 同上
 五島 一成 同上
 高木 睦夫 同上

西村 利幸 同上
 矢島 邦康 農林センター果樹 856-01 大村市原口郷
 欠野 文夫 農林センター 854 諫早市貝津町

〔熊本県〕

上村 親士 熊本蚕試 861-01 鹿本郡植木
 北島 知 九州農試 861-11 菊地郡西合志町須屋
 古閑 孝彦 果樹試 861-53 飽託郡河内芳野村大字
 船津847-1
 近野 薫 熊本農試 861-41 熊本市上の郷町林501
 橋元 秀教 九州農試 861-11 菊地郡西合志町須屋
 早坂 猛 蚕試 861-01 熊本県鹿本郡植木
 平方 康夫 県庁 862 熊本市出水町今915
 村上 義春 同上

〔大分県〕

大村 林平 農業技術センター 872-01 宇佐市北宇佐65
 清末 哲男 同上
 高田 勝重 同上
 林 勝美 同上 979-71 大野郡三重町大字赤嶺
 2355-1

〔宮崎県〕

吉浦 昭二 同上
 河野 満雄 総合農試 880-02 宮崎郡佐土原町大字
 下那珂5851
 岩下 徹 同上
 岡田 芳一 宮崎大農 880 宮崎市船塚町100
 栗野 博夫 総合農試 880-02 宮崎郡佐土原町大字
 下那珂5851
 小林 嵩 南九州大 884 児湯郡高鍋町ひばりヶ丘
 昆 忠男 九州農試畑作 885 都城市横市6644
 鈴木喜代志 総合農試 880-02 宮崎郡佐土原町大字
 下那珂5851

田川 一郎 同上
 中村 信夫 同上
 長倉 重達 同上
 野中仙三郎 同上
 八藤 昭 同上
 福川 利玄 同上
 福本 勇 同上
 藤浪 明 同上
 細山田健三 宮崎大農 880 宮崎市船塚町100
 牧 慧 総合農試 880-02 宮崎郡佐土原町大字
 下那珂5851
 増田 治策 九州農試畑作 885 都城市横市6644
 松行 輝夫 総合農試 880-02 宮崎郡佐土原町大字
 下那珂5851
 村岡 鹿次 九州農政局 都城市姫城町4-4

吉岡 孝雄 宮崎大農 同上
 吉田 栄一 県庁 880 宮崎市桶通り東2-10-1
 和田 稔 総合農試 880-02 宮崎郡佐土原町大字
 下那珂5851

〔鹿 児 島 県〕

宇田川義夫 鹿児島農試 891-01 鹿児島市上福元町
 5500
 市来 征勝 茶試 897-03 川辺郡知覧町永里
 上原 洋一 鹿児島農試 891-01 鹿児島市上福元町
 5500
 小原 秀雄 同上
 北山登喜男 農試鹿屋支場 893 鹿屋市寿町
 草水 崇 同上
 桜井 俊武 県庁農政部 892 鹿児島市山下町
 品川 昭夫 鹿児島大農 890 鹿児島市上荒田1946
 難波 直彦 同上
 野口 純隆 農試鹿屋支 893 鹿屋市寿町
 福田 幸雄 西之表農業改良普及所 891-31 西之表市
 西之表
 藤島 哲男 鹿児島農試 891-01 鹿児島市上福元町
 5500
 穂原 関雄 同上
 前原 三利 茶試枕崎支 898 枕崎市東鹿籠14155
 松下研二郎 鹿児島農試 891-01 鹿児島市上福元町
 5500
 宮内 信文 鹿児島大農 890 鹿児島市上荒田町1946
 吉田 徳重 茶試 897-03 川辺郡知覧町永里

〔沖 縄〕

安次富信光 琉球農試 那覇市首里崎町4-222
 翁長 謙良 琉大農 那覇市首里
 鎖西 忠成 同上

〔外国会員〕

楊 秀青 中華民国 台湾糖業試験場 中華民国
 台湾省雲林県
 薛 鎮江 " " 台南市
 李 文炎 " " 台中市
 加納 利博 アジア開発銀行 Makati Comn. Center,
 Makati, Rigal, Phippiones.

団 体 会 員

氏 名 郵便番号及所在地

〔北 海 道〕

開発局土木試図書室 062 札幌市平岸無番地
 農林省北海道農試図書室 062 札幌市羊ヶ丘1
 北大農農業機械学教室 札幌市北9条西9丁目
 北海道電力株式会社技術研究所
 札幌市大通東1丁目

〔関 東〕

宇都宮たばこ試験場 329-05 下都賀郡桑絹町大字出井
 埼玉農試化学部 360 熊谷市大字久保島1372
 農事試資料科 365 鴻巣市大字鴻巣T227
 //土肥第一研 同上
 農機研調査資料 330 大宮市日進町1-40-2
 東大農学部図書館 113 文京区弥生町1-1-1
 東大農学部農芸化学科土壌学研究室 同上
 日本道路公団試験所 194-01 町田市山崎町1789
 日本書籍輸出株式会社 文京区春日町2-26-11
 三宗株式会社 105 港区芝浜松町2-27

〔中 部〕

県農総試図書室 480-11 愛知県長久手村岩作
 東海近畿農試畑作部 470-23 知多郡武豊町南中根45

〔近 畿〕

滋賀県草津県事務所 525 草津市大路2-3-50

〔中 国〕

鳥取大図書館 680 鳥取市湖山町1-1
 山陽バルブKK総合研 740 岩国市飯田町2-8-1

〔四 国〕

香川農試府中分場図書室 762 坂出市府中町
 四国農試会計 765 善通寺市仙遊町
 愛媛大農土壌研 790 松山市樽見町118
 高知大付属図書館 高知市朝倉1000

〔九 州〕

九大農産機械工学研 812 福岡市箱崎町九大農学部
 林業試験場九州支場 熊本市黒髪町下立田547
 宮崎大生協 書籍部 880 宮崎市船塚町100
 宮崎大図書館農学部分館 同上
 たばこ試 891-01 鹿児島市上福元町

45年4月以降入会者※

村田 公夫 東京農工大 183 府中市幸町3-5-8
 渡辺 兼五 同上
 阪田 展次 積水化学 618 大阪府三島郡島本町広瀬
 武藤 勲 宮崎大 880 宮崎市船塚町100
 蔦上 久 大阪府大農 591 堺市百舌鳥梅町
 上田 和夫 同上
 瀬戸 降一 岐大農 504 各務原市那加
 寺島 恵利 同上
 野村 憲二 同上

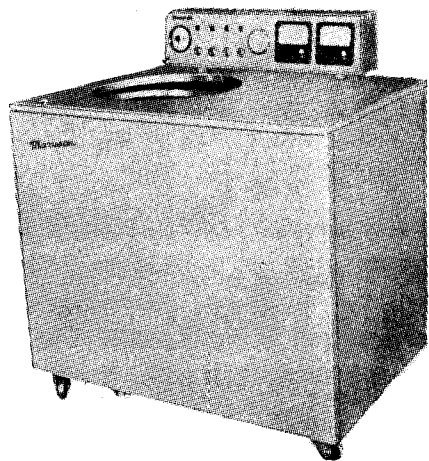
相馬 恒一 宇都宮大農 320 宇都宮市峰町350
 岡 太郎 京大防災研 611 宇治市五ヶ庄
 佐藤 寛 農土試 254 平塚市中原1519
 渋谷勤治郎 同上

※規定により昭和45年の評議員選挙の資格がありませんので御了承下さい。

PF水分測定用遠心機 (冷却式万能型)

MODEL 50B-C.F.S-2R

100cc.土壤採取筒×4ヶ掛, PF2.0~4.2



特 長

1. 自然原土のまま測定できます。
2. RF値2.0~4.2まで測定できます。
3. 水平に回転しますので、コンパクションの状況を正確に測定できます。
4. 冷却装置付にて温度制御ができます。

仕 様

- 最高回転数 10,000 r.p.m.
(ローターHB-Rで)
- 冷 凍 機 750W全密閉空冷式
- モーター出力 1,500VA空冷式



株 式 会 社 佐 久 間 製 作 所

本社工場/東京都大田区南大郷3-16-27 Tel (733)9751代
 出張所/札幌/神田/名古屋/大阪/福岡

[会 務 報 告]

(1) 評 議 員 会

4月2日 東京農大

〔出席〕美園会長、国分、山沢、木下、横井、湯村、寺沢、岩田、各評議員、三好編集監事、粕淵会計幹事

1. 事務局幹事の交代について

編集幹事本村悟氏のタイふ任にともない農技研仲谷紀男氏に編集幹事をやっていただくことを承認

2. 会誌について

①No.22 シンポジウム特集号

②No.23 海外にいかれた方々に、海外の土壌物理問題を中心にした論文、報告を書いていただく。

3. 長期滞納会員の取り扱いについて

4. 第12回研究討論会について

5. 評議員選挙について

6. 会員の加入促進について

(2) 事 務 局 会 議

月 日 農技研

〔出席〕美園、横井、岩田、足立、粕淵、

1. 会誌21号の編集進捗状況

2. シンポジウムの報告者について

(3) 選 挙 管 理 委 員 会

4月28日 農技研

1. 評議員選挙について

8月15日 投票用紙発送

9月15日 メ切

[編 集 後 記]

私達編集幹事が送り出す3冊目をやっと編集し終った。シンポジウム特集号は講演して下さった講師の方々から自然に原稿が集ってできるはずであるが、それなりにいろいろ難しい問題もあることがわかった本号でも残念ながら中川氏の分は要旨をのせざるえなかった。その点幹事の不行届をお詫びする次第である。

お願いをすれば喜んで執筆して下さる会員も多いが、さりとて自分から投稿して下さる会員はどうしても限られている。本誌の充実のためには何より広く会員の投稿によらねばならない。その制限因子のようなこととして、オリジナリティの問題が、すでに御承知のように、本研究会としてはこれに対し前向きで、執筆者に御迷惑のかわらないよう処置できることにし(参照No. 20. p. 27)評議員会および総会で了承されている。したがって気楽に投稿して頂けるわけで、会員諸兄弟の活発な投稿を願っている。

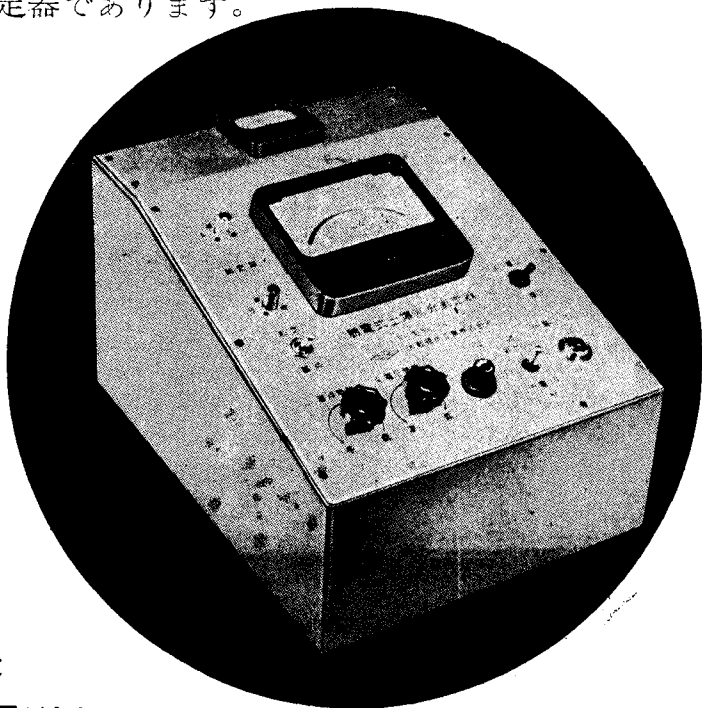
(仲谷、前川、横井)

農業技術に革新をもたらす

DIK誘電式土壤水分測定器

PATENT. p. 386877

本器は、在来の電気抵抗式、もしくは抵抗値を含めた静電容量式の水分計と全く異なり高周波誘電率のみによる土壤水分測定器で在来の水分計では得られなかったいろいろの特長をもつ全く新しい土壤水分測定器であります。



特 徴

- (1) 測定範囲が大きい
あらゆる土壌に対して、飽和～風乾に至る間の水分変化が的確に測定出来る。
- (2) 水分測定値が直線的である
 μA で表示される水分測定値は、圃場状態の実用的範囲において殆んど直線である。
- (3) 即応的である
埋没した感体は、直接土壌の誘電率を測定するので、測定時の水分をそのまま表示し時間的な遅れは全然ない。
- (4) 再現性がある
測定に当って、土壌には何の物理化学的変化も与えないで、連続的にくり返し測定ができ、同時にその再現性が十分に保証されている。

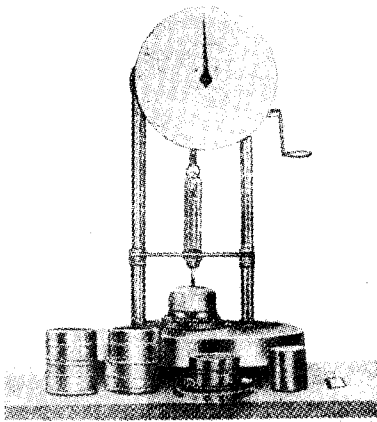


大起理化工業株式会社

東京都荒川区町屋2丁目16～2
TEL 東京 (802) 2 1 9 1 代表

土壤学の権威山中金次郎博士の御指導に依る

各種土質測定器



(山中式土壤粘着力(付着力)測定器)

山中式土壤粘着力(付着力)測定器
山中式加圧透水性測定器 A 型
山中式透水係数測定装置 B 型
油圧式土壤固結力測定器
山中式土壤硬度計 A 型 B 型(平型) C 型(小型)
山中式容積重測定器
山中式現地容積重測定器
山中式最大含水量測定器
山中式ピペット分析装置
山中式凝集力測定器
其他土壤測定に関する諸機械器具設計製造



(山中式土壤硬度計)



製造発売元

株式会社

山村製作所

本社工場 東京都世田谷区奥沢7丁目40番9号(〒158)
電話(03) 701-2334・7535
大井工場 東京都品川区南大井4-3-10(〒140)
電話(03) 761-2032(代表)

自記マノメーター

硝子ゲージ管の水柱又は水銀柱の高さを
自動的に自記します。

主要製品

土壤溶液採取装置(リチャード型)
精密自記蒸発計
簡易自記水位計
自記蒸発散位計
森式風向風速自画器
農業用微気象測定器各種
その他各種測定器設計製作

主な納入先

農業技術研究所・東海近畿農業試験場
関東東山農業試験場・九州農業試験場
各地農業試験場・各大学農学部

東京都世田ヶ谷区五用賀町1-22

合資会社 ウイジン工業社

代表社員 森 武保
技術士

電話 (03)0531

堆肥不足に

テンポロン[®]

タバコ・蔬菜の苗床の土作りに
果樹園の土壤を若返らせ、樹勢を快復させる地力の素

メモ
テンポロンの主成分は熟成堆肥の成分である
フミン酸カルシウムを85% (完熟堆肥の約20
倍の濃度) を含んでいます。
したがって最近の堆肥不足をおぎなうために
最も適した化学堆肥です。

代表製法特許 日本第240330号

(類似品に御注意下さい)

発売元



製造元

三菱商事株式会社

本社/東京・丸の内 電(211)0211(代表)

天北化学株式会社

本社/東京・神田 工場/北海道・幌延

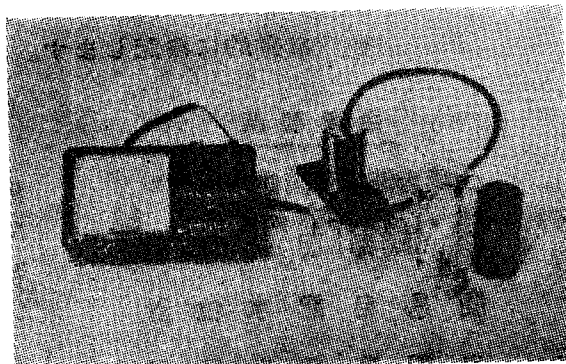
電話東京(252)4304

理研式酸度計

PHメーター

農産加工用、醸造用、
土壌調査用、酪農用、

簡易騒音計
疲労度検査器
ルクスメーター
各種科学計器



携帯用ケース付 ¥25,000

理研科学測定器研究所

東京都足立区伊興町前沼1254

電話 (899) 4874

農林省登録腐植酸肥料

フミン酸肥料懇話会

会員メーカー（ABC順）

アツミン

日本重化学工業株式会社

東京都中央区日本橋小網町2-14(洋糖ビル)

フミゾール

北炭化成工業株式会社

埼玉県戸田市川岸1丁目1-20

エスコン

日本水素工業株式会社

東京都千代田区有楽町1-10(三信ビル)

テルナイト

帝石テルナイト工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷1-31



土壤の物理性 第22号

(会 員 配 布)

1970年8月25日 発行

発 行 土 壤 物 理 研 究 会

東京都北区西ヶ原2-1-7 (〒114)

農業技術研究所土壤物理研究室内

電話 東京 (915) 0161

振替口座 東京 17794