

Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan

土 壌 の 物 理 性

第 9 号

昭和38年10月

みかんと土壌の物理性	中 間 和 光	1
桑栽培と土壌の物理性	早 坂 猛	6
土壌温度と作物の生育	山 田 一 郎 森 脇 勉	14
	長谷川 浩	
地象環境の改善について	中 原 孫 吉	23
水田における大型機械の走行能と土壌硬度相について	長 崎 明	30
大型トラクターの踏圧が畑土壌の物理性と作物の生育におよぼす影響	長 崎 明 三 熊 政 昭	38
	高 橋 伸 寿	

土 壌 物 理 研 究 会

京都市左京区北白川 京都大学農学部土壌学研究室内

土壤物理研究会会則

「土壤の物理性」投稿規定

- 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及び賛助会員の2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 300円
賛助会員 1口年額 5,000円
- 第6条 本会に次の役員をおく。
- 会長1名、副会長1名、評議員若干名及び幹事若干名。役員は総会において行ない、その任期は1年とする。但し再任をきまたげない。
- 第7条 会長は毎年1回以上総会並びに評議員会を召集する。
- 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。
- 附 本会の事務局は当分の間下記におく(昭和37年6月現在)
- 京都市左京区北白川
京都大学農学部土壤学研究室内

(1) 投稿は本会会員に限る。ただし共著者の場合または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(刷上り4頁)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・綜説〕 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。

發送年月日	受付年月日	
種別	原稿枚数	
表題	図表数	図 枚表 枚
著者名	写真数	葉
所属	別刷	30部+ 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あてのこと

京都市左京区北白川 京都大学農学部内

土壤物理研究会編集委員会

みかんと土壤の物理性

中間和光

(静岡県柑橘試験場)

1. はしがり

みかんが農業の成長部門として時代の光をあびだしたのは最近のことである。今迄は土壤肥料の研究はこの方面には殆んどなく、巾広い土壤肥料問題全般が今尚全然未開拓であるという現状である。筆者も今迄主として肥料試験を担当してきたので「みかんと土壤の物理性」等専門外のことを書く自信は一向にないので、門外漢のピントはずれの問題提起になることを先ず恐れ、最初にお断りしておきたい。

1年生作物は単位期間に急激な成長をするが、永年作物は非常に緩慢である。換言すれば1年生作物は物理的、化学的に殆んど零とみなされる種子から出発し、ほぼ半年内に数十倍以上もの養分を吸収し、重量も飛躍的に大きくなり1世代を終るが、これに比べ永年作物は成長が緩慢であるというだけではなく、試験開始時に選ぶ供試樹の樹令によっては、樹体内に過去に蓄積された既存養分は可なり量になるので、試験差を出す為には相当数の個体と年月を必要とする不便さがある。このような事情で果樹の試験は進歩が遅く、甚だ初歩的な段階を出ない。筆者の専門の肥料試験でも三要素の施肥量についても見当がつかず、数年前には磷酸無用論が話題となった程である。

一方柑橘業界は増殖ブームであり、又企業農業として時代の流れを敏感に反映し前進をつづけているが、従来不適地と考えられていた平地や低湿地まで柑橘園化されている現状である。このような状況下で、業界の要望と試験研究のテンポの不一致に悩み乍ら歩みつづけているというのが吾々みかんの試験にたずさわるものの姿である。

以上のようなバックグラウンドを理解していただいて、あえて提起する本問題について御教示、御指導をお願いしたい。

2. みかん栽培に要求される土壤条件

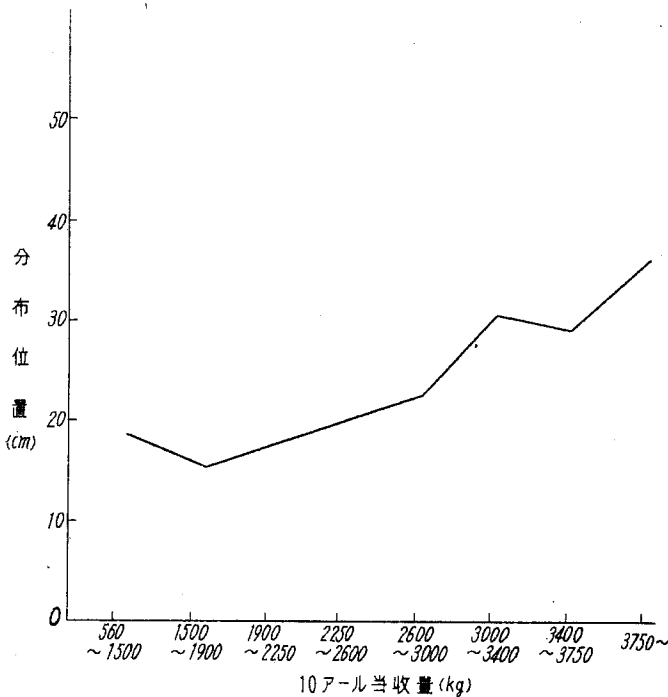
温州みかんは寒さに弱いので経済的北限は一応神奈川県とされているが、ここより北に温州みかんがないわけではないが集団産地としては少ない。静岡県のように北限に近い処では、産地は海岸線からほぼ4km以内に限られ、しかも山腹の傾斜地に栽培されている。傾斜地栽培は冷気流が停滞しないという気象的な理由だけではなく、土壤的にも排水が良く容気量が高いということで意義深いものである。昔からみかんは瘠土がよいといわれてきたが、非毛管孔隙が発達し透水性が良く、容気量も多い土が良いということの意味している言葉である。重粘な土壤はみかん栽培には必ずしも好適でなく、筆者等の測定でも三相分布が固相40~50%、液相20~25%、気相30%位が好適のようである。この値は勿論深さによっても異なり、深層になるにつれ気相の割合が高い方が根が深くまで分布して好ましい。

このような土壤条件は一面化学性の貧弱さを示すもので、温州みかんの施肥量が多いことが相俟って、土壤は酸性が強く、要素欠乏もはげしい。

3. みかんの根の深さと収量

みかんの根（実は砧木の根であるが）は湿度には特に弱い、乾燥にも十分注意しなければならない。草生栽培は土壌侵蝕防止の意味でリンゴ園でとりあげられてきたが、其の後、草による土壌改良効果のあることも判明したので、労働力の不足によりみかん園でも広く普及するようになった。草生栽培の功罪は種々論ぜられているが、重粘土では効果が高く、砂土、礫土、火山灰土では却ってマイナスのことも多い。草種についても暖地の柑橘地帯では特定の草種に限定するという事は困難で、雑草栽培、無中耕というのが現在の草生栽培の姿である。成木、老木園では草を生やすことは実質的に困難であるが、草生栽培の無中耕の気風だけが残り、これ等の園でも中耕をする人が殆んどない。みかんの肥料は農家が伝統的に有機質肥料を好む為現在も有機配合率50~60%（重量比）のものを施用しているが、前記の事情でこの肥料は所謂「ふりっぱなし」で土と混合されることがない。年間殆んど鋤を入れることがないので根は浅くなり、肥料の濃度障害、乾燥、寒害を非常にうけやすくなっている。中耕が根の深さ、土壌、みかんの植生に及ぼす影響については殆んど研究がないようである。

みかんの根の深さと収量は相関関係が高く、根の深い処は収量も多く隔年結果も少ないが、浅い処は逆に隔年結果がはげしく、収量も少なく、要素欠乏も多い。吾々が農家の圃場82点について調査した成績から根の深さが収量に及ぼす関係を図示すると第1図のようになる。



第1図 10アール当収量と細根の最高分布位置

根が深いということは、土壤の化学的欠点を土の深さ、量で補うということと、地温の安定することによって、養・水分の十分な吸収が行なわれること等の利点があるように思われる。水稻の場合篤農家と駄農との収量の開きが倍になることは殆んどないが、みかんの場合所謂全国公認記録とでもいうべきものには10,000Kg/10aのものもあるし、一流栽培家で3,000~4,000Kg/10a、県や市町村の平均をとると400~500Kg/10aになる。これは勿論樹令という因子が大きく働いている為であるが、いずれにせよ収量は個人変動が大きい。まだまだ技術的に大きな因子が解明されていない為であろうが、その一つは土壤の物理性と根の深さにあることは経験的にも間違いないことのように思われる。

根の深さを変えるには砧木の研究も必要である。砧木の種類と養分吸収能には差があり、要素欠乏の出方や、果実の品質は可成り左右される。米国ではこれを根のC.E.C.の方向から研究を始めている。

4. 深耕とみかん栽培

静岡県では三方ヶ原を中心としてみかんの増植が盛んに行なわれているが、開墾盛期には十数台のブルドーザーが動き、山容が変化し一月も見ないと方角を誤ることすらあった。このような急速な変化は国有林の払いさげと、ブルドーザーによる開園が与つたものであるが、その後のみかんの發育にもブルドーザー開園地はすばらしい成績を示した。元来みかんには作土というものはあまり必要でないようで、ブルドーザーによる土層の反転で土壤を膨軟にするだけで十分なようである。中には石灰、熔燐等を入れ反転した人もあるようであったが、末だ著しい差は見られない。ブルドーザー開墾と人力開墾の柑橘苗木の生育調査結果を当該西遠分場で行なつたものがあるので第1、2表にまとめた。

ブルドーザー開墾、人力開墾の成育調査（山岡・竹田・秋津）

第1表 地上部の生育量

区別	部位別	重量 (gr)	比率 (%)	葉数 (枚)	幹囲 (cm)
ブル ドー ザー 区	主幹	23.9	12.6		3.2
	1年生枝	17.0	8.9		
	春枝	14.7	7.7		
	旧葉	36.6	19.3	65.8	
	新葉	98.0	51.5	166.8	
	計	190.2	100.	232.6	
人 力 区	主幹	14.2	20.2		2.2
	1年生枝	8.8	12.5		
	春枝	4.3	6.1		
	旧葉	18.0	25.6	21.6	
	新葉	25.1	35.6	54.2	
	計	70.4	100.	75.8	

第2表 地下部の生育量

区 別		根 の 直 径			
		5mm以上	2~5mm	2mm以下	計
ブルト ーザ ー区	重 量 gr	37.1	11.5	77.5	126.1
	比 率 %	29.4	9.1	61.5	100.0
人 力 区	重 量 gr	29.8	8.4	33.4	71.6
	比 率 %	41.6	11.7	46.7	100.0

この調査は1年生石川温州を植つけ後13カ月経過したものにつき5本ずつ解体し調査したものである。この結果によるとブルトーザー開墾区は地上部も成育がすぐれているが、地下部に於いて顕著に差がみられる。

ブルトーザー開墾はこのようにすぐれた成績を示したが、問題が全然無いわけではない。その一つは三方ヶ原台地の中央で開墾した場合等は、排水不良の為折角伸長した根も雨期には枯込み障害を来たした場合がある。このような場合は現地では空井戸を掘りそこに集水することで解決しようとしている。又機械力による土壤の物理的改善がどの位の年月維持されるものであるかという疑問も存在する。これは土性その他によつて勿論相違することは予想されるが、初期成育の良さばかりを見て手放しで喜ぶのは早計だという意見もある。

永年作物は開園時の深耕、土壤改良は可能であるが、定植後は根群付近又はそれ以下の土層の改善は実行不可能で、数十年以上の間表土に鉄を入れるだけのことしか出来ない。機械開墾以前は定植時に植穴を掘り、その中に粗大有機物等をつめ、定植後はその外縁に沿つたタコツボと呼ばれる直径30~60cm位の穴を1m位の深さに掘り、次第に範囲を拡張し全園に及ぶというような部分深耕法が推奨された。しかし重粘土で排水不良の処にタコツボを掘り粗大有機物を填充するということは、有機物の還元分解を起し根を傷めることが多い。このような場合は排水溝を兼ねたザンゴ式が用いられた。これ等の方法は戦後の荒廃した柑橘園の再興には大いに力を発揮したが、現在では労働事情からふりかえる人もない。

タコツボと殆んど時期が同じ頃から、ダイナマイトの深耕法と呼ばれる土壤改良法が実施されているが、筆者は未だ十分調査していないので省略させて置く。

5. 水田転換柑橘園化と土壤問題

みかんの栽培適地が主産地には殆んど存在しないということで、最近はお作とみかんへの転作が盛んである。お作の最もよい例は清水市庵原の6部落が浜松の三方ヶ原周辺に各々10ha以上の共同園場を設けし通勤と、とまり込みの2方法で併せ運営している。旧産地では茶園、水田の柑橘園化が並行して進められているが、水田転換の場合は色々の問題点がある。

水田園地化が可能であるというムードが形成された理由は色々あろうが、最近暖冬が続いたこと、み

かんの苗木は水田でつくられること等が主なものであろう。確かに今日でも水田にみかんを植えたもので数十年の樹令に達しているものもあるが、経済作物としてはみかんが水稻より有利なことは昔も今も変わらないことであるから、水田跡地にみかんが植えらるならかなりの水田転換みかん園が今日尚あつてよい筈である。

水田をみかん園化した場合の障害因子は色々考えられるが、第一は根の伸長が悪く浅いことではないかと思う。たまたま水田は冷気が停滞し易いので、根の障害と相俟って寒害を受け易く枯死したり、十分な成育をしないことが多いと考えられる。

次に考えられることは養・水分の吸収のアンバランスの問題が考えられる。水田にみかんを植えた場合、結果樹令に達すると殆んどの木が樹勢が急速に落ちてくるし、隔年結果もし易い。これは結果樹令に達すると加里が特に必要になるが、水田園地化の場合のように単粒土壌で容気量の少ない土壌条件では、加里の吸収が他要素の吸収より阻害され易いのではあるまいか。みかんの苗木は林木の苗木と違って窒素を効かせるような状態で育てるので、苗木の育成や、幼木時代には水田跡地でも一向差支えないが結果樹令に至つて初めて明らかな差が出るのではないだろうか。筆者はこの線に副った考え方で実験をすすめて水田問題を解析したいと考えている。

水田を園地化する場合傾斜地同様機械深耕がとり入れられている。筆者等は機械深耕した水田園地化圃場を供試し、時期別の pH , Eh , 水分の変化を調査したが、排水溝からの距離により Eh , 水分は殆んど変化をうけない。時期的な Eh の変化は非常に大きく、特に初年度の夏季はその低下がはげしく 100 mv 付近迄低下した。土層別による Eh の変化はあまり大きいことはない。みかんの植生に及ぼす影響も平行して調査中であつたが極東寒波により全部枯死し成果を得られなかった。

以上のことから水田を機械開墾した場合は、定植期を先ず再検討する必要があるのではないだろうかと考える。機械開墾の方法の検討及び是非、排水溝の設計等まだまだ考えさせられる問題が山積しているように思われた。

6. 結 び

みかんは結果樹令に達し収支相償う迄には少なくとも十年は必要であるとし、台風程度の災害でも回復には二・三年を要することは珍らしくない。大災害では十年に一度又は二十年に一度のものでも産業としての基礎をくつがえすことが十分出来るのである。吾々はこのような天災に対して十分対処出来るような立地条件を規定し、肥培管理を計画しなければならない。過去数十年間の風雪に耐え園地として残つた処をみると、気象的、土壌的にすぐれた処以外は何物でもない。土壌的にすぐれた処とは、化学的なものではなく、物理性の面で深層迄容気量が多く、根の深い処である。

構造改善事業による水田園地化が計画され、土地改良事業も実施されているが、柑橘園に適合するような排水溝其他の設計基準は必ずしもないようである。近年地力保全事業で樹園地の土壌調査が全国的に開始されたが、この方面からも次第に生産性と土の関係に近い将来解明されることと思われる。

桑栽培と土壤の物理性

早坂 猛

(蚕糸試験場中部支場)

I はじめに

桑栽培をささえる土台としての土壤について、土壤学という角度から研究が発展するようになったのは、比較的新らしいことである。戦前にそのような研究が無かったということだけでなく、桑園土壤についての研究業績の主体が、質・量ともに、戦後のものによっているという意味においてである。

桑園土壤の研究の中で特におこなわれているものの一つが、土壤の物理性に関する分野である。勿論、他の作物分野におけると同様、桑栽培についても、土壤改良の必要は早くから着目されていた。そして、土壤改良という考え方の中に、物理性という角度から見た改良ということも、その一部として含まれていたにちがいない。しかし、実際に現れたことは、土壤の管理手段と桑の収量ということが直線的に結びついて評価される場合が多かった。特に収量以前の段階において、土壤の物理性という尺度を用いて多面的に解析し、評価しようとする手続は手薄であった。このようなことから、桑栽培と土壤の物理性という立場に立つて問題を拾うということになると、すべてその緒に着いたばかりで、行く処問題ならざるはなし、というのが実情と思う。

すでに明らかにされた桑根生理や、桑園土壤の物理性に関する研究の中から、出来るだけ多くのものを紹介し、また、今後に残されている問題点をあげて御参考に供したい。

II 桑の根と土壤

1) 土壤空気：土壤空気と桑の生育については、その根系について数多くの研究業績を残された高木氏の研究¹⁾をまずあげることができる。氏によると、ポット栽培した桑について、積極的に通気をおこなえば収量を増し、逆に土壤表面を特殊パラフィンで封じ、通気を断つと、収量を著しく減じたということである。

大島氏²⁾は更に土壤空気についての研究を発展させた。すなわち、氏は桑実生をポット栽培したものに、 O_2 濃度それぞれ1、2、3、5、10、20%の空気を土壤中に送る試験を実施した。その結果、地下部の生育、特に新根の発生と生長に必要な土壤空気中の O_2 濃度の最低限度は2%であり、さらに地上部が正常な生育をとげるためには、少くとも5%以上の O_2 濃度を必要とすることを見出した。また、別に桑の発根に関し、必要な条件を検討した結果、土壤空気中の CO_2 濃度が30%を越えると、他の条件が整っていたとしても発根しないことを明らかにした。

土壤空気の問題には、地下水との関係も考慮に入れなければならない。藤井氏ら³⁾は、ポット栽培の桑について、根系と地下水の関係を試験したが、水を毎日更新した区においても、水中にまで根を張ることはなかったと報告した。

また、高木氏は著書⁴⁾の中で地下水位の高低と根圏について、興味ある成績を示している(第1表)。

第1表 地下水位と根の分布

調査者	桑品種	樹令	地下水位	全根系 獲得面積	垂直分布 の深さ
高木	改良風返	10年	1.24 m	11.30 m ²	2.94 m
高木	改良風返	10	1.6	3.67	0.80
後藤	島の内	10	0.5	2.33	0.63

これらの研究の結果では、桑という作物が深根性であるという点も考え合わせて、土壌の透水・通気が良好で、下層土まで好氣的であることが生育を良くするために必要な条件と考えられる。

2) 土壌水分：最近、桑の水分生理の研究が各方面で進められている。その中で根に関するものとして、河野氏らの研究⁵⁾がある。氏らは、根組織片を浸透圧の異なる $N_3H_2PO_4$ 溶液に一定時間浸漬し、その重量の増減と溶液の浸透価から根の吸水圧を推定し9~12気圧としている。これはPF換算4.0~4.1に相当し、他の植物における永久萎凋点PF 4.2にくらべてやや小さい。

また、大山氏ら⁶⁾は、圃場含水量22~23%、萎凋点水分9%の砂壤土を用いて、ガラス・ポットに植えた桑苗の生長と土壌水分との関係を観察した。その結果、有効水分の30%が失なわれれば根の生長が急におとろえ、さらに、その50%以上が失なわれると、地上部と根の生長は殆んど停止すると報告している。

これらの研究から、桑の根が吸収できる水の限度は、およそPF 4.1である。しかし、実際に桑が生育するために土壌中から吸収利用できる水は、理論上の有効水分〔圃場含水量(PF 2.7)一萎凋点水分(PF 3.9)〕そのものではなく、その約半分と考えるべきであることが明らかにされたわけである。これは、有効水分についての最近の概念と一致している。

3) 土性・土壌構造：土性と桑の生産性との関連については、早くから注目されていた。

高木氏の著書⁴⁾の中に川瀬氏らの成績が引用されているが、壤土>砂土>礫土の順に収量が劣るということである。

また、森下氏⁷⁾は深さ120cmの無底ポットを用い、下層土の礫含量と桑収量の関係について試験をおこなった。この場合、深さ40cmまで壤土、40cm以下は礫含量を異にする壤土を用いているが、下層土の礫含量が増すと収量が低くなると報告した。

藤井氏ら⁵⁾はポットを用い、壤土と粘土の連続した人工的土壌断面をつくり、桑栽培をおこなったが、壤土の下に粘土がある場合、粘土中の根の発育が非常に劣ることを観察した。

森氏も、根圏土壌についての論文⁸⁾の中で、山形県下の桑園土壌2点を例に引いて、土壌三相中の固相の割合が大きくなると、根系の発達が悪くすることを示した。さらに、根系の発達と通気性との関連から、通気性を決定するのは孔隙量よりも、むしろ孔隙の状態であるが、これらについては、あまり研究が進んでいない点を指摘した。

また、小山氏ら⁹⁾は多収穫桑園と低収穫桑園各2例の調査をおこない、それらの理化学性を比較した結果、多収穫桑園は耕土深く、孔隙に富み、耐水性団粒が多く、根系の分布が大であったと報告した。

以上の諸研究から、埴質の土壌は根系の分布をきまたげるので、耕土層の下に埴土層があるような圃

場は生産性が劣るものと予想される。また反対に、砂礫質に過ぎても収量はあがらないと考えられる。これらの点について、土壌の物理性の面からさらに解析を進めるとすれば、森氏の指摘のごとく、透水、通気性および保水力を規定する孔隙の質と量についての吟味が、一つの重要なポイントであろうと思われる。

Ⅲ 今後の問題点

1) 立ちおくれの問題点：

i) 灌漑： 早ばつのひどい年に灌漑をおこなつて桑の増収を見たという試験例は、すでにいくつか出されている。しかし、土壌物理の面からの考察はなされていない。

このことについて、土壌物理の面から考察を進めるとすれば、土性や母材の差による要水量の査定、灌漑による土壌構造の劣化の有無、また、若し構造の劣化が起るとすれば、その程度と防止法などの問題を今後取上げなければならないと思われる。

ii) 土壌侵蝕の防止： 峰島氏¹⁰⁾ は土壌侵蝕防止について、畦の方向と収量との関係を、種々の面から検討している。

また、石田氏¹¹⁾ は桑園と普通畑との土壌侵蝕の差、および侵蝕防止法を検討している。しかし、これらの報告で扱われていることは、管理方法と土壌の流亡および収量との関係についてであり、土壌の物理面での考察を欠いている。たとえば、石田氏は厩肥の施用が侵蝕防止に有効であり、敷草はさらに顕著な効果を示したとしているが、いかなる機作で侵蝕が防がれるに至ったかという過程について、土壌物理の面から成績を示す必要があったと思う。敷草による雨滴の衝撃緩和、透水性の改良、孔隙の質・量における変化あるいは水中における土壌粒子の分散性の問題などが侵蝕防止効果を裏付ける成績として検討されるべきであろう。しかし、これらはいずれも今後の課題として残されている。昨今のすう勢として、桑園が平地から山地へ追い上げられつつあるので、この意味からも、研究の重要性は増している。

2) 土壌の管理と改良： 桑園土壌の管理・改良を目的として、敷草・草生で畦間土壌表面を被覆するという試みは全国的に検討されてきた。この場合、単に土壌を改良するというにとどまらず、被覆物により雑草の発生を抑え、かつ耕耘の手間を省くという、管理面での利得が大きな魅力となっている。これらの方法を収量との関連で評価した成績は多く出されているが、土壌改良の効果にまで立ち入って検討した報告は比較的少ない。

伊藤氏ら¹²⁾ は、敷わら・緑肥作用・草生が土壌の理化学性におよぼす効果を検討したが、敷わら区では大孔隙を増し、中程度(0.50~0.25mm)の団粒が多かったことを認め、また草生区はこれに次ぐ効果があったとしている。

小山氏ら¹³⁾ は草生法が土壌団粒の生成に効果があることおよび酸性土壌では、団粒の発達がおそいことを報告した。

一方、矢木氏ら¹⁴⁾ は、草生法が植壤土の透水性を改良したと報告した。

収量についての評価を含めて、これらの土壌管理の報告に関しては、敷わら・敷草法が草生法にまさる効果を持っているように考えられる。しかし、敷わら・敷草においては、その資材の確保・搬入に難点がある。こうした点を考慮に入れた場合、これらの優劣を論ずるには、未検討の分野が多く残されて

いるように思う。土壌物理面に限っただけでも、保水力、透水性、孔隙の質と量、水中における土壌粒子の分散性等、管理効果や生産性に関する諸条件にどのような影響をおよぼすか比較検討し、判断の材料となる成績をつみ上げなければならないと思う。

また、最近の動向として、桑園への機械力導入が見られるようになってきた。桑園においては、畦間・株間が永年固定したまま管理されるため、畦間が機械の重圧を受けることになる。したがって、そのことによる土壌構造の変化と復元性の調査、あるいは構造破壊の防止対策についても、今後研究されねばならぬ問題である。

3) 地力の評価： 桑園土壌の生産性評価の指標として、従来研究されてきた方法の主体は、化学分析によるものであって、物理的測定による方法は手薄であった。

このような点を考慮して、今後、地力を評価する指標の中に土壌の物理性に関するものを積極的に加えてゆく努力が必要と思う。

手近かな例を引くならば、化学分析値は乾土 100g 当りの数字で表示されているが、この方法では物理性を反映することはできない。この場合、基準を原土 100ml におくならば、固相のつまり工合や礫含量の差異などの物理的特性を含めた、圃場の実態に即した化学成分含量の評価が可能となるであろう。

この点について検討をすゝめるため、圃場誤差の問題を調べたが、結果は第 2 表のとおりであった。これは火山灰土壌 2 例について、供試圃場（桑園の 4 隅と中央の 5 地点）から、畦間中央の表土（深さ 5~10cm）を採取し、原土 100ml 中の細土量を調査した結果である。

第 2 表 同一圃場における原土 100ml 中の細土量

地名	地質・母材	原土 100ml 中の細土量 (g)					平均
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	
北佐久郡 軽井沢町	火山灰	53.6	42.8	53.0	52.1	58.7	52.0
同 御代田町	火山灰	72.4	84.5	72.6	86.8	87.8	80.8

この誤差は土壌の堆積状態や、礫の不規則な混入によつて引起されたものと思われる。著者としては、この、やや大きすぎる圃場誤差をどう取扱うべきか、結論は今後の研究にまきたいと思う。

次に、同一土壌の化学分析値を、原土 100ml 基準で示した場合と、乾土 100g 当りの数字で示した場合の比較例を第 3 表として御参考に供する。この表では長野県内の土壌から、地質・母材を異にするもの 3 例を選んで比較をおこなった。

表中、 $H^+ + Ca^{++} + Mg^{++} m.e.$ の項は、これら土壌の塩基置換容量の測定をおこなっていないので、その近似値として提出したものである。火山灰土壌を KCl で浸出した場合、 H^+ の置換に問題があるとは考えるが、大略の見当をつけるには差支えないと思う。なお、 H^+ の算出は $3y_1$ としておこなつた。

この結果から、非火山灰土壌については、容積基準・重量基準による数字の差があまり表れないが、火山灰土壌は 2 つの表示法による数字の差が、圃場誤差をはるかに越える程大きい。このことから、なお、容積基準による表示法について検討を重ねる価値があるように思われる。

第3表 土壤中成分の重量基準と容量基準による比較

原土 100ml当り
() 内は乾土100g当り

地名	地質母材	層位	y ₁	N-KCl可溶		C %	N %	N-KCl可溶 H ⁺ +Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ m.e	透水性
				Cao%	Mgo%				
北安曇郡美麻村	第三紀層	I層	23 (22)	0.397 (0.385)	0.094 (0.091)	1.64 (1.59)	0.22 (0.21)	19.5 (18.1)	5.6
		II層	4.7 (3.9)	0.533 (0.438)	0.198 (0.163)	0.51 (0.42)	0.09 (0.08)	29.6 (24.3)	0.5
		III層	4.7 (3.9)	0.460 (0.381)	0.221 (0.188)	0.43 (0.36)	0.06 (0.05)	28.8 (23.8)	1.5
埴科郡松代町	沖積層	I層	0.3 (0.4)	0.369 (0.416)	0.057 (0.064)	1.58 (1.78)	0.16 (0.19)	16.1 (18.2)	-
		II層	0.3 (0.3)	0.337 (0.370)	0.088 (0.097)	1.19 (1.31)	0.13 (0.15)	16.5 (18.1)	-
		III層	0.1 (0.2)	0.327 (0.364)	0.092 (0.102)	1.11 (1.24)	0.11 (0.12)	16.3 (18.0)	-
北佐久郡軽井沢町	火山灰	I層	0.3 (0.7)	0.090 (0.186)	0.009 (0.018)	2.41 (4.98)	0.17 (0.36)	3.8 (7.7)	23.2
		II層	0.3 (0.7)	0.083 (0.196)	0.009 (0.021)	3.40 (8.03)	0.23 (0.55)	3.5 (8.2)	13.5
		III層	0.1 (0.2)	0.057 (0.108)	0.009 (0.017)	1.93 (3.65)	0.17 (0.31)	2.6 (4.8)	5.8

注 透水性の測定は大起理化製の装置を用いた。

計算は $K = \frac{Ql}{Aht}$ 但し、Q：流量 (cm³) , l：試験の厚さ (cm)
A：試料の断面積 (cm²) , h：水位差 (cm)
t：時間 (sec)

によった。

地力の評価に関して、さらに著者が興味を持っている一つの問題は、透水性と養分流亡との関係についてである。常識的にそれらは互に矛盾すると考えられる。その例として、第3表の最後の項に透水性の測定結果をあげておいた。この項とH⁺+Ca⁺⁺+Mg⁺⁺m.eの項とから、火山灰土壌は透水性は良好であるが、塩基置換容量が非常に小さいと考えられる。

桑園土壌の大半が火山灰土壌・沖積層土壌によって占められている実態から、桑栽培に対して物理的には好適であるが、養分の保持力は弱いという土壌が広く分布するものと想定される。そこで透水性と養分保持力との矛盾を埋め合わせるための管理手段について、土壌の水分特性や孔隙の解析など、物理的尺度で実証してゆくことは興味もあり、また、重要な仕事と思う。

4) 紋羽病と土壌環境： 紋羽病は、土壌中に生棲する白または紫紋羽病菌によって、作物の根が

侵され、枯死するに至る病気である。桑の場合、白・紫紋羽病の両方発生するが、これらの病気について、桑の分野における環境調査の仕事に先鞭をつけ、その基礎をつくったのは、岡部光波氏¹⁵⁾である。

氏は環境調査の中で、土壌の物理性に関する項目として、土壌の三相分布を測定している。その結果、沖積地帯では比較的水分の多い土壌に白紋羽病が発生し、また、火山灰土壌では、いわゆる軽鬆土で、土壌水分の欠乏が予想される桑園に紫紋羽病が多かったと報じている。

この病気の研究については、その後農林水産技術会議の主宰する協同研究のテーマとして取上げられるに至り、著者も土壌の面からこの研究に協力している。この問題はまた、土壌微生物と土壌環境という新しい分野に連なるものとして興味深い。

著者が紫紋羽発生桑園について、その物理性を測定した結果は、第4表a, bに示すごとくであった。

第4表 a 紫紋羽病発生地の層位別透水性

()内は層位の深さ (cm)

単位 $\times 10^{-3} \text{ cm/sec.}$

地名	地母	質材	病勢	透水性			
				I 層	II 層	III 層	IV 層
東筑摩郡本郷村	第三紀層		激甚	9.1 (0~8)	17.2 (~38)	5.8 (38~)	—
南安曇郡堀金村	沖積層		※ 緩慢	3.9 (0~16)	3.6 (~39)	3.3 (39~)	—
小県郡青木村	第三紀層 火山灰	混	※ 緩慢	19.4 (0~17)	16.6 (~53)	11.5 (53~)	—
北佐久郡御代田町	火山灰		緩慢	8.9 (0~26)	14.7 (~60)	10.2 (~91)	5.1 (91~)
北佐久郡軽井沢町	火山灰		激甚	23.2 (0~28)	13.5 (~80)	5.8 (~100)	17.5 (100~)

※ 白・紫紋羽病混合発生

第4表 b 紫紋羽病発生地の層位別粗孔隙 (PF 0~1.5)

()内は層位の深さ (cm)

単位 Vol %

地名	粗孔隙			
	I 層	II 層	III 層	IV 層
東筑摩郡本郷村	31.7 (0~8)	31.8 (~38)	30.6 (38~)	—
南安曇郡堀金村	19.0 (0~16)	22.4 (~38)	25.7 (39~)	—
小県郡青木村	33.4 (0~17)	22.8 (~53)	30.0 (53~)	—
北佐久郡御代田町	33.4 (0~26)	30.6 (~60)	25.2 (~91)	28.1 (91~)
同 軽井沢町	39.1 (0~28)	33.8 (~80)	28.7 (~100)	35.9 (100~)

今のところ、紫紋羽病と土壌の物理性との関係では、下層土まで透水性が良好であるということが、紫紋羽病発生地に共通した特徴としてあげられるにすぎない。しかも、このことは病勢の強弱とは無関係らしく思われる。

白紋羽病については、土壌の物理性と罹病形態との関係¹⁶⁾について、若干の成績が得られている。その中から最も代表的な成績2例を要約して、第5表 a, b, c に掲げる。

なお透水性の成績では、第3, 4, 5表中の軽井沢、佐久のものが重複しているが、考察の便宜上、そのように取扱ったことを御諒承いただきたい。

第5表 a 土壌の深さと根の白紋羽病罹病との関係

単位 号

地名	地質 母材	根 重量	1層(0~20cm)			2層(20~40cm)			3層(40~60cm)				
			生	根	枯死根	合計	生	根	枯死根	合計	生	根	枯死根
佐久市 岩村田	火山灰 沖積	1068	54	433	487	66	390	456	0	125	125		
北安曇郡 美麻村	第三紀層	1761	1066	29	1095	629	37	666	-	-	-		

第5表 b 層別粗孔隙量 (PF 0~1.5)

() 内は層位の深さ (cm)

単位 Vol %

地名	粗 孔 隙 量				
	I 層	II 層	III 層	IV 層	V 層
佐久市 岩村田	31.7 (0~16)	32.4 (~32)	32.2 (~51)	33.4 (~96)	43.1 (96~)
北安曇郡 美麻村	36.6 (0~11)	17.1 (~30)	17.1 (30~)	—	—

第5表 c 層別透水性

() 内は層位の深さ (cm)

単位 $\times 10^{-3}$ cm/sec

地名	透 水 性				
	I 層	II 層	III 層	IV 層	V 層
佐久市 岩村田	9.9 (0~16)	13.5 (~32)	10.6 (~51)	6.0 (~96)	64.2 (96~)
北安曇郡 美麻村	5.6 (0~11)	0.5 (~30)	1.5 (30~)	—	—

5表 a, は桑株の罹病形態を示したもので、一つは、病原菌が上層・下層の根系をほぼ一様に侵している深根型(佐久市)、他の一つは、主として上層の根系が侵され、病原菌の下層における分布が著しく少ない浅根型(美麻村)の二つの型が見られる。

この罹病形態と土壌の孔隙量および透水性の関係を示したのが、5表b, cである。

深根型圃場では、上層と下層における粗孔隙量 (PF 0~1.5) の差異はみとめられない。ところが浅根型の圃場では、上層に比較して下層の粗孔隙量は著しく少ない。また、深根型の圃場では、上層と下層における透水性の差異は僅少であるが、浅根型ではその差が大きく、下層で著しく低下している。それ故、上記2型の発生と、土壌の通気性との間には密接な関係がみられる。

このような土壌微生物の分布と、土壌の物理性との関係については、今後も広範囲に研究しなければならない問題であろう。

また、さらにすすんでは、薬剤による本病の防除効果と土壌の物理性との関係を究明することも将来に残された問題であろう。

IV む す び

われわれの扱う土壌は、桑という、ただ一種の作物を栽培する土壌に限定されている。したがって、桑の生理や、生産性と切りはなして土壌を研究したのでは意味をなさない。著者が取扱った問題も、すべてそこから出発しており、また、他方では、著者の力不足、経験不足も相伴って、土壌物理の問題点について特徴的なものを捉え、深く掘り下げることができなかった。その点、土壌物理を専攻されている方々から見れば、甚だ物足りないものに終わったことと思う。

最後に、こうした勉強の機会を与えて下さった方々、また原稿の御校閲をいただいた方々に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 1) 高木一三：日本蚕糸学雑誌 (以下日蚕雑と略す) (18) 6~14 (1949)
- 2) 大島利通：岩手県蚕試報告 第2号 28~53 (1957)
- 3) 藤井音松ほか2名：日蚕雑 (9) 312 (1938)
- 4) 高木一三：栽桑学 243~263 日本学術振興会刊
- 5) 河野 清ほか1名：日蚕雑 (26) 207 (1957) 講演要旨
- 6) 大山勝夫ほか1名：日蚕雑 (29) 240 (1960) 講演要旨
- 7) 森下勇治：愛知県蚕試 昭和30年度試験成績概要 38~40
- 8) 森 信行：蚕糸界報 63 (744) 10~15 (1954)
- 9) 小山総夫ほか1名：日蚕雑 (27) 152 (1958) 講演要旨
- 10) 峰島義平：蚕糸界報 63 (739) 16~19 (1954)
- 11) 石田 靖：蚕糸界報 63 (744) 23~30 (1954)
- 12) 伊東正夫ほか2名：日蚕雑 (26) 209 (1957) 講演要旨
- 13) 小山総夫ほか1名：愛知県蚕試 昭和31年度試験成績概要 20~25
- 14) 矢木 博ほか2名：日蚕雑 (32) 159 (1963) 講演要旨
- 15) 岡部光波：群馬県蚕試報告
(30) 1~10, 11~19 (1954)
(31) 1~18, 19~28, 29~36, 37~48 (1956)
群馬要報 (39) 54~57 (1958)
(42) 23~26 (1959)
- 16) 糸井節美ほか4名：蚕糸試験場報告投稿中。

土壌温度と作物の生育

山田 一郎・森脇 勉・長谷川 浩

(京都大学農学部作物学研究室)

太陽から副射された熱エネルギーの大部分は土壌に吸収され土壌の温度を上昇させている。土壌に吸収された熱の一部は地下に伝わり、また一部は接地気温を高めている。土壌温度は同じ副射条件の下でも土壌の色・構造・水分含量・傾斜の方向・角度・植生などにより変化する。したがって土壌温度は耕耘・畦立・灌がい・マルチングなど耕種技術的にある程度制御可能である。一方土壌温度はこれから述べるように、作物の生育に対し独立的に、あるいはまた気温と関連して強く作用するものであるから土壌温度のもつ農学的な意義はきわめて大きい。

さて、作物が土壌温度の影響を直接受ける部位は根部、および莖基部であり、とくにイネ科作物のように栄養生長期に生長点が莖基部内に含まれている作物では、生長点の分化発達に土壌温度の強い影響を受ける。

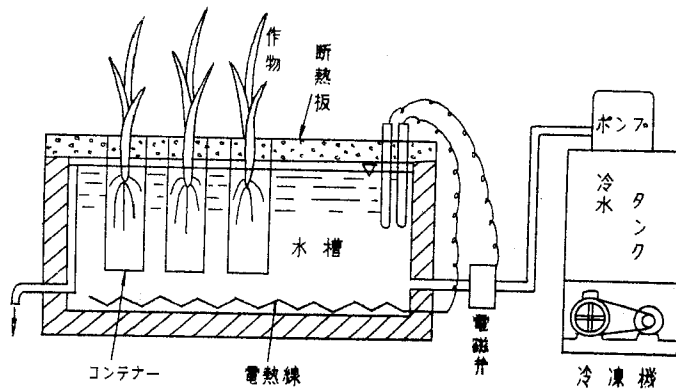
われわれの研究室では1957年以来、土壌温度が作物の各種形質におよぼす影響、その生理機構、また作物全体を一つの循環系であるとする考え方から、気温と土壌温度の作物生育におよぼす相互補償的な効果を究明し、あわせて農学的立場から、土壌温度の制御による生産性向上の問題に検討を加えている。以下実験装置、および研究結果の概要を述べたいと思う。

なお、ここに土壌温度というのは作土、すなわち地表面下約15cmまでの作物の根が最も多く分布している地積における温度を指しており、従来慣例的に地温、地下部温度、根部温度、根圏温度などと使われていた言葉の概念規定をおこなった。

I 実験装置

小型土壌恒温水槽 (第1図)

この装置はガラス室内に設置し、水耕、または土耕実験用に設計されている。断熱的に構造された水槽は内法長さ45cm、巾35cm、深さ20cmで、その底部に100Wの電熱線を配し、所定温度まで加温できるようにし、冷凍機で作られた冷水(5°~10°C)を電磁弁を介して自動的に注入できるようにしてある。

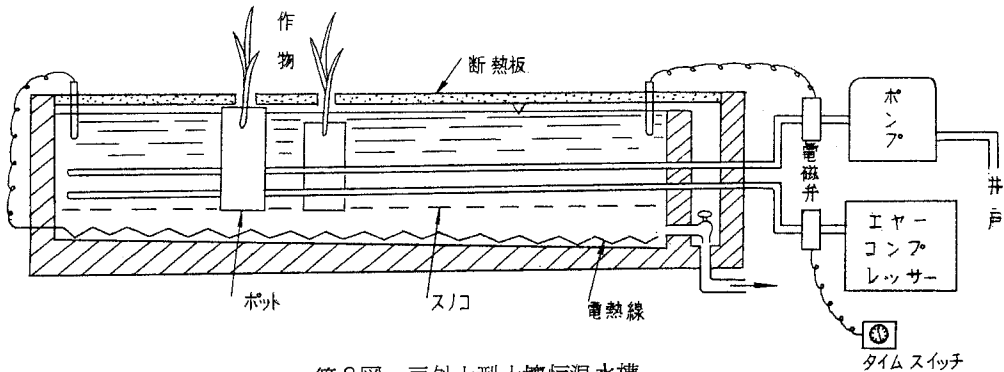


第1図 小型土壌恒温水槽

温度の調節範囲は $10^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{C}$ で、精度は $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ である。作物栽培用のコンテナは縦 33cm 、横 5cm 、深さ 13cm のホロー鉄器製で、コンテナの上縁は水耕、および畑作の場合は水面上に、水稲の土耕では水面下に位置する。水槽の上面は全面にわたって厚さ 2.5cm のスチロール系合成樹脂断熱板で覆われており、作物はこれにあげた穴をとおし生育させる。なお1台の水槽は6個のコンテナを収容できる。

戸外大型土壌恒温水槽（第2図）

この装置は戸外における土耕、または水耕実験の目的で作られたものである。水槽は内法長さ 320cm 、巾 90cm 、深さ 45cm のコンクリート製で、大部分は地中にあつて、地上には 5cm 現われているにすぎない。水槽の底面近くに 500W の温床用電熱線を $1\sim 3$ 本配し、所定水温に上昇させ、一方、井戸水（夏季 17° 、冬季 12°C ）を電磁弁を介して自動的に注入して水温の上昇を抑えている。またコンプレッサーを用いて圧縮空気を 15 分間隔で水槽底部のパイプに送り、気泡として放出させ水を攪拌し、水槽内の温度の均整化に効果をあげている。



第2図 戸外大型土壌恒温水槽

水槽の上面は厚さ 6mm の耐水ベニヤ板に厚さ 2.5cm のスチロール系合成樹脂板を接着した断熱板で覆われている。水温は夏期 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 、冬期 $5^{\circ}\sim 15^{\circ}\text{C}$ の範囲内で調節可能であり、精度は $\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ である。作物栽培用コンテナは土耕用では直径 15cm 、または 25cm 、深さ 30cm のホロー鉄器製ポットで、水耕用には特殊なコンテナを考案使用している。コンテナに栽培され水槽に浸漬された作物は水槽上面の断熱板にあげられた穴をとおして生育する

II 出葉速度（生長速度）

水稲の主稈出葉速度は片山⁽¹⁾によると移植期、苗代日数、栽植密度、施肥量などの差異によつては殆んど影響をうけないとされているが、植木⁽²⁾は掛流し灌がいによって、また木村⁽³⁾は早期移植によつて出葉速度の低下することを報告し、出葉速度は環境の影響をうけることを示している。

この出葉速度を生産的な立場からみると、その意義はきわめて大きい。すなわち出葉速度が大であれば、分けつ発現の時期が早まり、かつ分けつ発現の場が増加するため、分けつ数が増加することは片山⁽¹⁾

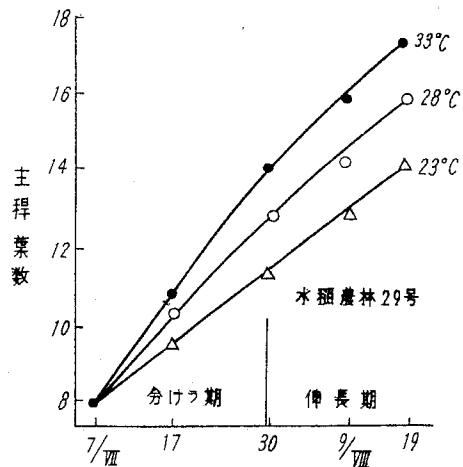
の同伸葉の理論から明らかであり、また早期に出現した分けつほど有効化しやすいことが知られているので、生育初期における出葉の遅速は結局穂数の確保に関係することになる。

また、これまで作物の生長速度を示すのに乾物重や草丈の増加率が用いられているが、前者は肥大生長の、後者は伸長生長の増加率を示すにすぎない。これに反して出葉速度は器官形成の速度、すなわち作物の生長にとって最も重要な光合成の場である葉の増加率を示すものであるから、作物の生長速度を表わすにはより適当なものと考えられる。

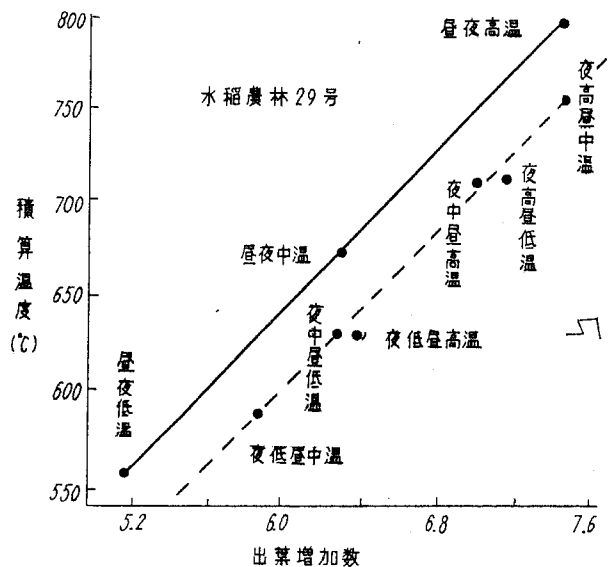
そこで土壌温度は水稻の出葉速度にどのような影響をおよぼすか、いいかえると、水稻の生長速度に如何なる影響を与えているかその一事例を示したのが第3図である⁽⁴⁾ すなわち23°、28°、33°の温度区間では土壌温度が高くなるに

したがい出葉は促進されており、出葉速度の区間差の認められるのは分けつ期であり、とくにその前半期において著しいことが認められる。なお、トモロコシ(23°、28°、33°)、コムギ⁽⁵⁾(6°、11°)、エンバク(5°、15°)についても、水稻の場合と同様、高温で出葉は促進し、促進程度は生育初期において大であることが認められ、土壌温度がこれら作物の生長速度に強く影響することが判明した。

このような出葉速度の土壌温度に対する敏感な反応は根部、および莖基部の受ける熱量に比例するであろうことが予想されたので、この点を詳細に検討する目的で水稻幼植物を用いて土壌温度を1日の内それぞれ0、2、5、8時間33°の高温条件下におき、他の時間は23°の低温条件に処理してみた。また昼夜の土壌温度を23°、28°、33°の間で、種々に組合せ処理したところ、(第4図)出葉は根部や莖基部がうけた熱量(積算温度)が大となるのに比例して増加することが判った。ただ同一積算温度の場合に恒温区と変温区を比較すると、変温の効果が認められ、出葉がやゝ増加して



第3図 土壌温度と出葉速度



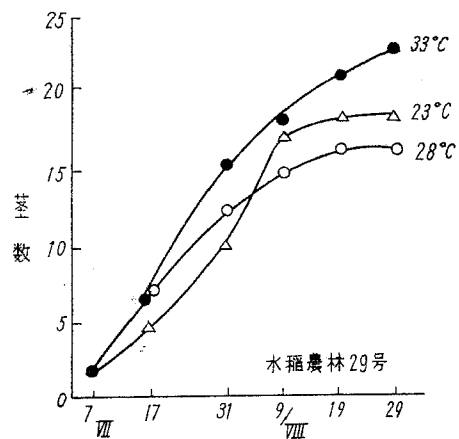
第4図 土壌温度の昼夜変温と出葉

いる。これは高温区では一日中の最低温度は低い、最高温度の高いことが葉の分化発達に好影響を与え、かつその効果が累積されてたものと考えられる。

つぎに水稻の湛水栽培では土壤中に根部および莖基部がまた灌がい水中に葉鞘部がおかれている。これらの部位をそれぞれ独立的に温度処理できる装置を考案し、それぞれの部位の出葉速度におよぼす温度効果を検したところ⁽⁴⁾莖基部のそれが最も大きく、根部はこれより僅かに劣り葉鞘部は影響力が微弱なことが認められた。莖基部の温度効果の最も大なることは生長点があるため土壤温度が直接に生長点の細胞の分裂活性、ならびに葉始原体の伸長に影響したためと考えられる。また土壤温度は根部においては養水分の吸収、移行、根における蛋白合成などに、葉鞘部では主として物質転流に対する影響を通して、それぞれ栄養的な面から出葉に関与しているものと考えられる。

Ⅲ 生育と収量

分けつ：出葉が早まれば分けつの発現が早まり、分けつ数が増加するであろうことは前述のごとくであるが、水稻を用いた実験の結果をみると（第5図）、予測どおり土壤温度が高く、出葉速度の早い区ほど分けつの発現が早く、莖数の増加速度が大となっている。またコムギ⁽⁵⁾やエンバクについても全く同様の事実が認められた。なお水稻については一般に挿秧後20日間の気温が高い年次ほど最高分けつ期の莖数が多く、かつ坪当たり穂数の多いことが知られており、作況予想の上に応用されているが⁽⁶⁾気温の高い場合には当然土壤温度も上昇するので、生育初期の高土壤温度が出葉を促進し、分けつの増加を結果したものと考えられる。



第5図 土壤温度と莖数増加

なお、中温（28℃）区においては比較的早期に分けつ数の増加が停止しているのが、伸長期の稈を組織化学的に調べたところ、中温区では莖基部の木化が最も進んでおり、これが伸長期に発生する分けつ芽を休眠させたものと思われる。

また低温（23℃）区において見られる生育後期の莖数増加については、榎本⁽⁷⁾が冷水灌がいの研究で認めている。

出穂：土壤温度が出穂期におよぼす影響の品種間差異をみたところきわめて興味ある結果が得られた。すなわち土壤温度が高まることによって出穂期の早まる程度は従来感温性が高いとされた品種群で高く、感温性の低いとされた品種群で低くなっている。幼穂形成時の生長点は土壤中に位置していることから考えて、幼穂形成に対しては気温より、むしろ土壤温度が主導的な役割を果たしているものと思われる。なおエンバクにおいても、従来感温性が高いと考えられている早生穂ほど高土壤温度による出穂促進の程度は大であった。

つぎに水稻の出穂曲線（日別出穂頻度）をみると⁽⁸⁾（第6図）、莖数の比較的小ない中温区の出穂期

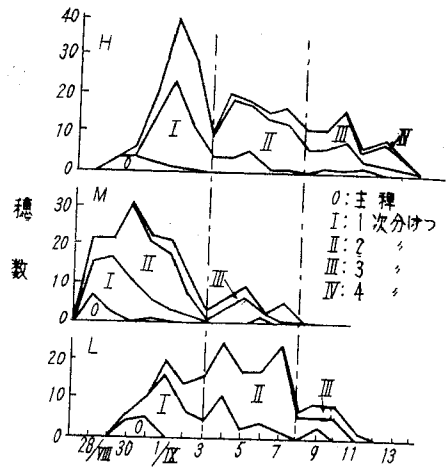
間が最も短く、高温（33℃）区は最高出穂日が遅れ、かつ高次位の分けつが長く出穂を続けている。一方低温区は最高出穂日が明瞭でなく、長期にわたりだらだらと出穂を続けている。低温区にみられるこのような現象は数多くの冷害研究、榎本(7)の冷水灌がい研究でも認められている。

以上のごとくに土壌温度が水稻の出穂におよぼす影響の第一は出穂期にみられ、これはその品種の土壌温度に対する幼穂形成感応度の差異によって現われ、第二は出穂期間にみられ、これは主として莖数増加度の差異を通して現われていることが判明した。

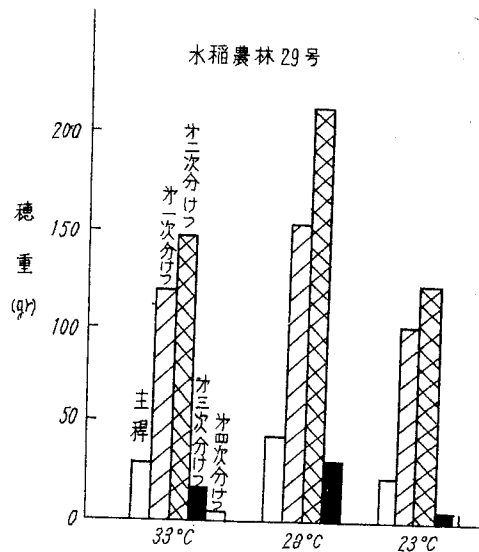
穂の一穂中における開花順序や開花期間には土壌温度の影響が全く認められないが、高温区の弱勢な穂で奇型穎花ならびに不開穎花が認められた。

収量構成要素： 高温区は栄養生長の段階では生長速度が早く、旺盛な生育を示したが、生殖生長の段階では無効莖を増加し、穂は多くても、その多くは高次位の分けつで構成され、一穂粒数少なく、稔実歩合低く、したがって一穂重劣り、結局一株穂重（第7図）を低下させ、収量的に劣る結果をもたらしている。中温区はこれに反し、分けつの切上りが良好で、無効莖少なく、一株穂数はやや少ないが、穂の多くは低次位の強勢な穂で構成されているため、穂はよく揃い、一穂粒数多く、稔実歩合高く、一穂重が著しく大なるため、一株穂重は勝っている。一方低温区は遅発分けつによる穂数の増加は認められるが、これらの殆んどは不稔であり、収量構成要素の劣化が認められた。

以上の点を総合すると実際栽培の場では初期には土壌温度の上昇によって生長の促進、莖数の確保をはかり、気温の高まる盛夏季ではむしろ土壌温度をできるだけ低下することにより過剰な栄養生長を抑制することが良策と考えられる。



第6図 出穂曲線



第7図 分けつ次別株当り穂重

IV 気温と土壤温度

気温、および土壤温度が作物の生育におよぼす独立的な効果、ならびに気温と土壤温度の補償的な効果を明らかにする目的で、つぎのような実験をおこなった。

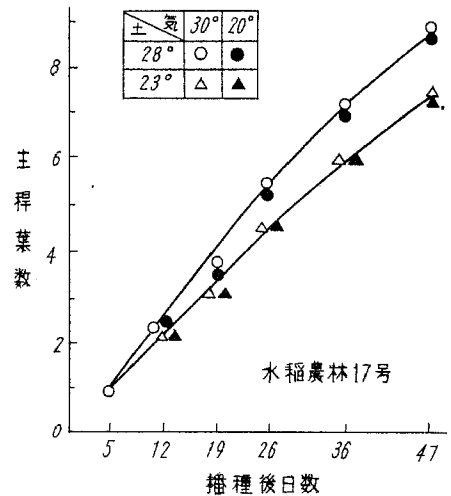
水稻を20°、および30°Cの制御温室内で、それぞれ23°、および28°Cの土壤温度区を設けてたところ⁽⁴⁾ (第8図)、出葉速度は土壤温度のみの影響をうけ、気温の効果は殆んど認められなかった。この実験で地上部生体重には高気温下では土壤温度の影響はなかったが、低気温下では土壤温度の補償的な効果が認められた。一方地下部生体重は土壤温度に支配され、気温の効果は認められなかった。

つぎに高気温による生育上の不利が土壤温度の調節によってカバーできた実験事例を述べると、水稻の晩期栽培、とくに限界移植期(8月5日頃)に移植するような場合には、感温性の高い寒地型の早生品種の使用が考えられるが、このような品種は苗代日数感応性が高く、不時出穂の危険を伴う。そこで苗代の土壤温度を低く(23°C)してみたところ⁽⁹⁾ 不時出穂が抑制され、その結果苗代日数の延長が可能となり、生育日数が増大して、増収を期待しうることが判った。

また、暖地では北方型の牧草の多くが夏季に生育衰ろえ、いわゆる夏枯現象をおこす。武田によると夏枯れは同化能力の差によるものではなく、高気温による呼吸量の増大によるとしているが、これを土壤温度の面から検討したところ、高土壤温度が根の発達を阻害し、根の生理機能を低下していることが明らかにされた。実験にはレッドクローバーを用い、6~7月(高気温)、10~11月(適気温)、11~12月(低気温)の候に、それぞれ土壤温度について30°、25°、20°C(適温)の3区を設けたところ、気温の高低に関係なく20°C区の生育は良好で、土壤温度が高くなるにしたがい生育が劣り、葉色淡く、枯上りが顕著で、根部の呼吸亢進、ならびにTTC反応の低下がみられ、夏枯れに類似した様相を呈した。したがって夏季の高気温下においても、土壤温度を何らかの方法、例えば圃場灌がいによって低下できれば、夏枯れはある程度軽減できるものと思われる。

以上2つの実験例はいずれも高気温の下で土壤温度を低下させることによって、高気温の害を軽減しえたものであるが、逆に低気温下で土壤温度を高めることによって、作物の生育を促進できることについては数多くの報告があり、われわれもコムギ、およびエンバクでそれを認めている。

これは要するに、作物の生育を総合的にみた場合には、気温と土壤温度は、お互に補償的な作用を持っており、土壤温度を調節することによってある程度まで生育を補いうるといえる。



第8図 気温と出葉速度

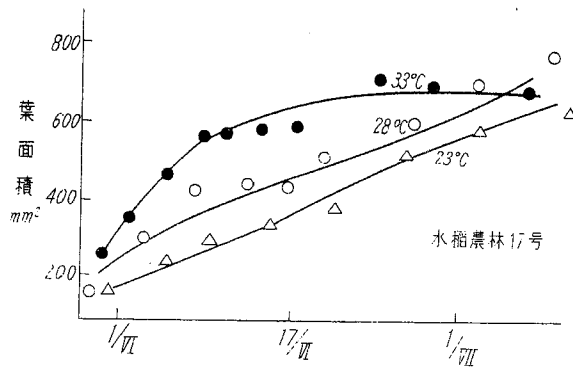
V 葉の形態と機能

水稻の出葉速度は土壤温度によって差異を生ずるが、単にそれだけにとどまらず、葉の伸長速度にも変化をおよぼしている。その結果、1日当りの葉面積の増加量は高温区ほど大となっており（第9図）、高温区でのこの急速な葉の伸長、拡大はかえって葉の実質（単位葉面積当り乾重）（第10図）を劣化させている。この葉の実質の低下には葉の厚さの減少が関与している。

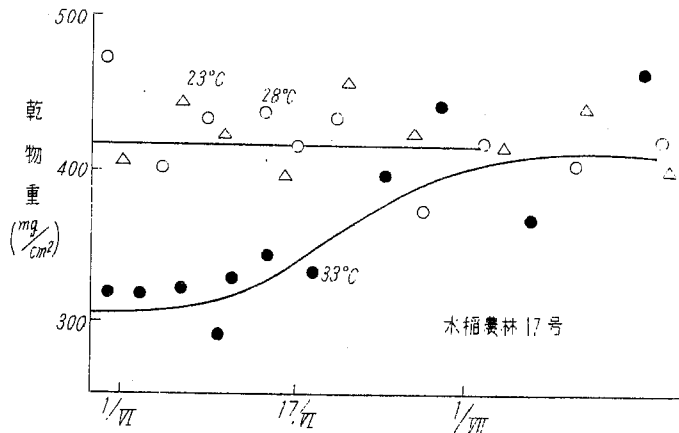
そこで、葉の細胞の大きさ、ならびに数を測定したところ、出葉速度の差の大きい時期においては、高温（33℃）区では細胞は小さいが、数が多く、低温（23℃）区では細胞は大きい、数の少くなる傾向が認められた。温度が細胞の分裂活性と密接な関係をもっていることはこれまで数多く報告されており、高土壤温度もまた生長点における細胞の分裂活性を促進しているが、個々の細胞の肥大には抑制的に作用している。これは個々の細胞の肥大生長時間が出葉間隔の短縮によって短くなったためと考えられる。

つぎに1個体当り総葉面積の増加をみると、高温区ほどまさり、施肥料の増大にもなり葉面積の増加と一見類似しているが、施肥料による場合は主として莖数の増加が関与し、土壤温度の場合は更に1莖当りの葉数の増加が加味されている。

このような葉を持つ作物体の乾物増加の推移をみると、低温区では乾物増加速度が低くなっているが、高温区と中温（28℃）区の間では大きな差異は認められない。総葉面積の大きな高温区で乾物生産がそ



第9図 出葉1日当り葉面積増加量



第10図 単位葉面積当り乾物重

れに伴っていないことをより明確にするために純同化率 (NAR) を求めたところ、生育初期ほど区間差が顕著で、低温区ほど高くなる傾向が認められた。気温と NAR の関係は作物の種類や実験の温度範囲にもよるが、研究者によって区々である。上記水稻の場合は地上部は温度的に同一条件下にあるが、高土壌温度区では葉の実質が劣り、また葉色の淡いことをあわせ考えると、葉の同化機能が劣っているものと思われる。

土壌温度と光合成機能の関係については、われわれも目下¹⁴CO₂同化室を用いて実験中であるが、Bur_r(¹⁰) がサトウキビの水耕実験で、気温は低くても根部温度の高い場合には気温の高い場合と比べ¹⁴CO₂の固定量、ならびに乾物生産に大差のないことを認めており、地上部の同化機能と土壌温度との間に何らかの関係のあることは疑いのないことである。

なお、水稻の乾物生産におよぼす土壌温度の影響力が根部と莖基部のいずれでより強いかを調べたところ、両者とも影響するが、その力は莖基部においてより大であることが判った。これは後述する³²P吸収実験から明らかのように、莖基部の温度が生長点の生理活性を変化させ、その結果、根部で吸収、同化した物質、および地上部での光合成産物の生長点への転流が影響されることによるものと考えられる。

Ⅶ 根の形態と機能

根は土壌温度の直接的な影響を強くうけるとともに、土壌の物理・化学・生物的諸条件に対する影響を介して間接的な影響をうけている。根では短期間の土壌温度の変化による影響は直接的な機能の変化にとどまるが、長期にわたる土壌温度の変化の影響は根の形態変化を結果し、形態の変化は更に機能に差異をおこさせているはずである。

いま長時間にわたって高温 (33°)、中温 (28°)、低温 (23°C) の土壌温度条件で育てられた水稻の根を調べてみると、高温区では根群の発達が悪い、すなわち一次根数は多いが、側根が少く、総根数、乾重、根長、根径ともに劣り、鉄被膜量は多く、老化が最も進んでいる。これに反し、中温区では根群の発達良好で、養分吸収の尺度とみなされる総根数、および表面積指数⁽¹¹⁾でまさり、老化も進まず、一方低温区は根長、根径ではまさり、根は白く若々しいが、機能は不活発、停滞的であった。これらの結果は Stuckey⁽¹²⁾ が高土壌温度は根の成熟を早め、分岐が盛んになる以前に老熟するが、低温下のものは長く未熟の状態にあると述べている見解とよく一致している。

つきに前歴を等しくする根の異なる土壌温度に対する機能の差異につきみると、根の吸水については Kramer⁽¹³⁾ は低温下では細胞の水の透過性の減少と、水の粘性の増加により吸水が減少し、温度の上昇にもない増加すると述べており、同様の結果は数多く報告されているが、われわれもまた水稻根について同じよう事実を認めている。

上述のように土壌温度の一時的な変化は根の生理機能に強い影響を与えるが、長期にわたる場合には根の形態にも影響をおよぼし、それに伴ない機能に変化を与えている。

なお、Zhurb tzky と Shtrausberg⁽¹⁴⁾ は種々の作物を用いて、水耕液温と気温を組合せ³²Pの吸収をみているが、吸収量は温度に支配され、気温の影響少なく、高水温で吸収は増大している。このことは根の塩類吸収に根部の温度が支配的であることを示すものといえる。

更にわれわれは水稻の根部、および莖基部の温度が根における物質の吸収と、その地上部への移行に

どのような作用力を持つかをみるために根から ^{32}P を吸収させたところ、根部温度は根における吸収のほか、地上部への移行に対して影響をおよぼすものであり、莖基部の温度は生長点、および伸長葉への ^{32}P の転流に直接影響し、また葉から ^{32}P を吸収させたところ、生長点、および伸長葉への転流には莖基部温度が作用し、根部への転流、蓄積には根部温度が強く影響することも判明した。

主 要 文 献

- 1) 片山：稲麦の分けつ研究 養賢堂 (1951)
- 2) 植木・寺山：鹿児島大農報告 №3, 7 (1954)
- 3) 木村・関口：日作紀22, 65 (1954)
- 4) 高村・竹内・長谷川：日作紀29, 195 (1961)
- 5) 竹内・長谷川：日作紀27, 241 (1958)
- 6) 農林省統計調査部：試験研究資料別冊 №8 (1959)
- 7) 榎本：農業 №11 (1936)
- 8) 山田・長谷川：日作紀28, 157 (1959)
- 9) 山田・長谷川：近畿作・育会報 №7, (1962)
- 10) Burr: Radioisotopes in Scientific Reserch (1959)
- 11) 長井・俣野：日作紀28, 4 (1959)
- 12) Stuckey: Plant Physiol. 17, 116 (1942)
- 13) Kramer: Plant Physiol. 20, 30 (1945)
- 14) Zhurbitzky Shtrausberg: Radioisotopes in Scientific Reserch (1959)

地象環境の改善について

中原 孫 吉

(千葉大学園芸学部)

1. ま え が き

本誌第8号で香川大上原勝樹教授^{B)}が「植生の場における地中環境とくに地温について」と題して投稿されたので、筆者が今更書く必要もないと思ったが、筆者は気候環境改善の研究の一部として地象環境の改善関係も研究調査しているので、その一部を紹介しよう。

しかし地温について上原教授の報文と重複するものはなるべく避けたが、やむをえないものは掲記することにした。

2. 気 象 環 境

気象学は大気の物理学を研究する学問と定義されているが、地象学はさしづめ地中の気象を研究する学問ということになる。

われわれ農業気象の研究を行なっている仲間達が地象という言葉を使い始めたのは終戦後のことで、初めて使ったのは筆者の恩師の鈴木清太郎博士であると記憶している。

地象は地面付近の物理学を研究するといっても、そんなに深い処まで対象としているのではなく、せいぜい地温の観測されている範囲位である。

地象の研究は言いかえれば土壤気象の研究であろう。現在土壤気象の研究では温度(地温)関係および土壤水分関係に限定されているが、将来益々広い範囲にわたり研究されねばならないと思われる。

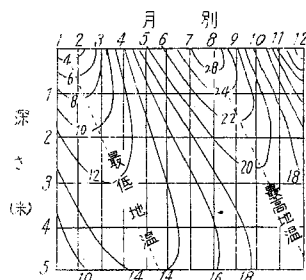
3. 地 温 に つ い て

上原教授は地温の形成について相当詳細に論述されているので、地温について復習的な意味で要点を掲載しよう。

地面は大部分日射により温まり、地表より次第に地中へ伝導される。日中は天気がよいと日射の方が放熱よりも大きいから地温は高まるが、夜間は反対に受熱より放熱の方が大きいから地中の熱の伝導も下層から上層へと伝えられる。われわれはなるべく多く日射を受けるようにし、できるだけ放熱を少なくするように工夫して、地温の保持調節に努めるわけである。

地表より地中に入出入する熱量はこの外にいろいろあるが、主要なものは日射により受ける熱エネルギーおよび地表面より放熱によって失なわれる熱である。

地温にも日変化と年変化がある。その一例として東京の地温の変化状態を示すと第1図のようである。図では縦軸に深さ(米単位)をとり、横軸に月をとり、深さおよび月別の年



第1図 東京の地温 (単位°C)

変化状態を判るように示してある。図を見ると、例えば深さ3米の所では最高地温は大体19~20℃の値を示し、10月~11月の間に出現する。最低地温は3~4月に出現し11~12℃の温度を示している。これに反して地表面では最高は7~8月に、最低は1~2月に出現している。以上でも判るように最高・最低温度の起生する月は深さによって違い、その開きは深くなるにつれて小さくなる。不易層まで深くなると年較差も極めて小さい。

地下の温度は夏は地表より低く、冬は地表より高い。従って、農作物を貯蔵するのにあなぐらを地中に掘り、そして貯蔵することもある。

一日中の日変化も年変化と同じように最高と最低が現われるが、その変化は浅い所に限られ不易層までになると日較差も1℃以内である。

4. 地温の変化と土壌の種類

土壌は多くの腐植質を含むので、その性質と含量によって土壌の色も違ってくるし、熱の伝導状態もいろいろ変化が起る。砂土でも少し腐植土を加えると褐色になり、その添加量を増すと黒色を呈するようになる。

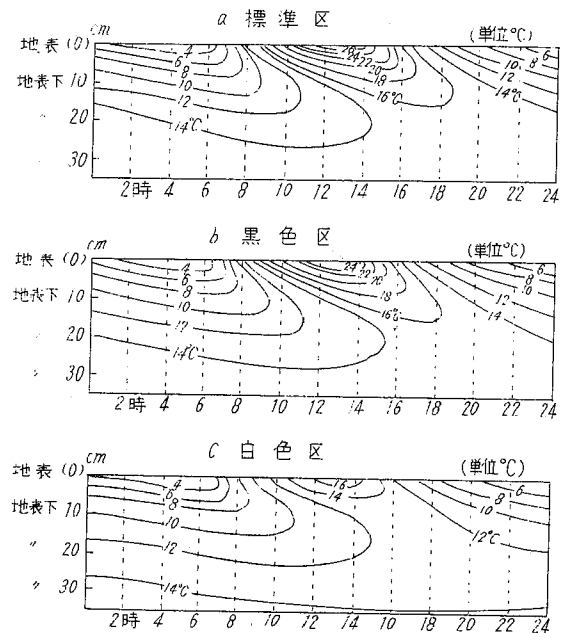
このような土壌の色は理化学的成分には勿論のこと地温にまで影響し、また一般に反射能も土壌の色によって違ってくることはいうまでもない。また地温はその乾湿の状態によっても差異がある。

八鍬利助博士は筆者の在勤時代に札幌管区気象台の露場で各種の土壌について地温の日変化の状況を測定されたが、その成果は次の各図に示すようなものである。同氏によると灰黒色を黒色、消石灰を白色とし、標準区と対比した結果は第2図の

ようである。黒色区の暖域の温度が最も高く、13時頃表層に26℃の高温部が見られた。また白色区の方が低温である。

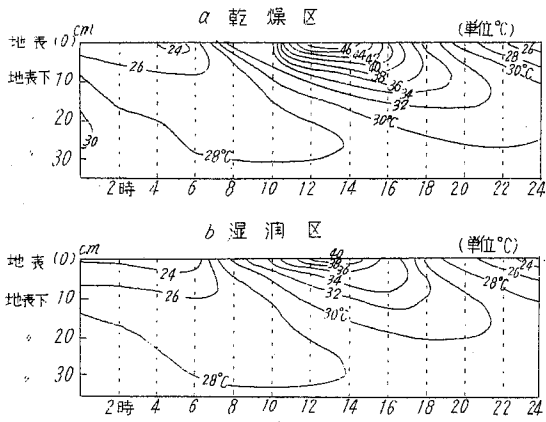
土壌水分の差異による地温の違いは第3図に示されている。乾燥区の暖域は湿潤区より高温で殊にその差が著しい。冷域の方は顕著な差は認められない。また湿潤区の方が乾燥区よりも高温域の示度は6℃も低い。

土壌の種類によって地温の差異を起すことは当然なことであるがその例証として第4図で示したので、測定成果を比較された。

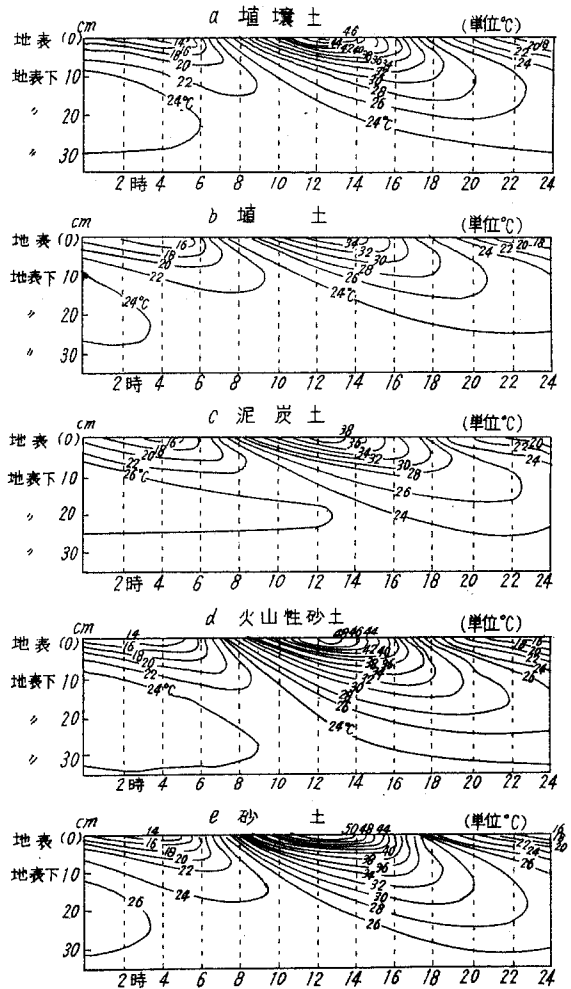


第2図 土壌の種類と地温の日変化

(八鍬氏による)



第3図 土壤の水分と地温の日変化
(八鍬氏による)



第4図 土壤の種類と地温の日変化 (八鍬氏による)

5. 地形と地温

太陽の熱エネルギーの分布状態を見ると地形によっても差異を生ずる。その結果が地温にも現われる。ウォルニー氏が地表下0.8米での地温の傾斜方向別による年平均気温を報告したが次表のようである。

第1表 地表の各傾斜と深さ0.8米の地質の年平均温度

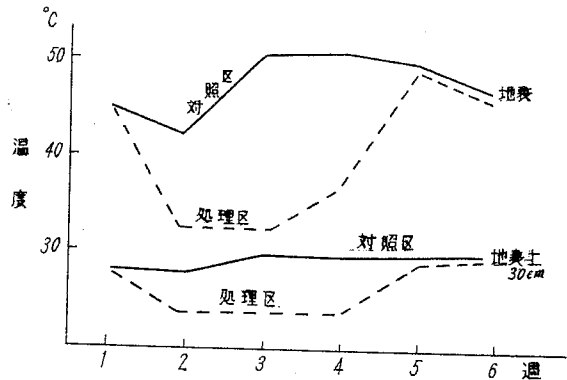
方位	北	北東	東	南東	南	南西	西	北西
温度(°C)	9.4	10.5	11.3	12.6	12.7	12.6	11.2	10.2

南西の傾斜地は北西のそれに較べて高温である。これによっても土地の傾斜方向は気温や地表面の温度のみならず、地中にまでも影響していることが判る。このことは当然植物にまで影響をおよぼす。

6. 地象環境の改善

畑作物、特に園芸作物を良好な生育環境条件におくために各種の手段が考えられる。土壤・肥料状況の改善も大切であろうが、作物の生活の場の微気候の調査も肝要なことである。今日微気候の改善という方向の研究が土壤・肥料などの研究に比較すると立ち遅れ気味なようである。

微気候の改善について最初に手をつけたのは印度のMallik氏である。氏は1951年黒色耕土上に白墨の粉を散布し地表および接地気層の温度の低下をはかった。この白墨粉の散布効果は第5図でも判るとおり、5週間の間続いた。しかも地表よりは地上30cmの温度の方が昇温防止の効果が大きかった。このような処理をすれば盛夏の接地気層の昇温防止の効果があることが認められる。つづいて1956年鈴木、丸山両氏のカーボン・ブラックの地表散布による反射能調整の報告や、1958年石灰を南北両傾斜面に散布し地温への影響を調べた上原氏の報文もある。最近の文献によれば、北欧ではアルミニウムの粉末をトマト畑に散布し着色効果への影響を報じた報告など数例が公にされている。



第5図 黒色耕土上へのチョークの散布効果

筆者も数年来地象環境改善の実験として畑地灌漑や地表面の反射能の変化による接地層の気候改善の実験を行なったので、地象環境に関係ある2つの実験の結果を報告しよう。供試作物は茄子を使用した。

(1) 反射能の変化による地表温度および地下地温の調整

茄子畑に川砂被覆区、アルミ末散布区、微粉炭灰散布区および無処理区の4区について、地温の測定

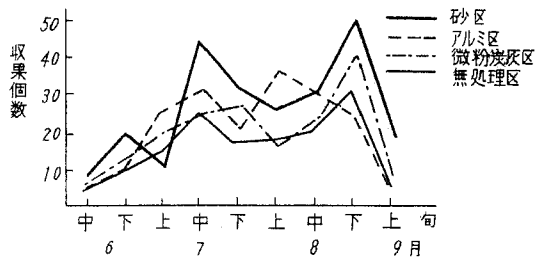
結果は次表のようである。

第2表 天気別の温度状況 (単位℃)

天気	部位 圃場番号 温度	〔地 表〕				〔地表下 5 cm〕				備 考
		砂区	アルミ 区	微粉 炭灰区	無処 理区	砂区	アルミ 区	微粉 炭灰区	無処 理区	
		晴天10日 間の	最高気温 の平均	37.7	35.3	36.0	37.6	31.9	32.2	
最低気温 の平均	26.8	23.0	22.8	22.5	29.7	24.1	24.0	23.8		
雨の日10 日間の	最高気温 の平均	28.7	28.4	27.8	29.2	26.9	26.8	26.3	26.5	6月26、27、 28、29 7月 12、8月3、4、 5、22、9月7 日の10日間
	最低気温 の平均	23.0	22.1	22.3	22.2	24.3	23.8	24.0	23.4	
晴の日、雨 の日	日較差の 平均	16.1	14.8	14.3	15.7	6.0	6.9	5.0	6.4	晴天6日間の平 均雨の日10日 間の平均
		5.6	6.3	5.5	7.0	2.6	3.1	2.4	2.1	

川砂区は関東ローム層の畑地上に5種の厚さに被覆したもの、アルミ区、微粉炭灰区はアルミ粉末および微粉炭灰を数種の厚さに散布し、雨などのため流出した場合、その都度後から追加散布した。第2表は天気別の温度状態の差異を算出するため、晴と雨の日各10日ずつの平均値である。晴れた日の最高温度は砂区が最高を示し、無処理区が最低であった。地表下5種の部位の温度も大体同じようである。雨の日は無処理区が最高で他区はこれより低い。毎日晴の日ばかり続くことなく天気は常に変動するので、この温度状況の違いが作物にも影響し収果個数が違って来ている。

旬別の収果個数を示すと第6図のようである。第6図のみでは各区の違いがよく判明できないので第7図を掲げた。表によると収果個数は砂区に多く、無処理区が最も少ない。また第6図によって旬別収果数の差異が判る。最盛収果期の時期も無処理区を標準として考えれば遅速の調整も可能なようである。



第6図 旬別収果個数

(2) 畑地かんがいによる地温調査

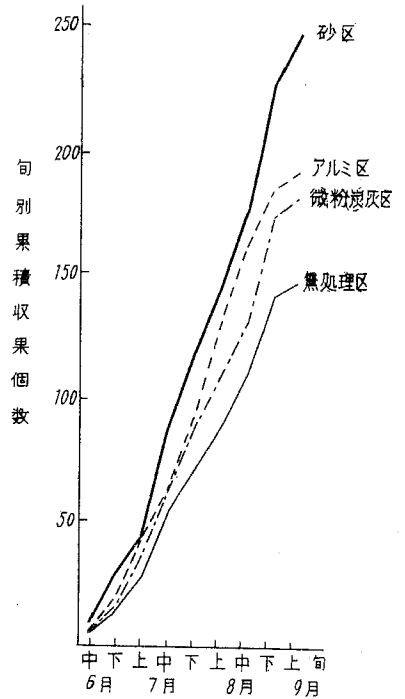
地温上昇防止を畑地かんがいで試みた実例を示そう。

供試作物は比較のため茄子を用いた。土壌は関東ローム区とローム層上に川砂を客土した砂区の2種類を用い、灌水にはジョロ灌水と畦間かんがいの2種、灌水時間は朝(9時)と夜間(21時)の2種を採用した。

その結果、茄子の収果は同じ量の同じかんがい方法では昼間かん水区よりも夜間区の方が収果数は多いということになる。砂区の方が関東ローム区よりも一般に収果数が多い。また収果数の時期的な変動状態からも採果数の最多の山は砂区の方が1旬早く出現している。

地温の方もかんがいのすることによって、温度低下の効果が認められるが、砂区では2日も経過すれば再び無かんがい区の温度の変化状態に接近する。無かんがい区とかんがい区の温度変化の開きは晴天程大きい。

かんがいの場合水温とか土壌水分状態などを説明しなければならぬが今回は割愛したい。



第7図 旬別累積収果個数

7. あとがき

以上の2実例および地表の反射能を変化させることによって地温を適度に調整することも可能である。また敷草の効果は一般に報告されているように地温の調整効果は顕著であって、最近敷草の代りにビニールで地表を被覆したり、白墨、石灰、炭素粉末其他を地表に散布したりすることによって、地温の調節も可能であり、ひいては作物へのその影響も顕著であることを強調したい。またこの外土壌改良剤による地温調整も可能であることが考えられる次第であり、将来この方面の研究による作物の生育の場の環境改善も考えたいものである。

参 考 文 献

- 1) Franklin, T. B. : Climate in Miniature, 1955.
- 2) Mallik, A. K. : Ind. Jour. of Met. & Geo Vol. 2 No 3, 4, 1951
- 3) 中原孫吉・中山敬一 : 千葉大園芸学部学術報告, No 6, 105~112, 1958.
- 4) 中原孫吉 : 千葉大園芸学部学術報告, No 7, 117~123, 1959.
- 5) Ramdas L. A. : Natural and Artificial modification of Micro-climate, Weather, 1957.

- 6) Ramdas, L.A. : Microclimatological Investigation in India
Archiv fur Met. Geo. und Bioklimatologie, Series A Band III, 1951.
- 7) 鈴木, 中原, 渡辺, 中山; 畑地灌漑の農業氣象並作物学的研究 (第2報). 農電研究所報告, 昭和33年8月
- 8) 上原勝樹: 植生の場における地中環境、土壤の物理性7~11頁, 1963. 5月
- 9) 吉野正敏: 小気候学

水田における大型機械の走行能と 土壌硬度相とについて

長 崎 明

(岩手大学農学部)

I ま え が き

水田の大型機械化農法が重要視されるにつれて、大型機械の走行能(トラフィカビリティ)と土壌の物理性との関係が問題となっている。

本研究は、この関係を示す指標として、コーン・ペネトロメーターによる水田の土壌硬度相を調査し、その実態を明らかにしようとしたものである。アメリカでは特に戦車の走行の可否を現場的に判定する方法として、コーン・ペネトロメーターを用いた研究⁽¹⁾がある。わが国の水田の土壌硬度相については庄司・長崎らの研究⁽²⁾があるが、それと大型機械の走行能との関係を求めた研究は全く見当たらない。本研究がこの種の問題解明に少しでも役立てば幸いである。

なお本研究にひきつづき行なった八郎潟南部干拓地における大型機械導入試験の詳細については別に報告の予定である⁽³⁾。

II 大型機械の走行不能現象

大型機械の走行性能を論ずる場合、1つはギリギリに動ける走行限界を求めようとする迫り方があり、他の1つは経済速度で走行しうる条件を求めようとするものである。わが国のように湿田を対象とすることが比較的多い場合には、まず前者が大きい問題となる。後者は田面上における作業能率あるいは道路上における交通性能の場合に問題となる。ここでは主として前者を対象とする。

一般に大型機械が走行不可能におちいる状態を現象的に見ると、次の4種の原因別類型に分けられる。

- ① スリップする。
- ② スリップしつつめりこむ。
- ③ めりこんでからスリップする。
- ④ めりこむ。

①の形は十分に硬い盤の上に、ごく薄いヘドロ層がある場合にみられる。

②の形は硬盤がそれほど硬くない時にみられる。すなわち、大型機械の足廻りは最初にまず若干スリップし、スリップしている間にますますめりこんで遂に走行できなくなる。

③の形は更に硬盤が軟弱な場合、あるいは硬盤が充分硬くてもその位置が深い場合におこる。すなわち大型機械の足廻りははじめからある程度めりこみ、ついでスリップをはじめ、遂には走行不能におちいる。

④の形は田面がかなりの深さまで全くのヘドロ状態の場合に見られ、大型機械の足廻りはスリップもせず、いきなりズブズブとめりこんでしまう。

以上のように大型機械の走行不能現象を、その原因によつて類型してみると、単なる表面の土壌硬度

ではなくて、かなりの深さまでの土壌硬度相との間に関係がありそうである。

わが国の水田の中で、大型機械の走行能が問題になるのは、主として大河川の沖積平野に拓けた湿地帯やヘドロ地帯で、かかる地帯では当然「めりこみ現象」が走行不能の主たる原因といえそうであるから、そういう点からみても、一応コーンによる貫入抵抗（土壌硬度）を指標としても差支えないものと認められる。

本研究では、先端角度 30° 、断面積 6.4 cm^2 のコーン・ペネトロメーターを用い、手動により静かに土中に挿入しつつ、 100 kg の環状力計を読み取り、深さ 70 cm まで、深さ 5 cm ごとの土壌硬度を測定して、土壌硬度相（p-h曲線）を求めた。なお土壌硬度は各地区3回測定し、その平均値を用いた。

III 水田の土壌硬度相の類型とホイール型トラクターの走行能

各調査地とも、その地区内で作業したことがあり、土壌条件を熟知しているオペレーターと共に圃場内を歩き、ホイール型トラクターの走行の可否・難易を指摘させた後、その土壌硬度相を測定した。ただし、ホイール型トラクターはーフ・トラックあるいは補助車輪など、接地圧をへらす装置を装着していない場合とし、またトラクターの馬力数、銘柄等による若干の差違を無視した。

本調査の結果を土壌硬度相の類型別に総括すると、第1～3表のとおりである。なお土壌硬度相の類別・命名は庄司らの研究⁽²⁾によつた。（脚注参照）

1. 山一つ型（第1表）

山一つ型は水田の土壌硬度相の中で最も典型的なものである。多くは山の位置が耕うん作業によってできた犁床（いわゆる耕盤）を示し、深さ $20\sim 35\text{ cm}$ 、厚さ $20\sim 30\text{ cm}$ であるが、中には砂層・礫層・固結粘土層あるいは鉄・マンガ集積層を示すことがある。

№1ないし3地区（第1図）のように、硬盤の山（最大硬度）が 4.5% 以下の場合には、その深さ・厚さの大小にかかわらず走行不可能である。№5ないし8地区（第2図）のように 6.5% 以上の場合にはおおむね走行容易であるが、№4地区（第1図）のように薄い砂層の位置が最大硬度となっていて、その前後が 4.5% にすぎない場合には、硬度が 7.0% でも走行困難である。

（脚注） 土壌硬度相の説明

山一つ型：土壌硬度測定深（本稿では 70 cm ）までに最大硬度を一つだけ示すもの。水田では普通この山は耕盤の位置にあたる。

山二つ型：測定深までに硬度の極大値（山）が2つ存在するもの。第1の山は一つ山型と同じく耕盤を示し、第2の山は固結粘土層や砂礫層によることが多い。

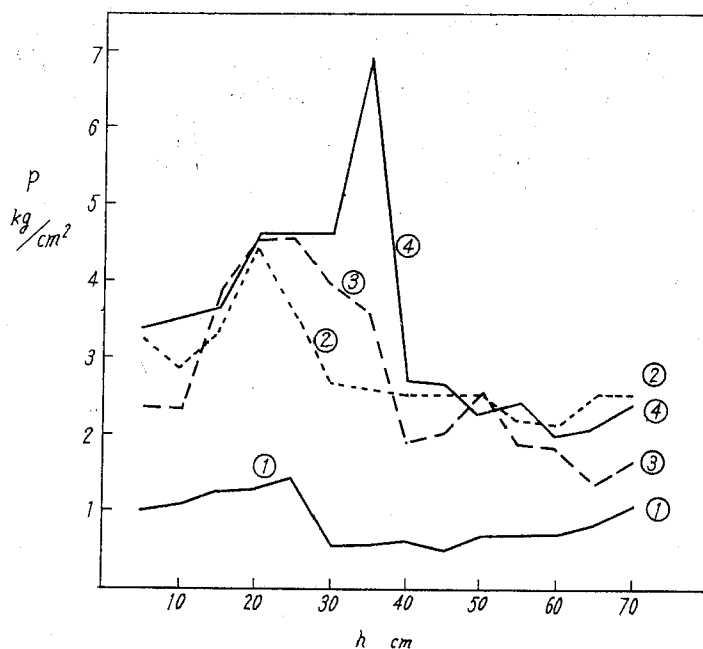
台地型（あるいは段丘型）：山一つ型の山が低いため明瞭な山を示さず、低い台地状を呈するものと、山二つ型の第1の山と第2の山が連なつて、高い台地状を呈するものがある。前者は洪積地帯の水田に、後者は干陸後間もない干拓地水田によくみられる。

山腹型：測定深までの間、深さを増すにつれて、土壌硬度も増し、山腹を登るような形を呈するもの。

以上の4型は測定深までの土壌硬度相について模式的に区分命名したものであるから、測定深が異れば当然その形状、したがって区分も異なる点に留意されたい。

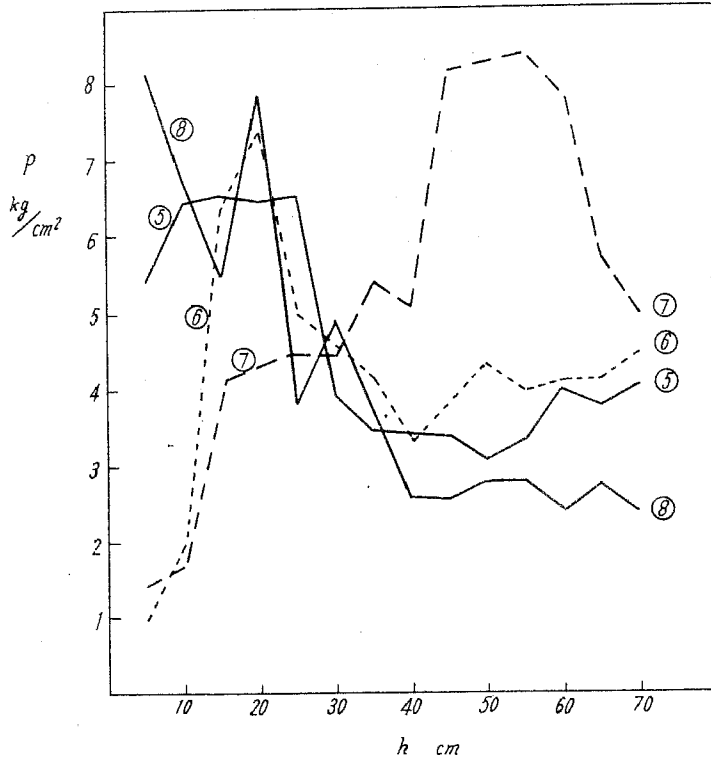
第1表 山一つ型の事例

地区 番号	硬盤の諸元			走行 状態	調査地	土壌硬度相
	深さ cm	硬さ %	厚さ cm			
1	2.5	1.5	2.5	否	青森県上北町	第1図
2	2.0	4.5	2.0	否	大曲市藤木	"
3	2.5	4.5	3.0	否	"	"
4	3.5	7.0	3	難	"	"
5	1.5	6.5	3.0	易	"	第2図
6	2.0	7.5	2.5	易	花巻市郊外	"
7	5.5	8.4	3.0	易	"	"
8	2.0	7.8	3.5	易	大曲市藤木	"



第1図 山一つ型 (作業できない)

№.8地区 (第2図) は深さ2.0cmに硬さ7.8%、厚さ3.5cmの硬盤があるほか、田面乾燥が極めて良いために、深さ5.5cmで8.1%を示しているが、これも山一つ型の変形で、これもまた大型機械の走行が極めて容易である。



第2図 山一つ型 (作業できる)

2. 山腹型 (第2表)

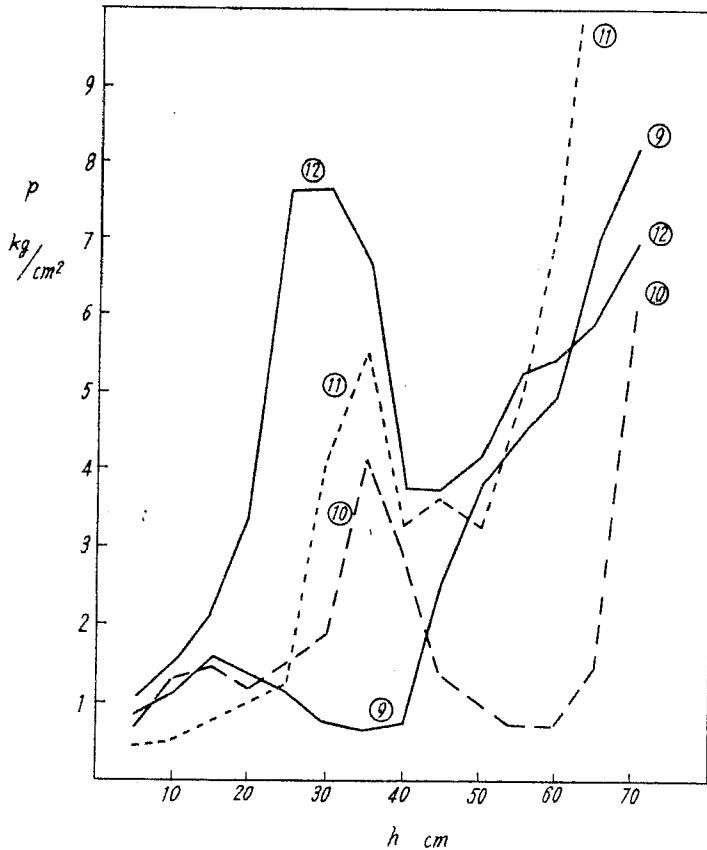
山腹型土壤硬度相は下層に厚い不透水性固結粘土層あるいは滞水性砂礫層が存在するため、湿田となっている水田によくみられる。この層が充分深い場合には山一つ型と同じく犁床が発達し、山腹部に山が一つできることがある。これを山一つ山腹型とよぶ。

第2表 山腹型の事例

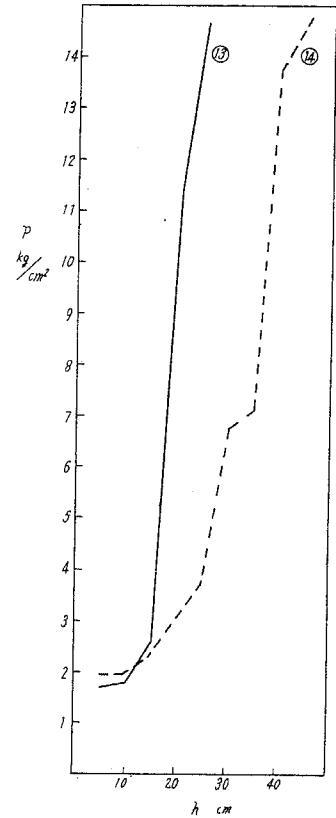
地区 番号	硬盤の諸元			下層盤の諸元			走行 状態	調査地	土壤硬度相
	深さ cm	硬さ %	厚さ cm	深さ cm	硬さ %	厚さ cm			
9	15	1.6	25	70<	8.0<	30<	否	青森県上北町	第3図
10	35	4.3	20	70<	6.0<	30<	否	"	"
11	35	5.6	10	70<	14.0<	30<	難	"	"
12	30	7.7	20	70<	7.0<	30<	易	花巻市郊外	"
13	—	—	—	25	14.0<	20<	易	青森県上北町	第4図
14	—	—	—	45	14.0<	40<	易	"	"

№.13および14（第4図）は深さ25~30cmに厚い砂層が存在し、硬度14%以上（環状力計の容量超過で測定不能）に達する山腹型の事例で、大型機械はこの層で支えられ走行容易である。この硬盤がこれ以上深いと走行困難におちいる。

№.9ないし12地区（第3図）は山一つ山腹型の事例で、№.9および№.10は硬盤の硬さが4.3%以下のため走行不能、№.11は5.6%であるが、その位置が深く、かつその厚さが薄いために走行困難、№.12は7.7%で走行容易となっている。



第3図 山一つ山腹型



第4図 山腹型

山腹型土壌硬度相で大型機械の走行容易の場合は、下層の盤が浅い位置に存在する特殊事例に限られ、多くは山一つ山腹型のように山と山腹とが充分離れていて、犁床によって大型機械が支えられるもので、山一つ型の場合に準ずると考えられる。

3. 山二つ型（第3表）

山二つ型は、山一つ型と同じく犁床による硬盤のほかにも、もう一つの山が見られる場合の土壌硬度相で、№.15（第5図）がその典型的な事例である。すなわち№.15は下層に存在する薄い砂層が第2の山となったもので、もしこの砂層が浅ければ山腹型となり、十分に厚ければ山一つ山腹型となる。この例では、第1の山が深さ30cm、硬さ10.3%、厚さ20cmで、大型機械はここで支えられ走行

第3表 山二つ型の事例

地区 番号	第1硬盤の諸元			第2硬盤の諸元			走行 状態	調査地	土壌硬度相
	深さ cm	硬さ %	厚さ cm	深さ cm	硬さ %	厚さ cm			
15	30	10.3	20	60	14.2	30	易	青森県上北町	第5図
16	5	6.9	10	50	6.5	50	易	大曲市藤木	"

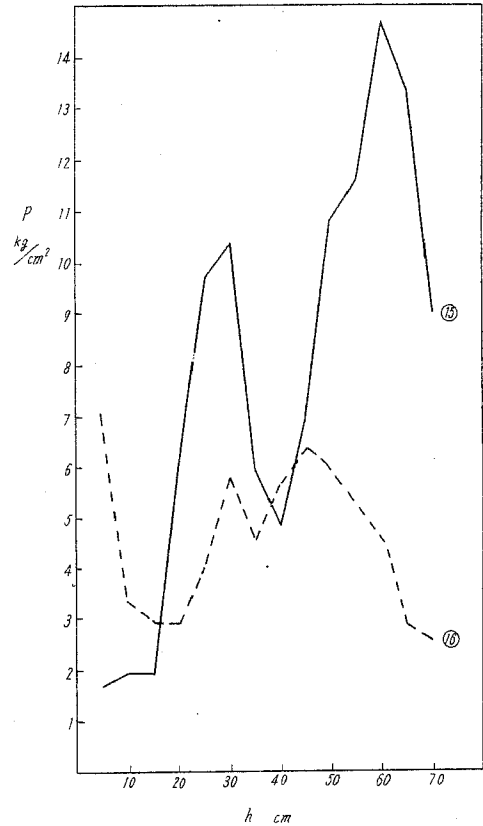
容易である。

№16 (第5図) は田面乾燥が極めて良く、深さ5cmに硬さ6.9%、厚さ10cm以下の薄い第1の山ができ、深さ50cmに硬さ6.5%、厚さ50cmの第2の山をもつものであるが、この山は固結粘土層の位置を示すもので、犁床による硬盤は深さ30cmに5.5%の山となつて現われている。いわゆる山二つ型の変形である。第1の山は厚さが薄すぎてこれだけでは走行不能と思われるが、犁床と第2の山とが重なつた厚い硬盤がその下にあつて、走行能を高めている。

大型機械の走行能と山二つ型土壌硬度相との関係は、山と山とが充分離れていれば、第1の山が山一つ型の場合に準ずると考えられる。

4. 台地型

水田の土壌硬度相の類型には以上3種のほか、台地型あるいは丘陵型と称すべきものがあるが、今回の調査ではそのような類型の事例をみることができなかった。この型は山一つ型(第1図)の山が低いために、その下につづく下層土の土壌硬度と台地状に連らなつたものであるから、台地そのものの高さ(硬さ)が、大型機械の走行能に関係があるはずである。



第5図 山二つ型

IV ハーフ・トラック型およびクローラ型トラクターの走行能

八郎瀧南部干拓地第4工区の暗渠排水試験田において、ハーフ・トラックを装着したホイール型トラクター(フォードソン・デキスタ)および湿地用クローラ型トラクター(BD2)の運転試験を行ない、その走行能と土壌硬度相との関係を求めた。

供試圃場の土壌硬度相は、おおむね深さ10~20cmに硬度1.5~3.5%の軟い硬盤を有する山一つ型で、試験の結果明らかにしえた走行の可否と足廻りのめりこみ深さおよび硬盤の硬さとの関係は第6図のようである。

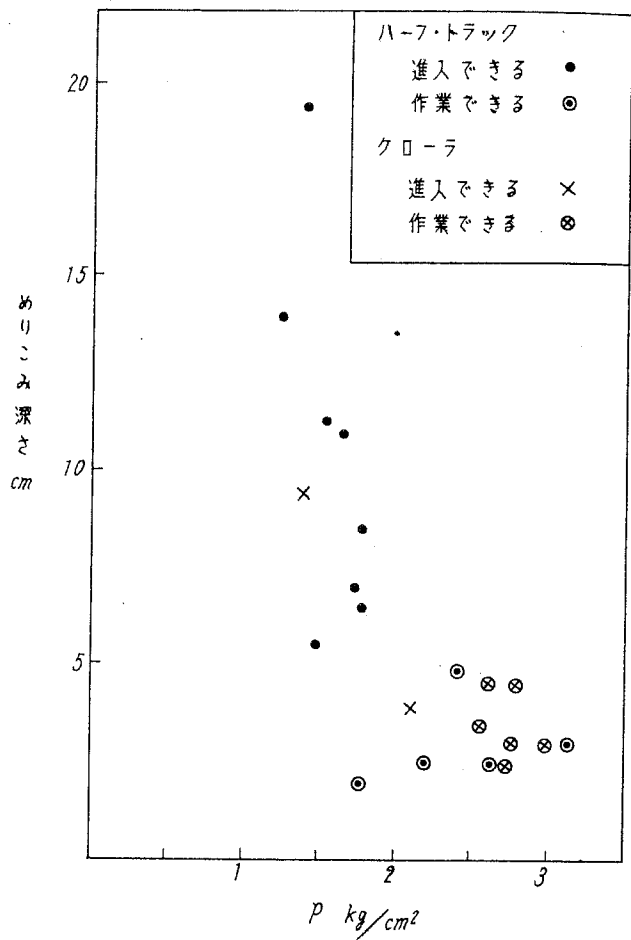
この図によれば、ハーフ・トラックを装着したホイール型トラクターは、土壌硬度1.5%以下、めりこみ深さ20cm以上では圃場に進入することが全くできないが、硬度1.5~2.0%、めりこみ深さ20~5cmでは進入はできてプラウイングができず、硬度2.0%以上、めりこみ深さ5cm以下となつてようやく耕起深さ15~20cm程度のプラウイングが可能である。

またクローラ型トラクターは硬度1.5%以下、めりこみ深さ10cm以上では進入できず、1.5~2.5%、めりこみ深さ10~5cmでは進入できて作業ができず、2.5%以上、めりこみ深さ5cm以下でようやく耕起深さ10cmの浅いローター・ベーター耕が可能である。

なお本試験では、ハーフ・トラック型にはプラウを、クローラ型にはローター・ベーターを装着していたが、作業機を逆にすればハーフ・トラックはもっと軟弱条件でも作業可能であろうと思われる。またハーフ・トラック型は進入しえても作業不可能の場合が多く、クローラ型は進入できさえすればおおむね作業も可能であったが、これも足廻りの相違というよりは、それぞれが装着した作業機の抵抗の大小によるものであろう。

V む す び

さて、大型トラクターの走行能は、①機械条件(重量・足廻り等)、②作業条件(作業機の種類、作業速度等)、③土壌条件(土壌硬度相等)、④技術条件(運転手の熟練度等)、その他によって異なるので、簡単に土壌硬度相だけによって論ずることは早急に過ぎるが、実態調査および運転試験の結果により、あえて拙速に結論づければ第4表のとおりである。なお、地表面からの硬盤の深さ(最大硬度を示す山の位置)は30cmより小、硬盤の厚さは15cmより大を要する。



第6図 大型トラクターの走行能と足廻りのめりこみ深さおよび硬盤の土壌硬度との関係

第4表 大型トラクターの走行能と硬盤の硬さ(%)

	進入できず	進入できるが 作業できない	作業困難	作業容易
ホイール型	? *	<4.5	4.5~6.0	6.0<
クローラ型	<1.5	1.5~2.5	2.5~3.0	3.0<
ハーフ・トラック型	<1.5	1.5~2.0	2.0~2.5	2.5<

* 本調査では明らかにできなかったが、恐らく3.0%以下であろう。

参 考 文 献

- 1) G.B. SCHOOLCRAFT, W.K. HOYD and C.R. FOSTER: Trafficability of Soils Studies, 第4回国際土質工学会Proceeding, VIII f 8, 206-208.
- 2) 庄司英信・長崎明・涌井学・石川武男: もぐら暗キヨに関する研究(第2報)、農業土木研究 第26巻第4号、181~186。
- 3) 浪瀬信義・長崎明・徳永光一: 八郎潟中央干拓地における耕地条件整備計画に関する報告、1. 経営区内の施設、特に排水暗キヨについて、農業土木学会、60~67。

大型トラクターの踏圧が畑土壌の物理性 と作物の生育におよぼす影響

長崎 明・三熊政昭・高橋伸寿

(岩手大学農学部)

まえがき

畑地に大型トラクターを導入すれば、その踏圧によって硬盤を生成することはよく知られた現象である。しかし、それが作物の生育に対してどのような影響をもつかについては、涌井、中沢、芦川らの研究⁽¹⁾があるにすぎない。近時、畑地における大型トラクターの普及はめざましいものがあり、この種の研究はますます重要視される必要がある。

I 畑地における土壌硬度相の実態調査

水田における土壌硬度相の実態については、庄司、長崎、涌井、石川らの研究⁽²⁾があるが、畑地についてはほとんど研究されていない。筆者らは昭和36年8月15日に岩手大学経済農場から耕起方法の異なる圃場数種を選び、それらの土壌硬度相(深さ—土壌硬度曲線)の実態を調査した。土壌硬度は先端角度30°、断面積6.4cm²のコーン・ペネトロメーター(手動式)により、各圃場とも2回あて測定し第1～3図をえた。なお供試圃場の土壌条件(土性、含水比、仮比重)は第1表のとおりである。地下水位はいずれもかなり深く、数mをこす。

第1表 供試圃場の深さ別土壌条件

	圃場名	0～5cm	20～25cm	40～45cm	60～65cm
土 性	第1	壤土	壤土	埴壤土	埴壤土
	第2	砂壤土	砂壤土	壤土	埴壤土
	第3	壤土	壤土	埴土	埴壤土
含 水 比 (%)	第1	75.0	96.0	61.0	35.0
	第2	73.0	109.0	140.0	85.0
	第3	75.0	82.0	60.0	53.0
仮 比 重	第1	0.67	0.57	0.89	1.03
	第2	0.68	0.44	0.49	0.68
	第3	0.75	0.65	0.85	0.83

1. 第1圃場(人力耕起)

30年前からの鉄だけによって耕作し、現在うね立し、大根畑となっている。この圃場のうね間の土壌硬度相は第1図のとおりである。すなわち、深さ10cm前後で最大値6～7%、深さ30cm前後で最小値4～5%を示し、10～15cmの間にやや硬盤らしい箇所が認められるが極めて不明瞭である。

2. 第2圃場（深耕、碎土直後）

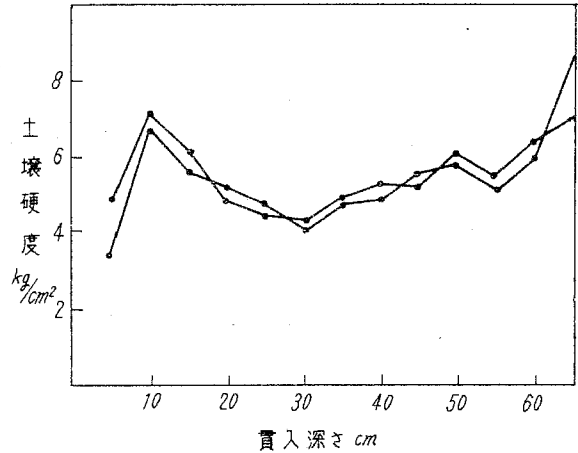
牧草（クローバ・オーチャード）を6～7年にわたって作付後、更新のため大型トラクター（フォードソン・メジャー型）により、深さ30cmにプラウイング、深さ10～15cmにハローイングしたばかりの圃場である。

この圃場の土壌硬度相は第2図のとおりで、深さ10cmで5～6 μ に達するが、それ以降は深さをまましても土壌硬度にほとんど増減がない。しいていえば30cm付近に6 μ 前後を示す最大値があり、犁底鉞による踏圧の影響と思われるが、いわゆる硬盤は全く認められない。

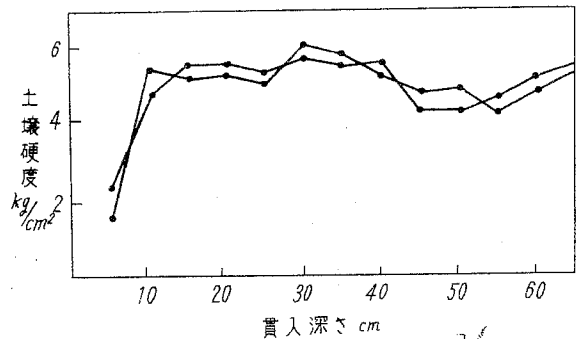
これは、6～7年にわたる牧草作と深耕とによって、硬盤がゆるめられたためと考えられ、その土壌硬度相は第1圃場（人力耕起区）と非常によく似ている。

3. 第3圃場（うね立、青刈大豆作）

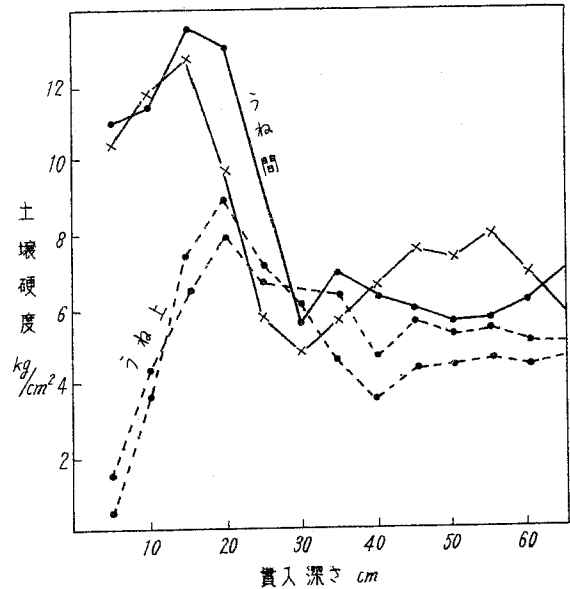
この圃場の前作はデントコーンで、調査年の春以来、大型トラクター作業により耕起、碎土、整地、青刈大豆播種、中耕2回、培土2回を行なっている。したがって大型トラクターの踏圧回数は、圃場全面にわたって3～4回、うね間で5～6回に達している。なお、うねの間隔は約85cm、うねの高さは約20cmである。この圃場のうね間の土壌硬度相は第3図のとおりで、深さ5cmで10～11 μ を示し、深さ15cmで最大値12～13 μ にも達するが、深さ30cm



第1図 第1圃場の土壌硬度相



第2図 第2圃場の土壌硬度相



第3図 第3圃場の土壌硬度相

で最小値 5~6 ㊦に低下し、それ以降はせいぜい 6 ㊦を前後するにすぎない。

うね直上、すなわち株間の土壤硬度相は同じく第 3 図に示すとおりで、深さ 20 cm で最大値 9 ㊦に達し、深さ 40 cm で最小値 3~4 ㊦に低下し、それ以降は 4~5 ㊦を示している。

すなわち、うね間、株間ともに極めて明瞭な硬盤の生成が認められ、特にうね間は硬盤が地表すれすれに生成しているが、深さ 30~40 cm 以降では、うね間の硬度がやや大きい程度で、ほとんど第 1、2 圃場と変わらない。したがって、大型トラクターによる踏圧の影響が顕著にあらわれるのは、深さ 40 cm くらいまでと思われる。これについては後に運転試験によって解析するものとする。

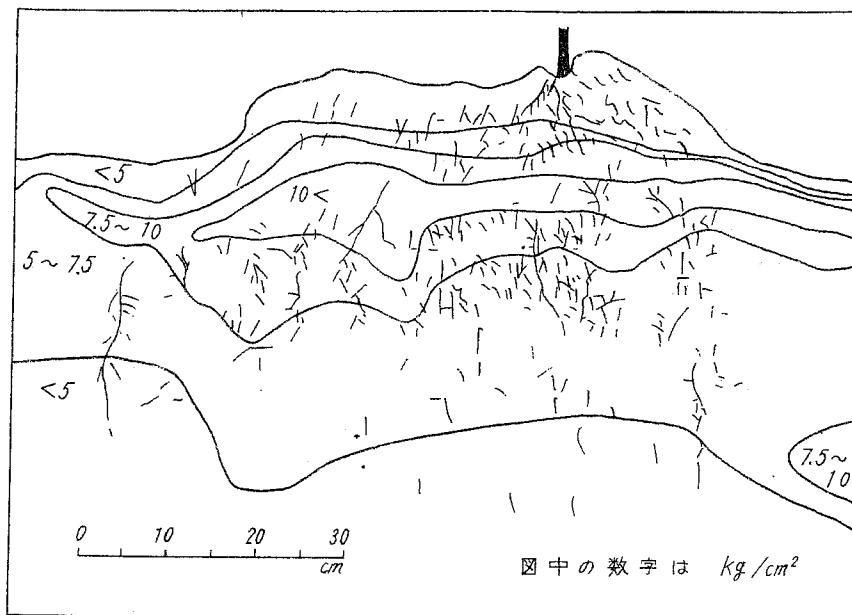
II 畑地における土壤硬度と根群分布の実態調査

以上の実態から、大型トラクターの踏圧前 5~6 ㊦の圃場においても、3~4 回の踏圧によって 9~10 ㊦、5~6 回の踏圧によって 12~13 ㊦の硬盤が生成されることが認められる。それでは、上記のような硬盤の存在は、作物の根群分布に対してどのような影響をもつであろうか。

1. 青刈大豆

昭和 36 年 8 月 15 日、青刈大豆作付圃場において、うねに横断方向に巾 110 cm、深さ 60 cm のザンゴウを掘り、その壁面の土（約 5 mm の厚さ）を噴霧機で洗い流して根群を露出し、それをガラス板に書きうつした（第 4 図）。

山中式土壤硬度計の読み (mm) を、スプリングの抵抗値 (kg) とコーン断面積 (cm²) とによって ㊦に換算し、横断面図にプロットした後、等高線を求める要領で等硬度曲線を求めた（第 4 図）。



第 4 図 等硬度曲線と大豆の根群分布

第4図のように、一見して土壤硬度と根群分布との関係が明瞭に察知できる。

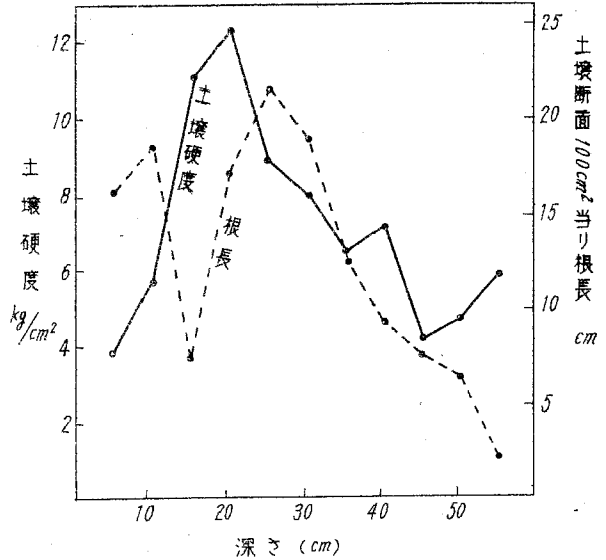
さらに深さ別に単位面積当り根長 ($cm/100cm^2$)、すなわち根群密度を求め、土壤硬度相との関係を図示すれば第5図のとおりである。ただし第5図の土壤硬度相は第4図の土壤硬度を深さ別に平均して求めた。

第4図および第5図によれば、青刈大豆の根群は深さ10cm前後および25cm前後の分布密度が大きい。すなわち地表から深さ10cm前後までの間は細根の密度が大きいが、硬盤の位置にさしかかる直前(深さ15cm)においては細根がほとんど影をひそめ、太い直根となって硬盤をつきぬけた後、再び細根を発生せしめている。

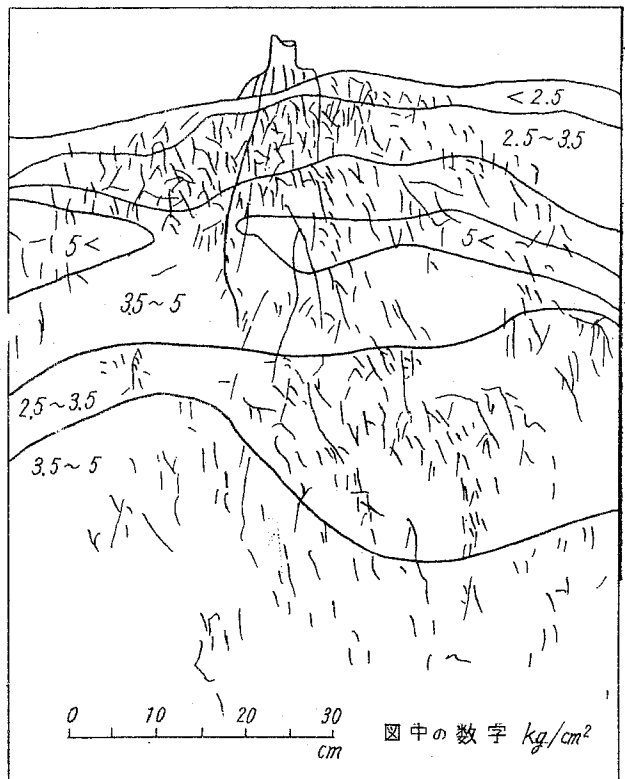
根群の横方向のひろがりについてもほぼ同様である。すなわち第5図についてみれば、硬盤が地表面すれすれに存在する右側のうね間には、ほとんど根群の伸長が認められないが、硬盤がやや深い位置に存在する左側のうね間では、硬盤の硬い箇所をすぎてから細根の分布がみられる。

2. デントコーン

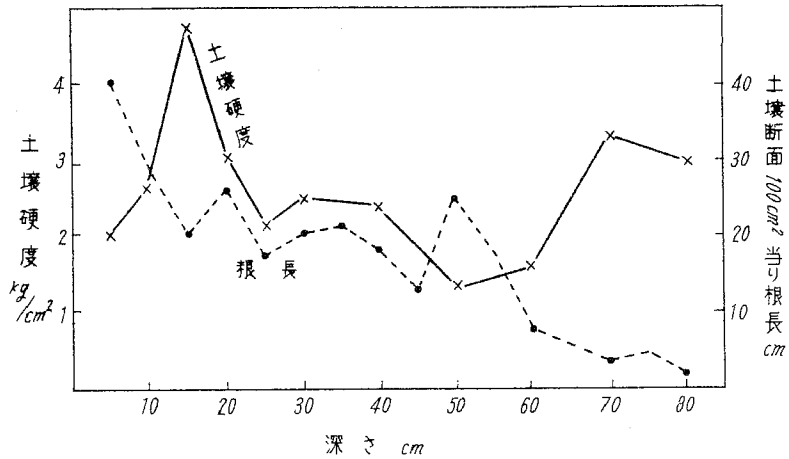
青刈大豆と同じ方法によって、デントコーン作付圃場についても第6図および第7図を得た。硬盤の硬さが青刈大豆圃場よりもやや軟らかく、最高6 kg/cm^2 にすぎなかったため、土壤硬度と根群分布との関係があまり明かではないが、それでも硬盤の位置では根群密度がやや低下していることがわかる。



第5図 土壤硬度相と青刈大豆の根長との関係



第6図 等硬度曲線とデントコーンの根群分布



第7図 土壌硬度相とデントコーンの根長との関係

III ホイールの踏圧による土壌硬度相の変化

前記の第2圃場すなわち深耕、碎土直後の圃場において、フォードソン・メジャー型による踏圧試験を行ない、ホイールの踏圧が土壌の圧縮および硬度におよぼす影響を実験的に求め、実態調査の結果と比較検討した。踏圧回数は2回および10回とした。

1. 沈下量および圧縮量

自転車の車輪のスポークを長さ3cmに切り、白色塗装した釘を深さ5cmごとに予め埋設しておき、その上をトラクターに踏ませた後、掘り出して各点の沈下量および各点間の圧縮量を求めた結果は第2表のとおりである。

踏圧2回では地表面が7.0cm沈下し、踏圧による影響が40cm（踏圧前の深さ）までおよんでいるのに対し、踏圧10回では前者が9.5cm、後者が50cmとなっている。踏圧2回、10回ともに、最も圧縮量が多いのは深さ5cmまでの地表面で、以下しだいに圧縮量を減ずるが、踏圧2回では深さ35cm前後に、踏圧10回では深さ45cm前後にやや圧縮量の大きい箇所がみられる。

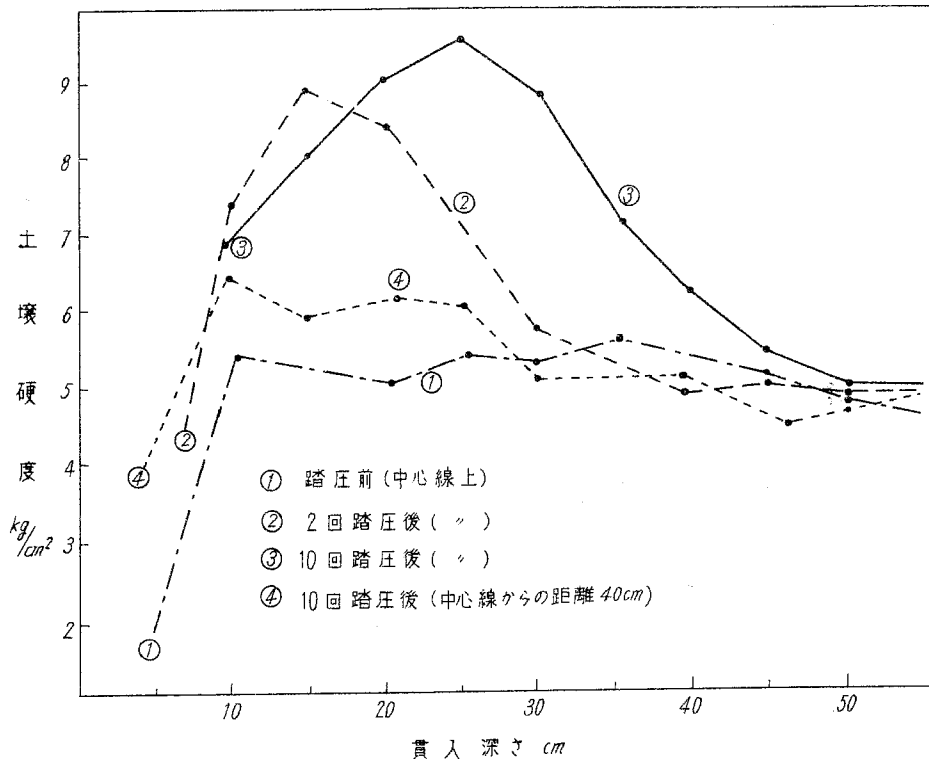
2. 土壌硬度相の変化

この圃場の踏圧前の土壌硬度相は第8図①のように、おおむね5~6輪で硬盤は全く認められない。

第2表 踏圧による沈下量と圧縮量

踏圧前の深さ cm	踏圧 2 回		踏圧 10 回	
	沈下量 cm	圧縮量 cm	沈下量 cm	圧縮量 cm
0	7.0		9.5	
5	4.5	2.5	6.8	2.7
10	3.2	1.3	5.3	1.5
15	2.3	0.9	4.4	0.9
20	1.4	0.9	3.6	0.8
25	1.1	0.3	3.1	0.5
30	0.8	0.3	2.5	0.6
35	0.4	0.4	2.0	0.5
40	0.0	0.4	1.5	0.5
45	0.0	0.0	0.5	1.0
50	0.0	0.0	0.0	0.5
55	0.0	0.0	0.0	0.0

踏圧2回後の土壌硬度相は②のように深さ15cm前後に明瞭な硬盤を生成し、その硬度は9 kg/cm^2 に達している。しかし、このような踏圧による変化は深さ約30cm以降ではほとんどあらわれていない。したがって前項の圧縮量測定結果とあわせて考察すれば、土壌硬度5~6 kg/cm^2 の畑地では、ホイールの踏圧2回は深さ30~40cmまで影響し、深さ15cm前後に硬度約9 kg/cm^2 の硬盤を生成する。同様に、踏圧10回の場合には、深さ40~50cmまで影響し、深さ25~30cmに硬度9~10 kg/cm^2 の硬盤が生成するといえる。また踏圧10回の中心線から40cm離れた箇所では深さ15~25cmに6~7 kg/cm^2 の硬盤の生成が見られる。以上のことはI~3の第3圃場(うね立、青刈大豆作)における実態調査の結果と非常によく類似している。



第8図 踏圧試験圃場の土壌硬度相

IV 人工硬盤による圃場実験

1. 実験方法

硬盤の土壌硬度と作物の生育との関係を更に明らかにするために、人工的にある硬さの硬盤を造成した圃場において、大根およびレーブを栽培した。岩手大学実験農場(洪積台地)の供試圃場を3区にわけ、各区とも深さ約20cmまで表土をはね、さらに約20cmを鋤で耕起した後、第1区は無テン庄のまま、第2区は3回、第3区は5回、タコヅキによってテン庄した上に表土をまきもどし、昭和37年8月16日に高倉大根を、9月16日にレーブを播種し、11月中旬まで観測した。圃場面積は1作物1区約10 m^2 で、個体数は約20本を目標とした。

8月29日に測定した土壌硬度相と含水比は第3表のとおりで、無テン区庄は地表から深さ25cmまで徐々に硬度をまし、3.5%に達し、それ以降はほぼ3~3.5%を前後し、全く硬盤をもたないが、3回テン庄区は深さ25~30cmに約4%の硬盤があり、5回テン庄区は深さ30~35cmに約7%の硬盤がある。この硬さは、前記踏圧試験のとおり、ちょうど大型トラクター10回踏圧の中心線から40cm離れた箇所の硬盤に相当し、うね間80cmの場合の作物の生育環境として想定することができる。

第3表 人工硬盤圃場の深さ別土壌条件

測定深さ cm	第1圃場 (無テン庄)		第2圃場 (3回テン庄)		第3圃場 (5回テン庄)	
	硬度	含水比	硬度	含水比	硬度	含水比
	%	%	%	%	%	%
0	0.3	30.2	0.2	30.9	0.2	37.1
5	0.4	31.1	0.4	29.3	0.7	34.8
10	0.5	35.7	0.5	32.0	0.7	38.9
15	1.6	35.9	2.6	40.7	4.7	34.2
20	3.0	36.5	2.8	47.3	3.5	42.6
25	3.8	42.2	3.5	50.0	5.5	49.4
30	4.0	46.8	2.2	47.6	6.5	48.9
35	2.8	50.1	3.0	48.1	5.5	44.5
40	3.8	49.7	3.5	42.4	4.0	43.1
45	3.0	47.5	3.0	—	3.5	—

2. 大根の場合

第4~5表に示すとおり、葉重、根重ともに、生育初期においては無テン庄区よりもテン庄区の方が大きい、生育が進むにしたがい、この傾向は逆になり、収穫時(11月4日、発芽後78日目)においては、ほとんど全ての諸元が無テン庄区、2回テン庄区、5回テン庄区の順に劣悪化し、特に5回テン庄は著しく劣り、根菜類の生育におよぼす土壌硬度の影響がはなはだしく敏感なことを示している。

第4表 大根の生体重(g)

	発芽後日数	30日目	40日目	57日目	78日目
葉重	第1圃場	196.8	435.2	685.0	842.5
	第2	260.9	314.9	612.5	870.0
	第3	255.9	350.3	695.0	730.0
根重	第1	211.5	478.9	1,045.0	3,137.5
	第2	280.5	351.2	1,005.0	2,915.0
	第3	277.8	399.4	1,152.5	2,190.0

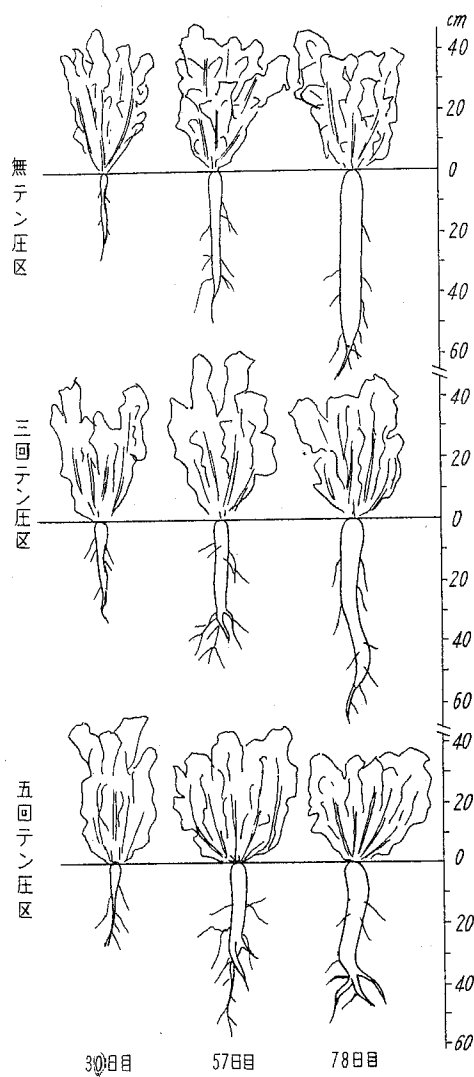
第5表 大根収穫時(78日目)の諸元

	葉 数	葉 長	根 長	全 量	葉量/根量	含水率
第1圃場	30.0	47.0	78.0	3,980.0	0.27	91.5
第2	27.0	48.5	72.0	3,785.0	0.30	91.4
第3	27.0	43.5	62.5	2,920.0	0.33	91.9

また各区の根形は第9図のとおりで、無テン区は全く異形が認められないが、2回テン区はやや先端の曲りが目立ち、5回テン区は地下25~30cmで股状の岐根を発生し、いちじるしい異形を生じている。以上の結果からみて、うね間80cm程度で根菜作を行なうに際しては、大型トラクターが同じうね間を2~3回以上走行しないよう留意を要し、栽培管理上どうしてもそれ以上の走行回数が必要される場合には、うね間を、80cm以上とする必要がある。

3. レープの場合

発芽後58日目(11月13日)における諸元は第6表のとおりで、大根とは逆にテン区の方がやや生育良好の傾向がみられる。特に5回テン区は葉部にくらべ根部の重量が著しく大きい。このことから、レープの場合には根菜類と異り、硬盤の硬さによる影響をほとんど受けていないといえる。したがって、レープ作に大型トラクターを導入するに際し、うね間を80cm前後にすれば5~6回程度の走行はあまり問題にならないと考えられる。



第9図 テン区回数と根形

第6表 発芽後58日目におけるレーブ

圃場	葉数枚	葉長 cm	根長 cm	生体重 (g)			
				全体	葉部	根部	葉/根
第1	6.8	24.0	20.9	29.8	27.4	2.4	11.6
第2	7.6	23.3	22.6	28.2	25.7	2.5	10.2
第3	8.7	24.8	19.2	37.7	34.6	3.1	11.3

圃場	絶乾重 (g)				含水率 (%)		
	全体	葉部	根部	葉/根	全体	葉部	根部
第1	4.0	3.4	0.6	6.0	86.5	87.5	75.8
第2	3.8	3.2	0.6	5.6	86.4	87.4	77.0
第3	4.6	4.0	0.6	6.4	87.8	88.4	79.4

摘 要

1. 数10年来人力耕作を続けた圃場や、大型トラクターで深耕、碎土したばかりの圃場では硬盤の生成が認められないが、管理作業のため大型トラクターが数回うね間を走行した圃場では、うね間で12~13%、うね部で9%前後の硬盤が生成し、青刈大豆、デントコーンの根群分布に影響をおよぼしていることが、実態調査によって明らかにされた。
2. 大型トラクターのホイールによって2回踏圧すると深さ15cm前後に約9%の硬盤ができる。10回踏圧では深さ25~30cmに9~10%の硬盤ができ、40cm離れた箇所でも深さ15~25cmに6~7%の硬盤の生成がみられる。
3. 硬度4および7%の人工硬盤を造成した圃場で、大根およびレーブを栽培した結果、大根では硬盤の影響がいちじるしく認められた。根菜作を大型トラクター作業による場合は、うね間を5~6回以上走行しないこと、うね間を80cm以上とすることが必要である。レーブ作は7%程度の硬盤では逆に生育良好の場合があり、土壌硬度による影響が認められにくい。

参 考 文 献

- 1) 涌井学・中沢宗一・芦川考三郎： 軽鬆土の耕耘に関する研究(第4報)、耕耘方法による土壌硬度の差異が根菜類の生育に及ぼす影響について、農業機械学会誌第12巻第1、2号、27~31頁(1951)。
- 2) 庄司英信・長崎明・涌井学・石川武男： もぐら暗キヨに関する研究(第2報)、水田土壌条件と穿孔機の牽引抵抗について、農業土木研究第26巻第4号、181~186頁(1958)



ダイキの

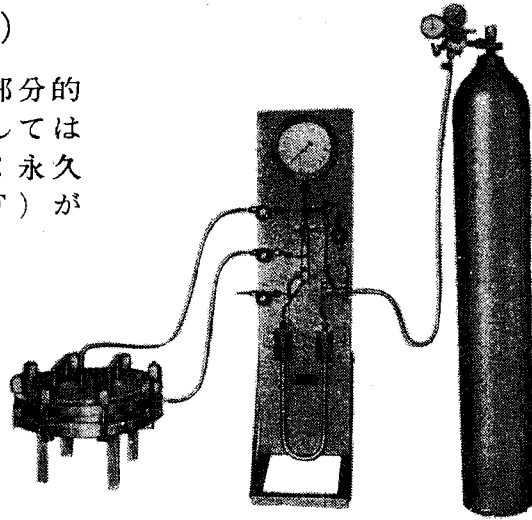
土壤物理性測定器械

加圧膜装置

(土壤溶液採集装置)

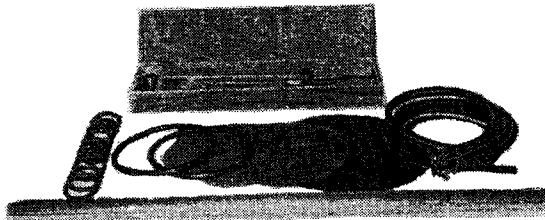
本器はリチャード型を部分的に改良し、加圧膜装置としては有効水分領(1~15気圧:永久萎凋点)の水分張力(PF)が測定できます。

また、土壤溶液の採集には、任意の張力範囲で、しかも変質されない多量の土壤溶液が容易に抽出できる装置であります。



本装置の特徴

- (1)測定法が簡便で、かつ同時に多数のPFが測定できます。
- (2)改良せる気密装置および配圧盤は堅ろうで、その調整操作も簡単です。
- (3)溶液の抽出径はステンレス材にて作られており、溶液組成の変質は完全におさえられています。



DIK実容積測定装置
 DIK団粒分析装置
 DIK透水性測定装置
 DIK土壤PF測定装置

DIK通気性測定装置
 DIK土壤巡選送風乾燥器
 DIK誘電式土壤水分測定器
 土壤硬度計・ピベット分析器

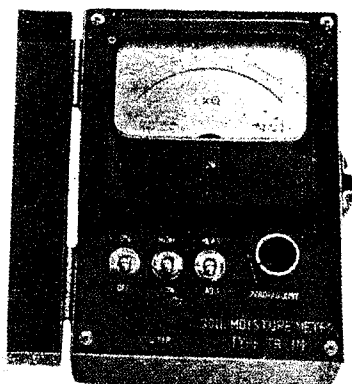
大起理化工業株式会社

東京都荒川区町屋2丁目16番地2号

TEL. 東京 (802) 2 1 9 1 (代表)

電気抵抗式土壤水分測定器

トランジスター利用



製造発売元

イシゲ計器工業所

東京都大田区雪ヶ谷町九一九番地

TEL (729) 6787

1. 原理

本器は、2個の電極を内包した吸湿体を土壤中に埋没し、周りの土壤水分と吸湿体の水分が平衡に達した後、電極間の電気抵抗をメーターで測定する。したがって、本器は二つの主要部分から成り、一つはメーターで直流を交流発振せしめ、土壤内及び吸湿体内で起る分極作用及び電解作用を抑制する様にしてある。吸湿体は土壤水分の変化に対して、電気抵抗の変化が起る様に無数の微細孔隙を有する石膏ブロックを使用する。

土壤水分含量を知るには、あらかじめ供試土壤の既知の種々の水分含量における抵抗値を測定して、キャリブレーションにより求められる。したがって土壤水分張力を知るには、土壤水分含量—張力曲線から、夫々の水分含量に対応する抵抗値から求め得る。

2. 測定器の特色

- ① 土壤中に埋没後は、末撓乱状態のまま、土壤水分の変動を連続的に知り得る。
- ② 吸湿体は、任意の場所に据えられ、配線により、多くの地点の測定を一個所でまとめて測定出来る。
- ③ メーターによる操作であるから、測定は簡単で、能率的であり誰でもすぐ出来る。メーターは携帯用にできている。
- ④ 吸湿体は電極を内包しているため、土壤中の電氣的影響が少い。
- ⑤ 土壤水分含量を知る許りでなく、キャリブレーションにより土壤水分張力の変動もわかる。
- ⑥ 大よそ、PF2.0~4.2の作物に有効な水分範囲の測定が出来る。

主要製品

土壤溶液採取装置
自記マノメーター
精密自記蒸発計
簡易自記水位計
自記蒸発散位計
自記風向風速計
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
及 各地試験場
各大学 其他

東京都世田谷区玉川用賀町1の22
合資会社ウイゾン工業社

代表社員 森 武保
技術士

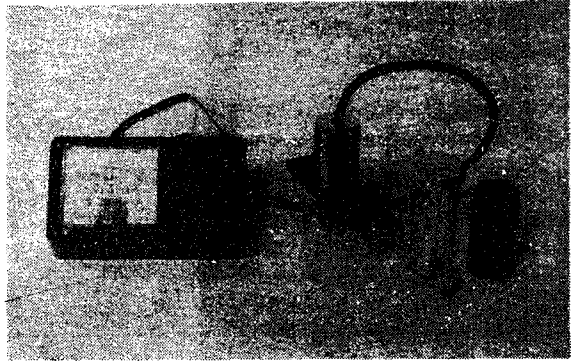
電話 (701) 0531番

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
ルスクメーター
各種科学計器



携帯用ケース付 ¥ 12,500

理研科学測定器研究所

東京都台東区神吉町5-2 (三鷹計器内)
電話 (871) 4307, 4925

TEMPORON

強カテンポロン2号

タバコ・蔬菜の苗床の土作りに
果樹園の土壌を若返らせ、樹勢を回復させる地力の素

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% (天然堆肥の約30
倍の濃度) も含んでいます。
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。

発売元



三菱商事株式会社

本社 / 東京・丸の内 電 (211) 0211 (代表)

製造元

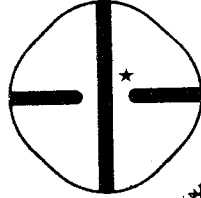


天北化学株式会社

本社 / 東京・神田司町 工場 / 北海道・幌延

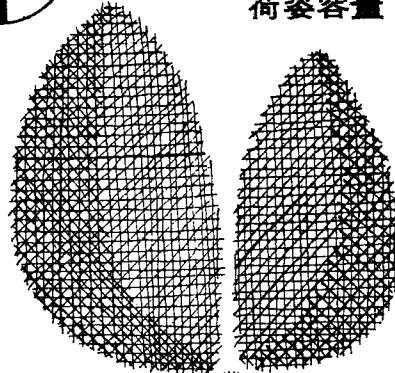
あなたの収穫を
お約束する

堆肥のエッセンス



フミゾール

荷姿容量 正味 10kg 紙袋入



- フミゾール10kg (2貫600匁)は堆肥 150貫に相当します。
- 特にリン酸肥料の効めがよくあらわれます。
- フミゾールは土壌を改良します。

製造元

北海道炭礦汽船株式会社

本社 東京都中央区日本橋室町2-1(三井三号館)
電話 東京 (241) 代表 1206・7691・7951
営業所 札幌・仙台・名古屋・大阪

—お 知 ら せ—

第5回土壌物理研究討論会

テーマ：土壌の圧縮および鋤床、盤層の生成
 と き：昭和38年11月27日(水) 10.00~16.30
 と ち ろ：東京大学農学部3号館4階403番教室
 講 演：

土の締固めと透水性について

多田 敦(東京大学)

転動荷重を受けた地盤の挙動と締り

佐々木次郎(農業土木試験場)

干拓新田における盤層の形成過程について

米田 茂男(岡山大学)

畑における犁底盤について

山田 忍(帯広畜産大学)

畜力耕起による耕盤形成について

佐藤 清美(農事試験場)

講演の後で自由討論を行ないます。また討論会終了後、山上会議所で懇親会(当日受付)を催します。

新 入 会 員

南 松 雄	札幌市琴似町八軒	道立農試化学部
齊 藤 恵 亮	前橋市江木町1251	群馬農試
山 田 要	〃	〃
細 野 義 則	中央区日本橋小網町2の14	東化工KK 技術 部
菅 谷 五 郎	千葉県印旛郡栄町安食 942	
大 垣 智 昭	神奈川県中郡二宮町二宮 1217	
北 村 一 人	長野県塩尻市 桔梗ヶ原高校	
岩 崎 一 男	京都市左京区北白川	京大農学部
高 田 徹 也	京都市左京区北白川	京大農学部
古 川 久 雄	京都市左京区北白川	京大農学部
岩 垣 功	香川県善通寺市仙遊町	四国農試
福 川 利 玄	宮崎市京塚町 202	県立農試
福 本 勇	〃	〃
室 田 昇	〃	〃
山 崎 芳 信	〃	〃

退 会 者

賛 助	富士平工業株式会社
東 京 都	潮田常三、熊沢喜久雄
福 島 県	玉 村 貢、神奈川県 中 村 充
鳥 取 県	坂 東 孜 朗、鹿児島県 筑 島 安 宏

住 所 変 更 (新住所のみ)

大起理化工業KK	東京都荒川区町屋 2丁目16の2
岡村俊民	帯広市川西町 帯広畜産大学農業機械科
小林荘司	札幌市琴似町八軒 道立農試化学部
豊田広三	北海道枝幸郡浜頓別町 道立農試宗谷支場
中井義夫	札幌市北三条西6丁目道庁農地開拓部開拓課
渡辺公吉	札幌市琴似町八軒 道立農試
今井富蔵	仙台市石垣町 3 7
和田山利明	福島県相馬市 県立農試浜支場
今井正信	埼玉県鴻巣市鴻巣1227 農業機械化研究所
鏡木豪夫	〃
武長 孝	〃
平田孝三	〃
藤井清信	〃
三浦恭四郎	〃
石井和夫	埼玉県北足立郡北本町荒井農林省農試畑作部
藤沼善亮	〃
大西英夫	浦和市高砂町3の37 農林省利根川水系農業水利調査事務所
鈴木重義	東京都府中市幸町東京農工大農業生産工学科
高木信一	東京都北区西ヶ原 農技研
手塚右門	東京都千代田区霞ヶ関 農林省農林水産技術会議
松田松二	千葉県東葛飾郡我孫子町 電力中央研農電研究所
村田恒治	甲府市橋町18 県庁内山梨県肥飼料検査所
永井政雄	長野県茅野市 農林省高冷地支場
鈴木信治	愛知県豊橋市飯村町高山 県立農試豊橋経営実験農場
西出 勤	岐阜県稲葉郡那加町 岐阜大農学部
増島 博	福岡県筑後市和泉 九州農試

名簿(8号掲載)訂正
 1頁 2行目 昭和37年4月現在→昭和38年4月現在
 10頁 高知県県立農試の所在地は南国市大桶

土壤の物理性 第9号

(会 員 配 布)

1963年10月27日 発行

発 行 土 壤 物 理 研 究 会

京都市左京区北白州

京都大学農学部 土壌学研究室内

電話京都⑧ 8 1 1 1 (京大) 学内723

振替貯金番号京都2295

印 刷 昭 和 堂 印 刷 所

京都市上京区上長者町通室町西入南側

電 話 ④ 1 6 5 9 番