

Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan

# 土 壌 の 物 理 性

第 4 号

土 壌 侵 蝕 特 集

昭 和 36 年 3 月

### 綜 説

土壤水分吸引測定装置の改良について……………石川武男・徳永光一・月館光三

### 資 料

傾斜地茶園の土壤保全について……………森田昇

関東ローム地域における浸透と侵食について……………金子良

地力変動観測施設の設計及び問題点について……………沼尾林一郎・鈴木秀平

金井徹・琴寄融

### 報 文

土壤の固結度及び連結度について

風蝕に関する土壤肥料学的研究(第5報)……………国分欣一・板川秀雄

果樹園土壤管理法と土壤構造に関する一考察……………吉良八郎

### 随 想

土壤侵食と土壤侵食防止と土壤侵食防止工事と……………八幡敏雄

## 土 壌 物 理 研 究 会

東京都北区西ヶ原 農業技術研究所化学部内

# 会 報

## 訂 正

第3号掲載の規約中、第5条 会費正会員年額100円とありましたが印刷の誤りですから、200円に訂正します。

### 昭和35年度第2回評議員会議事録

昭和35年9月31日 於農技研西ヶ原

出席評議員 山中金次郎 吉良芳夫 山崎不二夫  
美園繁 以上4名

- (1) 現在の会の財政状態では近く会費の値上げを考えねばならない。
- (2) 評議員今井富蔵氏の辞任に伴い、藤原彰夫氏に後任をお願いする。
- (3) 次の研究討論会は4月初旬農技研西ヶ原で行い、テーマは土壌侵蝕(水蝕)とする。
- (4) 会誌No.4は研究討論会の資料の特集とする。

### 編集委員会協議事項

35. 9. 10. 出席者 瀧嶋, 椎名, 八幡, 寺沢, 山中  
編集委員会の性格, 体裁, 運営について討論が行われた。

35. 11. 14. 出席者 瀧嶋, 八幡, 小中, 寺沢, 椎名, 山中  
1) 編集委員会の委員長を評議員の中から選ぶ。

2) 会誌の性格についての討論  
対象—土壌, 方法—物理学的方法という結論に到達した。

3) 編集方針: 会員の現在の構成から考えて、解説的な内容が必要である。広く問題を提起できるように、随想、投書などのらんを設けた方がよい。

4) 原稿の審査方法: 原稿が集ったら委員会を開いて分担を決める。

数日後再び委員会を開いて採否を決める。

5) 松井氏質問書の件: 不採用の理由を明かにした返答書を送る。

6) No.4の原稿依頼について

36. 2. 7. 出席者 吉良, 瀧嶋, 八幡, 寺沢, 小中

- 1) 委員長を評議員吉良芳夫氏にお願いした。
- 2) 原稿の枚数制限を厳守させ、会誌の印刷費は会費でまかなえるようにする。
- 3) No.4の印刷体裁の決定。

- 4) 原稿審査結果の報告, No.4掲載範囲の決定
- 5) No.4発行の際、会誌の内容についてアンケートを行う

### 第3回研究討論会予告

期 日 昭和36年4月8日 午前9時—午後1時  
場 所 東京都北区西ヶ原農技研新館 2階会議室  
テーマ 土壌侵蝕(水蝕)  
問題提出者(予定) 金子良, 沼尾林一郎, 川村一戸稔, 森田昇の諸氏

### 新 入 会 員

佐々木昭四郎(岩手農試) 鈴木隆(山形大農) 橋本教(茨城農試) 沼尾林一郎(群馬農試) 丸岡詮(東山農試畑作) 安氏優(千葉農試東金) 足立嗣雄(農技研化) 山田裕(同) 森川正雄(農技研農土) 清夫(信州大農) 小穴岳夫(長野県南安曇農高校) 一勝(長野県塩尻市) 植田精一(山梨農試八ヶ岳) 藤敏雄(静岡農試) 山崎欣多(富山農試) 長田昇(重大農) 中村忠春(愛媛大農) 井上裕(香川大農) 野邦彦(熊本農地事務局) 松永義迪(宮崎農試) 嵩(鹿児島大農)

### 移 動

森田昇(東海近畿農試→名古屋農地事務局) 小原勝(関東東山農試→愛知農試) 石居企救男(関東東山農試→埼玉農試) 増田治策(北陸農試→新潟農試) 西功(静岡農試→滋賀農試) 久保田正光(四国農試—興局研究部)

### 退 会 者

下村和子(農技研化) 中馬克己(鹿児島農試) 長田男(新潟農試)

### 賛助会員社名変更

理研興業株式会社→理研科学測定器研究所  
台東区神吉町52, (871) 4307, 4925

昭和36年2月17日現在

正会員 434名 賛助会員 9

# 綜 説

## 土壤水分吸引測定装置の改良について

石川武男・徳永光一・月館光三

岩手大学農学部

### は し が き

遊離エネルギーによる土壤水分の表示とその解析は、土の構造や透水性をはじめとして、その物理的・力学的諸性質の解明につと、きわめて有効な方法であつた。しかしながら、その測定法は未だ普遍的なものが確立されているとはいひ難い。ここではpF 3.0以下の低領域での吸引法について、多くの研究者が創作した各種装置の改良と発展の跡をしらべ、筆者らが用いている装置に言及したいと思う。

#### 1. 諸研究者の吸引測定装置

まずこれまでに改良製作されてきた諸装置から、主なるものの特徴と、若干の所感をくわえ改良と発展の跡をたどつてみることにする。

##### 1) Haines<sup>1)</sup>の装置(1930年)

ビューレット内の水位をコックにより調節することで、ブフナー漏斗内の試料に任意のサクシオンが作用する。平衡後のビューレット内水位変化により試料の含水量を知る。試料寸法は、 $\phi 9\text{ cm} \times$ 高さ2 cm。Hainesはこの装置で理想土壌と砂についてヒステレシス曲線の測定を行つた。

(筆者所感) 後述するRussellの装置の原型に当ると考えられる。これらHaines型の共通点として脱・吸水量によつて、最初の作用圧が変化するため平衡に達した時は、所期の負圧が作用できない欠陥がある。

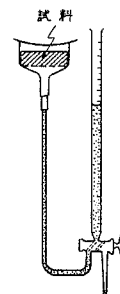
##### 2) Schofield<sup>2)</sup>の装置(1935)

ブフナー漏斗に濾紙を敷き、その上に吸引を行いながらシルトを厚さ1 mmに敷いてフィルターとする。吸引圧を一定に保つて脱水の終了後、試料を取出して含水量を測定する。

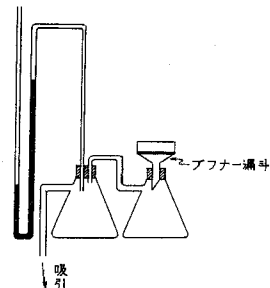
(所感) 圧力を変えて、同一試料を連続的に測定できないこと、吸水系の測定が行えないなどの欠陥がある。しかし、フィルターから多少の空気が洩入しても測定可能なことや、装置の簡便さから今日でもなお用いられているものの一つである。本装置の使用はBouyoucosの方が古く、1927年に同様な装置を用いている。

##### 3) Bradfield<sup>3)</sup>とJamisonの装置(1938)

試料からの脱・吸水量は、ほぼ水平に横たえたピペットの目盛変化で観測する。吸引圧は電磁弁の開閉によつて、一定圧に調節させながらサッカーで作用する。フィルターはLivingston蒸発計チューブや $\frac{5}{3}$ バクテリア・フィルター(孔隙径1~1.5  $\mu$ )を用いた。こ



第1図 Hainesの装置  
(1930)



第2図 Schofieldの装置  
(1935)

れらは水銀柱-60cmまで空気の洩入を  
生じない。

(所感) Hainesの装置は脱・吸  
水量によつて作用圧が変化する。しかし  
本装置では量水ビュレットが水平のた  
め、真空調節装置が附属すれば非平衡状  
態においても一定圧を維持できる。測定  
領域も pF 2.9まで拡張されており、吸引  
法として、ほとんど完成の域に近い。

(ただし、真空調節装置はRichards

の考案によるものである。)わが国では、上記フィルターの入手が困難なこと、圧力調節装置が繁鎖で  
高価なため本装置の製作は行われていないようである。

4) Richards<sup>4)</sup>の装置(1938)

正圧と負圧を作用させ、試料に対して水銀柱150cm程度までの張力を加えることができる(張力  
 $T = h_1 + h_2 - \frac{h_3}{13.6}$ )。Richardsはこの装置をPressure cellとよんでいる。二重壁自  
働かん水ボットを利用して、加圧部分を改修した装置である。試料容積は68ccであるが、必要があれば  
2400ccの自動かん水ボットを用いることもできる。

水分変化はビュレットで観測するから、連続的に圧力を変えて測定できる。0.02cc/day以下の  
水量変化に達した時を平衡状態とする。脱・吸水両過程の測定ができる。

(所感) 正圧と負圧を用いた点が  
独特である。吸引法装置というよりは、  
1947年にRichardsが完成する圧  
膜脱水装置の原型とみられる。

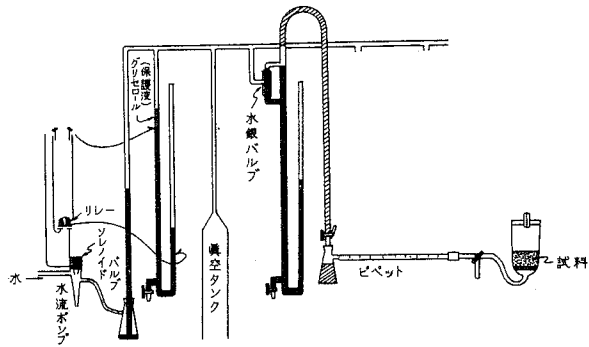
5) Russell<sup>5)</sup>の装置(1942)

外管を上下することにより、試料に  
張力をあたえる。重液と水の界面変動  
により水分変化量を測定し、張力は  
 $H = a + b + s \cdot c$  (水柱cm)であたえ  
られる。重液はテトラブromエタン  
( $s = 2.97$ )又は水銀を用いる。フィ  
ルターはシンタードガラスを用いて  
-140cm(水柱)まで測定している。

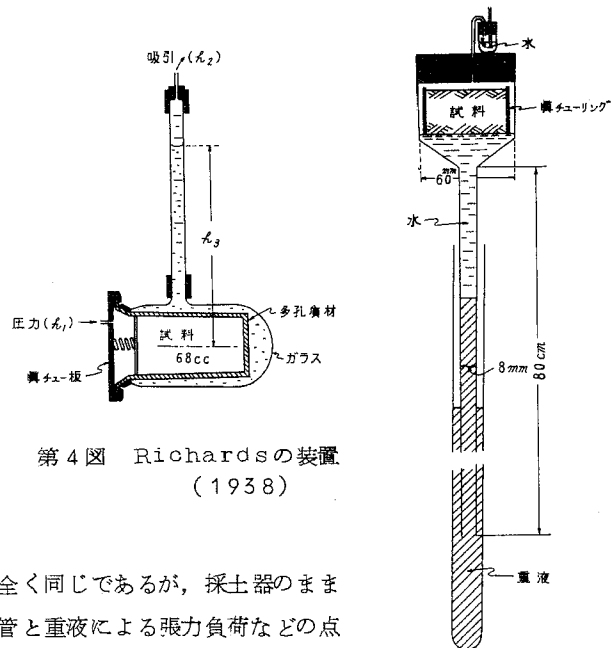
(所感) 原理はHainesのものと同じであるが、採土器のまま  
不攪乱試料をセットできることや、二重管と重液による張力負荷などの点  
で一步前進しているとみられる。しかし8)に述べるような欠陥がある。

6) BendixenとSlater<sup>6)</sup>の装置(1946)

主として、野外試験に用いる装置で、-60cmの負圧で1時間観測を続け



第3図 BradfieldとJamisonの装置(1938)

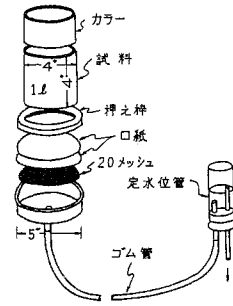


第4図 Richardsの装置(1938)

第5図 Russellの装置(1942)

て終了する。1時間以内における脱水量～時間曲線の形から、孔隙分布の傾向と透水係数の大小を知ることが目的とする。フィルターは濾紙2枚を重ねて用いる。定水位管を上下して所定の負圧を作用させ、脱水量は定水位管からの溢流水を測定する。Smith, Browning, Pohlman らの装置を現地試験用に単純化したものである。

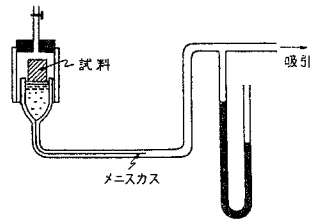
(所感) 水柱差によつて負圧を作用させる点はHainesの装置と同じ原理であるが、定水位管を用いて脱水量による圧力変化を防止した点は注目してよい。但し吸水系は測定できない。現場で短時間に測定が可能なこと、不攪乱採土による透水係数の測定よりも本装置の測定結果の方が、浸透速度の判定に信頼性が高い点などBendixenらの主張は今後も検証するに値する。なお筆者らの経験によれば国産濾紙の漏気圧も2枚重ねで-60cm程度であつた。



第6図 Bendixenと Slaterの装置 (1946)

7) Cronneyの装置 (1952)

原理図のみで詳細図は示されていないが、フィルターはシンタード・グラスで測定結果はpF 2.8まで示されている。非圧縮性、半圧縮性、圧縮性の三種土質についてヒステシスを測定している。試料土は路床・路盤のものである。



第7図 Cronneyの装置 (1952)

(所感) 原理はBradfieldのものと同様であるが、試料土を採土環からはずして収縮・膨張を自由に行っていることは注目すべきであろう。

8) 内山・西塚の装置 (1954)

Russellの装置では次のような欠陥があるので、これを改良した装置である。i) 吸引圧零点の位置を精確に求められない。ii) 脱水量が多い時は重液界面が甚しく低下し所定の負荷圧を作用できなくなる。iii) 試料飽和のための給水装置が必要である。iv) 重液・テトラブromエタンは高価で、数回使用の後は白濁して使えなくなる。

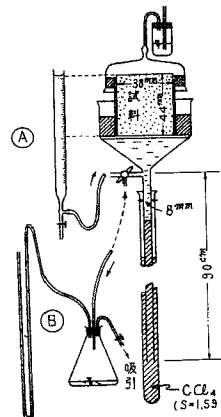
これらの点を改良して装置④により試料飽和の便をはかり、⑤によつて過剰水の排除を可能とし、重液として安価な4鉛化炭素を用いた。また、吸引圧零点は飽和試料表面にとるべきことを明らかにした。フィルターはG4シンタードグラスを用いた。

(所感) Russellの装置を大きく改良した意義は認められるが、Haines型共通の欠陥として非平衡時の圧力が一定に維持できない点は本装置においても改良されていない。

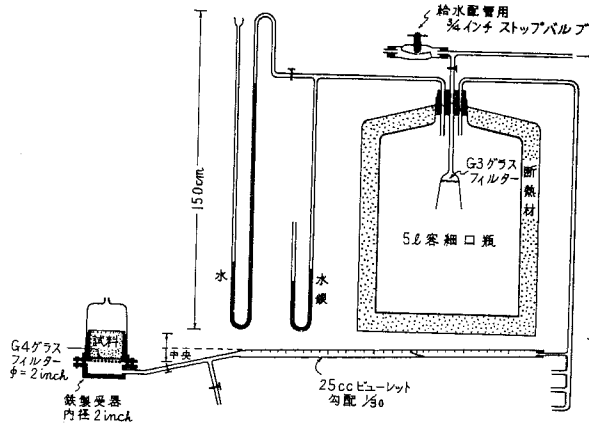
9) 北岸・沖田の装置 (1956)

Bradfield型3)について次の点を改良したものである。i) 吸引圧調節装置を簡便化した、ii) 不攪乱試料をセットできるようにしたこと。

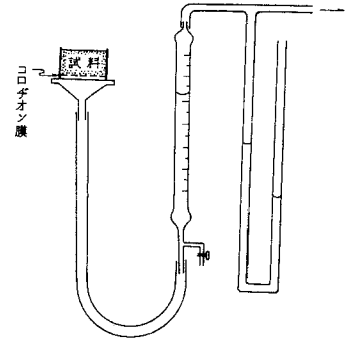
(所感) 後述する。



第8図 内山・西塚の装置 (1954)



第9図 北岸・沖田の装置(1956)



第10図 真下の装置(1957)

### 10) 真下の装置(1957)

フィルターはコロジオン膜を用い(3.3%のコロジオン水醋酸溶液に炭酸カリをコロジオン量の $\frac{1}{4}$ に加え,真空乾燥濾紙をこの溶液に浸漬し,引上げて余瀝を除き手早く水中に入れて固まらせ,よく水洗いする), $pF 0 \sim 2.7$ の測定を行つている。減圧吸引によつて土壌より引き出された水の量をビューレットで読み取る。試料は400caの採土円筒で採取したものを飽和後円筒のまま漏斗にセットする。脱・吸水両系の測定が可能である。

(所感) 外観はHainesのものと同様であるが,負荷を水柱差であたえるのではなく,減圧吸引によつている点は,SchofieldやBradfield型と同じである。取扱い簡便であるが,抽出水による圧力変化の調節は人為操作にまたねばならぬようである。しかし,コロジオン膜の作成に改良を試みている点を注目すべきである。

## 2. 装置改良の問題点

### 1) 装置に必要な機能

前節で年代順に各種装置を概観したが,これらの装置がそれぞれに有する特長や,筆者らの経験を総括して,より優れた機能をもつために装置の機能にはどのような点が必要であるかを挙げて見る。たゞし,実験の目的に応じて,必要な機能も多少異ってくるが,ここでは $pF$ -水分特性曲線の観測を目標として論ずる。

- (i) 同一試料について,各張力段階に応じた平衡水分を連続的に測定できること。
- (ii) 脱・吸水系の切替え測定が連続的に行えること。
- (iii) 水分の非平衡時における負荷張力が,一定値を維持するよう自動調節されること。
- (iv) 試料に接触するフィルターの精能(漏気圧,透水性,耐用性)が優れていること。
- (v) 水分変化に応じて試料容積の収縮・膨脹が自由なこと。試料は自然状態のものもセットできること。

以上の各要素はいずれも,その重要性において優劣をつけがたいが,(i)(ii)(iii)は装置の機構全体に関係し,(iv)(v)は装置の部分的改良に待つことができるので本稿では主として(i)(ii)(iii)の諸点を問題として,前節に述べた各種装置を検討する。

## 2) 水頭負荷式と気圧差負荷式の比較

従来、わが国では吸引装置を垂直型と水平型に分類することが行われているが、これは量水ビュレットが外見的に垂直か水平かということに着目した分け方で、きわめて便宜的なものと思われる。

しかし、筆者らは各装置の特性を比較し、さらに今後の装置改良の方向を明らかにする立場から、試料に対する張力負荷方式によつて前述の各種装置を大別してみたい。装置1) 5) 6) 8)などは、いずれも水柱(重液柱)の水頭差で負荷されるから水頭(または重力)負荷式とよぶことにする。これに対して2) 3) 4) 7) 9) 10)などは真空ポンプによる気圧差で負荷を行つているから気圧差負荷式と呼ぶことにする。

この両方式が前項で述べた“装置に必要な機能”(i)(ii)(iii)を、いかに満足させたかについて以下に検討する。

(i)の連続測定については、装置(2)を除けば負荷方式の如何を問はず可能であり、大部分の装置が量水ビュレットを用いて解決している事は、今後の装置改良においても継承されるであろう。

次に(ii)の脱・吸水系の切替についても装置2), 6)を除けばいずれも可能であり、その特長は試料・フィルター・量水管の三者が連続水柱によつてつながっていることである。この点も今後にうけつがれる方法と思われる。

第3に負荷方式によつて異なるのは(iii)の張力変化に対する自動調節の問題である。前節の各種装置で見た通り、水頭負荷式ではこの点がすべて人為調節にまかされており、自動化されたものは一つもなかった。これに対して気圧差負荷式の3)では自動化されている。そこで自動化を可能あるいは不可能にした理由について考えると、(i)水頭負荷式では、量水管中の水位増減による張力変化を調節するには量水管の位高調節をはからねばならなかつたが、これは装置として自動化が困難であつた。しかし、(ii)気圧差負荷式では、張力変化が空気圧変化として現われるから、真空調節装置を用いればよい。空気圧調節の方が、量水管の位高調節に比べて、自動化が容易であつたと思われる。したがつて、従来の装置を気圧差負荷式と水頭負荷式に分けて考えた場合、張力自動調節については前者が後者より優れていたと云うことができる。

しかし、張力の自動調節の可能性についての、より本質的な問題は装置が次の2つの機構的条件を満足していることにあると思われる。この条件が満たされていれば、水頭負荷式であつても将来においては張力の自動調節が可能になると思われる。すなわち、

a) 量水管と張力負荷源が分離していること。

b) 量水管が定水頭であること。

a)については、気圧差式では総て必然的に分離が行われている。これに対し水頭負荷式では殆ど行われていない。しかし水頭負荷式でも装置6)のような方式で、定水位管の下部に量水管を設置すれば分離は可能となるのである。b)は装置3) 7) 9)では量水管を水平にすることで解決しているが、後述する筆者らの装置のように垂直型でも解決は可能である。

いずれにしても、張力調節の自動化を計る場合、上記a) b)の機構的条件を満足する装置が今後の改良の方向とならう。以下に述べる筆者らの装置もその試みの一つである。

### 3. 筆者らの装置

筆者らは1.9)に述べた北岸・沖田らの装置を2~3年使用してきた結果、その簡便さにおいて有用

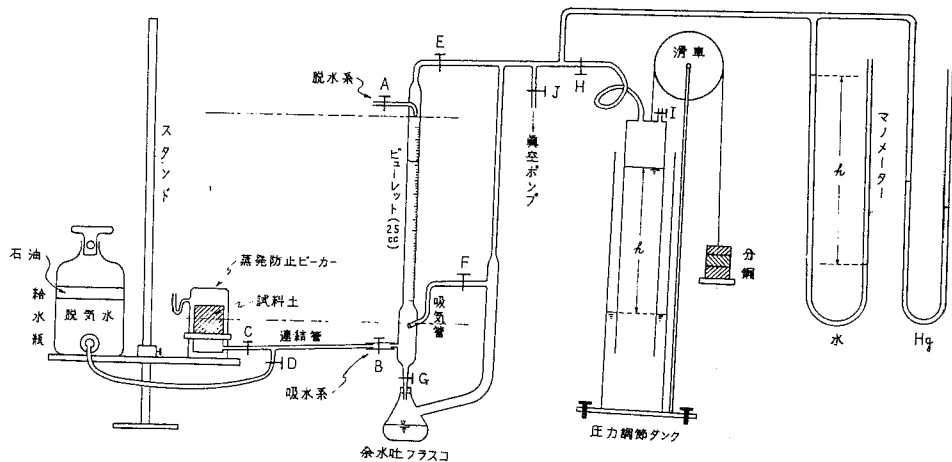
な測定法であることを確認したが、次に述べるような二三の欠陥をも認め漸次改良の末、今日では殆ど原型をとどめなくなった。まず北岸式装置の欠陥を要約しよう。

1) 北岸式では圧力調節を人為操作で行うのが原則である。緩衝タンクにより調節操作を軽減しようとしているが、この緩衝機能はほとんど期待できない。(特に夜間など無人で実験を継続できない。)

2) 北岸式はG4 グラスフィルターを用いて pF 2.30 まで測定する。それ以上の高圧はG4 フィルターの上に Zsigmondy のメンブラン・フィルターを貼付する。筆者らの経験ではメンブラン・フィルターは、1~2回で破損した。又貼付作業もなかなか困難であつた。国産のG4 グラスフィルターは pF 2.0 程度が限度であつた。

3) 量水ビュレットがほぼ水平 ( $\frac{1}{90}$  の傾斜) である。そのためメニスカスが長円形となる。したがってメニスカスはビュレット内の位置によつて、形状が不規則となり観測誤差は大きくなり易いなどである。

筆者らはこれらの点を改良したが、その概要は第11図に示す。(改良された装置は2連式であるが、図は1連式を図化してある。)



第11図 土壌水分吸引測定装置(改良型)

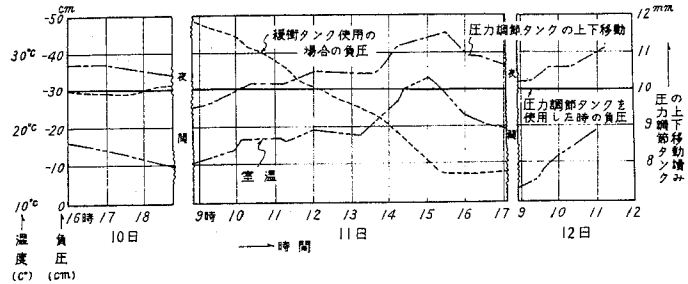
### 1) 圧力タンク

吸引圧は滑車を通じカウンターウェイトによつて作用させる。ウェイトを調節することにより任意の負圧  $h$  を得る。気温変化と脱・吸水量による圧力変化は、ウェイトと滑車で自動的に調節され、恒圧を維持する。理論上はタンクの上げ下げにより水中部分のシリンダー壁(高さ  $\Delta h$ ) の排除する水の浮力だけウェイトの相対的重量に変化が生じ、圧力調整に誤差が生ずるはずである。しかしタンクの断面積が十分に大きいので、実験的にはほとんど完全な恒圧が得られる。第12図は改良タンクと北岸らの緩衝タンクによる、圧力調節機能の比較試験結果(試験中人為調節を加えない)である。改良タンクは気温の変化  $10^{\circ}\text{C}$  に対し、圧力の変化は  $\pm 0.2\text{cm}$  で、ほとんど恒圧とみなすことができる。気温変化に対するタンクの上下移動はきわめて敏感であつた。

(改良タンクの寸法) 内側シリンダー  $\phi 11.0\text{cm} \times 125\text{cm}$   
外側シリンダー  $\phi 12.0\text{cm} \times 115\text{cm}$



(構造上の注意) シリンダの材料は1.5mm厚の鉄板、ペンキ塗装で、とくに内側シリンダ断面は上下一様にするのが原理的に必要である。又滑車は軸受にベアリング付とし、直径の大きい(φ2.2cm)単一滑車がよい。10gFの重量差でも滑動するよう配慮した。



第12図 圧力調整機能比較試験(負圧30cmにおける試験)

(操作並に利点) ウェイトを加減するだけで所要の圧がえられる。-100cmには約15kgの分銅を必要とし、100gFが約1cmに相当する。構造・操作が単純であるため、故障はほとんどない。

(使用限度) 構造上-100cm程度が限界であり、pF 2.0以上については目下研究中である。

2) フィルター及び試料セット

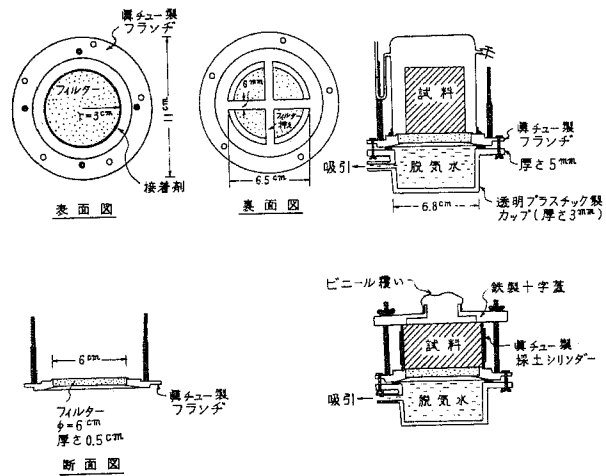
(フィルター) フィルターは、G4 グラス・フィルターと石膏フィルターを用いた。前者はpF 0~2.0、後者はpF 0~2.8まで測定可能である。石膏フィルターはテンションメーターのポーラスカップと同一の材質である。フィルター寸法は直径60mm、厚さ5mmの円盤で第13図のような真鍮製フランジに固定した。又フィルターの透水係数は次のとおりである。

ガラスフィルター  $k = 3.41 \times 10^{-5} \sim 9.47 \times 10^{-6} \text{ cm/s} \cdot \text{cm}^2$

石膏フィルター  $k = 1.35 \times 10^{-7} \sim 2.24 \times 10^{-8} \text{ } "$

石膏フィルターは、kの値から推定できるように、通水が悪く、測定に長時間を要するのが欠点である。けれども測定領域をかなり大巾に広げることができる。又両フィルターはくり返し使用に耐え、筆者らのガラスフィルターは3年、石膏フィルターは1年間用いている。

(フランジ) フランジは脱気水中で、カップとボルトで接合する。フィルター底面は、気泡付着を防止する意味では全面露出させたかったが、pF 3.0近くの吸引



第13図 フィルター、フランジ並に試料取付図

圧でフィルター破損のおそれもあったので、十字型の支えを残した。この支えとフィルター底面との間は、接着剤で密着し、空間を生じない。

(接着剤) フランジは真鍮製で、これと上記各フィルターとの接着は、実際にとつて重要である。筆者らは木材用ボンド、セメダインNo.1500等を用い、負圧をかけながら、更にパラフィンを塗布した。

フランジが鉄製又はガラス製のときは、歯科用のセメントでもよい。

(試料) 供試土は $\phi$  5.0 cm, 高さ約 5.0 cm (100 cc) の採土シリンダーから抜きだした状態で、直接フィルターにのせる。したがって吸水・脱水による試料容積の膨脹・収縮を自由に行わせることができる。今後は測定前後における試料の容積変化を、測定できる方法が必要と考える。砂土のように自立できない試料は、採土シリンダーをフランジに固定したまま供試する。

(カップ及び給水びん) フィルター、フランジを取り付ける下部の受器は、透明硬質ビニール製のカップとして、気泡発見を容易ならしめる。又給水びんには、 $-70$  cm Hg で脱気した水を用い、上部に石油を厚さ約 1 cm 入れ、空気の溶解を防いでおく。

### 3) 脱・吸水量測定のプロューレット

第 1 1 図に示したように量水プロューレットは垂直にした。25 cc で最小目盛  $\frac{1}{10}$  cc である。吸水系の場合図のようにプロューレット B 孔に試料部を接続する。プロューレットはマリオット管として働く。したがって吸水孔と試料中心高さを同一水準に調節しておけば、量水プロューレット内の水位が変化しても、恒圧下に試験が行われる。

脱水系の場合はスタンドに沿って試料を上部に固定し、プロューレットの A 孔に接続する。プロューレット下部の零目盛まで満水しておき、脱水量は A 部先端の細孔より滴下し管壁を伝わってプロューレット内に貯留される(したがって、この場合プロューレットはマリオット管ではない)。細孔先端の水準に試料土中心高さが一致するようにスタンドを固定すれば、恒圧下に試験が行われる。プロューレットは垂直であるから、水平型の欠陥であるメニスカスの不規則は生じない。

(操作) 脱水系については 1) コック E, F, J を閉じ、H を開き分銅を調節し (pF 2.0 以上の時は、H を閉じ J を開き真空ポンプによる) 所定の圧を作用させた後、脱気水で満水させた連結管をコック A に接続させる。2) D, A, F を開きプロューレット下部を F の高さまで満水し、D, F を閉じる。G を開きプロューレットの零目盛に水位を合わせる。3) E, C を開くと A から滴下、脱水がはじまる。

吸水系については 1) 連結管を B に接合し、A を閉じ所定負圧を作用させた後、F を閉じ D, B, E を開いてプロューレット内に満水させ再び D を閉じる。2) E を閉じ、F を開いた後 G により水位を調節する。3) C を開くと試料が吸水をはじめ、吸水につれて吸気管から気泡が吸入される。

### 4) 測定法

試料の飽和は脱気水によつて 24 時間行い、フィルター上に直接のせて軽く密着させる。前述のように石膏フィルターは透水係数が低いので、吸水・脱水がおわるまで約 10 時間を要する。ガラスフィルターでは約 2 時間で平衡に達するから、測定圧を多くとるときは、pF 2.0 以下はガラスフィルターで、以上では石膏フィルターを用いる。実験の途中で試料を移動することは好ましくないが、注意して行う場合は、えられる pF 曲線からみてほとんど支障がない。

その他測定上の一般的なことや、測定結果の整理、表示方法などは、文献 3), 9) 等を参照されたい。

## 4. 測定例

試験を行つた土壌はシルト質砂土で、18% のシルト及び粘土を含む。この試料を液性限界以上の水分でこねかえた状態での透水係数と、自然含水比で突き固めた透水係数を比べると、下記のように約  $\frac{1}{10}$  に低下している。

	乾燥密度	透水係数
突き固め	1.35	$(2.79 \sim 3.00) \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$
こねかえし	1.34	$(2.50 \sim 3.20) \times 10^{-6} \text{ "}$

即ちこねかえした場合、試料の密度は多少減少するにもかかわらず、透水係数は低下する。この原因を明らかにするため、上記両状態における水分特性曲線を測定した。第14図がその結果である。えられた水分特性曲線の大部分は、上記の改良型吸引測定装置によつた。ただし pF 3.0~4.0 は超遠心分離機で、又風乾状態含水比を pF 5.5 と仮定した。

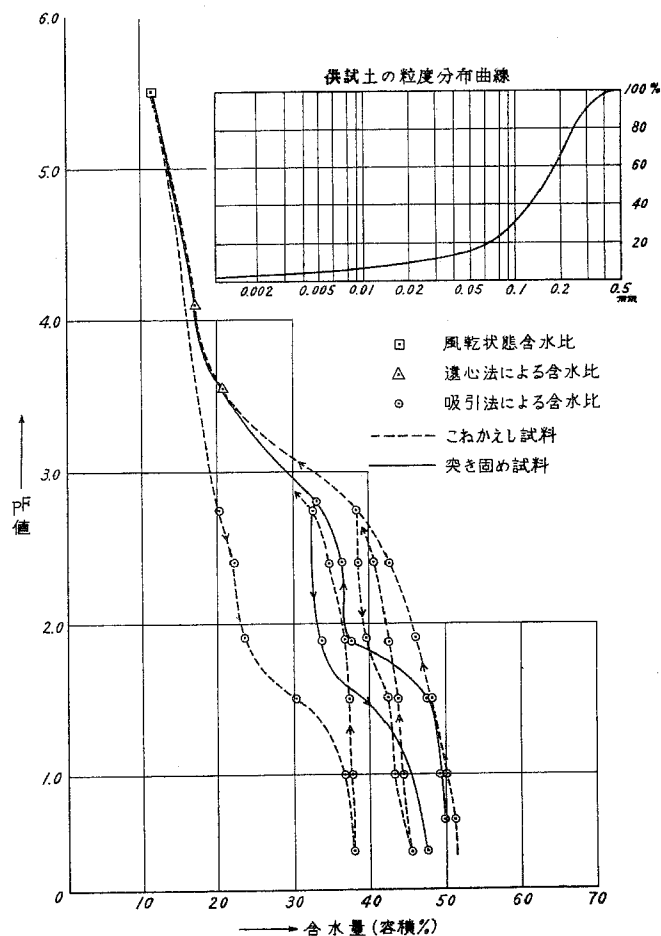
1) こねかえし試料と突き固め試料について特性曲線を比較すると、脱水曲線で pF 1.5~3.5 に大きな差異がみられる。即ち自然含水比(この試料では 24.0%)で突き固めた場合は pF 1.75 に変曲点がみられ、こねかえした場合は、ほぼ pF 3.0 に変曲点がみられる。pF 1.75 は大略 -60 cm の負圧に相当する。pF 0~1.75 で、前者の試料では約 12.5% の非毛管孔隙が存在するが、こねかえし土では約 5% に減少している。

2) 吸水過程をみると両状態の試料を pF 2.75 (圃場含水量)まで乾燥させても、上記の非毛管孔隙量の関係は変わらない。又こねかえし土を風乾状態まで乾燥させ、再び飽和させると、約 15% の収縮率が残り、前記の非毛管孔隙量はほとんど 0% になる。

3) 非毛管孔隙量と透水係数の関係について、Nelson, Baverらは pF 1.6 (-40cm) が非毛管孔隙の指標だと主張し、Bendixen, Slaterらは -60cm までの非毛管孔隙量を重視している。本実験では pF 1.75 (大略 -60cm) までの非毛管孔隙が、透水係数に重要な影響を与えることを確認した。

#### む す び

以上、本報告では北岸・沖田氏らによる装置について、いくつかの欠陥を指摘した。しかし筆者らの改良装置は、同氏らの装置から出発したものであり、多くの点において学ぶことがあつたことを附記してむすびとする。



第14図 供試土の水分特性曲線

## 文 献

- 1) Haines, W.B.: The hysteresis effect in capillary properties and the mode of moisture distribution associated there with J. Agr. Sci., 20, 97~116 (1930)
- 2) Schofield, R.K.: The pF of the water in soil. Trans. 3rd Int cong. Soil Sci., 2, pp37~48 (1935)
- 3) Bradfield, R. and Jamison, V.E.: Soil structure-attempts at its quantitative characterization. Soil Sci. Amer. Proc., 3, 70~76 (1938)
- 4) Richards, S.J.: Soil moisture content calculations from capillary tension records. Soil Sci. Amer. Proc., 3, 57~64 (1938)
- 5) Russell, M.B.: Pore-size distribution as a measure of Soil structure. Soil Sci. Amer. Proc., 6, 108~112 (1942)
- 6) Bendixen, T.W. and Slater, C.S.: Effect of the time of drainage on the measurement of soil pore space and its relation to permeability. Soil Sci. Amer. Proc., 11, 35~42 (1946)
- 7) Croney, D.: The movement and distribution of water in soil. Geotechnique, Vol 3, No. 1 pp1~16 (1952)
- 8) 内山修男, 西塚良一: Russell の低吸圧空隙量測定装置の改良について。土肥誌, 24, 318~324 (1954)
- 9) 北岸隆三, 沖田正: 土壤構造に関する研究(第1報)。東北農試研究報告 No. 8, pp55~61 (1956)
- 10) 真下育久: 森林土壤の水湿状態(pF値)。林野土壤調査報告 No. 8, pp43~64 (1957)

## 資 料

## 傾斜地茶園の土壤保全について

森 田 昇

名古屋農地事務局・前東海近畿農試

我国では傾斜地の畑地化は一般にかなり広く普及しているが、茶の栽培は丘陵地帯はもちろんのこと大井川や天竜川の上流の峡谷地帯の急斜面においてすら見出される。かかる傾斜地においては土壤の侵蝕対策はきわめて重要であるが、茶の播き付け当時に簡単な土止め工事を行う程度で、ほとんど放任されている。このような傾斜地茶園では土壤侵蝕がどの程度に起つているかを知り、いかにしてその被害を最少限にとどめるかということはきわめて重要な問題であるが、私達はこの問題解決のためにまず、茶園における土壤侵蝕の実態調査と、土壤侵蝕防止のための茶樹栽植方法の改善について二、三の研究を試みた。今までに得られた結果から問題となるべき若干の点について簡単に記して見たいと思う。

## 1. 茶園における土壤侵蝕の実態

土壤侵蝕は複雑な因子に支配され、様相も複雑であり、その実態を調査し、正確に表現するにはかなり多くの困難が伴う。とくに茶のごとき永年生作物の場合はどうしても局部的な現象にのみ目を奪われ、広い視野を求めることが困難になる。私達は主として静岡県下の主要茶産地の傾斜地茶園について侵蝕の実態を調査したが、その方法は肉眼的観察によつて明瞭に侵蝕の跡を認め得るものはその型を順次地図上に表現することにしたが、これだけでは不十分で畦間のきわめて狭い成木茶園では事実上かかる調査の不可能な場合も多く、このような場合、私達は近接の森林土壤の土層断面を斜面の上、中、下部等についてそれぞれ調査し、これを基準にして茶園土壤のそれと比較し、表層土の流失程度はもちろんのこと、一般理化学性についても検討し、物質の溶脱、集積の過程をも併せ追求した。また、同一地点に普通畑の存在する場合は、これとの比較も試みた。すなわち、傾斜地茶園の土壤侵蝕の査定においても土壤層断面の詳細な調査が必要であり、しばしば、A層の厚さの比較が侵蝕度の査定に役立つ場合があった。

今一例として、静岡県榛原郡川根町文沢の傾斜地（約15°の傾斜地）で同一斜面上に分布する未耕地（雑木林）、茶園、普通畑のA層の深さを調査した結果を表示してみよう。

斜面上の位置		位置		
		上 部	中 部	下 部
茶	園	30 cm	38 cm	58 cm
未	耕 地	37	40	54
普	通 畑	12	31	73

斜面の上部程A層の深さが浅い。とくに普通畑ではその傾向がきわめて大きく、下部に集積している。茶園はこれに比較すればはるかに侵蝕の進行度は遅いとみられる。土壤侵蝕の進行度を支配するものは地表流去水の処理法である。すなわち、降雨水をどのように排除するかにかかっている。これは降雨の量や強さ、頻度、さらには傾斜の角度や斜面の長さに関係する。今、これらを一定とすれば、未耕地、

茶園、普通畑それぞれの侵蝕度の違いは植生の差異と、土壤自体の性質に支配されているのであろうことは当然予想出来る。そこで私達はまず、土壤自体の性質に注目し、種々の分析を試みた。

土壤の透水性の大小、雨滴による土壤粒子分散の程度、土壤の機械的組成等が侵蝕を受ける程度を左右するとみられるが、今一例としてこれら土壤の理化学的組成を、静岡県榛原郡川根町干頭の同一斜面のはほぼ同位置で採取した未耕地、茶園、普通畑の各土壤について調査した結果を表示すれば次のごとくであつた。

	層位	深さ cm	PH	置換度 $Y_1$	水分当量	水による分散 Silt + Clay %	完全分散による粘土 %	孔隙率 %	0.5 mm以上の耐水性団粒 %
茶園	I	0~24	4.2	20.2	30.9	10.4	3.43	4.91	48.1
	II	24~35	4.9	17.4	28.6	13.5	3.56	4.83	38.8
	III	35~	4.9	10.3	28.9	9.6	3.97	4.81	36.8
未耕地	I	0~27	5.1	8.7	32.7	8.7	3.57	5.17	49.7
	II	27~36	5.3	7.9	29.0	4.3	3.49	5.01	39.8
	III	36~	5.5	4.5	28.7	5.2	3.43	4.73	27.2
普通畑	I	0~14	6.3	2.6	35.9	7.2	3.46	6.59	64.5
	II	14~25	5.8	7.5	27.8	6.2	3.58	6.03	52.6
	III	25~	5.7	4.7	27.6	7.3	3.39	5.25	38.6

茶園土壤は水分当量附近の有効性水分がきわめて少く、孔隙率の小さい点等よりみて、降雨の際の水分保持力がきわめて小さいことが予想されるとともに、土壤粒子の分散度はかなり大きく、耐水性団粒も少い。従つて茶園土壤の分散率、受蝕率等を求めた結果も受蝕性の高いことを示している。これは茶園の土壤管理の粗雑さ、主として耕耘の不足によるものであり、それに土壤反応の極端な酸性化とそれに伴う土壤微生物相の変動、置換性塩基の溶脱、腐植の質的悪変等が加わつたためであらう。

しかし、実際の観察結果では茶園の侵蝕被害はそれ程明瞭でなく、斜面上部にわずかに rill erosion の発生を認めた程度であつた。これに反し、普通畑土壤では rill erosion はもちろんのこと、gully erosion も幾条か認められ、侵蝕の進行を激しく物語つていた。

どうしてこのような違いが出て来るのであろうか。さらに多くの事例について調査したが、私達はその原因は茶樹それ自身の土地被覆と茶樹根による土壤緊縛作用が土壤流亡を抑制しているのであらうと考えた。この点実際の試験圃場の解析からも証明した。

このように茶園の土壤侵蝕被害は普通畑に比較すればかなり少いことは確実だが、大井川や天竜川の上流地帯では 35° 位の急傾斜地に造成された茶園が多く、ここではかなりの被害が生じている。このような急傾斜地の茶園はかなりの面積にのぼるが、静岡県下の各地で、かかる急傾斜地の茶園を比較調査した結果からは、侵蝕の進行度は土壤の性質に明らかに支配されることが認められた。すなわち 25° 以上の急傾斜地茶園を対照に調査した処、富士火山灰地帯と日本平、牧之原、磐田原、三方原等の洪積台地周辺に分布する黒土(クロボク)地帯の被害が最も大きく、第三紀層地帯や洪積台地にみられる赤黄色土はその被害が少なかつた。大井川、天竜川等の上流の褐色森林土とみられる地帯の侵蝕被害は、両者の被害の中間的様相を示していた。そしてこれらは土壤性質の違い、それも主として水による土壤粒子の分散の難易に支配されているように推定された。

つぎに、これら急傾斜地の茶園ではどのような降雨によつて侵蝕が起るかを聞き取り調査と、降雨直後の実態調査によつて追求したが、一般に台風期の豪雨による被害が一番大きかつた。しかし、赤黄色土では梅雨期や驟雨期の被害もかなり大きかつた。とくに、第三紀層地帯の頁岩を母材とする土壤では梅雨期の被害が大きく、これは表層土の透水性と下層土の状態に関係している如くに考えられた。すなわち、この種土壤はきわめて粘土含量が多く（表層土で40%以上）、下層に未風化の頁岩層等があり、透水が全く困難であり、梅雨時の長期の降雨によりかなりの被害が発生する。

## 2. 傾斜地茶園の土壤保全対策

25°以上の急傾斜地に普通畑の存在はほとんどみられないが、茶園はかなり分布する。従来茶樹は風蝕をも含めて侵蝕防止作物として採り上げられ、事実、他の作物と比較するとき、かなり効果をあげるものであることも事実だが、急傾斜地の茶園ではかなりの水蝕が起つている事もまた確実である。静岡県下の主要茶産地で調査した慣行水蝕防止法としては敷草が最も多く、段畑造成の努力もかなり払われていることがわかつた。私達は昭和26年以来、各種の土壤保全対策について検討してきたが、その中より問題となるべき点を二、三記してみよう。

(1) 等高線栽培：傾斜に対して上下耕作を行う時は畦間を流下する流去水による侵蝕が著しく促進される。等高線耕作によつて水の滲透力を大ならしめ、流去水量を減じ、侵蝕防止の効果はきわめて顕著となる。このことは私達の試験圃場における実験によつても確実に認められた。傾斜角度が大となり、斜面の長さが増大するに伴い、その効果は一層大きくなることもまた認められた。しかし、この等高線栽培にも問題がある。静岡県小笠郡下の小笠山周辺の小笠層群に属する第三紀系の傾斜地茶園では等高線栽培とともに上下線栽培もかなり見られる。この地方の農家は「等高線栽培を行うと地洩りが発生する」と云つて等高線栽培の採用を拒否する。私達はこの地方の土壤の現地調査と、その理化学組成を調査した。その結果、この地方の土壤はきわめて粘質である上に、下層に未風化の頁岩層があり、降雨水が深く透過するのを許さない条件にある。そして未風化頁岩層のすぐ上に粘土の集積する傾向があり、この部分の粘土が吸水すると著しく粘土は流動し易くなり地洩りを容易に発生することがわかつた。（表層の粘土含量は36%であるのに下層の未風化頁岩層のすぐ上部には55~62%の粘土が存在する）これを防止するために上下線栽培によつて降雨水を直接表面流去水として排除している。したがつて、この地方では前述のごとく、台風期の豪雨性の降雨よりも、梅雨期の下層への透水に有利な降雨が、被害をより大きくするのである。かかる場合等高線栽培を無条件に導入することは困難で、まず土壤改良が必要であることは云うまでもない。また、等高線栽培の実施には完備した排水路の設置が必要であることもわかつた。

(2) 敷草、草生栽培、テラス耕作：全面に敷草を行うことは侵蝕抑制に有効であるばかりでなく、土壤水分の保持、腐植の増加、養分の補給にも役立つ。また畦間に飼料用緑肥作物を栽培することは侵蝕抑制に顕著な効果があることが知られている。さらに完全を望めばテラス耕作であろう。これらの効果を茶園においても確認するため、昭和26年より当部内の牧之原台地の赤黄色土を主体とする傾斜地に1区5坪で傾斜角 $0^{\circ}$ 、 $16^{\circ}$ 、 $26^{\circ}$ の土壤侵蝕防止試験圃場を設置し、侵蝕防止法の試験を行つた。現在当部栽培研究室が試験継続中であるが、私達の行つた試験のうちで、主なるものについて記してみよう。昭和30年4月より同年11月まで、この試験圃場で畦間処理による流出土砂量の変化を比較した結果はつぎの如くであつた。（流出土砂量を $M_g$ で示す）

区 別	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10月	11月	計	指 数	備 考
(傾斜角 26°の圃場)											
荳科植物間作区	0.31	0.08	0.45	0.62	2.20	0.20	0.06	0.11	4.02	59.5	荳科植物間作区, ルーピン ~黒干石
牧草間作区	0.31	0.09	0.58	0.43	2.02	0.06	0.21	0.08	3.76	55.6	
敷 藁 区	0.50	0.11	0.17	0.35	0.64	0.05	0.04	0.05	1.89	28.0	牧草間作区, フェスキュー
無 処 理 区	0.58	0.12	1.25	1.20	2.85	0.25	0.30	0.21	6.77	100	
(傾斜角 16°の圃場)											
荳科植物間作区	0.30	0.17	0.38	0.27	1.90	0.06	0.05	0.06	3.18	74.9	
牧草間作区	0.08	0.16	0.10	0.50	1.65	0.06	0.04	0.05	2.64	62.2	
敷 藁 区	0.30	0.11	0.22	0.23	0.41	0.04	0.02	0.03	1.35	31.9	
無 処 理 区	0.41	0.18	0.48	0.59	2.42	0.06	0.05	0.06	4.24	100	
降 水 量 (mm)	252	102	238	147	129	129	272	294	1563		
降 水 日 数	14	10	11	13	11	14	15	18	106		

いずれの畦間処理も無処理区に比すれば相当侵蝕防止の効果をあげているが、その中でも畦間を敷藁にて被覆するのが最も有効であつた。敷藁は、8月頃の豪雨性の降雨に対して一番有効に作用しているが、このことは雨滴の衝撃から表層を保護し、土壌粒子の分散を少くすることが最も有効なことを示している。又、土砂流出量が降水量に平行せず、昭和30年の7、8月は比較的降水量が少いにもかかわらず、この期間が一番多く流出しており、降雨の質的な解析が必要なことも示している。また別に土壌処理として石灰反当30貫施用区、堆肥反当300貫施用区と無処理区の土砂流出量を比較した結果、石灰反当30貫施用区は大きな(無処理区を100とした場合124)流出土砂量を示したのに、堆肥反当3000貫施用区はきわめて少なかつた(同指数47)。堆肥反当3000貫施用区は土壌構造の改良によるものである事が、耐水性団粒の分布等を調査した結果から明瞭に認められた。また私達の実験からテラス築造の効果を指数で示すと、自然傾斜度26°のものをテラス築造にて $\theta$ とした場合、後者の流出土砂量100に対して前者は185できわめて有効な事を示した。

#### お わ り に

狭小な我国の農業においては傾斜地の利用はますます増進されるであろう。茶樹の傾斜地への利用は割合好適なものであるが、急傾斜地では土壌侵蝕の被害を避けるためにはかなりの注意と対策を必要とする。今後に残された問題は多いが、傾斜地茶園の管理方法としての急速に完全なる等高線栽培の実施、幼木茶園で畦間の裸出の多い場合は被覆作物の栽培、有機質施用による土壌構造の改良、敷草、敷藁の実行、あるいは農道、誘水溝等の諸施設の合理的完備等によつて、かなりの急傾斜地茶園においても侵蝕被害を最少限に喰止めることができるであろうことは私達の今迄の簡単な実験によつても当然指摘出来る。これに反して現在、各地の急傾斜地茶園にみられるごとく「傾斜地に流亡の予防策を講ぜずに設けられた茶畑は収穫を低下するのみか、時には茶樹が全く無為に帰する」(ソ聯に於ける土壌侵蝕の防止、満鉄調査局訳、昭和18年)こともあるであろう。



## 関東ローム地域における浸透と侵食について

金子 良

農技研農業土木部

### 1. 関東ローム地域における侵食の特性

関東ローム地帯の侵食は風食と水食および霜崩れという全く異質なものがあり、ともに軽視できない問題であるが、ここでは水食について述べることにする。

土壌侵食試験を小さい枠のなかで観察することも必要であるが、関東ロームの分布する自然流域においてどのような侵食が行われているかを調査し、広い面積を対象とした侵食の機構を究明することは、侵食防止の実際の対策をたてる上に欠くことはできない。

関東ロームの被覆するところは、いわゆる関東ローム台地とその給源となつた火山、あまり急でない丘陵、山地である。ここでは主として農地の侵食を対象とするので、緩傾斜な火山山麓またはほとんど平坦でその縁辺が急な台地の侵食について述べる。なお侵食は単に表層土粒子の流亡だけでなく、深く侵食されて土地の破壊にまで及ぶものも考えることにする。

関東ローム台地面はゆるやかな波状起伏をなしているが、沖積面との比高が数 $m$ ～数十 $m$ あるのが普通で、その縁辺は $15^{\circ}$ ～ $20^{\circ}$ 内外の斜面となつている。なお台地面には宙水の現われる凹地や浅い侵食谷、火山灰堆積当時の風による不規則な起伏の見られるところもある。このような部分的傾斜のほか台地がかつての古扇状地であると全体として $\frac{1}{200}$ とか $\frac{1}{400}$ という一定方向の長い緩斜面をなす場合が多い。

円錐火山の山麓は傾斜 $3^{\circ}$ ～ $10^{\circ}$ 内外の広大な裾野が開けており、新しい火山は火山灰や火山砂礫の厚く堆積した原表面が残されている。やや古い火山は放射状の谷ができて、谷の縁辺までは広い原表面そのままであるが、急に谷壁が急斜面となるもの、原表面は放射状の尾根付近だけになり谷底が広く河原をつくるものなど新しいものに比し複雑な地形を形成する。

関東ロームの表層は腐植の多い黒土で団粒構造が発達し、降雨の浸透は非常に良好である。したがって植生地被のあるところ、膨軟に耕耘されたところにはほとんど地表流出を生じない。ただ一部小面積にやや不浸透性の水みちが現れ、ここに流出を生じる。常時地表水を見ないので出水があると非常に大きく感じるが、流出率そのものはあまり大きくない。

火山山麓は一般に関東ローム台地より土壌粒子が粗で、浸透性が大きいとともに流出水があると侵食に対する抵抗が弱くガリーを生じ易い。火山山麓の放射状道路はもつとも侵食低下し易い水みちであつて、ここが下刻されると枝分かれした水みちが発達し、土地が毛細管的に刻まれていく。道路が侵食され易いのは、流路がなめらかな上、直線状で水の流速が大となり、路面は踏みつけや、流水によつて不浸透性被膜を生じているからである。火山山麓では道路が低下して通行しにくくなると、すぐ別の位置に車を入れて新しい道路にするので、道路を原因としたガリーが何本もできる。なお広い火山原表面と急な谷があるとき、原表面の道路に生じた地表水を谷へ落とす地点が重要で、その落ち口がシラス台地の谷頭のように侵食されるおそれがある。

関東ローム地帯の侵食は下層土またはその下の深い層まで関係する。一般に黒土の下層土である赤土

は浸透度が黒土に比してはるかに小さい。故に豪雨時には表層黒土部分が飽和に近くなつて地表からの浸透能を減じ、または局部的に飽和して浸透能を失うところができる。(下層の浸透能が小さいといつても、火山灰堆積当時生えていた植物根毛跡と思われる管状の空隙が通つているので、水中に沈澱した泥層や山腹の残積土などより水の透過は大きい。)なお表層、下層の境界部にはしばしば表層から沈降してきた微粒子や、溶解物質が集積してかなり不浸透性となつていることがある。このため豪雨時には急激に出水量を増大する。

火山山麓およびその付近には富士マサとかコラなどと呼ばれる盤層を挟むところがある。これは火山砂がかなり高温の状態以降下凝結したものと考えられ、概して硬くて植物の根も透らず不浸透性である。このため豪雨時表層が飽和し、浮力で土層が浮き出して流れ去るような特異の侵食を生じる。

また関東ローム層の容気率が小さいことも侵食に関係する。すなわち地下水位が深くても、容気率が小さく5%内外のことが多いので、少い地下水補給に対して地下水位上昇が非常に大きく、豪雨時はローム台地が広面積にわたつて飽和し、地下水面が地表に現われて浸透能を失うことが見られる。このため常時は高台で地下水の深い地帯が、低湿地のように湛水して、流出率が特別大となる。(地下水位の上昇は地下水補給だけによらず、下方の空気が逃げられないで豪雨時異常に上昇することもあり、またローム層下底と砂礫層上面付近がやや不浸透性のため一時的に宙水状態になることもある。)

強雨による地表皮膜の形成は、関東ロームの団粒が破壊されると微粒となること、破壊に対する抵抗が小さいこと、常時は空隙率が80%にも達して、これが団粒相互間の結合を弱め移動して地表の空隙をつめることなどによつて、特に著しく観察される。もし地帯が不良の場合には皮膜の形成が流出と土壌流亡に大きく影響するが、実際には全面的裸地状態の場合はなく、作物ぎりかえ時の短期間、または流域一部の地帯不良部分に限つて強雨の打撃による皮膜形成が見られるだけである。

関東ロームの侵食量は砕試験の結果によると、年間流亡土厚さで裸地の場合1~4mm内外に達する。(道路の低下などはこの10倍から最大10cm程度になる。)これに対して作物地帯のある砕試験結果は裸地の場合の $\frac{1}{10}$ から数十分の1という小さい値となり、果樹園の草生栽培や敷わら区では流亡土壌ほとんどなしという試験成績もある。ただし小さい砕試験ではそのなかに水みちの発生する余地はなく、道路侵食で見られるように集中した水でひどく掘られることが試験されない。

一般に関東ロームを含めて火山灰土の侵食に対する特徴は次のごとくである。

- 1) 浸透がよく地表流出水が少いが、一定量の水に対する流亡土量は大きい。
- 2) 面状侵食は少くガリー侵食が著しい。ガリーに続く水みちの低下によつて面的にも侵食が拡がる。
- 3) 表層は団粒が発達するが、空隙率が大きで団粒と団粒の結合が弱く、特に乾燥したとき強雨があると、団粒ごと水に浮いて流され、少い流出水で大きい流亡土量を生じる。
- 4) 団粒が崩れると土粒子は微小で、強雨の打撃、踏固めなどで地表皮膜を形成し、膨軟なところに対して極端に小さい浸透能となる。

## 2. 関東ローム地域における浸透の特性

円筒法による浸透能を関東ローム地帯各地で試験した結果は次のごとくであつた。

膨軟な畑地(相模原)においては初期浸透能 $f_0 = 200 \sim 250 \text{ mm/hr}$ 、終期浸透能 $f_c = 50 \text{ mm/hr}$ となり、荒川北岸台地(檜原)では $f_0 = 100 \sim 150 \text{ mm/hr}$ 、 $f_c = 10 \text{ mm/hr}$ となつた。また踏固地では $f_0 = 15 \text{ mm/hr}$ 、 $f_c = 3 \text{ mm/hr}$ 程度に測定された。

円筒法は表面に1cm程度の湛水がある場合であり、実際にはこのように地表を全面的に水が蔽うようなことはない。なお円筒内を攪拌しないように静かに注水した場合と、降雨が地表を打つ場合とは異なる。富士山麓の火山灰地域で多数の円筒内注入試験を行つた結果は $f_c=120\sim 180\text{ mm/hr}$ であつて関東ローム台地より大きな値を得た。なお斜面浸透計によつて同一地域で浸透能を測定した結果も円筒法とほぼ等しい $f_c$ となつた。

もし自然の広地域においてこのような $f_c$ が存在するとすれば、いかなる強雨でもほとんど地表流出を生じないはずであるが、実際にはある程度降雨が連続した後なら $10\text{ mm/hr}$ 程度以下でも地表流出を生じる。これはいかなる理由によるものであるか。

自然の流域には浸透の大きいところと、水みちになる不浸透性に近いところが混合し、水みち流出は弱雨でも生じるからである。関東ローム地域における侵食は前述のように水みち流出に伴うガリー侵食および雨裂によるものが大部分である。

水みちは道路、水路、宅地、その他踏固地のように常にその場所が一定しているものと、降雨の継続に伴い地表皮膜の形成とか、中間流出的に浸み出た水が集つて流れることによつて発生するものとある。前者は降雨前からその場所がわかつており、後者は降雨状態、地被状態などによつて一定せず、また降雨終了後の乾燥、動植物の作用で消滅する。固定的の水みち面積率は関東ローム台地では10%内外から15%程度であり、一時的の水みちは面積率が一定しないが、作物のある時期では通常10%内外と推定される。地被良好な草地や林地ではほとんど一時的の水みちは発生しない。

富士山麓で長さ40m、巾10mの試験区2連(傾斜 $6^{\circ}30'$ )を設け、ここにスプリンクラーで $70\text{ mm/hr}$ 、 $50\text{ mm/hr}$ 、 $30\text{ mm/hr}$ の雨を人工的に降らせて流出、流亡土を調べた結果、耕耘した畑状態の裸地における $f_c$ は $0.4\text{ mm/min}$ 、すなわち $24\text{ mm/hr}$ となつた。これは円筒法や斜面浸透計による $f_c=2\sim 3\text{ mm/min}$ と大いに異なるが、散水によつて一時的の水みちを生じ、これが次第に生長して深さ10cmにも及ぶ雨裂になり、その面積率が10~20%になつたため全面積平均の浸透能が小さくなつたのである。なおここでは裸地状態で土層が十分湿つているとき人工強雨があると、総流出率で40%程度、ピーク流出強度の降雨強度に対する比率は最大60~70%ぐらいになることがわかつた。

実際の降雨は長時間連続して一樣な強雨があることは少い。また連続降雨量 $300\text{ mm}$ に達したとしても、強雨の連続は3~4時間でこの間に $100\sim 150\text{ mm}$ 降り、残りの $150\sim 200\text{ mm}$ は20~30時間を要して降るのが普通である。この場合強雨連続時を除くと関東ロームの水みち以外の膨軟地では、降雨のほとんど全部を浸透させている。

降雨が中休みしたり弱くなつたりすると、関東ローム表層は裸地で地表を雨にたたかれさえしなければ、浸透能がすぐ回復して安定した $f_c$ の状態にはならない。ここに $f_c$ 状態というのは表層が飽和に近くなるまで初期吸収する能力で、 $f_c$ 状態は表層がほぼ飽和して表層より浸透能の小さい下層土の能力に支配された場合である。表層から下層への水分移行は表層の圃場容水量(平常保水量)を超過した水分から、表層がほぼ飽和するまでの水分量の間を生じているものであり、下層への水分移行度は表層の超過保留水分量に比例するものと考えられる。(表層水分の時間変化から推定)

表層の最大超過保留水分量は関東ロームでは $100\text{ mm}$ 以上にも達するので、表層は海綿のように飽和近くまでは水分吸収能力が大であり、雨の中休みや弱雨の間に下層へ移行した水分量だけ、急速に吸収できる浸透能力を回復する。これは表層が雨滴にたたかれない地被良好な場合における関東ロームの浸

透能特質であり、円筒法で実験することができる。ただし表層土粒子が膨潤する場合には浸透能の回復が衰えるはずであり、土壌によつてはこの影響が強く現われるが、火山灰土ではあまり顕著でない。

水みち以外の膨軟地ではこのようにどんな強雨でもほとんど地表流出を生じないが、地被不良で雨にたたかれて分散した土の微粒子が空隙をつめて不浸透性皮膜を作ると、富士山麓の人工降雨による試験のように相当の地表流出を生じる。

赤城山麓での調査によると、やや広い放射状尾根の中央に掘れこんだ直線状道路が走り、その両側は地被のあまり良好でない畑地となつている細長流域で、強い夕立があると想像以上の出水があることが痕跡から推定される。道路などの固定的水みち面積率は10%、一時的な水みち面積率は15%ぐらいであつて、水みちの浸透率は流出量から逆算して0.1mm/min、すなわち6mm/hr程度と考えられる。

荒川北岸の柳橋原を中心とした台地は、豪雨時に地下水位が急上昇して大面積の湛水地域を生じるため、膨軟地であつても浸透能を失つて高い流出率を示す。ただし地下水位が上昇しないうちは雨の中休みなどによる浸透能回復のため流出は非常に少く、地下水位上昇とともに急増することが、ここを流域とする台地河川の流量観測からわかる。

一般の関東ローム流域では地下水位が豪雨のため地表に現われる場合は少い。故にローム台地は降雨の連続中に浸透する量が非常に多く、300mm~400mm内外の豪雨でも総流出率は30~40%がせいぜいである。

これは印旛沼流域、手賀沼流域、また埼玉、茨城などの台地流域を主とする河川の流量観測からわかる。

関東ローム台地のように比較的一様な地形で、浸透性の大きい土層の流域では、降雨と流出との関係を浸透法によつて説明することが可能となる。浸透法は次式によつて示される。

$$i = f + r_e, \quad r_e = \Delta S + q_s, \quad q_s = K \cdot S^M, \quad S = \sum \Delta S$$

ここに  $K$ ,  $M$  は常数,

$i$  : 降雨強度,  $f$  : 浸透能,  $r_e$  : 降雨余剰,  $\Delta S$  : 地表貯溜量変化,

$S$  : 積算された地表貯溜量,  $q_s$  : 地表流出強度

この場合  $S$  は地表を全面的に蔽う水の薄層ではなくて、水みちに集中して流れる水の流域平均厚さ換算値となる。これらの式において  $i$ ,  $q_s$  の実測から逆に  $f$  を計算することができる。ただし計算された  $f$  は流域平均浸透能であるから、水みちと膨軟地にそれぞれの面積率を仮定して大別する方が流域の実情を知るのに好都合である。

富士山麓における実験地の  $f$  はしばしば模式図に示された形とほぼ似たように求められ、その際の  $f_c$  が前述のように0.4mm/min程度となるのである。(ただ地表流出が水みち側壁の崩壊によつて一時せきとめられ、流出初期に小さいピークをもつた凹凸ある曲線を描く場合がしばしば測定される。)

### 3. 関東ローム地域における水および土地保全の諸問題

関東ローム地域は都市が多く人口密度が高いので、自然の地被を破壊することによる水および土地保全の各種問題が発生している。

火山山麓地帯ではガリー侵食による土地の破壊と、ガリーに集中した水の流末が人口稠密地帯を貫きその氾濫被害に軽視できないものがあり、またガリーの流入する河川が河床上昇によつて沿岸に害を与える問題がある。

従来、火山山麓は緩傾斜で高燥の土地であるので出水とか侵食には一般が無関心であつたが、緊急開拓とか山麓地帯の宅地化、工業発展などによつて注意されるようになった。

畑地はよく耕耘され作物の地被があれば、火山灰土特有の大きな浸透能力を弱めることがなく草地や林地に対しても出水を増大させないが、新たに道路が通じ道路出水の処理を誤ると、道路自身とその付近の土地を破壊するばかりでなく下流では上からの出水被害を受けるようになる。道路側溝の水は安全な谷があれば早くこれへ導くが、浸透溝を掘つてこれへ浸透させた残りを谷へ落とすことが水保全上にも望ましい。ただし浸透溝へ沈澱した土砂は掘り上げる必要がある。道路自身が掘れないように路面を強化することも、また道路へ流れこむ畑区画境界などの水みちを芝などで階段化することは畑地面の管理以上に有効である。火山灰土の畑地面は浸透が大でも上から流れてくる水には弱い。故に排水路、承水路が氾濫しないような断面を与えることが特に重要となる。富士マサのような硬い盤層は、これを経済的に破砕することが困難であるが、浅くて植物の生育を甚しく害する場合にはレーキドーザーか火薬による破砕が計画されている。

関東ローム台地は火山山麓ほど侵食の危険は大きくない。それは傾斜、斜面の長さ、表層および下層土が火山山麓よりやや粘質となつているのが通例であるからである。しかし台地縁辺とその付近の台地面には侵食に対する注意を要する。台地下から台地へ通じる農道は深く掘れこんでいることが多く、その農道に続く支道や畑境界の踏跡もかなり低下している。このため畑の周辺の侵食が大きく、これを防止するため周囲桑園、茶、密生植物など農家の必要上自然に生じた有効な方法があるが、さらに農道の侵食防止を図ることが重要である。

ローム台地の平地林は開墾されたり宅地化したり、道路、工場、ゴルフ場、飛行場敷地となつて次第に減少する。このため下流地帯の出水を激化するとか用水が涸渇するという問題は各地におこつている。

台地の畑地面浸透能は十分大きく、地被良好の場合は林地に比してさして差異がないことは前述した。台地間谷地田の浸出水はその流域が平地林でも畑地でも特に違つた点を認め難い。例えば荒川北岸台地の榎挽原一帯数千haはかつて平地林がほぼ $\frac{1}{2}$ 程度あつたのに、明治年代から現在に至る間にほとんどなくなつてしまつた。それでもここを地下水流域とする台地間低地ではかえつて水田面積が増大している。また平地林のある下方台地にはしばしば湧水があつて、いかにも平地林のおかげで湧水が豊富であるように考えられるが、湧水量から逆算される地下水流域、および付近一帯の地下水面の形は平地林と湧水とを直接結びつけることの誤りを証明する。この湧水は結局関東ロームの浸透性が大きいことに起因するものである。

よく管理された畑については水源涵養能力に不足はないが、もし大面積にわたつて宅地化されたりすると浸透水量の減少を考えないわけにはいかない。例えば東京の工業用水源として深層地下水は非常に重要なものであるが、その給源地域である関東ローム台地の浸透性が低下することは軽視できない。同様に谷地田の浸出水に対する地下水流域が畑地から宅地化すると、浸透性が急減するので何等かの影響があるはずである。

ローム台地の平地林は豪雨時地表水の氾濫場所となつて下流への流出を緩和してきた。もしこれが開墾され氾濫しないように排水路が掘られ、道路が縦横に通じるようになると、下流への出水が激化することは当然である。畑地面の降雨が全部浸透し、出水は水みちだけと仮定しても、いままでなかつた水みち流出が高台から下方へ押してくることは確かである。畑地でなく宅地化したときはさらに多くの水

が流出する。故に出水に対する対策については十分注意して科学的な判断に基く処致を必要とする。

関東平野の水利に恵まれない畑地が、今後かんがい施設を有するようになることは、利根川総合開発、霞ヶ浦のポンプ揚水などに伴ってかなり有望である。この場合畑地の傾斜をそのままにして畦間かんがいをすれば、土壌侵食の点で不利である。これに対し畦畔を築いたボーダーかんがいとか、水田式の間断かんがい、田畑輪換は土壌侵食防止上望ましい方法である。さらに水田式にした場合の浸透損失は下流で再利用の可能性がある水資源と考えられ、また自然降雨も畦畔中に貯えられ水保全として理想的である。

以上は主として下記文献を総合したものである。

- 1) 浸透能に及ぼす土湿の影響, 農土研, Vol. 20, №. 3 (1952)
- 2) 野水の流出機構と道路侵蝕について, 農土研, Vol 19, №. 2 (1952)
- 3) 地表流出と地下水との関係, 農土研, Vol 17, №. 2-3 (1950)
- 4) ローム台地における出水の解析, 農土研, Vol 20, №. 5 (1953)
- 5) 土壌侵食の統計的考察, 農土研, Vol 26, №. 2 (1958)
- 6) 水文学的循環における土壌の効果, 農研報告, F-9 (1956)
- 7) 小流域における流出機構の研究, 農研報告, F-12 (1960)
- 8) 農業水文学, 第2章, 第4章, 第7章, 第8章, 土木雜誌社
- 9) 富士山麓侵食試験成績(未発表)

## 地力変動観測施設の設計及び問題点について

沼尾林一郎・鈴木秀平・金井徹・琴寄融

群馬県農業試験場

### 1. ま え が き

1958年から地方変動観測施設が全国主要地域に設置されつつあるが、本観測施設は水蝕、風蝕及びその他諸要因と地力の変動との関係を調査究明して、地力保全対策を確立するための基礎資料を得るために設けられるものである。従つて、その内容はきわめて広汎に亘つているが、夫々の目的内容に応じて、種々の異なつた施設が設けられることになつている。

筆者等は(1958年)、以上の諸要因のうち、水蝕に関する観測施設の建設に従事したので、ここに設計の概要を發表し、更に設計上の問題点について若干の私見を述べて、御指名に対する責を果したいと思う。(なお、本報文の一部は日本土壌肥料学会(1960)の講演要旨に發表されたものである。)

### 2. 分水装置(Diversion devices)の考案と流水実験結果

水蝕に関する施設に於ては、水及び土壌の採集装置が最も重要な部分であると考えられるが、特にその設計に當つては如何なる豪雨に際しても、試験圃場内の流去水及び流亡土壌が安全かつ確実に採集し得られるよう留意することが必要である。これがためには、採集槽の容量は出来得る限り大にすることが必然的に要求されるが、実際には種々の制約を受けるので、むしろ採集槽は可及的に小さくして、上

記の要求が満たされるような構造が望ましいと考えられる。そこで、分水装置を用いて、流去水を一定の比率に分水した後、採集槽に貯水する方法が一般に採用されている。

筆者等は、先づ既往の分水装置<sup>(1)(2)(3)(4)(6)(7)</sup>について模型実験を行うと共に、新しい分水装置の考察を試みたので、ここにその概要を報告する。

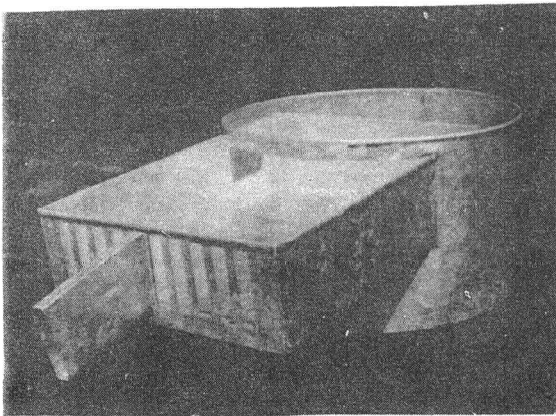
### 写真 1 及び 2 の装置

本装置は我が国に於ても用いられているが、米国に於てはかなり広く採用されているものであつて、その構造は写真 1 及び 2 に示した通りである。即ち、掛樋の上部より流下する水を下端に設けられた同形同大の矩形堰によつて分水し<sup>(1)(2)(6)(7)</sup>（通常 5 または 11 ケの矩形堰のものが用いられている）、中央部の 1 ケの矩形堰より流出する水を採水管に導かんとするものである。掛樋の上部両側流入口には金網が張られている。

本実験に於ては、10 ケの矩形堰を設けたので、分水比（全流量：分水流量）は計算上 10 : 1 になる筈である。

写 真 1

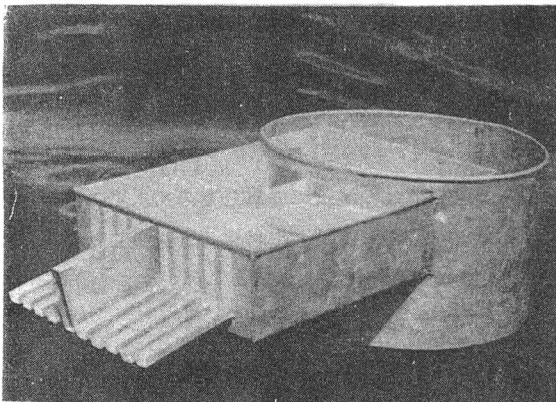
第 1 表 流水実験結果



分水流量 (A)	排水流量	全流量 (B)	分水比 (B:A)
G.C./min	G.C./min	G.C./min	
740	800	1540	2.1:1
1050	4730	5780	5.5:1
1200	5125	6325	5.3:1
1285	5720	7005	5.5:1

写 真 2

第 2 表 流水実験結果



分水流量 (A)	排水流量	全流量 (B)	分水比 (B:A)
G.C./min	G.C./min	G.C./min	
180	1200	1380	7.7:1
570	4390	4960	8.7:1
625	5570	6195	9.9:1
700	6240	6940	9.9:1

これらの装置を用いて行つた流水実験結果は第 1 及び第 2 表に示した通りである。即ち、写真 1 の装置によれば、多量の流水時には概ね 6 : 1、少量の流水時には概ね 2 : 1 の分水比を示し、誤差が著し

く大であり、かつ流量による分水比の変動の大きいことが伺われた。

写真2の装置は前記の矩形堰の外側にmouth pieceを一様に取り付けたものであつて、分水精度は写真1に比べて著しく高いことが伺われる。しかし乍ら、少量の流水に対しては、なお、かなりの誤差がみられ、充分満足すべき精度を示さないことが明かにされた。矩形堰による溢流水は少量の流水条件下では線状を示すこと及び樋による流水条件下では分水前に均質な流水を得ることが困難であるように思われる。

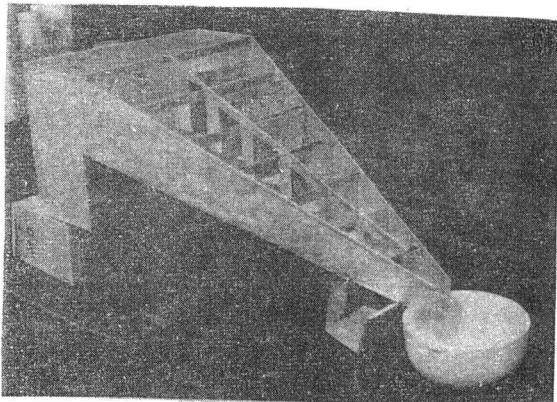
#### 写真3の装置

本装置は筆者等の考察したものであつて、構造の大要は次に述べる通りである。

三角堰の理論を応用したものであつて、傾斜をつけた樋に7段の三角堰を設け、夫々の中央部に分水板を取り付けて、流下する水を順次に二等分し乍ら分水せんとするものである。なお、二等分された余剰の水は二重底になつている掛樋の最下底の排水管に集められ、下端の排水口より捨てられるようになつている。本装置による分水比は計算上128:1になる筈であるが、流水実験の結果は第3表に示した通りである。

写真3

第3表 流水実験結果



分水流量 (A)	排水流量	全流量 (B)	分水比 (B:A)
C.C./min	C.C./min	C.C./min	
9	1295	1304	144.9:1
* 81	10144	10221	126.1:1
84	10148	10232	121.8:1

(註) \*は流速調節板を取り付けた場合の値である。

即ち、多量の流水に対しては誤差は小さいが、少量の流水に対しては前述の装置と同様にかかなりの誤差がみられた。そこで、夫々の三角堰直下の側壁に採水装置を設けて誤差の検定を行つた結果、誤差の発生原因は主として上位部の三角堰に存することが判明したので、これらの三角堰に整流板を設置したところ、\*印に示すような結果が得られた。しかし乍ら、整流板の設置位置については、流量に応じて僅かづつ変える必要があることが、別に行つた実験結果から判明した。従つて、実際の使用に当たつては、整流板の自動変位装置をつけることが必要となるであろう。

以上の如く、本装置はなお検討の余地を残しているが、比較的小型であるにも拘わらず、分水比をきわめて大にし得るという特長を保有している。

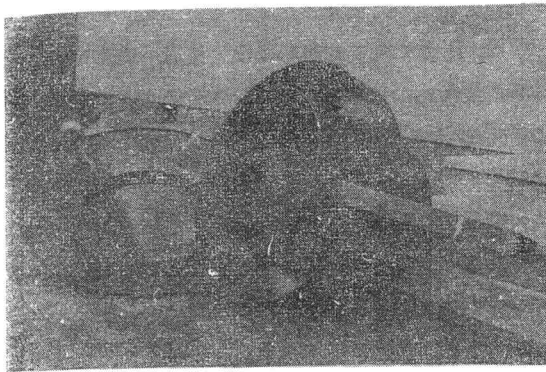
#### 写真4の装置

本装置も著者等の考案によるものであつて、その構造は写真4及び第1図に示した通りである。即ち、円筒上部の周囲に設けられた同形同大の20ヶの三角堰<sup>(5)</sup>によつて、流水を溢流分水し、そのうちの1ヶの三角堰よりの溢流水を採水せんとするものである。本装置の主要部分は導水管(C)、分水円筒(D)、2段の整流網(E)、三角堰(F)、分水導管(G)、排水受(H)、排水導管(I)及び覆蓋(J)から成つている。



写真 4

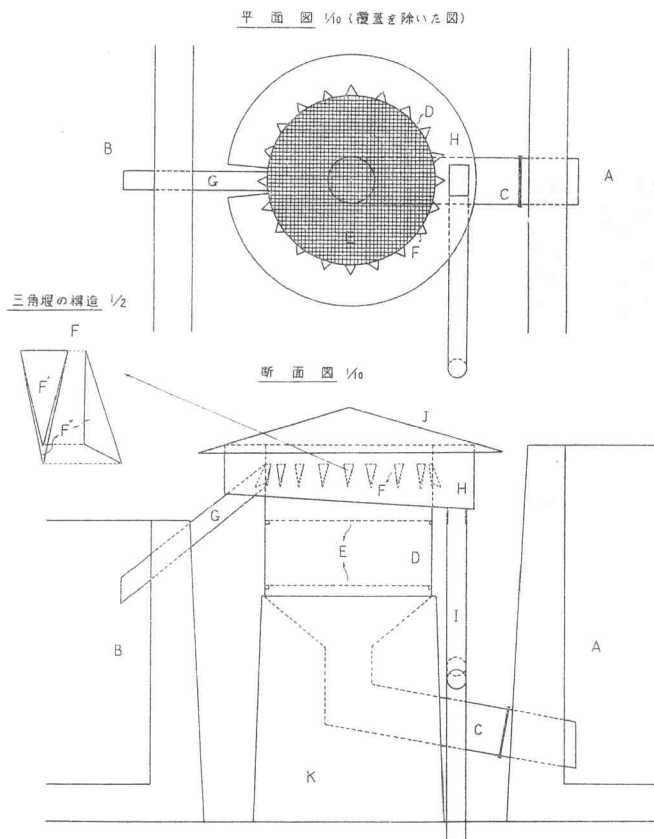
第4表 流水実験結果



分水流量 (A)	排水流量	全流量 (B)	分水比 (B:A)
C.C./min	C.C./min	C.C./min	
121	2214	2335	19.3:1
267	4892	5159	19.3:1
496	9305	9801	19.8:1
519	9810	10329	19.9:1

導水管より連通管の原理によつて流入した水は2段の整流網によつて、挟雑物が除かれ、水流の緩衝整流が行われた後、分水されるようになっている。三角堰は円筒周囲に等間隔に刻み込まれているので、水の収縮は何れも均等に行われるものと予想される。また、鋭角三角形(30°)の三角堰を用いたので、きわめて少量の溢流水(この場合には溢流水は一つの点状を示すものと思われる)から多量の溢流水に到るまで、均等に分水されるものと考えられる。更に、夫々の三角堰の外側には図の如き特殊の mouth piece を取り付けて、水の溢流が円滑に行われるように工夫した。

きわめて少量の流水条件下に於ても、夫々の三角堰の溢流開始と溢流終了とが齊一に行われることが必要であつて、特に間歇的な地表流去水を均等に分水することの要求され



- A 第1タンク
- B 第2タンク
- C 導水管
- D 分水円筒
- E 1号目金網
- F 分水用三角堰部
- F' 三角堰(20ヶ)
- F'' マウスピース
- G 分水導管
- H 排水受
- I 排水導管
- J 覆蓋
- K 分水装置固定用台

第1図 写真4の分水装置設計図

る水蝕試験に於ては、きわめて重要な留意点であると思われるが、本装置における三角堰及びmouth pieceはこのような要求を十分に満足せしめ得る機能を有すると考えられる。

整流網は取り外しが可能なようにし、分水円筒下部は漏斗状となし、更に導水管には外側に向つて傾斜をつけたが、これは分水前の流水の状態を可及的に均質なものとするためと、本装置の洗滌操作を容易にするためをも考慮したことによるものである。

分水された水は分水導管に導かれて、第2タンクに流下するようになってはいるが、余水は円筒外側に取り付けられた排水受に集められて、排水導管によつて外部に放流されるようになってはいる。従つて、排水導管と分水導管の流量を調べることによつて、分水比(20:1)を随時にCheckすることが可能である。

本装置による流水実験結果は第4表に示した通りである。即ち、分水精度がきわめて高く、かつ少量の流水に対してもかなり高い精度で分水されることが明かである。

以上の結果から、地力変動観測施設には著者等の考案した写真4の装置を採用することとした。

### 3. 地力変動観測施設の設計と問題点

群馬農試構内の火山灰土より成る傾斜畑(平均傾斜約5度)に設置したが、地力変動観測圃場の見取図は第2図に示した通りである。これらの設計に当り、特に留意した事項並びに実際に施設を使用した経験上から更に改善すべきであると考えられる諸点を述べれば以下の如くである。

#### 1) 試験圃場及びその周辺

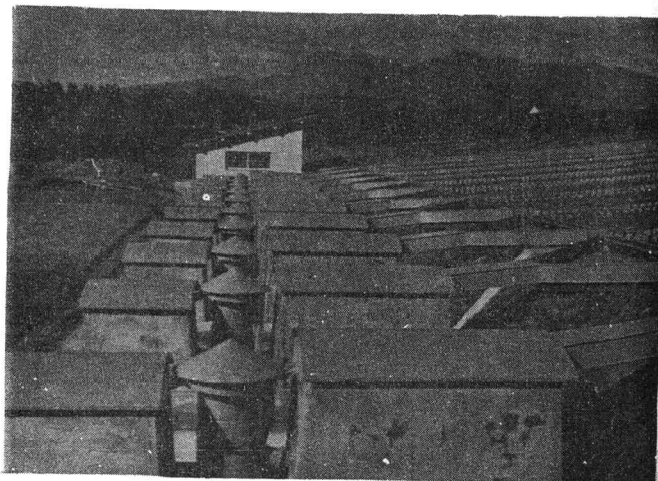
試験圃場は成し得る限り均一な自然傾斜面を選んで、そのままの状態を利用することが望ましいと考えられるが、均一な広い傾斜面を得ることは實際上無理であり、かなりの不均一性が認められたので、トラクターによつて、土壤条件及び傾斜度(6度とした)を均一に改修した。

かくして、12セットの試験区を設けたが、夫々の区は何れも巾3m、長さ18mとし、区框にはすべて波形スレートを用い、地中に20cm埋め込み、地上に15cmを残した。区框については、斜面に沿つた両側のみを波形とし、横框には平板形のものを用いるのも一案ではないかと考えられる。但し、区框下端の漏斗部との接合部位は平板形のものを用いるのがよいと思われる。

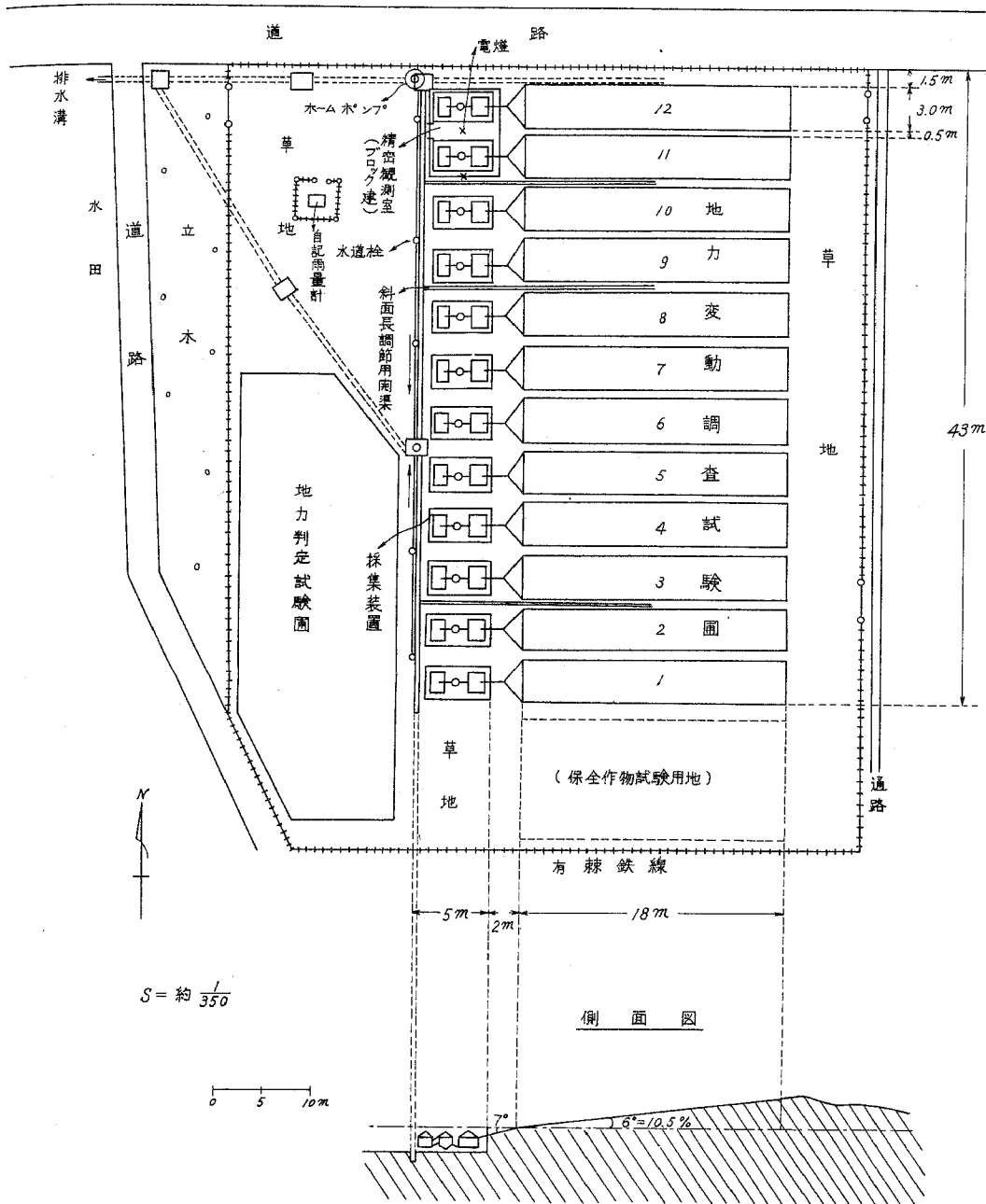
試験区間の空地は成るべく広く取る<sup>(6)</sup>ことが望ましく、少くとも1~2m程度空けた方がよいと思われたが、斜面の面積に余裕がなかつたので50cmとした。試験区の外側には芝を植え付け、更にその外周には充分な草地を設けた。長い斜面の中央部附近に試験区を設置する場合等には、試験区内への外部の流去水の不慮の侵入を防止するために、高位部に承水路または緩衝地帯を設けておくことが望ましいと考えられる。本施設に於ては、斜面の高位部に試験圃場を設置したので、このような対策は必要としなかつたが、圃場内外の余剰水はすべて

写真5 採集装置

中央に分水装置がおいてある



平面図



S = 約  $\frac{1}{350}$

側面図

第 2 図 地力変動観測圃場見取図  
 使用面積 2,512.1 $m^2$  (2反6畝1歩)  
 試験圃場面積 1,293.0 $m^2$  (1反3畝23.8歩)  
 1区面積 3 $m \times 18m = 54m^2$  (17.3坪)

排水路に集められて、他に安全に排除されるように設計した。

## 2) 斜面長調節用開渠

試験圃場の斜面長を随時に変更し得る如く、第2図に示したように所々に斜面長調節用開渠を設けた。また、区框の波形スレートはその接合部をネジ止めとし、取り外しの可能なようにした。このような施設は斜面の長さについての比較実験を行う場合等に便利であることは当然であるが、その他の場合にも排水溝として役立つわけである。

## 3) 流去土水受 (漏斗部)

試験圃場と漏斗部との接地点の上面には、巾25cmの金網(1mm目)を横に張つて雨滴による直接衝撃から土壌を保護するよう考慮した。特に、この部分からの漏水は屢々起り得ることなので、種々の工夫対策が必要であろう。但し、金網は更に目の粗いもの(3mm目程度)の方が適当ではなかつたかと考えている。また、漏斗部の最上端には更に1枚の鉄板を張り、これを「し」形に折り曲げて地中に埋め込んだ。

試験圃場が下部の切除法面にあまりに接近している場合には、その部分の透水性が大であるために、試験誤差を生ずる恐れがあるので、漏斗部は成し得る限り長くして、試験圃場を成るべく斜面の上方に押し上げるように留意する必要がある。本設計に於ては漏斗部の長さは2mとした。漏斗部は無蓋とし、この部分に降つた雨水は自記雨量計による記録値を基礎として面積計算により差引くこととしたが、むしろ取り外しの可能な蓋を取り付けておく方が便利ではなかつたかと考えている。

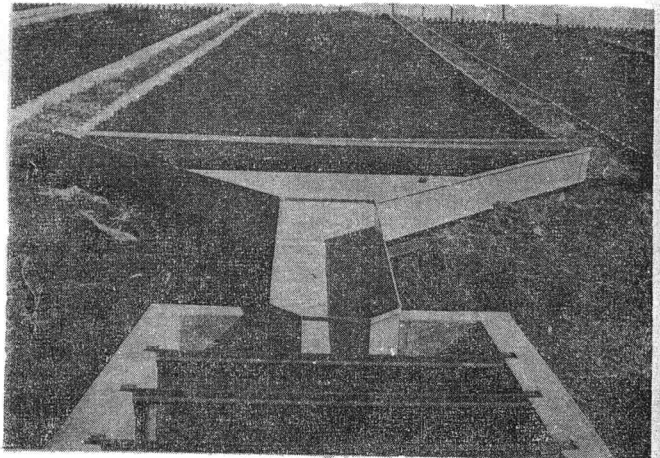
## 4) 採集装置

採集槽はコンクリート製とし、各セット夫々大(1.5m×1.0m×0.9m)、小(1.0m×0.8m×0.6m)2ヶを設け、その中間に前述した分水装置(写真4)を取り付けた。分水装置は正確に水平に設置することが必要である。採集装置の容量は過去50年間の統計から最大連続雨量(400mm)を基礎にとり、この場合における平均流出率を50%と想定して設計した。

採集装置の周辺はすべてコンクリートの土台とし、作業に便なる如く階段をつけ、更に排水が完全に行われるようにした。

採集槽に集められた流去水及び流亡土量の調査に当たつて、それらの全量を秤量することは多大の労力と時間を費すので、適当な採水器を考案する必要があると考えている。また、採集槽(大)内に更に小型の採集容器(目盛を附した)を入れておくと、特に少量の降雨時には後の作業が迅速かつ容易に行えるので便利である。採集槽(大)には取り外し可能な3枚の止水網を取り付けたが、実際には2枚あれば充分ではないかと考えている。

写真6 流去土水受と第1タンクの構造



### 5) 精密観測施設

種々の降雨型について、降雨強度と流出量との関係を経時的に観測するために精密観測施設を設けた。即ち、<sup>(8)</sup>ブロック建の観測室内に2セットの採集装置を収容し、夫々に自記水位計を取り付け、別に圃場内に自記雨量計を設備した。この場合、同時に、土壌中の水分変化をも把握する要があると考えている。

### 6) 電燈及び水道施設

夜間作業に便なる如く、精密観測室には電燈を取り付けた。また、採集装置の洗滌操作に便なる如く、水道施設を設け、2セットに1ヶの割合に水道栓を取り付けた。

### 7) その他

地表流去水のほかに、滲透水をも同時に採集し得られるような装置を別に設けて、降水の収支、移動状況を明かにする要があると考えているが、これについては、まだ具体化してはいない。

## 4. あとがき

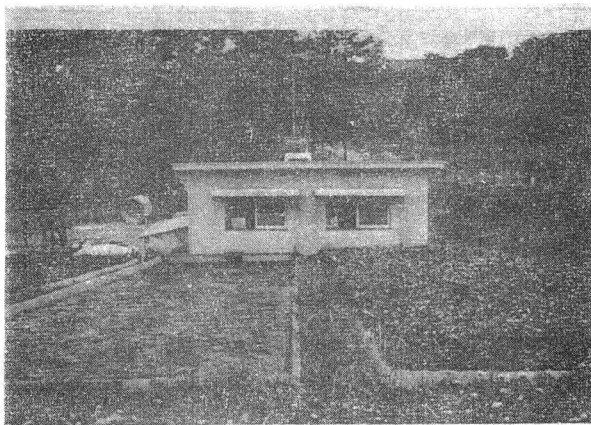
地力変動観測施設の設計並びに問題点について、概略の説明を行つたが、経験に乏しいために、不備不足の点が多いものと考えている。また思わぬ誤りをおかしている点多々あらうと思われる。この報告が各位の御批判の緒となり、今後におけるこの種施設の発達向上のため、幾らかでも役立ち得るならば幸いである。

## 文 献

- 1) 江川, 任田: アメリカの土壤保全 (海外農業生産性視察報告 5), 18 (1956)
- 2) 山本, 入交, 沼尾, 佐藤: アメリカの土壤肥料 (海外農業生産性視察報告 14), 16 (1957)
- 3) 今井, 城下, 柚木: 圃場における土壤侵蝕試験方法について (土壤侵蝕に関する研究集録 I), 103 (1951)
- 4) 牧: 農業水利造構学, 366 (1947)
- 5) 狩野: 農業水利, 201 (1949)
- 6) Bay: Diagram of Rotation Runoff Experiment (Univ. of Wisconsin) (1949)
- 7) U.S. Dept. of Agr.: Conservation Method, 5 (1958)
- 8) Smith, R.M., Henderson, R.C. and Tippit, O.J.: Summary of Soil and Water Conservation Research (Blackland Exp. Sta., Texas), 15 (1954)

### 写真7 精密観測室

左側一裸地区、右側一牧草区



# 土壌の固結度及び連結度について

— 風蝕に関する土壌肥料学的研究 (第5報) —

国分 欣一・板川 秀雄

関東東山農試

(昭和35年7月8日受理)

風に対する耐蝕性の要因としての土塊の衝撃 (impact) 及び磨滅 (abration) に対する抵抗性に着目して行つた実験については既に報告<sup>1)</sup>した。さらに土壌の凝集力について比較するために乾燥試片の切断抵抗を測定して固結度及び連結度を求め風に対する受蝕性との関係について検討した。

## 1. 実験方法

固結度及び連結度の測定は山中<sup>2)</sup>の方法に準じて行つた。その概要を述べると、

固結度試片の調整は風乾細土 (< 2 mm) に可塑上限界に近い水分を加えてよく練り、かつ十分に膨潤させるために一晩放置する。含水量がほぼ可塑下限界近くまで減じたとき真鍮の鋳型 (6×2×1 cm) に填充し室内で風乾して試片とする。

連結度試片の調整は風乾細土 (< 2 mm) を口径 4 cm, 高さ 2.0 cm, 容積約 25 cc の円筒 (底部に濾紙をはりつける) に填充し, 5 cm の高さから 5 回落下させた後, 底部より吸水飽和させる。これを一晩放置して徐々に乾燥させて容器に入れたまま測定する。

## 2. 実験結果

### 1) 受蝕性土壌及び耐蝕性土壌の固結度及び連結度

風乾細土について固結度及び連結度を測定した結果は第1表のとおりである。

近接している耐蝕性土壌と受蝕性土壌とを比較すると固結度, 連結度共に耐蝕性土壌の方が大きい。

又固結度は箭坪が最も大きく, 小滝, 田部井, 自由学園(A)などの耐蝕性土壌がこれに次いで大きい, 曲ヶ島, 沓掛が比較的小さい。

連結度も耐蝕性土壌が大きく, 田部井が最大で箭坪, 沓掛, 自由学園(A), 小滝の順である。ここで沓掛は固結度が比較的小さく飛行場跡と殆ど同じ値を示しているが, 連結度はかなり大きい。又上田は固結度と連結度が同じ値を示している点はこの土壌と傾向を異にしている。

### 2) 石灰の固結度に及ぼす影響

石灰施用の土壌物理性に及ぼす影響は絶えず問題にされ, かつては土壌の団粒化に貢献すると考えられていたが, ま

づ flocculation をおこして団粒化の準備はするが直接的ではないと一般的に考えられているよう

第1表 固結度及び連結度

土 壤	固 結 度	連 結 度
小 滝 ○	8.2 kg	0.85 kg
四 ツ 谷 ×	4.8	0.35
沓 掛 ○	5.6	1.00
佐 野 ×	2.7	0.50
田 部 井 ○	8.0	1.50
上 田 ×	0.8	0.80
箭 坪 ○	9.2	1.25
戸 田 ×	1.2	0.13
自由学園(A) ○	7.9	0.90
自由学園(B) ×	3.4	0.40
曲ヶ島 ○	6.1	0.15
飛行場跡 ×	5.5	0.10

○印耐蝕性土壌, × 受蝕性土壌

である。

実際現地においては石灰の多量施用により耕土が硬化し或いは粘性を増して耕耘が困難になるという所もある。

固結度に及ぼす石灰の影響は山中<sup>2)</sup>によると、腐植の多い秋田県大曲土壌では石灰施用によつて固結度が增大しているが、これはアルカリによつて腐植が解膠し、乾燥に従つて強く凝集するものと解釈している。又埼玉県農試玉井支場においては明治35年以來の石灰運用田について下層土の固化は認められるが固結度に変化は認められないとしている。このように一見一致しない傾向について、一方は腐植の解膠により凝集力を増し、他方鱗片状の粘土鉱物の少い沖積土では石灰の影響が少いと云つている。

既報<sup>3)</sup>においては耐蝕性土壌は受蝕性土壌よりも石灰飽和度が大きいことが見られ、又土塊の機械的安定性に対するCaの効果はあまり大きくなかつた。<sup>1)</sup>

固結度に及ぼす石灰の影響を見るために、受蝕性土壌の佐野とこれに近接する耐蝕性土壌である沓掛に消石灰を添加して固結度を測定した。

その方法は風乾土に対して、消石灰を乾土100g当り夫々の量加えてよく混和し、最大容水量の60%の水分として30°Cに4ヶ月間incubateした。この結果は第2表のとおりである。佐野は腐植質

第2表 石灰添加による固結度の変化

土 壤 項 目	添加消石灰量 (g)	0	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3.2	6.4	12.8
	佐 野	固結度 (kg)	1.3	1.1	1.0	1.2	1.1	1.1	1.1	0.8	1.2
	pH(H <sub>2</sub> O)	4.9	5.0	5.1	5.4	5.8	5.9	6.5	7.1	8.1	9.3
沓 掛	固結度 (kg)	7.3	6.7	6.8	7.0	8.8	7.2	7.8	9.4	3.6	5.1
	pH(H <sub>2</sub> O)	4.9	5.3	5.4	5.9	6.6	7.5	8.2	10.2	11.8	—

火山灰土であつて緩衝能強く石灰添加量の少いときはpHの上昇も緩慢であつて固結度はわづかに減少している。pH 8附近より増大するがその程度は僅少である。沓掛は沖積土で腐植も少いが、当初石灰添加量0.2%まではむしろ減少の傾向が見られる。石灰添加量0.4%附近から3.2%まで固結度増大し、それ以上になると急激に低下して原土よりも低くなつている。この多量添加による固結度の低下は石灰の粒子そのものの影響が大きいと考えられる。

堆肥及び石灰の固結度に及ぼす影響について栃木県西那須野町の関東東山農試内試験圃場において10アール当り毎年堆肥1,500kg、消石灰113kgを5年間単用又は併用した試験区の固結度は第3表

第3表 堆肥石灰運用土壌の固結度

堆肥石灰併用		堆肥加用		石灰加用		無施用	
固結度	水分	固結度	水分	固結度	水分	固結度	水分
0.4 kg	54.2%	0.5 kg	51.7%	0.5 kg	53.5%	0.5 kg	55.5%
1.5	41.2	1.3	43.2	1.8	39.8	1.7	37.8
2.4	24.8	2.0	25.2	2.6	26.5	2.4	24.0
2.8	14.9	2.7	17.4	2.5	16.1	2.4	16.6
3.6	5.0	3.1	5.5	4.2	5.3	3.6	5.4
3.3	0.4	2.5	0.5	3.6	0.2	2.4	0.4

のとおりである。

含水量による固結度の変化は各処理区共に含水量5%附近の固結度が最大であつて含水量の増加に伴つて漸次低下している。又5%よりも絶乾状態に近くなつても、固結度は低下の傾向を示している。

処理による固結度の差異は水分の多い状態では少く、又小さくなつてゐる。

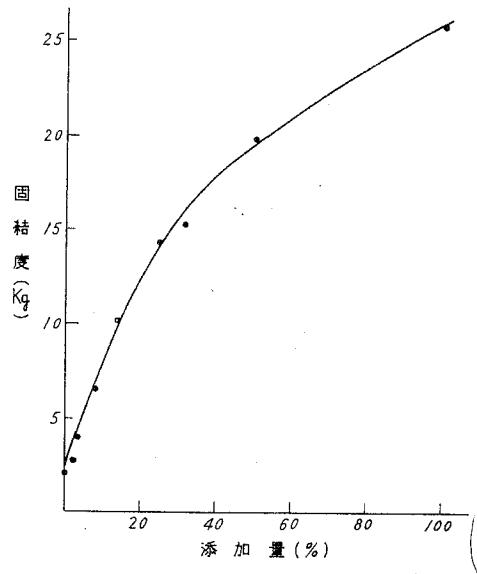
乾燥状態では石灰加用により増大の傾向が認められるが堆肥の効果は見られない。

3) ベントナイト添加の固結度に及ぼす影響

ベントナイトが乾燥土塊の機械的安定性の増大に効果のあることは先に報告した。<sup>1)</sup>

同じ佐野土壌に対してベントナイトの添加量の差異による固結度の変化は第1図のとおりである。

ベントナイト添加量の増加に応じて固結度が増大しているが、曲線を示している。添加量の多いほど試片の収縮が大きくなつており、真の値はさらに大きく直線に近づくものと思われる。



第1図 ベントナイト添加による固結度の変化

4) 客土が固結度に及ぼす影響

受蝕性である佐野土壌に対して乾土当り重量%としてベントナイト10%, カオリン(市販, 日本薬局方, 帝国製薬製品)10%, 消石灰2%, 沖積土(蛇尾川)25%を夫々添加して最大含水量の60%の水分に保持して30°C, 4週間 incubate した後、固結度を測定した結果は第4表のとおりである。

ベントナイト、沖積土の添加によつて固結度増大の傾向が見られるが、カオリンは殆ど変化なく、消石灰は低下している。これは2)の実験から見ても添加量の少いためと思われる。

第4表 客土による固結度の変化

試料	原土	ベントナイト添加	カオリン添加	消石灰添加	沖積土添加	沖積土
固結度(kg)	3.0	5.6	2.9	1.6	4.0	6.8

5) 塩基の形態が固結度に及ぼす影響

耐蝕性である沓掛, 田部井土壌と受蝕性である佐野, 上田土壌について既報<sup>1)</sup>と同様の方法によつて調整した単一塩基土壌について固結度を測定した結果は第5表のとおりである。尚土壌の調整は次のようにして行つた。

乾土50g当りの湿潤土に対して中性N-NaCl, N-CaCl<sub>2</sub>, N-MgCl<sub>2</sub>又は $\frac{1}{10}$ N-AlCl<sub>3</sub>,  $\frac{1}{100}$ N-HClの溶液を夫々200cc加えて、室内に数日間放置後濾過し夫々の溶液でCaの反応(CaCl<sub>2</sub>以外)なくなるまで洗滌した。過剰の塩類は中性80%EtOH又はCO<sub>2</sub>-freeの蒸留水でClの反応なくなるまで洗滌して調整した。



第5表 各塩基飽和土壌の固結度

土 壤	飽 和 塩 基				
	Al-土壌	Ca-土壌	Mg-土壌	Na-土壌	H-土壌
沓掛 ○	6.8 Kg	9.1 Kg	11.3 Kg	13.5 Kg	8.1 Kg
佐野 ×	1.2	1.5	1.4	2.8	2.7
田部井 ○	5.3	7.5	6.3	30.2	8.1
上田 ×	0.6	0.7	0.6	1.3	0.4

佐野、上田は固結度小さく、塩基による差異も少ないがNa飽和土壌は大きくなっている。又佐野のH-土壌がNa-土壌に近い値を示している。

沓掛はNa→Mg→Ca→H→Al-で水平振盪による土塊の機械的安定性の場合とほぼ一致した傾向を示している。

田部井ではNa→H→Ca→Mg→Al-の順となりNa-土壌が著しく大きいのに比較して他の四者の差はわかである。特にCa-, Mg-の値が比較的小さくなっている。

#### 6) Tyulin法によるG<sub>1</sub>分離が固結度に及ぼす影響

Tyulin法によつてG<sub>1</sub>を分離したR<sub>1</sub>について固結度を測定した結果は第6表のとおりである。

いずれの土壌についても原土と比較してR<sub>1</sub>は固結度が低下しており、G<sub>1</sub>含量高く固結度の大きい耐蝕性土壌においてその差が著しい。これは既報の土塊の機械的安定性を測定した場合と一致した傾向を示している。

第6表 Tyulin法によるG<sub>1</sub>を分離した場合の固結度

土 壤	沓掛 ○	佐野 ×	田部井 ○	上田 ×
原 土	5.6 Kg	2.7 Kg	8.0 Kg	0.8 Kg
R <sub>1</sub>	1.6	1.4	3.4	—

#### 7) 腐植除去が固結度に及ぼす影響

過酸化水素処理によつて腐植の大部分を除いた場合の固結度の変化は第7表に示すとおりである。

第7表 腐植を除いた場合の固結度

土 壤	小 滝	四ッ谷	沓 掛	佐 野	田 部 井	上 田	箭 評
固結度 (Kg)							
原 土	8.2	4.8	5.6	2.7	8.0	0.8	9.2
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 処理	12.3	15.5	7.9	13.7	17.3	1.0	13.5

土 壤	戸 田	自由学園 (A)	自由学園 (B)	曲ヶ島	飛行場跡	高萩(A)	高萩(B)
固結度 (Kg)							
原 土	1.2	7.9	3.4	6.1	5.5	13.5	1.7
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> 処理	3.3	8.5	4.5	6.5	8.8	32.3	6.3

各土壌共に腐植の分解によつて固結度が増大している。山中<sup>2)</sup>は宇都宮火山灰土壌について腐植を分解した場合固結度が増大することから、腐植が凝集力を減弱させることを認めているが、その生成機構及び堆積様式によつて異なるとしている。

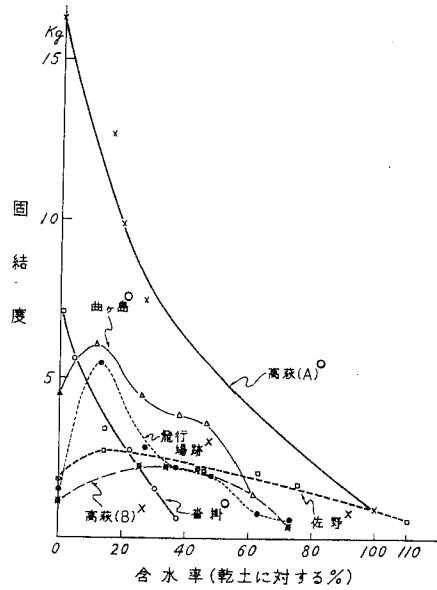
#### 8) 固結度と含水率との関係

受蝕性土壌及びこれに近接している耐蝕性土壌の6点について含水率の変化による固結度を測定した

結果は第2図のとおりである。沓掛及び高萩(A)は乾燥に従つて急激に固結度増大し、風乾状態以上ではさらに急激である。曲ヶ島及び飛行場跡は湿润状態から風乾状態までは徐々に上昇しているのに対して、風乾より絶乾に向つては急激に低下している。佐野及び高萩(B)は各水分状態において固結度小さく、風乾状態から含水量50%附近まで僅かに大きくなつている。

耐蝕性土壌は乾燥に向つて固結度増大し、特に風乾状態以上において尚増大の傾向があるのに対して、受蝕性土壌では乾燥による上昇も緩慢であつて、風乾状態より以上に乾燥すると凝集力を失う点が相異している。

沓掛と飛行場跡は腐植含量は比較的少く、風乾状態においてはほぼ近い値を示しているが、風乾状態以上に乾燥すると前者は固結度を増すのに反して、後者は減少する。これは腐植の量のみでなく、質又は粘土に原因のあることを示しており更に検討を要すると思われる。沓掛は土性植壤土で粘土含量2.4%、飛行場跡は土性は軽植土で粘土3.15%である。



第2図 土壤水分と固結度との関係

備考：○耐蝕性土壌、×受蝕性土壌

### 3. 考 察

山中<sup>2)</sup>によると固結度はその含水量で自然状態であらわし得る略最大の凝集力を示し、連結度は圃場の団粒状態の凝集力を代表するという。米田<sup>4)</sup>も同様の見解であつて固結度は誤つて可塑形態において耕耘し、土壌を捏和、単粒化したときに生ずるとし、連結度は自然の乾燥時に示す剛性であるとしている。

本実験の結果から固結度、連結度共に風に対する受蝕性と関連あることが知られた。

原土の固結度と土壤諸性質との相関を見ると次の如くである。

因 子	全炭素含量	置 換 性 石灰 含量	石灰飽和度	G <sub>1</sub> 含量	G <sub>2</sub> 含量	Clay含量
相関係数	-0.52	+0.46	+0.57*	-0.68*	+0.36	+0.31

腐植含量とは負の相関があり、これは2)の実験で立証されている。置換性石灰は含量よりも飽和度との相関が高いことは絶対量よりも飽和度に注目すべきことを示していると思われる。さらにG<sub>2</sub>よりもG<sub>1</sub>含量との相関が高い。Clay含量との相関の低いことは腐植とも関連するが、先の実験からもClayの質の意義の大きいことを示している。この点について山中<sup>2)</sup>は粘土鉱物の種類も大きい影響を持つことを示唆している。

置換性塩基の形態による差異はNa-土壌は顕著に固結度を増大するが、その他の塩基の影響は少ない場合が多く、土壌のちがいのちがいの影響は大きい。

### 4. 摘 要

受蝕性土壌と耐蝕性土壌の固結度及び連結度を測定して次の結果を得た。

- (1) 固結度，連結度共に耐蝕性土壌が受蝕性土壌よりも大きい。
  - (2) 石灰添加の固結度に及ぼす影響は土壌によつて異り，腐植質火山灰土の佐野では添加量6% (pH 8附近)より増大の傾向があるが，沖積土の沓掛では添加量3.2% (pH10)までは増大し，それ以上では低下した。
  - (3) ベントナイトの添加量に応じて固結度は増大した。
  - (4) 沖積土，ベントナイトの添加により固結度増大し，カオリン添加は変化なく，消石灰の少量添加ではむしろ低下した。
  - (5) 各種塩基飽和の固結度に及ぼす影響はNaが大きく，その他は土壌により差があつた。
  - (6) Tyulin法によつて $G_1$ を分離すると固結度は低下した。
  - (7) 過酸化水素処理によつて腐植を分解すると固結度は増大した。
  - (8) 風乾状態附近までは水分の減少に従つて固結度増大し，それ以上の乾燥によつて固結度増大する土壌と低下する土壌の二つの型があり，前者は耐蝕性土壌に多く後者は受蝕性土壌に多かつた。
  - (9) 土壌の性質と固結度との関係は腐植とは負の相関があり，置換性石灰とは含量よりも飽和度との相関高く， $G_1$ とは正の有意の相関があり，Clayとは低い値を示した。
- (本報告の概要は昭和32年4月日本土肥学会春季大会に講演し講演要旨集，第3集，3頁に掲載された。)

尚種々御意見を戴いた農研山中金次郎技官に謝意を表する。

#### 引 用 文 献

- 1) 国分：土肥誌，30，163掲載予定
- 2) 山中：農技研研究報告，B6号(1955)
- 3) 国分・板川・根本：関東東山農試研究報告，第10号，107~113(1957)
- 4) 米田：土壌の物理性第2号，24~28(1960)

## 果樹園土壌管理法と土壌構造に関する一考察

吉 良 八 郎

香川大学農学部

(昭和36年1月16日受理)

### 1. ま え が き

従来農耕地，とくに果樹園を対象にした土壌管理法(土壌取扱法)として，grass mulch, sod culture, clean tillage, tillage and cover-cropsなどが挙げられており，これらに関する土壌水分保持の問題，土壌水分におよぼす影響に関する問題，あるいは土壌温度におよぼす影響に関する問題については幾多の研究<sup>1)</sup>がなされているが，最近わが国でもこれら土壌管理法と土壌侵食に関する研究が進められるようになった。筆者もかつて，主として土壌保全の面から各種土壌管理法(土壌改良剤処理法を含む)の比較試験を試み，若干の考察を行つたが<sup>2, 3, 4)</sup>本文においては，

その際あまりふれなかつた土壤構造（主として土壤の硬化現象）について、dataも相当古くなつたが若干検討してみよう。

2. 試 験 方 法

試験Ⅰ……1952年6月1日弘前大学農学部構内にLatin Square methodを採用し木框(100cm×100cm×30cm)で囲んだ敷藁区(稲藁 1.5kg/m<sup>2</sup>), clover被覆区(white cloverを18株づつ移植)および標準裸地区3, なる3処理3反復の試験区をつくつた。また他に樹冠下裸地区を設け, 各試験区の表土10cmは, 10mesh篩を通過した第1表のごとき砂壤土を均一につめた。本来この試験は主として飛沫侵食のため計画したものでその他の主要事項については, 文献(2)に詳記してある。Aggregateの分析はYoder Methodに準じて行つた。つぎに土壤硬度の表現法としては, 抵抗力, 貫入深, 圧力の強さ, 仕事/貫入容積, 仕事/貫入深度などが挙げられているが, 本試験では, 重さw=68.6kgの下げ振り錘先端円錐部が貫入して

第1表 供試表土の物理性(試験-I)

名 称	粒 径 (mm)	%	備 考
Gravel	2 ~ 4	2.8	真 比 重 2.50
Coarse Sand	0.25~2	24.6	仮 比 重 0.91
Fine Sand	0.05~0.25	31.9	孔隙率 粗 66.4% 密 61.2% 平均 63.8%
Silt	0.01~0.05	20.1	
Clay	0.01>	20.6	最大含水量 57.0%

きた円錐孔径D(mm)を測定して, 次の算出式を用いて貫入深d(mm)や土壤硬度H(dの逆数を1000倍した値)を求め一応貫入性により土壤硬度を表示した。DやdとHの関係は第1図に示してある。

$$H = \frac{1000}{d} = 2 \tan \theta \frac{1000}{D}$$

$$d = \cot \theta \frac{D}{2}$$

- ここに
- H: 土壤硬度
  - D: 円錐貫入により地表に形成された円径 (mm)
  - d: 円錐貫入深 (mm)
  - θ: 16° 15'

その他土壤の緻密性を知るため, 型枠法(剪断用4cm×4cm×6cmの型枠使用)によりbulk density, absolute densityなどを測定した。

試験Ⅱ……1953年5月13日弘前大学農学部構内に木框(100cm×100cm×30cm)で囲んだ平坦な10試験区を設置し, 第2表に示す火山灰質細埴壤土を表土30cmに用い, 降雨による土壤侵食試験の場合<sup>3)</sup>と全くおなじ処理を行つた。すなわち, №. 1 clover被覆区(white clover移植), №. 2 敷藁区(稲藁 1kg/m<sup>2</sup>), №. 3 敷藁混合区(稲藁 0.5kg/m<sup>2</sup>混合), №. 4

第2表 供試表土の理化学性(火山灰質細埴壤土)-(試験-II)

名 称	粒 径 (mm)	%	備 考
Gravel	>2	0.97	真 比 重 2.44
Coarse Sand	0.25~2	4.30	仮 比 重 0.85
Fine Sand	0.05~0.25	19.56	孔隙率 粗 68.1% 密 61.9% 平均 65.0%
Silt	0.01~0.05	34.94	
Clay	0.01>	40.23	最大含水量 71.9%

Kriliium 表面処理  $50\text{g}/\text{m}^2$  区, №.5 Kriliium 表面処理  $30\text{g}/\text{m}^2$  区, №.6 Kriliium 表面処理  $10\text{g}/\text{m}^2$  区, №.7 Kriliium 混合処理  $50\text{g}/\text{m}^2$  区, №.8 Kriliium 混合処理  $30\text{g}/\text{m}^2$  区, №.9 Kriliium 混合処理  $10\text{g}/\text{m}^2$  区, №.10 標準無処理区を計画したが, Kriliium は Monsanto Co. 製の Na 系 №.6 を使用し, 表面処理法としては Kriliium を土壌表面に撒布したのちジョロで撒水処理を行い, また混合処理法では供試表土  $20\text{cm}$  間に混合後, ジョロで撒水処理した。

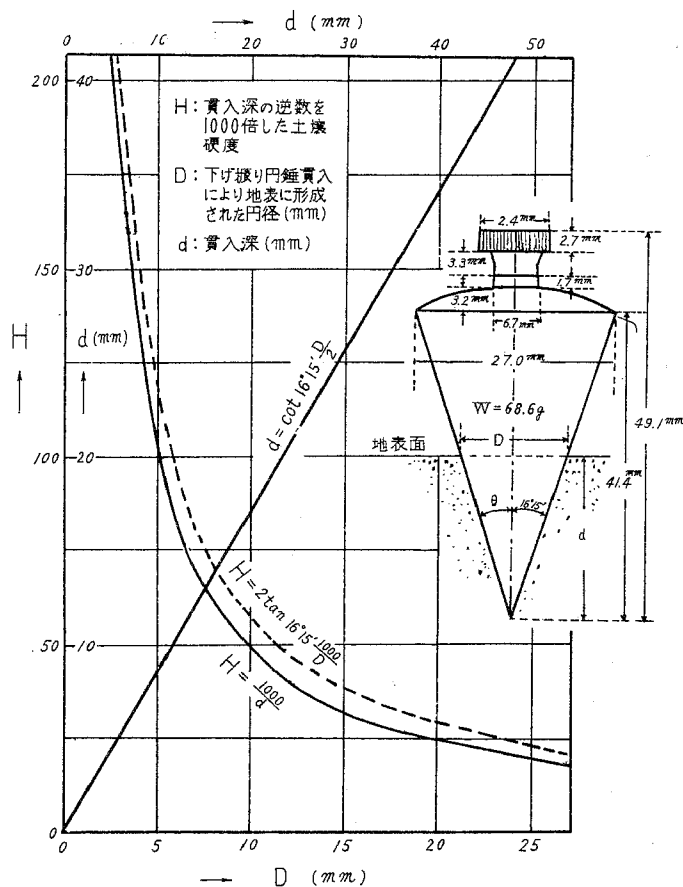
本試験においては, 土壌侵食と関連のある耐水性集合体, 土壌の硬化現象または土壌水分などについて, 主として土壌構造の時期的消長について検討した。この際土壌の硬化現象の観測には土壌硬度計を用いた土壌硬度や前述の型枠法による密度も測定した。

硬度計としては第2図に示す北農型の土壌硬度計を製作し, 荷重は  $10\text{kg}$  (max  $50\text{kg}$  まで) として円錐の貫入により地表に形成された円径  $D$  (mm) を測定し貫入深  $d$  (mm) の逆数の1000倍を土壌硬度  $H$  として表現した。この場合  $D$  や  $d$  ならびに  $H$  などの関係は第3図のごとくなり,  $d$  や  $H$  はそれぞれ下げ振りの場合と同様次式から求められる。

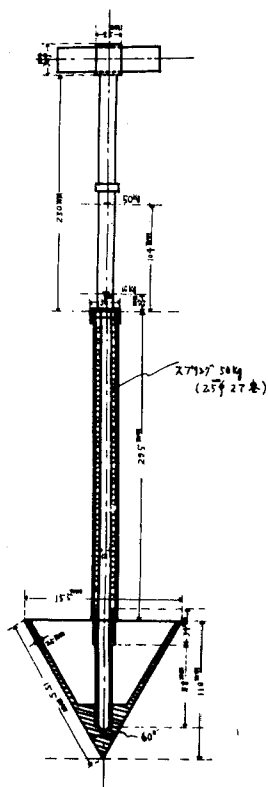
$$d = \cot 30^\circ \frac{D}{2} \div 0.866 D$$

$$H = \frac{1000}{d} = 2 \tan 30^\circ \frac{1000}{D} \div \frac{1154.7}{D}$$

また water stable aggregates 分析は試験-Iと同様 Yoder method に準じて state of aggregation および coefficient of aggregation を求め, その基準は Tiulin などの説明により一応  $0.25\text{mm}$  以上とした。



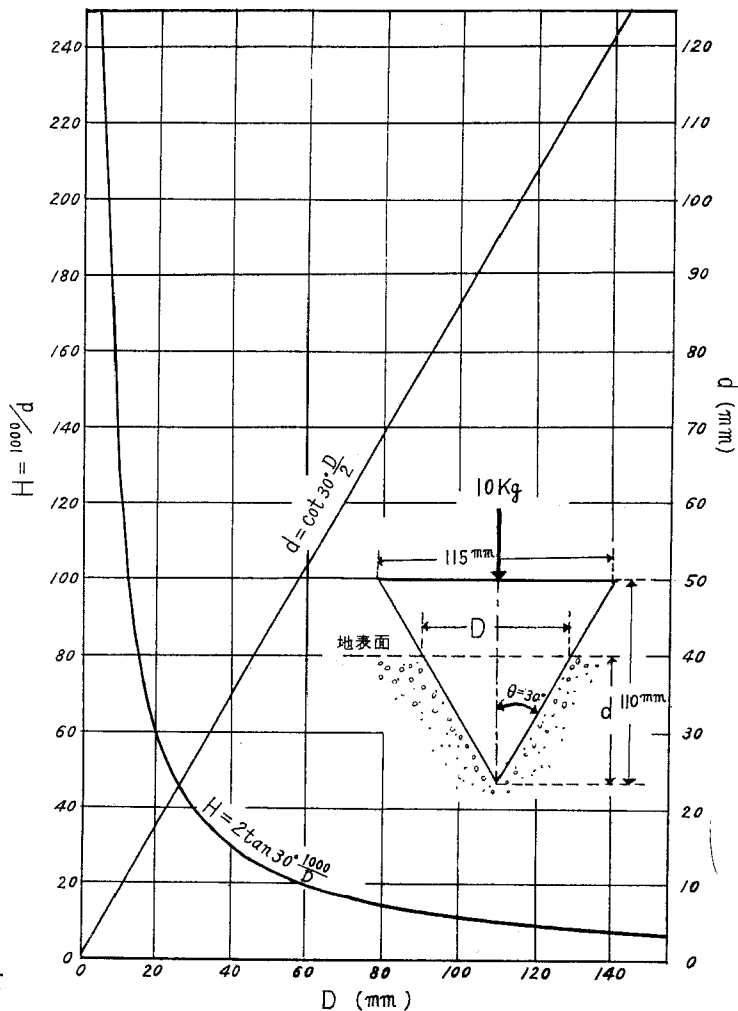
第1図 Plumb bob の断面図および貫入円径、貫入深と土壌硬度の関係



第2図 土壤硬度計

3. 試験結果および考察

1) 土壤の硬化現象について  
 一般に地表が雨に叩かれると、  
 雨滴の打撃作用により aggregate



第3図 土壤硬度計の貫入円径、貫入深および硬度の関係

は崩壊し飛沫となつて分散し、土壤が次第に雨水により飽和されると、可塑性状態より液性状態に移行して遂に掃流侵食過程をたどつて sheet erosion を起すが、この際生じた泥水中の silt や clay 粒子の一部は滲透水と共に下降して土壤孔隙を閉塞し、孔隙率が減少することになり土壤は緻密化し、infiltration capacity の減退によつてますます掃流侵食を助長することが考えられる。この点に関して、たとえば Ellison, Slater<sup>5)</sup> は飛沫中の土壤量が滲透に多大の影響を与えること、Duley<sup>6)</sup> は地中滲透は雨滴の衝撃作用により変化する表面微候中、土中構造に大なる影響を受けることを認めている。また Ekern, Murkenhim<sup>7)</sup> は雨滴の kinetic energy の中で飛沫砂に与える energy は 2% にすぎないことを明らかにしたが、その他の約 98% の大部は、aggregate の崩壊による単粒構造化を促進する面に使われ、また土壤表面に緻密な層すなわち硬化表土 soil crust を形成して、土壤の infiltration capacity を減退させる面に使われることが推察できる。

さらにFletcher, Martin<sup>8)</sup>はsoil crust形成に関係する主な因子は、表面における微細粒子の濾過および沈澱現象であることを強調し、Free<sup>9)</sup>は野外実験でこれらsoil crustの密度は約1.4でその下部は1.1であったという報告もある。その他石川, 秋葉, 山崎<sup>10)</sup>は、平坦耕地の降雨吸収能について研究し、耕耘後2~3ヵ月後でも作物のある耕地では畦間に保留される降雨は、樹物冠の投影する硬度5 g/cm<sup>2</sup>以下の部分に吸収されること、三原<sup>11)</sup>は、湿砂に水滴を落下して飛沫の量と速度を測定し、水滴運動量の約 $\frac{1}{3}$ が飛沫発生に使われ、その他は砂面の沈圧や側方へ押拡げる仕事に使われることを認めている。また相馬<sup>12)</sup>は団粒の耐水性と土壌皮膜の関係について実験を行い、水滴の衝撃力による浸透減退は、表層土の団粒が破壊されてできる土壌皮膜によること、さらに土層の構造が衝撃力、通水に対して不安定で、層の一定のところには土壌皮膜が形成されず、層の相当にわたって透水性を失うことを示している。

以上要するに土壌の降雨吸収能には、まず土壌の硬化現象の激化が影響をおよぼすことになるが、筆者は各種土壌管理法についてこれら降雨の衝撃、土壌飛沫などによる土壌の硬化現象を知るため、土壌の貫入性で示した土壌硬度や密度または硬化表土の厚さなどについて、主として時期的消長の検討を行った。

いま試験-Iで、1952年6月~9月にかけて20日ごと毎回各区20回測定計算した貫入深d、同時に測定した含水率または飛沫受缶で採集した飛沫土砂量の結果をまとめたのが第3表、また貫入深

第3表 土壌硬度、含水量ならびに飛沫土砂量の関係

(試験-I, 1952年6月1日~9月28日)

観測 区	観測月日	貫入深d(mm)				含水率(%)				観測期間	降雨量 (mm/20 days)	飛沫土砂量(g/20days)				
		A	B	C	D	A	B	C	D			A	B	C	D	
1	6月1日	44.3	44.3	44.3	44.3	22.6	12.2	11.9	13.8	-	-	-	-	-	-	-
2	6月20日	32.4	31.8	31.4	30.7	21.3	9.0	7.1	11.6	6月1日~ 6月20日	49.5	0	5.4964	6.5515	7.8140	
3	7月10日	27.5	26.4	25.1	22.7	24.0	22.3	21.5	21.6	6月21日~ 7月10日	30.8	0	5.5143	7.5956	4.8605	
4	7月30日	26.0	24.9	22.7	20.7	21.3	20.2	15.3	22.6	7月11日~ 7月30日	143.1	0	19.0508	38.8146	33.1407	
5	8月19日	25.8	24.7	21.8	19.2	21.9	20.8	10.2	15.2	7月31日~ 8月19日	119.5	0	3.7115	17.6228	13.2658	
6	9月8日	25.7	24.5	21.2	17.8	26.1	23.5	18.9	20.3	8月20日~ 9月8日	96.8	0	1.8042	9.4589	6.8725	
7	9月28日	25.6	24.3	20.8	17.2	27.5	26.5	24.5	26.9	9月9日~ 9月28日	71.2	0	0.0826	6.3027	3.4959	
8	10月18日	-	-	-	-	-	-	-	-	9月29日~ 10月18日	78.6	0	0.0336	6.6071	3.8072	

註 A: 敷藁区  
B: クロバー被覆区  
C: 標準裸地区  
D: 樹冠下裸地区

各3区の  
平均値

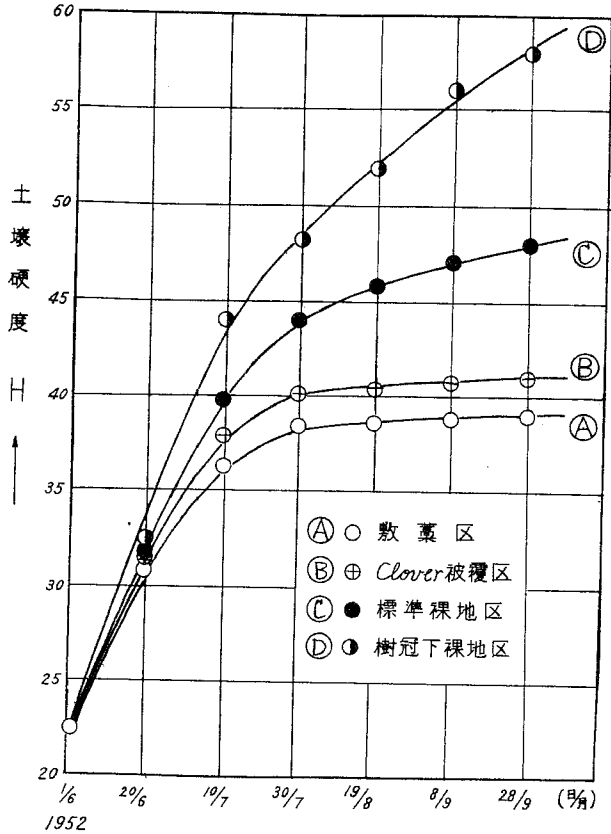
含水率は表土2cm間の値  
貫入深は  
 $d = \cot 16^\circ 15' \frac{D}{2}$ より求めたもの

降雨量および飛沫土砂量は各  
20日間ごとの計で降雨量は  
飛沫発生の際の資料である。

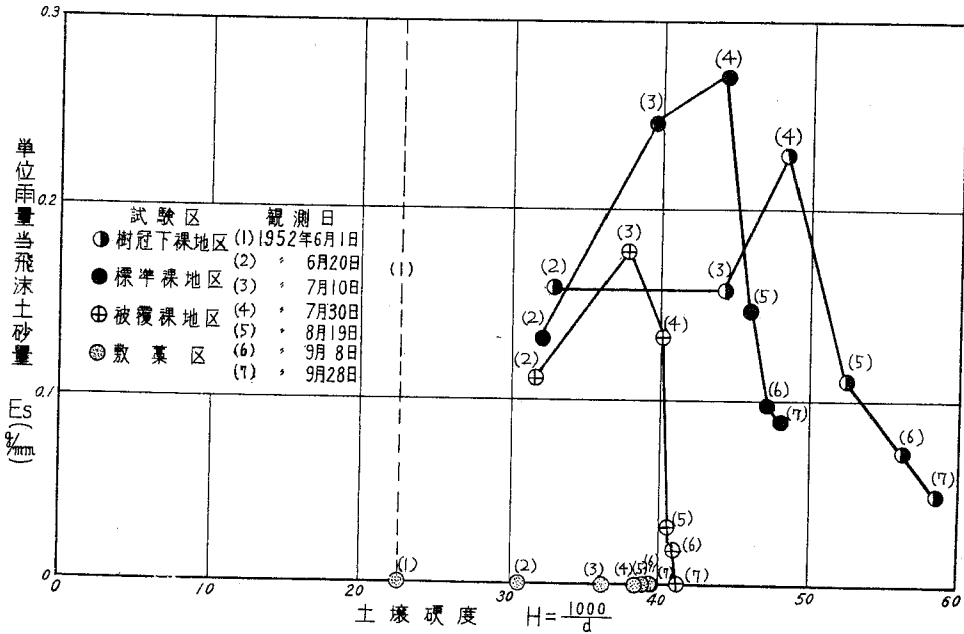
dの逆数を1000倍した表土の硬度H =  $\frac{1000}{d}$  について時期的消長を示したのが第4図となる。これらによると、各区とも試験開始後約1ヶ月間に急激な表土の硬化現象を示して、その後は硬化が緩慢となるが、その土壌硬度曲線の増加率は樹冠下裸地区が最大で標準裸地区、clover被覆区の順に小さく、

敷藁区が最小値を示す。Latin square methodによつた処理別試験区間では、標準裸地区硬度最大で clover 被覆区これに次ぎ、敷藁区が最小値を示し、それぞれ有意な硬度差を示した。これらに対して樹冠下裸地区の硬化現象が最も顕著であるのは、樹冠下における雨滴構成変化(径の増大)にもとづく Kinetic energy の問題または常に日蔭で土壌水分も標準裸地区に比較して多く、後期においてこけ類が生えたことなどの影響によるものと考えられる。

つぎに各観測時の表土 20 cm間の土壌水分をみると、処理間において明らかに有意な差が認められ、全期を通じて標準裸地区より clover 被覆区、さらに敷藁区の方がそれぞれ含水量やその季節的変動が大なる値を示し、敷藁区では全期を通じて含水率 20%以上で一応夏季における水分保持の面か



第4図 表土の硬度変化



第5図 土壌硬度と飛沫土砂量の関係

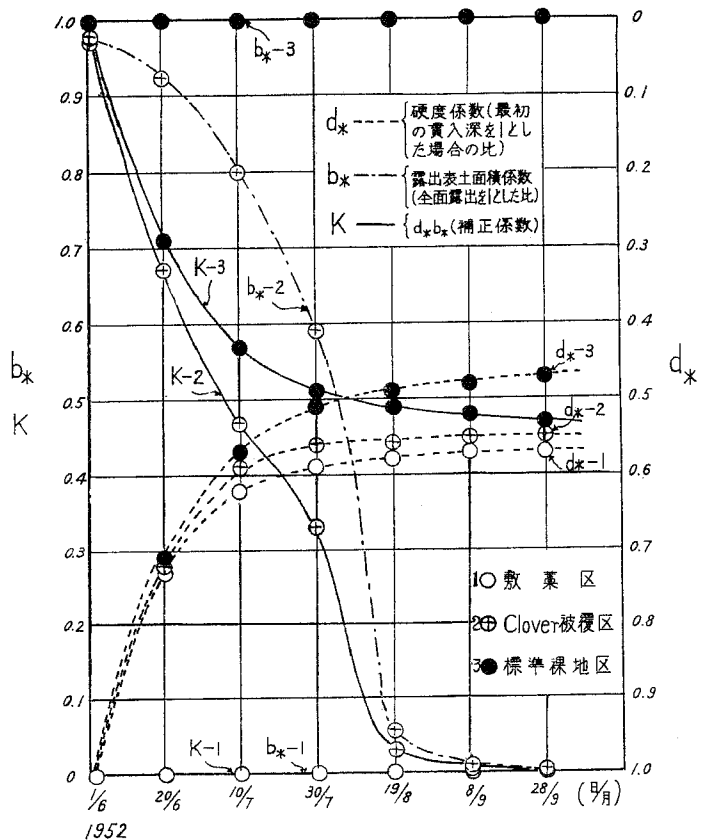


ら最も勝つていることが知れる。

つぎに、主として土壤硬度の季節的消長によつて、同一程度の降雨条件の場合でも飛沫土砂量が次第に減じてくることが認められたが、いま飛沫土砂量と土壤硬度の関係について、横軸に下げ振り錐の貫入深  $d$  の逆数を1000倍して表示した硬度  $H$  をとり、縦軸に20日間ごとの飛沫土砂量をその間の飛沫惹起降雨量で除した単位雨量当り飛沫土砂量  $E_s$  をとつて表示したのが第5図となる。これによると clover 被覆区で7月上旬頃、他の裸地区において7月下旬頃それぞれ単位飛沫土砂量の peak がみられ、これ以後は各区とも硬度の増強に伴つて飛沫土砂量がほぼ linear に減少する傾向を示す。またこの場合、各 peak までは硬度の増強するにつれ飛沫土砂量が逆に増加する傾向を示すが、このことは土壤特性として、その飛沫土砂量を規定するある限界（たとえば硬度、密度など）の存在することを暗示するものといえよう。

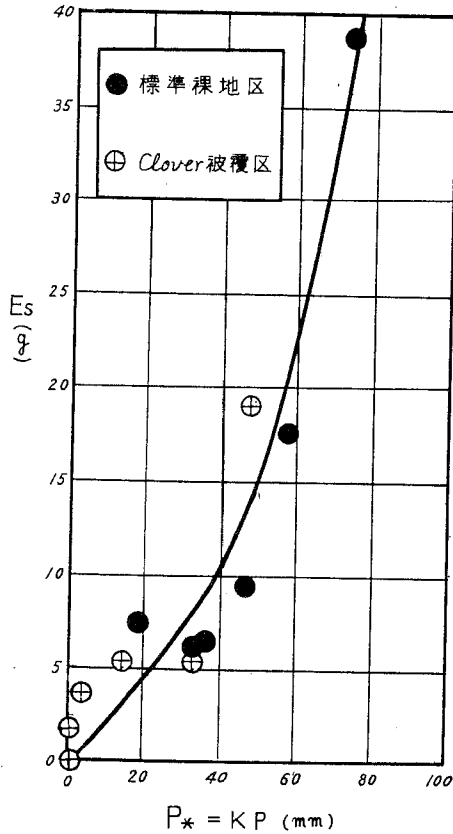
すなわち、当初表土が膨軟な場合は降雨の吸収能、滲透能が高く、降雨のほとんどが土中に吸収されて雨滴のもつ Kinetic energy の大部分は aggregate の崩壊、単粒構造化を促進し soil crust を形成して infiltration capacity を減退する役に使われ、かくして表土が次第に緻密となつて硬度が高くなるに従い、表土の剝離、分散に使われる kinetic energy 割合が多くなつて飛沫量が増大するが、表土の構造がさらに緻密となり密度や硬度がある限界に達すると、雨滴のもつ detaching capacity に対して土壤自体の detachability が優位になり、硬度の増強するにつれ飛沫量が減退するものと考えられる。この際表土の限界硬度に達してからの関係は、岩垣<sup>13</sup>らの乾湿砂でも孔隙率が增大すれば飛沫侵食量が増加するという実験結果からも明らかとなる。

このように硬度、密度または孔隙率の変化は、その消長に極めて大なる影響を与えるものであるが、その他地被物のある場合には、その被覆度（または露出土面の割合）が飛沫を大いに左右することが考えられ、これらの factor を考慮した降雨の補正係数の季節的消長を図示したのが第6図となる。



第6図 硬度と露出土土を考慮した補正係数

この図で各  $d_*$  曲線は、試験開始当初の土壌硬度を示す貫入深を  $d = 1$  とした場合の比率の時期的変化を示すものでこれを土壌硬度係数とする。また各  $b_*$  曲線は、直接雨滴の衝撃を受ける露出表土の割合を示すもので全面露出の標準裸地区を基準  $b_* = 1$  として、clover被覆区では被覆度調査結果<sup>2)</sup>から求めてあり、これを露出表土面積係数とする。そこでこの両係数の積を一応降雨補正係数  $K = b_* d_*$  となして図示したのが各  $K$  曲線である。いま  $K$  で補正された20日間ごとの降雨量  $P_* = KP$  を横軸にとり、20日間ごとの飛沫土砂量  $E_s$  を縦軸にとつて標準裸地区と clover 被覆区の結果を点描したのが第7図となる。これによると硬度や露出表土面積の面から補正された降雨量  $P_*$  と飛沫土砂量の関係は、処理の如何にかかわらず、大体同じ曲線にのりがとき傾向を示すことは興味ぶかいことである。



第7図 飛沫土砂量と補正降雨量の関係

さらに9月30日に密度試験結果を示すと第4表のごとく、硬土の場合と同じように完全被覆の敷藁区が最も密度低く膨軟なことを示し、ついで clover 被覆区、標準裸地区、樹冠下裸地区の順に密度増加の傾向をたどる。

第4表 表土の密度と硬化表土の厚さ  
(1952年9月30日)(試験-I)

事 項	処 理 別 試 験 区				備 考
	敷藁区	クローバー被覆区	標準裸地区	樹冠下裸地区	
Bulk density	1.16	1.17	1.22	1.27	表土6cm間の密度
Absolute density	0.84	0.85	0.87	0.91	
Soil crustの平均厚さ(mm)	0	0.2	1.1	1.5	

さらに硬化表土の様相を観察してみると9月30日の結果は第4表に併記されており、敷藁区では直接土面における雨滴の衝撃がないため crust が形成され

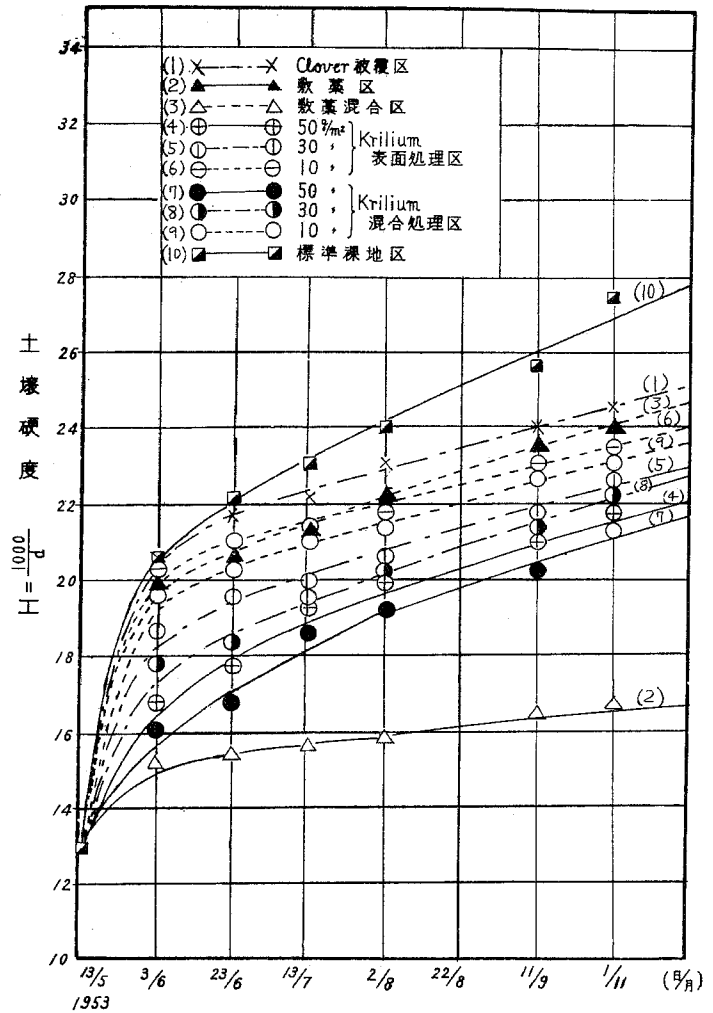
ず、clover 被覆区では初期の被覆進まない間は clover の茎葉冠投影外の露出土面に約1cm程度の crust を形成したが、この crust は clover 被覆度増加により次第に崩壊して、その露出土面のみ僅かの crust を残した。これに対して各裸地区では、相当の厚みをもつた約1cm以上の緻密層ができて、これが一旦乾燥すると crust のみが板のごとく剥げるがごとき様相を示した。

さらにこれは10月末から11月にかけて霜柱発生のため、crust が崩壊して再び降雨の際 Splash erosion を受け易い状態となつた。

実験-IIでは、1953年5月13日各区処理後10月1日まで20日ごと土壌硬度を測定したが、その結果を点描したのが第8図となる。これによると各処理区においてそれぞれ表土の硬化現象が認められ、前述の実験-Iの場合認められたように、処理後約1ヶ月後までに急激な硬化現象を示すが、その後は各区とも緩慢な硬化現象を示すことが明瞭となる。この際各処理間の硬度をみると、処理後約5

ヶ月となつた10月1日の観測値では、第5表のごとく敷藁区が最も硬度小さく、標準無処理区（裸地）が最も大で、その差は極めて顕著に現われ、この間においてclover被覆区、敷藁混合区、Krilium表面処理10g/m<sup>2</sup>区、Krilium混合処理10g/m<sup>2</sup>区、Krilium表面処理30g/m<sup>2</sup>区、Krilium混合処理30g/m<sup>2</sup>区、Krilium表面処理50g/m<sup>2</sup>区、Krilium混合処理50g/m<sup>2</sup>区の順にそれぞれ硬度が小さくなった。

すなわち、Krilium処理を行うと敷藁（完全被覆）などには劣るが、表土の硬化現象防止に顕著な効果を示すことが確認され、またその硬化防止効果はKrilium表面処理よりKrilium混合処理の方がより効果的であり、さらにその両処理法では施用量の多いほど顕著な硬化防止効果を示すことが認められる。



第8図 土壤硬度の時的消長

第5表 表土の硬度および密度（試験-II，1953年10月）

事項	処理別 試験区	No. 1 to 10										備考	
		No. 1 Clover 被覆 区	No. 2 敷藁 区	No. 3 敷藁 混合 区	Krilium表面処理区			Krilium混合処理区			No. 10 標準 裸地 区		
					50 g/m <sup>2</sup>	30 g/m <sup>2</sup>	10 g/m <sup>2</sup>	50 g/m <sup>2</sup>	30 g/m <sup>2</sup>	10 g/m <sup>2</sup>			
Hardness of Soil $H = \frac{1000}{d}$		24.57	16.74	24.06	21.79	22.64	23.57	21.39	22.21	23.10	27.50	10月1日 測定値	
Density	Bulk density	1.08	1.01	1.07	1.03	1.05	1.06	1.02	1.04	1.06	1.14	10月30日 0~5cm間 測定値	
	Absolute density	0.64	0.62	0.67	0.63	0.64	0.69	0.67	0.69	0.70	0.80		

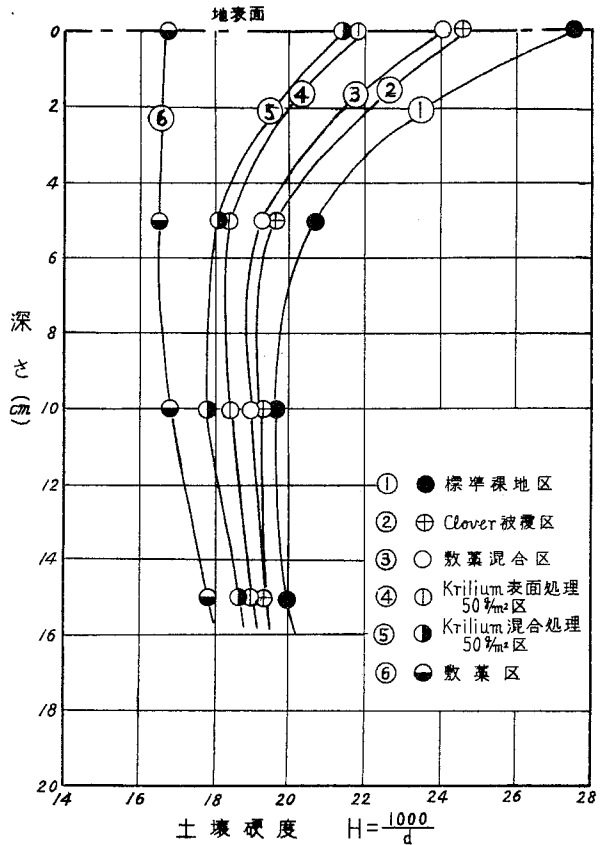
また10月1日現在の硬度鉛直変化状態を示したのが第9図となる。これは地表より5cmごとの硬度

を測定した結果であり、供試表土30cm厚さにおいて、地表より約5~10cm付近までは、大体前述のごとき処理間における表土の硬度差を保つてそれぞれ深くなるほど硬度が曲線的に小さくなるが、それ以下ではあまり処理間差がみられず硬度はほぼ一定値に集斂し鉛直分布をなすがごとき様相を示すようである。

その他第5表に示す密度をみても大体硬度の傾向と一致して処理間差が認められる。

2) 土壌の耐水性集合体について

試験-Iで、試験開始4ヶ月後1952年9月30日に処理間各表土5cm間についてaggregate分析を行った結果を示したのが第6表で、処理間はもちろんのこと、行や列間においても一応有意な差が認められ、処理間では裸地区よりclover被覆区、さらに敷藁区のほうがaggregateの形成または安定化に効果があることが認められる。この際、



第9図 土壌硬度の鉛直変化

第6表 耐水性集合体分析結果 (試験-I, > 0.25 mm) (1952年9月30日)

	処 理 別 試 験 区				備 考
	敷藁区※	Clover被覆区※	標 準 裸地区※	樹 冠 下 裸地区	
State of aggregation(%)	36.1	34.1	29.5	30.9	※: Latin square methodによる分散分析
Coefficient of aggregation(%)	35.0	31.6	22.5	29.2	Significant level { Treatments: P=0.01 { Rows : P=0.05 { Columns : P=0.05 で有意

Water stable aggregateの最も多い敷藁区では、敷藁有機物分解により多少形成されたPolysaccharideやPolyuronide resinsなど天然樹脂の強陰イオンが膠質粘土粒子に吸着され、これら天然ゴム質上の炭素連鎖により、粘土粒子を懸濁、安定化したこと<sup>14)</sup>、また雨滴の破壊作用(衝撃力、和水分作用、封入空気の爆発力を含めた)滅殺によるaggregate崩壊の保護効果<sup>15)</sup>、土壌微生物によるaggregate形成作用<sup>16)</sup>や土壌構造の安定効果<sup>17)</sup>、またはみみずなどによるagg-

regate 形成作用<sup>18)</sup>などが主因をなしたことになる。

また clover 被覆区においてはおなじく雨滴の衝撃力減殺による aggregate 崩壊保護作用や土壌微生物みみずなどの作用、あるいは clover の根系による水分吸収に伴う根系周辺の水分変化、根の分泌物の凝固作用、根の分解物有機コロイドの安定化作用などが寄与したことになる。

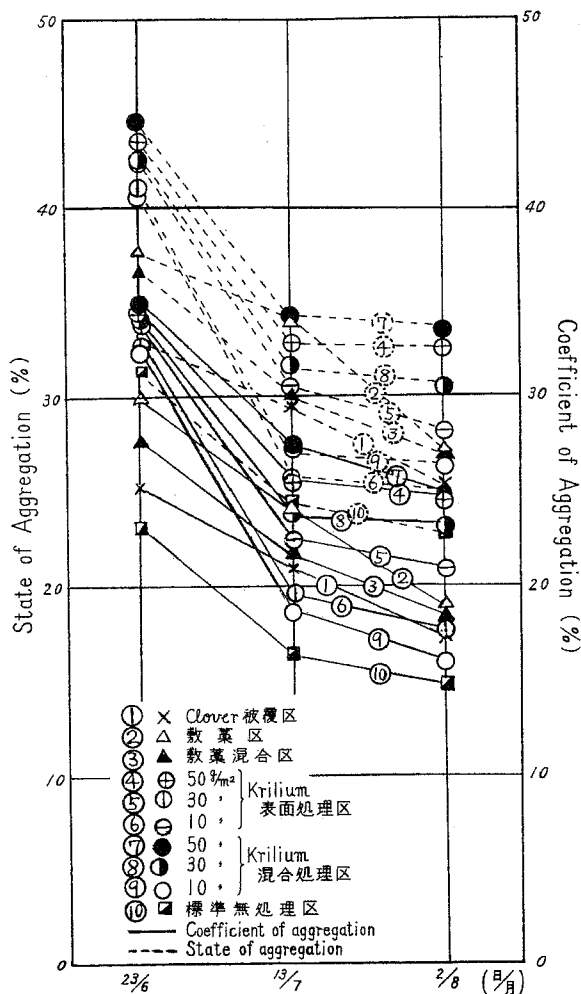
つぎに試験-IIにおける aggregate 分析の結果について、処理後40～80日にわたる表土5cm間の State of aggregation および Coefficient of aggregation 観測値を示したのが第10図となり各処理区においてそれぞれ water stable aggregate の時期的消長がみられる。この際処理当初からの aggregate 分析を行わなかつたが、Krilium を施用すると他の土壌管理法に対して優るとも劣らざる aggregate 形成作用の著しいことが一応認められる。またそれぞれ観測範囲において aggregate の崩壊減少の傾向がみられるが、これは供試後土壌の硬度が急激に高くなった頃からの観測であり、その減少速度は他の敷藁や clover 被覆などの土壌管理法より一般に迅速であるかのごとき結果を示している。

これら water stable aggregation の崩壊は、衝撃力、和水分作用

または封入空気の爆発力からなる雨滴の破壊作用や、土壌微生物などによる分解作用が考えられるが、この際 Krilium 処理区における aggregate の急速な崩壊現象は、主として他の敷草法や被覆作物法などに比して、雨滴の衝撃力を減殺する直接地被物がなかつたことによるものと考えられる。

いま第7表や第10図から aggregate の形成安定効果を見ると、標準裸地区に対して clover 被覆区、敷藁混合区さらに敷藁区の順に aggregate の安定化に効果を示すが、Krilium 各処理を行うと他の cover crops, grass mulch または grass mulch tillage などの各土壌管理法に優るとも劣らざる効果あることがわかりこの際 Krilium 施用量が多いほど、また表面処理より混合処理の方が aggregate 形成、安定効果が著しいことがいえる。

つぎに夏季における土壌水分保持の面からみても、たとえば第7表の結果から clover 被覆や敷藁



第10図 Aggregateの時間的消長  
(表土5cm平均)

第7表 表土の集合体および土壌水分(試験-II, 1953年8月2日)

事項	処理別 試験区	No. 1 Clo- ver 被覆 区	No. 2 敷薬 区	No. 3 敷薬 混合 区	No. 4 50 g/m <sup>2</sup>	No. 5 30 g/m <sup>2</sup>	No. 6 10 g/m <sup>2</sup>	No. 7 50 g/m <sup>2</sup>	No. 8 30 g/m <sup>2</sup>	No. 9 10 g/m <sup>2</sup>	No. 10 標準 裸 地区	備考
					Kriliium表面処理区			Kriliium混合処理区				
Aggregate												Aggr- egate >0.25mm 0~5cm 間測定値
{ State of aggregation(%)	25.2	27.2	26.9	32.6	28.2	25.0	33.7	30.6	26.4	25.7		
{ Coefficient of aggregation(%)	17.2	18.9	18.4	24.6	20.9	17.6	25.0	23.3	16.0	14.8		
Soil moisture												0~5cm 間測定値
{ Moisture content (%)	32.5	35.0	26.5	28.5	28.0	28.0	27.0	26.5	26.0	25.7		
{ Moisture ratio (%)	48.2	53.8	36.0	39.8	38.9	38.9	36.9	36.0	35.1	34.6		

はもちろんのこと Kriliium 処理法も効果があることが一応しられる。

#### 4. あとがき

以上、資料は相当古くなつたが、果樹園の土壌管理法について主として土壌構造の面から検討した。その結果 cover crops, sod culturs さらに grass mulch などは clean til-  
lage に比較して表土の硬化現象の緩和、耐水性集合体の形成、安定または夏季における土壌水分保持の面で顕著な効果があるが、Kriliium などの土壌改良剤施用法もこれら各管理法に優るとも劣らざる効果があることを確かめた。

#### 参 考 文 献

- 1) 浅見与七：果樹栽培汎論(土肥編)，養賢堂，(1951)
- 2) 吉良八郎：果樹園の土壌保全に関する研究(II)(果樹園土壌管理法の圃場試験)農業土木研究，20，No. 6，(1953)
- 3) 吉良八郎：果樹園の土壌保全に関する研究(III)土壌侵食防止におよぼす Kriliium の効果，農業土木研究，23，No. 3，(1956)
- 4) 吉良八郎：果樹園土壌管理法と土壌温度に関する一考察，農及園，31，No. 10，(1956)
- 5) Ellison W.D. and Slater C.S.: Factors that affect surface sealing and infiltration on exposed soil surface, Agr. Eng., April (1952)
- 6) Duley F.L.: Surface factors affecting the rate of intake of water by soils, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 12 (1948)
- 7) Ekern P.C., and Murkenhim R.J.: Water drop impact as a force in transporting sand, Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 12, (1948)
- 8) Fletcher J.E., and Martin W.D.: Some effect of algal and molds on the rain crusts of desert soils, Ecology, 29. (1948)
- 9) Free G.R.: Soil movement by rain drops, Soil Conservation, August (1952)

- 10) 石川武男, 秋葉満寿次, 山崎不二夫: 平坦耕地の降雨の吸収機能の研究, 東京農工大年報, (1951)
- 11) 三原義秋: 雨滴と土壤侵食, 農業技術研究報告, A-№.1 (1951)
- 12) 相馬恒一: 雨滴による土壤皮膜の生成, 研究の資料と記録, №.2, (1956)
- 13) 岩垣雄一, 土屋義人: 水滴による地面侵食に関する二, 三の実験, 土木学会論文集, №.35, (1956)
- 14) Rueprwein R.A. and Ward D.W.: Mechanism of clay aggregation by polyelectrolytes, Soil Sci., 73 №.6, (1952)
- 15) 岩田進午, 山崎不二夫: 土壤団粒を破壊する力についての実験, 農業土木研究 25 №.4 (1957)
- 16) Martinand J.P., Waksman S.A.: Influence of microorganisms on soil aggregation and erosion, Soil Sci., 50, (1940)
- 17) Mc Calla T.M.: Soil Science Soc. Amer. Proc., 11, (1947)

## 土壌侵蝕と土壌侵蝕防止と土壌侵蝕防止工事と

八 幡 敏 雄

東大農学部

八幡浜市郊外の真穴では真穴土地改良区の理事長のYさんが先頭に立つて、竣功した土壌侵蝕防止工事のあとを一々案内して呉れた。延々とつづく幅員3.5mの砂利道を車が上つてゆくに付て手あつい防風囲いの中に見事な温州ミカンが青々と葉を繁らせ、所々の真新しい収納小屋や消毒用水槽が宇和海の明るい日ざしに映えてまばゆいばかりの風景であつた。

「以前は豪雨があると土が流れて沖合まで海が黄色に濁つたものでしたが、この工事をしてからはそのようなことはなくなりました。」という理事長の言葉に、見学者の私どもも何か晴がましい気持ちにさそわれたものである。

そのような中で、私は一方、戦后各地で盛んに行われた土壌侵蝕の研究の数々、侵蝕防止試験の成果の数々を思い浮べていた。そういう基礎的研究とこの現実との間には一体どのような結びつきがあるのだろうか。そして現地で味つた偶々のその晴れがましきともかかわらず、そこには何かひどく疎遠でチグハグな関係しか感じられないことが、いつまでも気になつた。以下にそのことを若干書き綴つて見よう。

まずはじめに土壌侵蝕の研究自体のことを考えてみた。ここでの研究の立場は全く自然科学的なものである。テーマの選択に何の拘束も加えるべきでないことは言うを俟たぬ。手段についてもあらゆる自然科学の手段が駆使されてよく、事実、戦后各学界でこのテーマとの取組みが始められたときに、各界はそれぞれ得意の手法でその現象の解明に立向つたのである。われわれの土壌物理学分野でもここでは数多くの成果をあげて来た。雨滴による破壊機構の問題、耐水性団粒の問題（ここでは話を土壌水蝕に限定しておく）、薄層流の問題などには、従来知られなかつた幾つかの発見がなされて我々を大いに裨益した。

しかし、ここで私がいささか物足りなく思うのは、これらの場合に土壌はいつも大ていは「土壌サンプル」であり、「土地の中に居る土壌」ではなかつたという点である。土壌を土地から採り出しサンプル袋に、あるいは採土容器につめて実験室にもち帰るときに、そこには必然的に環境条件の捨象が行われるということを屢々人は忘れる。そして「土壌サンプルの属性」と「土地の属性」とがともすれば混同されてしまうのである。この混同は、土地の属性に多くの支配を受ける土壌侵蝕の研究には時に致命的なものになるのではないかと心配になる。むしろSoil materialのphysiosが不要などと云つてゐるのではないが、我々の土壌物理学も、侵蝕現象を研究する場合には少くとももう少しgeophysics的である必要がありはしないか、と思うのである。

話が少しそれるかもしれないが、これに関連して思いつくのは例のライシメーターという装置である。土地環境をそのままにして、という着想は大へん結構だが、滲漏水の「量」にこだわるあまり穴を掘つて底つきの容器をうめ、土を元の順序に埋め戻すというやり方はどんなものであろうか。たとい2, 3



年の間そのまま放置しておくかと仮定しても漏水を支配するマイクロな構造までが、再現できるとは一寸信じられない。しかしさればといてこれに代る良策も一寸考えつかないが、最近私共のグループでやり始めた方法の1つは、 $1.0\text{ m} \times 1.5\text{ m} \times 3.0\text{ m}$ 位の穴を掘つてその壕の壁から逆に外向きに tensiometer のカップや moisture meter のセルを入れ、壁面は合成樹脂膜でコートしてしまう、というやり方である。これだと滲漏の量は直接には計れず一見たよりない実験に終りそうにも見えようが、却つてこの方が質的なミスを犯さないですむとも考えられるのである。

土壌侵蝕の研究の中で土壌物理学にかけられている期待は少ないが、その土壌物理学にもとにかくまだまだ方法的なことにさえ問題はありそうだとということ、これが私の土壌物理学への感想である。

しかし、より大きな問題はむしろ次の土壌侵蝕防止の研究の方にある。「土壌侵蝕」に「防止」の二字が加わつただけであるが、土壌侵蝕の研究と土壌侵蝕防止の研究とではその攻究方法が大幅に異なる。世上しばしば自然科学的探求はそのまま直ちに人間の利便や幸福に連なるように思っている人がいるが、それは間違つていよう。ここでは「人間の便益のために」というのはつきりした目的意識をもつ。そのことがまず大違ひだし、自然科学の解そのものはここでの問題の解では決してない。土壌侵蝕の様相や機構がしらべられ解明されても土壌侵蝕防止問題は少しも解決しないのである。ここで必要なのは関係諸要因の重みを比較し、その出現の確率をわきまえ且つそれらの統御の難易を知つた上で、自然の力を新らしく組み合わせ、「仕向けられた新偉力」として人間の便益に奉仕させることなのである。この組合せ、この新関係の探求が、他ならぬ応用科学の本領とも云うべきものである。

土壌侵蝕防止の場合に限らず、わが国の科学界の傾向として、この方向の研究が少くとも従来は余り高く評価されなかつた。そのため欧米の農業における等高線帯状栽培のような「自然力の新しい組合せ」の研究がわが国では仲々陽の目を見ず、少数篤志家の手で細々とつづけられている現状は何としても遺憾なことだと思う。とくにその構成に土木的な素材のもつ力をもチグハグな形でなしに組合せてゆこうとする試みは、ほとんどなされたためしがない。我々の手で調節しうる因子のうちのどれが土壌侵蝕に大きな支配力をもつか、についてはいくつかの要因分析の結果からはほぼ見当がついており、そのことが頭があれば輪作一辺倒となつたり土木的素材のもつ力だけを独走させたりする筈はないのだが、それが仲々そう思うようにゆかないのは、我が国の応用科学分野に何か体制上の欠かんがあり研究推進上の工夫が一向に進まない結果かと思われる。

とにかく、土壌侵蝕防止は土壌侵蝕ほどには「研究」されていないと云つていいであろう。しかもたまたま生まれたアイデアは、「研究」を俟たずに勝手に技能化してゆく。私が四国の急傾斜地でたまたま感じたチグハグな思いは正にこの辺のことであつた。

土壌侵蝕防止工事、いわゆる土壌保全事業のこととなると、社会・経済的な問題が多く介入してくるので話は一層ややこしくなってくる。

しかし人間の便益はそここそ発現する筈のものであるから、研究者がその成果を見届けたいと思うのは当然だろう。ところでここでもそのような工夫は一向に渉つていない。多くの研究エネルギーが資金や労力とともに投入された結果が、一体どのような福祉を齎したかを知ることは、投資者側にとつても決して無関心事ではないのだが。

昭和34年度から農林省の依託を受けて、農地保全事業の施工済になつた地区を少しづつ訪ねて廻つているが、その旅先で私がいつも一番痛切に感じるのは、基礎科学 — 応用科学 — 実用化、この三者

間の関連の悪さ, いかにもチグハグなその相互の依存関係なのである。この事態はおそらく土壌物理の名でここに結集している多くの科学者, 技術者にとって全く無縁なことではあるまい。

## 会 計 報 告

(昭和35年8月26日→昭和36年1月31日)

### 収 入 の 部

繰越	60,625
会費(正会員)	26,200
賛助会費	2,000
広告料	14,000
雑収入	200
計	103,025

### 支 出 の 部

3号誌印刷費	71,340
通信発送費	3,976
文房具費	750
評議員会費用	2,000
研究討論会講師謝礼	5,000
計	83,066
差引残高	19,959
35年度会費未納金	18,900

会費の納入がおくれますと会の運営が困難となりますから早期完納に御協力下さい。

## NO.3 正 誤 表

頁	行	誤	正
表紙		Condions	Conditions
"	下・5	土壤肥料科学的	土壤肥料学的
"	下・4	布来秀夫	市来秀夫
表紙のうら	左上・16	年額 100円	年額 200円
"	右下・19	藤堂 識	藤堂 誠
24	第2表	12.5m / sce	12.5m / sec
"	下・8	粗鬆にり	粗鬆になり
裏表紙	左下・5	木内一巳(同)	木内一巳(長野県豊科町)

## 次 号 原 稿 募 集

発行予定 昭和36年9月

原稿締切 昭和36年7月15日

400字詰原稿用紙横書き、20枚以内、図版8枚以内、を厳守のこと。

別刷は30部贈呈 それ以上希望の場合には実費著者負担。

先号掲載の投稿規定には“別刷は報文50部その他20部を著者に贈呈する”こととなっておりますが、印刷の都合上一律30部にさせていただきます。規定は追って改正の予定です。

## 土 壌 の 物 理 性 第 4 号

(会員配布)

1961年3月25日発行

発 行 土 壌 物 理 研 究 会

東京都北区西ヶ原農業技術研究所化学部内

印 刷 櫻 井 廣 濟 堂

東京都港区芝三田四国町2の17号