

Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan

土 壌 の 物 理 性

第1号

昭和34年3月

「土壌の物理性」第1号発刊に際して	山 中 金 次 郎	1
広い分野の方々の参加を願う	松 尾 英 俊	3

論 説

土壌水分の問題点	福 田 仁 志	4
負圧滲透について	田 淵 俊 雄	9
地下水流動の水文学的計算	金 子 良	16
畑地の撒水かんがいについて	吉 良 芳 夫	21
土壌処理と水蝕との関係	川 村 秋 男	25
東北地方の土壌侵蝕について	前 田 信 寿	27
今後の土壌調査, 特に土性の判定について	山 中 金 次 郎	32

資 料

アメリカにおける土壌物理性の測定法の現況	松 尾 英 俊	37
干拓地水田と土壌構造	久 保 田 収 治	40
土壌の乾燥から	坂 上 行 雄	42
研究室のゼミナールから	美 園 繁	44

隨 想

風蝕と土壌の凝集力	国 分 欣 一	49
旱地農業と土壌物理	米 田 茂 男	51

会 員 名 簿	53
---------------	----

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

「土壤の物理性」第1号発刊に際して

山中 金次郎 (農技研)

一年を経て立派な
世話人の一人とし

土壤の物理性第1号 正誤表
(増刷分)

会の前塗は極めて
土壤の物理性の研

頁	行	誤	正
1	上 4	前塗	前途
4	下 8	Matertal	Material
7	上 1	は空隙率	εは空隙率
7	・ 5	$K = 2.8 \times 10^{-3} \varepsilon^2 n^{-2} [$	$K = 2.8 \times 10^{-3} \varepsilon^2 n^{-2} [$
7	下 14	$(\partial q / \partial t = 0)$	$(\partial q / \partial t = 0)$
7	下 7	$(D \cdot \partial C / \partial x)$	$(D \cdot \partial C / \partial x)$
9	上 6	浸透ゼミナル	浸透ゼミナル
10	図	気胞	気泡
15	式	含水量一価関係	含水量一価関係
19	上 1	不明瞭	砂礫層であるが、 局部的に……
22	“ 2	“	台地基盤の第三紀 層が古扇状地の……
23	上 12	Sprinkle	Sprinkler
24	下 3	Ed, Es	Ed, Es
40	下 6	腐根水	根腐れ
51	下 13	噸子	砵子
54	下 16	久津名	久津那
55	上 17	(静岡三方ヶ原)	(“ 三方ヶ原)

間接にかなりの程

転換が見られ、こ

權威のある専門書

322 ~) Bayer

々な場面に示さ

一種の Mate-

1との間の混乱を

、物理性と生産

れていない。こ

関係に行はれた

う。

限られる傾向を

である。

定された土壤条

得る。手近な例

ろな土壤—土地

土 壤 物 理 研 究 会 規 約

- 第 1 条 本会は土壌物理研究会と称する。
- 第 2 条 本会は土壌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う。
1. 研究発表会、討論会及び見学会等の開催
 2. 土壌の物理性(SOIL PHYSICAL CONDITIONS AND PLANT GROWTH, JAPAN, 会誌という)並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、関係諸団体との協力
 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2000円 賛助会員 1口年額2000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10名及び幹事若干名。
- 役員を選出は総会において行い、その任期は1年とする。但し再任をさまたげない。
- 第 7 条 会長は毎年1回以上総会並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つてあてる。
- 第 9 条 本会の会務執行に必要な規定は別に定める。

附 本会の事務所は当分の間下記におく(昭和34年4月現在)

東京都北区西ヶ原 農業技術研究所化学部内

土壌第1科 土壌物理研究室

* 上記規約は昭和34年4月9日の第1回総会において決定された。

「土壌の物理性」第1号発刊に際して

山 中 金 次 郎 (農技研)

昭和33年春、土壌肥料学会の日に発会した「土壌物理研究会」は満一年を経て立派な機関誌「土壌の物理性」の第1号の発刊の運びにまで成長したが、之は世話人の一人として何としても喜びに耐えない次第である。

幸に農業の各分野から予想外の多数の会員の御参加を得て、この研究会の前途は極めて明るいものとなつて来た。この様な発足早々の盛大な発展を見た事は、土壌の物理性の研究が現在すべての農業部門に不可欠的に要望されて来た事と考えたい。

更に又、土壌物理の研究の成果が、すでに農業生産に対して、直接、間接にかなりの程度貢献している現実の現われとも考へられよう。

土壌物理学の今迄の発達過程を見ると最近に至つて著しい研究方法の転換が見られ、これが農業生産性に対する緊要性を増す結果となつたと見られる。近代の権威のある専門書は比較的少く H. Blank (編) (1930), B. A. Keen (1932~) Bayer (1948) 等が誰しもの頭に浮ぶが之等の内容は現地土壌の研究が色々な場面に示されてはいるもの、何れも主として土壌を現地から切り離し、調整処理された一種の Material の物理性を取り扱つたものとする事が出来る。

Keen の著書はこの点が特にはっきりしており、之により他の土壌部門との間の混乱を避けた非常にすつきりした内容を持たせることに役立つている。

一方農業土壌学の目的が、農業生産の向上にあると云う見地からすれば、物理性と生産性との直接的な関聯が第一義的に要請されるのは当然である。

然るに上記のような専門書は何れも生産的な関聯に対しては、殆んど触れていない。これは現地から切り離して処理した Material の物理性或は作物と無関係に行はれた研究を直接生産性に結びつける事の無理から考えても又当然の事と云えよう。

然し乍らこの様な土壌物理の方向は、これが一部の専門家の"仕事"に限られる傾向を助長する。これは同時に土壌物理の"伸び悩み"を招来して来た事は明かである。

土壌の生産力或は生産性は当然の事乍ら単純なものではなく、一つの規定された土壌条件が他の条件の差異に依つて生産的にプラスともなり、マイナスともなり得る。手近な例を考えても、土壌の透水性の様ものがすぐ浮んで来る。

この様な生産に対して多面的な性質が、どの様な生産的な役割をいろいろな土壌-土地

条件で演ずるかは透水性自体とは"別な"研究となり、これこそは新しい土壌物理の分野を形成する事になる。

土壌をその現地の生成、堆積様式の下に於て研究する事は、土壌の物理性の基礎的のデータを生産性へ関連づけるための重要な研究方法であり、最近の土壌物理の獲物である。

RussellのSoil conditions and plant growthは、この研究方法に中心念をおいたものと考えてよくこの意味ですべての分野の人に"愛される"ユニークな存在である。

最近(1952)、B. F. Show (編)は"Soil Physical conditions and plant growth"に於て、現地土壌の物理性の研究方針を明瞭に打出しているが、又同時にこの分野の研究が未だ初歩的な階程をあまり出していない点も感ぜざるを得ない。

この本のChapter 1-aはPedologicalな内容で組立ててあり、土壌の断面層序を1つのPhysical systemと考へた点は注目に値しよう。確かに土壌断面で観測される物理性の研究は、今迄のべた新しい傾向の母体となつて進歩するものと思はれる。

土壌断面の調査内容は調査票を一見すれば明瞭である様に、土壌の物理性及び状態の現地の計測、判定を殆んど内容とするものに外ならない。

換言すれば、この様な調査には土壌物理の基礎をある程度身につける事が厳しく要求されているのに対し、従来とかくこの点が見逃がされて来た事は大いに反省を要する。

形式的に規定された方法によつて機械的に調査してゆく丈では正しい生産性への関関が得られないし、又合理的な分類もできないものと思うべきである。

又、土壌物理を交にむつかしい形で報告したり、不必要な数式で飾つたりした専門研究者は周囲の沈黙的な非難に対して反省しなければならないし、又これでは土壌物理がすべての分野の人に愛されるものとはなり得ない。

私達が生産性的見地でとり扱う土壌物理の内容は決して難しいものとは考えられないし、一、二の難点があつたとしてもこれは解説者の不親切か或は理解の不足としか考えられない。

この様に私達は土壌を一つのテスト用のMaterialとして取り扱う基礎的なものと、現地のActiveな状態とを生産的に関連させて研究する事を使命とす可きであり、又新しく発足したこの研究会の発展のための使命でもあると考へる。

広い分野の方々の参加を願う

松尾英俊 (九州農試)

土壌物理の宿題をやっていた。問題は、「深い湖の底に純モンモリロナイトの沈積物がある。沈積物を含まない湖水は、 NaCl を 10^{-5} モル含んでいる。沈積物の内では粒子間に働く膨潤圧の為に、重力によつて沈積物がこれ以上堆積しないように釣合っている。この際の深さ Z における容積重 ρ_a を求む。但しモンモリロナイトの表面積 $=800\text{m}^2/\text{g}$ 、沈積物固体の比重 $\rho_s=2.5\text{g}/\text{cm}^3$ 、水の比重 $\rho_w=1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 、 $T=25^\circ\text{C}$ 及び次の報告を参照せよ。」であつた。GOUY理論による粘土表面の現象の解明に際して提出されたのだが、毎晩油汗を流してウンウン言つたものである。友人連とも話合つたのだが、一見土壌学とはいかにも縁が遠い問題である。とうとうR. D. MILLER教授に外国人の厚かましきで質問した。「この問題は農業とあまり関係がないようだが・・・。」と。この無礼な質問に先生は笑いながら、「今受講している貴君を加えて12名の学生のうち農学(Agronomy)の人は、僅かに3名しかいませんよ。他の人は土木、建築、機械工学の学生です。これらの人達が土壌の物理的性質特にコロイドの性質をどのように取扱ひ、又どんな方面に関連をもつて研究しているのかを知ることが大切なことです。そして数式のあつかひのうち現象に合つたところ迄数式を導くことを知らせるのも、又大切なことですからね」と念を押された。

1956年のSoil Science Society of Americaの年次総会に、青峯、石塚両教授と共に出席した。晩さん会に出席したが、幾組かの円テーブルの1つに着席すると、互いに自己紹介になつた。驚いたことに12~3人坐つていた人のうち半分位が、道路(High-way)と滑走路建設関係の方達だつた。予てこのような職業の方達が土壌の研究に加わつていることは聞いていたが、現実に話合つて大いに得る所が多かつたと思う。このように土壌学の分野に農学外の多くの人達が参加していて、土壌物理のみならず土壌分類等の討論にも参加していた。

土壌の物理的諸性質を研究してその改良の技術を検討する会合が、新たにわれわれの間でもたれたことを私は誰よりも喜んでいる。しかしこの際広い範囲に渉る学問の分野に携つておられる方々にも、ぜひ参加していただくよう要望したい。凡そ土壌と水と空気に関する学理に興味のある方ならば、1人もあまきらず入つて下さる様努力すべきだと思つている。農学、否もつと狭い土壌肥料の分野にだけ閉ちこもることはないと考えている。農

業土木、土木工学の方々は今でも一番密接な関係にある。たとえ改良の目的が異つていても取扱う対象は共通しているし、時には研究の方法も同様なもの場合が多いものである。のみならず今日では化学と物理の境界さえ危くなつているので、化学分野の方々も参加していただきたいものである。こうした広い範囲での討議がなされる日を、1日も早かれと祈つている。

論 説

土 壌 水 分 の 問 題 点

福 田 仁 志 (東大農)⁽¹⁾

土壌水分の物理的な面を扱うとして、その方向を2つに分けて

1. 水分量の測定に関するもの
2. 水のエネルギーに関するもの

としよう。

1. 水分量の測定には規準的な熟乾法(土の重量又は容積比)から、毛管張力(テンシオメーター等)、電気抵抗(石膏ブロック、ナイロン、ファイバークラス等)が常用されて一応、それぞれの測定目的を達している。しかし1ヶ所からの試料の採集も数個の値が平均値からの較差10%以内になつて、信頼度95%位を期待するのはよいとして、上記の方法中、後の2法特に毛管張力を用いるものには、所謂水分ヒステリシスが存在し、毛管張力の一つの値から得られる水分は、乾きつつある時には、湿りつつある時よりも大きく出る。しかもこの2つの状態の土の間には水の移動は認められない。水分ヒステリシスは水の移動条件がエネルギー勾配の存在であつて水分勾配の存在で無い事を示す一例である。水分の利用目的によつて、この水分ヒステリシスを無視するか或いは水分変化の方向を区別している。普通、実験室内及び圃場では乾きつつある状態が考慮され又重視されている訳であるが、単に水分量を求めるだけでなく、水分の運動を扱うにも可成りの厄介物である。水分ヒステリシスの生成機構の解明とまでは行かなくとも、その影響の処理法に合理性を見出すべきであろう。

次に比較的新しい中性子の方法では、土中のある範囲に在る水素原子の全量を、それが存在する状態、固体・液体・気体の如何に拘らず又温度、塩類等に無関係に、測定できる点に魅力がある。しかし、給源(ラジウムDとベリウム)の混合体等から放射される α と β 中性子が途中の水素原子に衝突して β slow 中性子になつて計数器に捕えられる、そ

の水素原子の量と計数器の読みとの関係を利用するものであるから、ある範囲の平均水分量が得られる訳で他の方法の様に狭い地点の水分量というわけには行かない。尤も、地表近くの水分測定、又は棒状に造られて比較的深い処まで平均水分測定の出来る計器等が出てはいるが、なお、測定範囲の縮小が今後の研究課題といえる。

2. 水のエネルギー勾配は主に土中水の運動に関係をもつ。従来、飽水土、不飽水土について極めて多くの種類の実験がなされた。しかしそこに得られた各種の現象を包含し、首尾一貫した概念を組織化することが欠けている。尤もこれらの現象の個々については、例えば土の実験的特性として圃場容水量、萎凋点等というようにそれ自身としての説明を与えてはいる。しかもこれらの概念の有用性は認められるが時に過大評価される危険も見られる。これらは実用上の必要から生れたもので概略の値を与えるものであり、しかも実験的に見出された相関の事実を利用している。例えば水分当量又は1/3気圧の張力を求めて圃場容水量とし、15気圧張力を測つて萎凋点とするが如きである。これらの現象を物理的な概念で裏付けすることが必要であり、近年は飽水、不飽水状態で各種の条件下で起つている水の運動について数理的な解析研究が進められている。しかも飽水土の透水性は理論的にも随分派山研究されているが、これはかんがい問題の一部を意味するにすぎず、水田かんがいに適合しても、畑かんがいには適用されない。また排水問題としてもその一部を意味するに止まり、地下水の流動には役立つも地下水面上の処には適用されない。

さて、問題点を整備して次の様にする。

		備 考
(1) 不飽和透水係数と負圧について		
(2) 飽水状態	<ul style="list-style-type: none"> a 定 常 b 非 定 常 	圧水水頭 (正) 飽和透水係数
(3) 不飽水状態	<ul style="list-style-type: none"> a 地表だけ飽水か、 一定水分にある状態 b 地表の土中水分が自由に減少 する状態 	<ul style="list-style-type: none"> a' 定 常 a'' 非定常 非定常 圧水水頭 (負) (水分の函数) 不飽和透水係数 (水分の函数)

(1) 不飽和透水係数と負圧について

飽水、不飽水の何れの状態でも一般の水理学で扱われるような

$$\text{全水頭} = \text{圧力水頭} + \text{位置水頭} + \text{速度水頭}$$

が成立つ。土中での速度水頭は無視される程に小さい。圧力水頭は1気圧を基準にとる土中の水で飽和された地下水面以下の部分に限つて正値であり、地下水面以上では負値土中水分の函数である。飽水、不飽水ともに水の流れは全水頭勾配 (hydraulic gradient) に比例するというDarcy法則:

$$dq / dt = -K A \partial \phi / \partial x \text{ -----(1)}$$

が成立つ。 dq / dt はx方向に直角な面積Aを通る流量、 $\partial \phi / \partial x$ は全水頭勾配、 K は土の透水係数である。周知のように、飽和では K は一定であるが不飽和では土中水分の函数となる。 ϕ には負値の圧力水頭 (単位のとり方で負圧、毛管ポテンシャル、毛管力、水分張力、水分吸引力とも呼ぶ) が含まれこれが水分の函数となり、さらにヒステシスを具えている。

ϕ 、 K の実験的測定はこれをアメリカ加州のRichards¹⁾ が1931年に行つて以来、色々便利な技法が現われた。水分が減れば ϕ は急増し K は急減することも広く知られている。

一方 K を理論的に解析する努力が続けられて来て、飽和状態で得ているKozenyの式

$$K = B f^3 / [S(1-f)]^2 \text{ -----(2)}$$

の流儀に倣つて不飽和状態では

$$K = (B' / F) (1 / S')^2 \text{ -----(3)}$$

の形が生れた。³⁾ B は粒経と水筋の迂曲度による係数、 f は空隙率、 S は粒子の比表面積で B' は粒形による係数、 $F = \rho / \rho_b$ で空隙の形による。 ρ は水で飽和された土電気抵抗、 ρ_b は水自体の電気抵抗である。 S' は水で充された空隙の比表面積である。しかし(2)、(3)式は何れも一様な半径をもつ毛管の集合体を仮定しているので空隙の長さの変化の多い実在の土には不向である上に、変動しやすい実験的係数を含む難がある一応、実験と比較的良く合うということでその値が認められて来た訳である。

次にここ数年來、土粒子の性質を余り使わないで空隙の大きさをうい様とする努力がわれ統計的に処理して K を算出しようとする研究が目立つて来た。尤もこれらも未だ完とはいえないが英のChildsとCollis-George⁴⁾ の方法には実験的数一つ含まれ、しかもこれの選定には便宜的な判断が要するという不便がある。濠州

Marshall⁵⁾ は

$$K = \varepsilon^2 n^{-2} [r_1^2 + 3r_2^2 + 5r_3^2 + \dots + (2n-1)r_n^2] / 8 \text{ ----(4)}$$

を提案した。 ϵ は空隙率 (cm^3/cm^3)、 κ は透水係数 (cm^2) で、水筋に当る空隙の半径は $r_1 > r_2 > \dots > r_n$ の関係にある。彼は(4)式に

$$r = \sqrt{2T/\rho g h} \quad \text{----- (5)}$$

の関係から $r^2 = 2.25 \times 10^{-2} h^{-2}$ (20°C として) を代入して
 $\kappa = 2.8 \times 10^{-3} \epsilon^{-3} n^{-2} [h_1^{-2} + 3h_2^{-2} + 5h_3^{-2} + \dots + (2n-1)hn^{-2}]$ (6)

を得た。 T は水の表面張力、 ρg は水の単位体積の重さ、 h は圧力水頭で圧膜装置又は吸引装置によつて実測される。 ϵ の大小が土中水分(容積比)を表わすので、(6)式から各水分に応じて κ が定まる。この κ は実験で得た値と良く一致する。圧力水頭、土中水分、透水空隙の半径の相互関係を利用してこの中、圧力水頭の実測値から κ を算出しようとする手法には大きな特徴が認められる。

以上の様に不飽和透水係数 κ を解析的と統計的の二つ方向から決定しようとする努力が続けられている訳であるが統計法にも一種のモデル風の考え方があり、圧力水頭を導入しての解析法の発展を期待したい。

(2) 飽水状態

(1)式に境界、初期の両条件を入れ、正の圧力水頭を用いて飽和透水係数を一定として解けば、定常、非定常について、時に数値解法によるとしても、一応完全な解が得られる場合が多い。特に定常 ($\partial \eta / \partial t = 0$) 状態においてそうである。熱伝導の式に類似しているが水の場合には重力水頭(位置水頭)の項が余分に加わる点において異なる。

(3) 不飽和水状態

Darcy法則と連続方程式とから一般的な偏微分方程式が得られ、これも一見、熱伝導の式に似ているが、伝導度に相応するものが水分 C の函数であることと、飽水状態の場合と同じく重力水頭を含む項が入つて来ることの2点で異なる。

不飽水運動の式は

$$\partial C / \partial t = \partial / \partial x (D \cdot \partial C / \partial x) - \partial \kappa / \partial x \quad \text{----- (7)}$$

$$D = \kappa \partial P / \partial C + D \nabla a p + D a d s \quad \text{----- (8)}$$

となり、ここで x (cm)は垂直上方に正の距離を考え、 P は負圧 (cm)である。水分 (cm^3/cm^3)が微小になると、不飽和透水係数 κ ($\text{cm}^2/\epsilon \theta c$) $\div 0$ となり水蒸気移動の項 $D \nabla a p$ 、また時には極めて微弱でその性格も不明確ながら吸着水の移動の項 $D a d s$ が考えられる。(7)式に初期境界の諸条件を考えれば種々の場合の微水文的問題が数学的に解析される。但し、 $P(C)$ 、 $\kappa(C)$ は実験的に決められるもので、一定の函数の形で求めら

れるとしても信頼度も少なく且つ複雑な形となつて数値解法に依らざるを得ない。数値解法に依る必要性がこの研究の一障害であり、現在その克服に努力が続けられている。

a) 土層の表面が常に飽水状態にあるか又は一定水分に保持されている状態で、地下水面は地表下一定の深さに保たれ、雨水は一定の速さでこの水面に向つて降下し水分の変化がどこにも見られない、また逆に表面から一定の速さで蒸発が起り、それを補給すべく上向の水が存在して、水分の変化がどこにも見られない、この様な定常浸入、定常蒸発の解は得られている³⁾。かかる表面状態での浸入の非定常の解もまた得られている³⁾。

b) 水が地表に吸込まれてから後の土中水分の運動という非定常の解析は甚だ難しい。1954年にStapleとLehane⁷⁾とはヒステリシスと重力とを無視してこの解を得ようとしたがまだ成功しているとはいえない。Philipも数値解⁸⁾法を行い、ここにヒステリシスの影響を強調している訳である。次に裸地からの蒸発が初め飽水状態から起る問題についても数値解が得られた程度である。

以上土中水のエネルギー問題特に不飽和状態においては極めて簡単な条件の下で漸く数理的解法が得られている現状である。勿論これらの解法には負圧と不飽和透水係数との水分函数が基本になつているが、ここに負圧の水分函数に介入するヒステリシスが大きな障害をなしていることが明らかにされた。なおこの外将来の究明すべき問題としては、

1) 土中水分の運動の数理的解析には、等温の下で起るとする仮定が入つている。熱と水分の二つの場の同時解析に成功すること、

2) 土のコロイド膨張、土中水の電解質濃度が粘土の透水性に及ぼす影響などがある土という魔園から抜け出ようともせずに研究者達は涯しのない難路を一步一步と進んで行くことであろう。(34,1,25)

文 献

- 1) Richards, L.A.: Phys., 1, 318 (1931)
- 2) Kozeny, J.: Ber. Wien. Akad., 136A, 271 (1927)
- 3) Childs, E.C.: Sixieme Congres de la Science du Sol (1955)
- 4) Childs, E.C. and Collis-George, N.: Proc. Roy. Soc., A201, 392 (1950)
- 5) Marshall, J.J.: J. Soil Sci., 9, No.1 (1958)

- 6) Philip, J.R.: Soil Sci., 33, 5 (1957)
- 7) Staple, W.J. and Lehane, J.F.: Can. J. Agr. Sci., 34, 329 (1954)
- 8) Philip, J.R.: Soil Sci., 84, 2 (1957)

負圧浸透について

田淵俊雄（東大浸透ゼミナール）

負圧浸透についてとやかく論ずることは、今迄の多くの研究者たちの業績からだけでは到底できない。現在はまだ問題提起の段階にあるのが実状である。私自身もこの問題に首を突っこんでからわずか一年たらずで、実験資料もたいして持つておらず、文献もそれほど読んだわけではないので、負圧浸透についてはつきりした認識を持つまでには至っていない。しかし私たちの研究室で浸透ゼミナールを過去一年間続けてきた過程において、身につけた知識や考え方をもつてすれば、今後の浸透の研究に対してなんらかの示唆を与えることはできると思うので、つたない文章ながら浸透ゼミナールを代表して筆をとつた次第である。

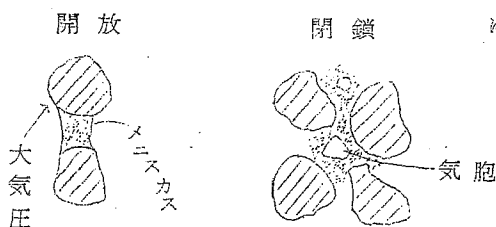
このようなわけであるから、負圧浸透を取り扱う際には、特に次のことに注意する必要がある。すなわち、常に現実の浸透の様相について思考し推察することである。また最初の目的としては、問題点をさがし出す建前から、「正圧浸透と負圧浸透と分けて考える必要があるのかどうか、これ以外にもつと本質的に浸透を分類するものはないのかどうか」をはつきりさせることにする。

1. 用語

最初にこれから用いる基本的な術語について説明する。

浸潤：一般に infiltration といわれているもので、水が地表から浸入したとき始まり、浸透前線が終端に到達した時終了する。終端とは土柱の底や自由水面などである。浸透：浸潤後のいちおう定常になつた状態の浸透をさす。飽和浸透試験のように、浸潤を経ない浸透もある。また時には、浸潤をも含めた意味で、一般的な水の流れを総称する場合に用いる。飽和：土壌の空隙が水のみで占められていること。不飽和：空隙中に多少なりとも空気が存在する。その空気の状態は気泡であつても、開放状態であつても良いことにする。開放：空隙中の空気が大気と通じていること。閉鎖：空

気が気泡やその他の形態で、土の中に封入された状態で存在する。



2. 従 来 の 研 究

第一に、今までの研究者たちの負圧浸透の取り扱い方について調べてみよう。

「負圧浸透」という言葉を最初に用いたのは山崎教授²⁾である。それによれば「正圧を呈する浸透を正圧浸透、負圧を呈する浸透を負圧浸透（又は毛管負圧浸透）と名付ける」であり、山崎教授の実験条件内であるという但し書きがついたとしても、ごく簡単な定義である。よつて、私もこの定義に従つて負圧浸透なる言葉を用いてゆくことにする。

外国における研究には、浸透といつても infiltration についてのものが多い。Bodman, Colman, Miller, Philip, などのものがそれである。infiltration は前進毛管膜が存在しているから負圧浸透をとまなうはずである。だが彼らの研究は負圧浸透の特質について論じたものではなく、単に含水量分布やテノンシオメーターを用いて水圧の測定を行つているにすぎない。彼ら欧米の研究者たちの理論は常に毛管ポテンシャル説に裏打ちされている。この毛管ポテンシャル論の基本的な定理は「含水量と水圧（負圧）が一価関係にある」ということである。Child や Richard は浸潤に限らず浸透についても研究しているが、浸透の様相について詳しく分析したものではない。Child-George は浸透係数が含水量の一価関数であるとし、孔隙分布から含水量と浸透係数との関係を求めることを、ある仮説を設けて行つている。ソヴェトのブダコフスキー⁵⁾ は浸潤及び浸透両者にわたつてかなり有用な研究を行つている。彼の論文の中でわれわれの問題点に関係しているものは「1. 浸透係数は含水量の一価関数である。 $\alpha/\alpha_0 = m^4$ α_0 : 飽和浸透係数, m : 飽和度。2. 浸潤強度 $q = \alpha \left(1 + \frac{h_0 + h_k}{y} \right)$ h_0 : たん水深, h_k : 前進毛管力, y : 浸透前線から地表までの長さ、3. 下層が上層より浸透性が良い場合、浸透前線が下層を通過する際には一定の浸透流量と深さ方向に一定な含水量の分布が定まる。その浸透性の差が著しいと圧力伝達は不可能になる。4. 浸潤と浸透の間には本質的な変化はなく、浸潤の際定まつた浸透係数は浸透

段階にも連続的に引き継がれる。」である。彼は浸透の様相について考察はしているが、正圧—負圧の分類を意識的に行つてはいないし、圧力伝達が不可能となるような限界状態の含水量や負圧について触れてもいない。

我が国においては、第一に昭和18年の山崎教授¹⁾の研究がある。これは水を一度毛管上昇させた後に降下浸透させる実験である。山崎教授はこれを毛管浸透と名づけて浸潤と区別しているが、この浸透過程で生ずる負圧の原因については混乱していて、はつきりしていない。引用すると「包気帯における浸透においては土壤空隙中に空気が多量に含まれ、土壤毛管中を運動する水は至るところ空気に接し、極端な場合にはあたかも毛管水膜で囲まれた管内に水が流れるような状態となり、毛管水膜の毛管力のため常に負の圧力水頭を生ずる。このように毛管力の作用をうけ負圧を生ずる浸透を特に「毛管浸透」と名づけ、通常の浸透と区別することにする。すなわち乾いた土中に水がしみこむ場合のように前進毛管膜を生じ、重力と共にこの毛管力をも動力として運動する現象を「毛管浸潤」と名づけ毛管浸透と区別する。」

次いで出された昭和23年の山崎教授²⁾の論文になると、浸透の様相がかなりはつきりしてきており、「水頭勾配 J が1より大きく、かつ1に余り近くない限り、その層全体が正圧浸透をしようとして、一部正圧浸透一部負圧浸透をしようとして、全層負圧浸透をしようとして浸透係数は一定である。」 「 $J > 1$ で浸透水が空隙中を満流すると考えられる場合を閉鎖浸透、 $J = 1$ で浸透水が開放毛管膜（外気と連絡した空気との間にできる毛管膜）をもちつつ流下すると考えられる場合を開放浸透と名づける。」 「 $J = 1$ になるために必要な最小の負圧を限界負圧と名づける。」と、なつている。すなわちある限界負圧以下にならない限り、開放浸透にはならず、閉鎖浸透の場合には負圧であろうと正圧であろうと流れに質的な相異はない。限界負圧以下では $J = 1$ であり開放浸透である。

第三に富士岡氏³⁾の論文がある。氏は「土壤中の空隙が水で満たされていないで空気が残存すれば、土壤の毛管中を流れる水は空気と接して、その界面に毛管膜を形成し負圧を発生する。」とし、かなりはつきりした条件の中で、土壤の毛管中で不飽和であれば負圧であるという結論を出している。そして負圧の原因、すなわち不飽和になる原因は土壤の毛管の不規則性にあるとしている。

第四に田町教授⁴⁾の論文によれば、浸潤と浸透は区別され、前者は毛管下降浸潤、後者は垂直下降次元浸透と名づけられ、「毛管下降浸潤の浸潤先端が地下水面に到達すると、毛管圧により地下水面の水は一時吸い上げられるが、やがて平衡状態に達し、下降毛

管膜は全く消失し、土層内の浸透は重力のみの作用による垂直一次元浸透となる。」「毛管下降浸潤と垂直下降浸透とを比較すると、前者においては伝導部の各点の含水量及び圧力（負圧）が等しく、位勢傾度（水頭勾配）は位高傾度（位置のポテンシャル勾配＝1）に等しい。ただし間隙は飽和状態になく空気を多く含む故に、伝導度が小さく、また浸潤が進むに従つて浸潤先端の空気圧が増し、そのために浸潤速度が減ずる。後者においては、間隙は飽和状態にあつて含水量は当然等しいが、圧力は等しくなく、一部では正圧であり、一部では負である場合もあり、位勢傾度は一定であるが、必ずしも位高傾度と等しくない。」と述べられている。

3. 負 圧 浸 透

以上、見てきてわかるように、現在までに負圧浸透なるものはかなりの混乱の中をくぐり抜けてきている。たとえば富士岡氏の論文に現われているように、あたかも、不飽和＝毛管膜＝負圧～負圧浸透、正圧＝飽和、なるが如き印象をすら与えているような時もあった。しかし、不飽和＝毛管膜、毛管膜＝負圧では決してない。不飽和であつても、空気が気泡の状態に含まれていれば毛管膜はできない。又たとえ毛管膜ができていても、それに接している空気が閉鎖状態で空気圧が高ければ負圧になるかどうかは不明である。さらに負圧であつたとしても、それが流れに対してどんな質的变化をもたらすのだろうか。それとは逆に、負圧であれば毛管膜があるかといえ、これも一概に断言できることではない。たとえば飽和浸透の時に適当な成層状態にしてやれば、負圧は任意に作ることができる。こうなつてくると、負圧を呈する浸透が、他の浸透と区別して特別に研究するだけの特殊性をもつていないということになる。そして、これに代るものとして登場するのが、山崎教授の研究によつて示された開放浸透、すなわちその部分の水圧（負圧）によつて内部状態が顕著に変る浸透である。開放浸透の場合には、不飽和＝毛管膜＝負圧は絶対的に成り立っている。だから開放浸透は従来の負圧浸透のうちの特殊性を持つている一部分といつてもさしつかえない。

4. 開 放 浸 透

では、なぜ開放浸透をこどさら取り上げなければならないか。この点について少し詳しく述べてみよう。閉鎖浸透の場合には、たとえ不飽和であつても、その中の水圧がいくらであろうと浸透の様相にはほとんど変動をもたらさない。もちろん水圧と気泡内空気圧との釣り合いで、気泡の容積はいくらか変動するのがその含水量は開放浸透の如く負圧の大きさによつて顕著に変化することはない。又、さらに重要なのは、その

負圧発生原因が閉鎖状態の内部空気に接する毛管膜によるのではなくて、浸透条件（たん水深や浸透終端の状態）や浸透係数の分布によつてゐることである。だから、ある部分が多様な水圧をもつかはその部分だけの状態（例えば含水量）では定まらないのである。故に含水量と水圧とは一箇関係にはなり得ず、正圧であるから飽和であるとか、含水量一定だから等圧であるとか、いうことはできないのである。

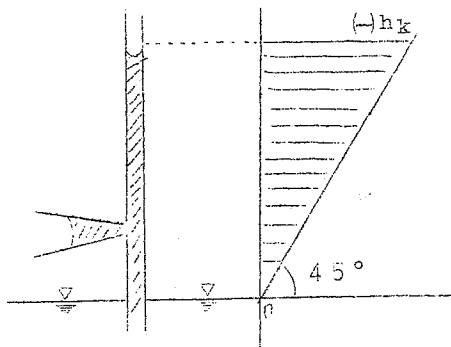
ところが開放浸透の場合には毛管膜が浸透に影響する。山崎教授によれば砂による実験ではあるが限界負圧 $J = 1$ - 開放毛管膜 - 開放浸透であつた。この一連の組み合わせを良く考えてみる必要がある。 $J = 1$ ということ、すなわち負圧が一定値を示すということこれは均一層の閉鎖浸透の場合には全く姿を現わさなかつたことである。

次に毛管ポテンシャル論について少々触れておこう。毛管ポテンシャル論においては含水量と水圧（負圧）は一箇関係であるとされている。土中の状態において水圧と共に一義的に変化するものとしては毛管膜の曲率しか考えられない。とすれば水圧と共に変化する含水量は毛管膜の変動範囲に存在する。故に毛管ポテンシャル論の成立するのは、土中の空隙中で毛管膜が変動できる含水量の場合（おそらく開放状態であらう）である。このように考えると、 $J = 1$ とはかざらないが、毛管ポテンシャル論を適用している場合は開放浸透の一つである。このような開放浸透の問題点を解明するには、開放毛管膜のある状態の水の運動、限界負圧附近の圧力水の土中でのあり方について知ることがせひ必要となつてゐる。

5. 浸 透

そのためには、いま一度もとへ戻つて現実の浸透の状態をはつきりと認識することが重要である。こゝで一つ一つ順を追つて考察してみよう。

毛管上昇について 一本の円筒を自由水面に垂直に立てたとする。水は円筒壁との付着力によつて上昇運動を起し、水の凝集力との釣合によつて曲面（毛管膜）が形成される。故に毛管膜の水側においては $2T/r$ なる負圧を生じ、自由水面との間に水頭勾配 $J = 1 + \frac{hk}{l}$ (hk/l は -1 より小さく J は負になる) を形成する。この時、毛管膜の曲率が変化しないならば hk は常に一定であり、毛管上昇は $J = 0$ になるまで続く。故に毛管上昇は壁面との附着力によつて起るが、その後の水頭勾配や上昇高は形成された毛管膜（前進毛管膜）の負圧によつて定まつてゐる。又、その水柱の途中の水圧は、運動中は前進毛管膜の負圧と自由水面及び $head\ loss$ の分布によつて定まり、停止後は自由水面からの高さによつて定まつてゐる。もしも円筒の途中に穴をあけラツパ状の毛細管を水平に取りつけたとすれば、その点の水圧はあくまでも以上の述べたことによつて定まり、



ラツパ状毛細管にできた毛管膜によつて定まるのではない。ラツパ状毛細管においては、そこで定まつている水圧に釣合う毛管膜の所で水は静止し毛管膜を形成しているのである。

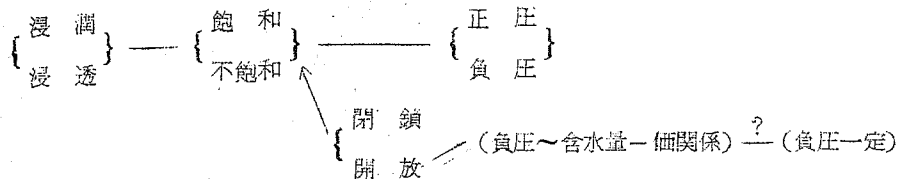
浸潤について 地表水はたん水深 h_0 による正圧と重力と前進毛管膜による負圧とを受けて下降運動を起す。故に地表においては正圧 h_0 であり、浸透前線では前進

毛管膜の負圧 h_k である。 湿潤部の水圧はこの両圧力の条件の下で、head lossの配分(浸透係数の分布)により定まる。たとえそれが封入された気泡を含もうが、かなりの量の閉鎖空気を含もうが、途中に発生した毛管膜によつて圧力が左右されることはない。但し、これは一次元浸透の閉鎖浸透の場合であつて、水路底からの降下浸透のような二次元浸透や開放浸透の場合には少々話が違つてくる。二次元浸透の場合には、側面の毛管膜も前進毛管膜となつて浸透前線を形成する。しかし、この場合は浸透前線が側方にもできたということだけで、湿潤部内部については前の場合となんら変りはない。だが、湿潤部が開放状態である場合は少々毛色の違つたものになる。山崎教授によると $J=1$ 、負圧一定と、今までとは全く違つたことによつて、その水圧が定まつているのである。内部空気が開放であるとは、一体どんな状態なのだろうか。自然の土壌や砂の空隙を考えれば、それはかなり少ない含水量の状態であろうと想像される。浸潤の際にそのような状態になるとすれば、それは上部よりの給水がよほど少ない時に起る現象であろう。この場合に水はどのような形態で存在し得るだろうか。第一に一本の毛細管が水で満たされ、隣りの毛細管が空気で占められ、また隣りが氷-----という考えがある。だがこの考え方は実際の空隙のあり方を考えれば非常に不自然である。なぜなら、空隙は細くなつたり太くなつたり枝分れしたりいつしよになつたりしているからである。又このような水の存在形態であると、全ての内部空気が開放状態にあることはほとんど不可能であろう。第二に考えられるのは、水が空隙を満たすほどではなく、土粒子に附着して連続的につながつて流れている状態。第三にもつと水量が少なく、土粒子と土粒子の接点附近にリング状に附着している状態である。このような水の運動状態については、後の機会に詳しく推察することとして、次の浸透段階について考察を行うことにする。

浸透について 前にも述べたように、浸潤が浸透に移ると、前進毛管膜が停止し（消滅し）、浸透がいちおう定常的になる。すなわち浸透前線が浸透終端（地下水面や土柱の底）に到達し、浸透距離 l は一定となる。そこで湿潤部では浸潤が浸透に変つたからといって急激な変動が起るだろうか。浸潤と浸透の両段階にDarcyの式が連続的に成立するかどうかは、一つの大きな問題であり、今後の研究によつて明らかにしなければならないことである。しかし、私はいちおう連続的なものであると考えている。そうすれば、問題になつてくる点（開放浸透 $-J=1$ ）は、浸潤、浸透両段階において共通のものとして考えて良いであろう。

6. む す び

以上、述べてきたことを総括すると、



であつて、それぞれのグループは独立で、飽和=正圧とか不飽和=負圧とかいつた関係は全くないことがわかつた。ところが開放浸透の場合にのみ例外的な特殊性があり、また疑問も多く残されている。すなわち含水量が水圧と一価関係にあること、必ず負圧になることである。だが〔開放浸透 $-J=1$ （負圧一定） \sim 水の流れが不連続か連続か \sim 毛管膜の負圧の作用〕については、まだ研究の余地があり、はつきりと断定できないのが現状である。

以上によつて、正圧、負圧と云う分類のし方で浸透を区別して考えることが当を得たものではないということが明らかになつた。

開放浸透の機構の解明ということは今後の大きな課題であるがそのほかにも例をあげれば浸潤のメカニズム、浸潤と浸透の両段階の関係、浸潤時の含水量分布、成層土層での層の境界における水の動態、浸透時の内部状態の変化、初期含水量と浸透との関係などがある。

また、開放浸透の際の水の存在形態の研究と関連して、前進毛管力、毛管上昇力、限界負圧力などの関係を空隙の状態と共に研究することが必要である。

このように、「自然状態のいかなる土層についても浸透の状況を解明する」という目標に到達するまでにはなお数多くの研究を必要としている。一人でも多くの研究者、技術者がこの問題に関心を寄せられることを希望する次第である。（1959, 1, 27）

文 献

- 1) 山崎不二夫：
土壤の急降下毛管滲透の負圧について、農土研 15巻1号(1943)
- 2) 山崎不二夫：成層土壤降下浸透に関する研究、東京農専学術報告 第1号(1948)、研究の資料と記録 第6集(1958)
- 3) 富士岡義一：土壤の鉛直降下浸透における負圧発生機構1、農土研 21巻6号(1954)
- 4) 田町正督：土壤及び堤体内における浸透に関する理論的考察、九大農業工学研究資料第51号(1957)
- 5) Budakovskii A.I. : Vpityvanie Vody v Pochvu,
土壤中への水の浸透、(1955)(近いうちに訳本出版予定)
- 6) Childs and Collis-George : The permeability of porous materials, Proc. Roy. Soc. A 201, P392 - 405
- 7) Bodman - Colman : Moisture and energy conditions during downward entry of water into soils, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 8, 116 - 122; Moisture and energy conditions during downward entry of water into moist and layered soils, ibid., 9, 3 - 11.
- 8) Richard : Capillary conduction of liquids through porous media. Physics, 1, 318 - 333
- 9) R.D. Miller and F. Richard : Hydraulic gradients during infiltration in soils, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 16, No. 1 (1952)

地下水流動の水文学的計算

金子 良 (農技研)

降水の一部は地下水補給となり、地下水補給は地下水へ到達して地下水位を上昇させるが、また地下水位は上下流の地下水流動にも影響されるので、任意地域、任意期間について次式の関係が成立する。

$$P = (D_2 - D_1) + E + G + M \text{ ----- (1)}$$

$$G = H P a + (G_2 - G_1) \text{ ----- (2)}$$

ここに P = 降水量、D₁ = 上流からこの地域への地表水流入量、D₂ = この地域から下流への地表水流出量、E = 蒸発量、G = 地下水補給量、M = 土湿増加量、H = この地域の平均地下水位変化、P a = 地下水位変化部分の平均容気率、G₁ = 上流からこの地域への地下水流入量、G₂ = この地域から下流への地下水流出量、P a は土層固有の値で土層各深さ毎にその空隙率と平常保水量（圃場容水量）との差を測定して求められる。G₁、G₂ は実測困難であるが大体は次のように推定される。

$$Q = B \cdot D \cdot K \cdot h / l \text{ ----- (3)}$$

ここに Q = 地下水流動量、B = 流動巾、D = 流動厚さ、K = 平均透水性、h / l = 地下水流動勾配

これより計算した Q とその流域面積 A より、流域平均地下水流動高 G₂ = Q / A となる。なお、(G₂ - G₁) の値は地下水の浅い砂質地などで、無降雨時 G = 0 の場合、もつとも容易にかつほぼ正確に知ることができる。すなわち

$$H \cdot P_a + (G_2 - G_1) = 0 \text{ ----- (4)}$$

$$\text{また降雨後の短期間については } G = H \cdot P a \text{ ----- (5)}$$

(1)、(2)式よりある地域の地下水流動差額 (G₂ - G₁) の計算値を求めるのは局部的の測定だけで可能であるかが、地下水流動量そのものすなわち G₂ の値を計算するには地下水流域全域につき、多数の観測値を必要とする。

地下水位変化、地下水流動に関しては次のような一般的特質がある。

1) 地下水位の基準面は海面、排水路水面、不透層の上面などであつて、基準面より地下水が高まるほど地下水流動が大であり、また原則として地下水勾配も大となる。故に地下水位の高いほど地下水流動量が多く、従つて基準面上に貯溜された地下水の減少は指数曲線的となる。すなわち

$$H = H_0 \cdot e^{-ct} \text{ ----- (6)}$$

ここに H₀ = t が 0 のときの地下水位、H = 時間 t の地下水位、C = 常数

2) 地下水面は原則として地形の凹凸に影響され、また地下水の浸出する排水路から遠いほど高くなる。海岸砂丘では海面と排水路の中間で、地下水補給の強弱と平衡した地下水面が上下する。

3) 地下水補給が上下流で同一の場合、下流では上方からの地下水流動を受けるため、地下水位変化が河川の上、下流水位曲線のような関係となる。

4) 地下水位低下曲線が途中で折れたようになる場合は、水位低下に伴つて水脈がかれ地下水流動が急に小となつたからである。砂礫層地帯では地下水流動によつて降雨後早くかつ急な水位低下を生じるが、地下水流動の小さい粘質土地帯では地下水位低下が緩慢である。なお地下水流動を阻止するような局部的難透水性のところがあると、この上流は地下水位が高まり、その下流に対しては急傾斜で低下する。台地の局部的難透水層は宙水や地下水瀑布をつくる。

5) 地下水位変化は被圧地下水、準被圧地下水の場合、圧力の伝播によつて上流から下流へ早く影響する。地下水流動だけによる地下水位変化のおくれは、排水路や地下水の浸出する谷のない台地などで認めることができる。

6) 地温、水温の変化は段丘崖などに浸出するところで地下水へ影響するらしく、段丘縁辺で冬季に停滞したものが4、5月頃に動きを増すものごとく観察される。

7) 地下水位変化は地表水の影響を受け、特に水田地帯の用水導入、落水などに左右されるが、土層固有の性質によつて変化曲線の大勢は一定の形をとる。

8) 干満の差は自由地下水の場合、海岸から100 m以内でほとんどこの影響が消えるが、被圧地下水の場合は数kmも遠方へ現われることがある。干満の差より周期の長い変化、例えば気圧、風向、高波など数日間続く高低は海岸より200 mも入つた井戸にも認められた。河川水位の変化は水脈を連じて附近井戸へ早く伝播するのが通例である。

9) 地下水補給による地下水位変化の中は、容気率の小さい関東ロームなど ($P_a=0.1$ 内外) 乾季、雨季で5~1.0 mという大きな値となるが、容気率の小さい砂質土 ($P_a=0.3-0.4$) などではこの差が1~2 m程度である。ただし急な降雨によつて土壤空気が圧迫されると、地下水補給によらない急な地下水位上昇を見る。また土壤空気が水と置換しきれないで、気泡として封じこめられる場合も急な水位上昇が現われる。このような急上昇後には地下水流動によらないで急に水位が低下する。

被圧地下水では気圧変化の影響が明らかに認められることがある。例えば1 m.m (水銀柱) の気圧変化は地下水位ではほぼ1 cmに相当し、これが数時間おくれで現われたのを埼玉県寄居で観測した。

地下水の浅いところでは、蒸発の日変化に伴う地下水位の規則正しい微小変化が生じることもある。

次に各地で水文学的水収支計算より求めた地下水流動量の値を概説する。

1) 荒川北岸台地は埼玉県寄居町から東方へ広がる古扇状地で、面積8000 haに及

。ローム層下は厚い砂礫^にあるが、局部的に青粘土層が挟まり、ここは地下水位が浅く水位変化も少い。台地基盤の第三紀層が古扇状地の末端に露出し、地下流動を阻止するため、ここで地下水面の不連続を生じ、部分的に2段の地下水面が認められる。

全域を7ブロックに分けた地下水流動量 G_2 の計算値は、各区ともあまり変化なく1.2~2.2 mm/dayであつた。地下水位極大期のずれは上下流8000mの間において約2ヶ月であり、地下水勾配の大きいとき G_2 は大と計算された。

この台地流域の小河川は地下水が浸出して秋から翌年春までの間、2 mm/day余から0まで指数曲線的に地下水流出が継続した。

2) 相模野台地は南北30km、東西8kmに及び地下水位は上位部で20m以上、下位部で5m内外、地下水流動の厚さは10-20mであつて、主として砂礫層中を流動する。台地各所の井戸につき $(G_2 - G_1)$ を計算したところ、1月当りで20~100mmとなり、地下水位の高いほど $(G_2 - G_1)$ の値は大、宙水および上位段丘のすぐ下段などが月変化大、台地中央が月変化小という値を得た。なお(3)式において $\alpha = 0.1 \text{ cm/sec}$ 、

$h/l = 1/200$ 、 $D = 15 \text{ m}$ 、台地中央部という条件を入れて概算した G_2 は約2 mm/dayとなつた。

3) 平塚農研内砂質地では他地域に比して正確な水文学的計算ができた。地表流出はなく浅層自由地下水はすべてこの区域内の降水に涵養され水位変化の中は約1mである。地下水分水界から排水路までの各測水管より求めた $(G_2 - G_1)$ の平均はほぼ G_2 の値を示すものとして、各月の値を計算すると、50~200mm程度となる。この値の大きいのは砂質地のため地下水補給が大となるからである。

4) 新潟県築地村海岸砂丘附近一帯は砂丘巾約2000mで、砂丘間低地には地下水面が現われ沼沢をなす。砂丘内の地下水面は地表の凹凸より単純な形で、海岸と内部の排水路の間に分水界をもち、内部が盛上つている。地下水位の最高は融雪期の3月下旬~4月中旬、最低は11月初旬で、水位変化1~2mであつた。 G_2 の計算値は2.5~5.2 mm/dayで平塚農研内より降水量が多いため大となつている。

5) 大井川扇状地下流部1800haを6ブロックに分けて、各ブロックにおける面積当り地下水湧出量を計算したところ、大井川の豊水期には40-80 mm/day、低水期でも10-20 mm/dayに及ぶ莫大な水量が河床からこの地域へ湧出していた。

6) 香川県土器川扇状地の上位部900haと下位部280haにおいて干天連続時の $(G_2 - G_1)$ を計算したところ、水田浸透水の影響を受けて上位部では3.3 mm/day

下位部では 1.2 mm/day となつた。ここでは用水の反復利用がよく行われ浸透水の約40%に当る水量が下流へ自然に浸出し、また人工で地下水利用を行つている水量と合計すると、浸透水量に対して70%に達する。ただし再利用水には河床からの伏流水が含まれる。

7) 徳島県吉野川河谷を4ブロックに分け干天時の水収支計算を行つたところ、河床の性質により伏流水が著しく増減することを知つた。すなわち各ブロックにおいて流入、流出する地下水量を G_1 、 G_2 として、 $(G_2 - G_1)$ を計算したところ -2 mm/day から $+2 \text{ mm/day}$ 程度、最下流では $+18 \text{ mm/day}$ となつた。

8) 1943年~1945年にわたり北京市一帯の地下水位を調査し水文学的計算を行つたところ、永定河のゆるやかな扇状地下位部にある旧北京大学農学院では、 $(G_2 - G_1)$ が減水期 $2.0 \sim 2.5 \text{ mm/day}$ 、冬季増水期には 1.5 mm/day となつた。ここに冬季増水は前年雨季の水が西方山丘方面から石灰岩の水脈などを通り、山麓堆積層の下底へ押し出されたからと推察される。

また天津附近の自然堤防に沿う地帯で地下水位観測から得た結果では、雨季を除くと常に地下水が河床から沿岸へ向つて流動していた。このため1944年9月~1945年6月の $(G_2 - G_1)$ は -0.6 mm/day と計算された。

以上は次の文献を抄録したものである。

- 1) 金子良：砂丘地の地下水について、農土研、vol 14、No.1 (1942)
- 2) "：土壌水分の分布及び移動と地下水との関係、農土研、vol 16、No.3-4 (1949)
- 3) "：地表流出と地下水との関係、農土研、vol 17、No.2-3 (1950)
- 4) "：相模野台地における地下水位変化の解析、農土研、vol 21、No.5 (1951)
- 5) "：砂質地における地下水位変化の解析、農土研、vol 22、No.1 (1954)
- 6) "：砂レキ地における用水反復利用の計算、農土研、vol 26、No.5 (1958)
- 7) "：ローム台地の水(I)(II)、開拓研究、vol 12、No.1 (1949)；vol 12 No.4 (1950)
- 8) "：水文学的循環における土壌の効果、農研報告、F-9 (1956)
- 9) "：農業水文学、第1章~第5章、土木雑誌社 (1957)

畑地の撒水かんがいについて

吉 良 芳 夫 (農 技 研)

一般に撒水かんがいは地表かんがいに比し次のような利点があるとされている。

- 1) 撒水かんがいで圃場全体に一樣に水分を供給することが出来、又撒水量の調節が自由であるから用水の節約になる。アメリカの統計では15~30%の節約が出来ることになつている。
- 2) 撒水かんがいはどんな土質でもまたどんな地形や勾配のところでも殆んど同じような効率で採用出来る。
- 3) 地表かんがいで圃場への取入れの際、あるいは勾配土質と畦間流量との調節がむづかしいため末端からの溢流を起し易く、土壤侵蝕の虞れが多いが、撒水かんがいではその土性について実施したIntake-rateの許容範囲内における撒水強度をもつSprinkle Fを撰定することが容易であるから侵蝕は完全に防止出来る。
- 4) 地表かんがいで常に必要になつてくる整地作業は不要である。
- 5) 圃場におけるかん水溝や分水のための構造物は全く不要になるかまたは極端に縮少される。その結果それらによる漬地がなくなり農作業に対する障害がなくなる。
- 6) 一般に労力の節約が出来る。

以上のうち(3)以下については別に考えることとし、ここでは(1)および(2)について検討してみることにする。

私達が実際に計画を樹てる場合に、圃場に与えられた水がどれだけ有効に使はれる状態で土壤中に保持されるかを知るために次のような指標を使つている。

- 1) Water application efficiency (E_a)

$$E_a = \frac{W_s}{W_f} \times 100 (\%)$$

W_s : 根群内に保留された水量

W_f : 総かん水量 (地表かんがいの場合は圃場に取入れられた水量で、末端からの流去がない場合流下中の水面からの蒸発を無視すれば総浸潤量となる。撒水かんがいの場合はノズルから放出された水量で飛散損失と飛散中の蒸発損失を含んでおり、地表かんがいで流出 (W_r) を0として W_f を総浸潤と見做したようなことは出来ない。 W_f は総浸潤量より常に大である。

2) Water storage efficiency (E_s)

$$E_s = \frac{W_s}{W_n}$$

W_n : 根群内に浸潤させるに必要な水量

3) Water distribution efficiency (E_d)

$$E_d = \left(1 - \frac{\sum |h - h_m|}{h_m \cdot n} \right) \times 100 (\%)$$

h_m : 各測定点における浸潤量の平均値

h : 各測定点における浸潤量

n : 測定点の数

撒水かんがいではこれを Uniformity Coefficient といっている。

4) Pattern efficiency (E_p)

撒水かんがいにのみ使用されている。

$$E_p = \frac{h_{min}}{h_m} \times 100 (\%)$$

h_{min} : 最小測定撒水深

h_m : 平均測定撒水深

この外 Water Conveyance efficiency, Consumptive-use efficiency 等があるが前者は圃場に導入されるまでの問題であり、後者は作物との関聯が大きいためここでは考えないことにする。

今 E_s が 100% の場合、即ち撒水かんがいで h_{min} が丁度根群深に等しい場合図(1)となり、畦間かんがいで末端における浸潤深を最小浸潤深と考え、これが丁度根群深に等しい場合図(2)のように示される。

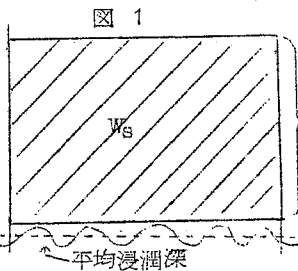


図 1

根群深
(=最小浸潤深)

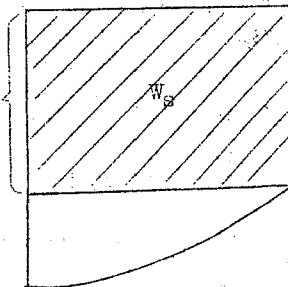


図 2

浸潤量の計算は、撒水かんがいで 2 ~ 3 m 方眼に測水罐を配置して撒水量を測定し、全測定罐数の 25% に相当する個

数だけ小さい方の値からとつて平均した最小水深をもつて表はす。畦間かんがいの場合は実際に水を流す巾は普通畦巾の約 $\frac{1}{3}$ であるが、この巾の浸潤面から畦巾全体に一樣に浸潤するものと仮定し furrow intake rate の実測値から計算したものである。

浸潤量だけから考えると、地表流去のない場合の畦間かんがいにおける E_d は撒水かんがいの E_p に相当することとなる。従つてもし畦間かんがいの E_a と撒水かんがいの E_p の値が等しい場合には撒水かんがいの E_d は畦間かんがいの場合より悪いことになる。しかし撒水かんがいで Sprinkler の構造と配置の研究によつては $E_p \cdot E_a \cdot E_d$ を 100 にすることが可能であるが畦間かんがいで是不可能である。この意味から撒水かんがいが理想的に行はれれば畦間かんがいより効率の面からも有利であると考えられる。しかし現在一般に使用されている Sprinkler とその配置法で E_p あるいは E_d がどのような値を示しているか、著者が Rainbird . Perrot. 国産川上の数種口径のノズルについて実験した結果から検討してみよう。

Sprinkler の配置は経済的の面から考えると出来るだけ疎の方が有利である。しかしあまり疎にすると E_p がわるくなる。そこで個々の Sprinkler の撒布図型を求めてまづ pipe の移動間隔 (S_m) の限界を求める。これは pipe line 上の Sprinkler の間隔 (S_1) をその撒水直径の 5% 前後にして S_m を色々に変化させた場合の E_d の比較を行うことによつて得られる。著者の実験では無風の場合 S_m が $0.5 \sim 0.6D$ (D は撒水直径) 以下であれば E_d 値は 90% 内外となるが $0.6D$ を超えると急激に E_d 値が低下する。そこで S_m の限界を $0.6D$ 以内とする。次に S_m を $0.6D$ 以内の一定値にして S_1 を変化させてみると $S_1 > 0.5D$ になると急激に E_d 値が低下する場合が多い。そこで S_1 の限界を大体 $0.5D$ 以下とする。このようにして S_m および S_1 をその限界内において実験してみても E_d が 90% 以上になることは殆んどない。よくても 80% 内外の場合が多く、風でもあると 70% 以下になることさえある。

アメリカでは E_p 80%, E_d 84% を許容限界としているから、この点だけからみれば妥当な配置ということになるが、畦間かんがいで E_a 90% 内外を限界としており著者の実験でもこの範囲内にとどめることはさして困難ではない。このように概念的には撒水のほうが均一な分布が与えられるから有利であると考えられながら数字の上では畦間のほうが良好であり E_a あるいは E_d の許容限界も畦間の方が小さくなつてゐる。これは効率そのものの計算方法に不備な点があるものと考へられる。例えば実際には或地点に撒水された水はその附近の土壌水分の不均衡を是正しつゝ水平並に垂直方向に浸潤してゆき多少の撒水深の不均一があつても浸潤深にはそう大きな差が出てこない筈である。然るに撒水深の測定は罐に受けた水量で測定してそのまま比較するから罐中に入つた水は水平方向の浸潤は全く行はれないものとして計算され実際の水の動きに適合しな

い。このことは茅ヶ崎砂丘地における実験によつて明らかである。又畦間かんがいの場合には畦間に流した水が畦巾に均一に浸潤するものとして計算されるがこのようなことは実際にはあり得ない。畦巾によつて非常にちがってくる筈である。千葉県下での実験では畦の中央部における浸潤量は中央部から15cm離れた点の浸潤量の約2倍になつていた。勿論これはかん水直後の分布であるから或時間経過すればかなり平均化される筈であるが全く均一になるとは考へられない。従つて徹水かんがいの場合最小徹水深を根群深とするならば畦間かんがいの場合も畦巾全体についての最小浸潤深をもつて根群深とするようにした時の効率を考へなければならない。従つて正確に両者の効率を比較するためには現在行はれているようなefficiencyの計算方法では不合理であつて土壌中における水の動きについて更に追求することが今後に残された問題である。

また E_p を100%とすることが必ずしも経済的であるとは断定出来ない。Consumptive use efficiencyを考慮に入れて最小浸潤深の限界を定めその場合の E_a もしくは E_p について比較検討することが必要である。ただintake rateが非常に大きい土性になる程 E_p を100%とするときの E_a を前記のような許容限界内にするために畦間かんがいで畦長を非常に短かくとらねばならない欠点があるが徹水かんがいの場合には殆んど土性に関係せず同一の効率を与えることが出来る利点がある。

実際の計画にあつては色々な効率を総合して判断しなくてはならない。ただ単に E_a ・ E_p ・ E_s 等数字に示されたもののみをもつてかんがい方法の優劣を簡単にきめることは出来ない。今後土壌中における水の動きに対する測定方法と計算方法に関する研究を進展させ数字的に正しい比較の出来るようにしてゆかなければならない。

土壤処理と水蝕との関係

川 村 秋 男 (四国農試)

加速水蝕が究極的には土壤と降雨との関連の下に進行するものであるという立場からすれば、土壤の性質によつても多大の影響を受けるであろうことは当然予測されることであり、実際にもこのことを裏付ける事実が既に数多くの人々によつて認められている。

水蝕の発現は一般的にみて地表流去水の発生が契機になるのであるが、その過程は雨滴の衝撃作用と吸水に伴う土壤集合体の破砕分散性および雨水の滲入透過速度と密接な関係がある孔隙性により支配的に特徴づけられる。従つて水蝕抑制という実践的な面からの土壤処理の問題はとりもなおさず植生維持を考慮に入れた土壤に対する分散抵抗性の附与と、円滑な透水性の確保でなくてはならず、このことはまた安定な土壤構造の発達に繋る問題でもある。

有機物の添加は土壤に対する養水分の補給と維持或は分散性の低減等多面的であることは言うまでもないが、堆肥の施用により耐水性集合体の安定に寄与し、これに伴い透水性が促進され水蝕の軽減に役立つことは、各種土壤についてなされた過去の試験に徴しても充分認められる。暖地の傾斜地にあつてはその立地的環境からも堆肥の搬入は必ずしも合理性のある手段と言ひ得ない場面が少なくない。しかし、最近における耐水性集合体の形成に関しての一連の研究によれば、堆肥に比し寧ろ新鮮有機物の効果が著しく卓越することが確認され、有機物の確保手段或はその種類と植生との関係等の点で若干問題が残されるまでも、上述の如き環境下における水蝕抑制の面でも明い希望がかけられる。

土壤集合体の分散崩壊の程度は、その水分条件により相違し、毛管飽和状態を限界としそれより水分過多或は脱水に従い漸次促進される事実からも、降雨直前における土壤の乾湿状態は爾後の水蝕に相当影響するであろうことが想定され、第1表はこの間の事情を裏書するものと見做される。またこのことは湿潤地帯における場合よりも半乾地帯の強雨で、更に他の事情が略々同一な条件下にあつても特に南面向き斜面で何れも水蝕の進行が急速であろうことを示唆するものと考えられる。

土壤の攪拌処理と水蝕との関係は特に強雨でない限り当初はその処理の深い場合に雨水の滲入透水が良好に経過し水蝕抑制に有利に作用するが、しかし降雨回数を重ねるか或は強度の高い降雨条件に当つては、寧ろ深耕により水蝕の増大が認められている。これは耕

第1表 降雨前の土壌水分と水蝕との関係

降 雨 (mm)		花崗岩質土 27.4*			和泉砂岩土 19.0*			雲母片岩土 53.8*		
全量	10分間 最 大	降雨直前 の土壌水分	流去率	流亡土	降雨直前 の土壌水分	流去率	流亡土	降雨直前 の土壌水分	流去率	流亡土
		%		gr	%		gr	%		gr
35.1	5.0	15.54	43.0	24.6	19.68	14.6	15.1	33.23	15.4	8.7
		3.59	30.7	40.6	15.56	17.7	19.3	4.05	11.5	8.5
17.0	4.3	-	-	-	19.21	18.0	6.3	31.11	4.5	9.8
		-	-	-	14.53	18.0	7.8	21.66	18.0	7.1
11.5	2.8	17.91	15.9	29.1	22.28	10.6	10.7	31.78	10.6	4.2
		7.99	18.7	59.8	7.03	9.7	14.4	17.41	9.7	6.8
33.3	2.6	13.68	75.8	10.7	185.0	10.2	9.0	29.24	5.2	5.5
		5.82	59.1	23.6	65.7	6.6	6.6	18.92	7.3	6.4

* 水分当量

起層の水分減耗とこれに付随しての集合体の耐水性低下と共に、一面非毛管孔隙に富む耕起層を透過した雨水が下部土層の滲透能に支配されて一種の伏流水としての行動をとるために困るものと解される。斯様な事象は特に暖地において屢々認められる如く、開墾の直後数年間に水蝕は甚だ激化することとも相当深い関連があるものと考えられ、また甘藷栽培の行はれるある瀬戸内側の傾斜地において、麦作跡地の全面耕起はこれを努めて回避し、挿苗部位の土壌のみを特殊な耕具を以つて攪拌することよめる慣習のあることが想い出されて興味をひかれる。

東北地方の土壌侵蝕について

前田 信寿 (宮城農業短大)

1. はし が き

当地方の土壌侵蝕は水田単作と積雪寒冷による凶作対策に重点が置かれたため従来余り重視されなかつた。従つて土壌侵蝕の実態調査及び試験研究は岩手、宮城の両県に多く、青森、福島にも僅に見られる程度である。即ち水蝕については、菅野¹⁾ 児玉²⁾ 北岸³⁾ 一戸⁴⁾ 小幡⁵⁾ 小原⁶⁾ 前川⁷⁾ 吉良⁸⁾ 山本⁹⁾ 藤原¹⁰⁾ 前田¹¹⁾、積雪及び凍土の融解については児玉²⁾、風蝕については小原¹²⁾ 若生¹³⁾ 及び前田¹⁴⁾ 営農的調査については小森¹⁵⁾ 及び黒河内¹⁶⁾ 等の報告があり、営農に対する脅威を明にしている。全国的にみて当地方に多い開拓地は傾斜地が多く、又既存農家に於ても酪農と畑作振興とによつて営農の改善を期待される時、それ等手許の資料に基いて侵蝕状況とその因子等について検討して、幾分でもその実態を明にしたい。

2. 土 壤 侵 蝕 状 況

北岸によれば腐植に富む火山灰土の試験に於ては南面 10° の裸地傾斜畑は降雨量 3.0mm 10分以上で受蝕されるが、 $5.0\text{mm}/10\text{分}$ の降雨で裸地区が10アール当り 2737.5kg 被覆度 2.5% の小麦区は 56.3kg 、被覆度 9.5% の大根区の流失土壌は僅か 3.0kg であつた。又小原によれば冬作は麦類、夏作は大豆及び蕎麦の場合、降雨は11回あつたが、土壌流失は小麦の生育初期は南面が多く、生育の進むに従つて、北面が多くなり、小麦刈取後はいずれも急激に増加するが、殊に北面が多く、表1表の様な結果となつた。

表1 年間土壌流失量(10アール当 kg)

傾斜度 斜面方向	25°	5°
東	1235	917
西	1247	548
南	1186	775
北	1446	914

小原氏の成績より計算

作物の生育は麦類は南、大豆及び蕎麦は北が最も良好であつた。時期的には豪雨型の降雨の多い7.8.9月の侵蝕が著しい。降雨強度が小なる場合は流失土壌中に粘土及び腐植が多く、大なる場合は砂が多く、それに伴つて植物養分の溶脱も著しい。

岩手農試¹⁷⁾の成績によれば、稔一小麦一小豆の生育収量は横畦が縦畦よりもよく、

また労力も横畦が少ないとしている。聴き取り調査によれば横畦は進歩的農民に多く、且つ侵蝕防止及び土壌水分保持によいが、縦畦は排水がよく且つ人力作用など容易であるこ

とを認めている。しかし整地によつては横畦が gully 状に大被害を受けることと、畜力または動力の改良が不十分な場合も考慮して両者の中間性を有する斜畦の有利性も検討されている。

同一斜面に於て斜面長が長い場合下部の作物の生育が良好なることについては多数の報告がある。換言すれば受蝕地と堆積地に於ける相違であつて、堆積地はその過程に於て、作物に被害を及ぼすこともあるが、安定後は表土の深さに比例して作物の生育、収量共に良好で、平均2倍前後増収した例もある。

尚植物の被覆度の増大と侵蝕防止は正比例的に有効であるという報告は他地方同様多いが、大豆の落葉や雪も被覆物の一つとしての効あることや、弘前市に於けるりんご園の樹冠内落下水滴の約1.5~2.0倍の平均直径を示すが、降雨遮断率は凡約40~70%であることが知られた。

オ3紀層の植壤土について仙台市の傾斜畑(2°~26°斜面長236.5m)では173mmの豪雨に際し無機質肥料単用区では10アール当り472.64kg、石灰112.5kg加用区は264.23kgであるが堆肥1,125kg施用区は13,000kgの耕土が流失した。この場合堆肥は凝集力の増大、団粒化の促進に効果があつたため、表面流去水の滲透と団粒の崩壊を防いだものようであるが、特に横畦の播溝に施用した結果、上方からの泥土を濾過し土壌を堆肥上に残置せしめ、水のみを下方に流出させた効も認められた。尚無機質肥料区からは堆肥区の30倍即93.6kgの腐植、2~3倍の窒素、磷酸、加里及び石灰が流失した。

風蝕については10m/s以上の風速出現回数が11月~翌年5月に58回を数える年もある宮古市附近で、粒子の大きさは径5mm以上のものも飛散し、約30cmの表土が剥脱され、風下は6年間に1m以上埋没した。蔵王山麓では20年間に粘土が5割減、腐植はすとなつた。仙台市では河岸の砂質土で防風物のない212.6ヘクタール、全畑面積の12.7%が受蝕し、風下の表は3~5cm埋没した。尚この際食塩水、粘土液の撒布及び堆肥等の全面被覆は有効であつた。

霜柱による土壌凍結は、融解速度の遅い北面が最も流去水多く、南面が土壌流失最も多い。融雪期も同様である。

3. 土 壤 侵 蝕 因 子

地形について見ればオ2表のように傾斜畑は全体では4割を突破し、殊に岩手県の如きは6割に近いが、これ等のうち1割余が15°以上の急傾斜であつて、30°以上の場合

表2 傾斜畑 (一戸氏)

県別	面積町	※比率%	※急傾斜畑比率%
青森	23,510	44.1	10.9
岩手	35,163	55.8	16.3
宮城	15,817	41.7	12.2
秋田	5,663	28.1	7.4
山形	9,564	30.0	8.4
福島	32,764	44.5	14.7
計	122,841	43.8	12.8

※ 全畑面積に対する比率

その強度を10分間の雨量で見れば1941年～1950年の記録では20.0mm (新庄)が最高で、5～11月中10mmを突破する回数は、最少の青森は3回であるが、盛岡では20回、八戸では21回に及んでいる。

積雪融解による侵蝕は年間雪日数90日以上、最深積雪30cmにも及べば注意を要するが、それは山形、秋田、青森、岩手の大部分と福島県の会津地方及び宮城県の西方山沿い等である。

霜柱及び凍結については小雪地帯にも発生するわけであるが、その地表温度はオ3表の

オ3表 地表温の氷点下降回数

年次	月	11	12	1	2	3	4	計
昭和25年～26年		0	3	21	10	3	0	37
26～27		0	3	16	28	10	0	57
27～28		0	12	24	21	2	1	80
28～29		0	3	19	16	4	0	42
29～30		1	7	21	14	2	0	45

仙台管区気象台による

れば温度低下に伴って土壌水分も減少し、団粒重及び凝集力が減少して団粒も破壊されて耐蝕性が減退する為である故砂質土に多い。また風は畑の潤田が広闊であることと気象的条件によつて強化される。当地方は12月～5月特に4月を中心として著しい強風が吹く。

もあり、その面積24,900ヘクタールに及んでいる。そして総傾斜畑及び急傾斜畑のいずれも畑地率と平行している。

降雨強度¹⁹⁾及び降水量についてみれば、当地方の年降水量は1200mm～2000mmであるが、特に降雨についてみれば7月～9月の3ヶ月に於て月合計200mm前後の多雨地域は傾斜畑の多い地帯とほぼ一致している。

如く比較的温暖な仙台市に於ても月数回氷点下に降下し、日中は昇温するので凍結と融解の相互作用によつて毛管が切断されて乾燥し易く、耕耘後と同様受蝕され易い状態となる。

風蝕は、土壌面から見

但し山形県の最上川沿岸には9～10月強風の吹く所もあるが(清川²⁰⁾ダシ)オ4表のように沿岸地帯は湿度高いが風強く、多少内陸に入れば風は幾分弱いが湿度は低い。

オ4表 湿度と風速

項目	場所 月	仙 台							仙台、山形 白河、福島 盛岡の全年 平均	青森、八戸 酒田、宮古 秋田の全年 平均
		12	1	2	3	4	5	全年		
湿度%	平均	74.3	72.5	70.8	69.9	70.3	76.2	77.3	76.5	78.5
	毎日最小 平均	53.2	49.6	41.8	47.6	42.9	52.1	55.2	46.8	61.8
風速m/s	平均	2.4	2.5	2.7	2.8	2.7	2.0	2.2	2.3	3.5
	最大	19.0	17.3	16.3	17.2	18.7	14.7	19.0	20.9	31.5

東北の気候より算出

当地方傾斜地土壌は中生層、安山岩、オ3紀層を母材とする埴質土壌と、中生層、花崗岩類を母材とする砂質土壌が多く、その他に火山灰土が分布している。埴質土の場合は団粒化の不十分と不透水層の浅層存在、砂質土、火山灰土は凝集力の弱小等が受蝕性を高める原因となる。

4. 営農面

福島県田村郡の一農家は畜力、農機具の独創的改善によつて、7°～20°の耕地に於て10アール当り労力水田39人を18人に、小麦24人を10人に減少している。また小型動力耕耘機は各作業共10°まで、下向反転は15°まで、運搬は120～150kgまで、傾斜は12～15°まで可能と報告されている。疲労度の測定がないが、傾斜地農法の制約の最大なもの1つは労力であるから、平坦地農法より以上に耕種法そのものについても省力的な作物、耕種法及び農機具が要望される。

また作付体系であるが、強雨の季節的分布時が、前作物収穫後及び後作物の生育初期のため、耕地曝露期に遭遇しない作物及び品種を、土壌の特性、出荷、販売、労力の配分及び技術的水準を考慮して決定する必要がある。

5. むすび

傾斜畑の面積は比率にして43.8%に及び、過去の侵蝕状況は10アール当り900kgから47,264kgに及び特に粘土と腐植が多い。この事実は土壌侵蝕が営農の基盤である地力を消耗する最大因子であつて、直接営農の進展を阻害するものであることを証明し

ている。従つて気象条件に関する精細なる観測資料と共に、土壌管理及び農場管理の面からの検討が地域別に実施されねばならない。また地目別にみれば畑のみでなく山林牧野などにも及ぶべきである。

例えば横畦の危険降雨強度について岩手県では2.0~4.0mm/10minであるが、北海道18)では1.8mm/10minとされている。これは土壌の性質及び層序との関連に於て、局地的に決定すべきものであろう。

また科学の進歩に伴つて団粒造成に有効な土壌調整剤²¹⁾が製造され、改良されてゆくが、経費との関連に於て石灰及び各種粗大有機物との優劣も局地土壌的に解決さるべき課題の1つであらう。

そして理想型の階段畑については營養的に成功するようあらゆる角度から広い視野に立つて検討されねばならない。東北農村の後進性をこの面からも早急に脱却することが、国家的にも急務ではないだろうか。

文 献

- 1) 菅野一郎： 東北大学川渡農場の土壌侵蝕状況について、東北農業、2、94~102 (1948)
- 2) 児玉宗一： 傾斜地に於ける土壌侵蝕実態調査、農業改良技術資料オ15号、75~86 (1951)
- 3) 北岸確三： 土壌侵蝕圃場試験成績、北海道東北土肥協議会講演要旨集№3、40 (1952)
- 4) 一戸貞光： 傾斜地に於ける土壌侵蝕実態調査、農林省東北農試研究報告 (1950)
- 5) 小幡稔実： カバークローズ試験方法の一例、農業改良技術資料オ15号、95~97 (1951)
- 6) 小原道郎： 傾斜方向の差異が作物の生育、収量及び土壌侵蝕に及ぼす影響に関する試験、農業改良技術資料オ30号、71~81 (1953)
- 7) 前川忠夫他4名： 東北地方における縦畦及び横畦の調査と実験、土壌侵蝕に関する研究集録Ⅱ、71~81 (1953)
- 8) 吉良八郎： 果樹園の土壌保全について (オ3報) 果樹冠による降雨遮断、農業土木研究、22、389~404 (1954)
- 9) 山本健吾、大泉久一： 傾斜畑に於ける小麦の生育について、東北農業、4、36~38 (1951)

- 10) 藤原 彰夫、前田信寿： 施肥法の相異が土壤侵蝕に及ぼす影響に就いて (予報)、
土肥誌、19、110～113 (1948)
- 11) 前田信寿： 土壤侵蝕防止に関する研究、農業改良技術資料、才15号、159～
182 (1951)
- 12) 小原通郎： 風蝕被害地調査報告、農業改良技術資料、才30号、163～167
(1953)
- 13) 若生松兵衛： 蔵前山麓開拓地の土壤、宮農資料、才18号、50～52 (1957)
- 14) 前田信寿： 仙台市常習罹災耕地土壤改良事業報告書 (1953)
- 15) 小森健治： 阿武隈山系に於ける山地農業経営の改善、東北農業、6、160～
162 (1954)
- 16) 黒河内伝： 傾斜地の機械化、最近の農業技術、1、76～77 (1958)
- 17) 奥中山高冷地試験地： 傾斜地における作畦法の地力維持試験、昭和28年度岩手
農試業務年報、328～330 (1955)
- 18) 八詠利助、石井衛： 土壤侵蝕に関する研究(II) 畦の方向と土壤侵蝕、農業土木研
究、24、320～325 (1957)
- 19) 仙台管区気象台： 東北地方の気候 (1951)
- 20) 山形県調査課： 山形県の気候 (1950)
- 21) 前田、櫛山： 土壤調整剤に関する研究 (才1報)、宮城農業短大 学術報告、才1
号、(1954)

今後の土壤調査，特に土性の判定について

山中金次郎 (農技研化)

現在行われている土壤調査、例えば最近に行われた技術会議の畑土壤調査の内容をみると、昔から行われて来た調査に対して少なくとも形式的には大して進歩した内容がうかがわれていない点について甚だ物足りない感じを持たせる。

又日本の土壤の分類に対する考え方についても、岡下博士が過去に樹立したものから殆んど出ていないか、或は外国の模倣の程度を出ていないと思われる。

何れにしても日本の土壤調査の考え方や技術は外国に教えられて来たものであるから、

外国の現状を無視して進んでゆく可きであるとする議論は勿論成立しないし、又凡そ土壌の分布条件を異にする外国の方法のみに依存する事も同じく肯定できない。

研究者の生命は original な発展にある以上、探索的な過程にある問題に対して外国、或は權威者の説を自分の説の防壁にするのは凡そ見識のない行動と云わなくてはならない。むしろ反対に他の權威ありとされた説はこれこれであるが、自分の説は根本的に相違すると云う進み方こそ研究者の存在価値を保証するものと云うべきであろう。

例えば調査結果をまとめ土壌を類別してゆく方法は何れの方法にも難点に満ちているように思われる。土壌は動物や植物の様な定形體的なものでなく、又精確に記載できるものでもなく、又今まで行われて来た調査網の粗さから考えて、生物と同じ様な分類体系を作つて行こうとする処に非常に無理がある。

土壌調査を進歩させるためには先ず調査の個人誤差はなくす様に明確な基準を作る事と調査結果をより有用にするための新しい調査項目を生み出す事に出発点を置く可きであろう。

1) 土性の判定

調査項目の中で最も重要で且困難なものは土性 (texture) の判定であろう。土性の重要性はそれがすべての土壌の性質につながる点に於て最も基本的である。特に畑土壌は水田土壌に比して多少とも乾燥し、従て多少とも固結しているために現地の判定を誤り易い。

この問題の解決を度外視していたのでは調査には進歩もなく、従て正しい分類等に進み得ないであろう。

土性の現地の判定には未だ指の感触が用いられているが、これが正しい粒径分析法に連関して練磨されない限り凡そ根拠のないものとなり正しい Class name を与える事はできない。従つて分析法の統一が間接には土壌調査の鍵と云う事になる。

施肥改善事業では全国の水田土壌にアンモニア分散を行い略満足な結果を得て来ているが、火山灰土壌のある畝類、主として下層土に懸濁液の凝固現象が栃木県其他から少数報告されている。

畑地土壌となると色々な種類の火山性土壌がその大部分を占めているためにアンモニア酸性ソーダ等のアルカリ分散は不満足な場合が少なくない事になる。

農林省応用研究の報告に依ればメタ磷酸ソーダの分散効果は沖積土壌に於てもアルカリ分散に優り、火山灰土壌及び海辺干拓地土壌に対しては遙かに優れている事が認められて

いる。然し乍らこの分散法がすべての火山灰土壌に対して満足す可きものかどうかには未だ疑問と未解決の分野が残されていると考える。

指の感触による判定と粒径分析との関係は火山灰土壌以外の土壌についてすでに解決がなされているとも考えられる。元来土性の各々の Class name は大きな巾を許しているから例えば SiCL, SiL, L, SL, の系列である程度の経験をつんだ人にとつて判定を誤つたとしたところで一階級であつて二階級間違ふ事は先ずあるまいと思われる。

ところで火山灰土壌となると指の判定と分析結果では不規則なくい違ひが現れる。

宇都宮台地、鹿島台地、八郷村台地（茨城）等の何れも下層のロームにはかなりのずれが認められている（但し表土には何れもズレはない）現地の判定は SiL~L でせいぜい SL であるがメタ燐酸ソーダ分散に依る分析からは SL~LS と云う粗い成績が得られる。

之は指に依る判定は非火山性土壌についての認識を本としている事と国際法に依る前処理が甚だ弱い機械的分砕処理を指定している事に根本の原因があり、従つて之等の結果がすぐメタ燐酸ソーダ分散の不適性を指示するものではない。

一方メタ燐酸ソーダ分散の場合は沈底中の懸濁液の凝固現象は認められず各 fraction の和は略 100 になり分析自体は満足に行われた事を示している。

宇都宮土壌を例にとれば下層、約 1.2~1.5 m に鹿沼土と呼ばれる風化した浮石層の厚層があり、この腐朽の程度は夫々が指の圧力で辛うじてつぶれる程度であり、表層はこれと同時期或はその後の降灰に依る堆積層であるからその風化の程度も大差なく灰、砂、礫がほぼ原形を保持して堆積している事が注意深い調査者には充分断面で観察できる。

前に述べた様に他の火山灰土壌で分散問題がおこるのはいつも腐植に乏しい下層土である。表層の腐植に富む土壌はそれが極く新期の堆積物でないかぎり 5-15% 程度の Clay ($< 2\mu$) を含むのが普通であり、これに対して下層では 1% 以下の場合すら少くないのである。この結果は分析の際の「分散」が不充分であつたと云う印象を一般に与えている様である。

真に分散が不完全なのか或は Clay が殆んど含まれていない分析結果が正しいかについてはいろいろな基本的な点の誤解が含まれていると考える。

表層（腐植層）の土壌が下層のローム層土壌よりずつと風化、分解が進んでいる事、換言すれば粘土化が進んでいる事は自明な事で何等不思議はなく、小山正忠技官のつくつた数多くの薄片プレパラートに依つて表層土の分散的であるに比して下層土は粒子の原形が鮮明に現れその未風化状況が明瞭に観取される。

従つて解決を要する事はむしろ何故に不完全にしか風化していない下層土が指に依つて粘土的な感触を与えるかにあり、又これがどの様な実際の意義を持つかの点に存しよう。

粒径分析に於ける「分散」とは一たん全く離れて孤児となつた粒子が二次的に凝集した土壤粒子の集合体を個々の粒子に引きはなしてこれを懸濁状に保つ事である。二次的の凝集力はその大部分が毛管圧に依るものであつて分子間凝集力は極めて小さく Terzaghi に依ればせいぜい 20 g/cm^2 に過ぎない。

毛管圧は飽水状態で零であるから適当な分散液中でかなり強く振盪すれば、この様に弱い分子間力の chain は切れて充分な分散が行われる可きである。この粘土の性質が指の判定と分析とのズレを防いでいるのである。この概念は粒径分析の基本となるものであり、古期の岩石（特に水成岩）に由来する運積土壤では一般に充分適用され得るものである。

現在日本で畑地に利用されている火山灰土壤は何れも新期の堆積物であり、殆んど未風化のものから中間的な風化状態のものが包含される。

新鮮な噴出堆積物の各粒子（灰、砂礫等）は冷却の際分子間凝集力に依てそれ自体固結し、かなり大きな耐圧力を持つが、風化が進むと分子間力は弱い chain の部分で減弱され、遂に手で碎ける様になり、更に長野県の味噌土の様に固有の形状を失う様に迄腐朽する。これ等の土壤物質に対しては前に述べた粒径分析の基礎概念はそのまま適用できないし、又如何なる処理法もすべての火山灰土壤に満足な結果を与える筈がないのは誰にも理解できる事と思う。鹿沼土の様な風化の不完全な火山砂礫は水中の振盪では殆んど崩壊しないし、又振盪時間を増しても殆んど効果がない。然し乍らこれを指で磨碎すれば、ある程度粉末化し、若干の粘土的な感触を与える様になるが眞の粘土とは明瞭に異つている。Robinson (1933) はこの点を考慮して火山浮石質土壤の磨碎効果を実験した。筆者も同様な実験を繰り返し、磨碎を強度に行つても粗砂は当然減ずるが粘土含量の増加は僅かである点で一致した結果を得ている。又風化の進んだ火山灰土壤のあるものは粗砂が殆んどないために、砂の多い沖積土に比してより粘土的な感触を与えるし、又腐植は逆に大いに粘性を減ずる。

土壤の粘性的な特性から考えれば充分に風化した火山灰土壤ですら明かに粘土的不是でない。充分に練塑した試料についても凝集性、粘着性、可塑性共にかなり弱い。然し乍ら風乾水分は非常に多いし、又 800°C 迄の脱水分もベントナイト以上である。又磷酸吸収力は非常に大きく置換容量等の化学性も clay に近い。ここに火山灰土壤の特質があり問題が派生する。火山灰土壤の場合は分子間力で造構された種々の大きさの Cell の内部

に含まれる特殊な場合と解釈されよう。鹿沼土、大山浮石土等は多量の水を遊離的に含み後者は「水土」とも呼ばれる。分子力に依る固結は風化に依つて次々に弱められ乍らも尚それに依つて火山灰土壌の個々の粒子をかなりの程度緊縛している事がこれ等土壌に特異な性格を与えている事は疑なき事と考ふる。

火山灰土壌の吸収能が全く特殊な機構に依るであろう事は今後の研究に依て次々に明かにされると信ずるが、次にこれに関する有力な資料（神奈川県岡本技師）として神奈川県相模原台地に堆積する宝永火山砂（豆土）の一例を示す事とする。

この試料は約300年前の降灰であつて下層土は殆んど未風化であつて非常に多孔質である。

	磷酸吸収係数	全炭素	塩基置換容量
オ1層（作土）	1800	10.31	40.52
オ2層（豆土）	2220	11.18	46.72

上の結果に依れば吸収された磷酸は多孔質体に依る吸着、或は沈積とも考えられ塩基置換容量は大部分異常に集積した腐植に依るものであろう。

風化が進むと特に下層土は弱酸に溶解する多量の活性のアルミナを有する様になる。このアルミナの活性を利用して弱酸で分散する試みがRobinson 以来試みられているが、土壌の種類に依り一定の傾向が得られていない。又弱塩酸 ($\frac{1}{5}$ N) でアルミナ等を除去する処理法は始めRobinson (1933) が数種の火山灰土壌に用いたが、予報的なものであり農林省応用研究 (1957) の結果では solution loss が10%近く存在するものがあり、この方法が「分散」でなく明かに「分解的」なものであると考えられた。

土壌調査に於いて土壌間の関係を理解するためにはすべての土壌に対する一種類の処理方法が先決的に必要である事は云う迄もない事であり、異なる処理方法に依る分析結果丈の比較からは何等の理解も得られないであろう事を重ねて注意したい。

2) 粘着力の測定

土色の明度がある系内の土壌の炭素含量に定量的な関係が認められ、土壌区分の補助的な基準に迄採用されたが（鹿島台地）粘着力の測定が正確に行われた場合には理論上これが土性の判定法に最も有力な事が明らかである。数種の 2μ 以下のClay fractionと砂との混合実験に依れば、粘着力は粘土含量に正確に比例したが力の絶対量は粘土の種類に依て必ずしも同一ではない。

ある地域内の調査を行う前に代表的な土壌の粒径分析を行つておく事は必要な通例であるが、この際に粘着力と土性との特性的な関係をしらべておけば現地に於ける粘着力の測定は土性判定の非常に正確な資料を与えると考え、この方法の発展はこれが直接土性の判定に結び付き従来の指に依る技藝的な判定法が消去される事を期待したい。

但し筆者の先頃考案したものは現地では稍煩雜で必ずしも実用的でないかも知れないし、又改良の余地が少なくないと思ふ。

アメリカにおける土壌物理性の測定法の現況

松尾 英 俊 (九州農試)

僅かな期間でしかもコーネル大学にのみ滞在していたので、表題のような大きな立場からお伝え出来ないのが残念ですが、問題を限定して単に私が見聞したこととしてお伝えしたい。その上私も物理を専攻したのではなく、M. Paech 教授の土壌化学が目的であった。

コーネル大学の土壌物理はR. D. Miller 教授によつて主宰されている。温厚な紳士であつて、師父君、御兄弟共に学者である。この他にE. R. Lemon 教授が農務省と兼任でおられる。両氏も立派な方で農学大会のときには1956年はMiller、1957年はLemon氏が物理部門の座長を勤めた程である。1956年秋に私は土壌物理の講義と実験をとつた。現在東北大の山根一郎助教授がこの講義と実験をとつているとの便を載している。講義の方は別の機会として実験の方の概要をお知らせしたい。次に示すのが一学期中にしなくてはならない項目であり、それに多少の説明を加えたものである。

1. 機械分析：分散剤にCalgonなる商品名で呼ばれるsodium meta phosphataを使用した。ピペット法とHydrometer法を行わせた。後者についてはAmerican Society for Testing Materialsが器具並に分析法を示している。
2. 真比重、仮比重及び孔隙率：試料をCoreとパラフィンで被覆した塊と採集して分析した。真比重の測定にGas displacement法をも用いた。
3. 団粒分析：Yoderの方法であつた。
4. 超遠心分離による粘土の分離。
5. 水分当量：遠心分離法による。
6. 水分吸取曲線：Porous plate法とPressure membrane法を行つた。前者は約100cm²張力迄、後者は1, 5, 15気圧で測定した。
7. Tensiometer: 0~0.8気圧迄の張力の測定に用いるが、用いたビニールパイプに空気が何度も入つて来て困つたことを覚えている。
8. 浸潤と圃場容水量：2フィートのプラスチック製の筒(小さいのを組んで所要の長さとする)を用いた。
9. 空気と水の滲透比：普通の方法。

10. 永久萎凋点：ヒマワリ法である。
11. 土壌の流動性 (Rheological Properties) :可塑性, 粘稠点の測定である。
12. 電気抵抗法による水分の測定
13. エチレングリコール法による粘土の表面積測定: Hendricks による方法。

これらの項目はプリントされ詳細な説明, 文献をつけて学生に渡され, この中約10項目程度を終了するように言われた。実験室には必要とする器具は勿論備えてある外, 工作室その他の準備の爲には学校中のどこへでも出かけて行くし, 部分品も自由に入手出来た。特に注目して御紹介したいのは L. A. Richards が考案した Pressure membrane apparatus で, 便利なことや簡単な使用法で私はぜひ一合欲しいと念願しているものである。山中, 高橋氏^{*}が既に紹介されているが, 若干の蛇足を加えると。直径約3.5cmの鉄製の上下板と, これを耐圧せしめる為の数箇の締め上げ金具が装置で, 上下板の間に土壌を入れ, ポンベより窒素を圧力調節器, 気圧計を経て導入する。望みの圧力のをころで約30~60分放置し, とり出して水分を測定する(常法)。Lemon 教授がこの装置の内に電気抵抗法による水分測定器を入れて, いろいろな土製の脱水機作を測定していた。製作は簡単であろうが要点としては, 上下板を締め込むネジを15ポンドゲージ付のネジ廻して一ぱいに締めること, Visking membraneを使うこと, ガスの導入に銅パイプを使用すること等であろう。pF 約5迄測定出来るので便利である。

次にいわゆる物理性の研究が土壌化学と手をつなぐ所として, イオン置換のGouyの説の下に種々な測定を行っていた。前記山根氏も化学との融合だと言われているが, Peech Miller, Boltらの研究は著しいものである。一方Miller 教授は農学部圃場(Aurora Farm)の学部全体で行っている輪作試験の物理測定を引受けている。土壌水分, 気, 水温度, 湿度を, I. B. Mのパンチカードで時々刻々打抜きこれを毎日毎日記録している。測定点数は忘れたが数百から千に及ぶ莫大なものであつた。冬になつて測点を増す為に主要点を室に持込んで分解していたが, 歯車1つを見ても美しく立派なのに一寸うらやましくなつた。このように測定したデータは整理機で仕別けられて, 任意の時, 地点の経過をカーブで示してくれた。こゝらがアメリカ的だと思う。

終りに1957年のAmer. Soc. of Agronomyの50周年大会での講演題目を分類して, 大体の土壌物理研究の傾向をお伝えしよう。

* 山中金次郎, 高橋英一: 土壌水分測定法の概要, 土肥誌, 29:129~134, 1958.

- a. 土壌水分に関するもの：7題。このうちに畑地かんがいと作物による水分効率は入っている。
- b. 測定法：中性子による圃場含水量。アルコール、水法による団粒の安定度。蒸気係数。熱伝導度。動力による採土器。
- c. 粘土の物理化学に関するもの：粘土の体積。凍上と電気二重層の関係。固、液体境界の物理化学。作物生育の物理。イオンの集積。
- d. その他：2題。

あまり簡単でおわかり難いかと思われるが、これらは次々に学会誌に出ているので省略させていただいた。

結論を強いて出すならば土壌物理部門に農学系でない学生が多く来ていて、指導教授の下で異つた技術、異つた感覚で土壌を研究していた。例えば凍上について土壌粒子の電气的二重層との関係を手伝つた L. A. Cass 君は、物理学の専攻生であるが助手 (Assistant 有給) の席が同学部になかつた為、Miller 教授の下に来ていた時の研究成果であつた。勿論この場合とは逆のケースの人もいた。このような環境が新しいものを産む有力な支えとなつていたのであろう。

干拓地水田と土壤構造

久保田 収治 (岡山農試)

水稻作跡地で非常に美しい土壤構造に、偶然に出喰わして驚いたことがあります。開田後75年位の児島湾干拓地でした。余りに見事なので、当時撮った写真は、干拓地に関する研究報告[※]にのせて置きましたが、作土層土壤が実に美しい粒団の積み重ねになっているのです。農家の語る処によると、粗大有機物が十分に施されて居り、この田圃では、玄米収量が近傍田に比べて高いという事でした。詳細に見ると、面白いことに、水稻の細根に沢山の粒団がぶらさがっているのが認められました。これを丁寧に寄せ集めて置きましたので、それでいて、腐植とかその他の分析でもしてみようと思つている間に、もろもろ忙しくてその儘になつてしまいました。その後、Bavor の Soil Physics を読んでいて

It is interesting to note that the soil particles within the volume occupied by the roots of the rice plant, seem to be aggregated, even though the land is flooded.

という記事を見出し誠に興味深く感じました。

児島湾の干拓地では、土壤が一般に粘重です。代掻きは田面を平らにする程度で切り上げます。丁寧に代を掻くと「塩が浮く」と云います。この言葉は昔、干拓当初、塩害に悩まされた頃からのものらしくて、現在既に土壤中殆んど塩分が見出されない状態で尚も使われています。とりもなおさずこれは、土壤の異状還元による腐根れを意味しているものです。「ズボラ植」といつて麦畦にそのまま水稻の苗を挿秧する栽培法、更に所謂畦立栽培の慣習も亦、所謂塩が浮くのを怖れた所から出ていましょう。代掻きという作業の意義は無論多方面から理解されなければならないでしょうが、水稻養分の保持及び供給源としての泥の、利用出来る表面積を最大にする作業とも云えるでしょう。ところで、干拓地土壤のように、他に比して養分の保持供給力の大きな土壤では、その表面積の拡大作業よ

※ 「干拓地土壤の地力の変化及び分布に関する研究」昭和29年、岡山農試応用研究費による報告

りも、有害物の発生残存を小ならしめる配慮の方が、寧ろ水稲にとっては有難いものかも知れません。ここに本干拓地水田での土壌物理性の問題がある様に思われます。これに関して京大の川口・喜田氏等のポット試験成績がありますが、私共も当時、干拓地土壌を粒度別に分けて栽培し、5～2.5 mm 径のものが収量が高く、代掻きは好ましくない事を経験して、大変興味深く感じました。

それから一つ、新しい干拓地で面白い事がありました。所謂崖下と云われる場所の水田に関してですが、そこは旧堤防に接した田圃で将来道路になる運命にあります。そのため、その田圃の管理は誠に粗放であり掠奪のみが行われています。処がここに皮肉な事には、そこでは、他のよく管理された田圃をしりめに、自然に4石の収量があがってしまうという事です。土壌断面調査をしてみますと、作土には立派な組織構造が発達して、孔隙率は70%以上、鋤床部以下は干拓地特有のグライ的性が薄れて褐色化し、亀裂が美事に出来ています。この崖下圃場が自然条件として他の田圃と異なる事と云えば、田面が1尺程高いという事、従つて、揚水の必要があり、当然に屢々田面水が涸渇するという事です。今一つを挙げれば、捨作りであるため、普通の圃場で得られた慣習的作業の被覆(?)を被らないと云事でしょう。従つて、土壌構造が破壊されないこと、若しくは、乾湿の反復等に基くそれが形成の重要性が強調されるわけです。

も一つ、崖下の田圃と似た様な条件の場合ですが、クリーク泥土に関連した事がありましたので付け加えます。古い干拓地でクリーク泥土を乾燥して本田に客入すると水稲が大変よいというのは、屢々経験されて来た処です。その原因は泥土中に養分含量が多く、又、それを粗砕したものは、客入せられたときその作土層土壌の所謂「あらい」— 湛水下の物理性が良好に保たれることにあると理解されています。処で、ここに特に述べたいクリーク泥土は、干拓開田後間もない新田地域のクリークに関する事です。ここではクリークは次第に埋没して来るので毎年掘り上げられます。掘り上げるのは冬期間減水時で、泥は岸辺に棚状に盛り上げられ、乾燥されて、これに水稲が作られます。所謂「川田」です。ここでは水稲は強剛に育ち、特に籾の充実が良好なのが注目されています。開田後間もない地域のクリークの泥土は、旧干拓地のそれと異つて本田土壌と化学性は余り変わらないようです。ところが、これを積み上げた川田では、その根圏土壌中に極端な酸化部位と還元部位との反復が認められます。又、クリーク水位の昇降につれて、川田表面に自然に湛水されたり、又、その田面が涸渇したりします。湛水し放しの本田土壌と異つて、土壌内部が甚だ不均一性に富んでいます。この事が、前述の籾の充実と関係するのではあるまいか

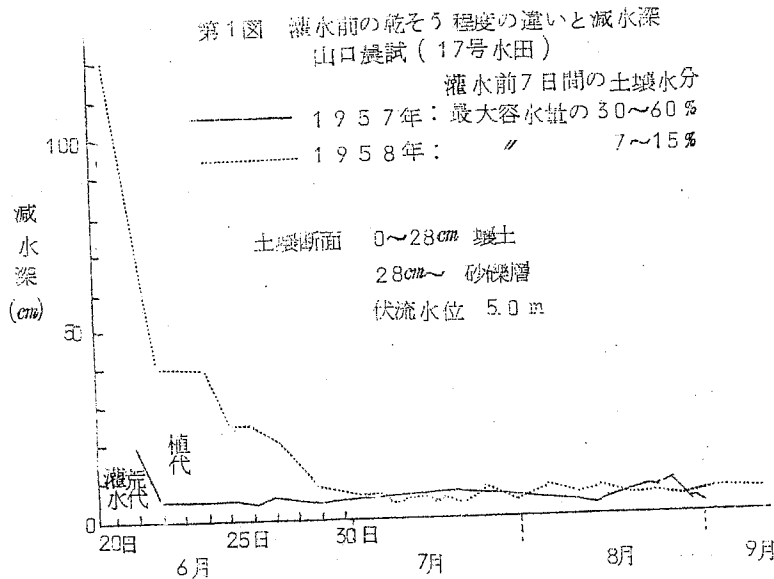
と話し合っています。

無論、ここに述べて来ました水田土壌の構造的な問題は、肥沃ではあるが異常還元の影響を被り易い児島湾干拓地 — 特に干拓後未だ新しい新田に於て、妥当に云い得られる事であつて、普通水田土壌に必ずしも普遍的に云われる事ではないでしょう。水田土壌の構造的な問題は、しかく簡単ではないように思われます。

土 壌 の 乾 燥 か ら

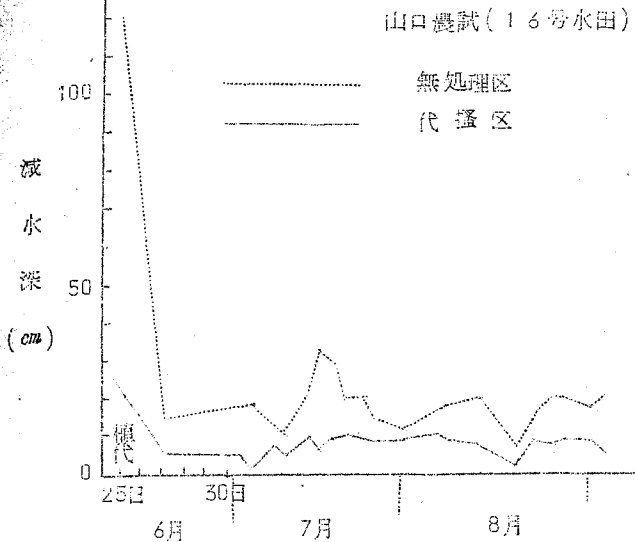
坂 上 行 雄 (山口農試)

○晴天が続き、気温が高まると土は乾燥する。土の乾燥状態の違いと灌水後の漏水速度についての一実験例を示す。



○黄褐色土壌(棚田)では、たとえ粘土質でも「水が切れ易い」とは現地で屢々農家から聞く。この対策には「代ずきを充分行います。一度乾くと割目が出来、なかなかもどきません。」と。砂礫層土壌では漏水が問題になり、種々の漏水防止を実施する。この対策の一つに消極的だが「代かき」もある。次にその一実験例を示す。

第2図 代掻きの有無と減水深 (1958)



この場合収量は次表のとおり。

		a 普 kg	指数
無処理区	尿素	34.94	99.6
	硫酸	35.07	100
代掻区	尿素	23.09	65.8
	硫酸		65.3

1区 $\frac{a}{30}$, 4連制

(c)ポットで裸麦を栽培し、4月上旬以後土壌を過乾させ(p_F 4.2寸前まで)、適水(最大容水量の50%)状態にすると、過乾区は著しく収量が減少する。しかも莖葉の無機成分は適水区に比較して、養分吸収に不均衡を生じその吸収阻害の順序は $SiO_2 > MgO > MnO > P_2O_5 > K_2O, CaO > N$ になった。(corn, alfalfa, beet, tomatoなどについては、若干成分について、かかる関係が報ぜられている。)

以上は土壌状態に関する現地的データを示したもので、この現象を説明したり発展させたりするため基礎的に色々な事項が含まれている。

その説明は基礎部門を研究する人達にゆづるとして、現象の説明のみを科学の在り方として終らせる事は少なくとも農業の基礎科学については許されない気がする。

○我々現地の者はやはり「土壌物理研究搾取家」が自然多い事だろう。現地の一人として「土壌物理研究発展」のために少なくとも阻害になりたくないので、その範囲内で入会を許しておいて戴きたい。
(1959年1月)

研究室のゼミナールから

—文献紹介と圃場水分の問題点—

美 園 繁 (農技研化)

1. ま え が き

土壌物理研究会の発足、会誌「土壌の物理性」の創刊を心からおよるこび申し上げます。私の所属する研究室では、土壌水分に関する研究が、研究室における土壌水分系の研究から、作物の栽培されている圃場の水分系(作物-土壌水分系と呼んでいる)の研究に移ってきている。

この報告も、研究室のこの動きと関連したもので、1959年2月はじめに開かれたゼミで紹介された文献(紹介者は筆者)とその後で自由に討議された圃場水分の問題点の主要なものである。

2. 文献とその主な内容

紹介された文献は、Journal of the British Grassland Society, 12, 1959のA. Jäntti and R. Heinonen(フィンランド、ヘルシンキ大学): Effect of defoliation and Soil moisture on grassland re-growthである。Jäntti は “植物根独自では、1~2気圧(PF 3.0~3.3附近)より大きな張力下の水分を吸うことはできないけれども、葉面蒸散を伴うことによつて、植物はより乾燥状態の土壌からも水分を吸収できる。”という理論を提唱し、1955年O. Pohjakallis and S. Antilaによつてその信頼性が試験(ポット)されていた。

この研究は、Jäntti の理論を圃場で実証することを目的としている。

圃場試験は、表層が後期氷河の産物である alluvial clay の土壌で行われた。土層断面は0~20 cm はよく団粒化した clay loam で腐植含量は約5%、20~

32 cmは loamy fine sand, 32~100 cmは heavy clay で non-capillary porosity は1~5%であつた。1955年6月15日, 地下水面は80 cmで, 実験はじめの7月19日には142 cmに下降し, 実験期間中さらに10 cm低下した。

作物は6年生と1年生の混播牧草である。

実験は, 土壌水分を field capacity (F.C), semi-dry (S.D), permanent wilting point 附近 (P.W.P) の3段階とし, それぞれの水分区で牧草の刈り取りの高さを, 12, 4, <1 cmの3段階とした。4回反復で36 plots を作ったが, 1 plot の面積は1 yd (0.914 m) 平方である。6 plots で1 block を作り, blocks のまわりは深さ50 cmまで, 油をしみこませた fibre board を打ちこんで周囲の土壌と絶縁している。試験区には雨除けが設けられている。

土壌水分の測定は, 電気抵抗法を使用し, 吸湿体は石膏ブロックを使った。それぞれの block の b-plot (高さ4 cmの刈り取り区) の深さ10, 30, 60 cmおよび a-, c-plots (12 cm, <1 cm) の10, 30 cm に吸湿体を配置した。Calibration は実験期間の前後に圃場で実施した。

水分の段階をつけるために, 5月18日から7月28日まで, 雨除けを使用し, 灌水しながら調節した。天候は日照と乾燥に恵まれ実験には好都合であつた。

P.W.P区でも, 深層には低張力の水分をもっており, 牧草はその水を利用している。但し根系分布をみると, 深さ30 cm以下に入っている根量は, 0~60 cmの土層全体に入っている全根量の5%以下であることがたしかめられている。水分調整が終り, F.C, S.D, P.W.Pの3段階で, 7月29日から8月18日までの水分変化を毎日追跡した。

6月15日, どの区も高さ5 cmに刈り取りをおこない条件を揃えた。このときの各区の収量はほぼ相等しく, 乾物で100 gr/eq. yd.であつた。7月29日, 12, 4, <1 cmの高さに刈り取り, それぞれの収量を調査(第1回, I)し, 8月19日, 実験の終りに, 全区1 cmの高さに刈り取りそれぞれの収量を調査(第2回, II)した。

実験期間中の観察によれば, <1 cmの乾燥区では大部分の牧草が休眠状態になつたが, 実験が終了し, 秋になると恢復してもとにかへつた。個々の植物体の生育差も, <1 cmの乾燥区が著しかった。

実験を終り, 全区に十分灌水し, 雨除けをとりのぞき, 10月4日第3回の刈り取りをお

こなつたところ、どの区も大体同じような収量を与え、刈り通りの高さの違いはafter-effect を与えないことを示したが、水分処理の差は若干の影響を与えていることがわかれた。このような実験の結果、つぎの主要な結論を得た。

1) 実験期間の終りの収量でみると、土壌水分の影響は、収量(I)のすべてと12 cm刈りとり区の収量(II)に表われるが、4 cm刈りとり区の収量(II)ではみとめられない。どの場合にも旱害による収量の減少は10~20%である。しかし、<1 cm区では、再生量は土壌水分の減少に対応して、はげしい減少を示す。S・Dでは、F・Cの半分以下の再生量である。P・W・Pでは、F・Cの約30%の再生量しかない。

2) 実験期間中の再生量を平均的な比率でみると、刈株の高さが12 cmから4 cmに減少すると、水分の多少にかかわらず、3週間に約30%の減少が生ずる。

F・CおよびS・Dでは、<1 cmの刈りとり後の再生量は、12 cmのものの約半分ではない。この減少は明らかに葉面の欠除による。P・W・Pでは、再生量の減少はさらにひどく、<1 cmは12 cmの24%にしかすぎない。これは葉面の欠除のみでなく明らかに水分の条件が作用していることをしめしているが、両者の相互作用は統計的に有意ではない。

3) このような結果は、前に述べた Jäntti の理論が信頼できることをしめし、この理論によつてよい説明を与えられる。

4) 草地の管理及び利用についていえば、牧草の生育期間が、土壌水分がその収量減少因子となるほど乾燥するようなときには、放牧したり、ひんぱんに刈りとりを行つたりしてはならない。乾草を作つたり、Silage したりする場合には、乾燥期に当るので、刈り株の長さをかなり長くしなければならない。

刈り株の限界長さは、植物組成と密度によつて異なる。植物に容易に利用される水分が少なく、水分の大部分は高張力の下にあるようなheavy clay soilでは、過度の放牧はきわめて危険である。

3. 自由討議の中からだされた圃場水分の問題点

討議はかなり多方面に亘り、自由に行われたが、その中での興味ある問題をひきだすことにする。ひきだされた問題点は、必ずしも前述の文献に直接関係をもつてはいない。また、ここに提出された問題は、十分な検討をうけたものではなく、今後の研究によつて明らかにされねばならないものが多い。

1) 圃場水分の変化を生ずる主要因は何か？

気象条件、とくに降雨の条件が圃場水分の変化に密接な関係をもっていることは明らかである。十分な降雨があれば、飽和に近い状態まで圃場水分を増加し、無降雨の日数が連続すれば圃場水分は次第に減少し、土壌表面に近い部分では風乾状態に達することが認められている。

けれども、通常われわれが圃場状態といっている場合には、その水分変化の主要因は気象条件や土壌の力学的な性質などではなくて植物—栽培作物である。

圃場水分の年間週期変化をみても、そのminimumは作物の生育がもつとも盛んな時期に、そのmaximumは作物の水分利用が弱まるか、あるいは失われた時期に表われている。

作物栽培区の水分変化は、作物の蒸散作用の進行とともに急速に行われ、作物根が伸張している土層では、深層までも乾燥が進行する。けれども、作物根系の影響をうけない土層ではその水分状態はほぼ定常を保っている。

裸地圃場のような場合には、表面の乾燥は通常数cmに止まり、深層にいたるほどほぼ定常状態を保っている。栽培作物が熟期に達した圃場の場合にもそうである。

このような例は、土壌毛管説で主張されるように、土壌からの蒸発に連続する過程としての毛管上昇による水分の損失、というような考え方ではなくて、葉面からの蒸散に連続した作物根系—とくに根毛組織の吸水こそ、圃場水分を変化させる主要因であることをしめしている。

ここに紹介された論文の内容も、このような考え方に一致しているようにみえる。

2圃場水分の植物への供給過程を、毛管説のみで説明できるのか？

作物根系、とくに根毛組織の吸水—もちろん地上部の蒸散作用と連続している—によつて、根圏の土壌水分が減少すると、根圏外の水分が毛管ポテンシャルの差に応じて、根圏に供給される、という考え方が通常行われてきている。土壌毛管説の立場では、この通りに説明される。ところで、土壌毛管説に立つて、毛管伝導速度を土壌水分張力(例えば p^F)と関連して考えてみよう。

p^F 0 から2.0附近までは、水分張力が増大するに伴つて、伝導速度は急速に減少する。

p^F 2.0から3.0附近までは、きわめて小さな水準で、なお減少をつづけていくと考えてよい。けれども、 p^F 3.0あるいはそれ以上の高張力になると毛管伝導速度は、実際の圃場では、ほとんど0とみてよい。

実際の圃場の試験研究に当たっている研究者の側から、萎凋点、あるいは“有効水分”の上限

値を $p^F 4.2$ とするのは、実際と合わないという主張が出されるのも、いま述べた事実の反映ではないか。

また、火山灰土壌の下層土が膨大な水分をもっていることから、下層土があたかも作物への水分供給源の如く考え、畑地かんがいや深耕、心土耕に対し、客観的には消極的になつていたのに、現実には、火山灰土壌地帯でも灌がいの効果はきわめて顕著に表われ、また心土耕、混層耕、天地かえしなどを実施すると、作物根系の伸長を容易にし、作物体の生育を促し、土壌水分の利用される量を増大しているという事実がみとめられている。

これらの事実は、火山灰土壌の下層土がもっている膨大な水分は、土壌毛管説で考えられているような水分供給源ではないことをしめし、作物根系の直接の吸水作用が、水分供給の主要因であることをしめしている。

もちろん、土壌水分の毛管伝導を否定することはできない。 $p^F 0$ から $p^F 3.0$ 附近までは、高 p^F 領域になるほど、その効果は小さくなるけれども、毛管作用は水分の運動に重要な効果を与えている。また、高張力下の水分でも根毛の周囲と団粒内部の水との関係などには、毛管張力を考えてよいだろう。けれども、圃場状態は $p^F 3.0$ 附近及びそれ以上の高張力分野にも拡がるのであるから、つねに連続した水膜状の運動のみを予想する必要はない。

3) 圃場水分とくに $p^F 3.0$ 附近以上の高張力下の水分の存在様式について。

$p^F 0$ から 7.0 までの範囲を考えてみよう。 $p^F 2.0$ 附近までは、水分の運動には重力の作用が優先し、排水が行われる。透水性、通気性が問題となり、滲透係数が意味をもっているのは、主としてこの領域である。

$p^F 2.0$ から 3.0 附近までは、液気界面の毛管張力が次第に重要な作用をもつてくる。毛管伝導度、浸潤作用などが比較的純粋な意味をもつてくる。状態変化の主要因は毛管ポテンシャルの差であると考えてよいだろう。但し、この分野でも作物根系とくに根毛組織の吸水作用は重要な効果を与える。

$p^F 3.0$ から 4.0 附近までは、毛管作用はさらにつよまつていくが、圃場水分は必ずしも土粒子の周囲を包みながら相互に連続した水被膜と考える必要はない。十分な実証を伴つてはいないが、団粒の内部あるいは土粒子相互の接点附近に不連続に存在していると考えてよい。このような状態に変化を生ずる主要因は、毛管ポテンシャルの差による伝導作用ではなくて、蒸気圧の変化と局所的な存在部位に直接密接する作物根系とくに根毛組織であると考えてよい。

pF 4.0 以上の高張力分野では、液気界面の張力よりも、固液界面に作用する力が次第に主導的な位置をとる。膨潤性、吸湿性などが問題となってくる。この分野の状態変化の主要因は、固液界面の物理化学的性質の変化であり、外側からみれば蒸気圧の変化であるとみてよい。

4. あ と が き

ここに述べた圃場水分の問題点は、研究室のゼミの中で自由に討議されたときにだされたものであつて、十分な検討をうけたうえで皆の意見が一致したということではない。問題点のとらえ方、表現のし方などにも、筆者の独自のものが入っているので、ゼミに参加した研究者が責任を負うべきものではないことを附記する。

随 想

風 蝕 と 土 壤 の 凝 集 力

国 分 欣 一 (関 東 東 山 農 試)

土壌物理研究会が発足して第1号の会誌が出される事になつた。会の今後の発展を祈ると共に、このような会の性格として林をつけないざつくばらんのものであつて欲しいと思ふので、その積りで駄文をつづることにする。

土が風で飛ばされるということは純物理的現象で疑をはさむ余地がない。海岸などの砂防のための防風林造成を目的とした研究には風と砂の移動との関係についての基礎的研究を含めて詳細な報告が沢山あるが、素人の小生には仲々わからない。土にしても原理は砂と同じ筈である。ただ粒子の組成、比重、粘性などが異なり、砂のように一すじ縄では行かないのである。そして物理的な性質を支配するものは多くは最も微細なコロイド部分であつて、結局は腐植と粘土の問題に突きあたる。即ちこの微細なものが集合して物理的には細砂になつたり、ときには礫の働きをしたりもする。

水分を除外して取扱うと風に対する抵抗力は粒子の大きくなるに従つて増大する。
(equivalent diameter 0.1mm 附近以下では又別である)

従つて乾燥した場合の土壌構造が問題になり、凝集力が関係する。

凝集力の指標として固結度をとりあげて見ると、腐植含量とは一相関が見られ、 H_2O_2 処理で腐植をとばしても固結度が増大する。これは沖積土でも火山灰でも程度の差こそあれ例外がなかつた。腐植の意義は今更述べるまでもなく、實際農業生産の場として見るとき考え方の調整がむづかしい。

又腐植と粘土の関係も相互に関連し、うつかり切り放せぬ場合も多い。火山灰は腐植がたまり易いが、その原因はむしろ粘土の Allophane にあるといわれている。

耐蝕性土壌は Kaolin 鉱物を含んでおつて、土塊の安定性もかなり高いが、受蝕性土壌に Kaolin を入れても耐蝕性は増さないから厄介である。添加するにはモンモリロナイト系でないと効果が出ない。ベントナイトを添加して風乾するとほぼ添加量に比例して固結度が增大する。

次に cation の作用であるが、解離度の大きい順に $Na > Mg > Ca > H > Al$ と乾燥した場合には凝集力が大きくなる。これとても実際には粘土の方が大きく働き、cation の差が消されてしまう場合がある。Na は実際の土壌では団粒を破壊し、余り+には働かない。

余談になるが土がしまる事に関連して相撲の土俵の土は埼玉県のどこかの土を使うのだと聞いた。土が柔かくざくざくしている方が怪我が少いかと素人は思うが、さにあらずむしろ硬くしまつた方がよいという。そこで Na の問題だが、塩をまくのは団粒を破壊し土をしめるのにかなり貢献していると思われる。

塩をまく由来は恐らく別の所から来ているのだろうが、葬式から帰つても塩をまいたり嫌な者が来ても塩をまいたりするから、清浄の意味から来ているのだろうが、無意識のうちにも関係していると思われる。

粘土の珪ばん比の大きい土製ほど乾燥に際して凝集力強く、土塊の安定性大で風に対する抵抗力強い。これは畑土製として作物の生産にも好適であつて、風蝕防止即生産力増大という一石二鳥の策であり、土壌改良に希望を持たせるものである。

折角つくつてある防風垣をとつてしまう人もある。聞いて見ると吹き溜りのために畑に段がついてしまつて作業がしにくくて仕方がないからという事だ。もう宿命とあきらめているらしい。防風林も土壌の生産力を高める能力はない。

風が強くてどうしようもない。防風林でも作らなけりや駄目だといわないで土壌対策だけで完全に風蝕を防止して麦も菜種もすくすくと伸びるのがどろ屋の理想であるべきだ。

旱地農業と土壤物理

米田茂男（岡山大農）

昭和15年に農林省農事試験場から北京の華北産業科学研究所に転任した筆者は、華北の土壤及び農業の研究に着手するに当り、まず第一に、根本的に頭の切り換えを行う必要があることを痛感した。と云うのは、中国北部は日本内地と異り乾燥性気候であるため、土壤の大部分は石灰質土壤で、しかもアルカリ土壤の分布の少なくないこと、さらに農業の形態も日本の湿潤地農業と異なり、いわゆる旱地農業であることに気付いたからである。古く WIDTSOE は“湿潤地農業においては植物養分の多少が農業生産の制約因子として作用するが旱地農業では水分が常に制約因子として作用する”と述べているが、このことは旱地農業においては土壤水分と関連しての土壤物理の問題が第一義的重要性を持つことを意味している。たまたま筆者は、BAVERの Soil Physics を手にして、研究の糸口と方向を見出すことができて、全く闇夜に燈をえた感じがした。

旱地農業の土壤物理的研究においては、土壤水分と関連しての土壤管理の問題が研究の基礎をなすこと、さらにこの問題は次の2つの観点より行う要あることを知った。その第一は土壤水分と作物との問題であり、第二は土壤水分と土壤の構造並びに緊硬度的問題である。前者は要するに乏しき土壤水分を最も効果的に作物に吸収、利用せしめるために行われる各種の土壤管理で、畑地灌溉はもちろんのこと、表土攪碎、播種後の噴子による鎮圧等がこれに属している。第二に、土壤は含水量の変化に伴つて緊硬度に顕著な差異を生じるが、これに応じて土壤管理の方法、様式にも差が生じることが予想される。調査の結果農具の種類、形状、器材にも千差万別の差がみられ、農耕様式にも場所によつて各種の型がみられたが、かゝる現象とそこに分布する土壤の物理性、とくに緊硬度的との間に可なり関連性の存在することを知った。一般的に云つて華北地区の土壤管理として碎土作業にかなりの重点がおかれ、碎土農具に特徴的な考案、進歩の跡がみられたが、このことは旱地農業においては整地作業は多くの場合、硬剛性形態において行われる、否行わざるをえない自然状態にあることと思ひ合せて甚だ興味深い事象である。又農民が夫々の地方で土壤を識別するに用いている地方名、例えば白土・黄土・黒土、或いは砂地の淤地の如き名称も土壤の緊硬度的の差に基礎をおいている場合の多いことを知った。

中国北部の旱地農業の代表的の型が、いわゆる黄土地帯に認められる。而して黄土の肥沃度の問題には古くから多大の関心が向けられ、かつ多数の研究者は RICHTHOFEN

及び Wagner によつて提案された黄土の自己施肥説を殆んど無批判的に受けいれている場合の多いことを知つた。この問題につき、筆者は黄土の窒素経済を論ずるに当つては、黄土が乾燥地土壌であることから、自然堆積の状態において黄土の示す特徴的性質との関連性において、これを動的現象として解釈することによつて始めて解明できることを知つた。即ち黄土が石灰質土壌であり、土層が頗る厚い上に、表土と心土の区別が少なく、下層土も表土と同様の孔隙率を有することなどより (1)硝化作用の速かなこと (2)生成せる硝酸塩の流亡、脱窒による損失の少ないこと (3)毛管力による下層土中の硝酸塩の上昇があること (4)窒素固定菌の生育に好適していること (5)作物が深根性であること、以上の諸点から窒素の供給源を動的に解釈すれば湿潤地土壌のそれに比べて多いことが推定できる。このことは黄土農業においては、窒素の給源を単に作土の窒素含量のみによつて靜的に判断することが妥当でないことを意味している。

これを要するに、旱地農業においては土壌物理の問題が土壌及び農業の研究に重要な役割を演じていると結論することができる。

さらに筆者は中国北部に分布するアルカリ土壌の研究においても、置換性ナトリウムとマグネシウムの高率を含むことより土壌の物理的性質が頗る劣悪であること、従つてその実態と改良法の究明が重要課題の一つであることを知つたが、これらの問題については現在その成因並びに性状を等しくするわが国の干拓地土壌を対象として引き続き研究中である。

土壤物理研究会會員名簿

(1959年4月30日現在)

正會員

(北海道立農試大正)	久末 勉	森 哲郎	渡辺 公吉
(" 上川)	中山 利彦		
(北海道農試)	西潟 高一	増島 博	松 実成 忠
(帯広畜大)	加瀬谷 昭男	山田 忍	
(酪農大)	原田 勇男		
(岩手農試)	藤井 基男		
(岩手大農)	石川 武男	徳永 光一	吉田 稔
(東北農試裁2)	小笠原 国雄	沖田 正	島田 晃 雄
	藤堂 誠	本谷 耕一	宮里 愿 学
(" 経営)	尾形 浩	苦米地 勇作	涌井 学
(林試好摩)	佐々木 茂夫		
(宮城農試岩沼)	白石 道夫		
(東北大農)	内山 修男	鬼 鞍 豊	藤原 彰 夫
(東北大農研)	古坂 澄石		
(宮城農短大)	前田 信寿		
(東北農試大曲)	千葉 信智		
(山形農試)	渡辺 信二		
(山形大農)	須藤 清次	本間 廉三	安富 三郎
(福島農試)	立谷 寿雄		
(茨城農試)	飯田 栄	仁平 照男	長谷川 文男
(" 石岡)	鈴木 竜彦	村田 恒治	
(雫洲学園)	高橋 兼	坪野 敏美	
(栃木農試)	川田 登	坪田 五郎	
(" 鹿沼)	川俣 稔		
(関東東山農試那須)	小原 通郎	国分 欣一	
(群馬県庁)	角田 三郎		
(群馬農試)	小林 茂久平	中島 文四郎	
(埼玉農試)	小松 正木		
(" 玉井)	鈴木 清司	多田 和夫	
(関東東山農試裁1)	太田 一	岐部 利幸	正木 十二郎
	四方 俊一		
(" 裁2)	石井 和夫	石居 企救男	白井 恵治
	児玉 敏夫	城下 強	鈴木 信治
	鈴木 達彦	高橋 保夫	土壤肥料第1研究室
	永井 政雄	中山 兼徳	長谷川 新一
	八田 貞夫		

(關東東山農試農機具)

今井正信
後藤敏夫
手塚右門
平田孝三
宇田川理

鎚木豪夫
小中西俊之
中川弘志
三浦恭郎
岡部遠雄

小原勝藏
武長孝
林尚孝
村吉男
佐藤吉之助

(千葉農試)

林成周
赤塚惠

(/ 東金)

(農技研畜産)

(關東東山農試千葉)

(電力中央研)

(東京農試)

喜章
井泰治
水弘三
本昇行
中安信

増井正芳

森賀生

(東京江戸川)

(東大農農化)

(/ 農工)

伊藤喜久雄
緒田方雄
中村本圭
遠藤治郎

弘法健三
岩崎雅美
岡本居淳
土東山不二夫

大塚重義
鈴木仁
長田俊
福田轡
八幡

(東大林学)

(東京農工大)

(農林省農機局)

(農技研化)

田中村遠
黒部知
甲田知
有佐川友
岩津名
江久藤
佐滝鳥
千乘
野松本
山口中
大伊東
柏木本
塘松井
松清水
岡本

飯村廉二
岩田進午
小山正忠
小山谷政夫
田邊市郎
豊福田三
美園定
湯村義繁
藤浪徹
黒島忠
橋本与良

石沢修一
宇野要
北岸確
佐久間宏
関谷三
寺沢四
西垣晋
松本憲
渡村一
渡辺悟
裕

(蚕糸試栽桑)

(/ 化学)

(林 試)

勝夫
正安
大隆
久健
隆一
春夫
正次

藤浪徹
黒島忠
橋本与良
上村春美

竹原秀雄
真下青久
大西英夫

(資源研)

(日本肥糧)

(神奈川農試)

(農技研農土木)

- (新潟農試)
- (北陸農試)
- (山梨農試)
- (長野農試)
- (" 下伊那)
- (信州大農)
- (静岡農試)
- (静岡三方ヶ原)
- (東海近畿農試金谷)
- (" 愛知)
- (日本肥糧半田)
- (京大農試化)
- (" 農工)
- (京都府立大農)
- (中国農試)
- (鳥取農試)
- (鳥取大農)
- (鳥根農大)
- (岡山農試)
- (岡山蚕試)
- (岡山大農)
- (広島農試)
- (広島大水畜)
- (山口農試)
- (四國農試栽培)
- (" 土地利用)

大 吉 竹 仲 井 長 内 夜 丑 御 子 小 田 平 矢 河 西 伏 池 森 今 森 川 久 桂 長 松 森 鈴 有 高 石 木 水 米 池 坂 久 福 氏 十	平 良 中 野 利 柄 田 久 山 柴 切 沢 木 西 村 見 谷 田 井 山 口 馬 山 堀 田 田 木 田 田 橋 村 島 田 宗 田 上 保 田 井 冢 河	成 芳 良 秀 幸 文 弘 文 孝 功 弘 富 士 夫 昇 藏 明 桂 三 郎 剛 典 造 三 二 一 雄 夫 弘 夫 隆 男 勝 三 郎 実 雄 光 雄 勉 稔	人 夫 肇 紀 一 男 正 孝 夫 穆 一 人 博 司 功 弘 夫 昇 藏 明 桂 三 郎 剛 典 造 三 二 一 雄 夫 弘 夫 隆 男 勝 三 郎 実 雄 光 雄 勉 稔	金 子 佐 木 豊 根 久 保 田 増 田 上 翠 小 河 根 山 横 井 喜 田 北 西 大 野 久 保 田 高 藤 川 福	良 郎 承 雄 勝 兼 治 千 道 金 武 平 一 肇 大 三 貞 太 郎 勤 猛 郎 収 治 信 一 亮 男 博	岸 推 中 丸 高 智 中 北 近 藤 深 沢 手 島 富 士 岡 山 根 義 敏 橋 田 坂 山	本 名 川 山 橋 沢 村 原 藤 沢 永 谷 博 一 鳥 三 二 一 茂 和 本 崎 清 夫 功	良 次 郎 昭 一 利 功 孝 之 秀 夫 俊 一 輝 光 博 一 三 二 一 義 敏 和 夫 功
---	---	---	---	---	---	---	---	---

(愛媛大農)	芳野省三				
(高知農試)	船引真吾				
(林試高知)	上久保政時				
(九州農試)	井上輝一郎	横田志郎			
	有村玄洋	井ノ子昭夫	菅野一郎		
	後藤重義	桜井俊武	佐藤雄夫		
	徳留昭一	本荘吉男	松尾英俊		
	渡辺徹夫				
(全購進福岡支所)	徳永健吉				
(長崎農試)	高木睦夫	西村利幸			
(佐賀農試)	古賀汎彰				
(九州農試西台志)	木下彰				
(大分農試)	大村林平	高田勝重			
(大分農業講習所)	中島辰一				
(宮崎農試)	猪股久和	大賀暎男	大崎明		
	川島次男	河野満雄	鈴木喜代志		
	田川一郎	遠山良樹	中村信夫		
	長谷川満良	平方康夫	藤浪明稔		
	山崎芳信	吉田栄一	和田稔		
(宮崎大農)	斎藤文次				
(鹿児島農試谷山)	小畑秀雄	松下研二郎			
(" 鹿屋)	大山金一郎	小原秀雄	草水崇		
	中馬克己	築島安宏	野口純隆		
	吉田徳重				
(鹿児島大農)	小林嵩	品川昭夫			
(台湾糖業試)	葉清士				

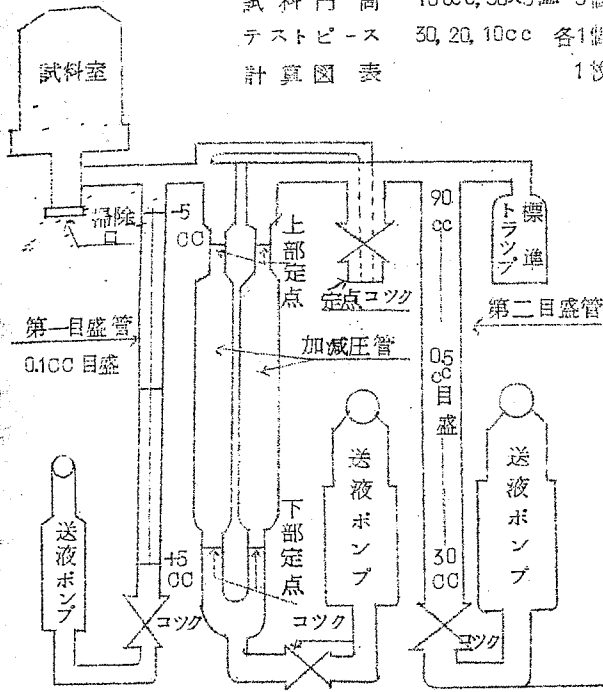
賛助会員

インゲ計器工業所	大田区雪ヶ谷町919
合資会社ウイジン工業社	世田谷区玉川用賀町1-23 (70)0531
上原理化学器械製作所	練馬区豊玉上1-3 (99)3558
佐久間製作所	千代田区神田多町1-9 (25)4917
大起理化学工業株式会社	荒川区町屋2-342 (80)1760
富士平工業株式会社	文京区森川町131 (92)2930
株式会社豊順洋行	港区芝新橋2-10 (57)4196
理研興業株式会社	千代田区神田和泉町1-11 (866)7357

土壌実容積測定装置

軽金属携行箱入り

試料円筒 100cc, 50×5mm 5個
 テストピース 30, 20, 10cc 各1個
 計算図表 1枚



- 特徴
- (1) 携行型で、圃場でも簡単に使用出来る。
 - (2) 測定時間は2分以内であるから圃場の実際と合致する。
 - (3) 測定に使用した試料は物理化学的变化がない故他の測定に統一的に使用出来る。
 - (4) 土壌以外のあらゆる粉、粒、塊に応用出来る。

実容積測定装置
 採土器
 試料円筒
 団粒分析装置
 土壌循環送風乾燥器

透水性測定装置
 圃場通気性測定装置
 土中赤外線瓦斯分析装置
 電気式水分測定装置
 その他諸器械装置

製造販売元



大起理化工業株式会社

東京都荒川区町屋2丁目342

TEL (80) 1760

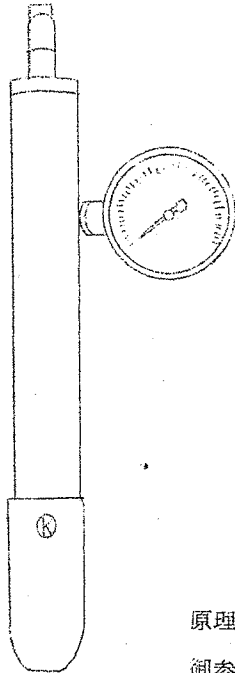
山中金次郎先生御推奨

寺田式テンシヨメーター

(簡易土壤水分測定器)

本器の特色

- (1) 従来長時間を要した土壌の水分が簡単且つ速かに正確に測定される。
- (2) 一度設置すれば毎日の水分が簡単に読み取れる。
- (3) 携帯に便利で現地で測定出来る。
- (4) 素人でも使用出来、消耗することもなく、従来の測定器より安価である。



本器の応用

農作物の灌水の目安として用いる外に

- (1) 毎日一定時間、通年観測することによつて、降雨量、蒸発量の相関、土壌水分の変化を知ることが出来る。
- (2) 異つた箇所に、夫々違つた深さに挿入することにより、地下水移動の方向や速度を知る事が出来る。
- (3) 土木方面では堤防を造る時の最適水分状態が分る。又がけくつれの予報にも活用出来る。

原理及び使用法の詳細は「土壌改良誌」27号(昭和29年)を御参照下さい。

製造発売元

株式会社 静岡商会

静岡市用宗石部421

TEL 静岡(2)5500, 8230

出張所 東京都港区芝浜松町1の3

TEL (43)4930

精密ガラス器具器械の御用は
 長年の経験と独特の技術を誇る

UHK ウエハラ へ

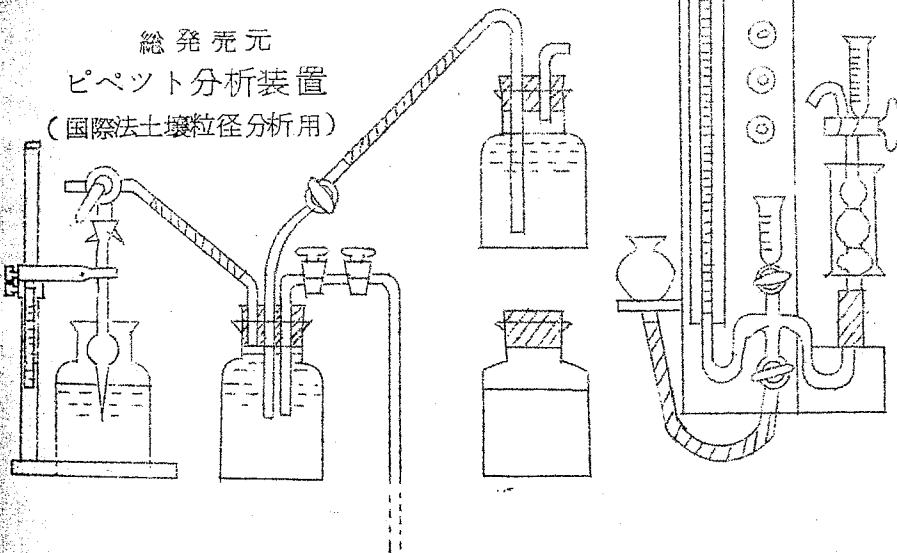
新発売

営業品目

pH測定用ガラス電極
 塩入横井式マイクロ分析装置
 原田式炭素定量装置
 セミマイクロ窒素定量装置
 塩基置換容量測定装置
 塩入式限外濾過装置
 電気泳動測定装置(江川先生御指導)
 その他理化学分析用ガラス器具

東大弘法研究室御指導

微量ウアン・スライク定量装置



御用命先 東大他各大学・農研，農試，各会社研究所

上原理化学器械製作所

東京都練馬区豊玉上1の3

TEL 練馬(99)3558

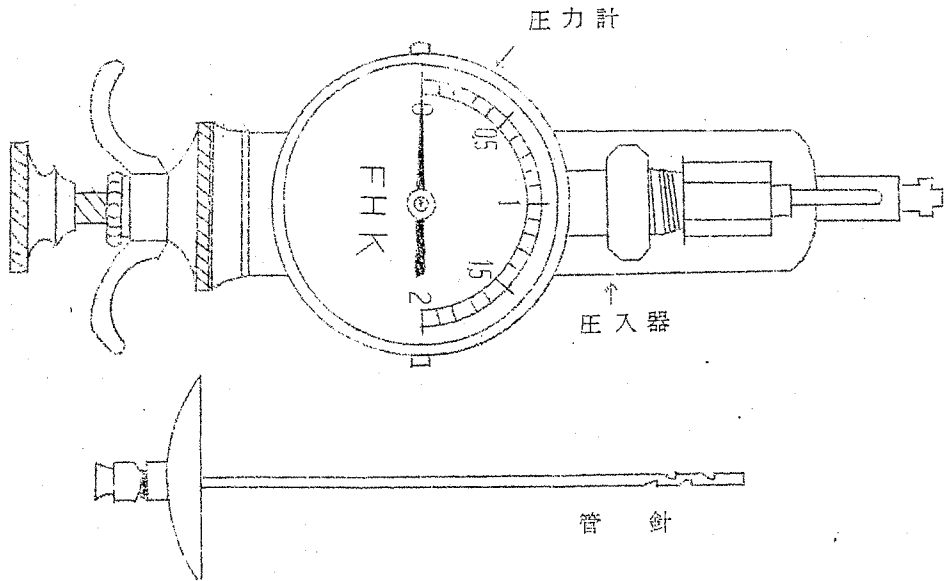
F H K

山中式 土壤透水通气测定器

農林省農業技術研究所技官 農学博士 山中金次郎先生 考案

畑土壤の生産的区分の調査には水分の行動が重要な項目となつていますが、従来その測定には間接的に土壤断面の組織・構造・緻密度及び土性などから推定するの域を脱し得ませんでした。

本測定器は直接現地で土層中に水または空気を圧入し、その際圧力計に表示される目盛により、その土壤断面の各層毎の透水性または通気度の大小を簡単に測定できる画期的製品であります。



営業 目録	土壤検査器械	獣医器械一式
	飼料鑑定器	畜産器械一式
	理化学器械	牛乳検査器械
	植物防疫協会式土壤線虫検診具	

製作

富士平工業株式会社

本社 東京都文京区森川町131番地

研究所 東京都文京区駒込西片町10番地

工場 東京都練馬区真井町436番地

第1回総会並びに研究討論会開かる

4月9日午前9時半より西ヶ原農技研講堂で会員約60名参集の下に開会。世話人より経過報告、会計報告があり承認を得たのち、別記会則が決定された。評議員に下記10氏が選出され、会長副会長は追って評議員により決定されることとした。終りに会誌第1号200部増刷の件が可決された。

評議員氏名 今井富蔵 川口桂三郎 川村秋男 吉良芳夫 竹原秀雄
藤堂 誠 松尾英俊 美園 繁 山崎不二夫 山中金次郎

引き続き「土壌物理性の測定法」をテーマとする研究討論会に入り、測定法個々の項目につき7名の会員より問題点が提起されたのち、意見質疑応答があった。詳細は次号会誌に掲載の予定。午後2時半散会。

会員及び原稿募集

本誌は会員制とし、当分タイプ騰写40~50頁、年2回発行の予定。料は年額200円。入会希望者は会誌送り先明記の上会費を添え事務所へお申し込み下さい。

会誌第2号は原稿締切8月末日、発行9月とします。短報、論説、資料、文献紹介、随想など400字詰原稿用紙横書きをお願いします。

編集後記

ようやく第1号を発刊することができました。よろこびと共に発刊のおくれをお詫び申し上げます。やつと芽を出したこの芽がやがて大樹となるであろうことを夢みながら、係は努力してゆくつもりであります。会誌の内容を後どのような性格のものにしてゆくかは、皆様によつて決めて頂きたく、御見をお寄せ下さるなり、投稿によつて反映して下さい、とにかく御意向伺いたく存じます。今回御投稿頂いた方々には御無理を申したことを厚くお詫びし重ねてお礼を申し上げます。引きつづき第2号を発行いたしますので、貴皆様の御投稿をお待ちしております。(1959. 3. 15 木下記)

第1号は300部印刷しましたが、予想外に多数の方が入会されたため忽ち増刷し、200部増刷することになりました。土壌物理に関係する各分野の方の期待が如何に大きいかを痛感させられ、会の内容、会誌をより充実したものとすよう幹事一同更に努力したいと思います。(1959. 4. 15)

土壌の物理性 第1号 (会員配布)
1959年3月16日発行 5月11日増刷発行
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 株式会社 文京社
東京都文京区大門町
