

# 土壌の物理性

第60号

1990年3月

---

巻頭言	「土壌の物理性」60号発刊に思う.....石井 和夫...1
報文	
	カサグランデの塑性図におけるA線に関する一考察.....甲本 達也...2
	「根生育非制限有効水分域」による熊本主要畑土 の物理的評価.....遅沢 省子・小財 伸・久保田 徹...6
	締固め土の侵食特性.....田熊 勝利...15
	粘土質転換畑心土亀裂面に発達した根の吸収による 亀裂近傍での水分分布.....佐藤泰一郎・長谷川 周一・中野 政詩・宮崎 毅...24
総説	
	土壌物理におけるチキソトロピーの研究.....安富 六郎・中石 克也...28
資料	
	北総台地畑農業における土壌物理性と畑地かんがい.....武田 英之...34
土粒子	
	土壌に関連する農業機械について.....後藤 隆志...38
書評	
	土壌薄片記載ハンドブック.....成岡 市...39
総目次	.....40
会務報告	.....44
編集後記	

---

土 壌 物 理 研 究 会

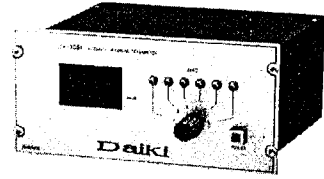
土 壌 の 物 理 性 Soil Phys, Cond, Plant Growth, Jpn.
--

**Daiki** SOIL & MOISTURE

## 自記テンシオメーター

DIK-3001

土壌水の吸引力の変化を刻々測定し、  
データロガー（オプション）など  
にデータを収録します。  
（測定点数6、測定範囲 pF 3～0）



受感部

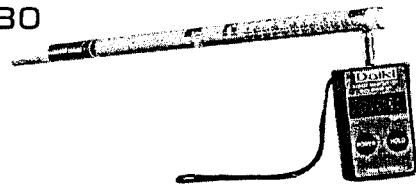


データロガー  
（オプション）

## テンシオメーター HMタイプ

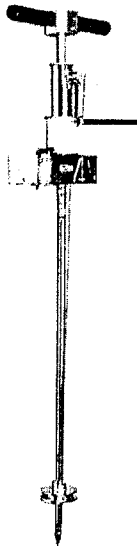
DIK-3130

多数箇所の水分状態を1台のマノメーター  
で測定できます。  
マノメーターは小型・軽量(100g)です。



## 貫入式土壌硬度計

DIK-5520

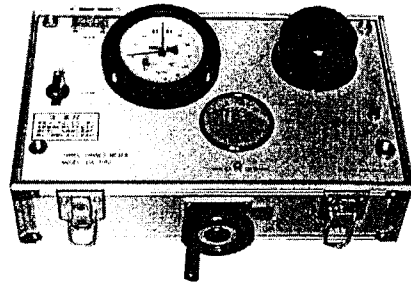


土中にさし込む  
だけで各深さに  
対応した抵抗値  
が自動的に連続  
記録されます。

**SPAD** 開発製品

## 土壌三相計

DIK-1120



実容積(固相+液相)と  
全重量が現場で迅速に  
測れます。



**大起理化工業株式会社**

〒116 東京都荒川区西尾久7 60-3 TEL.03-810-2181

---



---

 卷 頭 言
 

---



---

## 「土壌の物理性」60号発刊に思う

石井 和夫\*

本誌「土壌の物理性」が土壌物理研究会の機関誌として創刊されてから30年を経過し、ここに60号の発刊までに成長したことは、編集を担当している者の一人として大変喜びに堪えない。また、創刊から会の運営に御尽力された歴代幹事及び会員の皆様に感謝申し上げる。

この研究会設立の意図は、植物生育に関連している土壌物理性の研究に目標をおいたものである。発足当時、わが国の土壌物理学の水準がBaverの著書 Soil Physicsの咀嚼の段階であったことを思うと、すでに設立20周年にして「土壌の物理性と植物生育」(養賢堂、1979)が土壌物理の学術専門書として刊行されるまでに至ったことに、本研究会の段階的進展がうかがえる。

ここに60号発刊に際して、「土壌の物理性」の発表論文から当研究会活動の足どりを振り返り、今後の問題を考えてみたい。創刊号から60号までの総論文数(資料、解説等を含む)は326課題に達するが、これを分類してみると、土壌物理性と土壌肥沃度に関する基礎的研究が48%と大半を占め、その内訳は測定法、土壌水分と植生及び土壌の物理性とその機能等に関する課題となっており、基礎研究の重視と当研究会設立の趣旨を反映した結果を示している。次いで水田作と土壌の物理性(機械作業と土壌の物理性、基盤整備等)に関する課題が21%、畑地の土壌改良、土壌管理が13%、土壌保全5%の順で、対象土壌は水田土壌が主体となっている。次に表題の年次別推移から、土壌物理研究の流れを追ってみると、発足当時の農業生産性の向上の時代から、農業基本法の制定(昭36年)を契機として、機械化と土壌の物理性、圃場整備、農地造成に関わる課題が主な課題となっている。地域・県農試の土壌物理の研究者が増加したのもこの頃である。また、野菜・果樹園芸及び畜産(草地)の振興が叫ばれ、それまで余り研究実績のなかったこれらの分野からの報文がみられるようになり、水田や普通畑中心の研究対象が多様化した。50年代に入って、米の生産過剰に伴い実施された水田転作に対応して、水田の畑地化促進のための排水技術や土壌管理技術に関する研究が主流を占め、現在では水田の高度利用を目指した土壌管理の研究に引継がれている。このように、土壌物理の研究は基礎研究を底流にして、社会情勢の推移と農業政策上の要請に応えるために課題が設定され、技術開発に寄与して来たものと思われる。

近年、地球規模での環境問題が話題となり農業環境の質の低下が懸念されている一方、食糧生産をめぐる内外の厳しい情勢におかれている今日、よりよい植物生育の場である土壌環境の保全と有効利用を図るために、土壌物理分野の役割は益々重視されるであろう。研究分野、所属学会及び職場が異なる研究者で構成する本研究会の特徴を生かし、機関誌やシンポジウムを利用して積極的に意見交換を行い、今後取り組むべき課題を探る必要がある。

---

\* 編集委員長、農業研究センター

## カサグランデの塑性図におけるA線に関する一考察

甲本 達也\*

A Consideration of the A-Line in the  
Plasticity Chart by Casagrande

Tatsuya KOMOTO

Faculty of Agriculture, Saga University, Saga

## 1. はじめに

土質材料の細粒土の分類は、Casagrande<sup>1)</sup>の提案になる塑性図を利用して行われる。塑性図は周知のように、塑性指数 ( $I_p$ ) と液性限界 ( $W_L$ ) との直角座標系において、細粒土をA線と呼ばれる直線と2本の液性限界一定線とによる6つの区分に分類しようとするものである。この場合、A線は細粒土を線の上下で有機質であるか無機質であるか、また、粘土質土であるかシルト質土であるかの分類を行う役目を果たしている。

A線は数多くの土質試験データを用いて経験的に導かれたものであるから、實際上、その適用に際しては問題はないし、その有用性は一般に認められている通りである。しかし、その内容の解明は、いくつか試みられてはいるもののいまのところ十分ではないように思われる。本論文では、代表的な粘土鉱物であるベントナイト、イライト、およびカオリナイトのアッターベルグ限界の物理的性質を用いて、A線の内容解明に接近することを試みる。

2. 代表的粘土鉱物の  $W_L$  と  $W_p$  の関係

細粒土のアッターベルグ限界は、土中の粘土分含有率により変化することが知られている。図-1<sup>2)</sup>は粘土分含有率とアッターベルグ限界との一般的関係を示したものである。図から細粒土の液性限界  $W_L$  および塑性限界  $W_p$  は粘土分含有率  $C$  の一次関数として次式で表されよう。

$$W_L = a + bC \dots \dots \dots (1)$$

$$W_p = a + b'C \dots \dots \dots (2)$$

(1)、(2)式において、直線式の切片  $a$  が共通している理由として、塑性指数  $I_p$  ( $=W_L - W_p$ ) と粘土分 ( $< 2 \mu$ ) との間には、図-2<sup>3)</sup>に示すごとき原点を通る直線関係が成立することが挙げられる。

(1)、(2)式より  $C$  を消去すると次式がえられる。

$$\begin{aligned} W_p &= (b'/b) W_L + a(b-b')/b \\ &= \alpha W_L + \beta \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

(3)式によれば、 $W_L$  と  $W_p$  との間には直線関係が成立することが分かる。いま、既存のデータを用いて、代表的粘土鉱物であるベントナイト(モンモリロナイト)、イライトおよびカオリナイトについての  $W_L$  と  $W_p$  との関係を示すと図-3の通りである。図によれば、 $W_L \leq 120\%$  の範囲において(3)式のごとき直線関係が成立することが分かる。また、図より、この液性限界の範囲にはイライトおよびカオリナイトが全て含まれていることが分かる。イライトやカオリナイトの場合、粒径の変化につれて液性限界も塑性限界もともに増加するが、前者の増加率が後者のそれに比較して大なるために(3)式のごとき直線関係が成立するものと思われるが、その物理的理由ははっきりしない。また、同図より、 $W_L > 120\%$  の範囲(ベントナイトのみ)では、少々ばらつきはあるが、 $W_p$  はほぼ一定値 ( $W_p = 69.8\%$ ) をとると考えられそうである。 $W_L > 120\%$  の範囲における  $W_L$  の差異はベントナイトの層間の膨潤水の増大によってもたらされるもので、それを乾燥させて得られる  $W_p$  には差異がないためである。

\* 佐賀大学農学部 〒840 佐賀市本庄町1

1988年11月30日 受理

土壌の物理性 第60号 P. 2~5 (1990)

甲本：カサグランデの塑性図におけるA線に関する一考察

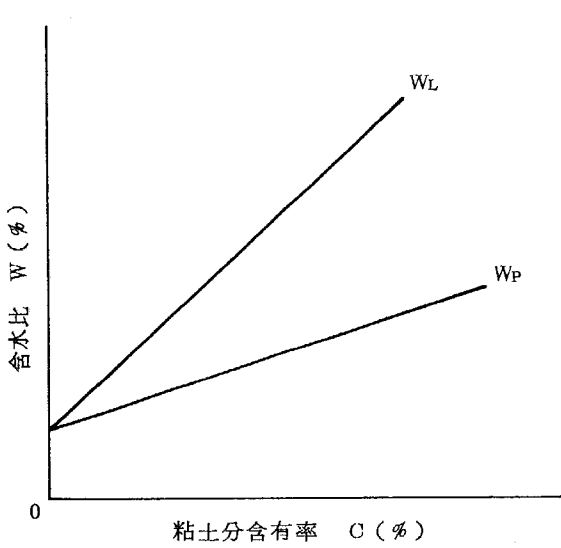


図-1 粘土分含有率とアッターベルグ限界の一般的関係<sup>2)</sup>

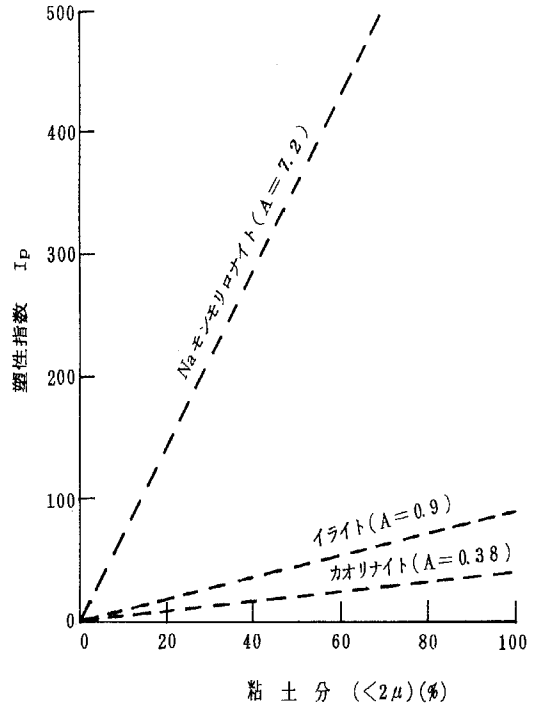


図-2 塑性指数と粘土分 (<2 μ) との関係<sup>3)</sup>  
(Aは粘土の活性度)

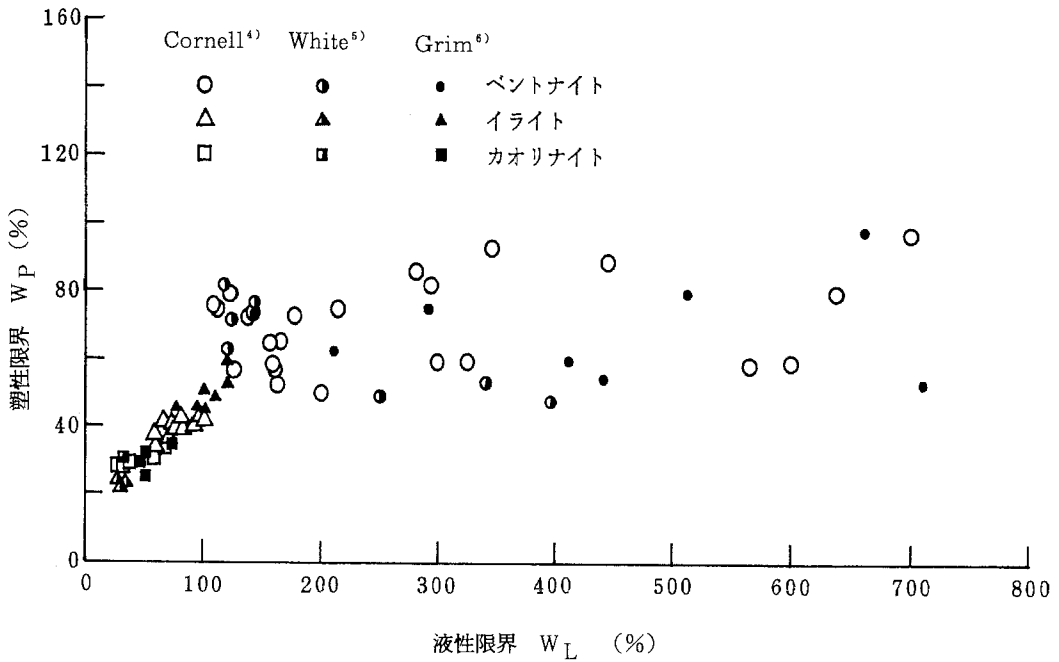


図-3 代表的な粘土鉱物の液性限界と塑性限界の関係 (既存のデータによる)

ここで、 $W_L \leq 120\%$ の範囲における $W_L$ と $W_P$ との関係をクローズアップして示すと図-4のごとくになる。図において、 $W_L$ と $W_P$ との間に(3)式をあてはめて直線式を求めると次式が得られる。

$$W_P = 0.30W_L + 15.85 \dots\dots (4)$$

(但し、 $N_s = 53$ ,  $r_c = 0.914$ )

ここで、 $N_s$ はデータ数、 $r_c$ は相関係数である。(4)式における $W_L$ と $W_P$ との間の直線関係は大変相関よく成立している。

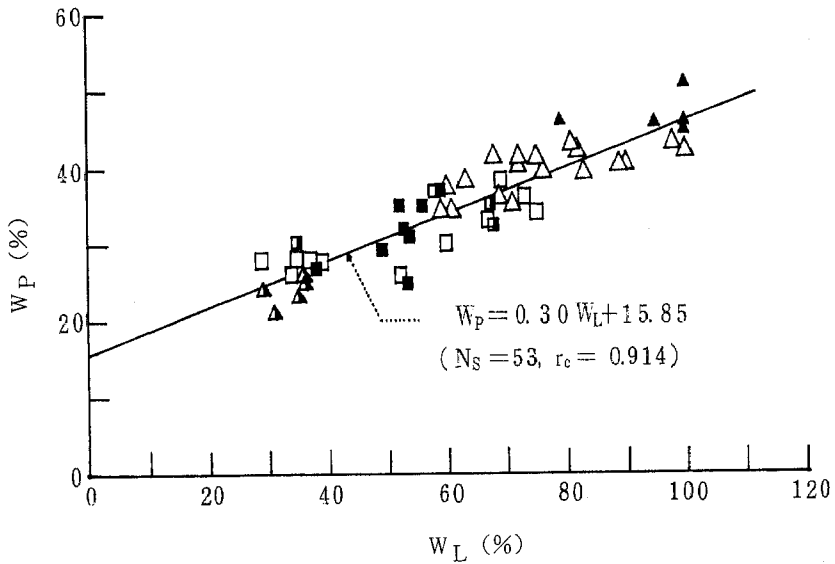


図-4 液性限界の低い領域 ( $W_L \leq 100\%$ ) における $W_L$ と $W_P$ の関係 (記号は図-3に同じ)

3. 代表的粘土鉱物の $I_P$ と $W_L$ の関係

塑性指数 $I_P$ は定義より次式で与えられる。

$$I_P = W_L - W_P \dots\dots (5)$$

(4)、(5)式より、

$$I_P = W_L - (0.30W_L + 15.85) = 0.70(W_L - 22.6) \dots\dots (6)$$

(6)式によれば、 $I_P$ と $W_L$ の間には直線関係が成立することが分かる。また、(6)式は Casagrande が得たA線の式、即ち次式、

$$A線: I_P = 0.73(W_L - 20) \dots\dots (7)$$

と驚くほどよく一致しているのが図-5からもよく分かる。図-5では(6)式をA'線として示している。A'線は代表的粘土鉱物の内、イライトとカオリナイトについての $I_P$ と $W_L$ との関係を表す式であり、この式が、本文のはじめにも述べた通り数多くの土質試験データに基づいて経験的に得られたA線と非常によく近似しているのは大変興味深いことと思われる。

4. おわりに

以上、代表的な粘土鉱物のアッターベルグ限界の物理的性質を用い、イライトおよびカオリナイトについての $I_P$ と $W_L$ との関係式として、塑性図のA線に近似するA'線(6)式が得られることを示した。しかし、A線は種々の粘土鉱物や有機物が複雑に混じり合った細粒土について求められたものであり、A'線とは式は確かに近似してはいるがその物理的意味は多少異なっている。

## 甲本：カサグランデの塑性図におけるA線に関する一考察

るようである。今後、更にA線の持つ物理的意義を調べる必要がある。

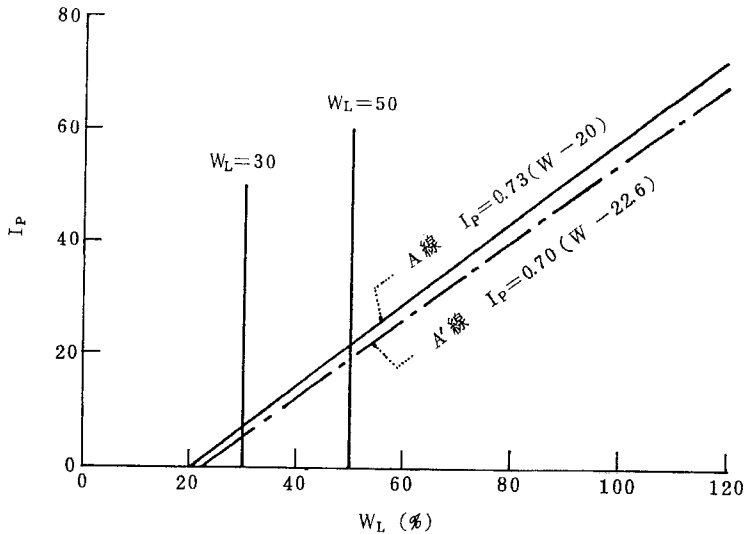


図-5 塑性図におけるA線と新しいA'線

## 引用文献

- 1) Casagrande, A. : Classification and Identification of Soils, Trans. ASCE, 113, pp. 901-991(1948)
- 2) 土質工学会 : 土質工学ハンドブック, p. 41(1982)
- 3) Skempton, A. W. : The Colloidal Activity of Clays, Proc. 3rd ICSMFE, vol. 1, pp. 57-61(1953)
- 4) Cornell University : Final Report on Soil Solidification Research, Ithaca, N. Y. (1951)
- 5) White, W. A. : Atterberg Plastic Limits of Clay Minerals, Am. Mineralogist, 34, pp. 508-512 (1949)
- 6) Grim, R. E. : Applied Clay Mineralogy, McGraw-Hill, p. 207 (1962)

## Summary

A hypothesis was performed on the A-line in the plasticity chart proposed by Casagrande for laboratory classification of fine-textured soils.

By examining the results of tests on both the liquid and plastic limit published earlier on Bentonite, Illite and Kaolinite which are typical clay minerals, it was found that the relationship between the liquid limit ( $W_L$ ) and plastic limit ( $W_P$ ) could be expressed by the equation:

$$W_P = 0.30W_L + 15.85 \quad (W_L \leq 120\%) \text{ and}$$

$$W_P = 69.8 \text{ (constant)} \quad (W_L > 120\%).$$

On the basis of this linear relationship and the definition of the plasticity index ( $I_p$ ), the following equation, which is closely similar to that of the A-line, was obtained as follows:

$$I_p = 0.70 (W_L - 22.6) \quad (W_L \leq 120\%).$$

## 「根生育非制限有効水分域」による 熊本県主要畑土壌の物理的評価

遅沢省子\*・小財伸\*\*・久保田徹\*

Evaluating Physical Condition of Kumamoto Soil Based  
on the "Non-Limiting Water Range" Concept

Seiko OSOZAWA, Shin KOZAI and Toru KUBOTA

Division of Soil Science, National Institute of Agro-Environmental Science  
Kumamoto Prefectural Agricultural Research Center

従来、畑土壌の作物生産に関わる土壌の物理性は、気相率、透水性、土壌硬度等個別の物理性測定によって診断評価されてきた。しかしながら、実際には、これらの要因は水分条件に依存し、相互に絡み合い、作物根に作用している。したがって、個々の物理性測定では生産力の評価は十分とはいえ、諸要因を加味した新しい畑土壌物理性の評価法が必要である。

近年、畑土壌の基本的な物理性である水、空気、土壌硬度がどのように関連して作物生育に影響するかを、LETEY<sup>1)</sup>が簡潔に示した。この考えは、従来の圃場含水量から永久しおれ点までの有効水分域において土壌ガス交換と土壌硬度のどちらにも制限されない水分域を「根生育非制限有効水分域 (Non-Limiting Water Range)(以下、NLWRと略記する)」とし、これによって作物根生育にかかわる土壌の物理的機能を評価しようというものである。NLWRは強度因子すなわち根成育pF域と、容量因子すなわちNLWRの保水量の両者を表すことができる。しかしながらLETEYは実際の測定はしていない。

ここでは熊本県下の主要な畑土壌を供試して、土壌水分pF変化に応じて土壌ガス交換能、土壌硬度がどのように推移するかを明らかにし、NLWRによる根圏土壌の作物生産機能の評価を試みたので、その結果を報告する。

### 1. 実験材料および方法

#### 1) 供試土壌

熊本県下の主要畑土壌である風積性の厚層多腐植質黒ボク土(以下、風積性黒ボク土とする)、再積性の厚層腐植質黒ボク土(以下、再積性黒ボク土とする)、細粒黄色土、細粒灰色低地土・灰色系(下層グライ層の水田ハウス土壌、以下、灰色低地土とする)の4土壌統群と、埋没腐植層(以下、黒ニガ層とする)の中から代表地点を選び、各土壌の作土層、耕盤層、下層(但し、黄色土は作土層、耕盤層からのみ採取、黒ニガ層は下層相当部分を採取)より、100cm<sup>3</sup>土壌採土円筒に土壌を採取した。選定地点の生産力にかかわる一般的特徴は以下の通りである。

#### ＜厚層多腐植質黒ボク土(風積性)畑谷統＞

母材は非固結火成岩で主に阿蘇起源の火山灰が降り積もってきたと考えられる土壌である。作土は中度の粒状構造、耕盤以下は弱～中度の亜角塊状構造を有する。作土の粘着性はそれほど大きくなく耕起碎土は容易である。作土は現状では12cmと浅い。有効土層は一般に深い。作土直下から30cmまで密度が高く(現場土壌硬度22～26mm)、根生育にとって不利な条件となっている。保水性は大きく、過乾のおそれは少ない。

#### ＜厚層腐植質黒ボク土(再積性)ぬるゆ統＞

台地上の浅谷や凹部にみられ、水の作用により主に阿蘇起源の火山灰が再積されたと考えられる土壌である。作土は中度の粒状構造、耕盤以下は弱～中度の亜角塊状構造を有する。極端な密層もなく下層まで均質な様相を呈する。耕起碎土は容易である。同地域の平坦面の風積性黒ボク土に比べて概して作物生育が良い。下層までかなり均質な理由として、水流にかくはんされて混ざり

\* 農業環境技術研究所 〒305 つくば市観音台3-1-1

\*\* 熊本県農業試験場 〒861-41 熊本市上の郷町501

(現在、熊本県農業大学校 〒861-11 熊本県菊地郡合志町大字栄 3805)



合いながら運ばれた均質な土壌が浅谷などに深く再積したことで、試料採取圃場では10年前に40cmまで深耕した経緯などが考えられる。

#### ＜細粒黄色土（斑紋あり）蓼沼統＞

母材は固結堆積岩（砂岩）である。作土は中度の塊状構造を有し、層厚が薄くて腐植に乏しい。耕盤以下は腐朽礫にすこぶる富む。土性は粘質～強粘質で固結しやすく耕起砕土は困難である。丘陵地に分布し侵蝕を受け易い。干害が出易い反面、凹部では湿害も出やすい。下層はち密で構造の発達は弱く透水、保水性が悪く、有効土層も浅く養分が不足がちとなる傾向がある。試料採取した一帯は、畜産団地となっており11年程前に開かれた比較的新しい飼料畑であり、概して生育むらが激しい。

#### ＜細粒灰色低地土、灰色系 鴨島統＞

母材は河・海成非固結堆積物である。細粒質であるが、粘着性が中程度のため耕起砕土は容易である。土層の自然肥沃度は高い。作土は強度の粒状および亜角塊状構造、耕盤以下は弱～強度の塊状構造を有する。ただし、下層には硫化物を含むグライ層があり、根腐れを生じやすく場合によっては酸性障害のおそれがある。採取試料は、水田ハウス土壌である。なお、年に一度、塩類集積防止等を目的に1ヶ月程度の湛水による洗浄処理が行われている。

#### ＜埋没腐植層（黒ニガ層）＞

熊本県では火山灰埋没土のうち、乾燥後収縮し、くるみ状の極めて硬い構造を示す土層を「ニガ土」と称し、腐植含量が高く土色がより黒いものを「黒ニガ」と呼んでいる。乾燥の進んでいない黒ニガの土壌断面は水の抜けにくい連結状無構造を呈し、気相率は極めて低い。ニガ土は、作土に露出すると生産力が極端に劣る。

#### 2) 測定方法

100 cm<sup>3</sup> 円筒土壌を、水分飽和後、砂柱法および加圧板法により、脱水過程で各水分ポテンシャルに調整し、土壌硬度、ガス拡散係数、ODRを測定した。

土壌硬度については、5個の試料の上面下面の中央に山中式硬度計を貫入し、その平均値について、最大、最小を除く3データの平均値を求めた。

ガス拡散係数については、3連の試料について遅沢らの方法<sup>2)</sup>により試料のN<sub>2</sub>-air相互拡散速度を測定し、大気中の拡散係数との比D<sub>1</sub>/D<sub>0</sub>の平均値を求めた。

ODRについては、3連のpF1.5、2.0の試料について、ODR測定装置(大起理化製)を用い、試料の上面中央の2.0cm深に比較電極を、中央から1.5cm離して2.0cm深に白金電極を2本埋め込んで測定し、その平均値を求めた。

試みに、NLWRの容量因子、すなわち、根生育非制限有効水分量の作物根生育の指標としての有効性を検討するため、供試土壌中でのコムギ根の生育を観察した。

方法は、現地構造の100cm<sup>3</sup>円筒土壌の上部に厚さ2cmの黒ボク土の播種床を載せ、コムギ(農林61号)3粒を播種し、高さ30cmの砂柱上に置いてグロースチャンパー内で栽培した。土壌の過乾、コムギの萎ちょうを避けるために、砂柱の下部に連結した漏斗に水位30cmになるように時々注水し、圃場水分条件を模して2連で栽培実験を行った。25°Cで15日間栽培後、伸長した根の長さを交点法<sup>3)</sup>により測定した。

## 2. 結果および考察

### 1) 供試土壌の一般物理性

供試土壌の一般物理性を表-1に、pF水分曲線を図-1に示す。

作土のpF1.5粗孔隙量は再積性黒ボク土および灰色低地土が30%と多く、黄色土や黒ニガでは少なかった。風積性と再積性の黒ボク土を比較すると、後者が粗孔隙量および透水係数が高く、より大きな構造が発達していることがうかがわれた。塑性変形に対する土壌構造の安定度<sup>4,5)</sup>、ないし土壌の耕し易さ<sup>6)</sup>および地耐力<sup>7)</sup>の指標とされる(塑性限界(pF)/圃場含水量(pF))の値は、軟弱で乾燥履歴をもたない壁状構造の灰色低地土下層、埋没黒ニガ層、および仮比重が高く気相率に乏しい黄色土作土では他の土壌に比べて低く、構造の不安定性を示していた。この土壌間差は、現地の工学的特性や土壌の取り扱いの難易の差異をよく反映しているものと思われる。

火山性の黒ボク土、黒ニガ層は非火山性の黄色土、灰色低地土に比べて、概して体積水分率が、圃場含水量(pF1.8)から永久しおれ点(pF4.2)までの有効水分量が多い傾向を示した。黒ボク土は両土壌ともに、それぞれ耕盤層と下層のpF水分曲線は似かよっていて、pF上昇に伴う脱水は作土ほど大きくなかった。風積性黒ボク土は再積性黒ボク土に比べて全pF域で保水量が高かった。黄色土は全pF域で作土の保水量は耕盤層よりも数パーセント高かった。灰色低地土は全pF域にわたり保水量が下層グライ層、耕盤層、作土の順に高かった。黒ニガ層は全pF域で保水量が最も高かった。

### 2) 土壌pFと土壌硬度の関係

土壌pFと土壌硬度の関係を図-2に示す。黒ボク土では概してpFの上昇とともに土壌硬度が高まるが、風

表-1 供試土壌の一般物理性 General physical properties of soils used

	採取位置	固相率(%)	真比重	仮比重	粗孔隙 (<PF1.5) (%)	有効水 (pF1.8-4.2) 保持能 (%)	P. L.	pF2.0含水比	構造安定指標 P.L./pF2.0	飽和透水係数 K <sub>20</sub> (cm・s <sup>-1</sup> )
風積性黒ボク土Ap1	4~9cm	30.3	2.45	0.74	8.9	21.2	69.7	74.1	0.94	2.6×10 <sup>-3</sup>
2A11	25~30cm	21.7	2.59	0.56	5.7	8.3	126.2	122.9	1.03	3.8×10 <sup>-5</sup>
2A12	45~50cm	19.8	2.62	0.52	6.4	11.7	128.3	133.0	0.96	3.8×10 <sup>-4</sup>
再積性黒ボク土Ap	3~8cm	24.2	2.53	0.61	30.1	12.6	63.0	62.3	1.01	2.7×10 <sup>-2</sup>
A1	17~22cm	31.5	2.58	0.81	13.4	13.6	58.0	58.8	0.99	2.4×10 <sup>-3</sup>
2A1	45~50cm	29.2	2.58	0.75	12.5	17.9	65.4	66.5	0.98	1.1×10 <sup>-3</sup>
黄色土Ap	3~8cm	49.6	2.69	1.33	5.6	11.5	27.2	31.9	0.85	8.8×10 <sup>-4</sup>
B2ir	15~20cm	56.6	2.79	1.58	5.1	7.3	23.4	22.7	1.03	6.2×10 <sup>-4</sup>
灰色低地土Ap	5~10cm	40.0	2.68	1.07	30.2	8.7	26.7	25.3	1.05	2.2×10 <sup>-2</sup>
C1g	22~27cm	51.2	2.68	1.37	7.9	8.3	26.9	78.1	0.96	1.4×10 <sup>-3</sup>
2G	73~78cm	35.7	2.67	0.95	6.3	10.3	42.6	59.1	0.72	8.8×10 <sup>-3</sup>
黒ニガ層3A1	78~83cm	13.4	2.42	0.32	5.8	13.7	195.0	238.8	0.82	7.2×10 <sup>-5</sup>

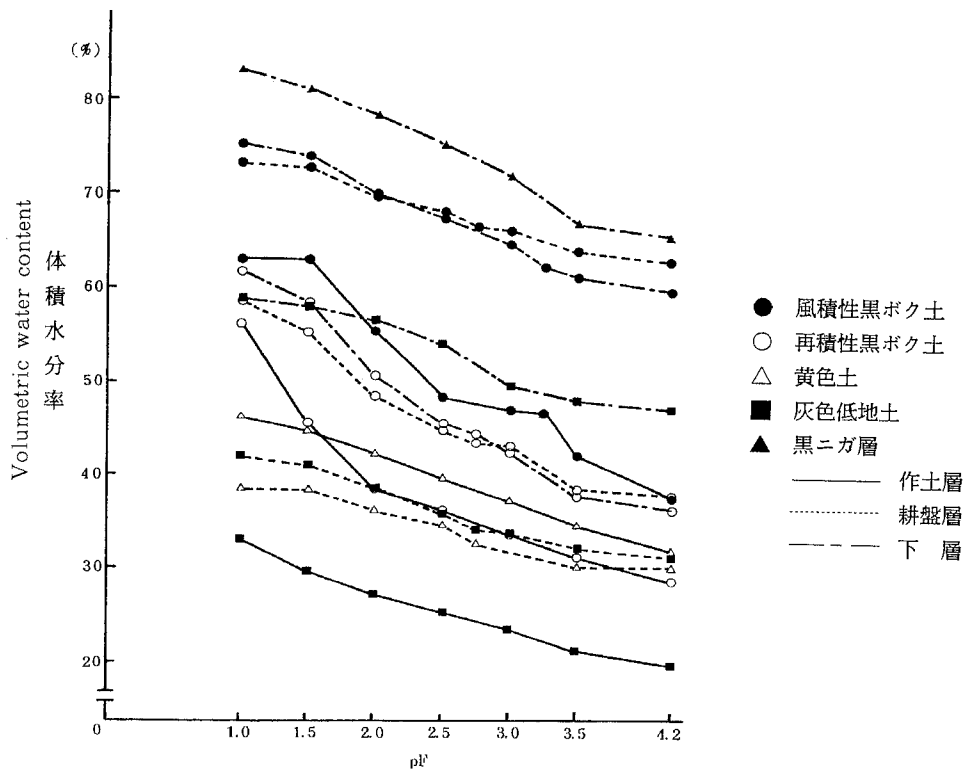


図-1 pF~水分曲線

The pF-soil moisture curves

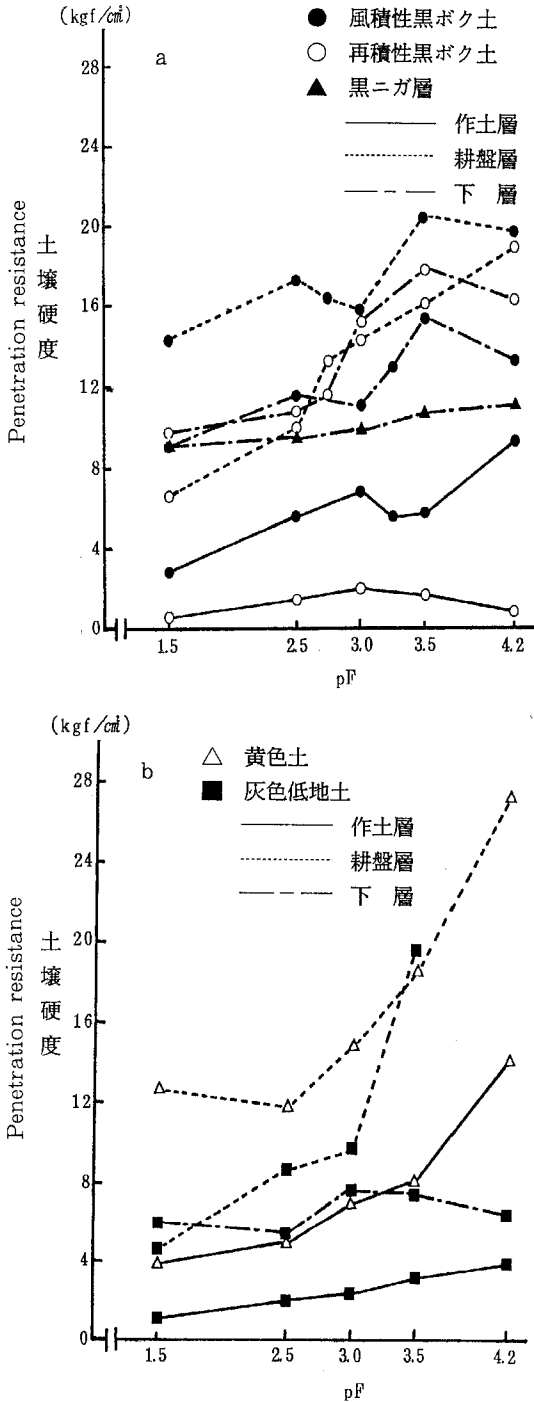


図-2 pFと土壤硬度  
The pF-penetration resistance curves

積性黒ボク土では特徴的にpF2.5 - 3.5 の範囲で土壤硬度の低下が観察された。土壤水分の低下に伴う土壤凝集力の変化は、黒ボク土や重粘性黄色土ではある水分で極大ないし極小値が現れることが観察されている<sup>8, 9)</sup>。ここで認められた風積性黒ボク土の硬度の極小値は、黒ボク土や重粘性黄色土で報告されているような土壤の凝集力の極小によるものか、試料のバラツキによるのかは明らかでない。風積性黒ボク土は作土の土壤硬度は低いが、耕盤層はpF4.2以下全域で高く(14kgf/cm<sup>2</sup>以上)、下層土も9kgf/cm<sup>2</sup>以上と高かった。再積性黒ボク土は、作土は2.5kgf/cm<sup>2</sup>以下と極めて低く、耕盤層、下層土は土壤硬度に大差なく、ともに風積性黒ボク土耕盤層に比べて低かった。黄色土、灰色低地土ではpFが高まるにつれて土壤硬度が高まった。黄色土の作土の土壤硬度はそれほど高くない(4~15kgf/cm<sup>2</sup>)だが、耕盤層は高く(12kgf/cm<sup>2</sup>以上)、特にpF2.5以上で顕著に上昇した。灰色低地土は作土と下層土の土壤硬度はpF4.2以下全域で低く(8kgf/cm<sup>2</sup>以下)、耕盤層もpF3.0以下では比較的強く推移した。黒ニガ層土壤の硬度の変化はpF4.2以下全域でゆるやかで、中程度(9~11kgf/cm<sup>2</sup>)の硬度を示した。

### 3) 土壤pFと通気機能の関係

土壤pFとガスの相対拡散係数D/D<sub>0</sub>の関係を図-3に示す。どの土壤もpFが高まり気相率が增大するにつれてD/D<sub>0</sub>が高まった。同じ土壤pFで比較すると、風積性黒ボク土は粗孔隙量の多い再積性黒ボク土に比べて全層でD/D<sub>0</sub>が低く推移した。黒ニガ層はpF4.2以下全域でD/D<sub>0</sub>は低く(0.05以下)、特にpF2.5以下では0.01以下であった。また、非黒ボク土は粗孔隙量の多い灰色低地土の作土を除いて、D/D<sub>0</sub>はpF2まで増加しないのに対して、黒ボク土はpFが高くなるにつれて増加した。作土は概してD/D<sub>0</sub>が高かったが黄色土では特徴的に低かった。

ここでは記述するにとどめるが、それぞれの土壤では気相率が高まるにつれてD/D<sub>0</sub>が高まった。同じ気相率で比較すると、黄色土、灰色低地土は黒ボク土や黒ニガに比べてD/D<sub>0</sub>が高く、気相のガス交換効率が高い傾向があった。黄色土や灰色低地土は黒ボク土(特に粒状構造をもつ作土)に比べてより大きな塊状構造や柱状構造をもったりあるいは礫にすこぶる富むため、孔隙の屈曲度が小さいことが考えられること、黒ボク土は孔隙が入り組んでいることを反映したものと思われる。

D/D<sub>0</sub>はODRと密接な関係が認められた(図-4)。

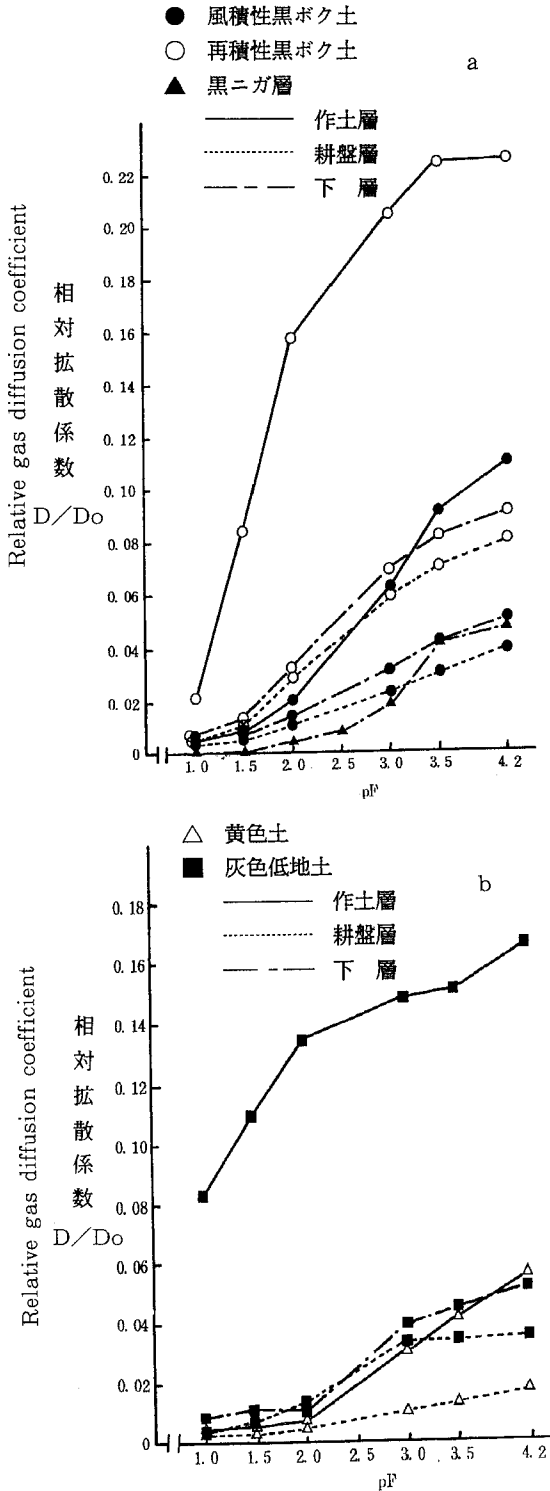


図-3 pFと相対ガス拡散係数 (D/D<sub>0</sub>)

The pF—relative gas diffusion coefficient curves

ただし、灰色低地土の下層グライ層では、気相率に比べて異常に高いODR値が得られ、D/D<sub>0</sub>と密接な関係は認められなかった。LEMON<sup>10)</sup>は、ODR測定は白金電極近傍のO<sub>2</sub>濃度に影響され、VAN DOREN<sup>11)</sup>は、土壤中に酸化還元を受けるイオンが存在するとODR値に影響を及ぼすことを報告している。グライ層で得られた特異なODR値は2価鉄の影響を受けたためと推察される。

普通畑作物の生育に必要なODR値はおおむね20とされている。すなわち、シバクサで15<sup>12)</sup>、ヒマワリでは20<sup>13)</sup>、トウモロコシで25<sup>14)</sup> インゲンマメ、トマト、ナス、ピーマン、キュウリ、キャベツ、トウモロコシで約20<sup>15)</sup>、コムギで30、トウモロコシ、アズキで25、ダイズで25~30<sup>16)</sup> 等が報告されている。図-4によれば、グライ層を除いてD/D<sub>0</sub>とODRには一次の関係(相関係数は0.81で有意水準1%)があり、ODR値20はほぼD/D<sub>0</sub>0.02に相当した。

4) NLWR

ガス拡散係数D/D<sub>0</sub>と作物生育の関係について、GRABLE<sup>17)</sup>はD/D<sub>0</sub>0.02以下ではトウモロコシの値が減少することを、GRADWELL<sup>18)</sup>はD/D<sub>0</sub>0.005以下でライグラスの生育がかなり悪くなることを、BOONE<sup>19)</sup>はトウモロコシの生育はD/D<sub>0</sub>0.015以下で制限を受け始めD/D<sub>0</sub>0.00075では不可能になることを報告している。STEPNIEWSKI<sup>20)</sup>は作物の通気不良による生育阻害はD/D<sub>0</sub>0.02で始まり、0.005で生育が危機状態になるとしている。土壤硬度と作物生育の関係では、硬度の測定方法、土壤および供試作物が異なると、生育臨界硬度にはばらつきがみられる。BOONE<sup>21)</sup>は9~16 kgf/cm<sup>2</sup>のあいだでトウモロコシの根の伸長が50%以上減少したことを報告した。TAYLOR<sup>22)</sup>によれば、ワタの種子根は中・粗粒質土壤において15kgf/cm<sup>2</sup>の土壤硬度で著しい伸長阻害を受けた。GREACEN<sup>23)</sup>によれば、エンドウの臨界硬度は水分飽和の団粒状粘土では24kgf/cm<sup>2</sup>、ねり返し粘土では10kgf/cm<sup>2</sup>であり、構造によって異なることが注目される。わが国の地力増進法では、作物根に影響を及ぼす臨界硬度として山中式硬度計24mm(12kgf/cm<sup>2</sup>に相当)を設定してある。

これらの報告を参考に、根生育非制限水分域を求めるにあたり、通気制限による作物根の生育阻害臨界値として相対拡散係数D/D<sub>0</sub>0.02を、また、土壤硬度による生育阻害臨界値として12kgf/cm<sup>2</sup>を設定した。求めた供試土壤のNLWRを図-5に示す。ここで圃場含水量に相当する水分pFは1.8とした。\*

遅沢・小財・久保田：「根生育非制限有効水分域」による熊本県主要畑土壌の物理的評価

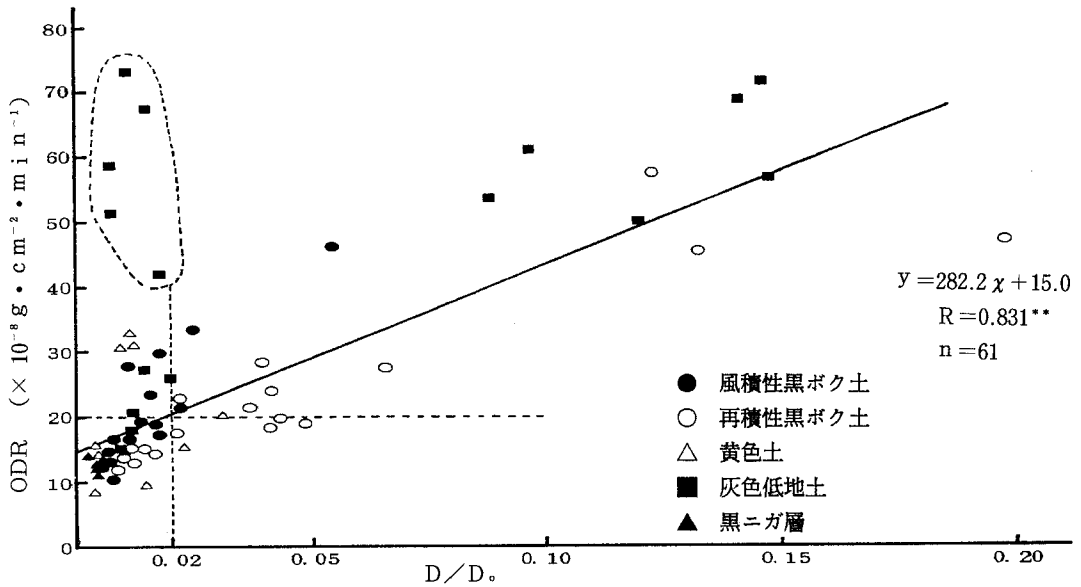


図-4 相対ガス拡散係数 (D/D₀) と酸素拡散速度 (ODR)

The relationship between relative gas diffusion coefficients and ODR

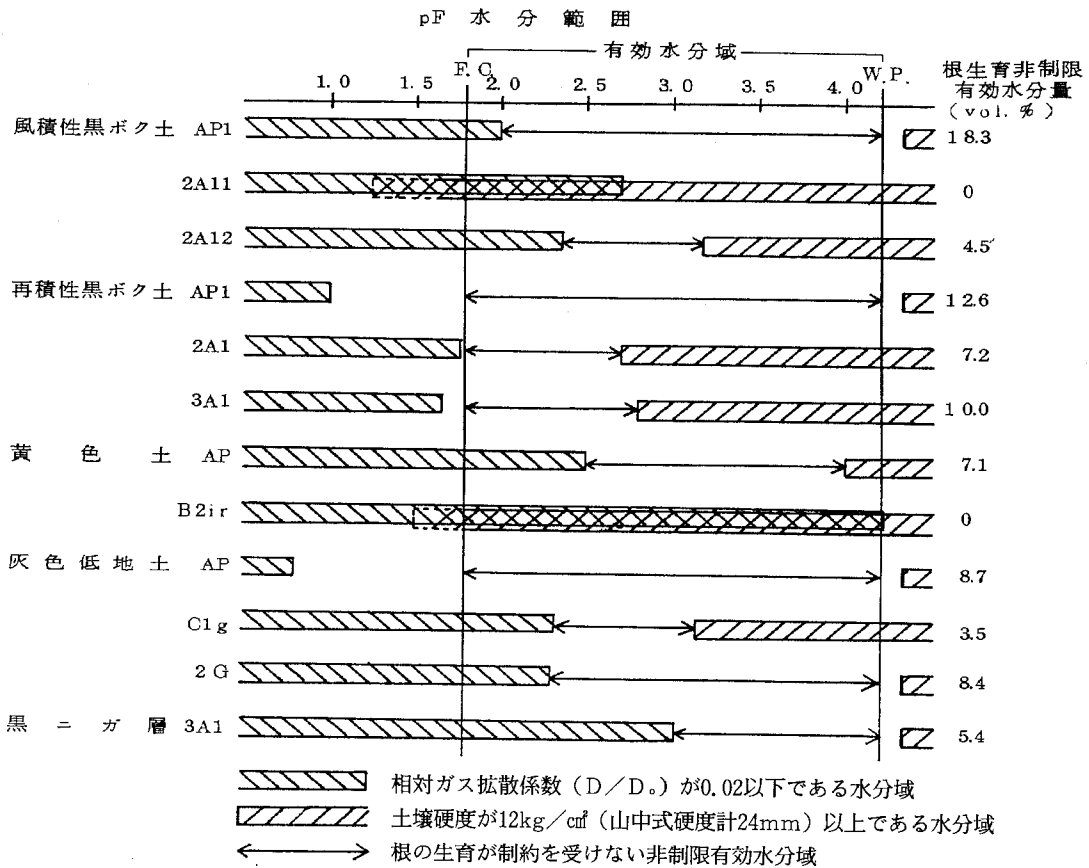


図-5 熊本県における主要畑土壌の根生育非制限有効水分域

Non-Limiting Water Range of Kumamoto soils

これより次のようなことが読み取れた。風積性黒ボク土の作土では、ほぼ全有効水分域において土壌硬度、ガス交換障害は現れず、非制限有効水分量は18%と高かった。一方、下層土は土壌硬度と通気の制限によってpF 2.3~3.2 という限られた水分域でしか根は十分に生育できない。また耕盤層は根の貫入伸長を許さない。再積性黒ボク土の作土のNLWRは全有効水分域に相当した。耕盤層、下層土も風積性黒ボク土に比べてpF 1.8~2.7, pF 1.8~2.8 と有効水分域が広く非制限有効水分量も多かった。黄色土は耕盤層が硬く、通気も悪く、根の伸長阻害が生じることがわかる。灰色低地土では、作土は物理的な阻害要因はないが、耕盤層では主に土壌硬度が阻害要因になりやすく、非制限有効水分域はpF 2.3~3.2 と狭められていた。下層グライ層は耕盤層に比べて根の物理的伸長阻害は少なかった。黒ニガ層では、通気が大きな阻害要因になっていて非制限有効水分量も5%と少なかった。

これらの各土壌の物理機能の特徴は、前記したような現地で経験される物理的生産力特性、すなわち、構造安定度、干ばつの発生しやすさ、再積性黒ボク土や灰色低地土のいわゆる栽培しやすさ等を、適切に反映しているものと思われた。

### 5) コムギ根の生育と非制限有効水分域の保水量

各供試土壌に生育させたコムギの根長を表-2に示す。コムギの根はそれぞれの土壌の作土土壌に多く分布した。

表-2 栽培した小麦の根長 Wheat root length

土 壌	層 位	根 長 (cm/100cm <sup>3</sup> )	同 指 数
風積性黒ボク土	A p 1	940	100
	2A11	250	27
	2A12	62	7
再積性黒ボク土	A p 1	1530	163
	A 1	550	59
	2 A 1	479	51
黄 色 土	A p	550	59
	B 2 i r	480	51
灰色低地土	A p	1300	138
	C1g	610	65
	2G	0	0
黒ニガ	3 A 1	50	5

最も根長が長かったのは再積性黒ボク土の作土土壌で下層土壌でも根が入った。風積性黒ボク土は再積性黒ボク土に比べて根長が短く、下層土壌では根があまり入らなかった。黄色土は根の量は多くないが、作土土壌、耕盤層土壌ともに根が分布した。灰色低地土は作土土壌の根の分布はよいが、下層土壌では根が貫入しなかった。下層土壌は物理的生育阻害は少ないが、グライ層であり還元的で硫化物を含み、化学性に制限要因があることが考えられる。黒ニガ土壌ではわずかしが根が伸びなかった。

培地のNLWR水分量とコムギ根長を図-6にプロットした\*。両者に一次の関係があり、相関係数は0.71で有意水準は2.5%だった。NLWRがゼロの点においても根の伸長がいくらかみられた理由については、土壌水中の溶存酸素が関係しているのか、作物特性によるものなのか、根の補償作用によるものなのか、明らかでない。水耕栽培で根の上部が空気に接していれば水中の根が生育できることと考え合わせると興味深い。

以上の現地土壌調査、コムギ栽培試験の結果を総合して、NLWRは作物根生育にかかわる土壌の物理的特性をかなり把握できること、また、基本的な土壌物理性である水、空気、土壌硬度のうち、どこに生産力阻害があるかを評価できるものと結論した。

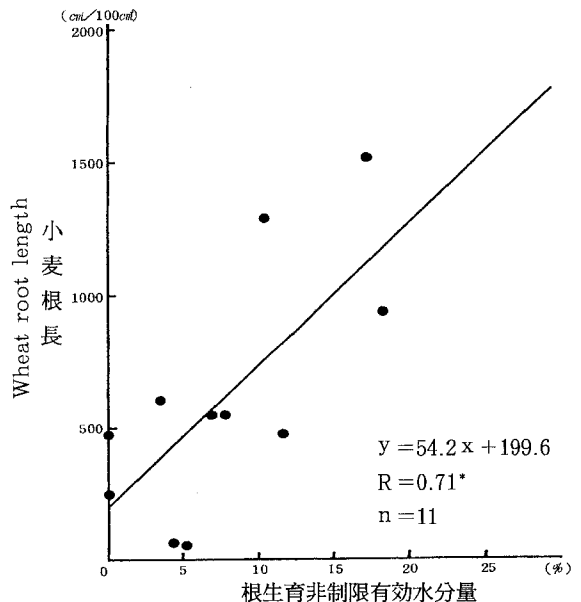


図-6 根生育非制限有効水分量と小麦根長  
The relationship between water in NLWR and wheat root length

\*採取時の土壌水分はpF 1.3-2.7 相当水分でありpF 1.8 - 2.0付近に相当する水分の土層が多かった。

圃場においてNLWRと根の生育にどのような関係が見られるかは、今後調べていく必要がある。また、NLWRは根の分布や根の吸水に伴う水の動きは考慮していない。これらは今後の検討課題である。

### 3. 要 約

作物根生育に関わる土壌の物理的特性は、気相率、有効水分量、ガス拡散、土壌硬度などそれぞれの測定によって診断されてきた。しかしながら、これらの要因は作物生育に相互に影響しあっている。作物の生育に最適な物理条件は、土壌水、通気、土壌硬度により制限されない条件であろう。

LETEY によって提唱されたNLWR (Non-Limiting Water Range, 根生育非制限有効水分域) はこれらの要因を総括的に考慮しているため、土壌の物理条件の優れた指標と考えられる。

これらの要因の関係について、作物根の生育阻害臨界値として相対拡散係数 $D/D_0$ 、0.02、土壌硬度 12kgf/cm<sup>2</sup> を用いて熊本県の主要な畑土壌について検討した。その結果、NLWRと経験的な土地生産性の間により対応がみられ、またNLWR保水量と小麦根長の間にも相関 ( $r=0.71$ ) が認められた。

### 謝 辞

この研究を行うにあたり、熊本県農試の古閑孝彦前化学第一部長、草地試の岩間秀矩氏、農環研の加藤英孝氏には有益な助言を頂きました。御礼申し上げます。なお、この研究は著者のひとり、小財が依頼研究員制度により農環研土壌物理研究室滞在中に行われたものであり、便宜を図ってくださった方々に感謝申し上げます。

\*\*ここでは圃場容水量をpF 1.5水分とした。低pF側ではpF 1.5相当水分まで作物が利用できる実験条件だったためである。また、明らかに化学性が生育を阻害したと考えられる灰色低地土下層はここでは除いた。

### 引用文献

- 1) LETEY, J.: Relationship between Soil Physical Properties and Crop Production. *Advances in Soil Science*, Vol. 1, p277-294, Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo (1985)
- 2) 遅沢省子・久保田徹：土壌のガス拡散係数の測定法，土肥誌，58，528-535(1987)
- 3) MARSH, B.: Measurement of Length in Random Arrangements of Lines. *J. Appl. Ecol.*, 8, 265-267 (1971)
- 4) Boekel, P.: The Effect of Organic Matter on the Structure of Clay Soils. *Neth. J. Agric. Sci.*, 11, 250-263 (1963)
- 5) 中野啓三：低湿重粘土水田の転換畑に伴う土壌物理性の推移，北陸農試報，21，63-94(1978)
- 6) 久保田徹：作土の構造維持に対する有機物施用の効果—コンシステンシーに及ぼす影響—，土肥誌，42，7-11 (1971)
- 7) 久保田徹：重粘土田土壌の地耐力診断のための土壌構造指標，土肥誌，55，173-179(1984)
- 8) 山中金次郎：土壌の凝集力に関する研究，農技研報告 B6，1-142 (1955)
- 9) 佐藤雄夫・湯村義男：耕うんの立場からみた重粘性土壌の物理性に関する研究，東近農試研報告，19，127-147 (1970)
- 10) LEMON, E. R. and ERICKSON, A. E.: The Measurement of Oxygen Diffusion in the Soil with a Platinum Microelectrode. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 16, 160-163 (1952)
- 11) VAN DOREN, D. M. and ERICKSON, A. E.: Factors Affecting the Platinum Microelectrode Method for Measuring the Rate of Oxygen Diffusion through the Soil Solution. *Soil Sci.*, 102, 23-28 (1966)
- 12) LETEY, J., MORGAN, W. C., RICHARDS, S. J., and VALORAS, N.: Physical Soil Amendments, Soil Compaction, Irrigation, and Wetting Agents in Turf Grass Management 3. Effects on Oxygen Diffusion Rate and Root Growth. *Agron. J.*, 58, 531-535 (1966)
- 13) LETEY, J., STOLZY, L. H., VALORAS, N., and Szuszkiewicz, T. E.: Influence of Oxygen Diffusion Rate on Sunflower Growth at Various Soil and Air Temperatures. *Agron. j.*, 54, 316-319 (1962)
- 14) BERTRAND, A. R. and KOHNKE, H.: Subsoil Conditions and Their Effects on Oxygen Supply and the Growth of Corn Roots. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 21, 135-140 (1957)
- 15) 安田環：O<sub>2</sub>供給と作物生育からみた培地環境の改善に関する研究，野菜試報，A. 10, 185-221 (1982)
- 16) 久津那浩三・宮崎直美・古賀野完爾：転換畑土壌の通気性と作物の生育，北海道農試報告，145, 31-52 (1986)

- 17) GRABLE, A. R., and SIEMER, E. G.: Effect of Bulk Density, Aggregate Size, and Soil Water Suction on Oxygen Diffusion, Redox Potentials, and Elongation of Corn Roots. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 32, 180-186 (1968)
- 18) GRADWELL, M. W. : Soil Physical Conditions of Winter and the Growth of Ryegrass Plants. *N. Z. J. Agric. Res.* 8, 238-269 (1965)
- 19) BOONE, F. R., VAN der WERF, H. M. G., KROESBERGEN, B., TEN HAG, B. A., and BOERS, A.: The Effect of Soil Compaction of the Arable Layer in Sandy Soils on the Growth of Maize for Silage. 1. Critical Matric Water Potentials in Relation to Soil Aeration and Mechanical Impedance. *Neth. J. Agric. Sci.*, 34, 155-171 (1986)
- 20) STEPNIIEWSKI, W.: Oxygen Diffusion and Strength as Related to Soil Compaction. II. Oxygen Diffusion Coefficient. *Pol. J. Soil Sci.*, 14, 3-13 (1981)
- 21) BOONE, F. R. and VEEN, B. W. : The Influence of Mechanical Resistance and Phosphate Supply on Morphology and Function of Maize Roots. *Neth. J. Agric. Sci.* 30, 179-192 (1982)
- 22) TAYLOR, H. M., ROBERSON, G. M. and PARKE R, J. J.: Soil Strength-Root Penetration Relations for Medium to Coarse-Textured Soil Materials. *Soil Sci.*, 102, 18-22 (1966)
- 23) GREECEN, E. L., BARLEY, K. P., and FARRELL, D. A. : The Mechanics of Root Growth in Soils with Particular Reference to the Implications for Root Distribution in Proceedings 15th Easter School in Agric. Sci. 'Root Growth', Univ. of Nottingham, p256-269 (1968)

#### Summary

Soil Physical Properties related to root growth have been diagnosed by measuring separately air porosity, available water, gas diffusion, mechanical impedance etc.

However, these factors interrelatedly and affect crop growth. The optimum physical condition for crop growth may be that non-limited by soil water, aeration, and mechanical resistance.

NLWR, proposed by Letey, seems superior diagnosis of soil physical conditions because of considering these factors comprehensively.

These relationships were demonstrated using  $D/D_0$  0.02 and soil strength  $12\text{kgf}/\text{cm}^2$  as limiting values with main upland soils of Kumamoto prefecture. As the results, reasonable correspondance between NLWR and experiential productivity, and correlation ( $r=0.71$ ) between NLWR water content and root length of wheat were found.



## 締固め土の侵食特性

田熊勝利\*

Erodibility of Compacted Soil

Katsutoshi TAKUMA\*

Faculty of Agriculture, Tottori University

### 1. 緒 言

近年、傾斜地帯での新規造成、道路工事等が盛んになるにつれ、盛土部での締固めによる土壌団粒の崩壊性や雨水による分散性などに起因した種々の問題が派生し、その理工学的性質の把握が必要不可欠となってきた。締固めが土壌団粒の崩壊性並びにその侵食性に及ぼす影響についてはほとんど解明されていないのが現状である。

本研究は、JIS A 1210の締固め試験に準じて求めた最適含水比の結果を基にして、土壌団粒の崩壊性並びに粒子破碎に伴う土の侵食性の変化に検討を加えたものである。

### 2. 実験内容

実験は case A, Bの供試土条件にて行った。

case AとBの主な実験条件の違いは試料における締固めの有無である。

case A : ①飛散侵食実験の場合、2.0mm目ふるい通過の風乾土を splash-cup<sup>1)</sup> に詰め、24時間飽和した後、約15cm water suction にて湿潤させ、その後、実験に供する。

②雨滴と地表流による侵食実験の場合、4.76mm目ふるい通過の風乾土を土槽に充填し、その後、土槽を水平にして下流端の排水孔より給水し、飽和させて後、24時間放置し排水した。

case B : 最適含水比に調整した供試土を splash-cup と土槽へ JIS A 1210の 1.1-a法の突固めエネルギーにて突固め充填した。土の湿潤条件は case Aと同じである。

Table 1に供試土の物理性並びに採取地を示す。配合土作成に使用した土は砂丘砂と八草粘土(カオリン)である。試料は両土を使用して粘土比 (clay ratio,  $c_r$ ) [粘土分 / (シルト分 + 砂分)] にて 0.1, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6, 2.2, 3.2の粒度に調整して作成した。各配合土に対し、最適含水比 ( $W_{opt}$ ) にて突固めることにより供試土を作成した。

特殊土の侵食実験に使用した6試料は、粘質土の八草粘土(カオリン)、国頭マージ、赤色土の新宮土、砂質土の福間マサ、火山灰土の鹿児島シラス、大山黒ボクである。

各試料に対して次の実験を行った。

- 飛散侵食実験<sup>1)</sup>……雨滴径2.4mmの雨滴形成器、容積40cm<sup>3</sup>、内径5cmの splash-cup、回転テーブルを用いて実験を行った。雨滴の落下高は150cmであった。この実験では、配合土の case B、そして6試料土の case A、Bを行った。
- 雨滴と地表流による侵食実験<sup>2)</sup>……斜面長30cm、幅10cm、深さ5cmの土槽と、tubing tip法による降雨装置を用いて行った。この実験では配合土の case Bと6試料土の case A、Bを行った。なお、降雨強度は50mm/h、斜面勾配は8°、侵食実験の測定時間は30分間であった。
- 締固め試験……試験は100cm<sup>2</sup>モールドを用いたので、JIS A 1210の1.1-a法の突固めエネルギーと一致させて行った。

\*鳥取大学農学部 〒 680 鳥取市湖山町南四丁目 101

1989年6月30日受理

土壌の物理性 第60号 p.15~23 (1990)

Table 1 Physical properties of the soil samples used

Soil sample	Size distribution(%)			Specific gravity	Consistency(%)		Sampling site	Remarks
	Sand	Silt	Clay		Liquid limit	Plastic limit		
A Sand	98.9	1.1	0.0	2.65	N.P. <sup>a</sup>		Nata, Fukuoka	Sand dune soil
B Yagusa	8.0	18.5	73.5	2.66	84.1	34.0	(goods on the market)	Kaolin
C Kunigami	46.0	16.5	37.5	2.73	33.1	20.5	Nago, Okinawa	Maaaji
D Shingu	34.0	35.0	31.0	2.71	38.1	25.5	Shingu, Fukuoka	Red soil
E Fukuma	67.0	13.0	20.0	2.69	28.8	19.9	Fukuma, Fukuoka	Masa
F Kagoshima	72.0	21.5	6.5	2.42	N.P. <sup>a</sup>		Kagosima	Shirasu
G Sekigane	67.0	25.0	8.0	2.32	73.6	49.3	Sekigane, Tottori	Kuroboku

a non-plastic

- d. 透水試験……100cm採土円筒を用いる簡易型透水試験器にて測定した。実験前の供試土条件は a. と b. の場合と全く同じである。
- e. 団粒分析試験<sup>3)</sup>……4.76mmふるい通過試料土に対して、水中で40分間ふるい分けをする。上下運動の速度は32回/分、振幅は2cmである。
- f. その他の土の物理試験……JIS法に準じて行った。

### 3. 配合土の侵食性

配合土試料はcase Bの条件のみでの侵食実験である。

#### (1) 配合土の締固め試験

Fig. 1に配合土の締固め試験結果より求めた最適含水比と最大乾燥密度( $\rho_{dmax}$ )を示す。

最大乾燥密度は粘土比( $C_r$ )の増加とともに急激に増加し、 $C_r=0.2\sim 0.4$ 付近にて最大を示し、その後、 $C_r$ の増加とともに減少する。また、最適含水比は $C_r$ の増加とともに急激に増加し、 $C_r$ が0.1~0.2付近より緩やかな増加曲線に変わる。

#### (2) 配合土の飛散量と降雨強度

各配合土に関するsplash-cupからの土粒子の飛散侵食の評価値として、飛散容積を用いる。ここに、飛散容積(rate of detachment)は(単位時間当たりの飛散乾燥質量/乾燥密度、 $\text{mm}^3/30\text{min}$ )と定義した。なお飛散量はsplash-cup外に飛散した土の質量である。飛散容積と降雨強度との関係の代表例をFig. 2に示す。

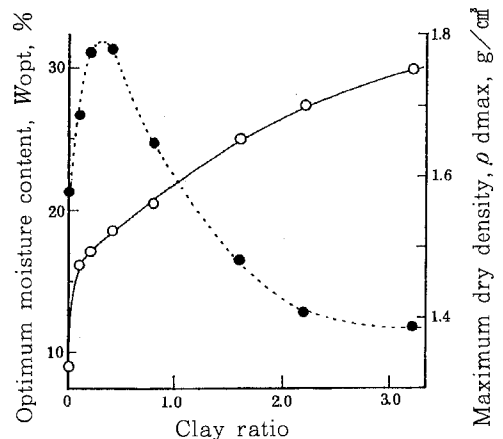


Fig.1 Variation of optimum moisture content (○) and maximum dry density (●) with clay ratio (= % clay / (% silt + % sand)).

Fig. 2に示されるように、飛散容積は同一な雨滴径と速度をもつ降雨強度に対し直線の関係が認められる。試料土は実験前約15cmのwater suctionにて十分に湿らされていたので、飛散は供試土の表面を雨滴が打つと同時に起こると考え、飛散容積と降雨強度の関係を示す直線が原点を通ると仮定した。各直線の回帰係数を飛散比(splash ratio,  $e_v$ )と称する<sup>4)</sup>。Table 2に各配合土の飛散比を示す。各配合土は決定係数0.85以上であり、0.5%水準で有意である。この飛散比は飛散侵食を問題にするうえで、土固有の侵食評価値である。Fig. 3に

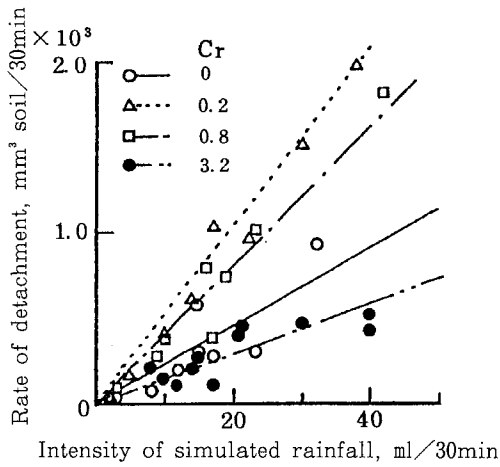


Fig.2 Detachment rate of the mixed soils having different clay ratio ( $C_r$ ) from the splash-cup exposed to simulated rainfall.

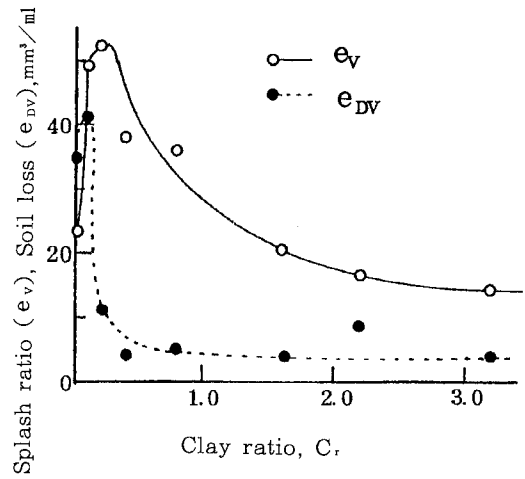


Fig.3 Variation of the splash ratio and the soil loss (the volume of soil which eroded per unit volume of rainfall and thin film flow) with clay ratio.

配合土の飛散比と粘土比との関係を示す。飛散比は粘土比の増加とともに増加し、粘土比0.2~0.4付近にてピークを示し、その後、粘土比の増加とともに減少する。この両者の関係は最大乾燥密度と粘土比との関係と対応

している。粘土比が0から0.2付近までは、砂分が多く飛散し易いが、飛散比は粘土分が増え、粘土比のピークを過ぎると土の粘着力の存在とともに減少してくるものとする。

Table 2 Splash ratio ( $e_v$ ) for the mixed soils

Clay ratio <sup>a</sup>	Splash ratio <sup>b</sup> (with its standard error)	Coefficient of determination ( $R^2$ )	F
	mm <sup>3</sup> soil/ml water		
0	22.9 ± 3.45	0.879	16.39**
0.1	49.0 ± 4.54	0.961	29.06**
0.2	52.2 ± 3.52	0.983	151.21**
0.4	37.8 ± 3.08	0.979	31.59**
0.8	35.9 ± 3.00	0.964	42.49**
1.6	20.3 ± 1.81	0.963	61.30**
2.2	16.4 ± 2.09	0.929	18.30**
3.2	14.3 ± 1.84	0.894	14.01**

a Clay ratio: % clay / (% silt + % sand).

b Splash ratio: the volume of soil which splashed per unit volume of rainfall.

\*\* Significant at 0.5% level.

### (3) 配合土の侵食量

前項で飛散侵食問題の評価として飛散比にて検討を加えたが、ここでは、雨滴と地表流による侵食について考える。土の侵食性に影響する土の性質としては、①透水性に影響する土の性質、②雨滴と地表流による分離、飛散、輸送する力に抵抗する土の性質の2つの型に分けられるとSmithら<sup>9)</sup>は言及している。ここに、①、②の土の性質は土の締固めによりかなり変化するものとする。そして、水は締固め土の性質に対してはどのような影響を与えるのかについて検討する。

Fig. 3 に配合土の侵食量 (soil loss,  $e_{DV}$ ) と粘土比との関係を示す。ここに、侵食量は供給水の単位体積当たりの流出土容積 ( $\text{mm}^3/\text{ml}$ ) と定義した。侵食量と粘土比との関係は飛散比と同様な傾向を示すが、飛散比よりは侵食量の方が粘土比が小さい領域で激しく変化する。粘土比が0.1付近にて侵食量のピークがあり、その後、粘土比の増加とともに急激に侵食量は減少し、粘土比が0.4付近より増加しても侵食量はあまり変化しない。配合土は最適含水比にて締固められていることにより粘土分、すなわち粘着力の増加とともに急激に侵食は減少すると考える。そこで、侵食を評価するうえで、侵食を透水性との関連から検討してみる。

### (4) 配合土の透水性と飛散比、侵食量

配合土の性質は締固められることにより透水性に対してもかなり変化することが考えられる。

まず、締固め土の透水係数と粘土比との関係からみると、Fig. 4 に示したように、その両者の関係は双曲線にて示される。小粘土比 (0~0.2) において、その透水係数の変化は大きく、粘土比の増加とともに透水係数は急激に減少する。このことが土の飛散比、侵食量の変化に与える影響は大きい。

粘土比と透水係数の関係曲線は粘土比の0~0.2と0.2以上の範囲を考えた場合、粘土比の0.2付近を境にして曲線は変移していると考えてよい。これは透水性に対し粘土比が0から0.2付近までは、砂の影響が強く働き、粘土比が0.2を超えると粘土の影響が徐々に生じてくるものと考えられる。

Fig. 5 に透水性と飛散比 ( $e_v$ )、侵食量 ( $e_{DV}$ ) の関係を示す。飛散比は、高透水性域で透水性の低下とともに増加し、透水係数  $10^{-6} \text{cm/s}$  付近にてピークを示し、その後、透水性の低下とともに急激に減少し、透水係数  $10^{-7} \text{cm/s}$  より低透水性域では漸減する。また、侵食量と透水性との関係においても同様な傾向を示すが、侵食量のピークを示す  $10^{-6} \text{cm/s}$  の透水係数より高透水性域

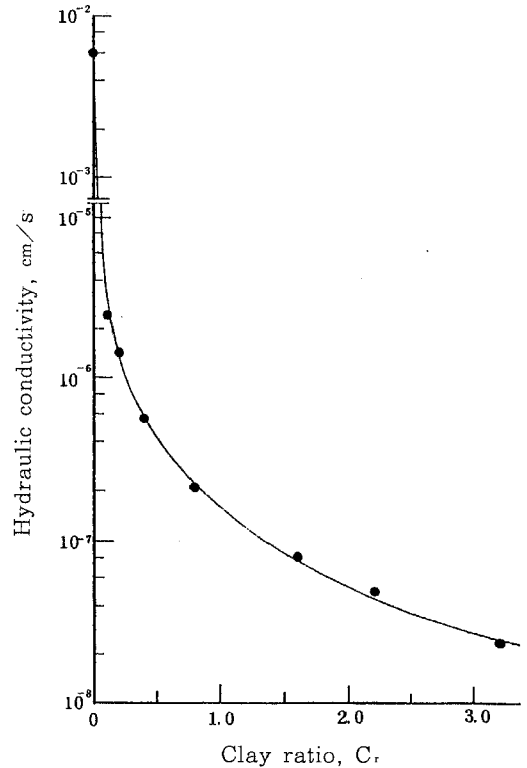


Fig.4 Variation of the hydraulic conductivity of the compacted soils with clay ratio.

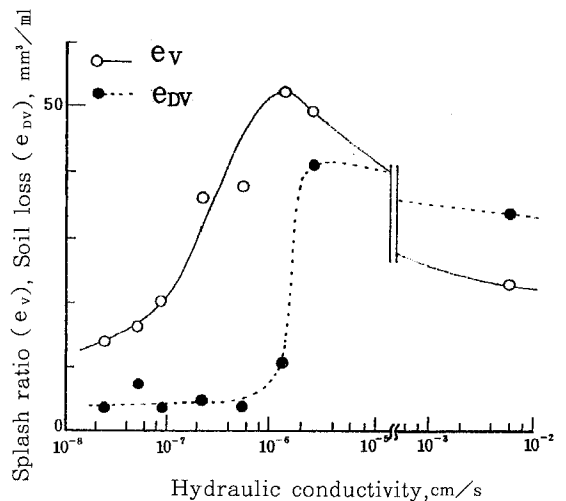


Fig.5 Variation of the splash ratio and the soil loss with hydraulic conductivity of the soils.

では、ほとんど侵食量に変化はないが、かなりの侵食量を示す。そして、低透水性域では急激に侵食量は減少し、一定侵食量となり、低侵食で変化はほとんどみられなくなる。

#### 4. 特殊土の侵食性

土粒子集合体は突固めによって崩壊するが、この崩壊現象は土の粒度組成、並びに土の表面積に変化をもたらすばかりでなく、土の締め具合をより密にする効果を持っている。そのため結果として強度、透水性あるいは圧縮性などの力学的特性並びに侵食性に変化をもたらすことが考えられる。ここでは、侵食特性に注目して検討する。

##### (1) 土壌団粒の崩壊並びに粒子破碎の程度を示す二、三の指標

土壌団粒の崩壊並びに粒子破碎の程度を示す簡単な指標としては崩壊（破碎）前後の粒径組成変化に注目するもので、次のような指標がある。

##### a. 粒子破碎量 (S. I.)

福本<sup>6)</sup>は土の粒度分布を対数正規型と仮定し、土粒子の破碎がその個数と表面積の増大を招くという事実に基づき、破碎前の表面積 $S_w(\text{cm}^2/\text{g})$ に対する破碎後の表面積 $S_w'$ の比が、近似的に次のように表現できると考えた。

$$\frac{S_w'}{S_w} = \left(3\sqrt{2}\right)^{S.I.} \quad \dots\dots(1)$$

ただし、S. I. は次式にて求める。

$$S.I. = 2(P_2' - P_2) - (P_1' - P_1)(P_1' + P_1 - 2) \quad \dots\dots(2)$$

ここに、 $P_1'$ と $P_2'$ は破碎前の1回目と2回目の加積通過率和の百分の一、同様に $P_1$ と $P_2$ は破碎後のものである。S. I. を粒子破碎量と定義している。

##### b. 団粒係数<sup>7)</sup>

この係数は土壌の団粒化の程度を表す。一定量の団粒の全表面積は、団粒の大きさが減少するとともに増加するので単位質量当たりの全表面積は土粒子の分散の尺度に用いることができる。団粒係数は次式から求める。

$$\text{団粒係数} = \frac{1 \times 10^6}{\sum \frac{\text{各階級の団粒百分率}(\%)}{\text{各階級の団粒平均直径}(\text{cm})}}$$

締め前後の団粒係数の値を求めることにより、土壌団粒の崩壊の程度を把握できるものとする。

##### c. その他

a, b以外にも団粒崩壊ではなく、粒子破碎の程度を示す指標は数多く提案されているが、ロック材、粗粒の砂礫に関するものであり、本報にて使用した試料とはかなり異なると考えられるのでここでは省略する。

##### (3) 土の飛散量と降雨強度

case A, Bの場合における6試料土の飛散量と降雨強度との関係をFig. 6に示す。その両者の関係は配合土と同様であり、6試料土とも直線関係を示す。直線は原点を通ると仮定し、各直線の回帰係数（飛散比、 $e_v$ ）を求める。Table 3に6試料土の飛散比を示す。各試料土とも決定係数0.85以上であり、0.5%水準で有意である。Fig. 6、Table 3にて示されるように締固めることにより、八草粘土、国頭マージ、新宮土は、かなり飛散比が減少することが分かる。特に、八草粘土は10分の1以下となる。

一般的に粘質土系の飛散比の減少は大きく、砂質土系になるにつれ飛散比が減少どころか増大している。このことは粘質土の場合、最適含水比にて締固めることにより、土粒子の粘着力の増大と土壌表面が滑らかになること等によるものと考えられる。一方、砂質土の場合、粘着力の増加は考えられず、突固めエネルギーによる密度増加に伴う透水性の低下等が考えられる。透水性については後述することとして、密度増加についてはマサで1.27、シラス1.02、そして黒ボクでは1.19とあまり水締めの時よりは増加しておらず、むしろ土壌団粒の崩壊並びに粒子破碎の結果、締固めが細粒土の増加を促し飛散量増加を生じるものとする。

##### (4) 飛散比、侵食量と透水性

Fig. 7に、土の飛散比（ $e_v$ ）と透水係数との関係を示す。最適含水比にて締固めることにより、各試料土の透水性は著しく低下する。透水性低下が飛散比に及ぼす影響、すなわち飛散侵食への締固め効果は八草粘土、国頭マージと新宮土ではかなりあるが、マサ、火山灰土では認められない。

次に、Fig. 8に侵食量（ $e_{ov}$ ）と透水係数との関係を示す。侵食においては締固め効果があるのは八草粘土のみである。マサはほとんど変化なく、その他の試料の侵食量は締固めることにより増加を示している。これらのことは突固めることにより土壌団粒の崩壊並びに粒子破碎による細粒土の生成等の結果、浸透量が減り、地表流量の増加に一因があるものとする。土の侵食性を締固め試料土について透水性の低下との関係から述べたが、この透水性の低下に関連して土壌団粒の崩壊並びに粒子破碎について検討する。

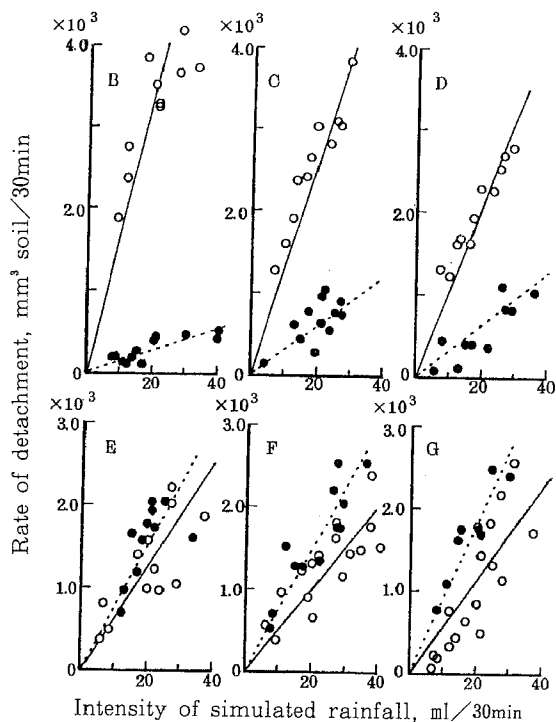


Fig.6 Detachment rate of the soil samples from the splash-cup exposed to simulated rainfall.

(○ : uncompact soil, ● : compacted soil)

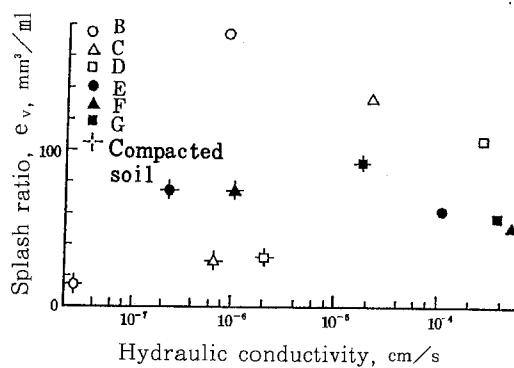


Fig.7 Relationship between the splash ratio and the hydraulic conductivity of the soils.

Table 3 Splash ratio ( $e_v$ ) for the soil samples

Soil sample	Case A <sup>a</sup>			Case B <sup>b</sup>		
	Splash ratio <sup>c</sup> (with its standard error)	R <sup>2</sup>	F	Splash ratio <sup>c</sup> (with its standard error)	R <sup>2</sup>	F
	mm <sup>3</sup> soil/ml water			mm <sup>3</sup> soil/ml water		
B Yagusa	174.1 ± 12.29	0.917	10.84**	14.3 ± 1.84	0.894	14.01**
C Kunigami	132.8 ± 6.05	0.985	186.68**	29.6 ± 2.87	0.914	13.61**
D Shingu	106.6 ± 5.28	0.988	191.03**	32.0 ± 3.92	0.894	16.56**
E Fukuma	62.6 ± 5.47	0.928	23.54**	74.6 ± 4.89	0.960	34.89**
F Kagoshima	50.7 ± 3.57	0.945	24.91**	74.1 ± 4.58	0.970	38.21**
G Sekigane	57.4 ± 5.43	0.873	26.43**	91.7 ± 4.36	0.981	44.78**

a Case A : uncompact soil.

b Case B : compacted soil.

c Splash ratio : the volume of soil which splashed per unit volume of rainfall.

\*\* Significant at 0.5% level.

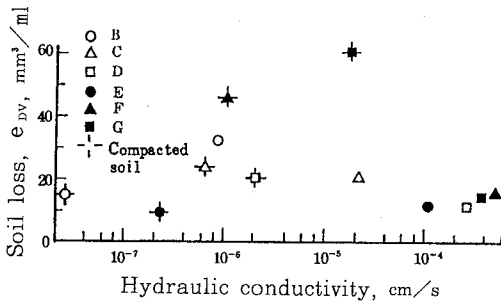


Fig.8 Relationship between the soil loss and the hydraulic conductivity of the soils.

Fig. 9 に、case A、Bの団粒分析の結果を示す。各試料土とも締固めにより細粒土(0.1mm以下)が増加している。特に15%以上増加している試料土はマサ、黒ボクであり、10%以上の試料はマージ、シラスである。この結果黒ボクの侵食量は大幅に増加している。この団粒分析を基にして粒子破碎量、団粒係数及び風乾率を求めてみるとTable 4のようになる。

八草粘土を除いて、各試料土はWoptにて突固めることにより数値的にも土壌団粒の崩壊あるいは粒子破碎は起っている。例えば、国頭マージの場合、団粒係数が大幅に減少している。このことは、突固めエネルギーにて団粒崩壊がかなりあり、締固め効果が大きいことが予測される。実際に飛散比はかなり減少を示しており、侵食量はわずかな増加である。これは透水性とも関連しているが、その他に最適含水比にて締固めているため粒子間の結合も強く、雨滴による分離に対してはかなり強固になることが推測される。一方、雨滴と地表流に対しては、透水性の低下に伴う地表流量の増加、そして、マージの原土は、砂分が50%近くを占めていることなど、地表流による分離と輸送に対しては弱くなると考える。

各試料土の粒子破碎量、団粒係数及び風乾率と侵食(飛散比、侵食量)との関係について定量的なものは実験試料が少なく確たるものは見いだせなかった。

一般に飛散侵食では粘土質系に対して締固め効果があり、砂質土系はあまりみられない。侵食に対しては透水性とも関連しているが、締固め効果は、八草粘土を除いてあまりみられない。これらの見解は勾配8°以下の緩傾斜地に対してのみ言及されることである。

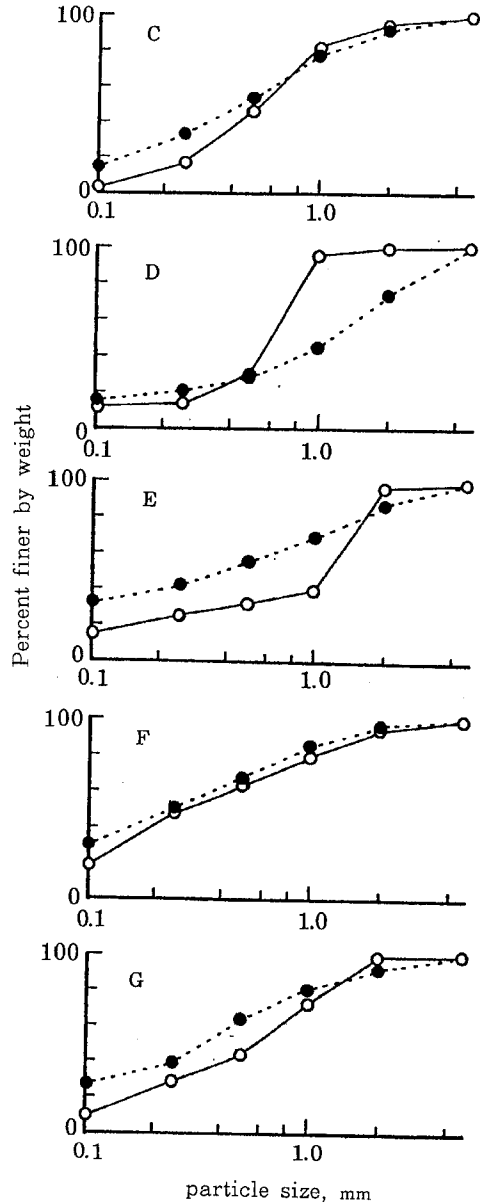


Fig.9 Analysis of water-stable aggregates of the soils.

(○ : uncompact soil, ● : compacted soil)

Table 4 Parameters used for estimating the index of erodibility

Soil sample	S.I. <sup>a</sup>	Coefficient of aggregation		Air-dry ratio	
		A	B	A	B
B Yagusa		96.2	-	121.6	-
C Kunigami	1.795	363.6	201.8	66.6	129.1
D Shingu	9.237	274.0	252.5	126.8	124.2
E Fukuma	3.206	236.8	130.4	80.6	122.8
F Kagoshima	0.708	165.9	128.6	150.4	172.4
G Sekigane	2.131	259.0	144.2	111.8	173.0

a S.I. : the amount of particle breakage (Eq.(1)).

## 5. 総括

土壤団粒の崩壊性や雨水による分散性、輸送性などに起因した種々の問題が派生することが予測される。本報は、締固めに伴う土壤団粒の崩壊性、粒子の破碎性並びにその水食性に及ぼす影響について検討を加えたものである。

締固め配合土の侵食性は透水性の変化とともにかなり変化する。すなわち飛散比（降雨量の単位体積当たり飛散した土量）は透水性の低下とともに増加し、透水係数  $10^{-6} \text{cm/s}$  付近でピークを示し、その後急激に減少する。また、水食量はピークを示す  $10^{-6} \text{cm/s}$  の透水係数より高透水性域ではほとんど水食量に変化はないが、高水準の水食量を示す。一方、低透水性域では急激に水食量は減少し、その後一定となり、ほとんど低水食で変化がみられなくなる。

特殊土の侵食特性について、締固めることにより粘土質系の飛散比が大きく減少し、砂質土系になるにつれ飛散比が増大する。これは、締固めにより粘土質では土粒子の粘着力の増大と土壤表面が滑らかになること等による。一方、砂質土では突固めエネルギーによる密度あるいは細粒土増加に伴う透水性の低下が考えられる。水食量では、締固め効果があるのはカオリンのみである。マサ土の水食量はほとんど変化なく、他試料のそれは締固めることにより増加を示している。このことは、締固めることにより土壤団粒の崩壊並びに粒子破碎による細粒土の生成等の結果、浸透量が減り、地表流量が増加することに一因がある。

結局、飛散侵食では粘土質に対して締固め効果があり、砂質土はあまりみられない。雨滴と地表流による侵食に対しては透水性とも関連し、締固め効果はカオリンを除いてあまりみられず、とくに火山灰土ではほとんどないと考える。

## 引用文献

- 1) 藤川武信、内田勝利：土性と飛散侵食について、農土論集, 90, pp.1-8 (1980)
- 2) 内田勝利：乱した土の初期侵食性, 土壤の物理性, 44, pp. 9-13 (1981)
- 3) 土質工学会編：土の試験実習書, 土質工学会, 東京 (1988) p. 77
- 4) Mazurak, A.P. and Mosher, P.N. : Detachment of soil particles in simulated rainfall, Soil Sci. Soc. Am. Proc., 32 (5), pp.716-719 (1968)
- 5) Smith, D. D. and Wischmeier, W. H. : Rainfall erosion, Advances in Agronomy, 14, pp.109-148 (1962)
- 6) 福本武明：締固めたマサ土の密度に関する粒子破碎の影響, 土質工学会論文報告集, Vol. 12 (3), pp.55-63 (1972)
- 7) 土壤物理研究会編：土壤物理用語事典, 養賢堂, 東京 (1978) p. 44



### Summary

Particle breakage and effect on erodibility associated with compaction, were investigated. Ero-dibility of compacted mixed soil changed markedly along with the changes of permeability. The splash ratio (the volume of soil which splashed per unit volume of rainfall) and the amount of soil loss increased with the decrease of permeability. A peak was observed when the hydraulic conductivity was about  $10^{-6}$  cm s, followed by a rapid decrease.

Erodibility characteristics of specific soils were as follows: there was a remarkable decrease of the splashing ratio in clayey soils, and an increase in sandy soils. Effect of compaction on the amount of soil loss was observed only in kaoline. Changes in the amount of soil loss in the Masa soil were not appreciable while in samples of other soils, soil loss increased by compaction. Com-paction affected splash erosion in the case of clayey soils unlike in sandy soils. Permeability was related to erosion associated with rainfall and runoff. The effect of compaction was not significant in soils except for Kaolin, and, in particular no effect was observed in volcanic ash soils.

## 粘土質転換畑心土亀裂面に発達した根の吸水による亀裂近傍での水分分布

佐藤泰一郎\* 長谷川周一\*\* 中野政詩\*\*\* 宮崎毅\*\*\*

Soil Water Content in the Vicinity of Drying Cracks Having Roots in  
Clayey Subsoil.

Taiichirow SATO · Shuichi HASEGAWA · Masahi NAKANO ··· and Tsuyoshi MIYAZAKI ···

\* Faculty of Agriculture, The University of Tokyo

\*\* National Research Institute of Agricultural Engineering

\*\*\* Faculty of Agriculture, The University of Tokyo

## 1. はじめに

粘土質転換畑に発生する乾燥亀裂は、排水のための水みちとなり湿害回避に大きく寄与することが知られている。また、このような土の心土の乾燥亀裂や土塊間の大孔隙には、作物の根が伸長しているのが観察され、亀裂や大孔隙が、作物根の生長、発達、吸水、呼吸に関与している。このうち根の吸水に関しては亀裂を想定した室内実験から、根の近傍では、水分勾配が生じていることが明らかにされた<sup>2)</sup>。しかし、圃場の亀裂に分布する根量は、室内実験と比較すると非常に少なく<sup>3)</sup>、吸水に伴って水分勾配が生じるかどうかはまだ確認されていない。そこで、本論文では、粘土質転換畑心土の亀裂面近傍の水分分布を実測するとともに、簡単なシミュレーションを行なって亀裂面近傍の水分分布について検討を行なった。

## 2. 圃場調査

調査に使用した圃場は、農業土木試験場（現在：農業工学研究所）構内にある沖積水田土壌（重粘土）を充填したライシメータである。このライシメータは、長辺70m、短辺30m、深さ0.65mで組合せ暗きょが施工されている。圃場は、水田から畑地へ転換されて4年が経過

し、この間夏作にダイズが導入されている。土層断面調査から、厚さ12.5cmの作土は屑粒状、それ以下の心土は壁状の構造を持つ。

心土には、幅1mm程度の亀裂が約15cm間隔で作土直下より垂直にほぼ45cmの深さまで発達している。この心土の亀裂は、作土に連続していない。根は、作土に全体の約80%、心土に約20%が分布している<sup>3)</sup>。心土に分布した根は、ほとんどが亀裂中にみられ、単位面積の亀裂中に分布する根の長さ（平面密度）は平均で $0.92\text{cm} \cdot \text{cm}^{-2}$ であった<sup>3)</sup>。なお土の基本的な物性値、透水係数、水分特性曲線は、既報<sup>3)</sup>のデータを用いた。

亀裂面に発達した根が吸水を行なうため、亀裂面に向けて水分勾配が生ずる可能性がある。そこで、直接採土により亀裂面近傍の水分分布を調査した。調査は、亀裂面に $10 \times 10\text{cm}$ の調査面を設け、この面に垂直に内径2cm、長さ10cmのサンプラーを挿入して得られた試料を5mmづつ切断し含水比を測定した。同時に調査面から根を採取し、その長さをNewman法<sup>4)</sup>で測定し根の平面密度を求めた。調査は、1983年9月1日に14mmの降雨があった後、亀裂からの排水が終了し亀裂中の根が心土から吸水を行なっていると考えられる9月7日に行った。採土の深さは58.5cmで、反復数は3であった。採土を対象とした亀裂中の根の平面密度は $1.51\text{cm} \cdot \text{cm}^{-2}$ であった。亀裂面からの距離と体積含水率との関係をFig. 1に示す。図から、明確な水分勾配は認められずバラツキが見られ、その最大と最小の差は体積含水率で0.8%であった。また、平均水分をマトリックポテンシャルで表わすと $-0.1\text{MPa}$ となる。

\* 東京大学農学部

(現在：富山県立技術短期大学 〒939-03 富山県射水郡外町黒野町)

\*\* 農業土木試験場

(現在：農業環境技術研究所 〒305 つくば市観音台3-1-1)

\*\*\* 東京大学農学部 〒113 東京都文京区弥生1-1-1

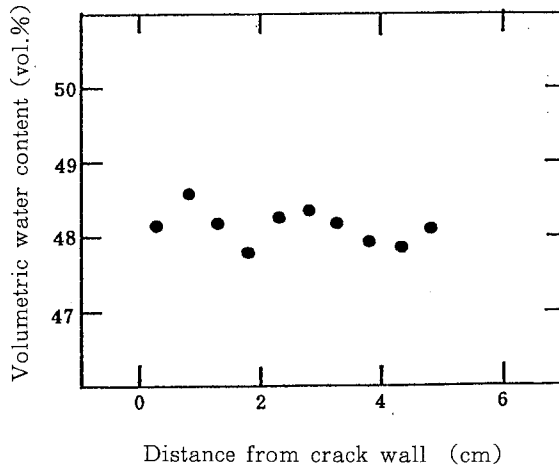


Fig.1 Movement value of soil water content in the vicinity of the crack wall with soybean roots.

### 3. シミュレーション

亀裂の存在する粘土質転換畑心土においては、垂直方向の水移動に加え根の吸水および亀裂面の蒸発にともなう水平方向の水移動がある。このうち、垂直方向の水移動は、非常に小さく無視し得る<sup>3)</sup>。また、亀裂は作土によって遮断されているため飽和水蒸気圧に近く、亀裂面からの蒸発にともなう水損失も小さいと考えられる。したがって、心土の水移動は、亀裂中に分布する根の吸水によって生じる水平方向の水移動が卓越すると考えられる。

そこで、Richardsの方程式によって、水平一次元流を表わせば次式のようにになる。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K(\phi) \cdot \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \quad (1)$$

ここで、 $\theta$ は体積含水率、 $t$ は時間、 $X$ は亀裂面からの距離、 $K(\phi)$ は透水係数でマトリックポテンシャル $\phi$ の関数である。

解折にあたって、初期条件・境界条件は次のように設定した。

<初期条件>

$$\theta = \theta_i, \quad 0 \leq X \leq \frac{D}{2}, \quad t = 0 \quad (2)$$

<境界条件>

$$K(\phi) \frac{\partial \phi}{\partial x} = S, \quad X = 0, \quad t \geq 0 \quad (3)$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial x} = 0, \quad X = \frac{D}{2}, \quad t \geq 0 \quad (4)$$

ここで、 $D$ は亀裂と亀裂の間隔で(4)式は、中点( $D/2$ )を横切って水移動が生じないことを示している。亀裂面からの水の消失は蒸発によるものではなく、根の吸水によってのみ水の消費が行なわれると仮定した。また、根の吸水は、土壌水分の多少にかかわらず一定であると仮定した。(3)式の $S$ は、単位面積の亀裂面から根の吸水によって消費される量で、次式であらわせる。

$$S = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L a$$

ここで、 $q$  は吸水率で、単位長さの根が1日に吸水する量である。 $L a$  は、根の平面密度である。亀裂面によってはさまれた根は両側の亀裂から吸水するので、1つの亀裂面を対象とする場合には、係数は  $1/2$  となる。計算に際して、根は昼間吸水を行ない、夜間は吸水を行なわないとし、昼間の12時間に1日の吸水量を与えた。そのため(5)式は、

$$S = q \cdot L a \quad (\text{昼間}) \quad (6)$$

$$S = 0 \quad (\text{夜間}) \quad (7)$$

となる。

解折は、Cambell<sup>1)</sup>のプログラムを一部修正して行った。計算において  $D=15 \text{ cm}$ 、 $q=0.01 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$ 、 $L a=1.0 \text{ cm} \cdot \text{cm}^{-2}$  を用いた<sup>2,3)</sup>。計算に必要とされる物性値のうち  $K_s$  (飽和透水係数) は実測値で  $9.8 \times 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-3}$ 、 $b$  (水分特性曲線、透水係数との関係を表わす実験式のべき定数) と  $\phi$  (空気侵入ポテンシャル) は実測値を近似するようにそれぞれ  $13.7$ 、 $-22.7 \text{ J} \cdot \text{K} \text{ g}^{-1}$  とした。なお透水係数の近似式は、次式を使った。

$$k(\phi) = k_s \cdot (-1/\phi)^n \quad (8)$$

ここで、 $n=2+3/b$  である。

初期水分を体積含水率で52% (マトリックポテンシャルで  $-0.04 \text{ MPa}$ ) に与え、7日目の吸水が終了したときの水分分布の計算結果を Fig. 2 (a) で示す。7日間の吸水で、平均水分が51.6%となり、初期水分に対して約0.4%の水分が失われ、亀裂面 ( $X=0$ ) と中点 ( $X=D/2$ ) の体積含水率の差は、0.96%である。その後、夜間12時間の再分布によりこの差は、0.55%に減少する (Fig. 2 (b))。また、初期水分が体積含水率で52%、吸水量を2倍の  $0.02 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$  にしたときの7日間吸水終了時の水分分布を Fig. 2 (d) で表わす。このときの亀裂面と中点の体積含水率の差は、2.34%となり (a) の条件に比べ亀裂面での水分の低下が著しい。このことは、吸水量の増加が根の近傍でのマトリックポテンシャルの低下を引き起こし、これにともなって透水係数が小さくなり、水分勾配が大きくなることを示している。一方、初期水分が49% (マトリックポテンシャルで  $-0.08 \text{ MPa}$ ) で吸水量が  $0.01 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$  のときの7日間の吸水終了時の水分分布は Fig. 2 (c) となり、亀裂面と中点の体積含水率の差は、1.95%となり、このときも亀裂面近傍で水分勾配が生じている。

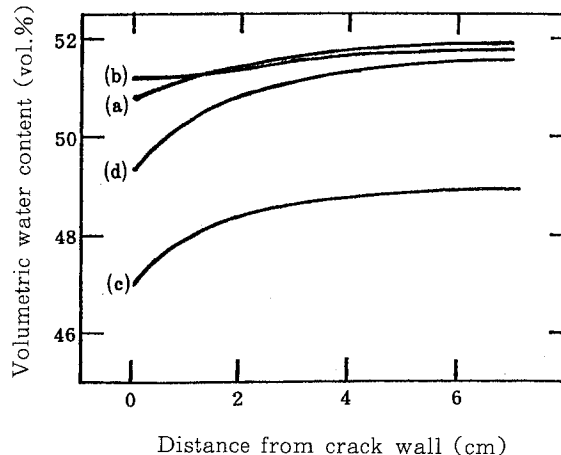


Fig.2 Calculated soil water content in the vicinity of crack wall after 7 days extraction at the rate of  $S \text{ (cm/d}^{-1}\text{)}$  from crack wall. (a)  $S=0.01$  after daytime, (b)  $S=0.01$  after redistribution in the nighttime, (c)  $S=0.01$  after daytime, (d)  $S=0.02$  after daytime.

#### 4 考 察

根の水平一次元吸水モデルによるシミュレーションから次のことが明らかになった。(1) 初期土壌水分が多いときほど、水分勾配は、小さくなる (Fig. 2 (a), (c))。すなわち、根の吸水量が同じ場合土壌水分が多いときほど、根の吸収によって消費される水量を補償すべき土中の水分は移動しやすい。(2) 根の吸水量が多くなるほど、水分勾配も大きくなる (Fig. 2 (a), (d))。すなわち、土壌水分が同じ場合、根の近傍での水分消費量は多くなり、土壌水分の低下にともなって透水係数が低下し水分勾配が大きくなる。

しかし圃場調査結果では、著者らが室内試験<sup>2)</sup>で得たような急激な水分勾配や、シミュレーションから予想される根の吸水による水分勾配は認められなかった。これらの相違は、室内試験にくらべ圃場調査から得られた根の密度はほぼ1オーダー小さく、吸水量が少なかったためである。また、シミュレーションでは、水分勾配が生じているものの亀裂面と中点の体積含水率の差は小さく、圃場における、例えば初期含水率の分布が必ずしも一様ではなかったなどの不均一性の方が卓越したためと考えられる。

以上のように根の吸水にともなって圃場の亀裂面近傍に水分勾配が生ずるためには、土壌水分が非常に少ないときの透水係数 (K) の低下による場合、亀裂面に分布する根による吸水量 (S) が大きい場合の両方があると結論できる。

<謝 辞>この研究を始めるきっかけをつくっていただいた茨城大学農学部教授 (現在：東京農工大学大学院教授) 安富六郎博士と茨城大学農学部助教授軽部重太郎博士に深謝致します。

#### <引用文献>

- 1) Campbell, G. S. 1985, Soil Physics with Basic. - Transport models for Soil plant systems, -
- 2) Hasegawa, S., and T. Sato. 1985, Soil water movement in the vicinity of soybean roots determined by root plane experiment, 農土論集 117 : 17-24.
- 3) Hasegawa, S., and T. Sato. 1987, Water uptake by roots in cracks and water movement in clayey subsoil. Soil Sci, 143 : 381-386.
- 4) Newman, E. I. 1966, A method of estimating the total length of root in a sample. J. Appl. Ecol. 3 : 139-145.
- 5) 佐藤泰一郎・長谷川周一. 1984. 粘土質転換畑下層土の水移動と根の吸水について. 昭和59年度農業土木学会大会講演要旨集. 314-315.

#### Summary

Roots are often observed to grow in cracks formed in clayey subsoil. Water content gradients in these cracks, however, have not been examined under field conditions. We calculated the soil water content in the vicinity of the cracks in a field based in Richards' equation. Field experiments showed that there was no gradient when the average soil water content was  $-0.1\text{MPa}$  (Fig. 1). Calculation showed that the soil water content gradient near the roots was very small for a soil water content exceeding  $-0.1\text{MPa}$  and that it became larger when the water absorption rate increased due to the high root density (Fig. 2).

The results obtained confirmed that the soil water content gradient in the subsoil decreased uniformly regardless of the distance from the crack wall with roots.

## 土壌物理におけるチキソトロピーの研究

安富六郎\*・中石克也\*\*

A Review on Thixotropic Researches in Soil Physics

Rokuro YASUTOMI and Katuya NAKAISHI

The Faculty of Agriculture Ibaraki University

### 1. はじめに

チキソトロピーとは“等温下でかきまぜたり、振りまぜたりすることによってゲルが流動性のゾルに変わり、放置すると再びゲルにもどる性質”である<sup>2,3)</sup>。この現象は練りかえしによる軟化・硬化であり、可逆的であるかどうかはあまり問題にされない。農業的には犁による土壌耕耘時の牽引抵抗変化や、ブルドーザーによる切り盛り時の練りかえしが運土能率低下の原因と見られるが、機械の高馬力化や足まわりの改良によって、最近はその性質自身はあまり重視されていない。圃場整備における粘質土の取扱いや干拓地における土工、とくに暗渠施工時の練りかえしによる地耐力低下は施工管理上いまま重要である。侵食や雪解け後の軟弱化する土壌は圃場作業のみならず未舗装農道でも問題にされる<sup>5)</sup>。田植え機械と土壌の硬さについては土のチキソトロピー的性質と関係がある。

土壌物理では伝統的に土の透水性や保水力が中心的課題であり、必ずしもティルス (Tilth)、土壌硬度論、土性論から見た練りかえしの研究が進む条件にはなかった<sup>4, 22, 44)</sup>。ここでは、土壌のチキソトロピーが土壌物理のなかでどのような位置にあったかを顧み、今後の展開の方向を探ってみた。

### 2. チキソトロピーの評価方法

#### (1) 流動の分類

Burgers と Scott Blair<sup>1)</sup>によれば練りかえしによって生ずる軟化現象は、放置すれば再びもとの状態に回復

するが、より硬くなることが多いと言われている<sup>8)</sup>。チキソトロピーの発現は破壊と構造形成との進行速度によってきまると考えられる。したがって固化時間の差は観測時間、分散粒子の濃度によっても著しく変わる<sup>12, 34, 35)</sup>。しかしその定量化は必ずしも客観的でなく、むしろ目的別に測定方法があり、相互の比較は困難なことが多い。

レオロジー的挙動の中には剪断速度に依存しない粘性率をもつニュートン流動と、剪断速度に依存する非ニュートン流動がある。非ニュートン体は流動系全体が剪断過程で硬化する剪断硬化体と軟化するチキソトロピー体に分けられるであろう。塑性体は降伏値をもつ流動であり広義のチキソトロピー体に含まれる。このチキソトロピー体にはレオベキシー挙動が含まれる。この流動を含むチキソトロピー流動が土壌の力学性を複雑なものにしている。

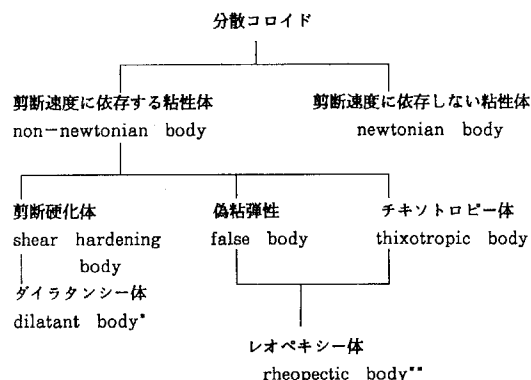
一般に分散コロイド系の流動に見られる軟化・硬化現象としてのチキソトロピー流動は図1のような位置づけられるであろう。

チキソトロピーの定量化については、多くの方法がある。例えば沈降体積、粘性変化、固化時間<sup>9)</sup>、降伏値<sup>30)</sup>または Goodeveによるチキソトロピー係数<sup>36)</sup>、Greenのヒステレシス・ループによるもの<sup>13)</sup>、Skempton<sup>36)</sup>、Terzaghi<sup>43)</sup>など<sup>7)</sup>のアッターベルグ限界を用いた液性指数によるものがある。多くの測定例からチキソトロピーの評価は基本的に沈降体積、アッターベルグ常数<sup>3)</sup>、降伏値および流動曲線による。

#### (2) 沈降体積

沈降体積は分散系の堆積構造を示す指標として用いられている<sup>1, 2)</sup>。比表面積の高い粒子は沈降過程で凝集沈

\* 東京農工大学連合農学研究科 〒183 府中市幸町3丁目5-8  
 \*\* 茨城大学農学部 〒300-03 茨城県稲敷郡阿見町3998  
 土壌の物理性 第60号 p. 28~33 (1990)



注 \* 変形によって体積拡張して剪断抵抗が増す硬化現象  
 \*\* かきまぜたり振りまぜたりすると凝集する硬化現象

図-1 コロイド分散系流動の軟化・硬化の系統

降し、かさの多い堆積を行う。これは、微細粒子が多いほど、また、凝集沈降を呈するものほど堆積充填構造が疎となり、内部構造の外力による破壊が容易に生じ、いわゆる構造粘性的となる<sup>14)</sup>。したがって、沈降体積  $S_v$  はチキソトロピーと密接な関係がある<sup>9)</sup>。

Robinson<sup>29)</sup> は粒子の単位体積あたりの占める沈降の体積比 ( $cc/cc$ ) で示される相対沈降体積 (relative sediment volume)  $S_v$  とコンシステンシーを示す比粘度  $\eta_{sp}$  との関係を実験式としてつぎのように示した。

$$\eta_{sp} = \chi \cdot \phi / (1 - S_v \cdot \phi) \quad \text{---(1)}$$

但し、 $\chi$  : 常数、 $\phi$  : 体積濃度

この式はEinsteinの濃度と粘性の関係式と同様な内容を持ち、比粘性率  $\eta_{sp}$  は  $(1 - S_v \cdot \phi)$  で示される単位体積中に含まれる自由空間体積と  $\phi$  で示される粒子の充填空間体積との比で決まる。White<sup>44)</sup> は沈降体積とアッターベルグ常数との関係をしらべた。また小野・渡辺<sup>26)</sup> は相対沈降体積  $S_v$  と液性限界  $LL$  の関係をつぎのような実験式で示した。

$$S_v = \frac{LL + ((100) / (\text{粒子の比重}))}{(100) / (\text{粒子の比重})} \quad \text{---(2)}$$

この式は  $S_v$  が  $LL$  の粒子のもつ水分吸着量 (膨潤量) の一次式で現すことができることを実験的に求めたものである。

### (3) アッターベルグ限界

土壌学者アッターベルグは土のコンシステンシーを示す方法として水分量と土壌の粘着性がある範囲の水分領域で著しく大きいことに着目し、液性、塑性限界を定めた。この方法はチキソトロピー的な効果を含む測定法であり、自然状態の土壌含水比を導入することによって軟化の程度の評価ができる。

Terzaghiは液性指数 ( $IC$ ) を用いて土の分類を行った<sup>43)</sup>。

$$IC = (W - PL) / (LL - PL) \quad \text{---(3)}$$

ここで  $W$  は自然土壌の含水比、 $LL$  と  $PL$  はそれぞれアッターベルグの液性限界、塑性限界である。 $W$  が  $LL$  に等しいとき、練りかえしによって自然土壌が液性限界の状態になることを示している。このとき  $IC = 1$  となる。これに対し練りかえしても自然土壌が  $PL$  状態に保たれるものでは、 $IC = 0$  である。この  $IC$  値が 1 以上でチキソトロピーが現れる。

開田または開畑して熟田または熟畑となるまでには少なくとも10年は経過しなくてはならないと言われている。開墾後、できるだけ短時間に熟化出来る方法が望まれるが、そのためには有機物含有量がきめてとなる。有機物には様々なイオンが含まれるが、その含有量が高まるにつれてアッターベルグ限界  $LL$ 、 $PL$  値は高くなる<sup>21)</sup>。さらに交換性陽イオンとして  $Ca^{2+}$ 、 $Na^+$ 、 $F e^{2+}$ 、また陰イオン  $OH^-$ 、 $SO_4^{2-}$  の濃度が高まればチキソトロピー的性質も高まる<sup>26)</sup>。熟田化によって  $LL$ 、 $PL$  が増加するものもこのようなイオンの存在によると考えてよいであろう。

### (4) 降伏値

流動における降伏値とは、剪断力が増すと弾性体から粘性体となり流動するときの、応力である。したがってこの値は一種の相変化による力学的転移点であり、固体から液体になる軟化点を意味する。

Pryce-Jones<sup>27)</sup> はニュートン流動以外の非ニュートン流動を全て軟化・硬化現象として扱った。彼はポイントのチキソトロピーの評価に際し、試料攪拌後の一定静置時間における強度回復を一定のねじりを与えたトーション・ワイヤを試料に浸し、そのねじり角の戻りはやかに

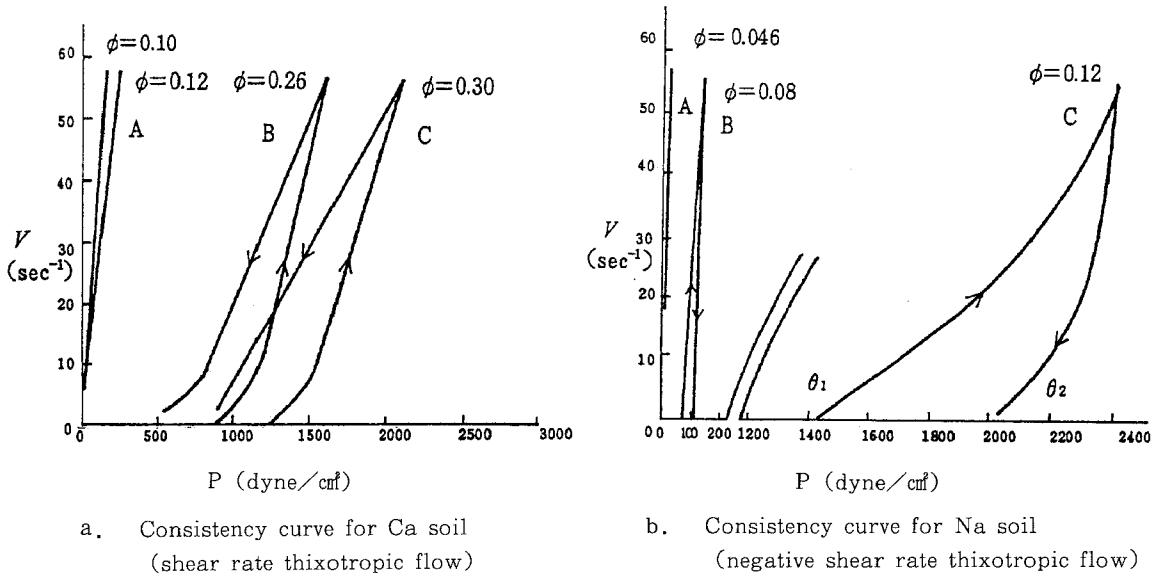
よって比較している。この方法は一種の応力緩和試験といえる。土壤の降伏値は通常、ベーン剪断試験、ねじり試験による測定が用いられる。これらは、いずれも原理的には同じと考えられるが、ベーン剪断ではかく乱による強度低下を弾性体から粘性流動に変化する限界値の測定によるのに対し、Pryce-Jonesの方法は粘性流動から弾性体へ変化する限界値を問題としている。かれの研究はペイント塗装の仕上がりを重視したので、軟化流動特性と強度回復時間が重要であった。

(5) 流動(コンシステンシー) 曲線

土壤のレオロジー特性の測定法として回転粘度計やクリープ試験によるものがある<sup>6)</sup>。土壤の粘弾性は、大変形または高濃度のサスペンションではビンガム流動体であるから、水田土壤の代かき状態における特性を調べるには回転粘度計が有利である。また、路床や地盤の沈下のように粘性の大きい変形解析にクリープ試験が用いられる。粘質土壤では力学的線形性は成り立たないことが多いので、土のように大変形の複雑な挙動の解析には線形挙動測定を基本とする測定(振動粘度計など)はあまり有効でない。土・水系サスペンションの流動特性は含有イオン濃度、サスペンション濃度によって著しく変化する。その程度は剪断速度と剪断力によって示される流動曲線(consistency curve)の囲む面積によって測ら

れる。面積変化の理論的考察は反応速度論や不可逆過程の熱力学にも興味ある領域を有している<sup>3,3)</sup>。図-2に示すように、縦軸に剪断速度 $V$ 、横軸に剪断力 $P$ をとると曲線はA、B、Cと濃度が大きくなるにつれ、上昇曲線と下降曲線からなるヒステレシス・ループの面積はおおきくなる。チキソトロピー流動はざり速度チキソトロピー流動(shear rate thixotropic flow)と逆ざり速度チキソトロピー流動(negative shear rate thixotropic flow)に大別され、前者は図-2のaに示されるように流動過程によって軟化が促進する。図-2のbについて矢印方向に曲線をたどるとき、降伏値 $\theta_i$ についての最終値は初期値よりも大きい。このような特性をもつ土壤ペーストは攪拌時には見かけ粘性は低下するが、静止させると硬化し降伏値が増すことがわかる(逆ざり速度チキソトロピー流動)<sup>37)</sup>。しかし、このヒステレシス・ループの面積は剪断速度 $V$ の変化させる速度によって変わり、剪断速度 $V$ の時間 $t$ にたいする変化割合 $dV/dt$ を規定しなければ、この面積の比較は出来ない<sup>20, 47)</sup>。練りかえしの大きい条件では、土壤ペーストでは図-2のbのように逆ざり速度チキソトロピー流動となり、練りかえし後の降伏値が初期の値よりも高くなる。

田植えの土壤の性質はbのような特性を持つものがよいと考えられる。逆に、攪拌時に見かけ粘性が増加して



a. Consistency curve for Ca soil (shear rate thixotropic flow)

b. Consistency curve for Na soil (negative shear rate thixotropic flow)

図-2 第三紀に由来する粘土質土壤にNa, Caイオンを添加したサスペンションの流動特性<sup>46)</sup>

- a. ざり速度チキソトロピー流動
- b. 逆ざり速度チキソトロピー流動
- φ 体積濃度



静止させると硬度（降伏値）が低下する土壌は田植え土壌としては不適な特性といえる。これがいわゆるダイラタント的な性質であり、砂質土壌のイツキの理由と考えられた。水田土壌の力学性は田植えと関係することは、すでに長田、山崎らによって報告されている<sup>45)</sup>。

### 3. 土壌物理におけるチキソトロピー

この種の研究にはScott Blair による土壌の粘着性の研究<sup>31)</sup>がある。彼はブラウ抵抗の牽引と粘質土壌との関係を調べ土壌がうけた気候的变化の影響は土のもつ力学的性質に重要な影響を与えていることを実験的に確かめ、土のもつ軟化の性質を粘稠性(plasticity)の大小で評価した。ここでいう粘稠性とは荷重によって塑性変形を始める応力である。この“降伏値”によってチキソトロピーの程度が比較された。同じ水分でも降伏値の高い土壌は、寒く、かつ乾燥した気候状態にみられ、逆に湿潤で温暖な気候では降伏値の低いことが知られている。これは寒冷な状態で土壌が構造的に破壊される結果、粘土の水にたいする分散性が低下し、凝集的な構造再編によると考えられる。

チキソトロピーを示す土壌は構造が発達した土であり粒子間には結合の再形成が見られ、アルカリ土壌と関係が深い。ロシアの土壌分類によるアルカリ土壌の一つであるソロネツは特に構造が発達してチキソトロピー的な性質を示す。また熱帯湿潤地帯に見られる溶脱の進んだ弱アルカリ性のラテライトでは塑性の状況が溶脱の程度で異なると言われている<sup>32)</sup>。

わが国のレオロジーはチキソトロピーの研究からはじまる。玉虫は粘土鉱物のチキソトロピー的な性質を研究し<sup>30)</sup>、レオロジーをコロイド化学の分野に位置づけた。また、山崎、菱沼らの代かき作業の科学的意義についての研究<sup>15, 45)</sup>では、土壌のダイラタンシーあるいは、チキソトロピーに類似する現象の重要性が指摘された(1954)<sup>40)</sup>。さらに、土質力学の分野でも地盤沈下について、土のチキソトロピー的な性質<sup>18)</sup>との関係が示唆されている。水稻移植機の開発と性能試験が全国的に開始された1966年から水田土壌の力学性が注目されて、水田における機械の走行性と土壌の物理性の研究も行なわれた<sup>22)</sup>。

#### (1) 代かきと田植機

1960年代の移植機の問題は欠株がときには30%にも達することがあり、その改善が最大の課題であった。移植された苗も土壌が柔らか過ぎると倒伏して生育できない。このような問題は水田の代かき状態、移植時の水深と土壌の物理条件によると考えられた。水田土壌は攪拌によって泥寧化し一旦分散して軟化するが、時間とともに

に、ち密な土壌構造になって硬化する。この状態では移植時に土は軟化するが、短時間に回復し安定したコンシステンシーを示すようになる。水田土壌の沈降体積から土壌構造の発達度を調べると、土壌の沈降高さが沈降時間によって減少する。さらにある安定な状態まで沈降したとき、上澄みを除去して再度攪拌した後に沈降させると、沈降がさらに進み安定な堆積状態に達する。

藤尾ら<sup>10)</sup>は以上の沈降・堆積の性質をもとに、円筒状おもりの重量(荷重)と沈下深さ(変形)との関係をしらべ、荷重と沈下深さとの比を底面積で割った値を粘稠度( $g/cm^2$ )とした。さらに、沈下が0である時の限界荷重を底面積で割って降伏値とした。この粘稠度と降伏値は、沈降泥より攪拌泥が、攪拌沈降泥より再攪拌沈降泥の方が、共に小さくなることを実験的にたしかめた。即ち攪拌沈降とさせた試料ほど攪拌することによって、容易にチキソトロピー的な性質が発現することを示した。沈降し堆積した水田土壌の上澄みを除去しその土を攪拌すれば軟化してさらに凝集硬化が促進するが、より強いチキソトロピー的な性質が付加する。この性質を利用して、水田圃場の代かき後、落水させ、さらに代かきして沈降させた後、機械による移植を試みた結果、欠株は著しく減少した<sup>19)</sup>。

チキソトロピーの生ずる程度は懸濁液の濃度によって異なる。以上を流動特性からみると、懸濁液を攪拌すると、まず軟化現象がみられる。その後の回復過程では初期の硬さ(降伏値)よりも増加する特性を利用していることになろう。回復過程の硬化は懸濁液の濃度が大きいほど、また団粒構造の破壊が大きいほど顕著になる。水田土壌にはこのような逆ずりチキソトロピー流動特性の発現が移植時には必要であろう。

#### (2) 施工および耕耘

小橋ら<sup>23)</sup>は干拓地水田土壌に施工するモグラ暗渠はトラクタの走行によってその殆どがつぶされる。彼はこの理由を土壌のくりかえし荷重による軟弱化であることを明らかにして、施工深さの検討を行った。

砂防や侵食について砂質土の表面崩壊の実験からマサ土の例に見られる表面流動すべりの運動特性はビンガムの流動である<sup>24)</sup>。このビンガム流動は滑動面を持ち、剪断面で生ずる強度低下は流動の速さや崩壊の規模に関係する。すなわち、初期の滑動のための荷重が大きいほど流動後の軟化は大きく、流動の速度や流動域の広がりも大きくなるであろう。

改良山成工法による火山灰土の土工運土過程でのスリップは作業能率に著しい低下をもたらす<sup>41)</sup>。このような練りかえしは土壌構造を壊し、土壌水分特性に大きい変

化を与える。練りかえしによるPF値の低下などが強度の低下を促す原因と考えられる<sup>42)</sup>。

ブラウによる耕耘抵抗は速度に比例するが、土壌の性質によって複雑な臨界速度が現れる。この土の抵抗変化はあたかも液体における層流から乱流への変化に似ていることが指摘されている。この力学的な変化には土のチキソトロピーまたはダイラタント的性質が関係する<sup>32)</sup>。ロータリー耕耘機の場合にも切削速度と全耕耘トルクとの間には土壌によって大きな差があり、粘土質では切削速度の増大で耕耘エネルギーが漸減する<sup>16)</sup>ことは土壌の軟化を裏付けている。

#### 4. 今後の展望

地すべり、水食、トラクターの走行性、テイルスなどについての土壌の力学性の解析、および土壌分類などが土壌物理に関連する分野と考えられる。家庭用雑排水のコロイドなどを含む土壌浸透水の挙動は単純ではない。地すべりについては、土水系の含有イオンが浸透水とともに土層内のイオンと交換を行い、これが引き金となることもあろう。水食についても泥流のレオロジー特性がチキソトロピー的かダイラタント的かによって水食の加速の危険が高い土壌であるかどうかの判断基準が考えられる。

土壌中の塩分集積による力学性の変化をレオロジー的に見ることも土壌管理面から必要であらう。硬盤形成と土の力学性も今後の研究課題のように思われる。

#### 文 献

- 1) 青峰重範、土肥誌, 17, 569-575 (1943)
- 2) Do, 19, 35-36 (1948)
- 3) Atterberg, A., Int. Mitt. fur Bodenkunde, 1, 10-43 (1911)
- 4) Baver, L. D., "Soil Physics", N. Y. John Wiley and Sons (1940)
- 5) Bodman, G. B., Robin, J., Soil Science, Soc. Amer. Proc., 13, 27-36 (1948)
- 6) Bodman, G. B. and Colmn, E. A., Soil Science, 68, 37-56 (1949)
- 7) Boswell, P. G. H., Quarterly J. of Geological Science, 104-499 (1949)
- 8) Brugers, J. M. and Scott Blair, G. W., Joint Committee on Rheology of the International Council of Scientific Union, Proc. Int. Rheol. Cong. Amsterdam. (1948)
- 9) Frundlich, H., Schmit O. und Lindau, G., Kolloid Beihefte 36, 43-81 (1932)
- 10) 藤尾福蔵、土壌の物理性、31, 9-13, (1975)
- 11) Gabrysh, A. F. et al, Trans. Soc. Rheology v. 67-84 (1961)
- 12) Green, H., "Industrial Rheology and Rheological Structure" p45, John Wiley and Sons, N. Y. (1949)
- 13) Green, H. and Weltmann, N., Ind. Eng. Chem. Anal Chem. Ed. 15, 201 (1943)
- 14) Hauser, E. A. "Silicic Science" p34-37, van Nostrand Co, N. Y. (1955)
- 15) 菱沼達也, "私の農学概論" 農文協 (1973)
- 16) 松尾昌樹、山形大学農学部紀要、3、4、583-591 (1961)
- 17) Moony, M., J. Colloid Sci. 1, 195-208 (1946)
- 18) 森 麟、土木学会論文集、57、7 (1958)
- 19) 中江克巳・藤尾福蔵・木村勝一、農業機械学会東北支部報 14, 35-41 (1965)
- 20) 中石克也、粘土分散系のチキソトロピー、農業土木土壌物理研究部会 (1988)
- 21) 小橋英夫・長堀金造・種村親志、岡山大学農学部学術報告 33、89-93, (1969)
- 22) 小橋英夫、土のチキソトロピーに関する土性論的研究 (未刊行)
- 23) 小橋英夫・長堀金造・荻野芳彦、岡山大学農学部学術報告 32、75-85, (1968)
- 24) 小橋澄治・今井重利・草野国重、新砂防79, 6-12, (1971)
- 25) 国分欣一、土壌の物理性、21, 21-27 (1970)
- 26) 小野宗三郎・渡辺武彦、日化会誌, 74, 436 (1953)
- 27) Pryce-Jones, J., Kolloid Z. 129, Heft 2/3, 96-122 (1952)
- 28) 理化学辞典 岩波 (1981)
- 29) Robinson, J. V., J. Phys. Colloid Chem, 53, 1042-1056 (1949)
- 30) Scott Blair, G. W., Physics 4, 113-118 (1933)
- 31) Scott Blair, G. W. and Yate, F., J. Agric. Sci. 22, 639-646 (1932)
- 32) Scott Blair, G. W. and Markus Reiner, Agricultural Rheology, Routledge & Kegan Paul, London. (1957)
- 33) Seno, M., Bull. Chem. Soc. Japan, 39, 7, 1401-1406 (1966)
- 34) 妹尾 学、農業技術 17, 5, 221-225 (1962)
- 35) DO, 17, 7, 340-343 (1962)

## 安富・中石：土壌物理におけるチキソトロピーの研究

- 36) Skempton, A. W. and Northey, R. D., Geotech, 3, 30-53 (1963)
- 37) 須藤清次・安富六郎、土肥誌、34 (8) 296-308 (1963)
- 38) 玉虫文一、日本化学会誌61, 280 (1940)
- 39) 玉虫文一、56, 778 (1935)
- 40) 玉虫文一、“代かき”の問題と土壌研究、科学、24、6、303-304 (1954)
- 41) 竹中 肇・山崎不二夫ら、農土論集 (14) 71-76 (1965)
- 42) 竹中 肇・安富六郎、農土論集 (14) 54-59 (1965)
- 43) Teruzaghi K., Proc. First Int. Conf. Soil Mech. 1, 161 (1936)
- 44) White, W. A., Am. Mineral (1949)
- 45) 山崎不二夫“シロカキの研究”金原出版 (1959)
- 46) 安富六郎・須藤清次、農土研別冊 3、40-45 (1962)
- 47) 安富六郎、粘土懸濁液におけるチキソトロピーの力学的解析の一手法、“火山灰と土壌” 219-223、(1983) 博友社
- 48) 米田茂男、土壌の物理性 No2, 24-28 (1960)

## 資 料

## 北総台地畑農業における土壌物理性と畑地かんがい

Irrigation and soil physical properties  
 relevants to upland farming in Hokuso-daichi district

Hideyuki TAKEDA

Chiba Prefectural Agricultural Experiment Station

武 田 英 之\*

### 1. 北総台地と根菜類

火山灰土は、石礫がなく膨張で可食部の肥大に適するため根菜類の産地となっている。作業性の点でも土壌の比抵抗が小さいので労働生産性が高い。このような土壌が分布する東京は、かつては練馬ダイコン、滝の川ゴボウなど長大な根菜類の産地であった。

やがて、都市の膨張とともに産地は、神奈川、埼玉、千葉と移動した。ゴボウは、江戸時代には、傘の広さで傘が買えると言われたほど細く長い良品ができた。1mも人力で天地返しをしてゴボウ地といわれる畑を準備し、作付けた。しかし、北総台地は面積が広く労力が不足していたため、最近まで、ゴボウの作付けはそれほど多くなかった。筆者は、昭和42年頃水道工用のトレンチャーで赤土層を掘り起こし、1m深まで軟らかくしてゴボウを栽培したところ素直に伸びた優良品ができたのでこのやり方を県の普及技術とした。

当時、千葉県のゴボウは採種用と自家用で500haの作付にすぎなかったのがこの技術によって50年代には200ha程度と4倍に増加した。ゴボウは、焼け症などの連作障害が発生するため5年の輪作が一般的であるから1万haの耕地がないと2000haの作付は確保できない。

また、千葉県は、サツマイモが8000ha弱ある。食用が80%以上でその大部分は、幅60cm深さ1.2m位の溝を畑に掘って貯蔵し、販売する。これによる深耕も相当の面積に達する。

このような土を掘る作業をするのに火山灰土の物理性は非常に好適であるからこの点からも根菜類の生産性が高い。輸送の点でも大型で重量当りの単価が比較的安い根菜類は東京に近い北総台地が他産地に比べて優位にある。平坦で雪のない気象も安定供給に役立つなど立地、地形、気象、そして土壌が北総台地を根菜類産地しているといえよう。

### 2. 耕うんと保水性

「耕やす」作業はいろいろの目的があって行うと言われている。しかし、個々の作物栽培に当たってその意義を改めて吟味してみるとかなりあいまいである。根菜類栽培では、前述のゴボウでは正常な形態を発現させるには土壌のち密度が低いことが不可欠である。

肥大根部分と吸収根が伸長する部分では許容されるち密度が異なる。普通作物に対する土壌改良目標値は24mmとなっている。これは吸収根である細根が伸長することができるということであって、肥大した根や茎を利用するサツマイモ、ヤマトイモ、ゴボウなどは14mm以下でないと変形してしまう。従来、そのような膨張な環境はゴボウを除けば一般的には畦作りで確保されてきた。農耕が始まって以来、数百年も人力の鋤、牛、馬の鋤で耕うんしたがせいぜい深さは15cmどまりであった。

それ以上の深さの軟らかさが必要な場合は土を寄せ、畦として確保する。耕うん機、トラクターのロータリーでも耕深は変わらなかった。北総台地は、黒土が表層に20~30cmあり、その下がち密度の高い赤土からできているがゴボウ栽培などに伴う深耕で上、下は混層され表土は腐植質黒ボク土から淡色黒ボク土に変わった。

\* 千葉県農業試験場北総営農技術指導所  
 〒287 佐原市大根1285  
 土壌の物理性 第60号 P.34~37 (1990)

## 武田：北総台地畑農業における土壌物理性と畑地かんがい

耕うんによって粗孔隙が増加し、気相が優占するものそれは有効孔隙にはならないので保水性は低下する。深耕すると下層までもそのような構造になり毛管連絡が切れ、下層からの水供給が断たれて早害を受けやすくなる。

また、深耕によって赤土が作土に混入しリン酸欠乏で生育不良になるのでリン酸の補給が大切であると強調されてきた。

しかし、筆者らの経験では堆肥やリン酸の増施以上に水供給能の低下に対処するのが効果的であり、少水量を頻繁にかん水するのが最も有効であった。<sup>1)2)</sup>

## 3. 畑地かんがいの展開

昭和34年から50年にかけて行われた地力保全調査事業で千葉県畑の生産力阻害要因の中、土地の過乾は4.5万haある。普通畑全体の70.8%で全国平均の16.0%に比べて断然多く、全国一となっている。<sup>3)</sup>これを背景に北総東部、成田、東総など利根川を水源とする本格的な畑地かんがい事業が北総台地を中心に展開された。

年平均降水量は1500mm程度でそれほど少なくはないが高い山がないため夏、雷の発生が少なく7～8月にかけて旱天が続く。この地帯のこれまでの無降水継続日数の累年最大値は7月30日から8月30日までの32日という記録がある。また7月の年平均降水量は銚子で105mm、三里塚で125mm、8月は銚子140mm、三里塚125mmと少ない。根系が深く、広いラッカセイ、サツマイモはこの時期の旱天に強い特産作物として作付されてきた。

畑かんのはじめの頃は輪作に畑水稻を入れ、同時に野菜類の作付を増やす振興計画が樹てられた。

畑かん事業施工の前提作物は、基本的には畑水稻で、かん水法、かん水量はそれに対応すべく決められた。すなわち、順番に一定水量をかけるローテーションブロックがとられた。土壌の保水性も調査されたが、本来、黒ボクの火山灰土は保水性が良く、最大は場容水量から毛管連絡切断点含水量までの保水量は土壌の深さ10cm当たり約2mmあり(第1表)計画策定で採用した10mmを上廻るものであった。1日の水消費量(蒸発散量)は4～5mm、5～7日間断で1回30～40mm、かん水強度10mm/時間、中圧のスプリンクラーを使い1セット(40a分)1日2回移設散水する計画が決まった。

## 4. かんがい開始点の問題

作物を育てるためのかん水では、どれだけ乾いたらどの位の水量をかけるかは作物ごとに、生育段階ごとに異なる。労力の点からはできるだけ乾いてから沢山かけたがい収量が減っては困るので光合成能が低下しないぎりぎり乾いたPF\* 2.7～3.0でかけるのが普通である。

水量は、30cmの深さまでの土層がほ場容水量(北総台地は、ほぼPF1.7としている)に戻る量ということで現在は、標準土壌のPF-MV曲線で概算している(表1)

工事の計画では、前述の1のとおりで散水強度10mm/時、3～4時間散水で30～40mmかん水である。しかし、これで作物栽培ができるわけではない。ニンジンの細かいタネは、朝霧、夕霧ほどの表面のしめりで良く発芽する。

第1表 八街町畑かん試験地土壌(今井氏ほ場)の保水性 (1972 地力保全研究室 渡辺)

PF-MV% (容積水分率=ml/100ml)

P F	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	3.0	3.2
MV% PF1.7にも どす水分量	42.5	41.2	39.5	38.5	37.2	36.0	34.8	33.5	32.5	31.5	30.3	29.3	26.2	24.8
土層30cm保 持水分(mm)		0	5.1	8.1	12.0	15.6	19.2	23.1	26.1	29.1	32.7	35.7	45.0	49.2

腐植含量：6～7% 固相率：20～22%

ほ場容水量：PF1.7 毛管連絡切断点 含水量：PF2.7(測定法は砂柱法・吸引法・遠心法の併用)  
(土壌物理研究会の火山灰土壌での統一基準数値)

※現場では、20年以上前からPFで指導しているので現在もそれで継続して使っている。

スイカ、メロンを甘くし、サツマイモのでんぷん価を高めるには、収穫期近くには深くまで乾かすなどの対応が必要になる。テンシオメータで水分張力を観測しようとしてもごく浅い層は測定できない。テンシオメータ観測にはさらにいろいろな問題がある。ち密度が14mm以下といった、粗孔隙の多すぎる土壌では、ポーラスカップと土壌が密着しないため、計器は作動しない。マルチ、畦立栽培、チューブかん水ではカップをどこに設置すれば正確な数値になるのかわからないなどである。

粗孔隙の多いマルチ内などの水移動は、毛管移動ではなく蒸気水が主ではないかとも考えられるがこのような知見は不足している。これらの栽培条件は、かなり日本的なものであり農業の地域的特異性をあらわしているものであろう。それらに対する水管理、かん水開始点の基準が現在出版されているいくつかのハンドブック類には第2表のようにまとめられている。しかし、この数値はどのような条件下で試験されたか明らかでないにしても土壌の保水能からはPF1.0~1.5がかん水開始点とい

第2表 各作物の灌水開始時における土壌水分張力

作物名		研究者	灌水開始時の土壌水分張力			
畑作	水稲	五島・安藤 (1967)	PF2.7 (5cmの深さ)			
	オーチャードグラス	井上 (1968)	PF2.7			
	ソルゴー	五島・安藤 (1966)	PF2.7~3.0 (30cmの深さ)			
	アルファルファ	志村ほか (1966)	PF3.5 (5cmの深さ)			
	イタリアンライグラス	井上 (1968)	PF3.2			
野菜 (露地栽培)	きゃべつ	安藤・越野 (1965)	夏PF3.2, 秋冬PF3.5			
	"	鈴木ほか (1970)	PF2.0			
	きゅうり	東近農試	PF2.7			
	"	鈴木ほか (1969)	PF2.5			
	ピーマン	東近農試	PF2.7			
	"	茨城農試	PF2.5			
	とまと	東近農試	PF2.7			
	はなやさい	"	PF2.5 (15cmの深さ)			
だいこん	"	PF3.0以下 ( " )				
さいも	茨城農試	PF2.0				
野菜 (施設栽培)	メロン	景山・正木 (1969)	初期	交配期	ネット期	後期
	"	内藤・柴田 (1969)	PF2.0	2.0	2.7~2.9	2.4~2.7
	"	河森ほか (1969)	PF1.5~2.2	1.8~2.5	1.0~2.0	1.5~1.8
	とまと	沖森ほか (1969)	PF2.0~2.7	2.0~2.7	2.8~2.9	
	"	近藤ほか (1967)	PF1.7 (20cmの深さ)			
	"	此本ほか (1968)	PF2.0 (15cmの深さ)			
	いちご	静岡農試 (1968)	PF1.5			
	"	岐阜農試 (1968)	PF1.5~2.0			
	きゅうり	岐阜農試 (1967)	PF1.5~1.7			
	"	千葉暖地 (1967)	PF1.7			
セルリー	静岡農試 (1968)	多肥PF2.0, 少肥2.3				
"	東近農試 (1969)	PF2.4~2.5				
			PF1.7~2.0			

注) 深さの記載のないものは10cm。

うことは考えにくい。さらに栽培中に水分の変化でコンシステンシーなども変わる。腐植含量の低下で土はより一層固結しやすくなり発芽不良を起こす。これらの問題はかん水強度の決定やかん水器具の選択などに影響する。土壌物理の面からの究明が耕うん整地、栽培管理、作物生育、かん水など多くの分野に役立つはずである。

### 5. 日本における畑地かんがいの特異性

日本は、モンスーン地帯で雨が多く、北総でも年間1500mmほどある。蒸発量が800mmであるから同じ位の量が地下水になったり河に流れたりする。それにもかかわらず早ばつが起こるのは、雨の季節的な偏在、年次変動のためである。この対策として、畑地かんがい事業が施されるわけであるが、畑かんについて経験の乏しい日本では欧米先進国の乾燥地における畑かんをテキストにすることが多かった。しかし、かん水技術の前提となる土壌の保水能力、根の張り方、収穫目的物の価値評価の基準などが乾燥地とは大きく異なる。さらに日本においても

各地のそれぞれの現場で異なるなど、共通項は少ない。北総台地は、野菜（イモを含む）が主になりつつある。それらの作物の早害などの評価は収量より品質であり、また生産のタイミングがより大きな意味を持っている。かんがいしなければ作物が生育しなかったり、収量が激減する地帯とは次元が異なると考えるべきであろう。大きな投資をして進めている畑地かんがい事業である。より高度な農業を展開し消費者ニーズに応えることと生産農家の所得向上に寄与する技術を確認すべく努力中であるが、基本的な問題の解明について、関係者の協力助言を賜りたいと念願している。

- 1) 千葉県農試畑作営農研究室  
昭和59年3月 昭和58年度試験成績書
- 2) 千葉県農試畑作営農研究室  
昭和61年3月 昭和60年度試験成績書
- 3) 土壌保全調査事業全国協議会  
昭和54年3月 日本の耕地土壌の実態と対策

## 土壤に関連する農業機械について

後藤隆志\*

土壤に関連の深い主要な農業機械には、土壤に支持されては場内を走行する農用車両と、作物の生産性を向上させるために作物生産の場であるほ場の土に働きかける耕うん整地用機械がある。

農用車両に関しては、わが国でも作業の受委託等による作業規模の拡大が進むにつれ、機械の大形化が進行するであろう。乗用トラクタの普及台数の動向を見ると、すでに30馬力以上のものが徐々に増加してきており、収穫機も自脱型コンバインの大形化や普通型コンバイン(汎用コンバイン)の増加などが目立つ。今後は、これらの大形車両の走行による踏圧問題が土壤管理上の大きな問題となるであろう。

耕うん整地用機械に関しては、れきの横移動を最小限におさえた水田用プラウ、横移動をなくしたその場反転プラウ、ディスクの駆動によりけん引抵抗の低減等を実現した駆動ディスクハロー型プラウ、回転方向を逆にし、くし状のレーキを付けて表層の碎土性能と刈株等の埋没性能を向上させた逆転ロータリ、特殊なつめを持ち一台で正転と逆転に切換えて使用できる正逆転ロータリ、つめの形状や回転数などを変え荒起こしと18cm程度までの深耕を可能にした中深耕ロータリ、圧縮空気の噴出により土壤の膨軟化をはかる心土破砕機など、近年様々な新しい耕うん用機械が登場し、その種類は多様化している。また、適期播種の実現、作業の省力・省エネルギー化、土壤侵食の防止などの利点を持つ不耕起栽培用の播種機も市販されつつある。

これらの機械と土壤物理性の関係を問題にする場合には、二つの側面があるように思われる。一つは、どのような機械でどんな作業をすれば作物を効率的に生産できるかという面であり、もう一つは、効率的に作業するにはどのような土壤条件が必要であるかという面である。

一番目の点については、かつて自動耕うん機が普及し初めた頃にロータリとプラウの比較試験が盛んに行われたのに比べ、これらの新しい機械を適切に利用するため

のソフト面の研究が少ないのが現状である。新しい作業機が作物生育に与える特性を、代表的な土壤別に明らかにしていくことが望まれる。

また、耕うん作業はエネルギー消費の多い作業の一つであり、大規模作業体系下では簡易耕・不耕起栽培などを組込んだより効率的な体系が要求される場面も増加するであろう。この場合、土壤硬度と根の伸長の問題一つをとっても、不耕起ほ場では前作の根やミミズによって作られた細孔が多いため、根の伸張が可能な限界貫入抵抗が耕起ほ場より高いという報告もあることなどから、連年耕起ほ場の作土や耕盤層における指標がそのまま適用できないことも考えられる。近年海外においては、耕うん法に関する試験研究が多数行われているが、雨量等の気象条件や経営規模の違い、水田における輪作体系への適応性などを考慮すると、結果がそのままわが国に当てはまらない場合も多いのではないだろうか。栽培体系に合わせた耕うん整地法の検討が、経済性や適期作業性も含めてなされることも必要になると思われる。

以上述べた事項について機械分野だけで対応するのは難しい。他分野の方々による、機械作業を念願に置いた研究が盛んになることを願うものである。

二番目にあげた土壤条件と機械の作業性能の関係に関しては、土壤条件の測定の問題がある。碎土性能、反転性能、所要動力などと土壤条件の関係を単一の指標で評価できれば非常に有効であるがまだ手法が十分に確立されていない(近年、碎土性測定器が登場したが、土壤水分の違いによる碎土性の差は測定できないようである)。また、機械の作業性能は土壤条件によって大きく左右されるため種々の条件下で試験することが望ましいが、一機関で実施できる試験には限界がある。そのため、複数の機関で行われた試験データを比較することが重要となるが、必要な土壤条件が明記されていないことも多い。土壤の種類が異なる場合のデータの比較は難しい面も多いが、土壤統、土壤硬度、液性指数、前作残さの情報などは最低限明記が必要に思われる。

以上、日頃考えていることの一部を述べてみたが、ご批判をいただければ幸いである。

\*生物系特定産業技術研究推進機構



---



---

 書 評
 

---



---

## 土壤薄片記載ハンドブック

久馬一剛 八木久義 訳監修

博友社 1989年9月

A 4版 176pp. 7,800円

本書は、国際土壤学会の土壤微細形態部会が15年を費やして1985年に出版した“HANDBOOK for SOIL THIN SECTION DESCRIPTION”の翻訳書である。翻訳には現在わが国の土壤微細形態学において第一線の優れた研究者があたっている。

本書の構成と翻訳分担（敬称略）は次の通りである。

## 第1章 はじめに

平山良治（科学博物館）

## 第2章 土壤薄片的記載方法

平山

## 第3章 基本概念

平山

## 第4章 記載基準

田村憲司（神戸大学）

## 第5章 微細構造

三浦憲蔵（国際協力事業団）

## 第6章 基本無機組成分

中井信（熱帯農業研究センター）

## 第7章 基本有機組成分

山本真也（四国農業試験場）

## 第8章 グラウンドマス

三浦覚（森林総合研究所）

## 第9章 ペドフィーチャー

三浦憲蔵、三浦覚、山本

訳文の監修には久馬一剛博士（京都大学）と八木久義博士（東京大学）があたっている。

1938年のKubienaの著書“Micropedology”の出版に始まったとされる土壤微細形態学は土壤の生成に関するあらゆるプロセスを理解するのに必須であり、多くの研究者たちは薄片の記載法と用語の統一を図って多年に亘る努力を積み重ねてきた。土壤微細形態の観察は欧米の土壤学研究の中では重要な地位を占めており、土壤の生成を論ずるには慣例的手法の一つともなっている。

すなわち巨視的形態としては見るできない重要な生成的特徴、例えば斑紋の組成や内部組織などを薄片の観察によって確かめることができる。

ところがわが国では、1950年代から土壤薄片の観察に基づいた研究が行なわれているが、研究上の手段として広く採用されるには至っておらず、最近の土壤物理学ともなるとあまり見かけなくなってきた。その主だった理由は、①薄片の作成や偏光顕微鏡による微細形態の観察を土壤物理学研究者のほとんどが基礎的に経験していないこと、②土壤内部で起こる動的な物理現象を捉えるには薄片による2次元断面からでは困難なこと、③薄片の記載のための用語が煩雑で土壤微細形態学そのものを理解することが難しいこと、④土壤薄片が作成できる専門技術者がわが国では非常に少ないこと、などが挙げられる。

しかし、世界の土壤学は土壤の微細形態を必ず併記する方向にある。たとえば国際的なシンポジウムやワークショップなどでは野外巡検のガイドブックに物理性、化学性などのデータとともに土壤の微細形態を必ず載せるようになっている。

この欧米とわが国の違いを考えて、訳者あとがきでは「いままである程度恣意的に行なわれてきた薄片記載に、国際的統一をもたらすことによって、共通の科学の言葉でこの新しい研究分野の成果を論議し、さらなる発展を可能にするための基盤を与える」と述べられている。この言葉から、土壤物理学において土壤を具体的に認識することの重要性をあらためて感ずるとともに、来る1990年の第14回国際土壤科学会議（京都）で世界の研究者と共通用語で語り合う楽しみが期待される。

最後に、本書は豊富な写真（カラー版含む）と図版を用いて微細形態学を理解しやすいように丁寧にまとめられている。ご一読をおすすめいたします。

（東京農業大学総合研究所・成岡 市）

## 土壌の物理性 第51号～第60号 目次

## 第51号 (1985年5月)

## 巻頭言

土作りに土壌物理の知識と応用技術の

積極的活用化を望む……………前田 隆…………1

## シンポジウム「土壌構造の改良をめぐる諸問題」

土壌空気と作物生育……………阿江 教治…………3

ヒドロキシアルミニウムと粘土の相互

作用……………和田 光史…………9

粘質土壌の易耕性からみた土壌構造の

評価法……………中野 啓三…………17

力学性にもとづく土壌構造の評価法……………新垣 雅裕…………22

基盤整備水田と土壌構造……………上田 弘美…………32

機械耕うんによる土壌物理性の改良……………唐橋 需…………40

総合討論……………45

## 報 文

粘質水田土の粗孔隙の実態と透水性に

ついて

—X線透写像による土壌と間隙に関す

る研究(Ⅱ)—……………徳永 光一・

佐藤 照男・菊地 宏・今 和則…………49

## 解 説

デジタル式圧力調整器の製作……………奥山 武彦…………63

## 土粒子

広い視野からの土壌物理研究を期待……………菊地 晃二…………67

## 書 評

本邦各種粘性土の土構造と工学的性質

……………多田 敦…………68

## 第52号 (1985年12月)

## 巻頭言

地域農業に役立つための土壌物理……………有村 玄洋…………1

## 報 文

粘性土におけるaggregate の大きさ

分布に及ぼす乾燥処理の影響—SEM

用の試料作成に関する基礎研究

(Ⅰ)—

……………中村 忠春・宮内 定基・橋本 静夫…………2

粘性土におけるaggregate のキ裂発

生に及ぼす乾燥処理の影響—SEM

用の試料作成に関する基礎研究

(Ⅱ)—……………宮内 定基・中村 忠春・橋本 静夫…………10

地下灌漑時の土層中の水移動—重粘土

転換畑における地下灌漑試験

(第1報)—……………松原 利文・相川賢一郎・山崎剛太郎・

杉町 信幸……………18

調節水路式地下灌漑の適正な施設—重

粘土転換畑における地下灌漑試験

(第2報)—……………松原 利文・相川賢一郎・山崎剛太郎・

杉町 信幸……………25

## 資 料

丘陵地形内水田の地下水位とその変動

について……………上本 哲…………30

## 解 説

地力増進法のねらいと土壌の物理性……………三輪春太郎…………39

縦暗渠による排水工法について……………村井 信二…………47

## 土粒子

土壌物理学と農家技術の谷間……………川原 祥司…………53

## 書 評

緑と文明の構図……………久馬 一剛…………54

釧路・根室管内における土層改良のた

めの土壌類型区分、釧路支庁管内土

壌断面写真集……………須藤 清次…………55

## 第53号 (1986年10月)

## 巻頭言

現象の原因・機作の解明に迫ろう……………小川 和夫…………1

## シンポジウム

転換畑の土壌構造と畑作物の生育反応…

……………前田 要…………2

転換畑の通気性と作物の生育……………久津那浩三…………8

転換畑土壌中の水分移動……………長谷川周一…………13

復元田の土壌環境と水稻生育……………木村 清…………20

八郎潟千拓地へドロ土壌の物理的特性

と田畑輪換による変化……………三浦 昌司…………25

汎用農地の用排水をめぐる諸問題……………多田 敦…………29

総合討論	36	シンポジウム	
報文		「土壌の物理性の計画手法の現状と展望」土壌診断における土壌物理性の位置づけ	久保田 徹……2
遠心法によるpF測定の問題		農地造成と土壌物理性の変化	齊藤万之助・石渡 輝夫……5
(その1) - 供試体の圧縮の影響とWater lodging 対策	加藤 誠・穴瀬 真・竹本 政弘……42	簡易耕栽培の意義と問題点	小川 和夫・渡辺 治郎……13
遠心法によるpF測定の問題		討論	25
(その2) - 遠心法と吸引法によるpF水分曲線の接続性	加藤 誠・穴瀬 真・竹本 政弘……51	アイソトープを用いた土の不均一性の調査法	小前 隆美……28
転換畑圃場内における土壌物理性の変動	安中 武幸……58	土壌水分の変動と物理・化学性の変化	前田 要……37
論説		圃場における水分張力の自動測定	粕淵 辰昭・長谷川周一……44
低水分状態の土壌水分特性曲線からみた水分子の存在形態	三野 徹……65	討論	50
書評		土壌ガス拡散係数測定と土壌診断	遅沢 省子……53
土壌物理学概論	佐久間敏雄……72	圃場における土壌溶液の採取法	木方 展治・結田 康一・渡辺 久男……61
第54号(1987年6月)		討論	70
巻頭言		土粒子	
草地分野における土壌物理研究のニーズ	平島 利昭……1	北総火山灰台地畑における耕耘法と土壌の変化に思う	渡辺 春朗……72
報文		書評	
簡易耕の導入に伴う土壌の変化と畑作物の反応	畠中 哲哉・塩崎 尚郎……2	稲作科学の基礎	粕淵 辰昭……73
「簡易ピット式変水位法」による現場透水試験の問題点と適用条件	千家 正照・足立 忠司・西出 勤……14	パソコンで学ぶ土の物理学〔自然環境管理の基礎〕	谷山 一郎……74
重粘性畑土壌における浸透水とC <sub>1</sub> の動態	波多野隆介・佐久間敏雄・岡島 秀夫……21	第56号(1988年9月)	
火山灰土の熱伝導特性	相馬 尅之・前田 隆・藤原 幸彦・濱田 浩正……28	巻頭言	
資料		土壌物理性の研究における近似と定義	吉田 昭治……1
土壌の物理性と畑地灌漑計画用水量の検討	駒村 正治……36	報文	
解説		立川ロームにおける管状孔隙が地下水涵養に果たす役割	成岡 市・駒村 正治・高須 俊行……2
心土破碎の雪上施工	橋本 均……43	圧力トランスデューサを利用した迅速変水位透水試験法	金 徹・豊満 幸雄・多田 敦……15
土粒子		土壌中の溶質移動解析への有限要素法の適用	西村 直正・五十崎 恒……24
改良山成工による農地の造成と保全	長沢 徹明……49	マサ土開畑地における営農一作後の侵食実態	松本 康夫……34
書評			
農業土壌力学	相馬 尅之……51		
第55号(1987年12月)			
巻頭言			
対話と討論に託すること	中野 政詩……1		

## 特別研究会報告

「The New Aspects of Transport Phenomena  
in Soils」……………41

## 資料

アロフェン中空球状粒子の球壁の化学  
構造……………逸見 彰男…………47

## 土粒子

作物の“新しい”生理障害の解明にむけて  
—土壌物理の出番が来ている！—……………米山 忠克…………51

## 書評

森と文化……………青木 正雄…………53  
水田における土壌物理性の測定  
—日本における測定方法—……………長野間 宏…………55

## 第57号（1988年10月）

## 巻頭言

野外科学としての土壌物理学……………佐久間敏雄…………1

## 報文

## シンポジウム

「農地における物理性制御と作物反応」より  
低温期における施設野菜の生育異常と  
水管理……………荒木 陽…………2  
大里村における水稻の異常穂発生と土  
壌の物理性……………相崎万裕美・  
日高 伸・細谷 徹…………8

大豆根の伸長・分布および根粒活性と

土壌水分……………桑原 真人…………15  
畑作物生育のための地下水位制御……………永石 義隆…………22  
土壌管理用水について……………三野 徹…………32

総合討論……………41

## 資料

インターク・レート測定データ取り扱  
い上の問題点とその改善……………岩間 秀矩・  
奥山 武彦…………47

## 土粒子

t秒間に流出する水量はQ?……………軽部重太郎…………52

## 書評

移動現象……………井上 光弘…………53

## 第58号（1988年12月）

## 巻頭言

環境問題と土壌物理……………松井 健…………1

## 報文

COMPUTED TOMOGRAPHIC  
ANALYSIS OF SOIL STRUCTURE…………  
……………F. AI, K. WATANABE, T. MANDANG,  
M. KATO, S. TOJO, M. FUJII and  
M. FUKUMOTO ……2

沖縄の畑地土壌の物理性……………翁長 謙良・  
吉永 安俊…………17

蒸発に伴う土壌の水分、塩分、熱の移  
動……………中野 政詩・宮崎 毅・前田 志仲…………30  
付着土の剥離に関する研究……………世良田和寛・  
山澤 新吾・青山 友雄・宮本 真吾・  
藍 房和・TINEKE MANDANG・  
渡辺 兼五・東城 清秀…………40

## 資料

携帯型デジタルマンメータ利用による土壌  
水分吸引圧の測定……………長谷川周一・粕渕 辰昭…………49  
風食防止散水かんがいによる土壌クラ  
ストの生成……………軽部重太郎…………52  
比抵抗式孔内地下水流向流速計の原理  
と測定例……………加藤 誠・鹿野 快男  
平田 洋一・平山 光信…………56

## 書評

Soil-Water Interactions—Mechanisms  
and Applications —……………長谷川周一…………68

## 第59号（1989年10月）

## 巻頭言

実験科学と予測科学の協調……………久保田 徹…………1  
報文

30周年記念シンポジウム「現代の土壌  
物理とその展開」より  
土の変形、強さ、硬さ……………吉田 昭治…………2  
土壌構造悪化の面からみた農耕地土壌  
の圧縮特性……………加藤 英孝…………7  
土の長期浸透現象について……………古賀 潔…………17  
近赤外反射分光法による土壌水分の  
定量分析……………谷山 一郎・芝山 道郎…………28  
亀裂が発達した粘土質圃場における水  
移動現象のモデル化……………井上 久義…………35  
総合討論……………52

## 土粒子

土壌の物理性改善効果の指標化……………本村 悟…………58

土壌の物理性第60号 (1990)

第60号 (1990年3月)

巻頭言

「土壌の物理性」60号発刊に思う……石井 和夫……1

報文

カサグランデの塑性図におけるA線に

関する一考察……甲本 達也……2

「根生育非制限有効水分域」による

熊本県主要畑土壌の物理的評価……

……遅沢 省子・小沢 伸・久保田 徹……6

締固め土の侵食特性……田熊 勝利……15

粘土質転換畑心土亀裂面に発達した根

の吸水による亀裂近傍での水分分布

……佐藤 泰一郎・長谷川周一・中野 政詩・

宮崎 毅……24

総説

土壌物理におけるチキソトロピーの研

究……安富 六郎・中石 克也……28

資料

北総台地畑農業における土壌物理性と

畑地かんがい……武田 英之……34

土粒子

土壌に関連する農業機械について……後藤 隆志……38

書評

土壌薄片記載のハンドブック……成岡 市……39

## 会 務 報 告

諸会議開催経過(1989年7月1日～12月31日)

1. 昭和63年度第1回評議員会(1989.7.26, 東京農業大学)  
 [出席者] 久保田, 長田, 岩間, 中野, 宮崎, 岩田, 梅田(代理:長沢), 多田, 天谷, 細山田(以上評議員)  
 石井(編集委員長), 軽部, 日笠, 遅沢, 中司, 加藤(以上事務局)

1) 第31回シンポジウムについて

2) 編集委員会報告

会誌の体裁の一部変更

「土壌の物理性」投稿規定の一部改正

3) 入退会者の承認・報告

4) 会員の動向

5) その他

会務上使用する年号は今後西暦に統一することが了承された。

2. 編集委員会(1989.9.15, 農研セ)

会誌第59号, 第60号の編集状況について

3. 事務局会議(1989.10.26, 農環研)

1) 1988年度第2回評議員会, 1989年度総会について

2) 第31回シンポジウムについて

3) 会誌編集の進行状況

4. 1988年度第2回評議員会(1989.11.2, 農環研)

[出席者] 久保田, 粕淵, 岩田, 宮崎, 岩間, 三野(代理:三浦), 天谷(以上評議員), 渡辺(会計監査委員), 石井(編集委員長), 軽部, 日笠, 遅沢, 中司, 加藤(以上事務局)

1) 1988年度事業報告

2) 1989年度事業計画

3) 編集委員会報告

4) 1988年度会計報告

5) 会計監査報告

6) 1989年度予算

7) 入退会者の承認・報告

8) 特別講演会等の催し

1990年5月に来日予定のJ.P. Quirk氏(アデレード大)による講演会を開催することを承認。第14回国際土壌科学会議に合わせた小シンポジウムの開催を検討する。

9) その他

選挙管理委員に井上久義氏(農工研)ならびに中石克也氏(茨城大)が選出された。

5. 1989年度総会(1989.11.2, 農環研)

1) 1988年度事業報告

2) 1989年度事業計画

3) 編集委員会報告

「土壌の物理性」投稿規定の一部改正

4) 1988年度会計報告

5) 会計監査報告

6) 1989年度予算

7) 会員動向の報告

8) その他

特別講演会等の催しについて

なお、総会で可決された1988年度決算, 1989年度予算は次の通り。

	項 目	1988年度決算	1989年度予算
収	繰越金	1,053,824 円	1,620,914 円
	一般会費	2,503,000	3,850,000
	購読会費	353,250	279,000
	賛助会費	75,000	75,000
	出版物売上	147,000	50,000
入	雑収入	230,863	125,086
	合計	4,362,937	6,000,000

支	会誌制作費	1,721,900 円	3,400,000 円
	総会費	464,876	450,000
	通信費	250,451	250,000
	文具費	35,211	50,000
	賃金	48,445	200,000
	交通費	50,700	100,000
	会議費	39,410	100,000
	幹事手当	50,000	50,000
	編集委員会費	—	100,000
	選管委員会費	—	300,000
	予備費	87,010	1,000,000
	次年度繰越金	1,614,934	—
	合計	4,362,937	6,000,000

6. 第31回シンポジウム

日時: 1989年11月2日(木) 10:00-17:00

場所: 農業環境技術研究所大会議室

テーマ: よりよい生物環境をめざして

講演:

1. 畑作物の生活と「物理的肥沃度」

- 水落 勁美 (北海道農業試験場)
- 2. 気候的植物生産力モデルと土壌物理性
  - 清野 裕 (農業環境技術研究所)
- 3. 異なる水分環境下における野菜栽培
  - 新しい水耕法を求めて-
  - 今井 秀夫 (熱帯農業研究センター)
- 4. 造成草地の土壌形成に関する生物因子
  - 生態学的草地造成法の提言-
  - 鈴木 創三・小林 裕志 (北里大学獣医畜産学部)
- 5. 土壌病害の発生と土壌
  - 駒田 旦 (農業環境技術研究所)

- 総合討論
7. 編集委員会 (1989. 11. 15. 農研セ)
- 1) 会誌第60号投稿論文の審査結果について
  - 2) その他

会員の動向

1. 会員数 (1989年10月31日現在, 新入会員を含む)

会員種別	会員数
正会員および学生会員	574
地区 北海道	66
東北	62
関東	200
中部	65
近畿	47
中国・四国	78
九州	52
海外	4
賛助会員	6
購読会員	59
合計	639

2. 新入会員(1988. 10. 1~1989. 10. 31)

氏名	種別	連絡先
高橋 正州	正	060 札幌市中央区北4条西6丁目北4条ビル4F 北海道開発コンサルタント
岩淵 和則	正	997 鶴岡市若葉町1-23 山形大学農学部
唐橋 需	正	305 つくば市観音台3-1-1 農業研究センター機械作業部

桑原 真人	正	305 つくば市観音台3-1-1 農業研究センター
日笠 重喜	正	305 つくば市観音台3-1-1 農環研土壌管理科
真弓 洋一	正	305 つくば市観音台3-1-1 農環研土壌管理科
相崎万裕美	正	360 熊谷市久保島1372 埼玉県農試
安西 徹郎	正	280-02 千葉市大膳野町808 千葉県農試
駒塚 富男	正	280-02 千葉市大膳野町808 千葉県農試
太田 猛彦	正	183 府中市幸町3-5-8 東京農工大学農学部林学科
山口 浩	正	135 東京都江東区越中島3-4-17清水建設(株)技術研究所
原口 暢明	正	705 善通寺市生野町2575 四国農試地域基盤研究部
加藤 正樹	正	780 高知市朝倉丁915 森林総合研究所四国支所
在原 克之	正	280-02 千葉市大膳野町808 千葉県農試
木原 康孝	正	690 松江市西川津町1060 島根大学農学部地域開発科学科
中島征四郎	正	854 諫早市貝津町3118 長崎県総合農林試験場土壌肥料科
伊藤 豊彰	正	981 仙台市青葉区堤通雨宮町1-1 東北大農学部農学科
南条 正巳	正	981 仙台市青葉区堤通雨宮町1-1 東北大農学部農学科
増田 泰三	正	861-11 熊本県菊池郡西合志町須屋2421 九州農試土壌保全研究室
大塚 紘雄	正	305 つくば市観音台3-1-1 農環研土壌管理科
山田 一郎	正	305 つくば市観音台3-1-1 農環研土壌管理科
木方 展治	正	305 つくば市観音台3-1-1 農研センター土壌肥料部
太田 健	正	305 つくば市観音台3-1-1 農環研土壌管理科
小原 洋	正	305 つくば市観音台3-1-1 農環研土壌管理科
辻村 真貴	学生	305 つくば市千現1-4-2 松本ハイツA206 (自宅)

加藤 邦彦	学生	113 東京都文京区弥生1-1-1 東京大学農学部農業工学科
大手 信人	学生	606 京都市左京区北白川追分町京都大学農学部林学科
及川 浩	学生	300-03 茨城県稲敷郡阿見町阿見4047-3 (自宅)
北尾書籍貿易 俄東京支店	購読	104 東京都中央区銀座6-6-7 朝日ビル
全農農技セ肥 料研究部	購読	254 平塚市東八幡5-5-1
ヒロセ理化 藤原製作所	賛助	114 東京都北区堀船3-12-7
太陽計器機	賛助	114 東京都北区西ヶ原1-46-16
	賛助	105 東京都港区新橋2-8-14

## 3. 住所変更(1989.7.1 ~1990.2.28)

氏名	旧	新しい連絡先
塩崎 尚郎	茨城	100 東京都千代田区神田1-1-12コープビル 全農東京支所肥料農薬部
早坂 猛	福岡	861-55熊本県飽託郡北部町楠町573 (自宅)
梅田 重夫	大阪	580 大阪府松原市柴垣1-25-4 (自宅)
前田 乾一	茨城	943-01上越市稲田1-2-1 北陸農試
佐々木信夫	岩手	029-42 岩手県胆沢郡前沢町三日町42 (自宅)
伊良部忠男	沖縄	902 那覇市真地123 沖縄県ミバエ対策事業所
染井順一郎	北海道	060 札幌市北区北8条西2丁目北海道開発局農業計画課
島岡 隆行	福岡	814-01 福岡市城南区七隈8丁目19-1 福岡大学工学部土木工学科
川原 祥司	北海道	045-01 岩内郡共和町宮丘261-1 北海道原子力環境センター農業研究科
渡辺 治郎	北海道	004 札幌市豊平区羊ヶ丘1 北海道農試企画連絡室
山本 洋久	石川	921 金沢市若草町9-15 (自宅)
久津那浩三	静岡	062 札幌市豊平区福住3条12丁目2-12 (自宅)
神谷 光彦	北海道	006 札幌市手稲区手稲前田419-2 北

			海道工大
大城 晃	静岡	424 清水市駒越西2丁目12-10 静岡県柑橋試験場	
石田 隆	静岡	435 浜松市早出町1210-5 (自宅)	
東海林 覚	山形	990 山形市松波2丁目8-1 山形県庁蚕米農産課	
村井 信仁	北海道	060 札幌市中央区北2条西2丁目三博ビル 北海道農業機械工業会	
今野 一男	北海道	076 富良野市新富町3-1 富良野地区農業改良普及所	
松本 智	北海道	060 札幌市北区北8条西2丁目札幌第1合同庁舎 北海道開発局農業計画課	
高尾 英男	北海道	064 札幌市中央区北2条西19丁目北海道開発局札幌開発建設部農業開発第二課	
阿部 盟夫	栃木	321-02 栃木県下都賀郡壬生町いずみ町4-16 (自宅)	
飯村 康二	北海道	680 鳥取市湖山町南4丁目101 鳥取大学農学部	
服部 由直	三重	514 津市半田3350-55(自宅)	
吉田 裕一	青森	036 弘前市浜の町東5丁目3-22 (自宅)	
高松 善博	大阪	631 奈良市中町西山3327-204 近畿大学農学部	
小豆沢 斉	島根	699-77 島根県簸川郡大社町杵築西1688-2 島根農試大社試験地	
田辺 邦美	福岡	727-06 広島県庄原市峰田町308 (自宅)	

## 4. 退会会員

(1989.7.1 ~10.31) 8名 (正会員8)



# 日本学術会議だより №.14

## 人間の科学特別委員会設置される

平成元年8月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、去る4月に開催した第107回総会において、人間の科学特別委員会を追加設置しましたが、今回の日本学術会議だよりでは、この特別委員会に加えて、最近発表された「委員会報告」等について、お知らせいたします。

### 人間の科学特別委員会の設置

本会議は、本年4月に開催した第107回総会において、それまでにすでに設置していた7特別委員会のほかに、「人間の科学特別委員会」の追加設置を決定した。

この人間の科学特別委員会は、同総会中に、委員会の構成（各部2人ずつ計14人）を済ませるとともに、第1回目の委員会を開催する等、直ちに、その活動を開始した。委員長には、中山和久第2部会員が就任した。

今回、本会議が、この特別委員会を設置した理由は次のとおりである。

#### 〈人間の科学特別委員会の設置理由〉

ヨーロッパの産業革命に端を発した科学技術の進歩は急速にその度を加え、かつて人類が予想もしなかった程度に物質文明を開花させたが、一方、それによって人類は、過去に見られなかった重大な危機に立たされている。科学技術の進歩は一面において物質偏重の価値観を強め、生命に対する技術介入に係る不安や、地球生態系の激しい変化を招き、社会経済環境にも様々な問題を醸し出している。

人間が創り、人間が発展させてきた科学は、本来、真理を追求し、人間の幸福に貢献すべきものであるにもかかわらず、人類の生活や自然・社会環境に混乱を招いている側面もあるのではないかとのも矛盾も感ぜられ、ここに科学者の苦悩がある。我々は今や、科学の在り方を再考し、早急に人間と科学技術との不調和を克服する視点を明らかにしなければならない。

このためには、「人間とは何か」を問い直し、「人間存在の理法」ともいべき概念を改めて考え、そこに立脚して、科学技術と自然との調和を求め、人類進歩への展望を模索するところから始めなければならない。

人間の人間たる特質はその精神であることを思えば、人間を知性、感性の面から広く捉え、人間そのものについてのもっと深い知識と理解が強く望まれる。この立場から、人間を個体としてばかりでなく、生物学的並びに社会的集団として把握し、人間の総合理解に努める必要がある。

この特別委員会は、このように人間を学際的、総合的に把握し、人類の危機に対処することを目指すものである。

### 「委員会報告」2件を発表

このたび、本会議の「生命科学と生命工学特別委員会」と「化学研究連絡委員会」は、それぞれ、当面の重要問題に関する審議結果を取りまとめ、本会議運営審議会の承認を得て、「委員会報告」として発表した。各「報告」の要旨は次のとおりである。

#### ヒト・ゲノム・プロジェクトの推進について—生命科学と生命工学特別委員会報告— [要旨]

ヒト・ゲノムの全DNA配列決定を主たる目標とするヒト・ゲノム・プロジェクトは、極めて大きなインパクトを学術研究に与えると期待され、我が国として早急かつ重点的に推進すべきである。そのためには推進組織を設け、基本計画の立案、実施計画の策定、省庁間などの協議、国際協力、データ・ベースとレポジトリ整備などを総合的に行うべきである。一方この推進組織と並んでこれと密接に連携し、研究計画の実施に伴う社会的・法律的・倫理的諸問題を客観的・公正に判断することを目的とするチェック機構を設立し、調和のとれた施策を進める必要がある。

#### 大学等における化学の研究環境の整備について—化学研究連絡委員会報告— [要旨]

化学研究連絡委員会は、昭和63年に発表された日本化学会報告書を参考資料として、大学等における化学分野の研究環境の現状について検討を行った。その結果、「全国的視野に立つ化学の新しい研究体制」の実現に向けての努力を傾注するとともに、現行の研究環境を抜本的に改善するために、関係方面に強く訴えるべきであるとの結論に達した。日本化学会報告書に盛られている数項目の重点施策のうちでも、特に、①先端研究設備の購入・維持予算の大幅増額、②研究基盤整備のための大学院関連予算の充実、③化学の特殊性を配慮した研究室面積の拡充、は緊急に実施すべきものと考えられる。

## 平成2年度共同主催国際会議

本会議は、昭和28年以降おおむね4件の学術関係国際会議を関係学術研究団体と共同主催してきたが、平成2年度には、2件増えて、次の6国際会議を開催することが、6月20日の閣議で了解された。(カッコ内は、各国際会議の開催期間と開催地)。

- ◆第14回国際土壌科学会議  
(平成2年8月12日～18日、京都市)  
共催団体：(社)日本土壌肥料学会
- ◆第22回国際応用心理学会議  
(平成2年7月22日～27日、京都市)  
共催団体：日本心理学会
- ◆第15回国際微生物学会議  
(平成2年9月13日～22日、大阪市)  
共催団体：日本微生物学協会
- ◆第11回国際数学連合総会及び第21回国際数学会議  
(平成2年8月18日～29日、神戸市他)  
共催団体：(社)日本数学会他6学会
- ◆第11回国際神経病理学会議  
(平成2年9月2日～8日、京都市)  
共催団体：日本神経病理学会
- ◆第5回国際生態学会議  
(平成2年8月23日～30日、横浜市)  
共催団体：日本生態学会

## 国際社会科学団体連盟(IFSSO)第9回大会・総会の日本開催

国際社会科学団体連盟(IFSSO)の第9回大会及び総会が、本年10月2日(月)～7日(土)、東京六本木の国際文化会館と日本学術会議で開催される。

国際社会科学団体連盟(International Federation of Social Science Organizations, 略称 IFSSO)は、世界の社会科学の発展に貢献することを目的とする、世界各国の学士院や学術会議で構成されている、社会科学分野を代表する国際学術団体である。現在、35か国の国家会員等で構成されており、我が国では、日本学術会議が、我が国を代表して加入している。また、現在、日本からは本会議の藤井隆第3部会員がIFSSOの事務総長を務めている。

なお、IFSSOは、社会科学分野の国際学術団体の連合体(総括機関)である国際社会科学協議会(International Social Science Council, 略称 ISSC)に加入しており、ISSCの中では、国及び地域を代表する機関という位置付けをもっている。

今回の会議には、IFSSOに加入している各国の学士院や学術会議の代表、並びに関係する国際機関、国際学術団体の代表など、50を超える国々から約300名(うち、外国人は約150名)の科学者等が参加する。

この会議では、メインテーマ「変容する世界の学術政策」の下に、「研究・訓練体制の改革」、「既存領域を超える新分野」、「社会と科学・技術のインターフェイス」及び「国際協力のアカデミック・インフラストラクチャー」の4つのサブテーマが設けられ、多方面から世界の学術政策の変化が論じられる。

また、この会議では、特に、3つの日本セッションが設けられ、「急激な科学技術の進歩」について、①人間に与えるインパクト、②法律や政治に与えるインパクト、③社会経済システムに与えるインパクト、という3つの視点から

論じられ、日本の先端研究が広く紹介されることになっている。

■本件問い合わせ先：〒102 東京都千代田区紀尾井町7-1、上智大学心理学研究室内、国際社会科学団体連盟第9回大会日本組織委員会事務局、電話 03-238-3811

## 日本学術会議主催公開講演会開催のお知らせ

本会議では、毎年、学術の成果を広く国民に還元するという日本学術会議法の主旨に沿うための活動の一環として、公開講演会を開催しています。

このたび、下記の2つの公開講演会を開催することにしました。多数の方々の御来場をお願いします。

### I 公開講演会「人間は地球とともに生きられるか」

●日 時：平成元年10月27日(金)13時30分～17時

●演題と講演者(カッコ内は所属部)

- ①「地球の温暖化とその影響」：吉野正敏(第4部)
- ②「地球環境と農業のかかわり」：久馬一剛(第6部)
- ③「地球環境の経営と人間社会の発展」：藤井隆(第3部)

### II 公開講演会「“人権の歩み”から何を学ぶか—フランス人権宣言100年を記念して—」

●日 時：平成元年11月18日(土)13時30分～17時

●演題と講演者(カッコ内は所属部)

- ①「“人権”以前の世界」：弓削 達(第1部)
- ②「近代日本の人権思想 —自由民権運動の人権論を中心に—」：大石嘉一郎(第3部)
- ③「科学技術と人権」：杉本大一郎(第4部)
- ④「人権の進化と創造」：南 博方(第2部)

●会 場：日本学術会議講堂(両講演会とも)

(東京都港区六本木7-22-34)

(地下鉄千代田線、乃木坂駅下車1分)

◆申込方法：往復はがき(住所、氏名、郵便番号を明記)

◆申込締切：各開催日の1週間前まで(先着順、無料)

◆申 込 先：〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議事務局庶務課講演会係

■ なお、本会議では、本年度には、上記の他に、「日本の学術動向」に関する公開講演会の開催を計画しています。開催日、会場、講演者などの詳細については、決定次第、新聞広告等でお知らせする予定です。

## 日学双書の刊行案内

本会議の第102回総会と第103回総会で行われた、本会議会員による各自で討議の記録を中心に編集された次の日学双書がそれぞれ刊行されました。

・日学双書 No.4 「21世紀へ向けてのエネルギー問題」

・日学双書 No.5 「食糧生産と環境」

[定価] No.4 : 1,500円, No.5 : 1,000円

(両書とも、消費税込み、送料260円)

※問い合わせ先：(財)日本学術協力財団(〒106 東京都港区西麻布3-24-20、交通安全教育センター内)

御意見・お問い合わせ等がありましたら、下記までお寄せください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会 電話03(403)6291

# 日本学術会議だより №.15

## 「ヒト・ゲノム・プロジェクトの 推進について(勧告)」を採択

平成元年11月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、去る10月18日から20日まで第108回総会(第14期4回目の総会)を開催しました。今回の日本学術会議だよりでは、その総会で採択された勧告を中心に、同総会の議事内容等について、お知らせいたします。

### 日本学術会議第108回総会報告

第108回総会の主な議事概要は次のとおりであった。

**第1日(10月18日)の午前。**まず、会長から、前回総会以後の経過報告が行われ、続いて、各部・委員会の報告が行われた。さらに、今回総会に提案されている3案件についてそれぞれ提案説明がなされた後、質疑応答が行われた。

**第1日の午後。**各分会が開催され、午前中に提案説明された総会提案案件等の審議が行われた。

**第2日(10月19日)の午前。**前日提案された案件の審議・採決が順次行われた。

まず、第7部の専門別の会員定数の変更並びに同部世話担当の研究連絡委員会の再編成(統合3件、分割2件、新設1件、名称変更6件)を内容とする、会則の一部改正が採択された。

続いて、第4部及び第7部の「会員の推薦に係る研究連絡委員会」の指定の変更を内容とする、関係規則の一部改正が採択された。

これらの改正は、具体的には第15期からの組織・活動に係るものである。

さらに、生命科学と生命工学特別委員会の提案による「ヒト・ゲノム・プロジェクトの推進について(勧告)」が採択された。なお、この件の審議の際には、研究成果公開の原則とプライバシー保護等の問題、「プロジェクト・チェック機構(仮称)」の果たす具体的役割等について、討議が行われた。この勧告は、同日午後直ちに内閣総理大臣に提出され、関係省庁に送付された(この勧告の詳細は、別掲参照)。

また、本総会においては、会長から、日本学術会議の移転問題に関し、前回総会以降の主な動きとして、①去る8月「国の行政機関等移転推進連絡会議」において、本会議の移転先が横浜市「みなとみらい21地区」となったこと、②これに対し三役及び運営審議会のとった対応、などについて報告があった。種々質疑応答が行われた後、これまでの三役及び運営審議会の対応については、基本的な了承がなされた。また、今後の移転に関する諸問題については、当面、三役及び運営審議会にその処理を一任することで了承された。

**第2日の午後。**「地球環境問題」について、活発な自由討議が行われた(この自由討議の詳細は、別掲参照)。

**第3日(10月20日)午前**には各常置委員会が、**午後**には各特別委員会が、それぞれ開催された。

### ヒト・ゲノム・プロジェクト の推進について(勧告)

#### (勧告本文)

ヒト・ゲノムの全DNA塩基配列決定を主たる目標とするヒト・ゲノム・プロジェクトは、関連諸分野の学術研究に極めて大きなインパクトを与えると期待され、我が国として早急かつ重点的に推進すべきである。

そのためには、ヒト・ゲノム・プロジェクト推進組織(仮称)を設け、基本計画の立案、実施計画の策定、省庁間などの協議、国際協力、データ・ベースとレポジトリの整備などを総合的に行うべきである。

また、この推進組織との緊密な連携のもとに、研究計画の実施に伴う社会的、法律的及び倫理的諸問題を客観的かつ公正に判断するとともに、これらの諸問題に適正に対処することを目的とするプロジェクト・チェック機構(仮称)を設立し全体として調和のとれた施策を進める必要がある。

よって、日本学術会議は我が国における本プロジェクトの推進を図りそのために必要な措置を講ずるよう勧告する。

#### (説明)[要旨]

- 1 ヒト・ゲノム・プロジェクトは、人類の遺伝情報の解読と遺伝子機能の解明を目指した研究計画であり、早急かつ重点的に推進すべきである。このプロジェクトによって生命科学等の領域の技術開発が進めば、人類福祉に貢献することは疑いない。
- 2 ヒト・ゲノム・プロジェクトを推進するために、ヒト・ゲノム・プロジェクト推進組織(仮称)を設置する。その主たる目的は勧告本文のとおりである。この組織は、研究の進展に弾力的に対処できるものとし、具体的問題の処理のため委員会等を設ける。運営に当たっては個々の研究者とその集団の自主性を最大限に尊重すべきである。
- 3 このプロジェクトの実施に伴って生じる社会的、法律的及び倫理的諸問題に適切に対処するために、プロジェクト・チェック機構(仮称)を設立する。その主たる目的は、検体提供者の保護のための基準を作成すること、情報の管理、研究計画と成果の一般への公開の基準を作成すること、知的所有権問題についての方針を作成すること、研究成果の応用段階における倫理的問題についての指針を作成することであり、目的達成のための必要な権限が与えられるべきである。

## 総会中の自由討議—地球環境問題—

本会議総会中の重要な行事である、自由討議が、総会2日目の10月19日の午後1時から3時間にわたって開催された。この総会中の自由討議は、会員のための一種の勉強会で、その時々の学術上の重要課題を取り上げて行われている。今回は「地球環境問題」という課題のもとに行われた。

自由討議は、渡辺格副会長の司会のもとに、5人の会員による意見発表があり、さらにこれらの意見発表をもとに会員間で活発な討議が行われた。

今回の自由討議の概要は次のとおりである。

### [5人の会員による意見発表]

まず、近藤次郎第5部会員から、9月の「地球環境保全に関する東京会議」の出席報告として、①環境保全と発展途上国の資源開発、産業振興等との関わりについての討議状況、②ソ連における環境問題、③大気中の炭酸ガスの増加に伴う温暖化による地球環境への影響に関する注目すべき研究結果の発表等について紹介があった。

次に、吉野正敏第4部会員から、「環境」というもののとらえ方、考え方について、人文・社会科学の立場からの例をも引いて意見が述べられ、また、IGBPについて、同計画は、様々な環境問題を基礎科学分野としてとらえるものであり、その実施の結果、直ちに、環境問題が全て明らかになるものではない等の発言があった。

次いで、大谷茂盛第5部会員から、同会員が委員長を務めている化学工学研究連絡委員会が新たに提唱した「地球生態工学」に関し、提唱に至った経緯及びその学問内容等について説明がなされるとともに、この件に関連する、関係学会及び関係省庁における動きについて説明が行われた。

続いて、大島康行第4部会員から、生物界と地球環境との関わりについて、①生物を媒介にした人間への影響の問題をどう捉えるかが、地球環境問題を考えていく上で非常に重要な観点である。②環境汚染が生物資源に与える影響は非常に大きく、様々な問題を生じ、結局、これが人間にはねかえってくる等の発言があった。

最後に稲田献一第3部会員から、経済活動特に生産活動あるいは技術革新と環境問題との関わりについて意見が述べられ、環境問題を考える際には、人間社会が様々な技術をどのように使用するかという、人間社会の仕組みの問題が最も重要な問題である等の発言があった。

### [討議]

5人の会員による意見発表の後行われた討議では、第1部から第7部まですべての部にわたる20人を超える会員より、それぞれ専門の立場から活発な発言がなされた。

この討議の中で述べられた意見は多岐多様にわたったが、その主なものを項目にして列挙すると、「コジェネレーションによるエネルギーの有効利用」、「IGBPへの人文・社会科学の関わり方」、「海洋と環境問題」、「畜産廃棄物の処理問題」、「微生物利用による都市河川、下水の浄化システム」、「環境問題と人間性との関わり」、「環境問題に対する学術会議の体制及び取り組み方」、「地球環境に関する国際協力事業についての学術会議が果たすべき役割」等であった。

なお、この総会の自由討議の内容については、後日、日学双書として出版される予定である。

## 「委員会報告」3件を発表

本会議では、その意思の表出の形態の一つとして、各部・各委員会がその審議結果をとりまとめたものを、総会又は運営審議会の承認を得て、外部に発表する「報告」（通称「対外報告」と言っている。）というものがある。➤

この日本学術会議だよりでも、今までに、この対外報告を紹介してきたが、今回、最近発表されたものうち、まだ紹介していない3件を、次に紹介する。

## 電子工学の体系化に向けて—電子・通信工学研究連絡委員会報告(要旨)

電子工学はそれを基礎にした通信工学や情報工学、制御工学などの急激な進展に伴って、これらの技術分野・工学分野の相互関係が極めて複雑になって来ているので、電子工学の学問・技術体系の根幹、電子工学の基盤となっている方法論、通信工学、情報工学等の応用工学とのかかわりを明らかにするために方法論の体系化を試みた。

即ち電子工学を共通基礎理論、基礎電子工学、電子デバイス・回路工学、電子装置・システム工学、応用分野と階層化し、さらに「集積回路」と「光エレクトロニクス」が電子工学の中心分野を形成しつつある重要な技術領域であるとの認識に立ち電子工学の技術要素と通信工学、情報工学との相互関連を検討した。

また電子工学体系の範囲を大学学部での教育対象分野および大学院での教育を含む研究対象分野に分類した。

## 「国際防災の十年」—災害科学研究者からの提言—災害工学研究連絡委員会報告(要旨)

1987年、第42回国連総会で決議された「国際防災の十年」(IDNDR)のスタートがいよいよ迫ってきた。行政レベルでは、内閣総理大臣を本部長とする推進本部が設けられているが、この実施には科学者、研究者の各専門領域からの積極的な関与が不可欠である。国連決議に先立ち、災害工学研究連絡委員会ではこの活動の支持を表明し、またその後も米國アカデミーや国連諸機関の活動に協力してきたが、スタートに当たり、わが国の関係科学者、研究者のなすべき、あるいは行う得る事柄を提言という形で表明したものである。その内容は、①「国際防災の十年」で何をするのか、②国際共同研究の展開、③基礎研究の推進、④「国際防災の十年」の実現に向けて、より成っている。今後はその実現に向けて積極的な運動を進めていきたい。

## 電圧、抵抗および温度の維持方式の1990年1月1日からの変更について—標準研究連絡委員会報告(要旨)

第77回国際度量衡委員会(1988年10月開催)は、電圧、抵抗の各標準の維持方式の変更と、温度目盛の変更の3つの勧告を採択し、1990年初頭からの実施を求めた。この変更を国内に事前に周知するため、関心の高い9学会に、勧告の要旨を掲載した。以下に勧告の骨子を記す。

電圧標準はジョセフソン効果で実現し、電圧周波数係数を $K_J$ と記号し、その値を483 597.9 GHz/Vと定義した。抵抗標準は量子ホール効果で実現し、量子化ホール抵抗を $R_K$ と記号し、その値を25 812.807  $\Omega$ と定義した。温度スケールは、IPTS-68に変わり、ITS 90(1990年国際温度目盛)を定義した。変更は多岐に亘るので、詳細は関連学術誌を参照されたい。

以上の変更により、電磁気計測の精度と国際的整合性が著しく改善され、温度計測の熱力学温度との一致と低温域への拡張が達成される。

御意見・お問い合わせ等がありましたら、下記までお寄せください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会 電話03(403)6291

# 日本学術会議だより №.16

## 公開講演会盛会裡に終了

平成2年2月 日本学術会議広報委員会

日本学術会議は、平成元年度に主催の公開講演会を3回開催しました。今回の日本学術会議だよりでは、その公開講演会の概要に加えて、本会議が実施している国際的活動などについて、お知らせいたします。

### 日本学術会議主催公開講演会

本会議では、科学の向上発達を図り、行政、産業及び国民生活に科学を反映浸透させるという本会議の設置目的に沿うための活動の一環として、毎年、公開講演会を開催している。この講演会は、本会議会員が講師となり、学術的香気が高く、かつ、時宜にかなったテーマを選定して開催している。

今年度も3回の公開講演会を開催したので、その概要を以下に紹介する。

#### I. 公開講演会「人間は地球とともに生きられるか」

標記講演会は、去る平成元年10月27日（金）13時30分～17時に、本会議講堂で約280人の参加を得て開催された。

最初に、吉野正敏・第4部会員（筑波大学地球科学系教授）が、「地球の温暖化とその影響」と題して、大気中の二酸化炭素とフロン・メタンなどの増加による気温の上昇に伴う、農林水産業をはじめ人間の社会経済にもたらす大きな影響などについて述べた。

続いて、久馬一剛・第6部会員（京都大学農学部教授）が、「地球環境と農業のかかわり」と題して、人口の増加、消費水準の向上などが世界中で農業そのものの変貌を余儀なくしており、その中で土壌侵食や塩類化などによる生産力の退化（砂漠化）や、水質汚濁・土壌汚染などを引き起こしていることを指摘し、農業のあるべき姿について述べた。

最後に、藤井隆・第3部会員（名古屋大学経済学部教授）が、「地球環境の経営と人間社会の発展」と題して、地球環境の経営は、地球環境の科学的研究に加えて、人間社会の運行との相関についての研究が必要であることを指摘し、人間社会の持続的発展を考えていくための視点について述べた。

#### II. 公開講演会「“人権の歩み”から何を学ぶか—フランス人権宣言200年を記念して—」

標記講演会は、去る平成元年11月18日（土）13時30分～17時に、本会議講堂で約250人の参加を得て開催された。

最初に、弓削達・第1部会員（フェリス学院大学長）が、「“人権”以前の世界」と題して、人権思想のなかったギリシャ・ローマ時代における人権思想の萌芽とも言うべきものについて、同時代の一哲学者の奴隷等をめぐる精神的苦悶を例にとりて述べた。

次いで、大石嘉一郎・第3部会員（明治学院大学経済学部教授）が、「近代日本の人権思想—自由民権運動の人権論を中心に—」と題して、主として、明治時代の自由民権運動における人権論について、その特徴、特徴の起因となった当時の社会的条件、それが与えた影響などについて述べた。

続いて、杉本大一郎・第4部会員（東京大学教養学部教授）が、「科学技術と人権」と題して、近年の著しい科学技術の発展によってもたらされた、広い意味での「人権と自由」の様々な様相について、それらの事情と問題点などについて述べた。

最後に、南博方・第2部会員（一橋大学法学部教授）が、「人権の進化と創造」と題して、現在までの人権の進化の跡を回顧するとともに、最近における人権立法や人権思想を紹介しながら、今日生成しつつある現代型の新しい人権について述べた。

#### III. 公開講演会「くらしと学問の近未来—これからのくらしと学問—」

標記講演会は、去る平成元年12月8日（金）13時～17時に、仙台市の勾当台会館で約70人の参加を得て開催された。

この講演会の開催に当たっては、東北大学、宮城県教育委員会、仙台市教育委員会、河北新報社の後援を受けた。

最初に、藤咲暹・第7部会員（東北大学名誉教授）が、「長寿社会の条件—長生きを支える医学と医療」と題して、健康を阻害する危険や長生きできるための条件を充足するには厳しい現実があることを指摘し、長生きを支える医学と医療にとっての問題点を指摘し、それらの解決策について述べた。

続いて、澤登俊雄・第2部会員（国学院大学法学部教授）が、「犯罪現象への多様な接近」と題して、犯罪抑止や犯罪者の社会復帰などのための施策の推進には犯罪や犯罪者をつくりあげていくプロセスの分析など多様な視点からの検討が不可欠であることなどについて述べた。

最後に、上飯坂實・第6部会員（東京農業大学農学部教授）が、「森とむらと都市の共生」と題して、健全な森林づくりのために都市の住民と山村の住民が連帯することは、新しい人間尺度の文化の創造につながることを、日本と外国との場合を対比させて述べた。

（なお、これらの講演会の講演要旨は、「日学双書」として、（財）日本学術協力財団から出版されます。）

## 地球環境問題における工学研究の 在り方について—第5部報告

このたび、本会議の第5部は、標記報告をとりまとめ、本会議運営審議会の承認を得て公表した。

### (要旨)

近年における人間活動の大規模化は、地球環境に急速な変化をもたらし、その変化が人類の生存基盤そのものさえも脅かすようになってきた。そのため、次の世紀に向けて人類が総力を上げて取り組むべき、極めて重要かつ緊急の課題として地球環境問題が広く国際的な関心を集めているのは周知のとおりである。

元来、この問題は、時間的にも空間的にも極めてスケールが大きく、かつ、気圏、水圏、地圏及び生物圏全体にわたる相互干渉の結果として現れるものだけに、対応策を選択するに当たって、従来とは異なった長期的、学術的かつ国際的視野に立ち、持続的に取り組む必要がある。また、局所的な現象に目を奪われた一時的な対応や規制ではなく、地球全体における持続的な発展という観点から、地球を一つのシステムとして捉え、自然環境と人間活動をいかなる価値観に基づいて調和させていくべきかという視点から、総合的に取り組むべき問題である。

地球環境問題が人間活動の結果として現出したことを考えると、今なすべきことは、地球環境に配慮した健全な人間活動のために新しい工学的基準を導入するなどにより、人間活動と地球環境の調和に役立つ広く新しい学問領域を創出することである。

それは、地球環境と人間活動を総合して一つのシステムとして捉え、そこにおける物質・エネルギー循環・エネルギー収支のあるべき姿を定量的に評価できる手法を開発し、人類が生存し得る新しい技術体系を構築する学問領域である。このような地球システムの工学を「地球システム工学」と呼ぶことにする。

このような新たな学問領域創出と新たな技術体系確立のためには、既往の学問分野からの協力により速やかに研究体制を構築する必要がある。このためには、当面、研究プロジェクトを設定することにより強力な研究推進を行う必要がある。我が国がかかる学問領域を率先して創造し、国内外の研究者とともに地球環境問題解決に取り組むことは、研究開発力、技術力に対する海外の期待というものを考えた時、我が国の責務と考えられる。

## 平成2年(1990年)度共同主催国際会議

本会議は、昭和28年以降おおよそ4件の学術関係国際会議を関係学術研究団体と共同主催してきたが、平成2年(1990年)度には、2件増えて、次の6国際会議を開催する。

### ■国際土壌科学会議

開催期間 平成2年8月12日～18日  
開催場所 国立京都国際会館(京都市)  
参加者数 国外1,000人、国内500人、計1,500人  
共催団体 (社)日本土壌肥料学会

### ■第22回国際応用心理学会議

開催期間 平成2年7月22日～27日  
開催場所 国立京都国際会館(京都市)  
参加者数 国外450人、国内550人、計1,000人  
共催団体 日本心理学会

### ■第15回国際微生物学会議

開催期間 平成2年9月13日～22日  
開催場所 大阪城ホール外(大阪市)  
参加者数 国外2,000人、国内3,500人、計5,500人  
共催団体 日本微生物学会

### ■第11回国際数学連合総会及び第21回国際数学会議

開催期間 平成2年8月18日～29日  
開催場所 神戸国際会議場(神戸市)外  
参加者数 国外1,500人、国内2,000人、計3,500人  
共催団体 (社)日本数学会外6学会

### ■第11回国際神経病理学会議

開催期間 平成2年9月2日～8日  
開催場所 国立京都国際会館(京都市)  
参加者数 国外600人、国内900人、計1,500人  
共催団体 日本神経病理学会

### ■第5回国際生態学会議

開催期間 平成2年8月23日～30日  
開催場所 横浜プリンスホテル(横浜市)  
参加者数 国外900人、国内1,000人、計1,900人  
共催団体 日本生態学会

## 二国間学術交流事業

日本学術会議では、二国間学術交流事業として、毎年2つの代表団を外国に派遣し、各訪問国の科学者等と学術上の諸問題について意見交換を行って、相互理解の促進を図る事業を行っている。

平成元年度には、①10月25日から11月4日まで、イタリア及びスイスへ、渡邊格副会長以下5名の会員から成る代表団を、②12月4日から12日まで、インドへ、大石泰彦副会長以下6名の会員から成る代表団をそれぞれ派遣した。

イタリア及びスイス派遣代表団は、イタリアでは、イタリア学術研究会議、大学・科学技術研究省、ローマ大学、ローマ日本文化会館など、スイスでは、スイス学術会議、連邦内務省教育・科学局、スイス科学財団、ベルン大学、チューリッヒ大学などを訪問した。

各訪問先では、関係者との間で、それぞれの国の学術研究体制や科学技術政策などをめぐって意見交換が行われたが、特に、イタリアでは、研究行政の一本化を図るために、大学を文部省の管轄からはずして、大学・科学技術研究省を設置していることについて、また、スイスでは、連邦政府とともに、強い権限を持つ州政府が存在する同国の行政の仕組みと学術行政との関連について、それぞれ熱心に意見の交換がなされた。

インド派遣代表団は、インド国家科学アカデミー、科学産業研究会議、計画委員会、科学技術庁、ネルー大学、テリ大学、タタ基礎研究所などを訪問した。

各訪問先では、関係者との間で、科学技術振興方策及び両国間の今後の積極的な学術交流などをめぐって意見交換が行われ、また、政変の直後ということもあって、選挙の話から、経済力の向上、中産階級の躍進などの政治、経済の問題などについて熱心に意見の交換がなされた。

御意見・お問い合わせ等がありましたら、下記までお寄せください。

〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会 電話03(403)6291

(1984・11・22 改正)

**土壌物理研究会会則**

第1条 本会は土壌物理研究会 (Research Association of Soil Physics, Japan) 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なう。

- (1) 研究発表会、討論会及び見学会などの開催
- (2) 土壌の物理性 (Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan 会誌という) 並びにその他の印刷物の発行
- (3) 内外の研究、技術の交流及び他の学会、諸団体との協力
- (4) その他本会の目的を達成するため必要な事業

第4条 本会の会員は、正会員、学生会員及び賛助会員、購読会員の4種とする。

会員となるには評議員会の承認を受けなければならない。

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 3,500円

学生会員 〃 2,000円

(大学院生を含む)

賛助会員 1口年額 15,000円

購読会員 会誌年額 4,500円

広告料 賛助会員 実費

賛助会員以外 実費の5割増

第6条 本会に次の役員をおく。任期は2年とする。ただし、3期連続の重任は認めない。選出方法は別に定める。

- (1) 会長1名、副会長1名  
正会員の中から評議員会によって選出される。
- (2) 評議員  
イ 15名 正会員から互選する。  
ロ 3名以内 会長が委嘱する。
- (3) 会計監査 2名  
正会員の中から評議員会によって選出される。
- (4) 幹事 若干名

会長委嘱

第7条 会長は毎年1回以上総会並びに評議員会を招集する。

第8条 本会に次の委員会をおく。

- (1) 選挙管理委員会  
正会員の中から評議員会によって選出され、本会の評議員選挙を管理する。
- (2) 編集委員会  
正会員の中から評議員会によって選出される委員によって構成され、会誌その他の印刷物の編集に当る。

第9条 本会の経費は会費その他の収入をもってあてる。

第10条 本会の会務執行に必要な規定は別に定める。

**「土壌の物理性」投稿規定 (1989・7・26 改定)****1. 投稿要領**

- 1) 投稿は本会会員に限る。ただし共著者の場合また編集委員会が依頼した場合はこの限りではない。
- 2) 投稿原稿の採否は編集委員会が決定する。編集委員会は要すれば文章の加除修正を行う。ただし内容については、これを著者に依頼することがある。
- 3) 投稿は以下に示す種別にしたがい、その内容は土壌の物理性に主体をおくものとする。  
「報文」他誌に未発表のものに限る。書き方は方法、結果、考察ならびに総括(摘要)の体裁をとり、引用文献を明らかにすること。  
「論説・総説」土壌の物理性に主眼をおき、広い視野に立って記述したもの。  
「資料」既に発表した報文または発表予定の内容を各分野の参考資料となるよう書き改めたもの。  
「解説」物理性に関する諸事項の理解を計るための平易な解説ならびに研究技術の普及交換を進めるための紹介を含む。  
「その他」土粒子、書評などを含む。
- 4) 投稿には下記形式の送り状を付け、原文1部、コピー2部の計3部を送付する。報文のみ初刷りは著者校正とし、印刷ずみの原稿は返さない。別刷りは30部を著者に贈呈する。それ以上希望する場合は実費を申し受ける。

発表年月日		受付年月日	
種 別		原稿枚数	
表 題		図表数	表 枚 図 枚,
著 者 名		写 真 数	葉
所 属		別 刷	30部+ 部

付記：投稿は下記宛のこと

「土壌物理研究会編集幹事」

## 2. 原稿執筆要領

- 1) 原稿には400字詰横書きの原稿用紙を用いる。
- 2) 原稿の枚数は、刷り上がり6ページ以内(図表を含めて32枚程度)を基準とする。超過ページならびに写真、図表など、特に多額の経費を要するときは実費を申し受ける。
- 3) 文体 平かな漢字混りの横書き口語文として、できるだけわかりやすい表現にする。
- 4) 術語以外はなるべく当用漢字を用い、かなは現代かなづかいとする。
- 5) 句読点、括弧、ハイフンには一画を与える。数字、ローマ字は一画に二字までとする。
- 6) 数字 アラビア数字を用い、漢数字は普通の字句についてのみ用いる。
- 7) 外国人名は欧字とする。最初の文字のみ大文字とする。
- 8) 外国地名はカタカナを原則とするが、必要に応じて欧字を用いる。
- 9) 字体の指定は、ゴシック、italic、bold のように鉛筆で指定する。紛らわしい文字は誤植防止のための指示を鉛筆で記入する。(例：l-エール、1-イチ、I-アイ、x<sup>v</sup>、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>など)
- 10) 術語 原則として文部省編：学術用語集による。普通に用いられる外国語の術語、物質名などはカタカナで書く。
- 11) 略字、略号を使うときは、はじめにそれが出る個所で正式の名称とともに記す。例：液性限界(LL)
- 12) 数量の単位は原則としてSIを用いる。(但し、当分の間はCGSの併用を認める)
- 13) 表・図・写真などは必要最小限とし、同一事項を表と図に重複して示すことは避ける。
- 14) 表・写真は本文のあとに1枚ごとに原稿用紙あるいはこれとほぼ同大の別紙に書き、またははり付ける。1枚ごとに著者および表題を鉛筆で略記して事故の発生を避ける。本文中欄外に挿入位置を指定し空白はあけない。ただし指定の位置にはならないことがある。
- 15) 空欄の多い表は避け、注を使うなどして紙面の節約をはかる。
- 16) 表の番号は「表-1」のようにし、説明とともに表の上に記入する。
- 17) 図はそのまま製版にとれるようトレーシングペーパー等(白か透明)に黒インクで明確に書く。製版に適しない図は書き直しを要求することがある。図中の文字は鉛筆でうすく記入しすることにとどめる。図の番号は「図-1」のようにし、説明とともに図の下に鉛筆で記入する。
- 18) 図は刷り上がりの大きさを指定し、1.5~2倍ぐらい大きく書く。ただし必ずしも指定の大きさにならないことがある。図中の字の大きさおよび線の太さは刷り上がりを考慮して定める。
- 19) 地図には定尺をつけ、何万分の1などの縮尺を指定しない。
- 20) 文献は本文のあとにまとめて通し番号順に書く。通し番号は引用の順序または著者名のABC順とする。本文の引用個所の右肩に番号を片括弧で小さく入れる。論文名は記載しなくてもよい。
- 21) 題名、著者名、所属報文の図、表および写真の表題には英文を併記するものとし、さらに報文については、300語以内の英文要約をつけるものとする。
- 22) 英文原稿も上記の規定に準ずる。
- 23) 原稿に使用する年号は全て西暦に統一する。但し、引用文献等でタイトルの中に元号が入っている場合は変更する必要はない。

土壌物理研究会編集幹事

〒305 茨城県つくば市観音台2-1-2  
 農業工学研究所 水田用排水整備研究室  
 石 黒 宗 秀  
 電話 0298-38-7642

〒305 茨城県つくば市観音台3-1-1  
 農業研究センター 土壌改良研究室  
 中 司 啓 二  
 電話 0298-38-8826



## — 編 集 後 記 —

59号から本誌の体裁が一部変わりました。その主な箇所は著者の所属と住所を左下の欄に入れたことと、上下にあった罫線と略称を除いたことなどです。さらに、本号からは論文に限って受理年月日が入ったことにお気づきでしょうか？

さて、現在物理研究会の事務局が置かれている筑波は、茨城県人のアンケートではハイテク、国際的、先端産業など科学技術の面でプラスのイメージが強いようです。一方、筑波在住の研究者には、いまだに田舎、不便、人工的などの科学技術の面とはやや異なるマイナスのイメージが残っているようです。先日の新聞に筑波の半官半民

の研修機関が行っている中小企業向けの先端技術研修は、研修生が集まらず閑古鳥(?)か鳴いているという記事が載っていました。また、土壌の各種計測センサの開発に関与して感じることは、開発に参加した中小企業の足腰の弱さです。日本が目指す技術立国は大企業だけが頑張ることができるものではないでしょうし、大企業だけが技術開発を担うという状況では技術の裾野の広がり我々研究者まで届き難くなる恐れがあります。筑波が茨城県人のイメージどおりになるには、まだ多くの人達の努力と時間が必要のようです。

(中司 啓二)

## 土壌の物理性第59号の訂正について

古賀先生

項 目	誤	正
18頁左下5行	$\kappa$	$k$
21頁左4行	$\kappa$	$k$
24頁(1)式 右辺第2項	$\varepsilon$	$\bar{\varepsilon}$

なお、本文中58頁『本村先生』のお名前が『木村』となっております。お詫び申し上げます。

## — 土壌物理研究会 —

事務局構成	会 長	久保田 徹 (農環研)
	副 会 長	軽部 重太郎 (茨城大)
	会計幹事	日笠 重喜, 遅沢 省子 (農環研)
	庶務幹事	加藤 英孝 (農環研)
	編集幹事	石黒 宗秀 (農工研), 中司 啓二 (農研セ)
編集委員会	委 員 長	石井 和夫 (農研セ)
	委 員	安西 徹郎 (千葉農試), 足立 一日出 (農工研), 河野 英一 (日大), 谷山 一郎 (農環研), 長谷川 周一 (農環研)

発行 土壌物理研究会 (〒305) 茨城県つくば市観音台3-1-1 農業環境技術研究所 土壌管理科  
 TEL 02975-6-8257 振替口座 東京5-17794  
 銀行口座 関東銀行谷田部支店 口座番号(普通預金)030205  
 印刷 株式会社・ピー・シー 〒105 東京都港区新橋5-25-6 山本ビル2F  
 TEL03-436-2124 (代) FAX03-578-7182



**ESD**

高性能なインテリジェント型計測・制御装置Green Kit 100Mと、新開発の水分センサー及び水分計測プログラムをベースに、各種センサーや機器などを接続し、パソコンを利用したデータの収集・記録・表示・通信・制御を、長期間、安定して、高精度に行うシステムです。軽量コンパクトなシステムが容易に構築でき、設置・移動も手軽に、素早く行えます。パソコンとGreen Kit 100Mとは、ケーブル1本で簡単に接続して通信します。

## 土壌水分計測システム Green Kit 100M

### 新開発の水分測定方式

農林水産省環境技術研究所で開発され、ESDの高い技術力により実用化された線熱源ヒートプローブによる熱伝導率測定方式で、数多くある従来からの計測法の欠点を克服した画期的なものです。

- フルレンジ測定：分解能1/500℃の温度計測により0～100V%の水分量を算出します。
- メンテナンスフリー：ステンレス性のセンサーは定期保守なしで長期間の埋没可能。
- 正確で安定したデータ：低昇温の熱パルスは土壌に熱的影響を与えず安定した測定ができます。
- ひずみゲージなど：市販品の測定機器もご使用できます。アナログ・デジタル入/出力はMAX56ch。
- 低価格：パソコンを利用した計測システムが様々なしかも廉価に構築できます。モデム通信や多機能データロガーソフトも用意されています。

環境計測と制御の

株式会社 **イー・エス・デイ**

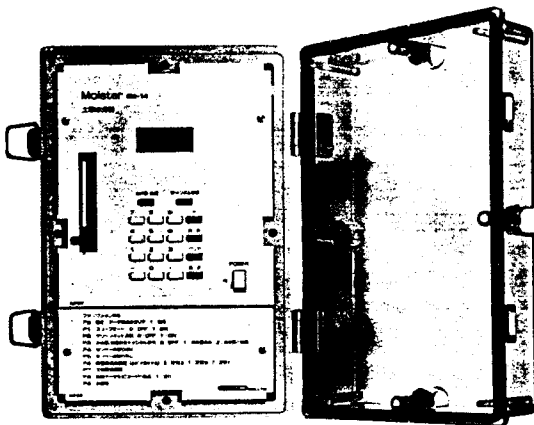
〒112 東京都文京区後楽1-7-12 林友ビル3階  
Tel. 03-818-2761(代) Fax. 03-818-2764

## 土壌水分計

EM-14

測定方式—線熱源ヒートプローブによる熱伝導率測定方式  
(農林水産省環境技術研究所にて開発)

- 特徴—
1. メンテナンスフリー
  2. 正確で安定したデータ
  3. フルレンジ測定
  4. ペンレコーダ、パソコンに接続可能



- 仕様
- 再現性 ±0.3%
  - 収録間隔 4点で1時間
  - 測定周期 15分(1点当り)
  - データ記録容量 (19Kbyte)  
1点測定の場合33日分
  - アナログ出力 0~2.5VDC
  - 電源 AC100V、50/60Hz、DC12V
  - 出力 DC0~2.5Vフルレンジ
  - 寸法 200(W)×300(H)×185(D)
  - 重量 5.0kg

太陽計器株式会社

本社 東京都港区新橋2丁目8番14号  
〒105 (山田ビル)  
電話 (03) 591-4101(代表)



# Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan

No. 60

March 1990

---

## Contents

Foreword .....	K. ISHII	1
<b>Originals</b>		
A Consideration of the A-Line in the plasticity Chart by Casagrande ...	T. KOMOTO	2
Evaluating Physical Conditions of Kumamoto Soils Based on the "Non-Limiting Water Range" Concept.....	S. OSOZAWA, S. KOZAI and T. KUBOTA	6
Erodibility of Compacted Soil.....	K. TAKUMA	15
Soil Water Content in the Vicinity of Drying Cracks Having Roots in Clayey Subsoil.....	T. SATO, S. HASEGAWA, M. NAKANO and T. MIYAZAKI	24
<b>Review</b>		
A Review on Thixotropic Researches in Soil Physis.....	R. YASUTOMI and K. NAKAISHI	28
<b>Notes</b>		
Irrigation and Soil Physical Properties Relevants to Upland Farming in Hokuso-daichi District.....	H. TAKEDA	34
Reader's Column .....	T. GOTOU	38
Recent Books .....	N. NARIOKA	39
Comprehensive Index (Vol. 51~Vol. 60) .....		40
Announcement .....		44

---

Research Association of Soil Physics, Japan  
c/o Division of Soil Science, National Institute  
of Agro-Environmental Science  
Kannondai 3-1-1, Tsukuba, Ibaraki, 305, Japan  
President Toru KUBOTA