

Soil Physical Conditions and Plant Growth, Japan

土 壌 の 物 理 性

第 20 号

昭和44年 9 月

卷 頭 言.....	美 園 繁	1
土 壌 物 理 学 研 究 の 現 状 と 将 来.....	米 田 茂 男	3
土 壌 物 理 研 究 と 農 業 実 際 面 と の 結 び つ き に つ い て.....	山 田 忍	7
土 壌 構 造 に つ い て.....	長 田 昇	14
土 の 力 学 的 挙 動.....	東 山 勇	19
土 粒 子.....		24
会 務 報 告.....		25
編 集 報 告.....		27

土壤物理研究会会則

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

「土壤の物理性」投稿規定

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

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

- (6) 別刷は30部を著者に贈呈する。それ以上希望する場合は実費を申し受ける。
- 付記：投稿及び会誌編集に関する通信は下記宛のこと
- 東京都北区西ヶ原(〒114) 農業技術研究所
土壤物理研究室内土壤物理研究会編集委員会

巻頭言

御挨拶を兼ねて

会長 美園 繁

今年の4月、名古屋大学で開かれた評議員会で会長に推薦されました。

私は、土壌物理研究会の発足（1958）以来山中・川口・吉良会長のもとで8年間副会長をつとめ、微力ながらも研究会の基礎をかためるために努力して参りました。それが認められて創立10周年記念祝賀会では歴代会長とともに表彰状も頂きましたので、研究会に対する私の責任は一応終わったものと考えておりました。

したがって会長への推薦をうけたときも実はかなり迷いました。けれども結局は引き受けることにいたしました。

それは、御承知のように今度の評議員は会員の直接選挙で選ばれましたが、私への票はかなりの数になりました。投票された会員は、研究会のためにさらに努力をつづけることを期待しておられることでしょう。その期待にどれだけ答えられるかわからないが、できるだけ努力をすることが大切であると考えたからです。

さて、引き受けてはみたもののどれだけのことが出来ることかと甚だ心細い思いもいたしております。会員の皆様方の御協力を得て、研究会を1歩でも2歩でも前に進めたいものと念願しております。

今期（1969～70）は、会誌と研究討論会に重点をおこうと考えております。会員をふやし、財政の基礎を固めることはいつでも大事なことであり、たえず気を配っていかねばなりません。とくにわが国における土壌物理の研究をめぐる情勢から考えてみても、それをおろそかにすることはできません。けれども、創立10年の蓄積の上に立って会誌の内容をさらに高め、研究討論会の水準を上げていくことがとく

に重要になっていると考えます。そのことによって、会員の拡大、財政の健全化も一層おしすすめられるものと考えております。

この方針をすすめるために、幾人かの評議員の方にも幹事になって実際の仕事を担当して頂くようにいたしました。研究討論会は須藤副会長が担当いたします。編集は横井評議員が、事務局は岩田評議員が中心になって、本村・足立・前川・粕淵諸氏の新進気鋭とともに執行体制を整えました。

事務局の形は一応整い、仕事も始まって参りましたが、会誌の質を高め、研究討論会の水準をあげる仕事は、幹事会一事務局の努力だけでは成功いたしません。何と云っても、会員1人1人の日常的な研究の成果を研究会の活動に反映することなしには、この仕事は成功いたしません。

会員の皆様方の御協力と研究の一層の前進を心から期待いたします。

わが国の土壌物理の研究は、年々その規模を拡げ、研究者の数も、研究内容も広がって参りました。土壌物理の研究に対する期待・要望もひきつづきつよまっております。新設された県の農業試験場には例外なく土壌物理実験室が設けられています。

農業の機械化がすすみ、工業と農業との結びつきがすすめばすすむ程、また土地利用の高度化がすすむほど、土壌物理の研究はますます重要になり、研究者の責任も重大になって参ります。

そのような情勢に答えるためにも、会員1人1人の研究を土壌物理研究会に、その中でも会誌「土壌の物理性」と研究討論会の充実のために、反映されることを心から期待いたします。

会長就任の御挨拶を兼ねて所見の一端を申し添えました。(1969. 6)

土 壌 物 理 学 研 究 の 現 状 と 将 来

米 田 茂 男*

はじめに

筆者は以前に、中国北部のアルカリ土壌やわが国の干拓地土壌の研究において、土壌の物理的性質を化学的性質との関連において研究したが、ここ10年ほど土壌物理の研究から離れている。したがって本題目のような講演を行なうのは不適任と考えているが、会長の要望により、第三者の立場から土壌物理の全般について感想を述べ、本日のシンポジウムの前座の役を勤めるつもりである。

I 土 壌 物 理 の 研 究 領 域

1. 土 壌 物 理 研 究 会 の 構 成 メ ン バ ー の 立 場 か ら

最初に土壌物理の研究分野と範囲について、種々の立場から検討する。

「土壌の物理性」の第1号発刊に際し、世話人の言葉に、“土壌物理学は一部の専門家に限られた仕事でなく、広い分野の方々の参加を願う”との言葉に示されるように、本研究会の特色の一つが、他の学会と異なっており、各方面の専門家で構成されている点にある。しかし、構成メンバーの数という点からすると、その主体は次の二つのグループに分かれる。

第一は、土壌物理学とは、土壌の物理的性質を研究する土壌学の一分科であることから、土壌学系の研究者である。第二は「土壌物理実験」の書中で指摘されているように、土壌物理が技術として応用される場面では、土質力学や土壌水文学の一部とも重複して、農業工学の広い領域で研究されていることから、この分野の、とくに農業土木系の研究者である。このことは本研究会の会員構成からも明らかで、本会発足当時も、また現時点においても構成メンバーの主体はあまり変わっていない。

ところで、土壌学系と農業土木系の研究者間で、研究の方法や目的などは、かなり趣を異にしている。たとえば、前者に属する研究者の多くは、土壌学講座が農芸化学科に置かれていることもあって、研究の基礎を物理化学やコロイド化学に依存するのに対して、後者では物理学や力学を基礎としている傾向が認められる。

土壌物理に関する従来の研究報告は、その目的や研究

方法の点から次の二つに大別できる。その第一は、応用物理学の一分科としての性格をもつ基礎的研究で、第二は、生産体としての土壌物理性の向上を目的とする、農学の一分科としての応用的研究である。

前述の土壌学系と農業土木系の研究者の差は、基礎的研究はもちろんのこと、応用的研究においても、かなり明確に示されている。たとえば、土壌学徒は、土を作物生育培地、とくに根の生育の場としてとらえ、土壌物理性を土地生産性の立場から研究し、かつ土壌物理性を化学性と関連づけながら、研究を展開している場合が多い。これに対して、農業土木学徒は、土を土木工場の材料としてとらえ、また農地の土木なる見地から、とくに土と水との関係に研究の重点がおかれている場合が多い。

これに加えて、Pedologist と Edaphologist の間でも土壌物理性の取り扱い方に若干の差がみられ、このことは土壌断面の物理性調査の方法にも現われている。

2. わが国における土壌物理の発展

BAVER は Soil Physics の初版(1940)で、“土壌物理学は過去20年間に興味と注意をひくことがますます多くなった土壌学の新分野である”と述べているが、今日からすると約50年前にあたる。しかしこれは、欧米の土壌学界についての話で、わが国では、かなり遅れて発達している。土壌肥料学発達史研究会が昭和31年に、「明治以降における土壌肥料学に関する文献総目録」を発行している。土壌物理の項を調べると、昭和20年までの約50年間の文献数は約60で、その約半数が土壌学系の報文である。昭和21～昭和31の10年間の文献は約50で、大部分が土壌学系の報文である。後述するように、ここ数年間は、4月の日本土壌肥料学会春季大会における土壌物理関係の講演数は約50に達している。要するに、土壌学の中で、土壌物理の研究が盛んになったのは戦後で、とくに本会が発足して以来の過去10年間に、目ざましい発展をとげたと称しても過言でないが、土壌肥料学会の全体からみると、土壌物理部門はまだ弱体であることは事実である。

次に農業土木系についてみるに、戦前の研究にも土木工学や土地改良の見地から、土壌物理に関連あるテーマとして、毛管水、浸透その他の研究成果が多数発表され

*岡山大学農学部

てはいるが、当時はまだ土壤物理という言葉は、明確に打ち出されてはいなかったようである。戦後に、土壤物理に関心を有する研究者の間で研究会的な性格の集会在次第に発展し、昭和37年に至って農業土木学会の中に、土壤物理研究部会が設置され、今日に至ったと聞いている。

3. 研究テーマからみた研究領域

土壤物理という言葉の内容は、必ずしも明確でなく、したがって土壤物理に対する考え方も学者によって多少異なってくる。

BAVER の著書の目次は次のとおりで1.~8. が基礎的問題を、9.~10. で応用的問題を取りあげているが、本書では作物生育培地としての土壤物理性については、あまり触れていない。

Baver, L. D. 1948. Soil Physics, Ed. 2 nd New York.

1. Introduction
2. Mechanical Composition of Soils
3. Physical Characteristics of Soil Colloids
4. Soil Consistency
5. Soil Structure
6. Soil Water
7. Soil Air
8. Soil Temperature
9. Physical Properties of Soils and Tillage
10. Physical Properties of Soils in Relation to Runoff and Erosion

これに対して、**SHAW** の著書では、次の目次からも明らかなように、作物生育培地としての土壤物理性に重点をおいている。

Shaw, B. T. 1952. Soil Physical Conditions and Plant Growth. New York.

Introduction

1. Soil as a Physical System
2. Mechanical Impedance and Plant Growth
3. Soil Water and Plant Growth
4. Soil Aeration and Plant Growth
5. Soil Temperature and Plant Growth

SHAW は、植物生育に対する土壤物理性の重要性が、これまではやや漠然とし、定性的であったので、その意義を十分再認識させることが本書の目的であると述べているが、土壤学徒の研究テーマは、だいたいこれら両著書の範囲に包含されている。

次に東大農工工学編の「土壤物理実験」においては、土壤物理で取り上げるべき測定項目を次のように表示している。

I 採取した土の物理的性質

- (1) 構造に関するもの (2) 水分関係
 - (3) 力学的関係 (4) 熱関係 (5) 電気関係
- II 土地としての土が示す物理的性質

- (1) 構造に関するもの (土層断面) (2) 水分関係
- (3) 力学的関係 (4) 熱関係 (5) 電気関係

ところで、従来の専門書では、土壤物理の扱い方が土壤を現地から切り離して、一種の material としての物理性を対象とする傾向が強かったのに対して、現在では、土壤学徒および農業土木学会のいずれにおいても自然の、ありのままの姿の土の物理性も、これに劣らず重要視されるようになってきたが、このことは、上の表によっても明白である。

II 土壤物理研究の現状

土壤物理研究の現状を反映する指標の一つとして、日本土壤肥料学会および農業土木学会春季大会における過去10年間の講演数を掲げる。

日本土壤肥料学会における講演

年 度	講演総数	土壤物理に関する講演			総数に対する%
		土壤物理部門	その他	計	
昭 34	258	10	22	32	12.4
昭 35	262	15	26	41	15.6
昭 36	232	8	29	37	15.9
昭 37	222	11	23	34	15.3
昭 38	241	13	34	47	19.5
昭 39	253	9	40	49	19.4
昭 40	250	19	21	40	16.0
昭 41	298	26	34	60	20.1
昭 42	243	12	24	36	14.8
昭 43	313	18	32	50	16.0

日本土壤肥料学会においては、昭和34年から講演は部門別に行なわれているが、上表に示したように、土壤物理部門で発表された講演以外にも、内容的には土壤物理の問題を取り扱っている講演がかなり多い。土壤物理部門で発表される研究は、いわゆる土壤物理を専門とする研究者の講演で、edaphology の立場から物理性を扱う研究者は、物理性と化学性とを関連づけて研究を展開する機会が多いことから、これらは他の講演部門で発表される傾向が認められる。

上表に示したように、広義の土壤物理に関する講演数の全講演数に対する百分率は12.4~20.1%、10年平均で16.5%を示した。ただし土壤物理部門の講演のみに限ると平均5.4%にすぎなかった。

次に農業土木学会における講演数とその百分率を求めた結果は次表のとおりで、全講演数に対して9.6~22.5

%, 平均18.1%で, 土壌肥料学会の場合と近似した傾向を示した。

農業土木学会における講演

年 度	講演総数	土壌物理関係	総数に対する %
昭 34	85	19	22.0
昭 35	81	17	21.0
昭 36	107	20	18.7
昭 37	130	23	17.7
昭 38	120	27	22.5
昭 39	149	30	20.1
昭 40	133	24	18.0
昭 41	188	18	9.6
昭 42	111	18	16.2
昭 43	165	25	15.2

また農業土木学会が昭和41年に行なった第二回研究動向調査の結果によると, 土壌物理が9.5%を示し水理(17.5%), カンガイ(12.8%), 水文(10.3%), に次いで, 土質力学(9.5%)とならんで, 第4番目であった。

日本土壌肥料学会は1968年に部門別進歩総説(土肥誌, 39巻1号)を刊行し, 筆者は美園, 横井両氏と協同で土壌物理部門を担当し, 昭和38年から41年の4年間に, 土壌肥料および農業工学関係の学会誌, 研究機関, 試験場および大学の研究報告などに発表された論文を対象に総説した。本総説においては, 土壌物理の研究領域を, わが国の現状に照らして次表のように11項目に類別した。引用文献総数は207であるが, 同一論文でテーマ間にまたがるものが多かったので, 各テーマ別に集計すると336となった。

土壌物理に関するテーマ別研究報告

No.	分類項目	報告数	百分率
1	物理性測定法	30	8.9
2	土壌のコンシステンシー	12	3.6
3	土壌構造	28	8.3
4	土壌水分	50	14.9
5	土壌空気および土壌温度	13	3.8
6	耕耘	51	15.2
7	土壌侵食	16	4.8
8	土壌改良剤	17	5.0
9	かんがいと排水	44	13.1
10	水田土壌の物理性	61	18.2
11	園芸圃場の土壌物理性	14	4.2
計		336(207)	100.0

次にテーマ別の百分率を検討すると, 水田土壌, 耕う

ん, 土壌水分, かんがいと排水に関するものがそれぞれ13%以上, 計61.4%と過半数を占め, わが国において土壌物理の問題の中で, とくに関心を持たれている分野が何であるかが推察できた。

水田土壌の物理性に関する研究が18.2%と最高値を示したのは, こと水田土壌に関する限り, 土壌化学, 土壌生物, 土壌分類その他の全部門にわたって, わが国で研究を体系づける義務のある点から当然であろう。

次に世界各国を通じての土壌物理研究の現状を把握する方法の一つとして, 抄録雑誌 **Soils and Fertilizers** に過去3カ年に掲載された土壌物理関係の論文をテーマ別に検討し, 一括して次の表に示した。

本誌に引用された土壌物理関係の論文の, 全論文に対する百分率は, 13.3% (1965), 13.5% (1966), 13.2% (1967)とときわめて近似した値を示した。また川口は,

Soils and Fertilizers.

	1965	1966	1967	計	%
Physical Properties of Soil	4	10	7	21	1.2
Soil Water	170	164	160	494	27.5
Soil Atmosphere	20	15	19	54	3.0
Soil Structure	52	62	44	158	8.8
Soil Texture, Mechanical Composition	10	5	8	23	1.3
Soil Temperature	32	23	29	84	4.7
Electrical Properties of Soil	6	5	5	16	0.9
Soil Mechanics	37	33	39	109	6.1
(Technique and Analysis)					
Physical Analysis	87	134	114	335	18.6
(Classification Soil Types)					
Soils classified According to Mechanical Composition	8	9	14	31	1.7
Soil Formation and Erosion	47	50	34	131	7.3
Cultivation	43	52	43	138	7.7
(Fertilizers) Soil Conditioners	14	5	16	35	1.9
Soil Conservation, Reclamation	12	12	43	67	3.7
Irrigation	25	15	34	74	4.1
Drainage	10	9	7	26	1.4
計	577	603	616	1796	
引用文献総計	4331	4461	4680		
%	13.3	13.5	13.2		

最近3カ年のアメリカ合衆国における学位論文について, *Agronomy News* に掲載された論文題目から判断して, 土壌物理関係が, 平均14.2%なる数字を示しており, 上記の数字と近似している。

次に前表につき3年間の合計数でテーマ別に検討する

と、Soil water 27.5%、Physical analysis 18.6%と、この2項目がとくに高比率に示した。続いて Soil structure 8.8%、Cultivation 7.7%、Erosion 7.3%、Soil mechanics 6.1%などが主要テーマであることが判る。

Ⅲ 研究の将来

まず大学における教育態勢をみるに、農業工学科においては、その半数以上で土壌物理学なる講義科目が掲げられ、かつ土壌物理学実験は全学科で行なわれている。これに対して土壌学講座(研究室)は、現在は農芸化学科に所属している関係上、土壌物理の研究を中心している研究室は皆無といっても過言でなく、したがって土壌物理の基礎的研究も大学の研究室からほとんど発表されていない実状である。その結果、土壌学系の研究者の多くは、卒業後に試験研究機関に入ってから新しく土壌物理の問題に着手する例が多く、われわれとして十分に考慮を要する問題である。この点に関し、地域的な土壌関係の講座、研究室の連合体を考え、研究分野の分担を明確にして、共同して学生の教育と研究者の養成をはかる、との川口提案や、さらに一歩進んで地域の農学部を一括して農科大学を設立すれば、土壌肥料関係だけでも約10講座となり、土壌物理学講座の独立も可能となるなどの意見も耳にする。

次に研究面についての詳細はシンポジウムにゆずるが、圃場における土壌物理性に関する基礎的研究と関連しての測定法とその精度の問題はとくに重要と考える。

近年生物工業化や農業工業化という言葉がよく使われ

ている。これを肥料の面からすると、作物の要求に応じて、計画的に多量の肥料を施す施肥法を確立することにあるという。それには養分の吸収をつかさどる根の健全発育が前提条件で、かつ、かかる条件こそ土壌の物理性を基礎としての Soil condition の解明に連なる。

植物栄養学者の間では、今一歩飛躍して、多肥による作物生産の増大には限度があること、したがって作物生産の制約因子が肥料要素から光エネルギーの問題に移りつつあることが指摘されている。植物による太陽エネルギーの利用率は、現在では数パーセントに過ぎないこと、したがって新しい総合技術の開発によって、作物集団の生育を人為的に调制し、光エネルギーの利用率を著しく向上させる以外に、土地生産性の飛躍的増大は望まれないという。かかる新技術の中には、当然土壌物理性の諸問題が重要な役割を演じることは明白で、とくに圃場における土壌の物理性に関する基礎的研究と、それに裏づけされた Soil condition の質的ならびに量的解明、さらにはそれが基盤整備などの技術として体系化、実用化されなければならない。このような総合的な研究を進めるには、各方面の専門家よりなる研究グループが構成されて初めて可能となるわけで、この点、土壌物理を媒介として各方面の専門家をもうらしている当研究会の特色が発揮されるものと信じる。

終わりに、本講演を行なうに当たり、農業工学の面からの資料や問題点を提供して下さった岡山大学農学部農業工学科の小橋教授および長瀬助教授に深謝の意を表する次第である。

土壌物理研究と農業実際面の結びつきについて

山 田 忍*

(1) はじめに

筆者は土壌学のうち、土壌の生成・分類、調査の部門を専攻しており、土壌物理分野の研究にもうといし、また土壌物理研究と農業実際面との結びつきに対してどのような問題があるかについてもよく熟知していない。ただ長い間の研究生活を通じて、筆者のモットーとするところは、農学に関連する研究は途中の段階はどうであろうと最終の目的は実際農業に役立たせることにありと考えている。特に土壌は農業の基盤をなすものとの考えから土壌調査が行なわれているが、この土壌調査は、土壌のおいたちから性質を調べ、これから土地改良、土壌改良、施肥法改善のめどをつかまえ、さらに土壌の性質が病害虫の発生に密接な関係があるならばその橋渡し、また土壌の性質から見た農業経営上の問題点など、できるだけ実際農業の広い分野にわたって、土壌学的立場から見た調査資料を提供することが望ましい。このような観点から筆者は土壌学の知識は化学とか物理に片寄ることなく、浅くともよいから広い分野にわたって知ることが必要であり、農学上における多くの分野の知識も常識程度のことは取り入れて役立つ農業への橋渡しをつとめたいとの考えで今日まで微力をつくしてきたつもりである。しかし現実となるといろいろむずかしい問題にぶつかり、理想への到達の容易でないことをいたく知らされているのである。そこで今回は農業土木の分野で広く取り上げられている排水と客土の問題について、筆者のいつも考えさせられていることとか、あるいは何とか解決してほしいと願っている事柄などについて筆者の考えを述べたい。

(2) 役立つ研究のねらい

最初に排水の問題について述べてみる。

まず水田においては排水と灌漑は表裏一体の関係にあり、その程度は水の掛引きと称して、常に水稻の生育とにらみ合わせて合理的に行なわれているのであまり問題はないと思う。ところが畑地になるとどうも趣がちがってくる。

畑地における排水の目的は水田の場合とちがって土壌

中の余計な水を排除して作物を湿害から守るにあると筆者は考えている。したがって排水の基準には作物の湿害を常に考慮の中に加えておかなければならぬと思うが、現実にはほとんど考慮されていないのではないか。たとえば北海道における基準は、最近10カ年の平均一日最大雨量である119.3ミリメートルの40%を7日間で排除することになっており、肝心な作物の湿害については全然ふれていない。このことはどの府県においても大同小異であろう。

ところが排水の基準をきめる上においてたいせつだと思われる作物の湿害の研究はこれまた微々たるものであまりやっていないといった方が当たっているかも知れない。北海道農業試験場畑作部の林技官の研究によると、菜豆の開花期に地下水位を10センチメートルに保って4日間そのままの状態にしておくと、菜豆は明らかに収量は減り、10日間おくと収量皆無になる。とりもなおさず菜豆の根は開花期に4日間水に浸されていると根に故障をおこし、10日間おくとその機能が止まってしまうと解してもよいではないか。にもかかわらず排水基準は先にものべたとおり湿害の現実とはまことにちがはぐな関係にある。

北海道十勝平野はほとんどが畑地で現在の耕地20万ヘクタール、これに未開発の草地の適地を含めると50万ヘクタールにも及ぶ名実共に日本一の畑地地帯となっている。ところが、北海道でしばしばおそわれる冷害のうち畑作物の冷害の中心地は常に十勝平野であり、それより寒冷な根釧原野や天北原野には冷害の声はあまりきかれないのである。そこに何かなぞが潜むと考えたいのである。

筆者はこの解決の一助にととも考え十勝平野全域にわたり土壌調査を行なったところ、全農牧適地のうち約50%が排水不良地、30%が通常では排水不良地ではないが多雨とか集中豪雨の時は排水不良地となることがわかった。そこで冷害年といわれる年の気象条件を調べてみるとある程度の共通点が見いだされる。それは4月から7月初め頃まではたとえ低温でも極端ではないが、作物の最も伸長する7月中旬から8月中旬にかけて雨量が多くて気温も上昇しない。そして8月下旬頃から天気も回復して9月中は気温は平年より高目になる。そこでこのよ

* 専修大学農学短期大学

うな冷害年とみられる昭和32年に筆者は早目に作物の生育を絶えず観察しつづけてみた。その結果7月中旬頃までは平年より草丈は多少劣ってはいたが、それほどでもなく、雨期の過ぎた8月下旬になって菜豆が例年より低温にもかかわらず葉が黄色味を帯びてきた。そして農家は実入りによる枯れ上りの始めと見て安心していた。ところが筆者は菜豆を抜いて根を観察したところ主根が褐色になっている。そして根の内部は同じく褐色になって腐れかかっている。その上地表すれすれのところの莖から新しい白い根が水平にのびてきている。いわば地表にそって新しい根がのび出してきたのである。これが8月下旬の実入りの最盛期である。この観察により菜豆の主根は湿害にかかって腐り、その代償として地表の空気の豊富な部分に新しい根をわずかに伸ばして氣息えんえんとして生きのびていたことがわかった。葉色が黄色味をおびてきたのは実入りのためでなく湿害による機能停止のための枯れ上りの前ぶれでもあったのである。収量はもちろん大減収。これは明らかに湿害であるにもかかわらず冷害とたたづけられたのである。

トウモロコシも観察したが、根はずんぐりとして小さな小球のようで表皮は褐色となって固く、一方乾燥地のトウモロコシの根は大きな球状をなして白味をおびている。収量に大きな開きがあったが早くから枯死はしなかった。明らかに湿害とみてよいものが冷害のため生育が悪いとたたづけられたのである。

テンサイは8月下旬に気温の上昇に伴って湿地のテンサイは葉がしおれてきたが、排水のきいたところのテンサイの葉はそのような傾向は全然見られない。そして根を抜いて見ると湿地のテンサイは形は小さいが外観では排水のきいたところのものとの間に特徴のある差異は見いだせなかった。しかし葉のしおれるのは葉面蒸発によって失われる水分を根から補給できないことを意味していると思う。おそらくトウモロコシと同じく根が湿害によって腐るのを防衛するために表皮が固くなり水分吸収が順調にいかなくなったためではないかと推測した。そのようであれば養分吸収も当然影響を受け収量も減ることになる。

この十勝地方のテンサイ生育の特徴としてあげられることは、7月下旬頃までは隣接地帯に比べてむしろ生育がすぐれているが、8月中旬頃から生育の衰えが目立ち、8月下旬から9月上旬にかけて根腐れ、葉腐れがまんえんして収量があがらない。しかもこの根腐れ、葉腐れの病原菌は土壌菌なのである。そしてこの病気は隣接地帯ではあまり問題とならない。十勝地方では湿地帯以外は被害は大きくない。このような事から過湿な土壌が高温になって、このため根腐れの病原菌が非常に増

殖して被害を及ぼした、いわば過湿な土壌なるがための間接的な被害と見たわけである。そしてこれらの現象も十把ひとからげに冷害とたたづけられているのである。

十勝地方の隣接地である網走地方はテンサイのよくとれるところであるが、そのうちでもよくとれるのは、過湿でも乾燥でもない土壌水分の潤沢な適潤型火山灰地と称せられるところである。ところが昭和41年8月中旬この地方に開びやく以来といわれるような集中豪雨があり、さきの適潤型火山地帯も数日間水びたして畑に足をふみ入れることができなかった。そして当年のテンサイは十勝地方のテンサイと同じように根腐れ、葉腐れが多発し、従来北海道一の収量をあげていた地帯が見るも無惨な収量減で、今まで低位生産地と見られた乾性型火山灰地にはそのような現象は見られなかったのである。この一日の集中豪雨はわずか100ミリメートル程度で、排水施設のなかったため湿害の恐ろしさを身にしみて感じ取ったのである。

ところが翌年網走地方で気候はだいたい平年並みで、これといって特徴ある気候でなかったにもかかわらず、重粘地のテンサイだけが、根の短い、いわゆるコマ型のテンサイが目立ち収量もおちたのである。そしてその原因の解析としてまず雨量を調べてみたところ、6月上旬と10月上旬に平年より多いことがわかったが、これも一日最多雨量50ミリメートル程度である(網走地方は日本一雨量の少ないところで、特に6月は少ない)。そして10月下旬はテンサイの収穫時でもあるから、たとえ多雨であっても、これがテンサイの形に影響を及ぼしたとは考えられない。そうするとこの奇型の原因が雨にあると考えるならば6月上旬の雨になる。ところがこの時期はテンサイの生育初期で主根が細く長く伸びる時期で全然肥大していない。そして重粘地は土壌が固くて雨水の浸透がはなはだしく不良である上に作土が一般に浅い。そうするとたとえ50ミリメートル程度の雨でも、地表に近い部分はそれほどなくても、作土と心土との境の部分には地表水がたまり、このためテンサイの主根は何日間か水びたしとなり、このため生育初期の軟弱なテンサイの根は腐って、このため根が短くなり、このまま肥大してコマ型の奇型のテンサイができたと推測できる。やはり湿害とみたわけである。

さて以上のべたところは筆者のわずかの観察例にすぎないが、これからいえることは作物の湿害の受け方は作物の種類によってもちがうし、同じ作物でも生育時期によっても異なるということである。これに対してさきほどのべた北海道の排水基準がどれだけ意味があるのか、にもかかわらず北海道開発局の暗キ \equiv 排水の年間予算は12億円にも達しており、その効果確認もおろそかにされ

ているのである。そして北海道以外のところにおいても作物の湿害を考えに入れての排水基準というものは見当たらない。

この点から畑地における排水の目的は作物を湿害から守ることにあるにもかかわらず、今までの排水基準が作物の湿害をどれだけ考慮に入れていたかは問題である。作物の湿害の実態すら究明せずに完全な排水計画は立てられないと筆者は考えるのである。

排水についてもう一つの問題がある。それは現在畑地における排水は過剰な水をはき流すだけのようである。もちろん地下水位の高い場合は一定基準の水位以上に高まればそれは排除し放しでもよいであろう。しかし盤層があるとか、土が固くしまっていて、このため、地下深く雨水が浸透しないで湿地となっている場合に、この余剰水を排除し放しでよいかどうか問題である。

重粘地は土が固くしまっているため、雨水の浸透が悪くて、ちょっと雨が降ると地表水を生じ、作土が過湿になっているものと見てよい。そして地下水位は10メートル以下の深いところはザラにある。そのようなところでも現在実施している排水方法は深さ1メートル前後のところ土管暗渠を施しているが、水の移動が極端に悪いため深間を5メートルくらいに縮めても排水がきかない。そこでさらに深さ50センチメートルのところを心土破碎して、このすき間から地表水を地下にしみこませて漸次暗渠にもちこむような方法をとっている。これも雨量の多い地帯であればそれでもよいかも知れないが北海道のように年雨量1000ミリメートル前後、しかも雪も含めての雨量である。それに加えて日雨量50ミリメートルをこえることはめったにない、まして5月、6月は雨が足りなくて早バツ気味である。このようなところも重粘地では地表水の排除し放しの方法をとっている。筆者はこのような場合は一時地表水を下げても、これを排除し放しにせず心土にとめておき、雨の足りない時にいくぶんでもこの水を活用できるような方途を講じたらよいのではないかと考えている。

これには重粘地のようなところはもっと作土を深めておく、もちろん作土の土壌改良は施す。作土を少なくとも30センチメートルにして、この作土を保水力の強い、毛細管のきく土壌に仕上げる。そうすると少々の雨ならば地表水は作土の下部にまでさがるから作物は湿害を受けにくくなるし、毛細管がきくから早バツ時には停滞している地表水を活用することができる。このような方途で余剰水の排除できないところは50センチメートルくらいの深さに暗キヨを施すが、これもふだんは使わないような装置にする。そして雨量が極端に多くなって作物根のびている重要な作土の上部が過湿な状態に立ち至った

時初めて暗渠をきかして余剰水だけ排除するよう調節装置をつける。実際問題として試験研究を重ねなければならぬ点は多々あるが、この考えは、水稻がその生育とにらみ合わせながら灌排水を調節している精神と少しも変わらぬはずである。作物、土壌、農業土木分野の共同研究でやってみたらどうかとも思っている。

(3) 研究成果活用の手助け

次は客土の問題にふれてみたい。客土が農業土木の分野で広く取り上げられていることは説明するまでもない。また客土の目的が作土の改良にあることも異存はないと考える。言葉をかえていえば、作土に作物の生育を阻害するようななんらかの原因があれば客土によってそれを改善するためとみてよい。したがって客土に際しては作土の性質改善にふさわしい土壌の選定が第一であり、これを誤っては客土の目的は大半失われてしまう。

ところが作物の生育を阻害する作土の性質は土壌の種類によって異なるのはもちろん、水田、畑地、牧草地などその利用目的によっても決して同一でない。そこで客入土の選定の問題にさきがけて客土の目的について具体的な例をあげてみることにする。

客土が作土改良に大きな役割をはたし、最も普及されているのは泥炭地であると思う。泥炭地というのは植物の残がいて、いわゆる有機質土壌で他の種類の土壌にみられない多くの特徴をもっている。

まず泥炭土は自然状態では80%以上が水分である。にもかかわらず泥炭地の水田は水持ちが非常に悪く、このため泥炭地の水田は灌漑水の掛け流しになる。ところが泥炭地畑地に排水を施すと、作土はカンカンに乾燥する。乾燥泥炭土は水をはじく性質があるから、雨が降っても地下に浸透しない、その上毛細管がきかないから下層土から水分を補給しない。このため晴天が続くと早バツにかかる。わかりやすくいえば泥炭土は水田では脱脂綿のようなすぐに水をしみとおす性質、畑地ではふとん綿のように水を受けつけない性質、これはどちらも作物の生育のためによくない。

また泥炭地を耕すと作土の部分がちょうどブラウによって切り離されたかっこうになる。そこでこの状態のところを水田にすると、畑地では見られない現象がおきる。それは夏季気温が上昇して泥炭が分解してくると、その時炭酸ガスを発生する。その他泥炭地には初めから地下にメタンガス、硫化水素ガスなどが存在しているが、これが水温の上昇に伴い、気泡となって昇ってくる。そして切り離された作土直下のすき間にたまり、次第にその圧力を増してくるが、泥炭土そのものが軽いため、作土は水稻をつけたまま浮き上がってしまう。これを

水稻の浮上現象といっているが、この状態の水稻はおよそ水稻という作物の生育にふさわしくないから生育がとみに衰えてくる。したがってなんらかの方法によってこの浮上現象を抑えなければならない。そしてこのような現象は畑地ではおきない。

次に泥炭土の化学性的特徴をみると、泥炭土は有機質土壌であるから窒素分がアンモニアから硝酸に変わるが、このものは肥料となるから、窒素肥料の節約に大きな効果があるが、この泥炭の分解は作物の生育後期まで続くので、作物は一般に徒長して登熟がおくれ、北海道のような寒冷地では水稻や豆類などは霜害にかかる危険が多い。ところが泥炭地に客土すると泥炭の分解が促進されるから霜害の危険はますます増大するので、泥炭の分解を抑えるような客土の方法や、量を考えなくてはならぬ。

また泥炭土は窒素分は豊富ではあるが、石灰、苦土、加里などの塩基類はもちろん鉍質土壌では一番豊富な硅酸も極端に足りない。そしてこの硅酸不足が水稻の稲熱病の被害を増大させ、二化メイチウの食害を助長していることもその方面の研究ですでに明らかにされている。そうするとこの方面の対策も絶対に欠かさない。

また泥炭土は pH2.5~4.5 という他の種類の土壌などでは見られない強酸性を呈している。

このように泥炭土は理学的、化学的に多くの欠陥を有しているのだから、それぞれの欠陥を改善するにふさわしい対策を講じなければならないが、これらの欠陥の総合改善に客土が一番効果が大いなので、これが泥炭土改良の第一に取り上げられているのである。しかし泥炭土の欠陥はさきにも述べた通り水田と畑地ではちがっている点もあるから、客土に当たってはそれぞれの欠陥を改善するにふさわしい土壌の選定や、量、客入の方法について考慮が加えられているのである。

まず泥炭地の水田では、灌漑水の水持ちの悪いことと浮上現象をおこすことは畑地では見られない致命的な欠陥なのである。この欠陥を直すには、灌漑水の水持ちをよくするためには粘土分の多い透水性の悪い土壌を客土する。また粘土分の多い土壌を多量客土して泥炭土に重味を加えれば水稻の浮上現象をおさえることができる。しかし泥炭と客入土を混和したりすると、泥炭の分解が促進されて窒素過剰になるからよくない。こうしたことを総合考慮して泥炭地では粘土分の多い土を15~20センチメートルの厚さで地表をおおい、泥炭土とは混ぜないようにしている。これを覆土法といっているが、この覆土法は考えようによっては客土によって新たに作土をつくり、もともとの作土は心土にしてしまうことでもある。このような方法によると、泥炭土の養分的欠陥とさ

れていた硅酸の補給もできるから稲熱病や二化メイチウなどの被害軽減にも役立つし、石灰、苦土、加里などは客入上の性質によって一様ではないが、その補給に役立つことは明らかである。

ところが畑地になると水田とは様子が変わってくる。理学的欠陥対策として毛細管のきく土壌に仕上げると干バツ時に下層土からの水分を補給しやすくすると共に多雨のときは余剰水を下層土にいち早く浸透させることであり、このため壤土型の土壌を厚さにして3センチメートル、これを作土とよく混ぜることで、これを混土法と称している。埴土は客入しても泥炭と混ざりにくい砂土型の土壌は土壌が沈んでよくない。また覆土法であると埴土型土壌では雨水の浸透もにぶいし、早バツ時に下層土から水の補給もできない。ここに明らかに水田とはちがった土壌を選び、ちがった方法で客土をしなければならぬ。

次は牧草地であるが、畑作の輪作の中に牧草を取り入れた場合は畑地として取り扱うが、最近のように大規模牧草地になると、畑地とは別な考え方をしなければならぬ。

長年牧草地として採草するとか、放牧地として利用する場合は、客土なしである程度収量をあげる栽培法が見いだされたため、最近では牧草地に客土しないところが多い。ところが泥炭土は無機成分が窒素を除いて鉍質土壌より著しく少ないので、このようなところに生産された牧草の栄養価値が問題になる。

北海道開発局で釧路の泥炭地とサロベツ泥炭地で客土をしないで牧草地をつくり、乳牛を飼育したところ、釧路泥炭地では乳牛の繁殖障害が多発したが、サロベツ泥炭地ではそれほどでもなかった。しかしよくよく調査してみると釧路もサロベツも毎年融雪時に河川はらんして目に見えないほどではあるがはらん水に由来する泥は明らかに混入してくる。一種の少量客土である。そして釧路ははらん中の泥はごく少量で、その主たるものは火山灰土であるのに対して、サロベツの方は、いろいろな土壌の粘土を比較的少量に含んでいた。ここに無客土といいながら毎年少量の客土をし、しかも養分的に欠陥の多く、その上微量しか混ざらない釧路泥炭地に生産された牧草に栄養的な欠陥があって、これが乳牛の繁殖障害と関連があるのではないかの推測がなりたつ。しかもサロベツの方も排水工事完了に伴い春先のはらんがなくなって以後、乳牛の繁殖障害がどうやら目立ち始めている。この事実に対する解析はまだなされていないが、筆者の推測が当たるとすれば、客土が牧草生産にそれほど役立たなくとも、これを主食とする乳牛の栄養に重大な関係を及ぼすようであれば当然対策の一つとして

無機養分を含む土壌の客入をあげてもよいと思う。

また牧草地にはもう一つの問題がある。それは牧草は多量の水を必要とするが土壌が過湿でもよくない。このため、泥炭地のように過湿地では地下水位を30センチメートルくらいまで下げるのが牧草生育のため最もよいという成績がある。しかしこの程度に排水したところでは採草にトラクターを使用する場合はトラクターそのものが泥炭に食い込んで運行に支障があるし、放牧地の場合は乳牛の足が泥炭地にうずまりやすく、そのためひづめで草をふみつけ損傷を受ける。この場合少量の土壌を覆土すると作土がしまってくるので上に述べたような欠陥はなくなると考えられる。この点については目下天北農業試験場がサロベツ泥炭地で試験中である。ここに牧草地の場合、客土の目的も客入量も客土法も水田とも畑地ともちがった面のあることがわかってくるのである。

火山灰地でも客土は広く取り上げられているが、客土の目的が泥炭地の場合と同じ場合もあれば異なる場合もある。その上たとえ目的が同じであっても火山灰土壌と泥炭土ではその性質がちがうだけに、客入土の選定も客入法も同一でない。この点二、三例をあげて説明を試みる。

火山灰土にもいろいろの種類がありその性質も一様ではないが、俗にいう火山灰土の特性をよくあらわしているアロフェンを主体とする火山灰土、またはほとんど風化を受けないレゴゾルに属するものは、これを水田とすると浸透性がよすぎて水持ちが悪い。この改良法として粘土分の多い土壌を客土しているが、泥炭地の場合とちがって必ずしも覆土によらなければならぬことはない。それは混土法によって火山灰土と粘土をまぜても灌漑水の水持ちをよくすることができるし、また泥炭地の場合とちがって有機物が分解して窒素分が過剰になる心配がないからである。

ところが火山灰地の畑の場合では、浸透性のよいことはあまり問題とならない。むしろ多雨の時や集中豪雨の際でも作土に水のたまることもなく、また早バツの際も毛細管作用が働いて下層土の水分を作土に補給するから、作物生育期間中における土壌水分関係はむしろ条件がよいともいえる。ところが北海道のように土壌の凍結するところでは、この土壌の毛細管作用がよく行なわれるところでは、凍結に先立って地表に霜柱ができるし、凍結土壌層中にも霜柱がなん層もできていて、このため凍結土壌層中の水分過多となり、これが春先凍結のとけるときに凍結層の完全にとけるまでは地表に停滞する。したがって、地形上わずかの傾斜があれば、水田を傾けたと同じで土壌侵蝕がおきるし、土壌の乾燥もおくれて農作業がおくれるなど悪い面がはっきりあらわれてくる。こ

の意味で粘土分の多い土壌を混土することは確かによい方法であるが、普通火山灰地にはそのような材料を得られない場合が多い。そこで近くに泥炭土が得られるところでは泥炭土を混土している。そうすると泥炭はゴロゴロしたかたまりであるから毛細管作用によって下層土から吸昇されてきた土壌水分も、ここで食い止められるし、その上火山灰土の欠点とされている磷酸固定力の大きすぎるのも、泥炭土が逆に少ないため、固定力の緩和にも役立つ、また火山灰土に有機物の少ない場合は有機物の補給にも役立つ、分解して窒素分を作物に補給するなど多くの利点がある。ただ欠点とするところは泥炭土が分解と共にその量が少なくなり客土のききめが漸減することであるが、これも試験の結果5年間くらいは作物は明らかに増収している。

また重粘地でも客土を行なっている。重粘土は粘土分が多過ぎるし、それに土壌が固くしまっている。このため土性改良をねらって海砂を混土するとそのききめがあり、また重粘土は有機物が極端に少ない場合が多いので、この補給をねらって泥炭土を客入している、そうすると泥炭土の分解に伴って土壌が団粒化されて雨水の浸透もよくなる。

以上泥炭土、火山灰土、重粘土について客土のねらいとその方法についての概略をのべたが、客土は単に作土の物理性の改善をねらったものではなく、化学性の改良、ひいては物理性化学性両面の改良をもねらっている。しかも水田、畑地、牧草地など地目別にも改良のねらいがちがっているから、これらの改良のねらいにふさわしい土壌の選定や客入法がとられているのである。こうしたききめ細い配慮がなければ客土の実際効果は期待できないのである。

ところが客土作業そのものはさく道客土、軌道客土、送泥客土など農業上木の作業によらなければならぬためその実施には多くの経費を要し、農家単独では容易に実施しがたいので国の補助政策がとられており、その担当も官庁では農業土木の分野である、それだけに物の考え方が土壌物理に傾き勝ちで一般通念としては客土のねらいは土性改良にあり、この点にふれないと補助申請の許可が容易におらないのが実情のようである。であるから客土の試験の結果そのききめありとすれば、試験は試験でさておき、実際には補助申請に通りやすいような土壌をえらび、何が何でも土性改良にこじつけるから、客入土の選び方、客入方法にも誤りをきたし、試験どおりの効果をあげない始末となりがねないのである。

昔は客土は作土の土性改良にねらいをおいたかも知れない。しかし研究の進んだ今日においてはもはやそのような考えに固定すべきでない。客土のねらいが作土の改

良にあるという点では、作上の化学性改良をねらった石灰や燐などの土壌改良剤と区別されるべき性格のものではない。

以前は土壌といえば土壌化学が主体であり、肥料とか土壌改良剤とか化学に関連する分野において農業の実際面に大きな貢献をなしたことは事実である。しかし土壌化学独走では農業への貢献にもおのずから限度があり、このため土壌化学に押されて目の目を見なかった土壌物理分野の研究もようやく盛んになり、その研究成果も一般に認識されるようになってきた。しかしこれも土壌物理分野という狭い分野にとじこもっているのは土壌化学分野の二の舞を演ずる心配がある。であるから客土においてもいたずらに昔ながらの観念にとらわれることなく、制度上に改善すべき点があればこれを改善して研究成果の農業実際面に役立つような配慮が望ましいのである。

ところで客土にまだ問題がある。今までの客土はさく道、軌道、送泥、いずれの客土にしても土を運んできて作土に混ぜる、いわゆる搬入客土である。もし作土の改良にふさわしい土が同じ場所の地下に埋没しておる場合、これをひっくり返して作土にまぜても客土といえるのではなからうか、その一、二例をあげてみよう。

肥沃な沖積土の上にやせた火山灰が30~50センチメートルくらい堆積していた場合、これを100センチメートル前後に深耕すれば、明らかに作土は肥沃となる。この場合この作業は普通農家の使っているトラクターでは間に合わないで100馬力くらい的大型トラクターと特殊な深耕プラウを必要とするので、これを単なる深耕と区別して北海道では反転客土耕と称している。

北海道十勝清水火山灰地であってコガネ虫幼虫の被害がひどく、作物という作物は牧草にいたるまで食害を受け農業自体が危機に見舞われたことがある。ところがコガネ虫は土壌水分関係からと思うが火山灰土壌によく生棲しているが、隣接地でも他の土壌にはあまり生棲していない。ところでさきの十勝清水火山灰地で土層の構成を調べてみたところ、火山灰土の厚さが約30センチメートルでその下層に肥沃な花崗岩土壌が70センチメートル以上の厚さで埋没されていた。そこでここで約80センチメートルの深さに耕す反転客土耕を行なって作土の性質を全然改変して見たところ、コガネ虫幼虫は絶えて、その上作土は肥沃となって一石二鳥の効果をあらわしたが、これなども反転客土のよい例であると思う。

ところがこの反転客土耕にも問題がある。それはさきあげた例の場合、やせた火山灰層が約30センチメートルあったとしても、その内作土は15~20センチメートルで、これは堆肥とか肥料などを施してある程度地力をつけているが、その下の15~10センチメートルの厚さの火

山灰はやせたままである。したがって70センチメートルの深さに耕して反転客土耕をやっても15~10センチメートルの厚さのやせた火山灰が混ざるからそのききめはうすくなる。そこでやせた火山灰層の直下に埋没している肥沃土壌とこのやせた火山灰土をおきかえてその上にもとの作土をおおうようにすれば単なる反転客土耕よりはよいはずであり、筆者はこれに改良反転客土耕と命名して各地で試験の結果良好な成績を得た。特に肥沃な埋没土が固くしまっていて、このためここに雨水が停滞しているような場合には、反転客土耕によってこの停滞水位を下げることになるし、排水の効果もあわせて発揮して著しい増収を示した。また排水不良でないところでも良好な成績をあげている。

この改良反転客土耕は肥沃な埋没土を作土の直下に持ち上げてくるだけの作業で、作土にまだ混ぜていないからあるいは完全なる客土とはいえないかも知れない。埋没土はいかに肥沃でも空気の流通の悪い地下に存在していただけに多少なりとも還元性を持ち、特に排水不良地の埋没土はこの傾向が強い。だからいったん作土直下にこのような土壌を持ち上げておいて、一~二年間そのままにして酸化させ、その後作土に混ぜるようにすればよい、もちろんこの改良反転客土耕には特殊なプラウが必要であり、筆者の試験の場合には専門家の専修大学美唄農工短大の常松博士に依頼して試作したものを供用した。トラクターも100馬力のものを必要とした。

ここで客土に対する従来のイメージが著しく変わってきた。搬入客土から反転客土、そして客土のききめが土壌の物理性、化学性の改良から病害虫対称やら排水効果など、しかもこれも単独のききめから、これらの併用した効果などさまざまである。その上大農機具使用による客土と変化してきた。そしてこれから先研究のいかんによってどのような手段によってどのような客土法が生れてくるか予断を許さない。

筆者はさきに客土は土性改良とか物理性改善とか従来とられてきた狭い見解に基づくことができなことを訴えた。ここにも新たな理由がつけ加えられたのである。

以上排水と客土について、農業の実際面の活用に対する問題点に言及した。しかし排水とか客土に限らずその実用化に先立って適確なる試験研究が必ず先行しなければならぬ。試験研究には多くの経費を必要とする。特に土壌物理の試験研究については、現場土壌の物理性を再現して実験室で試験することは困難な場合が多い。それだけに現場で広い面積を供用して試験を行なう必要がある。それだけに経費もかかる。これに対する試験研究費は雀の涙ほどであるといっても過言であるまい。そのよらな環境からりっぱな研究成果の生れてくるはずがな

い。筆者のさきにあげた改良反転土耕の試験には幸いにも北海道科学研究費200万円の補助があったればこそ、試験もどらやら完了してその実用化にふみ切れたのである。このような研究費の面も土壌物理の農業実際面の活用に対して欠くことのできない要求なのである。

(4) まとめ

以上土壌物理研究を農業実際面の活用に役立たせるために、どのように考えたらよいかについて、土壌物理に最も関係の深い排水と客土の問題を例にとって筆者の見解をのべた。要するに農学に関する研究は最終の目的は農業の実際面に役立たせることにあるのだから、研究に当たっては机上の空論に終わることのないよう研究的

をはずさないように心がけ、できるだけ現場で農業の実態にそった試験研究を行なうこと、研究には多くの経費を要するから、この面の配慮がたいせつであることである。次は研究の成果で示された方法を農家が実際に行なうためには、土壌物理の面では多額の経費を要し、国家の補助に頼らなければならぬ面が多い。このため現在いろいろの規定がつくられている。このことは当然であるが、この規則も研究の進歩や時代のうつりかわりに応じて適切な改訂を加え農家が実施できやすいような配慮が必要で、万一昔ながらの規則にこだわりすぎて、このため農家の実施に足踏みをかけたり、試験研究の活用に誤りをきたすようなことがあればまさに画竜点睛を欠くことになる。

土 壤 構 造 に つ い て

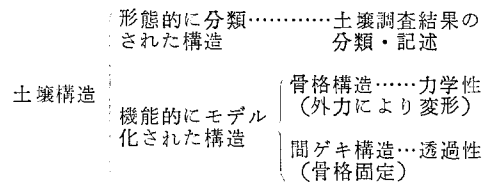
長 田 昇*

1. 土 壤 構 造 の 概 念

ここでは、土壌構造を「土壌の骨格を形成する、土粒子またはその集合体の空間的配列様式」といちおう定義する。一般に、農地土壌において、土壌構造は土壌肥沃性の鍵であるといわれている。¹⁾それは、土壌の肥沃性を支配する水と空気の運動が、土壌構造によって決まり、さらにそれによって土壌の諸機能が左右されるからである。また、最近の研究成果からも明らかなように、土壌の力学的挙動も土壌構造によって規定されることがわかってきている。²⁾このように、土壌構造は土壌の物理性に、ひいては力学性に密接に結びついているので、土壌の物理性の研究は、なんらかの形で土壌構造の研究につながっている。そこで、ここでは主として農地土壌の肥沃性に関係する、巨視的な土壌構造そのものに直接関連する部分について述べたい。

農地土壌の肥沃性をとらえる場合、それは土壌のもつ肥料の吸収・保持の機能、水や空気の流通性・保水性、耕うんの難易（テイルス）などの諸機能を総合判断した形で、肉眼的観察の結果として感覚的に土壌の形態的特徴がまずとらえられる。また、同時に土壌断面形態の調査結果を記述するためにも形態的特徴の分類が必要となる。したがって、ここから土壌構造の形態的 분류の必要性が生じ、そこでおもに肉眼的観察によって形態分類が行なわれる。一方、土壌のもついろいろな物理的機能——たとえば、透過性・保水性・圧縮性・流動性など——を解明するために、土壌構造を単純化したモデルが要求される。たとえば、土粒子間間ゲキのもつれた糸のような間ゲキ構造を、半径の異なる毛管モデルでおきかえることが行なわれる。また、粒子形状を単純化して、球や板状のものの変形配列によって土壌構造を考えるような手段がとられる。このように土壌構造をモデル化することが、土壌構造の本質に接近する重要な方法となっている。

さらに、土壌構造は、土粒子の側からとらえられた骨格構造と、土粒子間の空間である間ゲキの側からみた間



図—1 土 壤 構 造 の 概 念

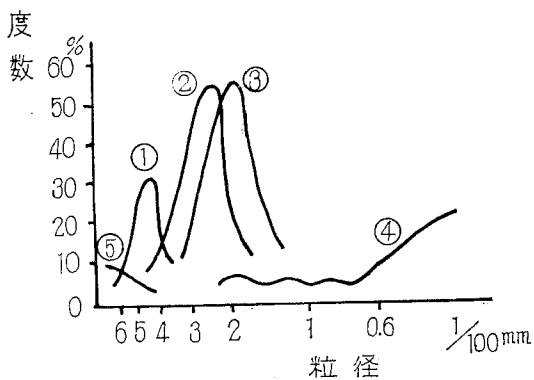
ゲキ構造との二つの側面をもっている。それらは相互関係をもち、土壌としてのひとつの本質の両側面をみることになるが、いまのところ相異った構造モデルとしてとらえられている（図—1）。おもに土壌の力学的挙動を問題にする立場では骨格構造を、透過性を研究する立場からは間ゲキ構造をとっている。そして、両者の見方の大きな相違は、一方が土壌構造を可動的な粒子系として考えているのに対して、他方は間ゲキを不動のものとしてとらえ、土粒子界面を流体のとおる壁と考える点にあるといえる。これは、いずれどこかで統一的にとらえられるべきものであろうが、現在の段階では骨格構造と間ゲキ構造の二つのモデルとして土壌構造がモデル化されているといえる。

ここでは、土壌肥沃性を直接対象としている実体的な土壌構造の研究成果から、つづいて形態的 분류の現状について述べ、最後に透過性の問題を中心として関東ロームに関する研究成果について触れたい。

2. 団 粒 構 造 に 関 す る 研 究

土壌肥沃性の鍵としての土壌構造の像は、ウィリヤムスの牧草による団粒形成の学説以後、団粒構造に集約されている。³⁾わが国では、戦後、畑地土壌の肥沃性の問題について、とくに傾斜地土壌の侵食性の問題、また畑地かんがいなどによる土壌構造の変化の問題として、団粒構造の研究がさかんに進められてきた。一般に、団粒は水中篩別による耐水性団粒によって評価されている。その耐水性団粒の構成粒子が何か、という問題は、団粒の本質につながる問題であって、それは微細構造に関する研究⁴⁾に集約されていると考えられる。Wiegner法によって耐水性団粒の粒径分布を求めた結果（図—2）か

*三重大学農学部



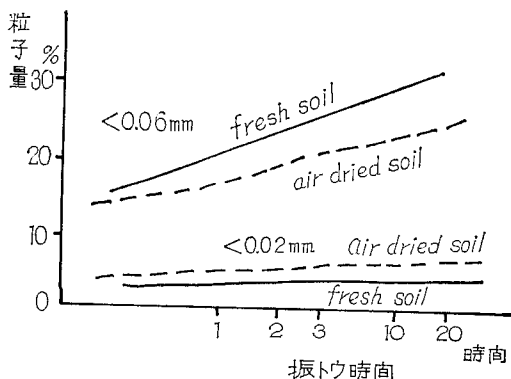
① Wet soil, 20 shook
 ② Wet soil, 42h shook
 ③ Air dried soil, 42h shook
 ④ Distribution of mechanical compositions
 ⑤ Air dried soil, 20 shook

図一 耐水性団粒の粒径分布曲線

(西ヶ原火山灰土壌 A層: 美園・須藤 1958)

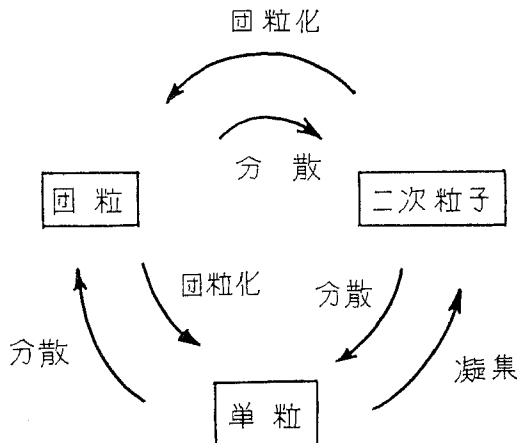
ら、次のようなことが認められた。

- (1) 耐水性団粒の分散過程は、団粒から単粒組成成分にいたる連続的な過程ではなくて、粒径0.06~0.02mmの領域に不連続的に集中している。
- (2) 粒度分析をした結果では、その粒径分布の山は消失している。したがって、0.06~0.02mmの“二次粒子”とよばれる粒子は、単粒ではなく一種の団粒である。それは、土壌生成過程で一次粒子が二次的に結合して形成されたものと考えられる。
- (3) さらに、振トウ数を増すことによって、その粒径範囲に粒子が集中する。振トウ時間の増加によって、0.06mm分散は急激に分散量が増すが、0.02mm分散はほとんど一定であり、“二次粒子”の量が増加することがわかる(図一三)。そこで、この二次粒子は耐水性の終極と考えられる。(最終団粒)



図一三 振トウ時間と分散の関係

(小井火山灰土壌 B₁層: 美園・須藤 1958)



図一四 構造性的変化 (美園・須藤 1958)

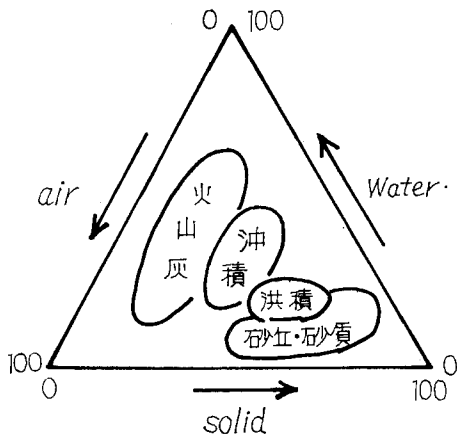
(4) 二次粒子の形成には、乾燥・湿潤のくり返しのよう な物理的過程が重要な役割を果していると考えられる。

そして、土壌の構造性的模式的な変化過程は、図一四のようにまとめられるが、二次粒子に集約される微細構造のもつ意義は大きい。団粒(土壌構造)が、微細団粒(二次粒子)と、それから構成される粗団粒(団粒)との二段階の構造としてとらえられていることは重要であり、微細団粒のもつ意味は最近の研究成果によっても確認されている。⁵⁾

つぎに、団粒形成を促進する土壌改良剤についての研究も進み、⁶⁾ クリリウムなどの合成高分子からなる改良剤の団粒形成機構に関する多くの研究成果もあげられている。一方、火山灰土壌ではその効果が小さい点が指摘されており、今後の問題点といえよう。そして、現在の段階では、ペントナイト・PVA混合による透水抑制効果とか、PVAの園芸的利用など一部の特殊な土壌改良効果を除いては、土壌構造改良に期待する改良剤の利用は少なく、土壌構造の研究手段として役に立っているといえよう。

3. 三相分布に関する研究

土壌構造を定量的に表わす指標としては、従来仮比重か、あるいは他の物理量を利用して間接的に指標とする方法が使われていた。しかし、最近実容積法⁷⁾などの普及とともに、圃場における土壌構造を量的に示す指標として三相分布が一般化し、土壌構造の有力な把握手段として認められている。三相分布は立地土壌学的にも土壌と植生との関係できわめて密接に結びついており、また、土壌生成との関連も深い。たとえば、固相は地質母材による特徴を明確に反映している。⁸⁾ とくに、火山性と非火山性土壌の差は顕著に表示される⁹⁾ (図一五)。さ



図一五 土壤生成と三相分布 (美國・川尻 1962)

らに、土壤水分系における統一的概念としての pF 概念が、土壤水分の状態量として高く位置づけられるように、三相分布は三相構造として巨視的な土壤構造を表わす構造量としての意義をもっている。¹⁰⁾ それは、土壤構造を単に団粒構造(粒子系構造)と単粒構造との相互関係の中だけでみるのではなく、土壤を土壤体としてとらえる立場から提起されている構造量で、土壤構造の研究手段としての意義も大きいものがある。そのような意味で、三相分布に関する研究は今後もなお発展がみられる分野といえよう。

4. 水田の土壤構造に関する研究

土壤構造を分類・記述する立場からの土壤構造の形態的分類の基礎は Zakharov (1927) の分類を修正した Nikiforoff (1941) の分類にあるといえよう。それは構成単位を塊状、粒状、柱状、板状の4つの基本的なタイプに分類している。

しかし、農地のほとんどが畑地であるような欧米における形態分類は、わが国の水田土壤にはそのまま適用できない。そこで、水田土壤を含めて、かつ土地改良的な意味も考慮して、わが国の農地土壤の分類基準も提案されている。¹¹⁾ それによると、水田土壤では、カベ状(泥状)構造がかなり一般的で、とくに粘土質水田に多い。また、排水改良の進んだ水田では、キレッツが垂直方向に大きく発達した柱状構造がみられる。その他に、水田土壤に特有な構造としてパン状、管状などの構造がとくにあげられている。¹²⁾

畑地における土壤構造の問題が、おもに粒状=団粒構造の問題として取り上げられてきたのに対して、水田では多収獲水田などの土壤構造の研究の中から、畑土壤にはみられない特有な土壤構造が浮き彫りにされてきている。とくに水田土壤では、水の運動(透水性・排水性な

ど)と土壤構造とが深い関連をもっていることが特徴的である。しかし、形態的土壤構造分類の点では、わが国の土壤特有の形でさらに整理されたものにまとめ上げられる必要があろう。また、観察の方法も直接感覚的な手法だけでなく、土壤薄片の顕微鏡観察の方法や、他の物理性を併用する方法などを入れて、機能的分類との接近をはかることが今後の研究課題といえる。

5. 火山灰土壤の土壤構造に関する研究

火山灰土壤、とくに関東ロームの物理的、力学的性質に関する研究によって、土壤構造の認識は機能的な側面からより明らかになってきた。その成果は、関東ロームだけでなく、土壤そのものの認識に関係している点で大きな研究成果といえよう。

土壤薄片による間ゲキ構造の顕微鏡観察の結果と、透過性を主とした物理性との比較研究によって、関東ロームの透水性における粗間ゲキの役割がはっきりした。¹³⁾ たとえば、表土と心土の比較についていえば、間ゲキ構造と透過性との関係から、表土と心土における水みちの質的な相違が明らかである(表一)。

表一 関東ローム表土と心土の大間ゲキの比較 (田淵ほか, 1963)

項 目	表 土 (農大 0cm)	心 土 (農大 80cm)
顕微鏡薄片観察	団粒状構造 団粒間ゲキ	カベ状構造 カベの中の大きな穴
色素浸入試験	団粒間ゲキの水みち	カベの中の管状の水みち
間ゲキ率	75% 多孔質	83% 多孔質
粗間ゲキ (>0.1mm)	14% 大間ゲキ多い	27% 大間ゲキ非常に多い
特大間ゲキ (>1mm)	0 なし	4% あり
限界径	0.4mm 太い	0.5mm 太い
限界間ゲキ量	5% 普通	4% 普通
飽和透水係数	2×10^{-2} cm/sec 大きい	3×10^{-2} cm/sec 大きい
限界性	100% 強い	30% 弱い
通気性増大係数	4 非限界間ゲキの透過性 小	60 非限界間ゲキの透過性 大

表からわかるように、表土、心土ともに間ゲキ率が大きく、大間ゲキが多く、透水係数もともに大きい。しかし、次のような相違がある。表土では、水みちは団粒間ゲキで、限界間ゲキが飽和透水時の水みちに相当し、その径変化は少なく均一性が強い。心土では、水みちは管状の間ゲキで、限界間ゲキの飽和透水時における役割はそれほど小さくなく、また水みちの径も変化していて均一性に乏しい。また、関東ロームの通気性の研究におい

て、通気性増大係数と土壌構造の関係を比較した結果によると、表-2にみられるようにそれは土壌構造の型にかなりよく対応していることがわかる。¹⁴⁾

表-2 通気性増大係数と土壌構造 (長田, 1963)

通気性増大係数	代表例	土 壤 構 造	
10 以下	火山性土壌 表 土	団粒構造性	微細な団粒が発達し、団粒間、団粒内間ゲキにも多い。
	鹿 沼 土	準 "	
約 10	砂質土壌	弱 "	団粒の発達が弱く、単粒構造に近い。
10 以上	火山性土壌 心 土	団塊構造性	粗大な団塊で構成され、団塊間間ゲキに大きいものがある。
	第3紀土壌		

このように、間ゲキ構造と透過性との関係から、関東ロームにおける土層の層位と土壌構造の関係が次のようにまとめられる¹⁵⁾ (表-3)。

表-3 関東ロームの層位と土壌構造の関係 (山崎ほか, 1963)

層	構 造	粗間ゲキの型
表 土	団 粒 状	粒子間間ゲキ
	堅 果 状	割 目 状
心 土	カ ベ 状	管 状

心土が地表に現われたり、あるいは地表に近づくことによって、乾燥の影響を受けてカベ状構造に割れ目を生じ堅果状構造から団粒状構造に変化する。粗間ゲキもその構造に対応して、管状のものから粒子間間ゲキのものに変る。そして、このような乾燥ともなう土壌構造の変化の非可逆的な過程は、風乾による土壌水分の自由化現象 (表土化) によって説明される¹⁶⁾ (図-6)。

団粒状構造

カベ状構造

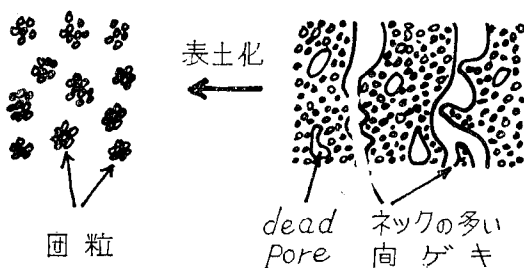


図-6 表土化の模式図 (竹中ほか, 1963)

このように、透過性、限界性、pF 水分などの土壌の物理性と、土壌構造の顕微鏡観察の比較から、関東ロームの土壌構造、ことに間ゲキ構造をかなり明らかにする

ことができた。そして、物理性の測定と間ゲキ構造のモデル化が土壌構造の解明にとって、きわめて有力な手段であることもわかった。

そのほかに関東ロームの研究では、土粒子が一定の構造に固定されていて、その間ゲキ内で水分の運動が行なわれるという上述のような立場だけでなく、土壌を土・水・空気系としてとらえ、外力によって土粒子が変移・流動する現象(力学的挙動)を研究する立場からも大きな研究成果がえられている。たとえば、土壌の力学的挙動をpF水分とアッターベルグ限界を指標として整理し、土壌構造との関連づけがなされている。¹⁷⁾ また、力学的挙動をパーガス体で表わし、それに対応する土壌構造として土壌ゲルを骨格とするハチノス構造が想定されて、骨格構造のモデルが具体的な土壌構造に近づく方向で示されている。¹⁸⁾ さらに、土壌水分の変化に対応する土壌構造を土粒子の分散状態とpF概念によってとらえる考え方についても関東ロームの研究の中で具体化されている。¹⁹⁾ 一方、透水性と締め固めの関係から、土壌水分の可動性とともに、骨格構造の間ゲキ構造とを統一的にみる立場からの研究²⁰⁾ についてもいちじるしい成果がえられている。

6. ま と め

土壌構造に関する最近の研究成果は、次のようにまとめられよう。まず、粒状構造としての団粒構造の研究の中で、微細構造 (二次粒子) の役割が明らかにされ、土壌体として土壌構造を把握する立場から三相構造が提起された。

また、土地改良の立場から土壌構造を機能的にとらえるために、形態的構造分類に水の運動様式などをとり入れて考える必要性が示された。

さらに、関東ロームの研究においてみられるように、土壌構造のもつ物理的機能を明確にして、その機能モデルを考えることの重要性が認識された。そして、このような機能モデルによってとらえられた土壌像と形態的に分類された土壌構造の関連、またいろいろな物理性・力学性との関係などが今後の研究課題として考えられる。

参 考 文 献

- 1) Bayer, I. D. : Soil Physics, 3rd Ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, p. 194, 1956
- 2) 山崎不二夫・須藤清次: 土の工学的挙動, ——関東ロームを中心として——, 農上研別冊 No.14, p. 1, 1965
- 3) 農業科学研究所編: ウィリヤムス・科学的な農業耕作, 三一書房, 1951
- 4) 美園 繁・須藤清次: 土壌の微細構造に関する研究, 農技研報告B8, p. 213, 1958
- 5) レポート (松田 宏訳): 土壌物理 (1964), 畑地農業振興会, 1968
- 6) 「土壌改良剤とその利用」特集号, 土壌の物理性, No.7, 1963

- 7) 美園 繁:実容積法による土壌物理性の測定, 日土肥誌, vol. 29, p. 67, 1958
- 8) 須藤清次:三相分布の土壌地理的関係と地理的役割について, 農土研別冊 No. 2, p. 66, 1961
- 9) 美園 繁・川尻美智子:土壌の全重量と実容積との相関関係(第7報), 日土肥誌, vol. 33, p. 162, 1962
- 10) 美園 繁・川尻美智子:土壌の3相構造に関する研究, ——圃場状態における3相構造——, 農技研報告B18, p. 49, 1967
- 11) 近藤鳴雄:農地工学に対する土壌断面形態調査の意義, 研究の資料と記録, No. 16, p. 90, 東大農地工学研究室, 1967
- 12) 青峰重範:多収穫水田の土壌条件, 農業技術, vol. 10, p. 297, 1955
- 13) 田淵俊雄ほか:関東ロームの大間ゲキと透過性との関係, 農土研別冊 No. 7, p. 53, 1963
- 14) 長田 昇:土壌の通気性に関する実験的研究(1), ——土壌の通気性について——, 農土研別冊 No. 7, p. 37, 1963
- 15) 山崎不二夫ほか:関東ロームの物理的性質, ——とくにその水分をめぐって——, 農土研別冊 No. 7, p. 1, 1963
- 16) 竹中 肇ほか:関東ロームの自由水分, 農土研別冊 No. 7, p. 61, 1963
- 17) 須藤清次・安富六郎:関東ロームの工学的特性(II), ——工学的指標と土壌構造——農土研別冊 No. 7, p. 98, 1963
- 18) 須藤清次ほか:固い土の力学的性質, ——土のレオロジ的構造(II)——農土論, No. 14, p. 21, 1965
- 19) 妹尾 学:土壌水エネルギー指数 pF による土壌構造の考察, 農土論 No. 14, p. 11, 1965
- 20) 多田 敦:関東ロームの締め固めと透水係数について, 農土論No. 14, p. 36, 1965

第11回シンポジウムについて

題 目 樹園地について

日 時 11月21日(金) 9:30~17:45

場 所 東京大学農学部 3号館 304号室

講 演(予定)

樹園地の気象	中川 行 夫(園 試)
樹園地の機械化	田 辺 一(島根大)
りんご園の造成	篠 辺 三 郎(弘前大)
みかん園の造成	竹 中 肆(東 大)
みかん園の土壌	古 賀 汎(四国農試)
柔園土壌について	永 井 政 雄(蚕 試)

土 壌 の 力 学 的 挙 動

東 山 勇*

1. はじめに

水田の圃場整備に伴う大型機械の導入、干拓地におけるヘドロ地盤の造成、火山灰土の農地土工など、土壌の工学的な課題は、農機具や土木施工機械の発達に伴って、直接的な問題として最近ますます重要性をおびるようになってきた。

これらの問題の多くは土壌の粘弾性挙動、塑性流動あるいは軟化・硬化といったレオロジカルな性質と深い関係をもつが、「工学における土壌学」の役割¹⁾が強調されて以来、この10年間土壌のレオロジーは急速の進歩をとげたといえる。ここではレオロジーの問題に限定して若干の整理を行なうが、すでに過去のシンポジウムでとりあげられ本誌でまとめられたもの^{2) 3) 4)}については、なるべく重複をさけて簡単にし、特に実験上の問題等補足することによって解説的な記述を試みたい。

2. 土壌の材料学的特徴

力学の対象として土壌をみると、金属やプラスチックといった他の一般の材料と著しくちがった二つの特徴を備えていることがわかる。

まず第一には、粗粒子系すなわち粉体的である点である。毛管力、凝集力、摩擦といった概念は、二つの物体間の関係を論じるもので、粉体としての性格に由来するものである。一方それに対し、弾性・粘性、応力・ヒズミといった概念は連続体として論議されるものであるから、変形・流動を考えると、われわれは土壌を粗粒子系ではあるが、連続体としてとり扱うことになる。

土壌が粉体であることは、あまりにも明らかなためか、かえって実際の測定では注意が払われない場合が多い。たとえば供試体を一軸的に圧縮する場合を考える。ダイヤルゲージで測られる変形量の中には、応力 σ によって生ずる弾性ヒズミの他に、これとは無縁な不可逆な変形イニシャル・セット (initial set) が含まれている。これは応力の等方成分 $\sigma/3$ によって生じたものである。したがってクリープ試験のように、可能であればこれを除外すべきであろう。応力 σ によって充填が影響される

ことについては状態量の問題としてあとでとりあげる。

第二の特徴は、土壌中の水の役割である。アロフェン系の火山灰土、モンモリロナイト系のヘドロ地すべり粘土などの生土では、いずれも乾湿履歴によって力学的性質が変化する。このような傾向は、他の粘土鉱物を含む粘質土についても、それほど顕著ではないにしても一般にみられる。関東ロームについては生土と風乾土で、水分やカチオンの保持特性のちがいが注目されてかなりくわしく調べられてきた。その機構についても興味ある見解が示されている。⁵⁾

土壌水の存在形態については、古くから種々の分類が行なわれてきたが、力学的性質を考える上では、土粒子あるいはそれによってつくられた構造により拘束される水と、拘束をうけない水 (自由水) にわけられる。このような考え方は、土壌を土と水の相互に独立したものでなく土-水系として把握しようとする思想に由来するもので、土壌水の状態量 pF の導入により、連続体としてのとり扱いへの道がひらかれたといえる。

鉄やプラスチックにみられるように、一般に物質は温度が高くなれば柔らかくなる。このように温度により状態変化をおこすが、弾性率が大きくかわる温度が転移点といわれる。土壌の場合は、等温下で土壌水すなわち pF によってこのような変化を生ずる。弾性率の大きさが大きく変化する pF を力学的転移点とよぶ。液性限界、塑性限界などは経験的にこのような力学的転移点を求めたものといえる。

3. 土壌の状態量

土壌のような物質では、安定した熱的平衡状態は期待できないから、系の状態によって一義的に定まる量、すなわち状態量 state variable の概念は正確には成立しないといえる。しかし状態の変化の微小区間や一方向の変化に対して、実用的には状態量をえらぶことができる。須藤⁶⁾からは熱力学の方法を適用することにより次のように整理した。

土壌の力学的状態を規定するものはスカラー量の圧力 P で二つの成分から成る。

$$P = P_t + P_s \quad (1)$$

*山形大学工学部

表一 pFによる分類

pF	-2	-1	0	1	2	3	4	5
転移点	B.L. (水中滞積)			L.L. (液性限界)		P.L. (塑性限界)		
状態	液体 (ソール)	フオークト体 (ゲル)			バーガス体	固 体		
塑性挙動		ビ ン ガ ム 体			サンパナン体	粉 体		

P_i は土粒子・水系の性質から生ずる内力で、土壤水の化学ポテンシャル μ_w (水頭単位) の規準状態 μ_0 からの低下量と等価になる。すなわち P_i は pF の函数となる。

$$P_i = -h = 10^p F \quad (2)$$

$$h = (\text{土壤水圧 } P_w) - (\text{大気圧 } P_0) = \text{負圧}$$

$$pF = \log(-\Delta\mu) \quad \Delta\mu = \mu_w - \mu_0$$

P_e は外力によって生じた応力の等方成分で

$$P_e = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) / 3 \quad \sigma_i \quad i=1,2,3: \text{主応力} \quad (3)$$

となる。 h は一般には負圧であるが、飽和しているとき外力をうけると正圧すなわち間ゲキ水圧 u となり、 P は土質力学でいう有効応力となる。

外力が加わっていないときは、 P_i すなわち pF で状態が決定され表一のような pF で転移する。

土壤の力学的挙動をレオロジー的に整理すると、降伏に着目して粘弾性挙動と塑性挙動にわけることができる。その内容はすでに表一にまとめられてあるが、力学的スペクトルなど二・三の点について、さらにくわしくのべてみたい。

4. 粘 弾 性

1) 線型性

土壤の粘弾性挙動は表一に示したように普通は線型挙動として記述する。しかし大変形を与えたため、線型性が保証されなくなったり、または流動、変形に際してその構造に変化をおこしたりする場合は非線型となる。このことは実験に際して特に注意すべきことであろう。例えばクリープ試験の結果は、アイリング的な粘性(非線型)がよく合うというときにはどのような変形を与えたかをみるべきである。また緩和弾性率が、定ヒズミの大きさすなわち初期応力の大きさによって非常にちがうという指摘は、応力の増大により状態量がか変わった点を注目すべきであろう。

2) ヒズミ遅延と応力緩和

線型粘弾性挙動を観測する場合、定応力を与えてヒズミ挙動を観測するか、あるいは定ヒズミを与えて応力挙動を観測するかによって、それぞれヒズミ遅延と応力緩和をすることができる。

前者の場合、得られたヒズミ挙動を与えた応力で除し、次元をコンプライアンスにとり一般化フオークト模型で記述すると、クリープコンプライアンス $J(t)$ は

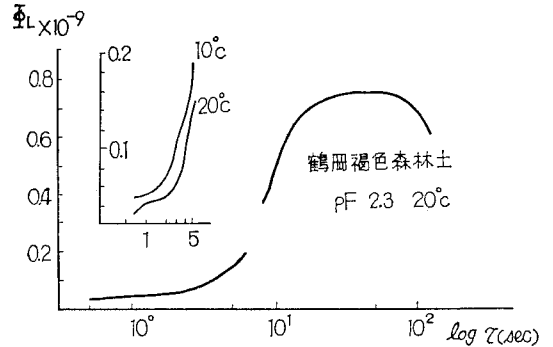
$$J(t) = \int_0^\infty \phi(\tau K) \{1 - \exp(-t/\tau K)\} d\tau K \quad (4)$$

一定振動応力の動的試験では、複素動的コンプライアンスの実数部を $J'(\omega)$ 、虚数部を $J''(\omega)$ として

$$J'(\omega) = \int_0^\infty \phi(\tau K) / (1 + \omega^2 \tau^2 K) d\tau K \quad (5)$$

$$J''(\omega) = \int_0^\infty \phi(\tau K) \omega \tau K / (1 + \omega^2 \tau^2 K) d\tau K \quad (6)$$

と表わすことができる。 $\phi(\tau K)$ は遅延時間 τK の分布



図一 遅延スペクトル

を示すもので遅延スペクトルとよばれる。一例を図一に示す。但しここでは観測範囲が広いので対数表示 ϕ_L ($\log \tau K$) を用いた。短時間の部分は低周波振動粘度計、長時間部は静的試験により求めたものである。

応力緩和については、一般化マックスウエル模型で記述すると、緩和弾性率 $G(t)$ 、複素動的弾性率の実数部 $G'(\omega)$ 、虚数部 $G''(\omega)$ は緩和時間 τM の分布函数(緩和スペクトル) $\Psi(\tau M)$ を用いて次のように表わすことができる。

$$G(t) = \int_0^\infty \Psi(\tau M) \exp(-t/\tau M) d\tau M \quad (7)$$

$$G'(\omega) = \int_0^\infty \Psi(\tau M) \omega^2 \tau^2 M / (1 + \omega^2 \tau^2 M) d\tau M \quad (8)$$

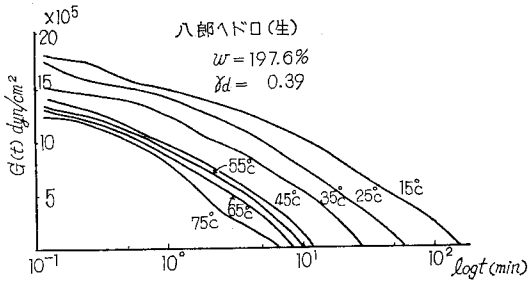
$$G''(\omega) = \int_0^\infty \Psi(\tau M) \omega \tau M / (1 + \omega^2 \tau^2 M) d\tau M \quad (9)$$

ここで t は供試土に瞬間的に一定ヒズミを与えて圧縮したときから測った時間(静的測定)であり、 ω は動的測定における正弦的な一定振動歪の角速度で、遅延スペクトルのときと同様いづれも実験のタイムスケールを表わ

す。遅延スペクトルと緩和スペクトルの間には相互変換が可能である。

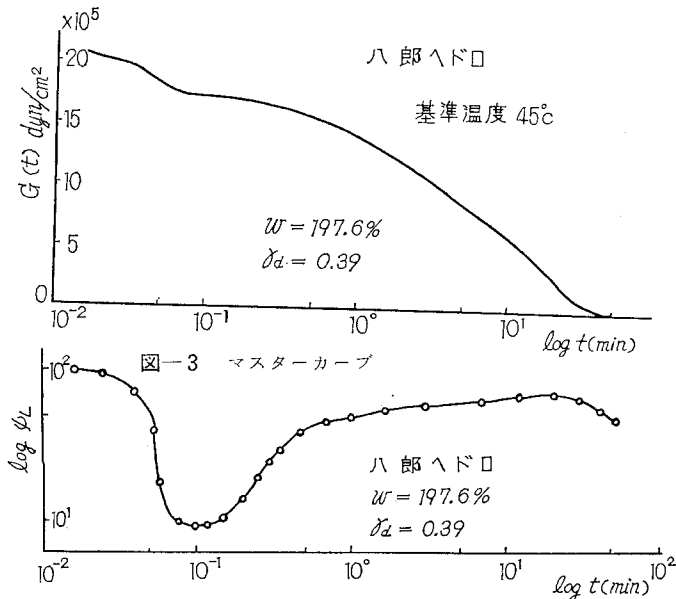
3) 時間—温度の換算則

粘弾性における時間—温度の換算則は、高分子で注目され発展した一種の作業仮説である。ある物質で熱レオロジー的単純性の仮定が成立するとすれば、温度—時間一周波数の換算則が成立する。すなわち高い周波数で観測することは低温で測定することと同じで、長時間領域の緩和弾性率は高温の弾性率を表わす。



図—2 緩和弾性率

図—2は八郎瀉ヘドロ (Na—モンモリロナイト) の各温度における緩和弾性率である。45°Cを基準温度にとり、それより高温の測定のカーブは右に、低温のカーブは左に移動すると図—3のような一本の曲線が得られるが、この合成緩和曲線をマスターカーブという。ここでマスターカーブまで移動した長さは、シフトファクター (shift factor) a_T とよばれるが、 $\log a_T$ を絶対温度 T に対してプロットすると図—4のような温度依存性を示す。八郎ヘドロはこの範囲では熱レオロジー的単純



図—5 緩和スペクトル

性の仮定が成立すると考えられよう。なお図—4の直線の勾配は緩和過程におけるみかけの活性化エネルギーを示す。図—3のマスターカーブをもとに緩和スペクトルを描くと、図—5のようなくさび一箱型の緩和スペクトルが得られ、二つの緩和機構が存在することがわかる。

遅延や緩和のスペクトルが得られたからといって、いま直ちに実用的な課題に直接結びつくという可能性は少ないが、粘弾性挙動をより基本的な把握することは、将来の大きな発展の足がかりになると考えられる。

5. 塑 性

物体に及ぼす応力を降伏点以上にあげると永久変形が生じ、応力を除いてももはや元にもどらない。このような性質を塑性という。低 pF の土では、よく知られているように降伏点以上の応力で流動を生ずるが、これは塑性流動とよばれ、表—1のごとくビンガム流動で近似させうる。

降伏は偏差応力テンソルの二次不変量が限界値 S^2 に達した時におこる。この考えはミーゼスによって示され、ヘンキーやナダイによってそれぞれ別の表現が与えられた。

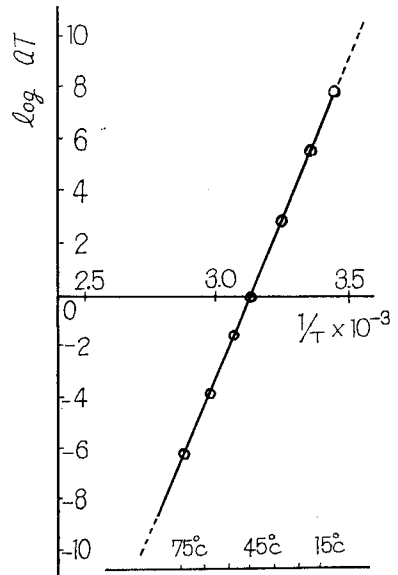
$$S^2 = \frac{1}{6} [(\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2]$$

二次不変量 (主応力表示)

(10)

$G = 4GR_0$ G : 剛性率 R_0 : 極限レジリエンス
Hencky

$$= \frac{3}{2} \tau_{oct}^2 \quad \tau_{oct}: \text{八面体剪断応力 Nadai}$$



図—4 シフトファクターの温度依存性

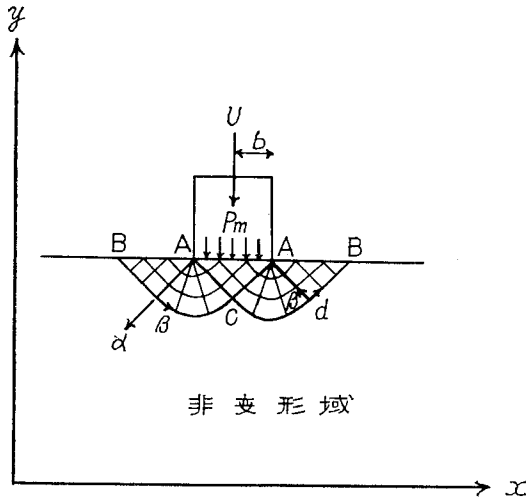
土壌の材料学的特徴を考えると

$$S = f(P) \tag{11}$$

となり S はさらに状態量の函数となる。

地盤の支持力などの問題では、粘弾性挙動よりも、おもに降伏点のみが問題となる場合が多い。そのような場合、応力が降伏点に達するまでは変形を生じない理想体を考えることによって数学的取り扱いを容易にする。これを剛完全塑性体とよび、塑性力学の分野で用いられる。剛完全塑性体とは降伏という点ではビンガム体の別の表現ともいえる。土壌をこのようなモデルで考えた場合について、以下若干の整理を行なう。⁹⁾

道路、水路など帯状構造物に対する地盤の支持力については、平面ヒズミ問題として二次元的にとり扱うことができる。図一6で幅 $2b$ のなめらかな剛体が載荷するとき、地盤（半無限平面）が降伏をおこす瞬間の接触圧 P_m は



図一6 半無限平面の圧縮

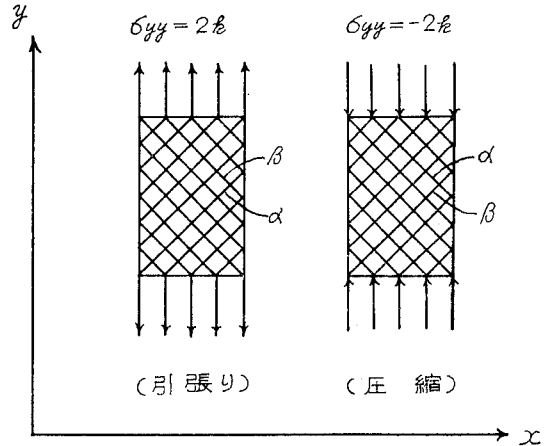
$$P_m = k(2 + \pi) = 2k \times 2.57 \tag{12}$$

k は二次元問題では主剪断応力（モール円の半径）であるが、(10)(11)式の S と等価になる。ここでは便宜的にあとの説明もすべて k の記号を用いる。(12)式の P_m は土質力学では一般に極限支持力とよばれている。

平面ヒズミを考へるような奥行（ x 軸方向）の長い供試体についての一軸圧縮すなわち単純平面ヒズミ圧縮では、図一7のようなすべり線場となり、降伏点接触圧 P_m は

$$P_m = -\sigma_{yy} = 2k \tag{13}$$

となる。(12)と(13)を合わせ考えると、地盤では土壌の降伏点は同じでも接触圧すなわち降伏荷重は単純圧縮の場合の2.57倍に高められたことがわかる。これは地盤では側方の拘束により直下（図一6の $\triangle A C A$ ）に降伏非変形

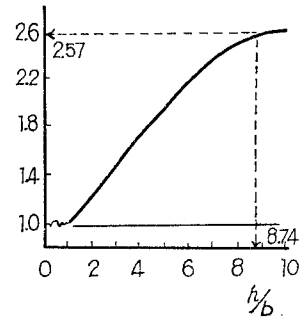


図一7 単純平面ヒズミ圧縮

域ができるためである。

次に地盤が半無限平面でない場合を考える。下層に硬盤があるとか、模型実験などで土層の厚さが $2h$ に限られている場合、(12)式は $h/t \geq 8.74$ で成立する。 $1 \leq h/b \leq 8.74$ の場合のすべり線場は Hill により解が得られたが、図一8のように土層厚と載荷板の幅の比によって降伏荷重は減少する。また側方の寸法制限については、(12)式が成り立つためには $8.67b$ 以上が必要となる。ただしあとでのべるように三次元の場合はこの制限はかなりゆるくなる。

これらの制限条件 $\frac{P_m}{2k}$ は実験を行なう場合、特に留意すべき点と思われる。たとえば水田などで、二つの地盤を比較するさいに片方は少し乾いていて降伏点が当然高いことが予想されるとき、実際には乾いている方がクラックが発達して



図一8 接触圧の減少

かえて測定される降伏荷重をきげ、結果としては両者は大差がないと判断してしまう可能性等が考えられる。

以上の解は載荷板と土壌との摩擦はないとした場合である。pF 1.6以下実用的には pF 2程度までの低 pF ではこの假定はある程度許されると考えられるが、無視できない場合は摩擦によりすべり線場はかわる。これは接触面でうける摩擦抵抗のために側方への移動が拘束されるため、摩擦係数が高いほど降伏荷重は高くなる。

平面ヒズミ (2次元) に対して三次元の場合には Shield ら⁹⁾ によれば接触圧 P_m は円板の場合

$$P_m = 2k \times 2.845 \quad (14)$$

(12)式と比較すると数値的には平面ヒズミ問題と大差がないことがわかる。しかし寸法制限は、 $h/b \geq 3.36$ 、側方は $3.20b$ 以上とかなりゆるくなる。

長方形の場合 (長辺 a 、短辺 b)、上下界は

$$5k \leq P_m \leq k(5.24 + 0.47 \frac{b}{a}) \quad \frac{b}{a} \leq 1 \quad (15)$$

となる。

(12)式、(14)式の誘導過程で剛体の接触面を頂角 $2r$ のくさびとすることによりコーンの解を得ることができる。接触圧 P_m (くさび面垂直圧力) は r が小になれば減少し、定荷重では r が小になるほどより貫入することになる。したがってコーン指数 q_c のような表現形式をとれば、 r が小になれば q_c は大となることになる。定速貫入で行なわれるいわゆるコーンペネトrometerについては、関連する問題の範囲も広いので別の機会に整理したい。

6. おわりに

当初与えられた講演の課題は「土の力学的挙動についての最近の進歩」であった。講演要旨ははじめその線にそってまとめたが、かえって成果の羅列に終わることが懸念されたので、このようなとりまとめになった。したがって実際的な問題との関連や応用的な課題にはふれず、基礎的研究のごく一部に限定して詳述する結果となった。レオロジーの導入は土壌の力学観をかえ新しい体系化の方向に進んでいる。今後の発展を期待してやまない。

引用文献

- 1) 須藤清次：工学における土壌学 土壌の物理性2. 4～8 (1960)
- 2) 竹中肇：土壌水のエネルギー概念 pF の工学的検討土壌の物理性 14. 21～25 (1966)
- 3) 須藤清次：土の弾性・粘性・塑性土壌の物理性13. 1～12 (1965)
- 4) 安富六郎：火山灰土壌の土工の諸問題 土壌の物理性 18. 36～43 (1968)
- 5) 岩田進午：火山灰土壌の水分について 土壌の物理性18. 18～26 (1968)
- 6) 須藤清次：土壌における状態量 土壌物理研究4. 6～8 (1967)
- 7) 須藤清次・安富六郎・山崎不二夫：土の力学的性質および状態量について 材料17. 175 275～278 (1968)
- 8) 例えば中川鶴太郎：レオロジー 岩波P237 (1960)
- 9) 例えば Hill：鷲津訳 塑性学 培風館 (1954)
山田嘉昭：塑性力学 日刊工業 (1965)

土 粒 子

土 壌 微 生 物 か ら み た 物 理 性

土壌の中で生活している微生物からみるならば、土壌の物理性は「住宅環境」ともいえるものであろう。したがって、日当たり、温度、広さ、通気、湿度の大小が微生物の活動に影響を与えることはいうまでもない。

日当たりの良否は、湛水下という条件下でとくに問題となり、らんそう類、光合成細菌など窒素固定菌の活動に甚大な影響を与え、湛水という条件下では、いわゆる窒素の潜在地力がなかなか低下しないのはこのためである。

広さというのは、土粒間のスキマの多大、土粒の表面積、団粒の状況によって左右される。かびや放線菌のように菌糸をのぼして生活する好気性菌には土粒間のスキマの大きさが問題となる。実験によってかびの生育しうる平均孔隙径の下限は3~1.5 μ 、放線菌のそれは1.5~1.25 μ 位であると考えられた。したがって、孔隙量は大きいと細孔隙の多い細粒質の火山灰土壌では、かびや放線菌の生育に適してはいず、土壌の圧密度が大となるにつれて、この傾向が助長される傾向がある。

土粒の表面積は固体の表面で活動するものが多い細菌フロアの活動に関係があり、一般的にいて表面積の大きいほど（もちろん、表面における金属イオン、アニオン、吸着水などの種類と量とも左右される）細菌の活動に適しているといわれている。風化の進んだ火山灰土の硝化作用は、pH、水分などの他の条件が満足されていれば著しく大きいのは、一つには、土粒の表面積の大きいことに起因しているとおもう。また、団粒の外部と内部とでは、そこにすみつく、細菌の種類が著しくちがっていることが最近明らかにされてきた。

通気が土壌の微生物—好気性菌と嫌気性菌との対立—に関連することはいうまでもないが、この場合、土壌空気中のO₂分圧だけでなく、CO₂分圧の大小にも関係があり、土壌の下層にゆくにつれてかびが少なくなるのはCO₂分圧が下層にゆくにつれ増大するからともいわれている。このように土壌空気の組成と拡散の遅速が微

生物フロアに影響する。

土壌水分は生物である微生物にもっとも甚大な影響を与え、風乾状態では、耐久胞子が生きのこるほか、微生物活動は停止する。土壌水分の上昇とともに、かびフロアから細菌フロアへと主役の交替がおきてくる。したがって、湛水下、暗所では細菌フロアがブリマドンナとして華麗な演技をみせてくれることとなる。

土壌温度も微生物活動にはみのがせない。5℃前後で眠りからようやくさめようとし、15℃ともなれば、かなりの活動を開始し、30℃前後で、猛威をふるうことになる。

以上のべたように、目には見えにくい、微生物といえども、生物である以上、それらがすみ住宅環境は食物の有無以外に極めて重要であり、このような、土壌の物理的因子が、微生物による物質代謝に著しいちがいを与えている。そして、そのもっとも端的な典型は畑土壌と水田土壌という、一時あるいは通年湛水の有無にもとづく差異として明らかにみられるところである。もう一つ、筆者の関心のあるところは根ののびてゆくごく近傍の物理的諸因子と微生物との関連である。もし、Biophysicsという見方があるならば、根圏土壌の微視的な構造、水分の急激な変化と一緒にそこにいる微生物の活動が整理されてくると、土壌—微生物—植物根の因果関係がよりあきらかになってくると信ずる。土壌粒子の大きさをかえて、陸稲、大豆を栽培し、それぞれの根の表面の微生物フロアをしらべてみると、通気が良く作物の生育の良い大粒区と作物の生育のわるい小粒区との間には、細菌のフロアにちがいがみられる。この現象の意味するところは現在分らないが、根圏の物理性の良否が根の表面の微生物フロアに影響を与えていることは間違いない。土壌の物理性とは、とかく機械論的にみられがちであるが、より生物学的な素朴な見方も必要ではないかと、素人のヤブニラミで筆をとった次第である。

（農技研化学部 鈴木達彦）

〔会 務 報 告〕

(昭和43年10月～昭和44年3月)

(1) 幹事会

10月19日 東大農学部

〔出席〕 八幡, 国分, 増島, 岩田, 土井, 中野, 竹中

1. 会誌19号の編集進捗状況
2. シンポジウムの運営について
3. 予算の内容について検討
4. 総会運営の進め方について

(2) 幹事会

11月16日 東大農学部

〔出席〕 八幡, 増島, 岩田, 福桜, 中野, 竹中

1. シンポジウムの運営について
2. 評議員会の議題について

(3) 評議員会

11月22日 農研会議室

〔出席評議員〕 山中, 田原, 吉良, 須藤, 美園

八幡会長, 国分副会長, 竹中

1. 会則の変更について
2. 次期シンポジウムのテーマについて

(4) 総 会

11月23日 農研講堂

参加者 92名 議長 三好洋氏

1. 経過報告
2. 会計報告ならびに承認
3. 会計監査報告ならびに承認
4. 規約改正案審議ならびに承認
5. 予算案審議ならびに承認

1 土壤物理研究会 会則改正

第6条 本会に次の役員をおく 任期は2年とし, 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 正会員から互選される。
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4条(追加) 本会に名誉会員をおくことができる。

2 土壤物理研究会 役員選挙規定

評議員選出規定 (今回のみ昭和43年10月末日現在とする)

(1) 選挙有権者は選挙年の4月1日現在の正会員とする。

(2) 投票は所定の投票用紙を使用し, 無記名, 地域に関係なく5名以内連記とする。

(3) 当選者の決定は次のように行なう。

イ) 7名は下記の各地域の最多得票者各1名を当選とする。

北海道, 東北, 関東, 中部, 近畿, 中四国, 九州
ロ) 8名は地域にかかわらず得票順に(上記7名を除く)当選とする。

ハ) 得票数が同数の場合は抽せんによる。

(4) 選挙は9月中に実施する。(今回のみ3月中とする)

(5) 選挙は幹事会が管理する。

移行措置案

(1) 44年1月 評議員選挙

(2) 44年2月 会長, 副会長選出

(3) 44年3月 新役員(会計監査, 幹事)選出
引きつぎ

(4) 今回の移行措置として選挙の管理を次の8氏に委任する。国分評議員および幹事7名

[42年度(42年9月26日～43年10月17日)会計決算]

収 入

費 目	予 算	決 算	備 考
(1) 繰 越 金	324,412	324,412	
(2) 会 費	300,000	156,550	314人分
(3) 賛 助 会 費	110,000	50,000	10社分
(4) 出版物売上	20,000	58,300	146部分
(5) 広 告 料	60,000	47,000	
(6) 雑 収 入	60,000	51,591	展示料, 利子, 送料等
(7) 合 計	874,412	687,853	

支 出

費 目	予 算	決 算	備 考
(1) 会誌製作費	400,000	312,300	17号, 18号
(2) 討 論 会 費	70,000	63,272	ポスト製作発送, 会場設営・運営
(3) 通信, 会誌郵送費	50,000	45,065	17, 18号, 他通信
(4) 文 具 費	10,000	9,370	封筒, 感光紙, 他
(5) 交 通 費	10,000	8,680	幹事交通費
(6) 賃 金	30,000	13,540	編集・会誌発送
(7) 会 議 費	10,000	12,485	幹事会・評議員会
(8) 予 備 費	24,412	23,780	振替料, 幹事手当
(9) 次期繰越金	270,000	199,316	
(10) 合 計	874,412	687,853	

[43年度(43年10月～44年9月)予算案]

収 入

費 目	予 算	備 考
(1) 線 越 金	199,361	
(2) 会 費	450,000	のべ900名分
(3) 賛 助 会 費	90,000	9 社
(4) 出 版 物 売 上	50,000	125 冊
(5) 広 告 料	60,000	
(6) 雑 収 入	50,000	展示料他
(7) 合 計	899,361	

支 出

費 目	予 算	備 考
(1) 会 誌 製 作 費	450,000	19, 20号
(2) 討 論 会 費	100,000	10周年記念シンポジウム
(3) 評 議 員 選 挙 費	50,000	名簿作成, 投票用紙製作, 郵送費他
(4) 通 信, 会 誌 郵 送 費	60,000	19, 20号
(5) 文 具 費	10,000	
(6) 交 通 費	10,000	
(7) 賃 金	30,000	
(8) 会 議 費	15,000	
(9) 役 員 手 当	30,000	評議員会出席手当, 幹事手当
(10) 予 備 費	24,361	
(11) 次 期 線 越 金	120,000	
(12) 合 計	899,361	

須 藤 清 次 (東 北 ")
 美 園 繁 (関 東 ")
 湯 村 義 男 (中 部 ")
 川 口 桂 三 郎 (近 畿 ")
 米 田 茂 男 (中 四 国 ")
 鬼 鞍 豊 (九 州 ")
 竹 中 肇
 寺 沢 四 郎
 国 分 欣 一
 横 井 肇
 八 幡 敏 雄
 山 崎 不 二 夫
 佐 々 木 清 一
 岩 田 進 午

(以上 15名)

以上確認致します

昭和44年3月13日

選挙管理委員長 国分欣一
 選挙立会人 秋山豊
 " 粕淵辰

(8) 評議員会

4月5日 名大会議室

[出席] 木下, 美園, 湯村, 川口, 鬼鞍, 竹中, 国分
 横井, 八幡, 佐々木, 岩田評議員
 増島, 中野幹事

1. 評議員選挙結果の確認
2. 役員選挙

会長……美園 繁 副会長……須藤清次
 会計監査……喜田大三, 田淵俊雄

なお会長, 副会長の選出にともない空席となった評議員は, 投票順位にしたがい, 東山勇, 富士岡義一氏をくり上げ当選することとした。

(9) 幹事会

4月26日 東大農学部

[出席] 八幡, 国分, 増島, 中野, 福桜, 多田, 岩田, 竹中

1. 新幹事会への引きつぎについて

(10) 第1回事務局会議 (旧幹事も出席)

[出席]

1. 新旧ひきつぎ
2. 事務局構成
 編集担当; 横井 肇 (農研), 本村 悟 (農研), 前川高昭 (教育大)
 庶務, 会計担当; 岩田進午 (農研), 足立忠司 (東大), 粕淵辰昭 (農研)

(5) 選挙管理委員会

1月22日 農研土壌物理研究室

[出席] 八幡, 国分, 増島, 中野, 竹中

1. 評議員選挙の進め方について
2. 名簿作成について

(6) 選挙管理委員会

2月15日 農研土壌物理研究室

[出席] 国分, 岩田, 中野, 増島, 竹中

1. 選挙人名簿の確認
2. 投票用紙の発送

(7) 選挙管理委員会

3月13日 農研会議室

[出席] 国分, 増島, 中野, 多田, 福桜, 岩田, 竹中, 各委員

秋山, 粕淵立会人

評議員選挙開票結果

総投票者数 253名

総投票数 1,239票 (内無効5票)

当選 木下 彰 (北海道地域)

3. 会長推薦の評議員および編集監事

評 議 員；山沢新吾（教育大），真下育久（林試）
 椎名乾治（農土試）
 編集監事；三好 洋（千葉農試）
 椎名乾治（農土試）

4. 当面の運営について

新会長より当面の運営について、次のような提案がなされました。なお、この提案は、各評議員にも書面で送られ、ご賛同をえました。

会長推薦評議員は、学問分野（機械・林学）と研究所（土木試験場）とを考へて、前述の三氏に依頼し、心よく承知して頂きました。

幹事の選任・事務局会議の設置には、会長・副会長の打合せに基づく研究会の当面の運営方針（構想）が反映しております。

土壌物理研究会も10年を経過し、役員選出に選挙制を採用するなど、新しい発展を要望されている時期に来ていると考えますが、長期にわたる将来構想については、任期（2年）中に評議員の皆様方の御協力を得て案を準備することに致します。

当面は前期の方針をうけついでいきますが、とくに会誌の編集と、研究討論会を重視します。そのために、幹事会の中に、編集担当評議員（横井氏）、研究討論会担当評議員（須藤副会長）、庶務・会計担当評議員（岩田氏）をおきます。

日常の運営は、事務局会議（会長・副会長・幹事で構成）で行ないます。もちろん幹事会の権限と機能を妨げるものではありません。

会誌の編集は、偶数号を研究討論会の特集号とし、奇

数号を自由投稿とするこれ迄の方針を受けついでいきますが、新たに編集企画に参加して頂くために、編集監事（編集委員に相当する仕事をうけもつ）を依頼します。編集委員会の設置は評議員会にはかった上で決めます。

研究討論会については、副会長の所で素案を準備し、評議員にはなかった上で、最終的には事務局会議で具体化します。

これ迄の経過と、当面の運営方針は以上のものであります。

(11) 第2回事務局会議

〔出席〕 美園、須藤、横井、本村、前川、足立、粕淵、岩田

1. 会誌20号の編集について
2. シンポジウムのテーマおよび期日について
 テーマ：樹園地について
 期 日：11月21日（金） 9.30～（於 農研）

(12) 第3回事務局会議

〔出席〕 美園、横井、本村、前川、足立、粕淵、岩田

1. シンポジウムの報告者について
2. 会誌掲載論文のオリジナリティについて（編集後記参照）
3. 会誌21号の編集方針について

○事務局の場所が下記に変わりました。

東京都北区西ヶ原2-1-7（〒114）

電話 東京（915）0161

農業技術研究所
 土壌物理研究室内
 土壌物理研究会

〔編 集 報 告〕

1. 20号の記事について

20号は従来の例により、シンポジウム特集号として、昨年11月22日の10周年記念シンポジウムの講演者の論説を特集したが、いろいろな理由から上井氏、湯村氏の論説は掲載できなかった。なお田淵氏の論説は既に19号に掲載されている。

2. 本誌投稿論文の種別について

最近各種学会、研究会などの活発な活動から、オリジナリティの問題が複雑化してきた。本誌が他誌に未発表の「報文」によって充実することは最も望ましいが、現実にはそれ以外の論文が果たしている役割が大きい。したがってオリジナリティについては、建設的な方向で弾力的に対処することが必要であろう。たとえばシンポジウムの講演者が特集号に最新の実験結果などを入れて論じられても、その実験結果を他誌に「報文」などとして発表されることは自由であろう。

要するに「報文」以外の論文については、オリジナリ

ティの問題は著者および関係者の考え方に任せ、本会としては主張しないと考えるのが現実的な処理となる。したがって本20号以降は論文の種別を明記することとした。

勿論このような問題は重大であり、会員各位の意見、評議員会の討議を経て決定するべきであるが、緊急を要するのでとりあえず報告する。

3. 後記

まず何よりも本号の発行が非常に遅れてしまったことをお詫びします。選挙による評議員の選出を中心とした新しい体制への切り換えにより、諸々の事務が停滞して大変な御迷惑をかけてしまいました。卒直にいつか次号以降直ちに平常に戻すわけにはゆきませんが、できるだけ早く、ばん回したいと幹事一同努力しています。

新会長の指示で編集を充実させるべく出発し、三好、椎名監事の御協力をえています。実質は逆に弱体化したのではないかと反省しています。会員各位の格別の御協力をお願いします。

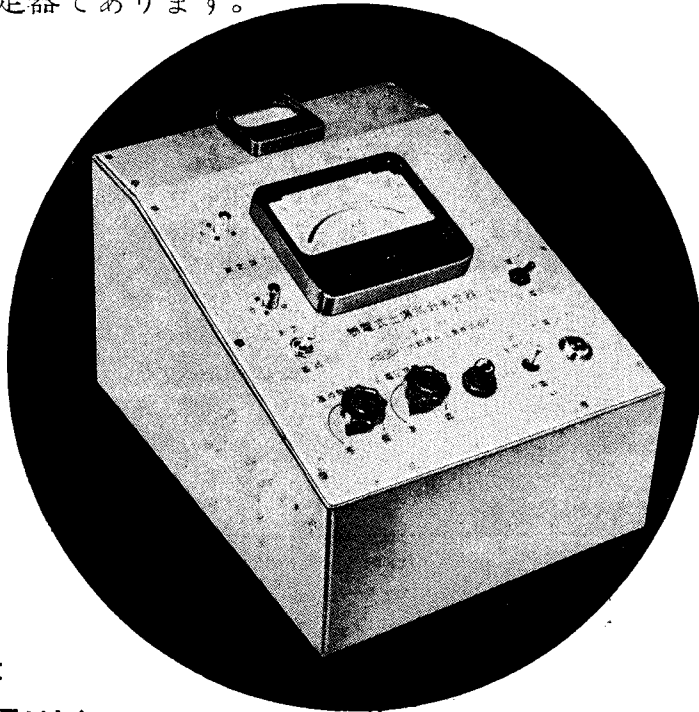
（前川、本村、横井）

農業技術に革新をもたらす

DIK誘電式土壤水分測定器

PATENT. p. 386877

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



特 徴

(1) 測定範囲が大きい

あらゆる土壤に対して、飽和～風乾に至る間の水分変化が的確に測定出来る。

(3) 即応的である

埋没した感体は、直接土壤の誘電率を測定するので、測定時の水分をそのまま表示し時間的な遅れは全然ない。

(2) 水分測定値が直線的である

μA で表示される水分測定値は、圃場状態の実用的範囲において殆んど直線である。

(4) 再現性がある

測定に当って、土壤には何の物理化学的変化も与えないで、連続的にくり返し測定ができ、同時にその再現性が充分に保証されている。



大起理化工業株式会社

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

自記マノメーター

硝子ゲージ管の水柱又は水銀柱の高さを自動的に自記します。

主要製品

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

主な納入先

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

東京都世田ヶ谷区玉川用賀町1-22

合資会社ウイジン工業社

代表社員 森 武保
技術士

電話 (03)0531

堆肥不足に

テンポロン[®]

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

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

代表製法特許 日本第240330号

(類似品に御注意下さい)

発売元



製造元



三菱商事株式会社

本社/東京・丸の内 電(211)0211(代表)

天北化学株式会社

本社/東京・神田 工場/北海道・幌延

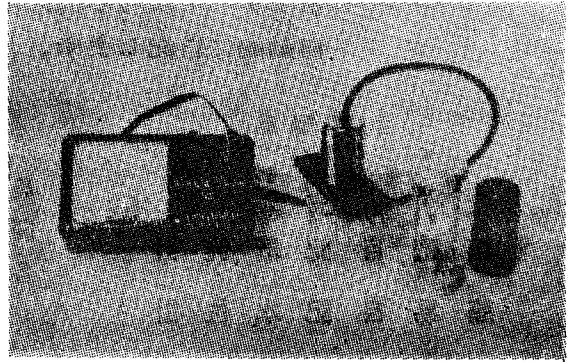
電話東京(252)4304

理研式酸度計

PHメーター

農産加工用、醸造用、
土壌調査用、酪農用、

簡易騒音計
疲労度検査器
ルクスメーター
各種科学計器



携帯用ケース付 ¥25,000

理研科学測定器研究所

東京都足立区伊興町前沼1254

電話 (899) 4874

農林省登録腐植酸肥料

フミン酸肥料懇話会

会員メーカー (ABC順)

アツミン

東 化 工 株 式 会 社

東京都中央区日本橋小網町2-14 (洋糖ビル)

フミゾール

北 炭 化 成 工 業 株 式 会 社

埼玉県戸田市川岸1丁目1-20

エスコン

日 本 水 素 工 業 株 式 会 社

東京都千代田区有楽町1-10 (三信ビル)

テルナイト

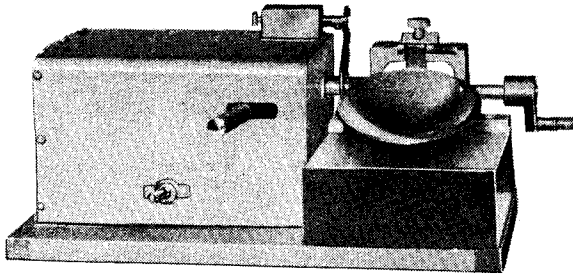
帝 石 テ ル ナ イ ト 工 業 株 式 会 社

東京都渋谷区幡ヶ谷1-31

丸東の土壤物理試験器

電動式液性限界測定装置 S O 2 B

本器は J I S A 1205 に準拠する液性限界試験を電動によって行なえるようにした装置です。人為的な落下速度の変動などの誤差を除去し、機械的な正確さで簡単に試験が行なえます。電動クラッチを切れば普通の手動装置としても使用できます。



営業品目

土質試験機
コンクリート・アスファルト試験機
万能圧縮材料試験機

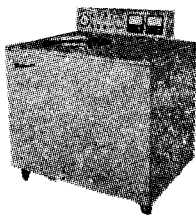
株式会社 丸東製作所

本社 / 東京都江東区深川白河町2の7 TEL 東京 (642) 5121(代表)
京都出張所 / 京都市中京区壬生西土居の内町3の1 TEL 京都 (84) 7992
北海道出張所 / 札幌市南十条西十三丁目970 TEL 札幌 (23) 0409

PF水分測定用遠心分離機 (冷却式万能型)

マルサン50B-C.F.S.-2R

100cc 土壤採取筒 × 4ヶ掛、PF4.0~PF4.5



寸法 高さ860×巾984×奥行684mm

重量 250kg

●仕様

最高回転数 18,500 R.P.M.
最大遠心力 35,500×G
冷凍機 750W全密閉空冷式
モーター出力 1,500VA空冷式
使用温度 +5°C ~ -18°C

●使用ローター

ローター NO	容量	形状	最高回転数 R.P.M.	PF値
1B	15cc×12本	角度型	18,500	4.5
6B	50cc×6本	"	18,000	4.0
10BR	100cc採取筒×4ヶ	水平型	10,000	4.0

●特長

- 100cc 土壤採取筒にて PF4.0 まで測定できます。
- ローターは水平型であるので、土壌のつまり具合即ち一定の遠心力を加えたときにおける土壌のコンパクションの状況を容易にしかも正確に測定する事ができます。
- 小容量、高遠ローター (角度型) も兼用に使用でき、PF 4.5 まで測定できます。
- オート・トランジスターメーターリレー式回転調節器でローターの回転を ±100R.P.M. 以内に制御する。
- 電気式ブレーキを取付。停止時間は約 1/2 に短縮され 2,000R.P.M. にて自動的に解放されます。

株式会社 佐久間製作所

本社工場 東京都大田区南六郷 3-16-27 電話 (731) 1257・3170、(732) 0847 番
神田出張所 東京都千代田区内神田 3丁目 23番 8号 電話 (251) 4917・6059 番
大阪アフターサービス出張所 大阪市西区江戸堀北通 2の 24 電話 (443) 4700、(361) 7763、(363) 1770
福岡アフターサービス出張所 福岡市天神 3丁目 4番 13号 電話 (75) 0275 番
札幌アフターサービス出張所 札幌市北 10条 4丁目 11番地 フジヤ商会内 電話 (71) 3246 番



土壤の物理性 第20号

(会 員 配 布)

1969年9月25日 発行

発 行 土 壤 物 理 研 究 会

東京都北区西ヶ原2-1-7 (〒114)

農業技術研究所土壤物理研究室内

電話 東京 (915) 0 1 6 1

振替口座 東京 1 7 7 9 4