

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、土を土木工事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事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徒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と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。