



土 壤 物 理 (その1)

—農業土木技術者のための基礎知識—

八 幡 敏 雄*

まえがき

I. 農業土木と土壌

昭和46年5月に発表された農業土木学将来計画検討委員会の報告によれば、これからの農業土木は、従来のように基幹施設中心の部分的個別的事業から脱皮して総合的な面開発の技術への性格を強めてゆくべきだという。面はまた地域ともいわれる。具体的には都市以外の地域、つまり沿岸浅海域をもふくめひろく農山漁村地域をその対象としてとらえて、それについての面開発・面改造を考えてゆこうという提案である。しからばこれはまた農業土木と土壌というものと新たな結びつきを生み出す一つの機縁にもなるのではあるまいか。なぜなら面といい地域という場合(その場所が現在いわゆる農業生産の場であろうとなかろうと)そこはまずもって土壌面であるからである。

土壌はかくして好むと好まざるとにかかわらず今後ますます農業土木技術者の基礎的な関心の対象とならざるをえないと思われる。もっともいままでも農業土木技術者は土壌の無視は決してしていない。土壌のことから書き始めている農業土木の本は多いし、ハンドブックもまた基礎編には必ず土壌の章を設けて、いつでも手もとで参照できるようになっている。事業所が配る事業概要書にも地域の土壌についての記載がのっていないものはむしろまれであるといつてよい。

それにもかかわらず土壌(その性格や機能)は、いまだ真に農業土木技術の中になじみ深いものとして採り入れられてはいないのではあるまいか。その理由のセン索は本稿の目的ではないが、一つには在来の農業土木が基岩とコンクリートが主対象の基幹施設に主力をおいていたこと、二つにはわが国の農業が稲作中心であり土壌の機能はタン水によってとかく見過ごされがちであったことによっていると思う。しかし地域開発を標ぼうする今後の農業土木技術者にとって、地域をおおっている土壌の性格をわきまえ、その機能をプロジェクトの中に組みこむことなくして真の地域開発がどうして成しとげられ

ようか。

たとえばここに一つの開拓のプロジェクトがあったとしよう。これまでの農業土木技術者の開拓地のイメージは刈払われてみごとに整形された広々とした耕地、その間を貫く舗装された道路、地下にはりめぐらされたカンガイ用の管路といったものである。しかしこれらの幾何学的な秩序のみごとな仕上がりにもかかわらず、もしもそこに四周の自然との調和を失って次第に活気を失ってゆく耕地の姿があるとしたらその建設の努力ははなはだ空しいものとならざるをえまい。

地下水排水は農業土木が得意とする技術の一つだから土壌がもつ機能との関連を端的に示すにはこれが一番よいかも知れぬ。昭和27年に起こった亀田郷事件(新潟県亀田郷で土地改良をやったら一石以上の減収になったと農民が大蔵省の主計官に面訴した事件)以来多少注意は払われるようになったとはいえ、排水が湿田土壌にひきおこすはげしい変化(乾土効果による潜在地力の顕在化、したがって地力の急激減耗)は、土壌の機能をわきまえて事前に社会的経済的な十分の準備をしておかない限り、せつかくの事業を総りの少ないものにしてしまう危険がある。

なお土壌には緑色高等植物の培地として、それに生育上必要な資材を供給するという生産機能が備わっている反面、年々バク大な量の有機化合物を分解するという分解機能をも一方で備えている¹⁾。このかくれた機能もこれからの面開発の技術者はぜひ知っておくべきである。

ともかく一つのエポックがきている。農業土木技術者が土壌についての認識をあらたにし、それがもっている機能を己のプロジェクトに正しく組みこむのは当然の常識という時代がもうきているのである。

II. 土壌と土壌物理

土壌が「地域」を構成する不可欠の要素であり、その機能が農業土木技術者にとって無視しえないことであるとすると、今後は土壌についての知識をいっそう確実に身につけなければならない。

* 東京大学農学部

さてギリシャの自然哲学をまつまでもなく、古来から土は万人にとって日常親しい対象であったから土壤についての情報はすでにボウ大な量に達している。そしてそれを近代科学の手法によって系統的認識に仕上げたものが今日の土壤学 Soil Science であることは周知のとおりである。

この場合、近代科学の方法からいって土壤学というように認識の対象だけをその名称に掲げたものは、研究の手段の違いによってその内容を次第に分化させてゆくのが常である。土壤学の場合には現在それを次の8分野に分けている²⁾。

土壤化学
土壤物理学
土壤コロイド学
土壤鉱物学
土壤生物学
土壤微生物学
土壤生成・分類学
土壤調査・作図学

これらの諸学の中で最も古くから研究が行なわれ、したがって多くの蓄積をもつものは土壤生成・分類学と土壤化学とであって、それ以外は土壤物理学をもふくめて極めて歴史が新しい。

土壤物理学とは何かと問われれば差し当って「土壤の物理的性質を研究する学問³⁾」とか「土壤としての物理的特性およびプロセスについて攻究する土壤学の一分野⁴⁾」とか答える他はあるまいが農業土木技術者に対しては「土壤体内の物質とエネルギーの状態(ステート)と移動とを研究する学問⁵⁾」と説明した方がむしろ分かりがよいかも知れない。

土壤体内の物質のうちでも水はとくに関心をひく物質であるが、その水と土壤骨格(ソリッド・マトリックス)とが組合さって起こしている現象とか、水と土粒子との間の相互作用とかは日常の経験の中にもかなり登場してくる問題である。にもかかわらずたとえば過去に水文学がこれを採り上げたというようなことはなかった。

つまり土壤物理学はいわば一種の学問上の盲点であったということが出来る。

生産への利用を考えた土壤学を応用土壤学 edaphology というが、その立場からも土壤物理の知識はすでに不可欠のものになっている。

たとえば地力(土壤がもつ高等緑色植物を育てる能力)を高く保つのに、昔は主として土壤化学的角度からのみ検討が行なわれたが今はそうではない。土壤の物理的性質が必ず考慮に加えられている。土壤の生産力の可

能性を等級で示す試み⁶⁾では一つの土壤区の等級決定基準項目を、

畑では、表土の厚さ(t)、有効土層の深さ(d)、表土のレキ含量(g)、土地の乾湿(w)、自然肥ヨク度(f)、養分の豊否(n)、有害物質の有無(h)、災害度(a)

水田では 表土の厚さ(t)、有効土層の深さ(d)、表土のレキ含量(g)、タン水透水性(l)、酸化還元性(r)、自然肥ヨク度(f)、養分の豊否(n)、有害物質の有無(h)、災害度(a)

とし、これらの各項目をさらにいくつかの要因項目に分けている。それらを見ても土層厚、土性、チ密度、透水性、保水性、湿潤度などの物理性がいずれも重要な要因として取扱われていることが明らかである。

このように土壤物理学は今や土壤学の中の大事な柱となったことは争えない事実である。しかしその内容はといえばそれはまだ決して充実したものになっているわけではない。

今世紀における物理学が素粒子論、物性論からさらに生物物理とめざましい発展をとげたことは周知のとおりである。それなのに身近の対象についての物理的はあくは意外にむずかしいのである。このことについてある人はいう⁷⁾。「もともと物理学における自然法則は、遠くはるかな空間での天体の運行に関する法則性に着目するところからはじまって、Newton の力学法則の確立にいたった。一方で近代物理学の目は原子核や電子、さらに素粒子へと微視の世界を見通し、それを人類の科学的認識の中に同化できるだけの知識と技術を獲得してきた。一方で天体、一方で原子とか素粒子とかいった、とびはなれたスケールの中間にあって、物理学が取扱ってきたいわゆるマクロな対象というのは、たかだか、われわれが実験室で操作できる程度のスケールのものである。海洋物理学とか、気象物理学とか、いわゆる地球科学と呼ばれるスケールの問題を対象にしたとき、それが物理的な観点からはいかにすっきりしないものであるかをみても、われわれの環境を形成している地球のスケールの現象がそう簡単に取扱えるようなものではないことは明らかであろう。まして生物をも主役としてふくめて考えようというのはたぶん大変困難な問題であるに違いない。……」

土壤物理学のむずかしさにもおそらくは海洋物理学や気象物理学の場合とやや似たものがあるのであろう。元来が実験室スケールをこえるはずの土壤物理の研究対象が実際には「実験室で操作できる程度のスケールのもの」にとどまっているものも決して少くはないのである。個々の知識の習得の前にこのことも一応知っておく方がよいであろう。

III. 農業土木と土壤物理

土壤が今後ますます農業土木技術者の基礎的な関心の対象とならねばならないことはさきに述べたとおりである。一方技術とは科学的知識のあてはめによる「物の生成」であり、農業土木技術の場合には「地域の生成」がそれに当たっている。しかもそれが駆使する主要な手段は物理的なものである。そうだとすれば土壤学の知識のあてはめによる「地域の生成」に当って農業土木技術者がまず活用しなければならないものは土壤物理についての知識であろう¹⁰⁾。ここに農業土木と土壤物理との因縁が生じるのである。今日農業土木の教育カリキュラムにほとんどすべて土壤物理が取り入れられているのも、このような見解がすでに定着しているからであろう。

さて以上のようなまえおきがすんだところで早速本論を始めたいが、筆者はここで一つの新しい試みをしてみようと考えている。

それは「土壤体内の物質とエネルギーの状態（ステート）と移動についての学問」を紹介するのに従来の教科書風をそのままではなく、そこに新たに「機能」の考えをさしはさんで書くという試みである。

たとえば、教科書では、土中水のエネルギー状態、各種ポテンシャル、水分特性曲線、水分量測定法、水分サクション測定法、などをたとえば「土壤間ゲキの中にある水⁹⁾」として一章にまとめている。筆者はこれを土壤がもつ「保水機能」にあずかる諸知識のようにとらえ「保水機能」をタイトルにして解説を行なう。その他もすべて土壤がもっているいくつかの物理的機能を見出しにして説明を試みようと思うのである。

「機能」とは、むづかしくいえば「多かれ少なかれ依存関係にある諸因子より成る一定の構造全体における因子あるいは全体のもつ特定の役目⁹⁾」を指すのであってこれは物体概念に属するのではなく関係概念に属するのである。したがって物理学と名のつく科学の内容紹介が

このような形でなされることに科学者は、あるいは批判的かも知れない。しかし前述のように技術は科学的知識のあてはめによる物の生成であり、その際技術者は物の性質をそのまま活用するのではなくその性質が発揮する機能でとらえて利用していることが多いのである。しっかりとすればこの試みも「技術者のための基礎知識」の副題の下では許されてよいのではなかろうかとおもう。

土壤がもつ物理的機能として以下本講に筆者があげる予定のものは次の八つである。

- ① 物体収容機能
- ② 吸着機能
- ③ 保水機能
- ④ 通気・通水機能
- ⑤ 口過機能
- ⑥ 保温・伝熱機能
- ⑦ 荷重支持機能
- ⑧ 固相形状保持機能

総合的な面開発に立ち向うこれからの農業土木技術者が面としてひろがる土壤体をこのような諸機能を具えた物体として眺めなおしそのことによって、彼のプロジェクトを一層豊かなものにできたら本稿のねらいは十二分に達せられたことになる。

引用文献

- 1) 高井康雄：人類の生存環境としての土壤，科学，**41**，(10) (1971)
- 2) 川口桂三郎ほか：土壤学，朝倉書店 (1964)
- 3) Baver, L.D. : Soil physics, Wiley (1948)
- 4) КАЧИНСКИЙ, Н. А. : Физика Почвы, ВЫСШАЯ ШКОЛА, Москва (1965)
- 5) Hillel, D. : Soil and Water, Academic Press (1971)
- 6) 農林水産技術会議：水田土壤適正分級法試案
——農業構造改善のための——，(1964)
- 7) 寺本 英：物理学的自然観と生物界，科学，**42**，(5)，(1972)
- 8) Hillel, D. : 前掲書
- 9) 伊藤吉之助：哲学小辞典増訂版，岩波，(1934)
- 10) 八幡敏雄：土地改良技術者と土壤，圃場と土壤，**4**，9.10，(1972)

[1972. 11. 16. 受稿]