

## だれでもできるやさしい土のしらべかた

## 土壌のしくみとはたらきを学ぶ 25 の実験

塚本明美・岩田進午 著

合同出版 2005 年 11 月発行

A5 判 127 ページ ISBN4-7726-0342-5 定価 1,600 円+税

本書は、身近な自然の調べ方を小中高生に教える者に有用な「だれでもできる」「やさしいしらべかた」シリーズの 1 冊である。近年、大学等においても、土壌物理未履修者を対象に土の実験を見せる機会が増えているように思う。1 年生の演習の一環、高校での出前授業や説明会、あるいは、一般向けの公開講座。さて、どんな実験をさせようか？あまり手の込んだことはできないし、また自然や植物生育、環境などと絡めて分かりやすいテーマを設定しなくては…などと困ったことはないだろうか？そんな人は、ネタバレの 1 つとして読んでみるとよい。土壌物理の基礎的な実験から、土中の物質移動や土壌生物にまつわる話題まで、25 の実験法が非常に丁寧に記されている。いわゆる実験書とは異なり、各実験について、結果の解釈例や関連する実例が豊富に紹介されており、実験間のつながりを補填するコラムも充実している。目新しい実験はないが、実験に通じている人であっても、一読に値するであろう。

土には、土中環境の急激な変化を抑え、それを一定の幅の中に保つ能力がある。著者らは近年の一連の著書において、こうした緩衝作用を「土の自立的恒常性（ホメオスタシス）」とよび、生きている土、健康な土を考える際のキーワードとしてきた。本書でもこのスタンスが貫かれている。第 1 部では、土について最低限知っておきたいこととして、土壌生成過程や土粒子の構成、粘土と団粒、有機物と微生物の役割が説明されたのち、土のホメオスタシスとして、化学的恒常性、物理的恒常性、生物的恒常性が紹介される。全体の 1 割程度しかページは割かれていないが、第 2 部の実験との関連とともに、全てがやさしく分かりやすく述べられており、これから土を学ぼうとするものに、バランスのよい系統的な知識を与えてくれる。本書の大部分の紙面を占める第 2 部は、さらに 3 つの Part に区分される。すなわち、土のホメオスタシスの再現を目的とした、気温、保水、pH に関する 3 つの実験（Part 1）、次に、ホメオスタシスを生み出す土の多様性と不均一性の個々の要素を明らかにする、粒

径、土性、間隙、腐植、土色、土壌動物、土壌微生物に関する 15 の実験（Part 2）、最後に、ホメオスタシスの発現メカニズムを考える、粘土、団粒、土壌生物に焦点を当てた 7 つの実験（Part 3）である。ペットボトルや空き缶、キッチン用品による実験器具の代用例、痒いところに手の届く図説。身の回りの物を片手に、子供をつれて土遊びにでかけたくなる。こうして得られた知識と体験、湧出したであろう土への興味は、第 3 部において複眼的思考へと結び付けられる。環境危機、近代農業がはらむ問題。総合学習が叫ばれる世の中、ともすれば何をどう教えていいのかわからない「総合的」な視点のヒントが秘められている。本書は、やさしく分かりやすい実験書というだけでなく、土のホメオスタシスを軸とした複眼的思考の啓蒙書ともいえよう。

著者らが冒頭で述べているように、土はいまや子供たちにとって非常に遠い存在になっている。実際、比較的田舎に住んでいる自身のまわりを見ても、本書に実験対象として再三でてくる「自然林」や「森」の土を探するのは容易ではない。それどころか、車で 30 分も街に向かえば、雑木林や畑でさえなかなか見られなくなる。本書は、学術誌の「研究」の側面とは少しなじみが悪いかもしれない。しかし、異常が通常化している現在、こうした本をもって、土壌物理の手法の普及に努める一方、価値観や思考法を教育していくことも重要であろう。

第 1 部 土って何だろう

第 2 部 ためして確かめる土の正体

実験をはじめる前に

Part 1 ホメオスタシスを示す土

Part 2 土を構成する物質の多様性とその不均一性

Part 3 土のホメオスタシスを支えるしくみ

第 3 部 足もとから複眼的思考を鍛える

渡辺晋生（三重大学生物資源学部）

受稿年月日：2006 年 1 月 16 日

受理年月日：2006 年 1 月 16 日

## 土壌中の溶質移動の基礎

W.A. ジュリー, K. ロース 著, 筑紫二郎 訳

九州大学出版会 ¥3,400

ISBN 4-87278-885-4

本書は、カリフォルニア大学リバーサイド校の Jury 博士が、スイス工科大学チューリッヒ校 (ETHZ) においてサバチカル期間中に、Roth 博士と共同で 1990 年に執筆した本の翻訳である。原著のタイトルは、「Transfer Function and Solute Movement through Soil: Theory and Applications (伝達関数と土壌中の溶質移動: 理論と応用)」である。邦訳のタイトルは、本書が伝達関数モデルのみならず、広く土壌中の溶質移動を綿密に解説していることに加え、数多くの問題と解答を地道に根気強く勉強して欲しいという訳者の願いをこめて「土壌中の溶質移動の基礎」とされている。

本書の翻訳の動機として、訳者は土壌中の溶質移動に関する我が国の研究者と先進諸国の研究者との間の「知的なギャップ」を感じたことを挙げている。私事になるが、私は、原著が出版された 1 年後に、リバーサイドの U.S. Salinity Laboratory にポストドクター研究員 (ポスドク) として滞在し、ポスドク仲間数名と、Jury 博士の本書を用いた大学院講義に出席する機会を得た。講義には、当時 Jury 博士のポスドクであった共著者の Roth 博士も参加していた。私にとって講義の内容と行われていた議論はまったく新たな世界であり、訳者と同じく、そうした研究に我が国の研究者がまったく加わっていないことに驚かされたのを覚えている。講義の復習のため、本書の問題を付録の解答を参考に解いたことが、今でも私自身の財産となっている思い深い本である。

Jury 博士の提唱した土壌中の溶質移動に対する伝達関数の適用は、1980 年代以降、土壌物理の研究の中心が溶質移動問題に移る過程において、欧米諸国で広く議論された。我が国においては、土壌をブラックボックスとみなす概念として紹介され、残念ながら正しく理解されなかった経緯がある。伝達関数の導入の背景には、土壌中の溶質移動の理論やモデルは、測定可能量を基に構築されるべきだという Jury 教授の強い信念がある。溶質移動実験においては、土表面からの溶質の入力に対する流出面における濃度変化が測定可能量である。この濃度変化曲線と、工学の分野で広く用いられる線形システムの解析手法である伝達関数の類似性に注目し、土壌中の溶質移動に対する伝達関数の適用に関して、丹念に検討

したことが Jury 博士の功績である。

第 1 章では、まずインパルス応答関数としての濃度変化曲線を定義し、線形システムの重ね合せの原理を用いた「伝達関数モデル」を定義する。このインパルス応答関数は、通過する土壌内部のすべての特性を反映したものであり、どのような溶質移動の過程に対しても定義される一般的な表現である。言い換えれば、「伝達関数モデル」とは、土中の溶質挙動に対する線形性の仮定であり、この仮定の妥当性と適用範囲の検証が一連の研究の主な目的である。

2, 3 章においては、移流分散式 (CDE) 等の溶質移動モデルに対してインパルス応答関数を定義し、伝達関数モデルがより包括的な表現法であることが示されている。ここで示されている半無限大土壌に対する CDE の解析解や、応答関数を特徴付けるモーメントを得るために必要なラプラス変換についての詳細な解説は、土壌物理の分野では本書以外には見られない非常に貴重な情報である。また解析解が半無限大土壌を対象としているので、採取する土中溶液に対する補正であるフラックス濃度について、その数学的な取り扱い、物理的な意味が 3 章で述べられている。

野外での土中の溶質移動の観測が多く行なわれるにつれて、広く用いられている CDE の適合が悪く、また求まる分散係数が、観測距離が大きいくほど増加するスケール依存性を示す場合が多いことが明らかになった。これに対して Jury 博士は、流れと垂直な断面方向の混合を無視した新しいモデルとして、CLT モデル (Convective lognormal transfer function model: 対流対数型伝達関数モデル) を提唱した。これは、101 号の講座「古典を読む」で紹介されている Taylor の溶質分散に関する考察に基づく概念である。4 章では、この CLT モデルの物理的な意味について、確率流管モデル (Stochastic stream tube model) を用いて解説している。

5 章では、鉛直方向に不均一な土壌に対する伝達関数モデルの適用について、水分量や吸着特性が深さ方向に異なる場合や成層土について検討している。さらに 6 章では、不飽和土壌の圃場を対象に、非定常水分流れに対して伝達関数モデルを拡張して適用することを検討して

いる。溶質移動を特徴づけるインパルス応答関数が、非定常過程においても積算排出水量の関数として一義的に定まるという大胆な仮定に基づくモデルであるが、今後、実測値に基づく検証が待たれる課題である。7章は、不均一な土壌を対象にした一般的な確率統計モデルについての解説であり、溶質移動モデルの混合に関する両極端を表現する CDE と CLT モデルについて、確率統計モデルの視点から位置づけている。

本書のさらなる特徴は、付録に示されている一連のモデルや理論に必要なラプラス変換を中心とした数学、逆ラプラス変換と誤差関数の Fortran プログラム、問題の詳細な解答である。こうした情報を手がかりに勉強を進めることにより、研究レベルでのより深い理解が可能となるであろう。

残念ながら原著はすでに廃版となっているが、土壌環

境の溶質移動問題への関心が高まるなか、我が国においてこの訳本が刊行されたことの意義は大きい。Jury 博士独特な荒削りの記述も少なからずあるが、それらは Jury 博士の今後の研究に対するメッセージでもある。原著が刊行されて 15 年以上経過した現在においても、多くのアイデアが新鮮に感じられるのはむしろ驚きである。便利な解析ソフトウェアや汎用水分・溶質移動予測プログラムが利用できる今こそ、本書を通しての物理や数学の基礎勉強が必要なのかと思う。また、土壌物理の研究者を目指す大学院生には、既往の理論を単に受け入れることなく、新たな理論体系の構築に挑戦する Jury 博士の研究哲学に触れて頂きたいと思う。

取出伸夫（三重大学生物資源学部）

受稿年月日：2006 年 2 月 2 日

受理年月日：2006 年 2 月 2 日

## 湖の水質保全を考える

—霞ヶ浦からの発信—

田淵俊雄 著

技報堂出版株式会社 2005年8月発行

B6判 194頁 ISBN 4-7655-4443-5 1,890円

本書は、湖沼の水質保全について、これまでの研究成果や水環境行政を幅広く解説した一般向けの書である。しかしそれだけでなく、これから環境水質学を志そうとする若い研究者、すでにいろいろな場所で川や湖を調査してきた中堅の研究者にも多くの示唆を与えてくれる書である。本書は、霞ヶ浦の水質がたどった道やこれに関わった科学者、行政、住民の姿を描きながら、わが国の湖沼水質が直面する課題を鋭く追求する。本書はまさに、わが国湖沼水質保全のあり方を提唱した高書といえる。

本書は全12章から構成される。第1章から第3章は霞ヶ浦の成り立ちの解説に始まり、1970年代の公害の時代、そして窒素・リンの法的規制後の経過を述べている。

著者によると、霞ヶ浦は、用水循環が盛んで面積のわりに水深が浅いことなどから、もともと水質が悪化しやすい湖だった。そこに1970年代当時無処理放流された工場、下水からの窒素・リンが大量に加わり、コイが酸欠死するほどの「過栄養化」をまねいたのである。

そのため、1982年からは工場、下水に対する窒素・リンの排出規制が始まり、1987年からは湖沼水質保全特別措置法（以下、特措法）に基づく霞ヶ浦水質保全計画が実施された。しかし「その成果は芳しくなく、その新たな見直しが求められている」状況だという。確かに霞ヶ浦の水質変化図（28頁）をみると、1985年以降COD、全窒素濃度は横ばい、全リン濃度にいたっては上昇を示すなど、事態の深刻さがうかがえる。

そこで著者は、第4章から第6章にかけて、霞ヶ浦の水質が改善しない理由をひとつひとつ吟味していく。

まず森林や湿地であるが、これらは降水や湖水の窒素などを吸収するから、水質の「浄化役」と位置づけられる。水田も、かんがい水の汚濁が進むと窒素の除去機能がはたらくことが著者らの研究で知られているから、条件付きの「浄化役」といえるだろう。

一方、工場・事業場、生活排水、畜産、農地などは、窒素・リンの「正味」の排出源となる。特に生活排水は、

浄化槽の普及による「トイレの水洗化」が水質保全計画を大きく狂わせた、と著者は指摘する。汲取り式を単独処理浄化槽または合併処理浄化槽（いずれも窒素・リンの高度処理なし）に変更すると、窒素の排出量は2~3.5倍に増えてしまう。皮肉なことに「下水道整備による負荷減少を浄化槽増大に伴う負荷増大が埋めてしまった」のである。

それ以外にも、家畜の多頭化がふん尿の野積みや素掘貯留をまねいたことが大きな誤算だったという。さらに湖内の問題として、自然漁業が衰退したことも大きな要因だったと述べている。1970年代以降失われた自然漁獲のリン回収量は、水質保全計画5ヶ年分の削減目標に匹敵するという。自然漁業が衰退した理由として、外来魚による生態系の破壊を挙げている点も興味深い。

こうしてみると、特措法や水質保全計画は、工場・事業場、下水など、「大規模集中型」排出に対しては大きな効果を発揮したものの、浄化槽の普及や家畜の多頭化など、「小規模分散型」排出に対しては十分な効果を上げられなかったことが理解できる。さらに欲をいえば、今回取り上げた誤算要因が「水質予測生態系モデル」に取り込まれた場合、霞ヶ浦の水質がどの程度説明できるのかも紹介されると、さらに得心がいったらう。

第7章から第10章では、特措法に指定された10の湖沼がさまざまな視点から比較され、今後われわれが目指す水質保全の方向が模索される。これらの中で著者は、森林の比負荷量と湖面への降雨比負荷量を合わせた自然の比負荷量を水質保全計画の目標にすべきことを提案している。「自然負荷は許されるバックグラウンド負荷で、汚濁負荷ではない」という考え方である。ここで注意しなければならないのは、目標値を「負荷量」ではなく「比負荷量」としている点である。森林面積は、農地化や宅地化によってすでに減少している。そこで目標とすべき自然負荷量は、流域全体が森林で覆われた仮想的な自然負荷量と考える。すると現在の自然負荷量と仮想的な自然負荷量のあいだに差が生じるので、その中に人為的な負荷量をできるだけ納めるように水質保全計画を立てる

のである。

いまから農地や宅地をつぶして森林面積を増やそうというのは非現実的であるが、もし人為的な比負荷量を自然の比負荷量に近づけることができるなら、流域全体の負荷量はおのずから計画目標値に近づくことになる。農地などの人為的な面源に対しても、こうした到達目標をはっきり認識して取り組むことが大事だと思う。

最後に著者は、第11章、第12章で、住民や企業による連携の重要性とこれからの法規制のあり方を述べ、本書を締めくくる。この中で著者は、一部の住民や小規模事業者に許されている汚水の無処理放流の規制を強く訴えている。個別の量は小さくても多数集まれば大きな負荷となる。浄化槽の高度処理化も含め“小規模分散型”点源に対する例外なき法規制がぜひ必要である。しかしこの当たり前のことがなかなか実現しない。なぜだろうか。結局のところ、水質保全にかかる住民の意思の問題だ、と書評子は考えている。例外なき法規制を受け入れる意思があるならば、もう一段上の水質を望むことは十分可能だろう。しかしその意思がないならば、現状の水質に甘んじるほかはない。われわれにその意思があるのかないのか。本書はいま、そのことを強く問い直しているように思えた。

## 目次

### プロローグ

1. 霞ヶ浦とは
2. 霞ヶ浦の汚濁原因究明に明け暮れた時代—1970年代
3. 窒素・リン規制の時代へ—しかし改善は進まず
4. なぜきれいにならないのか？—多様な多くの汚濁発生源
5. 浄化役の森林と湿地・水田の窒素除去機能
6. 湖内にも問題山積
7. 現在の汚濁処理で十分か？—森林流出水による希釈が必要
8. 第4期霞ヶ浦水質保全計画—その作成手法と内容
9. 日本の主な湖沼の水質と水質保全計画
10. 湖沼の排出負荷と汚濁負荷—その大きな違い
11. 霞ヶ浦流域の市民活動と研究者の活動
12. 規制の流れと今後の課題

あとがき

文献リスト

吉田正則（近畿中国四国農業研究センター）

受稿年月日：2006年1月24日

受理年月日：2006年1月24日

## 土とは何だろうか？

久馬一剛 著

京都大学学術出版会 2005年12月発行

B6判 299ページ ISBN 4-87698-801-3 定価本体1,500円+税

土壌物理学会員のみなさんは、“土とは何か？”と問われたときに、どのようにこたえるのでしょうか？土は実験・研究の材料、調査フィールドとして扱っているもので、自身の思い入れがある。しかし、この土を第三者に説明をするのには、多少の勇気が必要である。浅学薄識の我身では、“難しいね。たとえば、……”というように、相手の顔色を見ながら答えるのが精一杯である。

熱帯土壌学（名古屋大学出版会，2001）、食料生産と環境 持続的農業を考える（化学同人，1997）、最新土壌学（朝倉書店，1997）、農業と環境（富民協会，1995年）、土壌学と考古学（博友社，1987）、新土壌学（朝倉書店，1984）などの著者であるわが国土壌学の第一人者が、一般向けの書籍を発行した。

執筆の動機は、環境分野における“土”に関する一般向け解説書が水や大気に比べて少ないという状況を憂えたものにある。また、裏表紙には、“生命を育て、生活の素材としても欠かせない土。身近で馴染み深いにもかかわらず、その素性や働きを私達は意外に知らない。「砂漠化」や「土壌劣化」などの言葉がしばしば聞かれるように、自然と人や生き物の営みが見事にバランスされることで育まれた「土」が、今、危機に直面している。「土」の性質や働きを学びながら、21世紀の自然と人の関わり方について考える。”とある。このように、本書が一般向けでありながらも専門にかかわる多くの人の目に触れることにより、土壌学への興味と理解を助けることを目的としている。

本書でいう“土”とは“土壌”，つまり、植物が生育し、生命を育む土のことである。著者のこれまでのたくさんの研究成果、経験、意見を盛り込みながら、読者に語りかけるように説明が進む。

内容は、近代の大規模な造成による圃場整備が、“生命を育む土壌について”十分な考慮がされないと、作物の生育不良を引き起こすという問題提起から始まる。この問題を解決するためには、土壌を知り、適切な土壌を造る必要がある。そこで、土壌生成、植物栄養、土壌肥料についての解説が続く。この中で、土壌の構造と生物との関係が興味深い。また、エネルギー収支から耕作法を含めた農業の持続性にも言及している。さらに、耕作（土

地利用）という歴史の中から生まれる農地（畑，水田）土壌、地理的な要因で生成される世界の土壌と分類法が紹介されている。そして、20世紀の負の遺産のひとつとして残り、また進行している“土壌の劣化”について、現状と発生の原因、再生、修復、回復による持続可能な土壌の利用について展開していく。最終章では、本書の表題である“土とは何か”について解答が述べられている。人間は、土を資源として利用している。しかし、この資源は有限であり、土壌の生産力を持続的に維持していく必要性を訴えている。そのためには、生物圏としての土壌の役割を評価し、適切な利用法、これからの取り組み必要がある課題について方向が示されている。

このように本書は、内容が多岐にわたり豊富である。自然科学を基礎としているが、社会科学からの視点での捉え方にも注目できる。一般の読者には、多少難解な部分もあるが、土への理解と興味を持つきっかけになることを期待する。むしろ、専門にかかわる人々には、土壌学の教科書の行間を埋め、背景が浮かび上がってくる。私自身、土壌学の教科書を参考にしながら本書を読み進めた。著者は、約300ページにこれだけの内容を凝縮させるために、多くの譲歩をしたのではないだろうか。このような点については、前述の専門書をあたるべきであろう。また、口絵にカラー写真が使われているが、文中の写真がモノクロであることが少々残念である。

本書は、土壌が生命（人間や他の生物）を育むばかりでなく、物質循環を担い、地球を育むことをあらわそうとしているのではないだろうか。私たち土壌を学ぶものにとって、非常に鋭い分析に基づいた示唆に富んだ興味ある内容となっている。

本書の構成は、次のとおりである。

- 第1章 はじめに
- 第2章 土壌はどのようにしてできるか
- 第3章 植物の栄養と土壌の働き
- 第4章 日本の畑の土
- 第5章 水田稲作と土
- 第6章 土の中の生き物たち
- 第7章 世界の土と日本の土

第8章 地球環境問題の中の土壌

第9章 人間にとって土とは何か

参考文献

あとがき

索引

佐藤泰一郎（高知大学農学部）

受稿年月日：2006年1月31日

受理年月日：2006年1月31日