

## 特集「土中の水分・溶質移動モデル」をはじめるとあって

取 出 伸 夫\*

土壌物理の対象の中心が実験室内の土カラムからフィールドへ移り、さらに農地の水管理問題からより広く土壌環境圏の物質移動問題へと発展していく中、なぜ改めて「土中の水分・溶質移動モデル」に関する特集を行うのかと戸惑われる方も少なくないと思う。土中の不飽和水分移動のリチャーズ式、溶質移動の移流分散式に基づく移動モデルの基礎は、1960年代までの土壌物理の発展段階に構築された。その後、移動モデルは実測データに対する検証により改良を重ねてきた。とりわけ、不飽和透水係数の圧力依存の非線形性が極めて大きいリチャーズ式に対して、解を速やかに正確に収束させるための多くの技法が提唱され、コンピュータの発展と共に進歩を重ねてきた。我が国においても、多くの研究者によって計算プログラムが作成され、その成果は論文として蓄積されている。そして、1990年代前半までに、そうした基礎方程式の数値評価や計算結果の検討に関する研究も一段落したと思われる。

フィールドが対象の中心となるにつれて、研究の枠組みは広がり、土壌物理は周辺分野へと発展した。こうした動向に対して、土壌物理学の長年の研究の蓄積が適切に反映されているかの検証は必要であろう。考案したモデルを実測データと比較する工学的な研究の常套手段は、土壌物理の研究においても広く用いられてきた。しかし、予測するモデルが、ある特定の条件のみで計算が可能であったり、プログラムが将来的に利用しやすく整備されていない場合には、その後の発展は難しい。多くの場合、論文が書かれた段階でプログラムの作成は終了し、その後、継続して改良されることは少ない。忙しい多くの研究者にとって、なかなか手が及ばないのが現実ではないであろうか。特に、我が国の土壌物理研究には、こうした努力が不足していたように感じる。

土中の水分・溶質移動モデルとして公開されている汎用プログラムはいくつか存在するが、この特集では、George E. Brown, Jr. Salinity Laboratory (米国農務省塩類研究所)において、Dr. van Genuchtenが中心になって開発してきたHYDRUSを主に用いる。HYDRUSは、現在、カリフォルニア大学リバーサイド校のDr. Šimůnekらに引き継がれて、3次元のバージョンまで公開されおり、1次元のHYDRUS-1Dは無償で配布され

ている ([http://www.pc-progress.cz/Fr\\_Hydrus2D.htm](http://www.pc-progress.cz/Fr_Hydrus2D.htm))。HYDRUSは、Dr. Neuman, Dr. Feddes, Dr. Breslerによる土中の水分移動の汎用プログラムの草分けであるUNSATを出発点に、多くの研究者によって開発、改良を長年重ねてきたプログラムである。

私自身、1990年代前半にSalinity Laboratoryに研究員として滞在し、プログラムの開発の一端を担う機会に恵まれた。その多くは現在、Salinity Laboratoryから公開されており、息の長いプログラムとなっている (<http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8910>)。私自身が直接携わったのはCXTFITとよばれる移流分散式の解析解に基づくプログラムであったが、数ヶ月で開発したプログラムを公開にこぎつけるまで4年以上の歳月を要した。公開以降現在に至るまで、多くの利用者からの指摘、意見に基づき、より信頼度の高いプログラムを目指しての改良を続けている。HYDRUSに関しては、30年近くの歴史を経て、現在も数多くの利用者によって、インターネット上のフォーラムなどで議論が続けられている ([http://www.pc-progress.cz/\\_forum/default.asp](http://www.pc-progress.cz/_forum/default.asp))。前置きが長くなってしまったが、こうした努力の蓄積は、もっと多くの研究、とりわけ土壌物理が応用される周辺分野で適切に利用されるべきと感じたことが、この特集を始めるに至った動機である。この特集が、移動モデルの基本を改めて確認し、土中の水分・溶質移動問題を再考するきっかけとなればと考えている。特定のプログラムの普及が目的でないことをご理解頂ければと思う。

このモデル特集は、水分・溶質移動汎用プログラムを道具として、研究や教育への適用、また現場への応用を考えている読者を主な対象とする。土壌物理学の教科書との重複した説明は極力避け、計算例をできる限り示しながらの解説を予定している。解説で示した計算例の入出力ファイルは公開を原則とし (<http://www.bio.mie-u.ac.jp/junkan/busshitsu/lab5/>)、読者が自ら計算し、また変更して利用できるよう配慮する。また、現在、Dr. Šimůnekと共同で進めている研究についての紹介も予定している。それらの中には、まだ研究として発展段階の内容も含まれるので、内容に応じて、解説、総説、論文が混在した特集となる予定である。なお、開発

\* 三重大学大学院生物資源学研究所

中のベータ版を用いた計算例に関しては、公開版での計算が行えない場合も含まれる点をご了解頂きたい。

まず第1回は、土中の水分移動と溶質移動の境界条件についての解説を行った。水分・溶質移動モデルで正しい予測を行う上で最も大切な点は、適切な境界条件を設定することである。汎用プログラムを利用する場合には、これは利用者の責任である。今回示した境界条件についての解説、注意点については、以降の特集においても、引用しながら解説する予定である。次号以降では、マルチステップ法や蒸発法による水分移動特性の逆解析法、土中の窒素成分の移動、凍結過程の水分移動、

水蒸気と熱移動を含めた地表面境界、イオン交換と透水性変化を伴う水分・溶質移動、根の吸水、コロイド移動、また2次元、3次元の水分・溶質移動の応用事例などを取り上げる予定である。執筆は、農業土木学会土壌物理研究部会 HYDRUS グループのメンバーを中心に行い、各号について2-3報程度、2年間程度のシリーズを予定している。現在掲載中の「古典を読む」と同様に、読者の皆さんの要望に応えながら、息の長いシリーズを目指したいので、ご意見、ご要望を編集委員会、あるいはHYDRUS グループ (hydrus-grp@bio.mie-u.ac.jp) にお寄せ頂ければ幸いである。