J. Jpn. Soc. Soil Phys.
土壌の物理性
No. 131, p.1 ～ p.4 (2015)

巻 頭 言
Foreword

Nielsen 博士と van Genuchten 博士との出会い

取出　伸夫 [1]

早いもので土壌物理研究の道に入って，30 年を超える歳月が過ぎた．その間の自分の達成度を考えると道半ばの事ばかりで恥ずかしい限りである．ただ，振り返るといろいろな方々との出会いに救われ，様々なご指導を頂いた．お世話頂いた多くの皆さんには，感謝の気持ちで一杯である．そのなかでも Donald R. Nielsen 博士から Martinus Th. van Genuchten 博士（以下，お二人は博士は省略）を紹介して頂き，U.S. Salinity Laboratory（USSL）のポスドク研究員の機会を得てから現在に至るまで，お二人には多くを学ばせて頂いた．本年度は，国際土壌年特集「なぜ土壌物理の道に足を踏み入れたのか？」として皆さんから力のこもった投稿を頂いている．Nielsen と van Genuchten のお二人の土壌物理の世界への貢献は周知の事実とは思うが，私がお二人との関わりを通して学ばせて頂いたことを，是非皆さんにも伝えたいと考えた次第である．著名なお二人なのでエピソードも多い上，特集に書いて頂いた皆さんの力作にも刺激され，通常の巻頭言より長くなることをお許し頂きたい．なお，引用した文献はどれも検索すれば容易に詳細な情報は得られるので文献リストは省略させて頂く．

まず，お二人の略歴と主な研究を紹介する．Nielsen は Tucson の Arizona 大学の学部で土壌化学，修士で土壌微生物を学んだ．その後 Iowa 州立大学の博士課程に進み，Don Kirkham 博士の指導を受けて土壌物理研究の道に入った．博士取得後の 1958 年に UC Davis の助教，10 年後に教授となり，UC Davis の教員として土壌物理の研究と教育に尽力された．退職後の現在でも様々な場面でご活躍である．ご自身の研究は丁寧な実験と論理的な解析が特徴で，1960 年代では，溶質移動の Nielsen and Bigger（1961）とその後の一連の論文は有名である．おそらく，土中の溶質分散現象の測定データに対して移流分散式（CDE）により解析を行った最初の論文であり，土粒子への吸着の効果なども含めて土中の溶質移動を系統的に論じた．1970 年代以降は圃場の不均一性の研究に取り組み，スケーリング理論など統計的手法を土壌物理の世界に導入した．Nielsen は一連の研究を通して，Peter Wierenga 博士，Robert Horton 博士ら多くの研究者を育てている．

一方 van Genuchten は，オランダの Wageningen 大学の学部，修士で灌漑排水を学び，その後しばらくアフリカの農業開発事業で働いた後，New Mexico 州立大学において Wierenga 博士の指導で 1975 年に博士を取得した．van Genuchten にご指導頂いた私は，Nielsen から見ればひ孫のような存在である．ちなみに Wierenga 博士と van Genuchten はお二人ともオランダ出身で，気が付かない場合が多いが，土壌物理にはアメリカ在住のオランダの方は多い．博士論文では，団粒構造を持つ土の溶質移動に対してトリチウムをトレーサーとした丁寧な実験を行い，石油工学の分野で Coats and Smith（1964）によって提案された非平衡 CDE として位置づけられる動相・不動相（mobile-immobile）モデルを用いて解析した（van Genuchten and Wierenga, 1976）．私の知る限り van Genuchten 自身が行った最初で最後の実験であるが，実験技術に長けた Wierenga 博士と几帳面な van Genuchten の特徴の良く出た研究である．動相・不動相モデルの解析解を評価するプログラムは後に USSL から公開され，さらに私が CXTFIT として取り組んだプログラムの原型となった．

博士終了後は，地下水流れのモデリングの権威である Princeton 大学の George Pinder 博士のもとでポスドク研究員として不飽和水分移動モデルに取り組んだ．このとき水分保持曲線と不飽和透水係数を表現する関数をまとめた論文が，van Genuchten-Mualem model として引用される van Genuchten（1980）である．この論文は被引用回数が 1 万台であり，水文学（Hydrology）の分野において他の論文を大きく引き離してトップである．この論文の評価は分かれるところであるが，本人は，受理されるか自信のなかった論文であったと話していた．本誌 106 号の小杉賢一朗さんによる「古典を読む」を参考にして，Mualem の論文と比較検討して読んで頂きたい．私は，van Genuchten らしい丁寧な取りまとめが著者の予測をはるかに超えた結果を生んだのだと思う．van Genuchten はその後，USSL の研究員となり，私を含めた多くのポスドク研究員らと水分・溶質移動モデルを中心とした研究を進めた．数年前に退職され，現在はブラジルに在住されている．

Nielsen の特筆すべき点は，1970 年代から 30 年以上，土壌物理研究のリーダーとしての中心的な役割を果たしたことである．1949 年に Utah 州立大学の Sterling Taylor 博士と Washington 州立大学の Walter Gardner 博士によって始められた Western Regional Soil Physics Technical Committee という土壌物理学者の研究グループがあり，Nielsen は

[1] 三重大学大学院生物資源学研究科

1958 年から参加している．このグループは，一年に一度研究者が一同に会し，論文としてまとめる前の新しいアイデアを自由に議論する場として現在も継続している．Nielsen は，このグループの歴史を記した文章の中で

> It was better to share a new idea even before completing a theoretical or experimental proof than to keep it a secret and only later realize that it was worthless or already done by somebody else.

と書いている．Nielsen らしい一文である．私も何度か van Genuchten に連れられて参加させて頂いたが，Nielsen はいつも議論の中心にいて，夜はご自身のホテルの部屋に皆を呼んで，ビールを飲みながら様々な議論を行っていた．私は，Nielsen の目指した自由な意見交換の雰囲気が土壌物理の研究社会の伝統として根付いたのだと感じている．

1972 年には，Nielsen 監修によりこのグループの成果としてアメリカ農学会から「Soil Water」が出版されている．この本には著名な方々の 11 名の執筆者リストがあるが，なぜか担当章が示されていない．グループの集大成という位置づけなのかと思うが，Nielsen が細部から全体に至るまでを取りまとめたのが理由ではないかと想像される．Nielsen の緻密さが反映された古典的な土壌物理の集大成として位置づけられる名著である．是非皆さんにも一読を勧めたい．その後，不均一性，圃場における溶質移動への土壌物理の発展はこの研究グループによって牽引された．また，土壌物理研究の発表の場もアメリカ土壌学会に加えて American Geophysical Union（AGU）が中心になり，土壌物理は，灌漑排水の学問から水文学の一端を担う環境問題に対する学問へと発展した．これも，Nielsen とこの研究グループの功績であろう．

この土壌物理を周辺分野へと発展させていく努力の一環として，2002 年に Vadose Zone Journal（VZJ）が刊行された．その準備から軌道に乗るまでの 10 年近くの期間，編集長を勤めたのが van Genuchten である．当時，私も編集委員に加えて頂いたが，van Genuchten はすべての投稿論文を印刷して机の上に並べて，週末もひとつひとつの論文にコメントを書いていたのが印象的である．その後，VZJ の編集長は Jan Hopmans 博士，Dani Or 博士，Michael Young 博士へと引き継がれていくが，VZJ の発展は歴代の編集長の超人的とも言える貢献の賜物である．土壌の物理性にも編集長が最終確認する伝統がある．私が編集長を務めさせて頂いて 3 年になるが，これはとても良い慣習だと思い van Genuchten の姿を思い出しながら取り組ませて頂いた．閲読終了後になぜ今一度の修正を求めるのかとご批判も受けたが，多くは私の力不足が原因であり，投稿頂いた皆さんにご迷惑をおかけしたことはこの場を借りてお詫びしたい．しかし，適格で読みやすい論文へと質を向上させる努力が学会としては必要なことはご理解頂ければと思う．

さて，私とお二人との出会いは，博士取得後にアメリカ行きを模索しているときであった．1990 年に京都で開かれた国際土壌学会に出席する Nielsen にお会いして相談したところ，紹介されたのが van Genuchten であった．後から聞くと私を雇う予算はなかったそうだが，断り切れない性格の van Genuchten の人情味に救われ，ポスドク研究員として 4 年間，USSL で過ごす機会を得ることができた．この縁は，その後の私にとってかけがえのないものとなった．今になって思い返してみると，van Genuchten を紹介したのは Nielsen の私の将来を考えた配慮だった気もしている．なお，USSL から帰国した直後の気持ちは，本誌 73 号の「土粒子」に書かせて頂いた．

1991 年に USSL の土壌物理グループの研究員となったとき，van Genuchten には多くの人が使えるプログラムを開発することの意義を説かれた．また，van Genuchten が HYDRUS などのプログラムに対する初歩的な問い合わせに対して，いつも懇切丁寧に答えている様子に驚かされた．それまでの私の常識では，自分自身の博士論文も含めて，実験による現象の観察，物理的な考察からモデルの構築，その計算値と実測値の比較によるモデルの検証という一連の流れが研究であった．通常，多くの研究ではモデルの評価のためにプログラムを作成するが，他人が利用することや，対象とする条件以外に利用することは想定しないのが普通である．そのため，当初は使われることを前提としたプログラム開発を研究の一環として取り組むスタイルに戸惑いも感じた．私は特定のプロジェクトで雇われていなかったので，研究のテーマ選びに関してもかなり自由な立場であったが，結局，前述の非平衡 CDE の解析解を用いて van Genuchten と Jack Parker 博士が作成した逆解析プログラム CXTFIT を改良することになった．

しかし，私自身は数学についての知識がほとんどない状態であったので，van Genuchten のノートをすべてお借りしてはじめから書き写すことから始めた．英語もまともに出来ない状態であったので，毎日，昼の水泳と昼食以外はほとんど誰とも話さない生活が半年ほど続いた．単純な平衡 CDE の解の導出から始めて，少しずつ複雑な条件についての解を書き写していく過程である法則性に気がついた．それは，線形方程式の解の重ね合わせであることを後になって知ったのだが，勉強不足が幸い（？）して，自分自身の経験則として解の重ね合わせについて学べたことは貴重な体験だった．解析解を，境界条件，初期条件，湧き出し条件の寄与分に分離することで，様々な条件の組み合わせに対して導かれていた解をひとつの表にまとめてコンパクトに示すことに成功した．CXTFIT も，境界条件，初期条件，湧き出し条件をそれぞれ設定する入力形式としたことで，複雑な条件を容易に評価することが可能となった．この線形方程式の性質は，当時， William Jury 教授の提案していたトランスファーファンクションモデルの舞台裏である。USSL と同じ街にある UC Riverside において Jury 教授の大学院講義を受けたときにもとても役立ち，同時に数学の重要性を痛感させられた．

また，ノートを解析していく過程は，van Genuchten の人となりを知る上でとても役立った．前述の動相・不動相モデルの解析解は，実は van Genuchten 自身が導いたのではなく，Coats and Smith（1964）以降の論文で導かれた解

を整理したものであることも，このノートに残されていた記録から知ることができた．これは今となっては私だけが知る事実なのかと思う．van Genuchten は数学に卓越した巨匠ではなく，毎日の成果を丁寧に積み上げていく普通の人であることを知り，私でもやれるのではという前向きな気持ちにもさせられた．躊躇なくすべてのノートを見せてくれた van Genuchten には，頭が下がる思いである．最終的には CXTFIT の改良には 4 年の歳月を要し，その後の細かな修正は 10 年以上続いた．ResearchGate で被引用回数を眺めていると，現在でも相当数の引用が続いているので，当初の目的は達成できたのかと思う．

この巻頭言を書くにあたり少し調べている過程で，Nielsen の数学に関するおもしろいエピソードを見つけた．Nielsen は 2001 年に AGU の Robert Horton 賞を受賞しているが，その記録が AGU のサイトに残っている（http://honors.agu.org/winners/donald-r-nielsen/）．Nielsen が多くの人の名前をあげて謝辞を述べるスピーチにおいて，その二人目が John Phillip 博士であり，Nielsen を土壌物理に導いた Kirkham 博士より先に紹介している．Phillip 博士は，非線形方程式である Richards 式の解析解に生涯を捧げた数学者である．おそらく，Nielsen が tenure-track（終身的身分）を得るときの評価を Phillip 博士が行ったときのエピソードと思われ，次のように述べている．

> I also acknowledge John Philip. He informed my colleagues at U.C. Davis that I was really not very talented in mathematics. Thanks to him, I made a special effort to improve my mathematical awareness, and eventually, my colleagues approved my tenure, but not on the basis of my mathematical ability.

知る人ぞ知るエピソードを話すことで笑いを取った場面とは思うが，Nielsen ほどの人の名声も日頃の努力の賜物であることを知ることが出来る話である．

ここまで古い話を書いてきたが，多くの若い読者の皆さんは，van Genuchten といえば HYDRUS を思い浮かべるのではないだろうか．HYDRUS は，Princeton 大学時代に van Genuchten が作成した数値計算プログラムに対して，歴代の研究員が他の著名なプログラムを取り込みながら改良を重ね，現在は Jiri Šimůnek 博士によって取りまとめられている．HYDRUS は，私の取り組んだ CXTFIT とは比較にならない多大な時間を費やして開発されたプログラムであるが，プログラム開発の基本理念は，CXTFIT と同じく多くの人が使える汎用的なプログラムを目指している．そして，特別な才能を持つ人によって開発されたものではなく，毎日の努力の集大成としての成果物である．私が USSL に滞在していた当時，いつも数名のポスドク研究員がいて，少なくとも外からは大きな研究グループと見なされていたが，研究所の土壌物理のグループにはパソコンと紙と鉛筆があるのみであった．van Genuchten の得ていた多くのプロジェクトの資金の大半は，人件費として使われていたようである．van Genuchten は，大きな機材を購入する巨大プロジェクトは，トップに立つ代表者の名声は高めるが，若い研究者は育たないと話していたことが思い出される．

本号の国際土壌年特集では，中村公彦さんが HYDRUS への思いと葛藤を書かれている．私自身も講義や卒論，修論などで HYDRUS を頻繁に用いているが，土壌物理への理解は格段に向上できる便利なツールではあるが，よほどでない限り学生自らがプログラミングに取り組む機会がなくなったことに対する懸念はいつも抱えている．この HYDRUS の功罪についてはいろいろな意見があると思うので，今後も皆で考えていく問題なのかと思う．私は，HYDRUS を van Genuchten グループの集大成として捉え，その上で，今後の土壌物理の発展と我々それぞれの役割を考えていくことが大切なのかと思う．私の場合は，CXTFIT のユーザーが世界中に増えていく過程で多くの研究者と溶質移動に関する議論をし，それにより私自身も多くを学び，そしてプログラムを進化させることができた．同様に，HYDRUS も開発者とユーザーが相互に理解を深めながらそれぞれのユーザーが HYDRUS の発展に貢献していくことが，土壌物理の発展へとつながるはずである．それが van Genuchten が目指していたものであると思う．

最後に，Nielsen に関するエピソードとして夫人の Joanne について書いておきたい．前述の Horton 賞のスピーチのおわりに，

> A very special acknowledgment goes to my wife Joanne, for without her support, I would not be here this evening. She is also the one who writes personal letters each and every day to previous students and colleagues throughout the world.

と述べている．読者の皆さんのなかにも Joanne のシールをたくさん貼った手紙やクリスマスカードを受け取った方も多いのではないかと思う．私も，初めて Nielsen ご夫妻にお会いしたときに岩田進午さんご夫妻と日光をご案内したこと，家族と一緒に Davis のご自宅を訪問したこと，佐賀の自宅を訪問頂いたこと，学会でお会いするたびに声をかけて頂いたことなどが思い出される．1990 年にアメリカ行きを決めるために初めて San Antonio で開かれたアメリカ土壌学会に参加したとき，Joanne が来るまでの間，学会長としてスイートルームに滞在していた Nielsen と同室させて頂いた．Nielsen は，毎晩，部屋に多くの人を呼んでビールを飲みながら議論をし，早朝に起きて朝食の会議に出かけていたが，Joanne が来る朝は，突然，部屋の掃除を始めたことが今でも思い出される．

私事になるが，私の長男が 9 月から UC Davis に留学したので，アメリカにいる長女を訪ねていた妻と二人がご自宅を訪問したいと，久しぶりに Nielsen にメールを書いた．すぐに返事を頂いたが，Joanne は 2 月に手術を受けたこと，お二人とも体調が今ひとつなので，電話も取らないことが多いと連絡を受けた．残念だが仕方がないと思い，家

族には家の玄関に花を届けてもらった．パーソナルな連絡をこの場に示すのはと思うが，一部を紹介させて頂く．

> When I looked on the front porch, saw the potted orchid garden with gorgeous flowers, and carried it to Joanne, we were both greatly inspired - and after opening and reading the gift card, each of us were deeply appreciative of your thoughtfulness. We thank all of you from the bottom of our hearts as the flowers remind us of our everlasting friendship.
>
> With love and hugs for each of you,
>
> Joanne and Don

そして先日，Joanne から子供や孫などご家族のことなどがびっしり書かれた手紙が届き，お元気そうな様子にほっとさせられた．私は心から尊敬できる人に出会えたことが掛け替えのない財産であると痛感させられた．正直，Nielsen と van Genuchten のお二人には足下にも及ばないが，土壌物理の発展を通して様々なネットワークが広がっていくことに，私も貢献していきたいと思う．Nielsen の心温まるメッセージに勇気づけられた次第である．



Photo 1　Long Beach のアメリカ土壌学会にて Nielsen 夫妻と筆者（2010 年 11 月）



Photo 2　京都にて van Genuchten 博士（左二人目）と研究室メンバー（2009 年 3 月）