

唐変木海を渡る

原口 暢朗

昨年の10月下旬に、アメリカ合衆国で開催された2つの国際研究集会に参加した。そのうちの一つである「Characterization and Measurement of the Hydraulic Properties of Unsaturated Porous Media」(米国塩類研究所主催)においては、「Pore-Scale Model」などの5つのトピックを骨組みとして、その各々に講演とポスターセッションを設けられ、不飽和水移動に関する諸問題が集中的に議論された。本稿では、この集会において発表された研究の中で、自分にとって印象に残ったものを述べる。

<KEN-KOSUGI モデル>

間隙特性から不飽和透水係数を予測するモデルに関しては、「Van Genuchten-Mualem モデル」が良く知られている。本集会において、この問題に関して上記のモデル以降の新たな研究展開を知ることができた。これらの中には、間隙特性を毛管ではなくネットワークでモデル化し、浸透理論を用いて不飽和透水係数を理論的に求めようとするもの、土壌水分分布曲線が bi-modal (二峰型) な場合に土壌水分特性から不飽和透水係数を求める方法に関するものなどがあった。不飽和透水係数の予測に関して「Van Genuchten モデル」のような数学的なアプローチの研究ばかりでないことを知ったことは収穫であった。しかしながら、これらの研究の中で、小杉健一郎氏の「Log-Normal Distribution モデル」がアメリカの学会で話題となっているという事実に対して、個人的に最も強い印象を受けた。私は、本集会より一年半前に林学会主催で筑波で行われたシンポジウムにおいて、小杉氏の理論を聞いたことがあった。彼の解析理論の特徴は、mono-modal な土壌水分分布曲線に対数正規分布の確率密度関数をあてはめ、得られたパラメータから Mualem の式を介して不飽和透水係数を求めるというものである。筑波でのシンポジウムで聞いた時には、「対数正規分布」というアイデアに感心した程度の記憶しか残っていない。以下は私見であるが、mono-modal な土壌水分特性から不飽和透水係数を求めるための最も著名な方法である「Van Genuchten-Mualem モデル」では同定すべき三つのパラメータが含まれる一方、小杉氏のモデルでは同定すべきパラメータの数は二つであり、後者の方がパラメータが一つ少ない。この点が、数学的解析の得意なアメリカの学会において彼の理論が受け入れられた最大の理由であると考ええる。不飽和

透水係数の予測に土壌水分分布曲線を用いることを考えた小杉氏の着眼点に感心するとともに、アメリカの学会における研究に対する考え方の一つの側面を見たような気がした。

<What for?>

1970年代以降に Water Resources Research 誌などで発表された、不飽和透水係数などの移動パラメータの不均一性を考慮した水・物質移動に関する理論的な研究のいくつかを読んだことがあった。それらの研究は、一つの方法論に帰することができる。すなわち、不均一な野外土壌を、ある確率過程に従って割り当てられた水・物質移動パラメータを持つ要素の集合体とみなし、要素間では均一系の移動方程式が成立することを仮定して、対象領域におけるフラックスなどの分布や平均を求めようとするものである。これらの研究では、解析的な手続きにオリジナリティーが求められるゆえか、その数学的複雑性は年を追って甚だしくなっているように私には思われた。本集会の一セッションにおいて、このような研究内容を直に聞くことができた。この分野の匆々たる研究者による発表であったにもかかわらず、示される OHP のほとんどが難しい数式であったためか、周囲の聴衆も食傷しているように感じられた。ワークショップの最終日に Nielsen 氏ら5人の著名な研究者によって行われた総括の席で、Jury 氏が質問した:「不均一性を専門としている研究者の間で数学的なアプローチが異なっている。一体どの方法が正しいのか?」。関係する研究者の一人が「流れの過程や境界条件によって、それぞれ解析方法は異なるので問題はない」と答えたが、Jury 氏は首を傾げて「What for?」と言い、続けて何か発言した。その内容を聞き取ることはできなかったが、Jury 氏の一連の発言は、「均一系の理論によって野外土壌中での水・物質移動が記述できなかったことが、不均一性の研究の出発点ではなかったか。実験的検証が伴わないまま、解析理論のみが複雑化する現状はおかしいのではないか?」という趣旨であったと受け取れた。不均一性を課題とする研究者の一人である私は Jury 氏の発言の趣旨に同感するとともに、今後の研究の推進上、参考となる発言であったと考えている。

他にも印象に残った研究発表はあるが、未だに消化しきれていない。ポスターの前でメモした参考文献だけでも目を通す必要があると考えている。