



2つ目の博士号を取得して

徳本家康¹

“Welcome to Texas.” ショベルが全く役に立たないサバンナの石礫土壌採取の洗礼を受ける私に、テキサス A&M 大学での指導教授であった Dr. J.L. Heilman が石礫中の土壌水分移動観測の難しさを暗示させた。これが、岩手大学連合大学院から博士号取得後、さらに土壌物理学の知識を深めるべく、2つ目の博士号取得のために渡米した私の初めての野外調査だった。研究対象は、テキサス州の南西部から中央にかけて広がる侵入林（マウンテンシダーなど）の吸水量の定量化であり、その難解な問題と対峙するために、大学院では土壌物理学の枠を超えた境界領域学問（植物生理学、環境土壌物理学など）について知識を深める必要があった。ここでは、その過程で私が感じた国内外の大学院教育における研究体制の違いや土壌物理学の重要性について述べたい。もちろん、すでに海外で学位を取得されて国内外でご活躍されている先輩諸氏もいらっしゃるが、私個人の2度に渡る大学院の研究生活に基づく考えであることをご了承いただきたい。

アメリカの大学院の研究は、大規模な研究プロジェクトにおいて運営されることが多く、その傘下に大学院生が雇われて研究が実施されるので、採択された研究資金が研究室の学生数に反映される。つまり、日本で見られる講座制とは異なり、研究室が一人の教員によって独立した運営体制をとっており、潤沢な研究資金を有する研究室に人的資源が集まる構図となる。このような研究体制の維持には、土壌物理、土壌化学、植物生理学などの異なる分野における教員同士の繋がりによって学生の流動化の促進や情報交換が行われ、異なる研究室どうしの研究協力が欠かせないようである。それにも関わらず、私が所属した微気象学と土壌物理学を扱う研究室には誰一人として学生が訪ねてくることは無かった。原因は、農学部において偏微分方程式を多用する学問の人気低下にあるらしい。そのため、在籍期間中の実験では孤軍奮闘しながら自分の特色を研究に活かせるように努め、Dr. Heilman によるマンツーマンの指導の下で研究成果を論文として結実させることに尽力した。

大学院での研究は、水収支による侵入林の根の吸水量の把握、すなわち、蒸発散量、降水量、土壌貯水量、地中への下方浸透量の観測によって、「いつ」、「どこから」、「どの程度」の根の吸水が生じているのか明らかにするも

のであった。しかし研究圃場は、表土の 20 cm は石ころが比較的少ないが、下層は石礫土壌で形成されるため、土壌水分センサーの設置はおろか、土壌採取さえも困難を極めた。たとえ石礫を取り除いて土壌水分センサーを埋設しても、石礫含量を考慮できない土壌水分の観測では致命的な誤差が生じると考えられた。圃場の土壌水分観測において、まったく想定外の“どうやって土壌水分量を測定するのか？”という根本的な問題解決に取り組むことから研究が始まったのである。

私達が着目したのは、1970 年代の圃場研究には広く用いられていた中性子水分計であった。土中に水分測定部位を設置するためのアルミ製中空管を埋設することで、石礫土中の水分プロファイルの測定を可能とした。中空管よりも若干大きな削岩ドリルを必要とする削土では、中空管と土壌に生じる間隙を介した浸潤を回避するために、膨張性ポリウレタン泡による間隙密封法を考案した (Tokumoto et al., 2011)。さらに、石礫中の水分量の測定には石礫含量が影響するので、ガンマ線法も併用することで精度高い測定手法を提案した (Tokumoto et al., 2012)。校正式の推定で苦労したのは、採土が困難な石礫土壌では圃場における校正式推定法の適用は困難であるため、ドラム缶に石礫土壌を充填することで土壌水分量と石礫含量を調整して、中性子水分計法とガンマ線法の校正式を求めたことである。土壌物理ならではの土詰め技術で 200 L に相当する試料の山を対処し、根気よく何度も校正実験を行った。持論を述べるならば、土壌物理学実験は準備段階において出来高の 8 割が決定づけられ、残りの 2 割は実験遂行中の細やかな観測や発見によって完了すると感じる。なぜならば、土壌物理学が対象とする土中の不均一な物質移動において、土壌物理学的手法が完璧に確立されたものはない。そのため、測定誤差をできる限り軽減させるための試行錯誤や実験計画が不可欠だからである。このような考えに至ったのも、たとえば大規模な研究プロジェクトに参画した場合、アイソトープ、土壌化学、微気象学などで用いられる高価な機器分析装置が主流の分野と創作的な測定が主流の土壌物理学の違いを強く感じたためである。

推定した校正式を用いて、3次元における石礫中の水分量や石礫含量の空間変動を明らかにすることで、侵入林の吸水量は主に土壌表層から生じていることが分かった。この結果は私の仮説に基づくものであり、テキサス政府の方針とする「侵入林伐採による地下水涵養の維持」

¹ 鳥取大学 乾燥地研究センター

とは相反する知見となった (Tokumoto, 2013). しかし, その科学的根拠を立証するには, 他のサバンナの蒸発散量や侵入林の根の分布などと併せて議論する必要があった. 審査委員の先生をはじめ, 他大学の共同研究者と測定精度の検証や実験データの追加を行い, 投稿論文としての取りまとめには4年の歳月を要した. 若手研究者の就職に分野を問わず多くの論文数が求められる昨今において, 大きな痛手である.

その間には, 研究員として雇われていた侵入林の吸水評価事業が終わりを告げた. 大学院の生活では, 高い学費 (年間210万円程度) を工面できなければ簡単に終止符が打たれるため, 経済的な影響は死活問題に値する. 実際に, 同期の友人は同じような境遇に置かれて大学を移った. 焦りは募る一方であったが, 私自身, 生来の気質から単に落ち込むことはなかった. すぐさま, 独自に研究費を獲得することを目指した. テキサスの水循環に関する研究の応募では結果的に落選したが, それに納得が行かずに問い合わせる Dr. Heilman を見た時には, 凶たく研究生活を送る姿に勇気づけられた. 採択された研究者の話によると, 私の研究計画では, Dr. Heilman の計らいによって, すべての研究予算が私の人件費に充てられたためとのことだった. Dr. Heilman の粋な計らいが裏目に出たようであったが, 今回は彼の期待に応えようと思いが募るばかりであった.

捨てる神あれば拾う神あり. バイオエネルギーに関する農業土壌由来の温室効果ガス (GHGs) 発生量の抑制事業に勧誘されたので, 水分移動を観測するための研究員として働くことになった. 博士課程の研究と同時進行に GHGs 事業も遂行されるため, 2足の草鞋を履くことを意味した. しかし, 私の研究の幅はさらに広がったと思う. 正確には, 私の現場における問題対処能力がより高まったと言うほうが適切かもしれない. 土壌物理学に関する問題を扱う上で, GHGs 事業はまさに, 土壌物理学者の貢献が期待される応用分野の一つであろう. ただし, 私の個人的な考えでは, 土壌物理学的な室内実験から野外実験への移行が求められているというよりも, むしろ現場問題に対処できる緻密な室内実験や基礎実験に価値が置かれるべきである. それは, 実験室である土壌物理学者は, 野外における土壌水分観測に加えて, 室内カラム実験による精密な土壌水分や圧力などの測定を可能とする技術を持つので, 複雑な土中の物質移動機構の要因解明のための模擬実験を室内で実施しやすい点にある. たとえば, 既存の GHGs 発生量予測モデルにおいて不飽和水分移動の計算で不具合が生じたりするのは (徳本ら, 2008), 土壌物理学を専門とする研究者の関わりが少ないためであろう.

研究者の基礎を培う大学院教育にも少し触れたい. アメリカの大学院教育は, 私がテキサス A&M 大学に入学するにあたっての一番の関心事であった. 先生方によって指導のアプローチは異なるが, 基本的に講義の学習計画では, 講義, 実験, 論文の輪読と議論, 授業プロジェクト, プロジェクトの報告書作成および発表, 中間・期末

試験によって講義が構成される. 大学院の講義は, 知識の入力を中心とした学部生対象の講義とは異なり, 入力から出力への転換を要求され, それぞれの講義を通じて論文が書けるほど内容が濃い. これは, 冒頭でも述べたように日本とアメリカの研究体制の違いに起因するのかもしれない. 大規模な研究事業において, 研究者を“個”として尊重するような教育プログラムでは, 競争的資金獲得に境界領域研究分野の融合を図れる人材が求められるため, 研究遂行能力向上を促進する体系的な学習計画が研究者育成に効率的だからである.

今では笑い話になるが, つたない英語しか話せない私は「ある授業の宿題でわずか一日のうちに100ページも本を読まなければいけない」と文系の友人にもらしたことがあった. それに対して友人は, 「100ページならば大丈夫だよ. 私は300ページ読まなければいけない.」といった. 研究員として雇われる身では, 成績はほぼ90点以上を求められるために重圧と責任を感じるのだから, 大学院生は尚の事, 勉強に身が入る. 知り合いの研究者には, 大学院生の生活を表す言葉に “Barely life, barely wife” があると云われた. これは, 大学院生が “辛うじて生活を送り, どうか妻を養える” といった, いわゆる苦学生を指す言葉といえる. 傍から大学院生を見れば, もしくは妻の立場からは, 大学院生はそのように映るのかもしれない.

一方で, 日本の大学院, とくに地方大学の大学院では, 講義を受けるような機会はほぼ無いに等しい. そのため, 大学院の時間の大半は研究に割かれる. 大学院生が学部生の指導にあたり, 研究室の実験技術等が脈々と受け継がれることで研究室の運営体制が整う. 大学院生は, いわば, 研究室の立役者として教育的な側面が培われるのかもしれない.

これらを踏まえて学生の視点で日本の大学院教育を考えると, 授業の内容には日本とアメリカで随分と開きがある. その要因には, アメリカの大学では指導教員の教育と研究の比率が明確に定められており, 日本よりも教育に効率的に時間を割け, 研究にも取組み易い制度があるためと考えられる. 逆に, 日本の今の教育体制にアメリカの競争的研究教育を持ち込めば, 先生方の忙しさに輪をかけることで研究の質が低下するように思えてならない. 結局, 日本の大学院教育の行く末は今の私に分からないが, 学生には悠長にその改革を待っている時間は無い. 今では, 世界的に有名な大学の講義がインターネット上に無料配信されるなど, 勉強に関する教材は溢れている. 非常に無責任な発言で申し訳ないが, 比較的自由な研究時間を有する日本の学生はそれらの情報などを必要に応じて最大限に活用することで知識を蓄え, 研究を通して成果を発揮して頂けたらと願う.

本稿では, 私の長年にわたる学生生活を通して, 私が感じたアメリカと日本との教育の違いと土壌物理学に対する思いを述べた. 私自身, 土壌物理学の研究に魅せられて研究に没頭する一方で, 研究生活は未だに綱渡り状態が続く. そのために, 残念ながら大手を振って学生

がアメリカで博士号の取得を目指すのを後押しできる立場にいない。しかしながら、若いうちに海外で研究を取り組み、多くの研究者と切磋琢磨することは、研究者として非常に有意義な経験を積むことに繋がると断言できる。競争原理が働く研究生活において、“安定”という言葉を探るのは難しいが、覚悟さえあれば前向きに研究が行える。本稿が海外を目指す若手研究者の参考になれば幸いである。

最後に、私が研究の歩みを継続できたのは、多くの先輩や友人から励ましの言葉を賜ったからである。この場を借りて、心からお礼を申し上げる。また、執筆の機会を与えてくださった編集委員会に心より感謝して、本稿の結びとする。

引用文献

- Tokumoto I. (2013): Root water uptake and soil water dynamics on the Edwards Plateau, Texas. Ph.D. dissertation, Texas A&M University.
- Tokumoto I., Heilman J.L., McInnes K.J. and Kamps R.H. (2011): Sealing neutron probe access-tubes in rocky soils using expandable polyurethane foam., *Soil Sci. Soc. A. J.*, 75: 1922–1925.
- Tokumoto I., Heilman J.L., McInnes K.J., Morgan C.L.S. and Kamps R.H. (2012): Calibration and use of neutron moisture and gamma density probes in rocky soils. *Soil Sci. Soc. A. J.*, 76: 2136–2142.
- 徳本家康, 矢崎友嗣, 加藤孝, 庄子侑希, 登尾浩助 (2008): 水田からの温室効果ガス発生量推定への DNDC モデル適用可能性の検討, 明治大学農学部研究報告, 58: 37–46.