



アイオワでの学生生活を振り返って

小島悠揮¹

博士課程の学生になって6年目を迎えた。日本では博士号は3年から5年で取得する場合が殆どだと思うが、アメリカでは最短でも4年、分野によっては7年ほどかかる場合もある。自分もようやく卒業が見えてきたところだ。ポスドクの仕事が見つかり、指導教官であるRobert Horton先生から「そろそろ卒業したらどうだ」と言われた。

日本での修士号取得後、2009年にアメリカのアイオワ州立大学農学科土壌科学専攻の博士課程に進学した。海外での博士号取得を目指した動機は、英語への苦手意識を払しょくしたい、人とは違うことをしたい、という極めて単純なものだった。学部時代の指導教官であった明治大学の登尾浩助先生に相談したところ、アイオワ州立大学のRobert Horton先生のところへ行くように強く言われた。またHorton先生も「今はお金がないが、来たいのなら来ればいい」と言ってくれたのでアイオワに行くことに決めた。

渡米後2ヶ月間の語学学校を終え、博士課程に進学した。渡米前は進学に必要なTOEFLのスコアには全く届いていなかったが、アイオワ州立大学の語学学校に入学してみるとそこでは旧式のTOEFLを使用した独自のテストがあり、そのテストに合格することで比較的簡単に博士課程に進学できた。おそらく他の大学でもそうした抜け道のようなものがあり、TOEFLで苦戦している学生でも入学できるようになっているのだと思う。今となれば簡単に合格できたように思うが、それでも2か月間毎日朝から晩までひたすら英語を勉強した。研究を一時忘れて英語の勉強に集中できたのは、それはそれで楽しい経験だった。

博士課程最初の数年は兎に角沢山の授業を履修した。学部時代から土壌物理学は勉強していたが、それ以外の土壌科学科目には触れたことがなかった。アイオワ州立大学では土壌科学専攻というだけあって土壌学の授業が充実しており、土壌化学、土壌管理学、土壌分類学など幅広く学ぶことができた。また学部生向けの偏微分方程式や熱力学など農学部農学科出身の私にはあまり縁がな

かった授業も履修でき、土壌物理学研究に必要な知識やスキルを身につけることができた。日本と比べてアメリカの授業は学生にかなりの仕事量を求める。週に数回の講義のほか、毎週与えられる宿題、プロジェクトに複数の中間テスト、そして期末テストなど、1つの授業を履修するだけでも1週間に何時間も時間を割く必要がある。また大学院生は規定された成績以上を維持しなければならないので、授業に追われ研究にはあまり時間をさけない状況だった。結果、大半の授業で最も良い成績Aを取ることができたが、そんな私を見たHorton先生には「授業でAを取るということは研究に割く時間が足りないということだ、A⁻をとるようにしなさい」と言われた。

またアイオワ州立大学では研究発表や論文の書き方など、研究スキルに関する授業が充実していた。例えば農学科の大学院生は、卒業の要件にAgronomic Science Presentationという科目の履修が入っており、Horton先生がその授業を担当している。授業は20名ほどの学生が受講し、各学生が学期を通して数回の発表を行い、他の学生からのフィードバックを受け、発表を向上させていくというものだった。また各発表は録画され、Horton先生と一緒にその動画を見て議論するというおまけつきだった。発表はエレベータートークと呼ばれる1分ほどの短いものから、5分間ほどに要約した研究発表、また学会発表と同様の10分ほどのものなど、変化に富んでいた。学会発表で慣れていた5分、10分ほどのパワーポイントを使つての発表とは違い、エレベータートークには苦戦した。そもそもエレベータートークという名前は、エレベーターの中で居合わせた相手に目的の階につくまでの短時間で自分を売り込むトーク、という意味である。短い時間の中で自己紹介、自分の研究の重要性、社会に与えるインパクトなどを話術のみで伝える必要がある。私は、研究の話にフォーカスしすぎていて興味を持てなかった、もっと私自身について話して欲しかった、というフィードバックを他の学生らから受けた。Horton先生からはいかなる発表もhook（聴衆の興味を引き付ける掴み）とtake home message（最も伝えたい情報）がなければならないと常に教わってきた。私の発表はこのhookを欠いていたのだと思う。最近ではアメリカ土壌科学会

¹ アイオワ州立大学 農学科
2015年1月12日受稿 2015年2月10日受理

の大会でエレベータートークのコンテストや学生による3分間、スライド2枚限定の研究発表が取り入れられるなど、短時間で明瞭に研究を“宣伝”するスキルが重要視されてきている（ちなみに昨年のエレベータートークコンテストの2位と3位の受賞者はHorton先生の授業を履修したアイオワ州立大学の学生らだった）。私もこの授業やHorton先生の教えを通して、いかに自分の研究を売り込むか、Advertisementとしての研究発表を強く意識するようになった。

研究は凍土を扱っている。修士課程の指導教官だった東京大学の溝口勝先生から常々凍土研究の面白さを伺っていた私は、博士課程では凍土に取り組みたいと強く思うようになっていた。Horton先生の得意分野である熱移動を絡め、土壌凍結融解時の熱輸送を博士論文のテーマとした。土壌の熱特性を決定できるheat pulse probe (HPP)を使い、土壌中の顕熱輸送量と顕熱貯蓄量を定量化することで、熱収支式から土中の潜熱貯蓄量を推定することができる（顕熱収支法と名付けた）。この潜熱貯蓄量は土壌の凍結および融解速度に関係しているの、土壌含水率が推定できるのではないかと着目した。顕熱収支法では土壌中の液状水、水蒸気移動による熱移動は無視されるが、数値解析によってこれらの熱移動は非常に小さく、理論上は顕熱収支法で土壌含水率が決定できることがわかった（Kojima et al., 2013）。しかし実際に圃場に出て測定をしてみると、顕熱収支法によって推定された体積含水率は負の値であったり、土壌の間隙率を大きく超えたりで現実的ではなかった。これは凍土中、特に0°Cに近い高温領域ではHPPで土壌の熱特性をうまく決定できないことに起因していた。

HPPでは土中に熱パルスを与え、それに対する土壌温度変化から熱特性を決定する。しかし凍土中では熱パルスで土壌中の氷が融解してしまい、熱特性が過大もしくは過小評価されていた。再び数値解析に戻り検証してみると、顕熱収支法には熱伝導率の精度が重要であり、体積含水率を推定するには0°C近くの凍土中の熱伝導率を精度良く決定する必要があることが分かった（Kojima et al., 2014）。HPPによる凍土の熱特性決定の精度を上げるためには、熱パルスによる土壌温度変化を解析するモデルを改良する必要があった。既往のモデルは熱伝導のみを考慮していたので、熱伝導に加え土壌凍結融解に伴う潜熱を含んだモデルを開発した。しかしそのモデルでも0°C付近の熱特性はうまく推定できなかった。再度数値解析で原因を探ったところ、熱パルスによる凍土の温度変化は、凍土の熱特性よりも土壌温度と不凍水量の関係を表す土壌凍結特性、すなわち融解する土壌水量に強く依存していることが明らかになった。特に体積熱容量が温度変化に与える影響は非常に小さく、0°C付近の凍土の体積熱容量をHPPで決定することはほぼ不可

能であることが分かった。しかし顕熱収支法に重要な熱特性は熱伝導率であるため、今後はHPPの測定結果を用いて土壌凍結特性と熱伝導率を決定するためのモデルを開発すれば、顕熱収支法での体積含水率の推定も実現できると思われる。

このように私の博士研究はできると思ったことが実際に実験してみるとうまくいかず、数値解析でその原因を追究する、ということの繰り返しだった。恋焦がれて始めた凍土研究ではあったが、何をやっても望んだ結果が出ないことに疲弊する毎日であった。何度も挫けそうになりながらも、Horton先生の「うまくいかなかった原因を明らかにすることも立派な研究だ」という言葉に励まされながら何とか博士論文として形にできるところまで来ることができた。

金銭事情にも触れておきたい。アメリカの大学院の授業料は高い。アシスタントシップを持つ学生は月10万から20万円ほどの生活費がもらえるほか、授業料が全額もしくは半額免除になるが、そうでなければ少なくとも年200万円、生活費も含めれば年300万円程度は最低でも必要である。先に記したように、私は入学当初は自費で学費、生活費を賄うつもりでいた。しかし入学後授業料の請求を見て驚愕した私はすぐにHorton先生を訪ね、このままでは何年も学生をしていられない、アシスタントシップをどうにか頂けないだろうか、と直訴した。しかし渡米前に言われていた通り、今はお金がないのでどうしようもないとのことだった。そのときHorton先生には「Be patient.」と言われた。先のことを不安に思って仕事に手がつかないのは時間の浪費なので、不安でも辛抱強く今できることに集中しなさい、ということだった。簡単ではなかったが、「Be patient.」と自分に言い聞かせ、お金のことは考えないようにして授業と研究に集中した。するとなんと次の学期にはアシスタントシップをもらえた。聞けば他の学生が従事している研究プロジェクトの資金を削って自分に充ててくれたとのことだった。これでお金の心配をせずに学業に専念できるようになったが、入学後3年経つ頃にその研究プロジェクトも終わりを迎え、またアシスタントシップがなくなる状況に追い込まれた。新たな研究資金を獲得するために顕熱収支法の開発に関する研究計画を全米科学財団に応募していたので、その僅かな可能性に賭けていた。しかしその研究計画は前年度にも応募しリジェクトされたものを書き直したものだだったので、内心もう駄目かもしれないと思っていた。いよいよアシスタントシップが切れるというときにその研究計画が採択されたことを知らされた。以後3年間の経済的安定が保証され、その時々できることを辛抱強く続けていれば必要な時に状況は必ず好転するのだと思った。ポスドクの仕事もそうしてきた結果舞い込んだ幸運だった。

以上本稿では私のアイオワ州立大学博士課程での体験を記した。私はまだ卒業を控えた学生の身分であり、将来研究者として生活していけるか分からない状況である。アイオワでの生活も決して順風満帆ではなく、試練の連続だったように思う。それでも私は海外での学位取得をお勧めしたい。金銭面でのリスクが付きまとう上、日本での学位取得よりも時間がかかる。しかし時間とリスクに見合うだけのものが必ず得られると思う。英語力の向上はもちろん、海外研究者とのネットワークが比較的簡単に築ける点も魅力である。本稿が海外での学位取得を考えている方々の参考となり、海外で奮闘する学生が増えると幸いである。最後に、これまで多くの先生方、先輩・後輩、友人、そして両親の支えによってアイオワ

で研究活動に熱中することができた。ここに記して感謝する。また、執筆の機会を与えてくださった編集委員会の皆様に心より感謝し、本稿の結びとしたい。

引用文献

- Kojima, Y., Heitman, J.L., Flerchinger, G.N. and Horton, R. (2013) : Numerical evaluation of a sensible heat balance method to determine rates of soil freezing and thawing. *Vadose Zone J.*, 12(1), doi:10.2136/vzj2012.0053.
- Kojima, Y., Heitman, J.L., Flerchinger, G.N., Ren, T., Ewing, R.P. and Horton, R. (2014) : Field test and sensitivity analysis of a sensible heat balance method to determine soil ice contents. *Vadose Zone J.*, 13(9), doi:10.2136/vzj2014.04.0036.