

海外留学報告: アメリカとオランダでのポスドク生活

松田 怜

農業・食品産業技術総合研究機構 野菜茶業研究所 高収益施設野菜研究チーム

1. はじめに

2007年9月から2008年12月まで米国アリゾナ大学植物科学科に、また2009年1月から3月までオランダ王国ワゲニンゲン大学植物科学科に、ポスドクや客員研究員として滞在した。本稿では、留学の経緯、それぞれの大学の研究環境やシステム、現地での研究生活などについてご紹介する。海外でのパーマネントポスト獲得やラボ運営、あるいは日本と海外の大学の一般的な研究・教育システムの違いについて関心のある方は、それぞれ久保田(2010)、菅(2004)などを参照して頂くことにして、ここでは一若手研究者の視点から留学中の体験を振り返ってみたい。この文章が、将来海外での研究生活を考えている農業気象・施設園芸関連分野の研究者の方々、特に学生やポスドクなどの若い方々にとって、多少なりとも参考になれば幸いである。

2. 米国アリゾナ大学でのポスドク生活

2.1 留学の経緯

博士課程在学中から、近いうちに海外で研究してみたいと考えるようになった。おもな理由は、異なる環境で研究の視野を広げたかったこと、世界の研究者とのコネクションを持ちたかったこと、また今後研究者として身を成す上で英語力を高めることが重要だと思ったことなどである。2007年3月に東京大学の生物環境工学研究室で博士の学位を取得した私は、日本学術振興会特別研究員PDとしてもう1年間同研究室に籍を置かせてもらう予定になっていた。学振特別研究員は、採用期間の半分(私の場合は1年間)までを海外で過ごすことができる。学振特別研究員という身分であれば、生活費や研究費を自前で準備できるので、留学先のラボも比較的すんなりと受け入れてくれるに違いない。そう考えた私はこのチャンスを逃すまいと、PDとしての受け入れ教員であった蔵田憲次教授の了解を得て、学位取得後すぐに留学先のラボの候補を探し始め、最終的に米国アリゾナ大学の久保田智恵利教授のラボに絞った。理由として、それまでに何度か久保田先生にお目にかかったことがあり、研究内容・業績はもちろんのこと、人柄にも優れた研究者だったこと、研究室の蔵田先生、富士原和宏准教授、大橋(兼子)敬子助教(当時、現玉川大学准教授)の諸先生方も久保田先生のことをよくご存じであり、留学先として勧めてくれたこと、また英語力向上という点でも、やはりアメリカが最も有効だろうと考えたこと、などが挙げられる。

2007年4月下旬に留学希望のメールをCVとともに送り、すぐに前向きな返事を頂いた。ビザ取得等の手続きの時間を考慮して同年9月から滞在開始とし、学振特別研究員の身分が切れる翌年3月までを当面の滞在期間とした。それから渡航までの間は、各種手続きや引越しの準備に追われたり、英会話スクールに通って付け焼き刃で英語を勉強したり、東大での仕事にめどをつけたりと慌ただしい日々を送った。ビザの関係で、アリゾナ大の事務員の方とメールでやり取りしたのだが、それまで英語のメールすら書く機会の少なかった私にとっては、1通のメールを書く

だけでもかなりの労力と時間を費やした。また、渡米前に現地での住居を決めようと思い、アパートのウェブサイトを見てメールを送っても一向に返信がない。やはり海外からの拙いメールでは、本当に住む気があるのか、支払い能力があるのか、信用できなかったのだろう。幸い、東大環境研の先輩でアリゾナ大の博士課程に在学中の星野孝仁さんに手伝って頂いた（というかほぼすべてやって頂いた）おかげで、渡米前にどうにかアパートの1室を仮押さえすることができた。

2.2 研究環境・システム

アリゾナ大学はアリゾナ州第2の町ツーソンに位置する州立大学で、研究型の総合大学である。私がお世話になった久保田ラボは、農学生命科学部の植物科学科に所属するとともに、環境調節農業センター (Controlled Environment Agriculture Center, 以後 CEAC) にも関わっている。CEAC は植物科学科と農業工学科にまたがるプログラムで、温室やグロースチャンバなどを用いた環境調節型植物生産に関する研究・教育・普及活動を専門的に行っている。CEAC はメインキャンパスから約 5 km ほど離れた大学の農場内にあり、そこには居室・実験室・講義室等からなる建物 2 棟と実験温室群などがある。CEAC 常勤のメンバーは、ディレクターであり温室工学全般を扱う Gene Giacomelli 教授、施設園芸作物の生理学と生産技術を担う久保田教授、作物画像計測や温室内 CFD 解析のスペシャリストである Murat Kacira 助教授、養液栽培を専門とする Pat Rorabaugh 講師の教員 4 名の他、テクニシャン 3 名、ポスドク 1 名 (私)、博士・修士課程の学生 10 名程度、事務員 1 名 (いずれも当時) で、センターとはいっても比較的小さめの組織である。特徴的なのは普及活動で、たとえば毎年開かれる“Greenhouse Crop Production & Engineering Design Short Course”では、常勤教員やゲスト講師らが生産者等を対象として、温室の環境調節、接ぎ木や養液栽培、さらにはマーケティングなども含む講義や実習を数日間にわたり行っている。このような普及活動は、農学という応用科学を担当する部門では重要な活動の 1 つと捉えられている。

CEAC では隔週で学生やポスドクによる研究発表が行われている。また久保田ラボでは独自に隔週でラボメンバーによる論文紹介をやっている。このあたりは日本の研究室と同じである。他大学の先生や企業の研究者などが CEAC を訪れた際には特別セミナーを開催する。私も、渡米してすぐに久保田先生から 1 か月後の特別セミナーでの講演を要請された。なにしろ国際会議でもポスター発表の経験しかなかった私には大変なプレッシャーだった。入念に原稿を作り、さらに単語の強弱アクセントを 1 語 1 語調べた上でセミナーに臨み、博士論文の内容を 40 分程度話した。発表自体はどうかこなしたものの、案の定質疑応答には苦しみ、挙げ句の果てには久保田先生に日本語で助け船を出してもらおう有り様だった。そのためかどうかはわからないが、久保田先生は私の英語力向上に配慮して下さり、渡米して間もなく会話やメールのやり取りは公私を問わず英語となった。研究上の会話以上に苦労したのが飲み会での雑談である。CEAC や久保田ラボのメンバーでパブにビールを飲みに行くことがよくあったが、なにしろお酒が入るので普段以上に英語がわからない。キーとなる単語や文が聞き取れず、それを尋ねる前に話が変わってしまい、結局何の話題だったのかわからずじまいということも度々あった。やはり 1 年間半程度の経験では、まだまだ英語には不自由を感じることはばかりだが、恥を晒すことを気にせずに英語を使えるようになったという点では、英語力もそれなりに向上したのかなと感じている。

アメリカの大学のラボは PI (Principal Investigator) と呼ばれる教員 1 人を中心とした組織であり、日本の大学のように 1 つの研究室に複数の教員が所属することは基本的にはない。ラボの規模は PI の持つ研究費の多寡によってさまざまである。というのは、学生を含む研究室のスタッフ全員に対して、原則として PI が研究費から給与を支払わねばならないためである。当時の久保田ラボは、PI である久保田先生の他、テクニシャン 2 名、修士課程の学生 2 名、中国からの留学生 1 名、そして私の計 6 名であり、植物科学科の中で基礎植物学のラボに比べると小さめだが、大型研究費を取りづらい農学の応用分野では比較的研究費のある方であり、その中では規模も平均的かそ

れ以上だった。久保田ラボは CEAC の他にメインキャンパスにも実験室を持っており、メンバーは実験や授業の都合によってキャンパスとセンター間の 5 km の道のりを移動することになる。私は自動車を所有しなかったためもっぱら自転車かバスで移動していた。多い日には自転車で 1 日に 2 往復以上することもあったが、時に気温 40°C を超えるツーソンの夏には、行き来の度に T シャツを着替えるはめになった。久保田ラボは当時まだ創設後 6 年目で、キャンパスに実験室を得たのも最近だったため、実験機器、とくに分析関係を本格的に揃えるのはこれからという状況だった。ただ、ラボ間での機器の貸し借りは頻繁に行われており、私も葉面積計、遠心機、大型凍結乾燥機、プレートリーダーなどを学内の複数のラボで使わせてもらえたため、大きな不自由を感じることはなかった。

アメリカで、日本の大学とはとくに大きく違って驚いたシステムを 1 つご紹介したい。それは教員等の採用過程である。私の滞在中にアリゾナ大植物科学科長の人事が行われていたが、最終候補に残った 3 名の名前と現所属は学内に公表され、採用面接の一部を兼ねた彼らの講演は、教員のみならずポストクや学生にも公開で行われていた。講演では採用された場合の植物科学科の運営方針などが語られ、質疑応答も行われる。教員の採用も同様に行われるようだ。面接自体、数日間かけて行われ、研究面や給与面での待遇についても面接期間中に具体的な交渉がなされるらしい。応募者にとっては、そのように最終候補として残ること自体が一種の評価であり業績となる。また、面接の際の候補者の旅費や滞在費は採用する側の学部や学科が負担することが多い。アメリカの大学が、世界中から優秀な人材を確保しようと費やす努力のほどがうかがい知れる。

さて、生活環境、とくに食についても少し触れておこう。キャンパスでの昼食の定番は屋台のホットドッグだった。フードコートもあるが、味が今ひとつのわりに量が多いのであまり利用しなかった。夜はスーパーで食材を買って自炊していた。初めて見る食材も多く、そうとは知らずに買った自身魚の切り身がナマズだったということもある。おおむね外食は量が多めで高くつくので、簡単なものでもなるべく自炊するようにした方が健康面でも経済面でも良いようである。

2.3 研究生活

私が久保田ラボで行った研究は「遺伝子組換えトマトを用いた温室における医薬有用タンパク質生産」である。植物由来ワクチン生産のバイオテクノロジー分野で世界的拠点の 1 つであるアリゾナ州立大学バイオデザイン研究所の Guy Cardineau 教授のグループとの共同プロジェクトだった。久保田ラボの担当は、Guy やそのポストクの M. Lucrecia Alvarez らが作出した、ペストワクチン候補タンパク質を発現する遺伝子組換えトマトを用いて、効率的なワクチンタンパク質生産のための品種・栽培方法・成育環境を検討するという、生産システムの施設園芸的側面だった。おもな成果として、ハイワイヤー誘引やロックウール養液栽培によって温室でワクチンを含む果実を約半年間継続的に収穫できることを実証し、高収量品種において必ずしもタンパク質生産性が高いわけではないことを示した (Matsuda *et al.*, 2009)。また、遺伝子組換えトマトのワクチン含量は肥大初期の未熟果実において最も高いことを明らかにし、ワクチン生産量を最大化する収穫時期・方法を提案した (Matsuda *et al.*, 2010)。なお、当プロジェクト自体は 2008 年末で終了したが、現在久保田ラボではこの系統のあらたな研究を他大学のラボと共同で準備中である。興味のある学生・ポストクの方は、私 (rmatsuda@affrc.go.jp) あるいは久保田先生までご連絡頂きたい。

学生時代には他大学の研究者と共同研究をした経験がなかったので、海外の、しかも異分野の研究者との仕事に、最初はとまどうことも多かった。アメリカの研究者は思ったことをオブラートに包まずはっきりと伝える傾向にあるので、メールの文面を見て、最初はなにか怒っているのではないかと心配になったこともある。しかし、打ち合わせや実験でアリゾナ州立大を何度か訪れ、Guy や Lucrecia とよく顔を合わせた後は、メールだけでもかなり意思疎通が取れるようになった。やはり直接会うことによって得られるメリットは大きい。実際、その後意見が対立してメ

ール上で議論を交わしたこともあったが、お互いの人となりを理解した上で率直にものを言い合えたので、結果的には生産的な議論にもとづいた良い仕事ができたと感じている。

久保田先生には、研究計画や進捗状況などについて事あるごとに相談に乗って頂いた。研究者としてのあり方についてもご指導頂き、つねに「志を高く持つように」と励まして下さった。昼夜、曜日を問わない先生の凄まじい働きぶりを間近で見られたことは、渡米中最も勉強になった経験のうちの1つである。また、先生自身がアメリカでのポスドク経験をお持ちなので、アメリカに武者修行に来ている日本人ポスドクという立場をよく理解しておられ、出張セミナーや学生への講義などさまざまな経験の機会を与えて下さった。日本人PIのラボに留学すると、ともすればラボの中には言葉も含めてまるで日本と変わらないということになってしまう可能性もあるが、久保田ラボでは日本とアメリカそれぞれの研究・教育システムの良い所がうまく取り入れられていた。ラボのテクニシャンである Mark Kroggel には、栽培のセットアップ、実験器具や試薬の購入、さらには英語の添削まで、幅広くサポートしてもらった。ラボの中のありとあらゆることを(時にPIよりも)熟知している敏腕テクニシャンは、研究を効率的に進める上で頼もしい存在だった。留学が成功するか否かは、PIの国籍によらず、PIの人柄や研究テーマ、他のラボメンバーを含めた研究環境、そして何より自分のやる気と努力によるのだろう。私にとっての久保田ラボは、少数ながらも活発なPIとラボメンバーに囲まれ、彼らが自分のやる気をさらに引き出してくれる点も含めて、とても恵まれた環境だったと感じている。

3. オランダ王国ワーゲニンゲン大学でのポスドク生活

3.1 留学の経緯

学振特別研究員の任期は2008年3月で満了したのだが、その頃になっても次の職が見つからない。もともと帰る場所、つまり日本での職のあてがあったわけでもなく、まあどうにかなるだろうと思ってえいやっと渡米した私は、どうにもならないアカデミックポスト就職氷河期の現実を目の当たりにして途方に暮れた。ありがたいことに、2008年4月から同年12月の間は久保田先生が研究費で直接雇用して下さい、アリゾナ大で医薬有用タンパク質生産の研究を継続することができた。その間も日米問わず研究職の公募に応募しつつ、2008年10月頃に運良く現職である農研機構野菜茶業研究所の任期付研究員の内定を頂くことができた。着任は2009年4月1日と決められていたので、1月からの3か月間は無職となる。どうしようかと考えたが、自由にふらふらと動けるのもこれで最後かもしれないと思い、思いきってオランダに留学することにした。オランダを選んだのは、言わずと知れた施設園芸先進国であり、野菜茶研で携わることになる施設園芸作物の生産性などの研究で世界的にも有名なワーゲニンゲン大学があったからである。思い立った翌日に、早速ワーゲニンゲン大の Ep Heuvelink 准教授に滞在したい旨のメールを書いた。Epとは当時、喋ったことがないどころか、お互い顔すら知らなかった。しかし、彼が“Tomatoes”という良著の編著者で、トマトの生産性に関する実験的研究やモデル解析を国際誌に多数発表していることは知っており、以前から関心を持っていた。このあたりの度胸というか積極性は渡米中についたものだと思う。突然不躰なメールを送ったにもかかわらず、費用は自前でという条件つきではあったが、Epは快く滞在を受け入れてくれる旨の返事をくれた。

3.2 研究環境・システム

オランダにおける施設園芸研究の現状については他に詳細な解説があるので(例えば、高倉(2008))、本稿では省略したい。ここでは、私がお世話になったワーゲニンゲン大植物科学科の Horticultural Supply Chains Group (略称 HPC, 旧名称が Horticultural Production Chains Group だったので現在でもそう呼ばれている)を中心に簡単に紹介するにとどめる。

HPC は野菜・花きの栽培生理やモデル化, ポストハーベットの研究を行うグループで, 教授 1 名, 常勤教員が Ep を含めて 4 名, 客員教授 2 名, テクニカルスタッフ 3 名, ポスドク・博士課程学生約 20 名, 修士課程学生約 10 名, 事務員 1 名と, 日米どちらと比べてもかなりの大所帯である。これでも学科の中では決して大きい方ではないようだ。グループ内の研究教育は, 基本的に各教員が独立してポスドクや学生とともにやっている。ただし, テーマによっては複数の教員が共同で仕事を進める場合もある。週 1 回のセミナーには博士課程以上のメンバー全員が参加する。また, 毎朝 10 時半頃に皆でコーヒールームに集まって 30 分程度雑談する。その際, 誕生日の人がいると, その人自身がケーキを持ってきて皆にふるまう習慣がある。周りの人は「おめでとう!」と言ってケーキをもらう。この方がお互い気兼ねしないですむし, 誕生日を忘れられることもないので合理的ということらしい。セミナーやコーヒータイムの雑談は英語で行われる。大学院以上の講義もすべて英語である。輪の中に非オランダ人が 1 人でもいれば日常会話も英語になる。

大学での実質的な公用語が英語のため, 学生は修士・博士を問わず欧州を中心に世界各国から集まっている。博士課程の学生は, アメリカ同様, 基本的には給与をもらって研究を行うスタッフである。彼らは自分の研究を進めると同時に, 修士課程の学生のメンターも兼ねていて, 研究計画の立案やデータの解析・解釈などに助言する。博士課程に入るのは狭き門らしく, この時点で将来研究者としてやっていくのかどうかを真剣に吟味することになる。その先のポスドク, 教員となると門はさらに狭くなる。博士の学位を取得した後に大学や公的研究機関でポストを得られるのはごくわずかのようだ。しかし, オランダには民間の研究所や企業などに博士の受け入れ先があり, そちらを選ぶことが一般的なようである。このあたりもアメリカとよく似ている。

HPC をはじめ大学の施設園芸関連グループは, ワーゲニンゲン UR という同一の研究機構に所属する施設園芸の研究所 (Wageningen UR Greenhouse Horticulture など) と密に連携を取っている。正確な数は不明だが, 大学と研究所を合わせると, 博士の学生も含めた施設園芸研究者の数は 100 を下らないと思われる。これだけの数の研究者が一丸となって研究を推進することには, 施設園芸の中でも専門を異にする研究者間での情報共有や共同研究などの点で大きなメリットがあろう。

3.3 研究生生活

オランダに行く以前の私の研究スタイルは, 植物を栽培して光合成や成育を調べたり, その背景にあるタンパク質などの生理的因子を分析したりと, 完全に実験中心だった。しかし, オランダ滞在はわずか 3 か月間, しかも自由に使える研究費はゼロである。そこで, オランダではかねてから興味があった機構的温室作物成育モデル (Heuvelink, 1999) を使ったトマトの成育・収量シミュレーションの仕事をやることにした。日本でトマトの生産性に関する仕事を立ち上げる際に, その生理生態に基づいたプロセスモデルが頭に入っていれば, すんなりと実験に取りかかれるのではないかという目論見もあった。当初は PC の前に座ってばかりの生活になじめず, 栽培が恋しくなったが, Ep が毎週 1 対 1 での議論の時間をとってくれたおかげで, どうにか 3 か月間で一応の成果を得ることができた。現在, 投稿論文を執筆中である。Ep は論文にできるような成果を挙げることを強く求め, そのための助言や協力を惜しまなかった。それだけ論文化というアウトプットを自らやポスドク・学生に常に課しているからこそ, 世界一流レベルの業績を挙げるのできるのだろう。Ep とは, 現在も施設栽培トマトの生産性に関する共同研究を続けている。

また, HPC には私の学生時代の研究テーマである「光質と光合成」について, 私や指導教員の大橋先生と同様の興味を持って研究を行っている Wim van Ieperen 助教授らのグループがあり, 彼らの実験やデータについて意見交換する機会もあった。異国の地で, 自分が学生時代に書いた論文を読んで自分の名前を知っている同業者たちに会えたことは素直にうれしかった。成果を国際誌に投稿するように指導して頂いた大橋先生をはじめ, 東大環境研の先生方に深く感謝するとともに, 今後も積極的に海外のジャーナルに挑戦していこうとあらためて思った次第である。

4. おわりに

海外での研究生生活は、あらたな視点の獲得、人脈形成、語学力向上のいずれの点でも、当初自分が想像していたよりも実りあるものだった。もちろん言葉や生活面での不自由さはある。学生やポストドクであれば、日本で、あるいは現地で、果たしてパーマネントの職が得られるのかという不安もあるだろう。それらを差し引いても行く価値があるかどうかは、ひとえに留学先の環境と自らのモチベーションにかかっている。幸い、研究のやり方そのものは世界各国でほぼ共通なので、研究の内容さえ理解してもらえば、多少の言葉の問題は乗り越えられるものと思う。

海外の大学の研究システムを知ることで、日本のシステムの長所に気づくという副産物もある。私の場合、たかだか1年間半程度、しかもポストドクとしての経験のみなので、両者の本質を完全に理解したわけではないが、短期間でも感じるころはあった。例えば一般論として、日本の大学の小講座制では、年功序列的な側面はあるものの、学生に対して複数の教員による相補的な指導を行うことができる。一方、PIが1人のアメリカでは、学生は良くも悪くもPI個人の資質に大きく影響される。アメリカのシステムをそっくりそのまま日本に輸入することはあまり得策ではないように思える。日本のシステムの長所を再認識し、維持することも重要ではないだろうか。

農業をとりまく状況は各国でさまざまなので、求められる研究の方向性も自ずと違ったものとなる。それでも、研究で得られる楽しさ、喜びはどこでも同じで、どんな国の人とも分かち合えるものだった。自分が「これは」と思った発見を、他国の人も同じように面白がってくれる。それを目の前で見られただけで、少なくとも私にとっては十分に価値があった。ステップアップのため、ネットワーク作りのため、英語力研鑽のためと、動機は人それぞれだろうが、ぜひ多くの方に海外で研究する面白さを味わって頂ければと願っている。

謝辞

本稿の執筆にあたり、久保田智恵利教授、東出忠桐博士(農研機構野菜茶研)、有安恵美子氏(元アリゾナ大)に有益なご助言を頂いた。記して謝意を表す。また、本稿でお名前を挙げた方々以外にも、高倉直先生(アリゾナ大、農研機構農工研)、的場伸行助教授(米国レイビル大学)、吉川麻里子氏(ワーゲニンゲン大)をはじめ、留学中には多くの方々にお世話になった。紙面の都合上、全員のお名前をここで挙げることはできないが、この場を借りて厚く御礼申し上げる。

引用文献

- Heuvelink, E., 1999 : Evaluation of a dynamic simulation model for tomato crop growth and development. *Ann. Bot.*, **83**, 413–422.
- 久保田智恵利, 2010 : 米国農学系アカデミックサバイバル. 農業および園芸, **85**, 3–7.
- Matsuda, R., Kubota, C., Alvarez, M. L. and Cardineau, G. A., 2009 : Biopharmaceutical protein production under controlled environments: Growth, development, and vaccine productivity of transgenic tomato plants grown hydroponically in a greenhouse. *HortSci.*, **44**, 1594–1599.
- Matsuda, R., Kubota, C., Alvarez, M. L. and Cardineau, G. A., 2010 : Determining the optimal timing of fruit harvest in transgenic tomato expressing F1-V, a candidate subunit vaccine against plague. *HortSci.*, **45**, in press.
- 菅裕明, 2004 : 切磋琢磨するアメリカの科学者たち. 共立出版, pp. 163.
- 高倉直, 2008 : オランダ施設園芸の長期戦略. 農業および園芸, **83**, 1049–1055, 1151–1156, 1253–1256.