

はじめに

グローバル化が進む21世紀において、科学技術立国を目指す我が国では、人材不足が叫ばれる一方で、博士研究員（ポスドク）の就職難が社会的な問題となっている。とくにバイオ系ポスドクの就職は深刻である。なぜこのような一見矛盾する事態が起きているのであろうか。一昔前に比べると、大学院教育の重点化により、多くのポスドクが輩出されている事実がある。社会への受入れシステムが整備されていないことに加え、産学官がそれぞれに期待する優秀な人材像に若干のギャップがあることも確かであり、また、ポスドクのキャリアパスに対する本人、アカデミア、そして社会（企業）の認識の違いも大きく影響していると思う。

このような現状を踏まえ、生物工学会誌では、2008年2月から「キャリアパス 生物工学研究者の進む道」の連載を開始した。本連載は、生物工学分野のポスドクだけでなく、学生を含む若手研究者を対象に、当該分野で活躍されている先輩諸氏がどのように考えて自身のキャリアパスを切り拓いてきたか、その生き様を語ってもらうことで、多様なキャリアパスの現状を知ってもらい、また、自分自身の将来を展望する契機となり、さらにはお互いの議論の深まりを期待して生物工学会誌編集委員会で企画したものである。

企画趣旨に賛同していただいた多くの方々から、実にさまざまな内容の原稿をいただいた。この1年半で70件となり、企画をした編集委員会にとってはありがたい限りである。執筆者の方々には、ご自身のこれまでの経緯を振り返り、それぞれの立場で常日頃感じておられることやご意見を、悩める若き研究者に対するエールという形で自由に書いていただいた。

この度、本会執行部の了解を得て、掲載した貴重な原稿をまとめて冊子とした。1冊にすることで、またいろいろな活用の仕方もあると期待している。生物工学の将来を担う若手研究者の参考になれば幸いである。

ご多忙の中、執筆依頼を快諾していただき、若者に対し熱く語っていただいた先生方には厚くお礼を申し上げる。

2009年9月
『生物工学会誌』編集委員会

目 次

生物工学研究者のキャリアパスを考える	岡澤 敦司…(1)
研究を志す君へ	池田 正人…(2)
博士の視点で改革論議を	杉森 純…(4)
日本学術振興会特別研究員になって～女性研究者を目指して～	柳原 佳奈…(5)
なんのための研究開発？	幡多 徳彦…(6)
理系大学院における実務者教育；米国 Professional Science Master's (PSM) と	
横浜国立大学大学院工学府PEDプログラム	鈴木 市郎・岡崎 慎司・小泉 淳一…(7)
医工連携の現場から	宮本 義孝…(10)
今、遺伝カウンセラーとして	安藤 記子…(12)
企業での研究という選択肢	有村 英俊…(13)
若手研究者がキャリアパスを描く上で必要なこと	奥井 隆雄…(14)
国際生物学オリンピックの育むもの～次世代研究者への夢と期待～	小林 興…(16)
ベンチャー企業だからこそ	原田 佳子…(18)
退職のち放浪 時々起業 ところによって研究	原中 正行…(19)
バイオクラスターに賭ける夢	内海 潤…(22)
ものづくり研究の醍醐味	荒 勝俊…(24)
私のキャリアパス～ドクター取得からポスドク、企業研究所まで～	長森 英二…(26)
ポスドク問題と科学技術キャリア創生	兼松 泰男…(27)
高等学校における生物教育の将来像～SSHの取り組みをとおして見えてきたもの～	
	森田 達己…(29)
青年海外協力隊のひとりとして～ネパールと共に	八百屋さやか…(32)
研究人生－そのデモーニッシュなる旅	兼松 秀行…(34)
「運・鈍・根」プラス「感」	元村有希子…(36)
「見せる」だけじゃない～研究する動物園～	尾形 光昭…(38)
国際機関で働く	齋藤 健…(40)
夢と現のハザマ	福井 作蔵…(43)
偉大な研究者、そして教育者と接して	黒田 章夫…(45)
アメリカ博士留学という選択	前田 宏…(47)
波に乗るのか、流されるのか	工藤 季之…(48)
なぜ私が応用菌学（微生物学）の道に入ったか？	富田 房男…(49)
自分の研究を長時間興味尽きさせずに語れるか	石井 茂孝…(51)
研究にはコミュニケーションが大事－「酵母マフィア」への道－	北本 宏子…(52)
企業とアカデミック研究機関における研究の相違点	
一創薬リード化合物探索研究を例に一	新家 一男…(53)
日本独自の自然・文化に根ざした独創性	横関 健三…(55)
私の若かった頃の思い出	萱野 曜明…(57)
寄り道・まわり道・弁理士までの道	前 直美…(59)
理解、協力、感謝、信頼	黒岩 麻里…(61)
若手理系人のための大学院教育プログラムの開発	水月ゆう子…(62)

ノバルティス・バイオキャンプ ～夢・挑戦・喜び	松本 正…(64)
医薬品製造業界と生物工学研究者	村上 聖…(66)
機械工学から医学へ、さらに情報工学へと挑戦する！	赤川 英毅…(67)
農芸化学からバイオテクノロジーに至る道 ～学ぶ機会を大切に～	平井 輝生…(69)
科学技術系のキャリアパス：天職はどこにある？	大隅 典子…(71)
マスコミで働くということ「医者、記者、役者、研究者」	中野 恵子…(72)
Love is the essence of research life.	松永 幸大…(73)
好奇心を形に、夢を社会へ	近江谷克裕…(74)
花は桜木、人は武士 一我、研究生活を想ふー	福澄 岳雄…(76)
信州でテニュアトラック研究生活	新井 亮一…(78)
企業での研究という仕事	矢ヶ崎 誠…(79)
現場で威力を発揮する“つなぐ力” いま求められるサイエンスコミュニケーションの資質	
	佐々 義子…(81)
理科教育と新学習指導要領	穴澤 秀治…(83)
安心してください！生物工学にはこのような人間もおります	小川亜希子…(85)
オープンイノベーション時代の企業研究職からの転進	江口 有…(86)
次世代型生命医科学者の養成：九州大学医学研究院の取り組み	續 輝久・飛松 省三…(88)
プロフェッショナルとしての研究者	原山 優子…(91)
知の市場の展開—化学・生物総合管理の再教育講座の5年間の軌跡—	増田 優…(93)
企業で働くということ	永井 幸枝…(97)
だれが与えてくれたのか？—超音波霧化分離法という贈り物—	松浦 一雄…(99)
性の進化に魅せられて	桂 有加子…(101)
2025年の日本と世界を担うバイオ人材の育成	西山 徹…(102)
企業研究者の夢 ～やってみなくちゃ！～	東田 英毅…(104)
サイエンティストとエンジニアの両立は可能か？	藤田 聰…(107)
来たれインターナレッジ・バイオリーダーズへ	松本 正…(109)
バイオセンサの将来性	石森 義雄…(111)
生き物と生き物を相手にする人の魅力を伝えたい～生物系書籍の編集者として	塩坂比奈子…(113)
NEDOとしての研究への関わり	林 智佳子…(116)
社会実践生物学とブレインストーミング実習 ～発想力と実践力をいかにして伸ばすか	
	古本 強・坪田 博美・植木 龍也・三浦 郁夫…(117)
技術者の社会貢献 ～NPO法人という選択肢～	宮入賢一郎…(122)
自分の原点と経験を大切に	山村（永井）裕美…(123)
販売促進する仕事 ～通り過ぎる一瞬に思いを込めて	綿引 志帆…(124)
魅力的な学生・大学院生になるために 文部科学省大学院教育改革支援プログラム	
東京医科歯科大学大学院・生命情報科学教育部 国際産学リンクエージングプログラムの試み	
	竹本 佳弘…(125)
宇宙生物学への誘い	大島 泰郎…(129)



生物工学研究者の進む道

生物工学研究者のキャリアパスを考える

岡澤 敦司

昨年度、広島で開催された日本生物工学会大会にて、「若手の会」の新たな試みとして、博士号取得者のキャリアパスについて、産学連携の視点から考えてみようという趣旨のシンポジウムを開催させていただいた。統計的なデータは持っていないが、ここ数年でこの手の企画がいたるところで開催されているように感じる。要するに、学会を主催したり、大学を運営したりする執行部の側においても、実社会における若手研究者のキャリアパスが曖昧模糊としていて、この世界に今まさにあってこようとしている若者諸氏に明確なヴィジョンを示すことが困難だと感じているのだ。そういった社会的な流れの中で、本誌編集委員会においてもキャリアパスに関する話題を積極的に掲載していくこうという方針が示され、本連載の企画にいたった。

当然、個々のキャリアパスは多様であり、生物工学の出身だからこれこれこういった道に進むべきだというようなモデルを示すことはできない。しかし、社会的に理系の若手研究者の職がないことが問題だと認識される状況にあるならば、何がこの状況を作り出したのかを知ることは現状打破のために必須であろう。また、生物工学という分野を築いた多くの先達がおられることは事実である。時代は変わっていくとはいえ、先輩方がどのようなことを考えて自信のキャリアパスを切り開いていったのか、また、現状をどう思っているのかを知ることは、若手研究者が自分のキャリアパスを形成していくなかで大きなヒントになるし、励まされましょう。本連載企画ではこういった思いから、各方面の方々に若手研究者のキャリアパスについての現状解説、キャリア創生支援についての取り組み、あるいは提言について執筆をお願いした。すでに頂いている原稿からは、各執筆者の立場からトーンはさまざまであるにせよ、共通して若手研究者への思いが伝わってくる。若手への熱いエールを送って頂いたものとありがたく受け止めている。

また、本誌には Germination という若手の発信の場が設けられている。ここには、今まさに自身の将来へ向けて第一歩を踏み出した若手研究者の声が届けられている。これらの中からも本企画の趣旨に合うものを、筆者の了解を得て掲載させて頂くことになった。キャリアパス問題はとかくネガティブなイメージをもたれがちだが、実際の若手が真摯に、また、確固たる意志をもって自分の道を歩もうとしていることを感じてもらえば幸いである。

さて、この企画の目指すところはキャリアパス問題の具体的な解決策の提示ではないと個人的には思ってい

る。まずは企業人、大学人、そして学生が共通の現状認識をもつことが現状打破の出発点となると考えている。一連のキャリアパス問題に対する社会的な動きが活発になってきたことで、やっと社会全体で理系研究者のキャリアパス問題に対する共通認識を持てる土壤が作られてきたと感じている。この共通認識に基づいた上で、個々の事例に適切に対処することで若手理系研究者の道がより明るいものとしてはっきりと見えてくることを期待している。幸い生物工学会は産学間のつながりも太く、本連載は多くの企業人の目にとまることが期待できる。学会として産学連携を考えるとき、修士卒はもちろんのこと、博士号取得後に企業で働く人がもっと増えてしかるべきである。このために、学生は常日頃から自分の研究が実社会にどう関わっていくかを考え、人に伝えていくことを学んでいかなければならないだろう。また、教員も企業が求めている人材像をきちんと把握し、そのための教育システムを構築したうえで、より魅力的な若手を送り出すよう努力しなければならない。企業人も専門パカは使えない人と材不足を嘆く前に、今一度、偏見を捨て、出身校なり共同研究の実施先でぱりぱりと働いている若手をよく観察してみて頂きたい。ダイヤの原石を発掘できる可能性はかなり高いと思っている。その後、各専門・産業分野で企業人、大学人が共通の理想的な産学連携のイメージを描くことができれば、そのイメージを具現化していくことで自ずから問題は解決されていくだろう。

学生のレベルでの意識改革はすでに始まっていると感じている。考えてみれば当然のことでの、キャリアパス関連の企画を目の当たりにするたびに自分の将来に不安を感じるのは当事者である学生である。彼らはその不安を押し殺したまま教員や先輩のいいなりに動くような愚鈍な輩ではない。彼らは彼らなりのネットワークと情報収集能力を駆使し、真剣に自身のキャリアパスを模索している。現に、筆者の周囲でも博士後期課程にいながらも前期課程の学生と同様に企業の説明会に出かけ、採用試験に臨むものが増えてきつつある。数年前にはあまり見かけない光景であった。

本連載が学生だけでなく、大学人、企業人の意識改革の契機になり、生物工学における若手のキャリアパス形成についての議論が広くわき起こってくることを期待したい。議論の中からコミュニケーションが生まれ、コミュニケーションがよりよい未来を描くことにつながるはずだと考えている。生物工学を若者にとってより魅力のある学問分野に！本連載を企画した編集委員の願いである。



研究を志す君へ

池田 正人



麻薬は吸ったことはないが、研究にはそういう魅力があるのかも知れない。この記事を読む諸君が研究の道に足を踏み入れたのなら、自ら足を抜くことは容易ではないだろう。それほどに研究はやりがいがある。が、私には、そのやりがいより、君たちの先にどんな現実が待っているか、を知ることの方が大事と思える。そのための心構えを書いてみたいと思う。実際、研究で堂々身を立てることができる人はわずかであり、多くの人は理想と現実の狭間で悩むことになるであろうから。

企業か、大学か

20年あまり企業に身をおいた。その後、大学に移って4年が経とうとしている。1企業と1大学、風土も文化も目的も大きく異なるので、当然といえば当然だが、同じ研究活動を行うにも随分と、受ける喜びもストレスも異なっている。その経験からか、学生から研究をやるのに企業がいいか、大学がいいか、という質問を受けることがある。そういうとき次のように答えてている。「企業に入って与えられた仕事に専念しなさい」と、理由は一言では言えないが、企業の方が入口も活躍の場も広いので、自分を活かす機会には恵まれよう。一方、博士号難民が増える世の中、学位はたくさん出てもアカデミアの門戸は開かれていない。運よく大学人としての職を得ても、やりたい研究を研究と呼べるレベルで遂行できる人は少数派である。それほど経済面、ゆとり面で大学の研究環境は恵まれていない。裏を返すと、良き環境で研究がしたいと思う気持ちが大きな悩みをもたらすのであり、大学に良き環境など期待しない方がいい。大学でやるからには環境のせいにしない覚悟が必要である。

企業と大学—研究環境の違い

企業研究は、いわば将来に対する投資であり、投じた研究費（人件費を含む）以上のリターンを要求される。リターンには他の技術開発への波及効果や宣伝効果など、目に見えにくい要素も含まれるが、現実には利益への貢献が主なノルマとなる。このため、企業では、研究の面白さばかりを追求してはいられない。「いい技術が売れるのではなく、売れる技術がいい技術」、企業は一般にそう考える。市場が変化すればテーマ変更も余儀なくされるし、成果に対する評価も変わる。企業研究者ならば、

事業縮小に伴うテーマ変更の苦い経験は誰にでもあるに違いない。

では、大学研究はどうか。企業よりはテーマ選択の自由度は大きい。目標達成のノルマも他人から押し付けられるようなことは少ない。能力があれば、研究を自分のペースでとことん追及できる環境である。設備・予算面でのベースは企業とはケタ違いに劣るが、それは一般的な話で、力があれば企業に近い環境を手に入れることは可能であろう。お金が取れる研究がいい研究という雰囲気は高まっているが、そうでない研究も研究本来の学術性を満たせば存続できる。しかし、どんな分野であれ、何かしらの一人者にならなければ研究者としての存在価値を問われるのが大学である。それが大学の厳しさであろう。大学研究者を目指すのであれば、それに耐えていけるかどうかを自分に問うてみる必要がある。

企業研究者の悩み

先日の朝日新聞に、「研究者の半数「辞めたい」経験」という記事が載った。大学より企業の方が、また、高職位より低職位の方が悩んだ経験のある人が多いとの調査結果である。理由は「将来が不安」、「実力に評価が見合わない」、「見識・学識を生かす職が他にある」、「職場に魅力が乏しい」と続く。しかし、上記の理由は研究者に限られたことではないであろう。大学研究者より企業研究者の方がそういったことに悩むとすれば、私の経験から推察するに、その理由は、企業では「自分のやりたいテーマができない」、「研究のアクティビティが低い」、「じっくり研究できない」あたりではないだろうか。「将来に対する不安」も企業研究者の方が大きいというのも頷ける。中堅研究員になるにつれ、残された研究人生がわずかになっていることへの悩みが強くなり、同時に、研究畠から離れて自分に何ができるのか、という将来への不安が高まってくる。こういった悩みの多くは、やはり企業における研究の位置づけをきちんと理解せずに大学研究の延長線で企業研究を捉えてしまっていることが原因になっているように思われる。

企業が求める人材

よく目のことだが、会社に貢献する前に自分の希望や権利を主張する若者がいる。いずれ来るチャンスを

自ら遠ざけているようなものである。企業で研究者を志す人は、まずは、与えられたテーマに全力で取り組み、上司の「信頼を得る」ことが重要である。運よく「会社に貢献する」ことができればしめたものである。要は「会社に必要な人間になる」ことである。これが築かれれば、組織での存在感が増し、発言にも説得力を持つ。自分の主張が通りやすくなる。好き勝手はあり得ないが、会社の意向の範囲で自分の希望を主張できるようになる。結果を出し、組織に必要な人間になって初めて、その職場が自ずと良き環境となり、そこに自由（裁量の余地）が生まれる。すなわち、研究者にとっての良き環境は自分で勝ち取るものであり、最初から与えられるものではない。企業に入ると決めたからには、何でもやる覚悟、どこにでも行く覚悟を心の奥底に持つていなければならない。研究は一職種に過ぎないし、研究職に就いても企業人生の序論であることが多い。もちろん、研究がライフワークになる企業人もいるが、レアケースである。大学と違って最初から研究人生が保証されている人などいない。私が企業の人事なら、研究一本で行きますという姿勢が強い学生は敬遠するかもしれない。

企業研究者の人事異動

企業研究者にとって研究職から他の職種への人事異動はしばしば転職を考えさせるほどの一大事となる。学術報告が比較的しやすい基礎研究の部隊から、それが容易ではない工業化研究の部隊への異動ですら、深く悩んでしまう若者が少なくない。実際にそのようなケースを多々見てきたし、自分も経験したこともある。研究とは、それが高度な研究であればあるほど、離れがたい魅力を持つ。達成感を得るまではそれを求めるし、それを得たら得たで次のより大きな夢を求めてしまう。しかし、会社は人をよく見ており、その人の育成をよく考えている。だから、自分の希望が通らないときは素直に会社の意向に従った方がいい。研究の面白さだけを経験した若者が研究者としての人生を夢見てしまうのは仕方のことであるが、企業人としてのバランスを養うことの方が大事なケースもある。私は研究室の卒業生には自分への反省も込めて次のように助言している。「企業で研究開発に携わることができれば幸せ。まずはそれを求めなさい。でもそれは長い企業人生の一時期の話。ものをつくるとはどういうことか、その全体を理解できるようになりなさい」と。

研究を志す学生への思い

では、研究室に所属する学生にはどのような思いを持っているかと言えば、研究の楽しさと苦しみの両方を味わってもらいたい。もし、どちらか一方となるのなら、研究は楽しいものであると教えてあげたい。企業研究は、その多くがノルマを課せられて全力で走る過酷な中距離走のようなもので、研究の楽しさを味わう余裕などは滅多にない。それでも研究の楽しさや喜びを一度でも経験していれば、きっと我慢強く立ち向かうことができるであろう。そのためにも、若き研究者の卵たちには是非とも成功体験を持ってもらいたい。卒論研究や修論研究では人の循環が速いので、成果が訪れるタイミングは人の巡り合わせ次第、あるいはテーマ次第というところもあるが、できれば、苦しみの果てに良き成果をつかむことができれば最高である。

もう一つ言っておきたい。うまくいかない、自分の思い通りにならないとき、テーマや環境のせいにしないで欲しい。諸君の上司である先輩諸氏も恐らくは同様な環境で成果を挙げてきたに違いない。だから、諸君の苦戦が必ずしもテーマや環境のせいではないことを見抜いている。インパクトの大きな研究論文は潤沢な大研究室を運営する大教授からよりもむしろ比較的貧しい若い研究者から数多く生まれている。研究のアイデアは意外と満たされた環境からは出にくいものである。仮に環境のせいだとしても、組織というものはそう簡単には変われない。そのうちに自分の研究人生の匂が終わってしまう。自分に合った環境は所詮自分でつくっていくしかない。

良き出会いのために

どんな環境でもいずれ芽を出す人は確かにいる。でも、大抵は研究者としての成功は良き指導者に導かれてのことだろう。あなたが研究者として歩む過程で良き指導者に出会うことを祈りたい。人生の分岐点にさしかかったとき、その人の一言が大きな助けになるものである。しかし、いつどこでそういう人に巡り合うかはわからない。要は、巡り合ったときに相手に受け入れられる自分ができているかどうかである。そうあるために、辛抱強く日々研鑽を積むことが実は一番大事なことである。

若い諸君は、卒業して就職、転勤、出向、あるいは転職、と環境を変えていくことになるであろう。最後に、「人生はつながっている」ということを心して欲しい。次のステップの良し悪しはその前の段階の過ごし方で決まることが多い。その時々を本気で生きることが次につながる。



博士の視点で改革論議を

杉森 純



「ポスドク1万人計画」で誕生した大量の博士研究員が行き場を失って漂流している。任期付の職を転々として、40歳近くになっても能力を生かせる職を得られない人も多い。1人あたり1億円近い税金を使って育てた先端科学技術の人材を活用できないのは、国の壮大な無駄使いでもある。苦悩する先輩の姿を見て、学生の博士離れ、理系離れが加速している。

読売新聞の科学面で昨年、こうした問題を「漂う博士」として連載した。博士たちの苦悩を取材して、問題が社会や大学の制度に深く根差し、解決策が容易に見つからないことを痛感した。将来の大学院教育改革などの議論はあるものの、悩みに直面している博士たちをどう救うのかという处方箋をまったく見いだせない。

こうした苦労はなかなか世の中に伝わらない。「末は博士か、大臣か」と言うように、博士はエリートと思われている。「好きなことをやっている」というイメージもある。

読者からは「親がようやく就職の苦労を理解してくれるようになった」という反響もあった。不安定な身分で、短期間に成果が求められる中、結婚、出産、育児とどう両立させるか悩んでいる女性も多い。過酷な競争は、研究不正を生む心理的な土壌にもなりかねない。

先輩の苦労は、後輩の進路選択に影響を与えていた。自分によほど自信がない限り、「ハイリスク・ローリターン」の博士課程進学をためらうのは当然だろう。博士の就職難は、需要と供給のミスマッチが最大の理由だ。大学院重点化で、博士の数が大幅に増える中、多くの博士が希望する、大学や公的研究機関の若手のポジションは削られた。

視野を広げて、もっと企業に就職して、官公庁やマスコミ、弁理士なども目指せと、博士の進路を多様化する取り組みが盛んだ。博士が幅広い分野で活躍するのはもちろん大切だ。でも、今の取り組みは「余ったから、大学以外で活用してくれ」という感じがぬぐい去れない。博士たちの意思が余り感じられないからだ。

欧米に比べて、大学院生への経済的な支援が貧弱な中、博士の多くは、自分たちで学費を払い、生活費を工面して、大学院で学んでいる。企業に就職しても、博士だからといって、特別優遇されるわけではない。博士課程に進むのは、経済的に見れば「大きな損」だ。それを承知で、敢えて研究者の道を目指している。幅広く、柔軟に進路を選べといふのなら、奨学金を充実させ、学費や生活費を心配せずに、学べる環境作りがまず先決だろう。

「大学が一番上」という意識が、教授たちに残っている限り、いくら進路の多様化を訴えても、博士たちの心に響かない。そもそも、企業に就職しようにも、博士たちは「視野が狭い」「柔軟性がない」と敬遠されがちだ。理科系の修士からメーカーなどへの就職は引く手あまたなのに、3年間博士課程で学ぶと、一転して就職が難しくなる。付加価値を付けるどころか、逆に価値を下げてしまっているのが実情。まるで、「中古のマンション」のようだ。

こんな状況に、博士たちが、どうしてもっと怒りの声を上げないのか不思議だ。もちろん博士たちにも問題はある。

就職支援する人材コンサルタントたちが口を揃えるのは、「自分の棚卸し」の必要性だ。自分は何ができる、何をしたいのか。博士の多くは、自分自身と真剣に向き合った経験がないと指摘する。「好きで、研究一筋にやってきた」と言うと格好良いが、流されて決断を先送りしてきた面はないだろうか。「博士は社会性に欠ける」は偏見だが、それを許す状況に、甘えもあったはずだ。

何よりも取材で気になるのは、ポスドクの自信のなさだ。「ポスドクでも成功者がいるだけに、うまくいかないのは自分が悪いと思ってしまう」という話も聞いた。でも、周囲の状況を見れば、行政や大学、企業に頼っていても、何も解決しないということが分かるはずだ。自分に自信を持って、実力と価値を、証明するしかない。

経済協力開発機構（OECD）の国際学習到達度調査で、日本の15歳の科学的応用力が2位から6位に転落した。政府や大学は「科学技術創造立国の足元が揺らぐ」と、中高生の理科離れを嘆くが、博士たちの現状を改善せずに、理系の夢ばかり語るのは欺瞞だ。

先輩たちの苦労を見て、大学院に進学せずに高校の理科教諭になった男性が、「後輩たちの夢を大切にするか」「現実を伝えるべきか」と悩む姿が、取材で印象に残っている。

働きバチは、自分たちの集団のために、自己犠牲を払って働いている訳ではない。自分のために、遺伝子を残そうと一生懸命なのが、結果的に自分たちの集団に役立っているのだ。

ポスドク問題や大学院改革の議論も、博士たちが自分の夢や幸せを追求することが、結果的に、日本の科学技術力を高め、大学の魅力を増すものだということを忘れないで欲しい。



日本学術振興会特別研究員になって ～女性研究者を目指して～



柳原 佳奈

日本学術振興会特別研究員に採択されて

私は現在、福井大学博士後期課程3年に在学し、研究に没頭する日々を送っています。今年になって、細胞培養工学に基づいた研究テーマで日本学術振興会の特別研究員DC2に採択されました。このような機会に恵まれたのも、研究を指導してくださった先生のおかげであると思います。

研究室に配属されたばかりの頃は、研究をすることへの憧れのみで漠然と実験をしていました。しかし、学会発表や日々の研究活動を通じて研究の醍醐味や面白さ、そしてやりがいを強く感じるようになり、科学者への熱い想いが大きくなっていました。特別研究員への採択は、私のこの気持ちが通じたようで、大変嬉しく思っています。

博士課程進学のきっかけ

私は、もともと一つのことに熱中するタイプだったので、研究というフィールドは自分に向いているのではないかと考え、大学に入学した当初から博士課程への進学を考えていました。しかし、いざ研究を始めてみると、研究が思ったように進まなかったり、努力が無駄に終わってしまうことが多く、「自分には研究が向いてないのでは」と何度もくじけそうになりました。そんなことが続き、修士課程のころ、私はなんのために研究しているのか、なにが面白いのかわからなくなってしまった時期がありました。

このような時期を打破できたきっかけは、生物工学会若手の会でした。会を通じて他大学の先生や学生さんと親しくなれ、研究について熱く語り合ったり論議したりすることで、多彩な研究に触れることができ、再び研究が楽しいと思えるようになりました。加えて、幸運にも笹川科学研究助成に採択され、「自分の研究が学外で評価されている！」という自信を持つことができ、研究のやりがいを再認識できたのです。これらのことことが励みとなつて、失敗してもあきらめない忍耐力が生まれ、研究の特徴や特色を生かすにはどのように研究を展開させていけばいいかを考えるようになりました。自分の研究と向き合うことで、研究の全体像を捉えるとこができるようになり、徐々に成果が出るようになりました。このつらい時期を乗り越えたことで、研究者としてやっていきたいという想いがますます強くなり、博士課程への進学を決意しました。

博士課程に進学して

私は一つの研究室にいると視野が狭くなってしまうの

ではないかと考え、他大学への進学を悩みました。指導していただいている先生に相談したところ、研究室に在籍し、しばらくの間、研究は農業生物資源研究所の竹澤俊明先生のところで行うことを勧められました。将来、行政の研究機関への就職も考えていた私は、先生のアドバイスに従い、農生研に向かったのです。研究所では農学的観点からの戦略で進められており、工学部の私にとっては大変目新しいものでした。実験では、ラットから胎仔を摘出したりと初めての作業が多く貴重な経験をさせていただきました。また農学部をはじめ、薬学部などのさまざまなバックグラウンドをもった研究者と論議できたことは私にとって財産になりました。さらに、研究者として生きる厳しさを教わりました。研究することに対してどんなに甘かったか知ると同時に、職業としての研究者は皆必死で研究していることを知りました。

この農生研での成果で、特許を出願し、論文を作成することができました。現在は福井大学に戻り、従来から行ってきた研究に従事していますが、工学部としての視点に加え、農生研で学んだ観点を加味して研究に取り組むことができています。

女性研究者として

現在では、女性がアカデミックで研究するのは厳しいといわれ、女性教授は全体の4%程度であり、特に理工系はさらに少ないとのことです。大変不安な現状ではあります。私は前例が少ないだけで基本的に男女差はないと考えています。修士の頃に女性であることを不安に思っていましたが、女性の先輩を見ていて、研究がしたいと思うなら女性だからと臆する前に挑戦するべきだということを教わりました。私は将来、工学系で研究を続け、若い女性研究者の目標になれるくらいに活躍できる研究者になっていきたいです。

最近、大学教員の女性比率の増加の動きや、理工学系女性研究者への支援など女性研究者への追い風が吹いていると感じることが多くなりました。今後研究者として今以上に女性にとってよりよい環境が広がっていくと考えています。

私がこれまで研究者を目指して続けてこられたのは、①チャレンジ精神、②忍耐力、③絶対あきらめない！という強い意志がすべてであったように思います。また、指導してくださった先生方との出会いは研究者としての転機であったと確信しています。今後は多くの先生方との出会いを大切にし、影響しあえる関係を築いていきたいと思っています。



なんのための研究開発？

幡多 徳彦



これまで、二つの大学と二つの企業でいくつかの研究開発を行ってきたが、いつも同じような質問を自身の心に投げかけている。それは、「なんのための研究開発なのだろう？」「どうしてこの研究開発をする必要があるのだろう？」というものである。

筆者は、修士号取得までいた筑波大学で「緑藻によるアスタキサンチン生産システム」に関する研究を行い、博士後期課程で在籍した大阪大学では「組織生産プロセスにおける細胞評価」に関する研究を行ってきた。それぞれの研究室は、扱う細胞も研究手法も異なっていたが、どちらも研究の目的は一致していた。すなわち、大学の研究においては一概に、指導教官の目的は学生の研究教育と研究成果の獲得（そして学術論文を発表すること）であり、学生であった筆者の目的は、手法や考え方の習得のほか、学位を取ること（これが大半の学生の本音）であった。

ちなみに、修士号を取得した筆者は一度、日東製粉（株）（現日東富士製粉（株））に就職し、「ミックス粉・冷凍食品」の開発に携わった。その後博士課程に進学し、修了後に入社したのが（株）メディネットである。ここでは、「細胞医療における細胞培養システム」の研究開発を行ってきた。筆者が経験したこの2社は、業種も開発スタイルも異なる。しかし、研究開発の位置づけは両社とも、経営者にとっては開発課題や先行投資であり、社員である著者にとっては業務・仕事である。

このように、「研究開発」と一括りに言っても、それに関わる立場や所属する組織によって目的や意味合いは多様であろう。しかし、頭脳や手を使って実際に研究開発を行う研究者・技術者には、どこに所属しようと、その目的として、必ず持っていてほしいことがある。それは“研究開発の本来の楽しさを実感すること”である。

組織（企業・大学）は、研究開発で得られた成果が社会にどう貢献し、評価されたかによって、その組織の社会での存在価値が決められるよう思う。そうなると、その組織で働く多くの人にとって研究開発は“仕事のため”となり、「生活のために、仕事として研究開発を行っている」と言う人も出てくるだろう。しかし、研究開発が生活のためだけの仕事であるなら、著者は仕事としての研究開発を勧めない。

大学や企業での研究開発において、人間関係や研究費

獲得といった環境面の苦悩は、多くの研究者・技術者が割り切れるものではないし、自らのスキルアップのためだといっても耐えられるものでもない。では、なぜそんな苦悩を抱えてまで研究開発を続けるのだろう。

著者が考える研究開発の本来の魅力とは、“ゼロからスタートし社会に新たなものを創造すること”である。この魅力に惹かれて、モノや理論などを社会に創造・創出することの喜びを実感することこそが研究開発の楽しさであり、この楽しさを体感することが本来の目的であってほしい。もちろん、研究開発に携わる目的は人それぞれ“自分自身の勉強のため”や“会社での出世”など、いっぱいあっていいと思う。しかし、そのうちの一つに、「研究開発本来の楽しさの実感」を入れておいてほしいのである。

また、研究開発の本当の醍醐味は、実験室で実験・開発を行っている過程においてではなく、ようやく手にした成果が実験室を飛び出し、社会にさらけ出されたときに初めて実感できるものだと思う。ほとんどの研究者はなんらかの組織に属しており、その組織内での評価を“出口”と錯覚してしまうかもしれないが、本来の研究開発の意義から考えれば、その出口は、いつでも、いかなる場合でも、社会における評価であると思う。

なお、“社会における評価”と聞いて、「大学では無理だ」とは思わないでほしい。大学は教育機関であり研究過程を重視する。したがって、得られた成果には、実社会に直結するものが少ないかもしれない。しかし、“今の社会”には直結していないくとも、“未来の社会”にはつながっている。だから学生の皆さんには、今取り組んでいる研究が“未来の社会”に何を創出できるか考えて、学会発表や論文を通して積極的に社会にアピールしてもらいたい。そして学校を卒業したあと、企業での研究開発に果敢に挑戦してほしい。企業は成果がすべてであり、その成果が重要となる。研究内容が学生のころと異なったり、社内外の諸要因で思いどおりにいかなかったりするかもしれないが（日頃、著者も感じています……）、企業での研究開発は、真の出口である社会を常に目指している。つまり、研究開発の本当の楽しさを実感する近道だといえよう。

さあ、真っ白な未来への道標を、自らの研究開発で創出してみませんか！



理系大学院における実務者教育； 米国 Professional Science Master's (PSM) と 横浜国立大学大学院工学府 PED プログラム



鈴木 市郎*・岡崎 慎司・小泉 淳一

生物工学分野に限らず、理工系の研究者・技術者を目指す学生にとって、企業での「ものつくり」に必要とされる資質とはどのようなものであろうか。またその資質を伸ばすために、大学院はどのような教育を提供できるであろうか。米国で最近「理数系におけるMBA（経営学修士）」として注目されている学位、Professional Science Master's (PSM) では、理数系における学際的な大学院教育に加えてビジネス関連の科目を受講し産業界で役立つ知識を得ることができる。本稿ではこのPSMについて概要を解説し、またこのPSMなどをもとに平成19年度より横浜国立大学大学院工学府が開始した新しい工学系大学院教育、PEDプログラムについて紹介する。

イノベーションを担うリーダーに必要な資質

21世紀の産業界における重要なキーワードのひとつに「イノベーション」がある。イノベーションを創出するために、企業は理系の高度な専門的知識を持つ人材を必要としている。しかし近年、企業が求める人材像と実際の理工系大学院の修士・博士修了者の資質との間に、少なからずギャップが存在するといわれている。(社)日本経済団体連合会教育問題委員会が2004年11月に報告した「企業の求める人材像についてのアンケート結果」¹⁾では技術系の学部・大学院生について、企業が期待するコミュニケーション能力と現実とのギャップが大きいことを指摘している。日本経団連が2007年2月に報告した「企業における博士課程修了者の状況に関するアンケート調査」²⁾においても、博士取得者の「専門知識・専門能力」「研究遂行能力」「論理的思考能力」などを高く評価する一方で、「コミュニケーション力」「協調性」「業務遂行能力」などには問題があるとされている。企業での研究は集団での研究となるため、研究の遂行に必要なコミュニケーション能力や協調性が求められる。また、研究の進捗状況などの管理すなわちプロジェクト・マネジメントの能力は、企業における研究ではより重視される。

2004年12月に米国 Council on Competitiveness がまとめた「INNOVATE AMERICAレポート」³⁾（通称「パルミサーノ・レポート」）は、イノベーションを21世紀における米国の成功を決定する最も重要な因子と位置づけ、次世代のイノベーション創出へ向けて米国のとるべき

き戦略を表した報告書である。この中で、21世紀のイノベーションは従来の單一分野における技術革新ではなく、学際的な、異分野の複合的な領域から生じると分析されている。ではイノベーションを創出するリーダーとなる研究者に求められる能力とは、さまざまな分野の学際的な専門知識だろうか。いや、むしろ求められるのは学際領域の知識を融合する能力、つまり異分野の研究者と適切にコミュニケーションを取り共同で研究を進める能力であろう。例えば、シリコンバレーにおける新産業創出を支える「土壤」としてしばしば指摘されるのは、エリア内の大学・企業の研究者が相互のラボに自由に入り出し一緒に研究を行う「入り浸り」の環境の存在である。背景や目的の異なる研究者同士が日常的に交流する環境が根付いていることにより、次々と新しい産業が創出されるといわれている⁴⁾。

Professional Science Master's とは⁵⁾

国内の多くの理工系大学院の教育では、コミュニケーション能力やプロジェクト管理能力などといった専門知識以外の教育は研究室での教官の指導や学生個人の努力に依存しており、授業形式の系統的な教育はあまり行われない。一方、米国では最近 Professional Science Master's (PSM) という新しい学位が注目されている。PSMでは理数系の学際的な領域での大学院教育に加え、プログラムの一部としてマーケティング、マネジメント、知的財産管理などのビジネス関連の科目を受講して産業界で役立つ知識を得ることができる。前述の「パルミサーノ・レポート」においても、イノベーションを担うリーダーの教育としてこのPSMの拡充を提言している。

PSMはどのようにして生まれたのか。企業で研究職に就くには大学院レベルの教育が求められるが、米国での理工系大学院の進学率は欧州やアジア各国に比べて低い⁶⁾。では、理系の大学院生を増やすにはどうするべきか。従来の理系大学院教育に対して企業の研究職を志す米国的学生が持つ不満要素として挙げられるのは、Ph.D.の取得に時間やコストがかかること、伝統的な大学院教育が学問的研究の後継者の育成を主眼としていて産業に役立つ知識があまり得られないこと、修士の学問的学位 Master of Science (M.S.) は（特に理学・数学系

*著者紹介、写真 横浜国立大学大学院工学府機能発現工学専攻（特別研究教員） E-mail: suz-1@ynu.ac.jp

の学生にとって)中途半端で魅力に乏しいこと、などである。一方、1980年代より米国ではMBAなどの社会人を対象とした職業学位(professional degrees)を取得する大学院教育が成功を収めていた。そこで1995年にNational Academy of ScienceのCommittee on Science, Engineering, and Public Policy(COSEPUP)が「芸術・科学分野の大学院における、Ph.D.に代わる、より短期に取得できる新しい学位の創設」を提案し、それを受けて1997年に「理数系におけるMBA」の確立を目指し、Alfred Sloan財団らの主導で科学・数学分野における魅力ある新しい上級学位のプログラムとしてPSMが提案され、組織的な支援が開始された。

2007年現在、PSMは全米54大学で112のプログラムが実施されている。プログラムの内容はバイオインフォマティクス、計算化学、環境マネジメント、ファイナンシャル数学など、学際的な分野が主である。各プログラムはこれらの大学院修士レベルの専門教育に加え、ビジネス・法律などの授業、コンピュータ・情報系の授業、インターンシップなどを含む。特にインターンシップなどの実務経験は重視されている。各大学のPSMプログラムはそれぞれ地元企業によるIndustrial Advisory Board(IAB)を組織し、これらIABの企業はプログラムへの提言やビジネス科目の選定を行うだけでなく、プログラムと連携して短期～長期のインターンシップを実施し、さらにPSM修了者の就職先を提供する。このようにPSMでは産業とのかかわりが重視されている一方、伝統的な研究室内での研究、修士論文の作成は課されないことが多い。PSM修了に必要な要件は、単位取得とインターンシップなどのレポート、修了試験である。これはPSMがMBA同様、必ずしも学術的新規性を問わない「職業学位」であることによる。ただし、MBAと異なりPSMは入学に際し就業経験は必要ない。2002年に最初の修了者が出て以来、2005年12月の時点でのべ1300名以上がPSMに在籍し、500名以上の修了者を輩出しており、修了者は全米の大手民間企業や政府機関、研究所などに通常の修士よりも若干高い初任給(単独専攻の修士ではなくダブルメジャーの修士相当)で採用されている。

PSMのビジネス科目

PSMで学ぶビジネス科目とはどのようなものか。PSMのビジネス科目は、PSMプログラムが独自に用意しているものもあるが、多くの場合は同じ大学内でMBAなどに開講されている科目を利用している。PSMで履修できるビジネス科目は例えば、管理会計、経営組織論、フィンансビリティ・スタディ、テクニカル・ライティング、確立・統計、プロジェクト・マネジメント、知的財産管理などである。筆者らは2005年に、ケースウェスタンリザーブ大、イリノイ工科大、南イリノイ大、サンディエ

ゴ州立大、サンノゼ州立大、スタンフォード大の7つの大学のPSMプログラムをそれぞれ視察し、授業の見学や教官・学生へのインタビューなどを実施した。MBAの授業を履修することはPSMの学生と教官の双方で評判が良く、学生は理系の大学院では得られない刺激を受けられること、教官は学生のコミュニケーション能力などが上昇する(その結果、他教科の成績も上昇する)ことを主な理由として挙げている。「企業で研究を行うにはどのような素質が必要か。まず、どのような研究を行うかを決めるための研究者同士の話し合いにおける技術的なコミュニケーション能力。研究の対象が決まったら、それを効率よく進めるためのプロジェクト・マネジメント能力。研究が完了したら、知的財産管理。これを理数系大学院のプログラムで提供した結果、我々は成功した。」これはイリノイ工科大のPSMプログラムを立ち上げたM. Ishaque Khan副学科長の言葉である。イリノイ工科大のPSMは4つのPSMプログラムに200名以上が在籍する、最も成功したPSMのひとつである。

コミュニケーション能力

PSMの視察で興味深かったのは、コミュニケーション能力に関する教育である。PSMに限らず一般の大学院の授業でも、授業でのクイズ形式の討論、プレゼンテーションからディベートまで、学生は頻繁にコミュニケーション能力の発揮を求められる。彼らのプレゼンテーションのスタイルから、米国の学生が系統的なプレゼンテーションの訓練を受けていることが感じられた。イノベーション創出を目指して異分野の研究者・技術者と交流するには、サイエンス・コミュニケーションあるいはテクニカル・コミュニケーションと呼ばれる能力、すなわち科学・技術的に適切な語を用いつつ分かりやすく自分の意見を述べる能力が必要である。米国の大学におけるテクニカル・コミュニケーションの教育では、データの取り方やレポートの書き方、学会発表、企業でのプレゼン、WEBやメールの書き方など、幅広い技術を学ぶ。最近は日本でもようやくこの分野の教科書が出版されつつあるが、PSMの視察を行った2005年当時は国内では大学でのテクニカル・コミュニケーション教育に適した教科書はほとんどなく、テクニカル・コミュニケーションといえば取扱説明書の作成法を指南したものばかりであった。先に述べた日本経団連の「企業の求める人材像についてのアンケート結果」では日本の学生のコミュニケーション能力について、「相手の意見や質問をきちんと踏まえたうえで、自分の意見をわかりやすく述べができる」とことに対して企業の期待と学生への評価とのギャップが大きいと指摘している。従来の大学院教育では専門家を対象とした学会などのプレゼンテーションや論文の書き方は指導されるが、企業で研究するには専

門家ではない人々（異分野の技術者、企業の上層部から消費者に至るまで）にもわかりやすく説明できる能力があることが望ましい。

横浜国立大学大学院工学府のPEDプログラム⁷⁾

横浜国立大学では上述したPSMの視察および、英国で行われているEng.D.と呼ばれる博士課程でのビジネス教育を融合した工学系教育（長期インターンシップ型の共同研究、ビジネス科目の受講など、PSMの博士版）の視察を平成17年度文部科学省「大学教育の国際化推進プログラム」海外先進教育実践支援事業「イノベーションを志向した工学系大学院教育」によって実施した⁸⁾。その成果をもとに、「実務家型技術者・研究者」を養成する新しい大学院教育プログラム「ヨコハマ方式大学院教育PEDプログラム」を平成19年度より開始した。PEDは“Pi-type(π型)Engineering Degrees”を示す（当初、Professional Engineering Degreesの頭文字より構想したが、資格名称との混乱を生じないよう配慮された。取得する学位は特別な職業学位ではなく通常の修士（工学）、博士（工学）である）。異分野融合型の問題解決能力を涵養するために、半年～1年単位の異なる課題解決型教育（授業、研究、インターンシップなど）を「モジュール」とし、これを複数履修して各モジュールの学習成果を集積したものを評価し学位とする。共通する授業科目などを横棒に見立て、各モジュールを縦棒に見立てて縦棒を複数組み合わせた形を「π型」と称した。これに対し、従来型の大学院教育は「T型」と称している。

学生は複数研究室の関連したモジュールを履修して学際的な能力を高めることもできるし、ひとつの研究室で複数のモジュールを受け続けることも可能である。PEDプログラムの特徴はこれらモジュール形式の教育だけでなく、横棒の内容、すなわち共通科目としての英語プレゼンテーション、技術者倫理、プロジェクト・マネジメント、リスク・マネジメントの各科目に加え、国際社会科学研究科で実施されている経営関連科目を受講できることにある。また、モジュールに連携したインターンシップを行っており、IABや大学の包括提携企業などと協力してモジュールの課題に即したインターンシップの実施を試みている。実務家育成を目指すPEDプログラムでは当然、社会人修士・博士への配慮もなされており、授業

の夜間・土日開講などにより短期間での博士号取得も可能である。また、PEDプログラム向けの科目の一部は公開講座に組み込まれており、社会人（あるいは産業に興味を持つポスドク）も利用することができる。このような学際的な課題解決型能力を涵養する環境と産業を意識した教育課程によって、従来型大学院教育とは異なる「実務者型技術者・研究者」として高い意識を持つ学生を送り出すこと、また実践性の高い社会人教育サービスを提供することを目指している。

研究の先に産業はあるか

これまで米国のPSMおよび横浜国大のPEDについて紹介してきたが、経営学などの知識を得れば産業界で活躍する研究者・技術者になれる、と言いたいわけではない。紹介したイリノイ工科大のKhan副学科長の言葉は、少々アレンジすれば学問的研究に必要な資質にも通じる。これは他の方からの受け売りであるが、産業界を目指す理工系の学生に最も求められる資質は「研究の先に産業がある」ことを知ること、ではないだろうか。学問的研究であれば、「研究の先に新しい知がある」ことが求められる。その「出口」の違いを意識すれば、研究者・技術者として進む道は自ずから見えてくるだろう。

本稿で紹介したPSMの視察は、文部科学省平成17年度「大学教育の国際化推進プログラム」の助成により行われた。

- 1) 日本経済団体連合会教育問題委員会：企業の求める人材像についてのアンケート結果(2004).
- 2) 日本経済団体連合会産業技術委員会産学官連携推進部会：企業における博士課程修了者の状況に関するアンケート調査結果(2007).
- 3) Council on Competitiveness: Innovate America-Thriving in a World of Challenge and Change (2004).
- 4) 中村一穂：平成16年度海外先進教育研究実践プログラム実施報告、横浜国立大学(2006).
- 5) <http://www.sciencemasters.com/>
- 6) National Science Board: National Science and Engineering Indicators 2006, vol.1, Appendix table 2-37, National Science Foundation (2006).
- 7) http://www.eng.ynu.ac.jp/jpn_in/
- 8) 横浜国立大学：「イノベーションを指向した工学系大学院教育」報告書(2006).



医工連携の現場から

宮本 義孝



再生医療をはじめ、胎児外科治療、遺伝子治療、臓器・細胞移植などの先端医療を社会に生かしてゆくためには、医師と工学研究者との相互の理解が必要不可欠です。現在私も、医学と工学が相互に連携した学際領域に関わっている一人であります。今回は「生物工学研究者の進む道」に寄稿する機会を得ましたので、著者の今までの研究と経験を踏まえて、医工連携研究の現場を、研究者の卵である学生の皆さんへ紹介させていただこうと思います。

大学での基礎研究

私が医学に興味を抱き、研究の道に進むきっかけとなったのは、マラリアに関する基礎研究でした。マラリアはエイズ、結核と並ぶ三大感染症のひとつで、全世界で年間150万人から270万人の生命が奪われています。現在用いられているマラリアの特効薬としてはクロロキンが挙げられますが、多剤耐性の問題もあり、有効なワクチン開発が急務です。その中で私が行った研究は、マラリアの流行地に赴いた医師が患者から血液を採取し、その血液中に含まれるマラリア原虫の遺伝子多型解析を行い、将来有効なワクチンを開発するためのターゲットとなりうるものを探索することでした。マラリアには非常に興味を持ちましたが、工学部での専攻が化学であったこともあり、「化学の知識や技術を医療分野に直接応用したい」という考えを強く抱き、奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科に進学しました。大学院では、特に生体高分子（核酸、糖鎖など）から合成高分子（ポリオレフィンなど）にいたるまで、材料に関わる幅広い研究を行いました。

医療機関での医工連携研究

大学での勉強期間を終え、平成16年の夏に、国立成育医療センター研究所移植外科研究部の絵野沢伸室長の下で、再び医学に関わる基礎研究を行う機会を得ました。このセンターは胎児から小児、思春期を経て出産に至るまでのリプロダクションサイクルを対象とした総合的かつ継続的な医療、研究を行う機関です。

その中で私は、創薬基盤としての公共的ヒト組織バンクを中心とした、肝組織・細胞の研究利用システムの構築に関する研究を行いました（主に、ヒト肝組織・細胞

の長期保存方法、薬物代謝試験および創薬ツール開発など）。近年では、創薬研究をはじめ多くの医学生物学分野で、ヒト由来する組織・細胞の利用は大きな広がりを見せてています。ヒト由来組織・細胞の研究資源は、医療行為の余剰として提供されるものを用いており、きわめて希少な資源です。しかしながら、同時に必ずしも研究に適する品質ではなく、また研究計画と組織・細胞提供のタイミングが合うとは限らないため、研究に適するよう加工し予定実験のために保存する必要があります。そのため、私は細胞が本来有する機能を保つつつ、長期間安定保存して供給するための方法について研究開発を行いました。特に、凍結保存がきわめて難しいヒト肝細胞に対して、凍結保存液の選定や凍結方法などを組み合わせることにより、従来よりも、質の良い細胞を保存することに成功しました。品質の高い細胞の保存と供給が可能となれば、ゆくゆくは細胞移植などの臨床へ応用できるようになるだろうと期待しています。

医工連携研究と倫理的配慮

医工連携による研究開発は、最終的に前臨床試験を経て臨床試験に進み、数多くの医療現場で利用されることが望まれています。この目的を達成するためには、患者さんやボランティアの方々のご協力を得て、倫理的な配慮のもと、臨床試験を行わなければなりません。当然、医療行為での安全性とその研究の必然性がない限り、臨床研究はもちろん臨床基礎研究も絶対に行ってはいけません。私も、臨床基礎研究に携わる研究者の一人として、そのことを心に刻みながら研究を行っています。

先のヒト肝細胞研究では、(NPO) HAB研究機構¹⁾を通じて、米国から輸入した移植不適合肝から分離した細胞を使用させて頂きました。ここであらためて肝臓をご提供頂いたドナーの方々に深く感謝の意を表します。

医工連携によるトランスレーショナルリサーチ —最先端医療機器の開発—

現在、情報があふれているこの時代において、多種多様な学問が創出されています。20世紀初頭から物理学、化学、生物学、情報学とトピックが移りながら科学技術は発展し、いまやそれらを統合した学問、すなわち学際領域の研究が盛んに行われています。特に、21世紀に入

り、今日の科学技術の発展を基礎とした医学の発達は目覚しいものです。事実、日本国内でも、医学や工学などの基礎研究で得られた成果を実際の医療に応用できるよう発展させる「トランスレーショナルリサーチ」が数多く行われています。その一例として、国立成育医療センター特殊診療部の千葉敏雄部長らが中心となり研究開発を進めている、超高感度内視鏡の開発について紹介いたします²⁾。

近年、3次元超音波装置やMRI（磁気共鳴画像）装置などの医療機器の進歩により、生まれる前の赤ちゃんの病気を診断することが可能になりました。そして、出生前診断から病気と判定された赤ちゃんの死産などを未然に防ぐために、妊娠中に治療する「胎児治療」が急速に広がってきました。この胎児治療を実現するための医療機器は、当然、通常の外科系手術で用いる内視鏡などに比べてより低侵襲かつ安全でなければいけません。というのは、一般の患者一人に対して行う手術に比べて、母体と胎児の両者のリスクを考え、侵襲を最小限に抑えなければならないからです。これらの問題をクリアするためには、内視鏡を小型化、軽量化、高感度化することが必要で、これにより、母体や胎児に対して手術をより正確に安全に行うことができます。これらを実現するために、日本放送協会（NHK）放送技術研究所が中心となって開発した技術を内視鏡に導入し、国立成育医療センターとの医工連携研究が始まりました。このように、医工連携によるトランスレーショナルリサーチは医療・研究機関、大学、企業の間で活発に行われ、一定の研究成果を得ています。以下、私の医工連携の現場での経験について触れることにいたします。

医工連携研究の現場から

平成19年の夏から、国立成育医療センター特殊診療部に所属が変わり、千葉部長の下で医工連携研究に携わっています。本研究室では、さまざまなバックグラウンドを持った医師（小児外科、小児科、産婦人科など）と工学研究者（情報科学、機械、生物、化学、物理など）が一体となり、「胎児期の外科治療技術の確立」を目指して、内視鏡の開発を中心として臨床で実践できるものづくりを日々行っています。

実際の医療への応用を考えた時に、化学を学んできた私が一番強く感じることは、医師と基礎研究者との間には、どうしても考え方のギャップが生じてしまうことで

す。そのギャップをいかなくすかは、日頃からのプレゼンストーミングによるディスカッションが非常に重要な要素となります。ここでは、医師から現在の医療状況や治療方法を聞くことにより、その場で実用化や臨床への応用に向けた研究の方向性が決定できます。そして、医師と研究者が一緒に実験を行い、その場で問題点を解決しながら、効率よく研究開発を進めてゆきます。当然ながら、基礎研究の重要性は言うまでもありませんが、臨床への応用には、医師と工学研究者との現場でのコミュニケーションが一番の近道だと私は思います。

生物工学を志す学生へのメッセージ

先端医療を発展させるためには、医師と工学研究者の相互の協力が必要であり、実際に得られた研究成果を医療分野で実用化するためには、医療現場の現状や問題点を理解しなければいけません。この現状を知ることが、医工連携によるものづくり開発の過程で生じた問題点を解決するための第一歩となり、新たに有用な技術を創成することにつながります。そして、これらの新しいアイデアを生み出すためには、学生自身が独自の研究分野を確立する必要があります。すなわち、大学時代に生物工学をはじめとする基礎科学をしっかりと学んだ上で、はじめて医学研究などの応用研究に活かされると私は思います。私自身、大学院時代にじっくりと材料分野に関する研究を行ってきたことが、今日の医学研究を進める上で役立っています。そして、多くの研究分野がある中でも「生物工学」は、遺伝子組換えをはじめとする医学が発展する上での有用な技術を数多く開発し続けています。

今後、生物工学をさらに発展させるために、医療に関わるものづくりに興味のある学生の皆さん、医療現場を少し覗きに来て見ませんか。そうすることで、将来自分が目指すべき道が開けるかもしれません。自分から医療分野にアプローチすることを難しいと考えず、興味があつたらすぐ行動してみてはいかがでしょうか。

最後に、医工連携研究を行うにあたり、多くの方々にご協力をいただきました。特に、国立成育医療センターの医師、研究者、スタッフの方々に感謝致します。

1) <http://www.hab.or.jp/>

2) 石山昭彦ら：炎症と免疫，16, 15 (2008).



今、遺伝カウンセラーとして

安藤 記子



読者の皆様は「遺伝カウンセリング」という言葉をお聞きになったことがあるでしょうか。遺伝学的な研究解析手法が急速に発展するのに伴い、私たちの身体に関しても「遺伝子」の働きが及ぼす影響が明らかとなってきています。このような遺伝医学の急速な発展に伴って遺伝カウンセリングの重要性が認識されるようになってきています。「遺伝カウンセリング」とは、米国において始まった概念であり、わが国でもさまざまに定義されています。それらをまとめると「遺伝医療を必要としている相談者（クライエント）に対して、遺伝医療に関する専門家（臨床遺伝専門医や認定遺伝カウンセラーなど）がクライエントの問題を理解し、適切な遺伝情報や社会の支援体制などを含むさまざまな情報提供を行い、心理的・社会的サポートを通して、クライエントの自己決定を支援し、健康管理や人生設計に役立てられるよう援助すること」となります。「第一子が遺伝性疾患であるが、次の子はどうなの？」「いとこ婚はよくないって聞いたのだけど、そうなの？」「高齢出産になるのだけど、遺伝的なりスクって何？」……と、遺伝カウンセリングにおける相談内容はさまざまです。読者の皆様は、「遺伝子」や「遺伝」についてご存知の方が多いかと思いますが、一般人は「遺伝子」「遺伝」という言葉は知っていても、それがどのようなものであるのかについての知識は少ないものです。

遺伝子研究から遺伝カウンセラーへ

私は農学系大学院修士課程修了後、食品会社で研究員として勤めていました。食品微生物における遺伝子の機能解析や食品開発への展開を視野に入れた研究開発をしている中で、「パブリックアクセプタンス」について考えさせられるようになりました。自分たちの研究成果がいいものであると思っていても、それが一般消費者にとってもいいものであるかどうかは別物であり、その基盤にあるものは「一般消費者がその技術や利点を誤解なく理解してくれるか」というところにもあるのではないかと考えたのです。私は、大学院から社会人にかけて、遺伝子に関わる研究に携わっていましたので、遺伝子や遺伝についての情報をわかりやすく一般の人に伝える役割を担ってみたいと思うようになりました。実際、遺伝理解に関する海外における研究報告で「遺伝子は身体の中の

どこにあると思いますか？」という質問に対して「Everywhere/All over body/Each cell」と答えた人が35%弱だったのに対し、「Brain/Mind」と答える人も20%強いました。もちろん、この結果だけで一般人に遺伝の知識がないというわけではありませんが、わからないことが多いというのは明らかな事実だと思います。医療の領域では、遺伝子診断や出生前診断など、ある一時の決断がその後の人生を左右することもあり、クライエントが遺伝や遺伝学的検査に関する情報を正しく理解することの重要性は高い分野であると思います。

私自身は昨年秋に認定遺伝カウンセラーの資格（日本人類遺伝学会および日本遺伝カウンセリング学会の共同認定資格）を取得しました。現在、大学院の博士課程に所属しており、現場で働いているわけではありませんが、研究などでお会いした方や患者さんの想いなどを聞かせていただく中からも、遺伝カウンセラーのできることについて考えさせられます。がんの患者さんの中には、がん患者さんが家族に多い方がいて、中には優性遺伝性疾患の形式で遺伝するタイプがあります。患者さんは遺伝のことについては素人である場合が多いので、「家族に癌が多いので、自分もなると思っていた。」と話されたり、逆に「家系にはがんの人がいないので、自分は関係ないと思っていた。」とおっしゃる方もいます。実際のところは、それぞれの家系における情報をきちんと入手し、今までの知見を含めて、適正な情報を提供することが必要となります。また、情報を加え、それから派生する心理的問題も多々あり、特に疾患を患うことからくる特有の不安など（遺伝に関係ない）にも対応していかなければなりません。これらは別々に派生するものではないのです。例として、癌領域における話を挙げましたが、遺伝情報が疾患に及ぼす影響は、すべての診療科において問題として取り上げられ得るべきものであると考えます。クライエント一人一人の遺伝に対する考え方や感受性、事前の知識、理解力、不安の大きさ、医療に対する信頼感などはさまざまで、それらを総合的に判断し、そこから発生する心理的問題・倫理的問題も考慮に入れて、クライエントと医療者が十分に話し合った上で、その後の対応について考えていく必要があります。まだ新しい分野ですが、なすべき役割が大きいことを実感しつつ、勉強・研究に励む毎日です。



企業での研究という選択肢

有村 英俊



皆さんはどのような想いを持って大学院に進学され、また研究をされているのでしょうか。大学院修士課程への進学があたりまえの時代にはなりましたが、博士課程へ進学する人はまだ数が多いとはいえない。また、進路となると博士課程の学生は選択肢も少ないので現状だと思います。ここでは、私が博士号取得後に企業に入社した動機と、企業での研究で思うことを書きたいと思います。雑駁な話になることをご容赦下さい。

進路～大学か企業か～

私は関西大学で大内辰郎教授・大矢裕一准教授の指導の下、医用材料への応用を目指した乳酸系高分子の合成に関する研究を行っていました。ベースは高分子合成ですが、ターゲットがドラッグ・デリバリー・システムの素材や再生医療における吸収性足場材料だったので、高分子化学だけでなく、医学や生物学など幅広い分野を学ぶ機会を得ました。再生医療というと、「細胞・吸収性足場・成長因子」の3点セットが重要であることはみなさんが存知だと思います。私が大学で研究していた頃はES細胞フィーバー真っ只中で、どの雑誌を見てもいかに分化を制御するのかということが最先端のトピックスであり、「論文はたくさん書けるけど、実用化という観点からすると遠いなあ」という印象を私は抱いていました。私自身は「研究を通して世の中に役立つカタチあるモノを送り出したい」という想いが強く、進路を考える上で企業への就職を重視していました。

博士課程の学生の場合、進路の選択肢は限られているように思います。選択肢としては①大学教員の空きポストに入る、②ポスドクでスキルアップ、の2つが主であり、企業という選択肢は小さいかもしれません。しかし、「カタチあるモノを世に送り出したい」という想いが強い私は、大学でのスキルを活かせるということもありメーカーであるグンゼ株式会社を志望し、入社することができました。

企業での研究

みなさんが「グンゼ」と聞くと何をイメージされるでしょうか。メンズやレディースのインナーなどを思い浮かべるのではないでしょうか。もちろん繊維製品はグン

ゼの主力製品ですが、実はそれだけではありません。包装用の高機能プラスチックフィルム、フッ素樹脂やポリイミドを利用したエンジニアリングプラスチック製品、タッチパネルなどの電子部品、そして、吸収性縫合糸や人工皮膚、吸収性骨接合材といった吸収性素材に特化したメディカルデバイスなど、幅広い分野に製品を提供しています。

私が所属している研究室では、主にメディカルデバイスの製品開発や生産現場の技術開発を行っています。ここでは企業での研究活動を行う中で学生時代にはなかつた感覚をひとつ紹介したいと思います。

<プロダクトアウトとマーケットイン>

プロダクトアウトとは、研究から製品を考え出すことで、マーケットインは市場の要求を形にする研究と言えるかと思います。アカデミックでは、各研究室固有の技術を基に、教員の興味対象が研究テーマになっていると思います。論文執筆もグラント獲得も教員が描いている絵が基本です。企業の場合は「市場（お客様）が何を求めているのか」と「自社の技術・戦略」、「他社の状況（既存品や特許などの知的財産）」などを考慮して研究テーマが選定されます。

どちらが正しいという話ではなく、研究を進める上ではどちらの視点も重要なと思います。最終的には「自分の強み・想い」と「相手の望むもの」がマッチングして初めて社会的意義のある研究ができるのだと思います。

博士課程の学生にとって、企業への就職は増えてはいるものの選択肢は限られており、まだまだ困難な時代だと思います。ただ、一度外に出て企業で研究してみると、アカデミックとは異なる研究面での難しさ・厳しさ（精度・安全性・納期・コストなど）を体験でき、「何が世の中に貢献できるのか」ということを考えるという感覚も身につくのではないかでしょうか。また、経営的な視点は企業に限らず今後どこで研究するにしても求められるものになっていくと思います。

企業で研究をしてみたいと思っている方の中でグンゼに興味がある方、またメディカルデバイスや再生医療に興味のある方はご一報下さればと思います。



若手研究者がキャリアパスを描く上で必要なこと

奥井 隆雄



科学技術と社会との関わりが深化・多様化する中で、科学技術に関する高度な専門性を有する人材が社会の多様な場で活躍することが期待されている。しかし、ポスドクなどの若手研究者のキャリアパスが不透明であり、大学・公的研究機関からの人材の流動が円滑に進んでいないことが問題となっている¹⁾。

この問題の解決のために、若手研究者各自が、自分たちの置かれている状況を客観的に捉え、冷静に自分自身の将来について考えるきっかけをつくることが大切なではないかと考えている。そのため、大学院博士課程在学時の2003年から「博士の生き方」²⁾を主宰し、これまで、大学院および科学技術に関する統計情報の収集・整理とウェブサイト上での公開を行ってきた。また、若手研究者のキャリアパスを考える上で課題を把握するために、若手研究者のキャリア意識調査³⁾とキャリアパスに関する意見交換会を行っている。

その結果、若手研究者各自が「自分は何のために研究を行うのか」という問いに真摯に向き合うことが、研究者としてキャリアを描いていく上で必要なのではないかと考えている。ここでは、これまでの調査を踏まえて提言を行う。

社会がライフサイエンスに寄せる期待

ライフサイエンスは、その基礎科学の発展が産業応用に結びつくことにより生活の向上や経済の発展に大いに寄与するのではないかと期待されている。この期待から、平成13年3月に閣議決定された第2期科学技術基本計画^{注1)}の中で、ライフサイエンスが重点的に推進すべき4分野の一つに選ばれた。また、平成14年7月から産業競争力の強化と国民生活の向上を目的としたバイオテ

クノロジー戦略会議が当時の内閣総理大臣・小泉純一郎により催された。平成14年12月にはバイオテクノロジー戦略大綱が取りまとめられ、バイオテクノロジーが2010年には25兆円規模の産業を生み出すといわれていたのは記憶に新しい。このように、ライフサイエンスは、基礎科学としての知的好奇心はもちろんのこと、生活面や経済面での期待など社会活動とのさまざまな関連で語られてきた。

このような期待は、大学、産業界に大きなインパクトを与えた。それは、平成14年以降のライフサイエンスに関する教育・研究を行う大学・学部の増加（平成13年：603学部→平成18年：753学部）とライフサイエンス関係の研究を行う企業（平成13年：217社→平成18年：351社）の増加となって現れた⁴⁾。

研究者数についても、大学・公的研究機関に所属する研究者数が平成13年の7028人から平成18年の8314人に増加し、企業研究者数に関しても平成13年の5115人から平成18年の6165人に増加をしている⁴⁾。

また、表1に示すように、生物系においては大学・公的研究機関に所属する研究者数が、企業研究者数に対して多い現状にある。一方で、企業研究者数は、自然科学系研究者全体では大学・公的研究機関の研究者数の2.5倍、化学系・工学系においては7倍、数学・物理系で2倍近くになる。

生物系においては、大学・公的機関の研究者数の増加により基礎科学の進展がなされている。今後は、企業研究者数のさらなる増加によって、産業応用も進んでいくのではないかと考えている。

そのような方向に向かうために、学生・学会・社会に何ができるのかを考えたい。

表1. 専門別研究者数（人）（平成18年）

	全体（自然科学）	生物	化学	数学・物理	工学
大学	179,865	5,840	4,564	11,157	48,273
公的研究機関	43,070	2,474	3,688	2,767	14,927
企業	514,713	6,165	54,981	20,583	393,769

※「大学」における研究者としては、教員のほかにポスドク、博士課程の学生を含む
科学技術研究調査報告（総務省統計局）

若手研究者のキャリアパスを描くのは誰か

昨年12月に、若手研究者のキャリアパスについての意見交換会を大阪で行った。その対話の中では特に厳しい意見として、ライフサイエンスに限らず複数の分野の教員・博士課程修了者から、学生が現在の研究以外のことに対する興味をもつことを嫌がる教員が多いということが述べられた。その理由として研究におけるゆとりが減少しているためとのコメントがあった。

生物系博士課程を修了後、今春企業に就職した方は、自分の学生時代を振り返り、研究室内で、自分の将来について学生やポスドクに相談をしたときに、アカデミックの世界でいかにして成功をしていくのかということについて考えを聞くことはできたが、それ以外の選択肢を聞くことはなかったと語っている。また、会社のリクルーターとして研究室を訪問させてほしいとかつての指導教員に相談をしたときに、学生を研究以外のことで煩わせたくないとの理由で断られたとも語っている。

このような環境におかれることは、学生のキャリア選択の幅を狭めるとともに、キャリアパスのイメージを貧弱にさせ、多くの若手研究者が大学・公的研究機関に留まり続けることにつながっているのではないかと考えている。

学生がキャリアの幅を広げる上で大切なことは、学生の一人一人が、研究の合間に、自分の将来を考えたり、周囲の仲間と将来について話をしていくことではないかと思う。そして、それだけではなく、自分の将来へのイメージを広げ、深める上でメンターやピア^{注2)}との積極的な出会いも有効なのではないかと考えている。それは、研究室の教員や先輩・後輩かもしれないし、学会などで知り合った先生や企業の人かもしれない。

学会に期待すること・社会に期待すること

学生が、自分自身の将来を考える上でのきっかけ作りは、学会や社会にもできると考えている。学会は大学や産業界などさまざまな立場から同じ分野の人たちが集まる場である。そのような場で学術的な進歩だけに留まらない、研究分野が抱える問題や期待、産業化に向けての展望などさまざまなコミュニケーションの場が設定されれば、それぞれの立場との相互理解がなされていくと考えられる。それは、学生が自らの将来を考える上でとてもよい刺激になるはずだ。

また、企業は学術的な研究成果が何段階かのプロセスを経てサービスや製品として社会に還流される場である

が、製品化のプロセスは基礎研究に関する学生にとってはブラックボックスのように見えるだろう。そのため、大学で基礎研究を経験してきたことが、企業でサービスや製品の開発を行うことどのようにつながるのかを知る機会を積極的に設けることが重要であると考える。インターンシップや就職説明会はそのためのよい機会となるのではないだろうか。

そして、職業人である個々人としては、先輩としてたまに出身研究室に遊びに行き、自分がどのような職業生活を過ごしているのか、それをどのように感じているのかを後輩たちに話すことが、彼らが自分のキャリアを考えるきっかけを与えることにつながるのではないかと考える。

自分のキャリアは自分で考え求めていかなければいけないものである。しかし、学生が自分の将来を考えることを、いろいろな立場・視点から支援していく環境が形成されることは、より豊かなキャリアを描いていく上で有益なのではないかと考えている。

注1) 科学技術基本計画：平成7年11月15日に公布、施行された科学技術基本法に基づいて策定された、科学技術の振興に関する施設の総合的かつ計画的な推進を図るための基本計画。

注2) メンターは、「より経験を積んだ年長者」という意味であり、若者の職業人としての発達、アイデンティティーの確立を促すものとされている。ピアは「同僚」という意味であり、仕事・学習における相互支援だけではなく、交流の中で研究やそれ以外への関心を広めたり深めたりと将来のキャリアへの探求を深めていくことにつながることもあるといわれている。メンターとしては、すでに職業生活に入っている大学の先生や卒業した先輩、学会などで知り合った先生などが候補となりうる。ピアとしては、研究室の学生やその他の同じ研究分野の学生などが候補となりうる。

文 献

- 1) 平成19年度版・科学技術白書、第3章 科学技術システム改革。
- 2) 「博士の生き方」(<http://hakasenoikikata.com/>)
キャリア意識調査の詳細：
<http://hakasenoikikata.com/question03co.html>
今年度、広島と大阪で、筆者の呼びかけに応じた教員、ポスドク、学生、企業人（博士）の方々で行った意見交換会の報告：
http://hakasenoikikata.com/zadankai_report05.html
http://hakasenoikikata.com/zadankai_report07.html
- 3) 奥井隆雄：化学、62, 32 (2007).
- 4) 総務省統計局：科学技術研究調査報告（平成13年～平成18年）。



国際生物学オリンピックの育むもの ～次世代研究者への夢と期待～

小林 興



国際生物学オリンピックとは？

国際生物学オリンピック（International Biology Olympiad : IBO）は、高校生を対象として、生物学の理論問題と実験問題への取り組みをテストするものである。生物学への興味、発明の才能、創造性、忍耐力が必要とされる。各加盟国は、国内コンテストで選ばれた4人の高校生を国の代表として参加させることができる。理論問題で出題される分野は、細胞生物学（20%）、植物解剖学と生理学（15%）、動物解剖学と生理学（20%）、行動学（5%）、遺伝学および進化学（15%）、生態学（15%）、生物系統学（10%）である（カッコ内の%は配点の割合を示す）。

その目的はIBOに生物学的才能のある学生を集め、彼らの才能を伸ばし、将来の科学者を育て、生物学の才能の損失を防ぐことにある。また、IBOは素晴らしい価値のある学問として生物学に焦点を当てている。動物行動学と生態学のような多くの生物学的話題、特に自然保護や環境保全のようなテーマは、生物社会における生物学の重要性を強く示している。IBOはさまざまな国における生物学のシラバスと教育的動向を比較する機会を提供し、生物学教育を国家レベルで改善するための、有益な情報を提供している。

IBOに参加することの意義と若者の人材育成

日本の若者が世界に羽ばたくことは日本の将来のために重要なことであり、若者の人材育成は不可欠である。このような背景の下に、国際生物学オリンピックに参加することの意義と人材育成について私は次のように考える。

1) 参加できる生徒は1年間にわずか4名であるが、高校生が世界に向って羽ばたくことは日本の将来にとって重要であり、高校生に夢と希望を与えることができる。

国際化の中で日本の島国根性だけではすでにやっていけないことは明らかである。世界を見つめ世界のレベルで物を考えることが、次代を担う高校生には特に大切である。国際生物学オリンピックは世界の高校生が参加して行われる一大イベントであり、これに参加する学生は必ず強烈なインパクトを受ける。また、国際大会に参加できるのは毎年わずか4名であるが、そのための選考は生物

チャレンジとして国内のすべての高校生が参加することができ、高校生の生物学に対する意識を高めることができる。この点から見ても高校生にとっては有意義である。

2) 一律な平等教育から個性を伸ばし、知的好奇心旺盛な人材を育成することができる。

皆が同じであるという教育はどこか違和感がある。生徒の能力は皆同じではないし、それぞれの生徒がそれぞれの個性を持っており、能力も異なっている。それゆえに個人個人の存在価値があり、個人の特性を發揮することがその人が「生きる」ということになるのだと思う。個人個人の違いをお互いに認めあうことによって社会は成り立つのだと思う。個人の能力を十分伸ばしてやる教育が日本では欠けており、国際生物学オリンピックを通して日本の将来に活躍する若者を育てることができる。

3) 医学・生理学分野におけるノーベル賞が少ない日本にとって、若者を育てる良い機会となる。

現在、日本人の自然科学におけるノーベル賞受賞者は9人で、物理学分野4人、化学分野4人、生物学分野1人である。しかも、生物学分野は利根川さんで、彼はスイスのバーゼルの研究所で行った免疫抗体の遺伝的原理の解析がノーベル賞の対象となった。この点を考慮すると生物学分野では、日本人は国内ではまだ誰も受賞していないことになる。最近はノーベル賞の中でも医学・生理学賞が話題となっており、アメリカの学者が多く受賞している。しかし、実際の実験やアイデアは日本からその研究室に行っているポストドクや共同研究者が行った研究がいくつかある。日本人は優秀であり決して世界に引けを取らない。日本では十分な研究ができ、それを世界に知らせる研究環境とオーガナイゼーションがない（青色ダイオードの中村さんのことを見ればよく解る）。これからは、日本発の研究を世界に知らしめていくことが重要である。その点で、国際生物学オリンピックに参加した高校生の中から、10～20年後にノーベル賞の医学・生理学賞に輝く人物が現れることが期待される。

4) 21世紀は生命科学の時代であり、日本も世界のレベルに挑戦しなければならない。そのためには、次代を担う日本の若者に世界を目指す目標を示すことができる。

現在の日本の高等学校の生物は、取りあえず大学受験を目指した教育を行っている高等学校が大部分であり、机上の学習だけで実験を行っていない。自然科学、特に

生物学では、実験をすることによって自然の不思議さや原理の相違に気づくのである。したがって、生物学教育にはもっと実験を取り入れるべきである。国際生物学オリンピックの試験では理論試験と実験試験があり、しかも試験時間は各5時間である。現在の日本の高等学校の生物の授業のように受験本位の机上の学習だけに留まらず、生物現象を深く考えねば問題が解けないようになっている。本来の生物学（自然科学）の根本を考える訓練（単なる暗記ではなく）を日頃から積み上げていなければ、正解はできないようになっているのである。そして、世界の同時代の人々と競い合うということは日本の高校生にとって学習の目標を与えることになり有意義であると思う。

5) 日本の生物学教育の水準を世界レベルに上げることができる（現在の日本の生物学教育は世界レベルから遠く遅れている）。

日本における生物学教育の内容が劣悪であることはすでに多くの研究者が指摘している。学習指導要領の指示があまりに細か過ぎること、教科書の内容が空疎で、各章間や文章そのものから生命現象を理解することは不可能であること、授業時間数が先進諸外国に比べて極端に少ないとなどである。しかも分子を中心とした生命現象の理解が世界の主流であるというのに、依然として前近代的な記述が教科書の大部分を占めている。これでは生徒がいくら優秀でも、世界のレベルに肩を並べることはできない。国際生物学オリンピックに参加することにより、日本中の高等学校の先生方が生物学教育の内容について考えざるをえないし、また大学の入学試験問題を作成している者も然りである。さらに言えば、文部科学省も考えざるをえないであろう。このように各方面の生物学教育に関係している人々がいかにしたら日本の生物学教育を充実できるかを考える機会があれば当然、日本の生物学教育のレベルは向上するであろうことが予想される。この意味からも、国際生物学オリンピックに参加することは重要な意味がある。

6) 次世代の日本のフロンティア・ランナーを育成する。

ここで敢えて言えば、日本は明治以来、西欧の科学技術に対し、追い付き追い越せの精神でやってきた。そして、自らは独創せずに西欧の高いパテントを買い、若干の改良を加えて、新しい商品として世界市場に売りさばいて利益を上げてきた。しかし、今やそのような発想では世界戦略に勝ち抜くことはできない。今求められているのは、日本発の新しい考え方（独創性）と技術である。21世紀はバイオテクノロジーの時代であるというが、これを支える人材の育成は急務である。中国や韓国、それにシンガポールは若い有能な研究者をアメリカやヨー

ロッパに留学させ、考え方や新しい技術を身に着けさせ、自国に呼び戻して、自国の研究の中心に据え、国際競争に打ち勝とうとしている。そのような観点から見ると、国際生物学オリンピックに参加する学生の中から、日本のフロンティア・ランナーとしての役割を担う人物が育つであろうことが期待される。

若手研究者に期待すること

日本の若者は世界の若者と比べて決して劣っていない。しかし、世界の若者は大局的な観点から研究をしている。目先のデータや現象にとらわれず、物ごとの本質を見極め、その原理を追及するような研究をしてもらいたい。

今や日本も科学論文の数ではアメリカに次ぐ世界第2位となった。しかし自然科学のノーベル賞の数を見ると、アメリカは別格として、日本より国土面積が小さな国であるイギリスは72人（日本の8倍）で世界第2位、第3位のドイツは63人（日本の7倍）である。この違いはどこにあるかと言えば、それは基礎教育にある。ただ自然現象を暗記し鵜呑みにするのではなく、その原理を深く理解することにある。若者はノーベル賞を目指すべきであるし、ひたすらノーベル賞を目指してもらいたい。それは生易しいことではないが……。医学・生理学賞の分野では日本は唯一利根川さんだけである。NatureやScienceへの論文受理数は確かに増えたが、ノーベル賞受賞に結びつく論文はほとんどない。自然現象の原理の追求こそが重要である。日本の生命科学の研究を目指す若者にそのことを期待したい。

日本における生物学教育への提言

21世紀は生命科学の時代であり、この科学に基づいて生物学を教えることが重要である。世界の流れはこの方向に向かっている。そこで、私は現在の日本の劣悪な生物学教育の現状を打破すべく、次の4つのことを提言したい。

- 1) 国は主要先進国並みに教育に投資すべきである。世界の主要先進国は以前から20～25人学級（実験に適正な規模）を達成している。教育に投資する国は栄え、投資しない国は滅びることは歴史が証明している。
- 2) 学習指導要領を廃止し、霞ヶ関のローラー作戦を止め、地域独特の教科書を作り、地域に根ざした特徴ある理科教育（生物学教育）を行う。
- 3) 新しい教科書作り：世界の生物学教育のレベル（例えばキャンベル生物学）に到達できる教科書を作る。
- 4) 国際生物学オリンピックに参加して、世界の生物学（生命科学）教育のレベルを知り、日本の生物学教育を高める。



ベンチャー企業だからこそ

原田 佳子



はじめに

まずは私の経験を紹介します。私は大学、大学院ともに「醸造学」を専攻していました。醸造とはなんぞや、と言いますと、たとえば酒や納豆、みそ、醤油、パン、チーズなどの微生物を利用して発酵食品を製造することを指します。微生物を駆使する伝統的な技術は、食品はもとより医薬品などの分野においてもその生産に欠くことのできないものです。このようにハイテクを駆使しているわけではなく、生物の自然の中の活動を観察し、その機能を意識的に利用してきた技術は、遺伝子組換え技術と比較して「オールドバイオテクノロジー」などと呼ばれることもあります。“オールド”といっても“昔の・過去の”なんて意味で捉えないでください。あくまでも身近に利用してきた、産業的歴史のある技術を出発点にしているということです。この分野携わっていても遺伝子工学などのテクニックは使いますし、実際、学生時代の私の研究テーマは、酢酸発酵時のストレス耐性の研究で、発酵時の遺伝子発現調節や環境モニタリングの機構を研究しました。(酢酸菌はエタノールをエネルギー源にして酢酸を生産するバクテリアで、殺菌作用の強い両物質の存在下で生育するユニークな性質をもっています。)

ベンチャー企業に就職

博士前期課程を終えたあと某大学で研究員として働いていましたが、2007年の春に(株)Biomaterial in Tokyo(略称BITS)という、設立して間もないバイオベンチャー企業に転職しました。このころはまだ会社パンフレットさえなく、入社してすぐの私が作成を担当しました。これが初めて任された仕事ですね……。

バイオベンチャーと聞くと、多くの方は創薬や医療分野の研究開発、研究支援を生業とする企業を思い浮かべるのではないでしょうか。BITSはそういったジャンルとは違い、また大学発でもスピンオフのベンチャー企業でもありません。単純に創業したばかりの製造業に近いのではないかとも思っています。しかしバイオベンチャーの定義は一言では言い表せるものではなく、中でも重大な要素として「新規性」に尽きるといわれます。製造業を基盤として技術的なイノベーションを追求して

いくという意味では、BITSもやはりベンチャーに分類されると思うのです。

肝心の業務内容はと言いますと、糖質に関わる技術ならなんでもやってみる、といったところです。社長曰く“糖萌え～”だそうです。対象にはデンプン、オリゴ糖、セルロースも含みます。現在はセルロースの糖化技術を中心とした、リグノセルロース系バイオマスからのエタノール生産に関わる技術開発に注力しており、仕事をする中で私が学生時代に学んだ発酵の知識・技術を生かせていることを実感します。

ベンチャーに限ったことではありませんが、研究開発という仕事は学術的な研究とも違い、また技術を高度化するためにだけ試行錯誤しているわけでもありません。馴染みのない学生にとっては複雑で難解かもしれません。たとえばバイオエタノール生産で言うと原料コスト、生産地と輸送費の関係、政策、原油価格、エタノールの販売価格 etc. を踏まえたうえで利益が出るかどうかを調査し計画を立てる必要があります。ベンチャー企業で働いていると少なからずこういったビジネスの全体像に触れるチャンスがあります。「この研究で何ができるようになるの？」と、本質的かつ率直に疑問に思う方々にとってはお金には変えられないいろいろな経験が得られるのではないでしょうか。

おわりに

小さな企業は社員一人の能力、資質、業績いかんによって、企業の行く末そのものが左右されるものです。ベンチャーキャピタルからの出資が集まっているか、特許申請が出されているか、などはそのベンチャーの将来性をはかる一種の目安にはなりますが、絶対的なものではないでしょう。企業の将来は社員が一丸となって築きあげるものという意識を、表層的ではなく実感として捉えている人であれば、ベンチャー企業で働くという選択はけっして特別なリスクを伴ったものではないはずです。働く側から言うと、自身のあげる成果が企業の成長に直結する、これは研究開発に携わることの醍醐味であると思います。そしてこの実感はベンチャー企業だからこそ、のものであるといえます。学生の皆さん、挑戦してみてはいかがでしょうか。



退職のち放浪 時々起業 ところによって研究

原中 正行

1996年インドネシア/ブトン島。商社マンの私は、この島で天然に産出するアスファルトの開発のため、首都ジャカルタからでも12時間以上かかるこの島にいた。インドネシアは原油も天然ガスも採れる資源豊かな国だが、その原油を製油所で分離してもアスファルトはほとんど得られない。意外にもアスファルトはシンガポールから輸入している。でも唯一、この島には天然のアスファルトが産出されるのだった。その開発プロジェクトは私の10年間の商社マン人生で最もエキサイティングな仕事だった。他にもメタノール工場建設や石油化学コンビナートプロジェクトなどまさに総合商社のイメージ通りの『地図に載る仕事』をやってきた。私にはこの人生で果たしたい事柄がたくさんあって『夢プロジェクト』として88個のリストにしている。月並みだが『地図に載る仕事』もその一つだった。

その私が、なぜこの生物工学会誌に登場しているのかというと、現在は【学生】だからである。その昔まっとうに若い学生だった私は、ノーベル賞の朝永振一郎先生の銅像がある筑波大学のキャンパスで、ノーベル賞の白川英樹先生と同じ時に同じ廊下を歩き、ノーベル賞の江崎玲於奈先生（当時の学長）の名前の入った化学修士号までもらったが、就職は総合商社に決めた。研究は好きだったが、何かこう『世の中にでっかく貢献したい』という夢があったからだ。インドネシアの大型プロジェクトの場合、何でも2万人近くの雇用を現地に生み出すものと言われていて、及ばずながら少しは貢献できたのではないかと思っている。商社の仕事は本当にキツイが実際にエキサイティングな仕事だった。余談だが、いつも通りに仕事をしている時に「おい原中、今から行ってくれ」と上司に肩をたたかれ、その数時間後には通勤用の鞄一つで成田空港から飛ぶ、なんてこともあった。出張に行ったら毎回1ヶ月以上の滞在、着替えなどはもうジャカルタのホテルに置きっぱなしにしているので困らないが、この時ばかりは、帰国したら家の冷蔵庫の牛乳がすっかりヨーグルトになっていた（生物工学会だから一応補足しますが、この牛乳は低温殺菌でかつ未開封でした。いろんな意味で、生き生きとしていた！）。今も学生から就活の相談を受けると、専攻を問わず総合商社っていいよって薦める。

ただ私自身は、惰性という言葉が大嫌いで、それがゆ



オリンピック会場のアテネを目指し、アドリア海沿岸（クロアチア側）をハンガリーで買った自転車で南下中の筆者。

えにこの人生を10年単位で生きることにしている。今だから言えるが入社の時にやはり「商社は10年」って決めていた。そして退職後には、年齢的に結婚しているだろうから1年間ほどカミさんと一緒に海外放浪だと、つまり『退職のち放浪』ってのが夢だった。商社での10年間は毎月二人分の「放浪預金」をしていた。しかし気づいてみると10年経ってもシングルで、結局「放浪お一人様」。皮肉にもおかげでリッチな放浪生活。1年半もの間、バスや列車もさることながら飛行機にも40回ほど乗って地球をあっちこっち。そんなわけでこの時期の職業は【旅人】だった（よかったら『退職のち放浪』でググってみて下さい）。

放浪後は、さらにエキサイティングな事を求め、別の夢の一つだった『起業』を知人と二人で始めることにした（実は「放浪預金」と同時に「起業預金」も準備していたのだった）。21世紀を担うと言われている物質カーボンナノチューブを扱っていたのだが実はこれ、修士時代に研究室で作っていたもの。その時はビジネスの種になるとは思いもしなかったが、まったく人生とはわからんものである。この会社は、その物質を加工し供給することで他社の研究開発のサポートをするという、そこそこやればボチボチ儲かるビジネスで2年目に早くも黒字決算を達成できた。でもやはり『歴史に名前が残るようなノーベル賞級の発見・発明をし、世の中にでっかく貢献する』という夢はどうしても絶ちがたい。そういうこともあってこの黒字をきっかけに私は【ベンチャー経営者】をいったん捨て、今度は一発でかいことを狙うべく

研究開発を始めたことにした。だから今は、書類の職業欄には【山師】と書いている。

ただ研究には測定装置などのインフラが絶対的に欠かせない。また発見・発明した事実がサイエンス、テクノロジーにおいてどのような位置を占めるのか、その座標をきちんと認識するためにディスカッションの相手も必要。そして何より、自分には情熱があってもサイエンスの知識がまだまだ欠けている。それらが高度に集まっているのは大学なので、再び大学の門を叩き、今は博士課程後期の3年目というわけである。また『自分の発見・発明をビジネスにつなげたい』という夢を具現化するために、グリーンエナジーという会社を作った。ベンチャーを立ち上げる時には普通、何がしかの発明や発見をした後に、その技術を基に起業しビジネスを展開するものだが、私の場合にはフライングでスタートしてみた。この自分自身の発見・発見とそれによるビジネスが、人生最大の宿命に思えるからだ。

会社を設立するときには「定款」という会社の憲法みたいな取り決め事に、「会社の目的」を明確に謳わないといけない。でも何をやるか決めていないのでベンチャーのくせに総合商社の定款の会社の目的と限りなく同じにしてみた。何を意味するかと言うと、総合商社ってやつは、「もうかりや何でもやる」という会社。「ラーメンからミサイルまで」と言われるゆえんである。よって私の会社は、どんなビジネスでもできることになっている。常々、人間の想像力は自然の偉大さには敵いようもない、と思っているので偶然の発見・発明でビジネスの内容が大きく変わっても対応できそうだ。

後は肝心の発見・発見である。相当イイ歳こいての再スタートゆえ、経験を濃縮して積む必要がある。そこで半年ほど前から国内最大の研究機関である（独）産業技術総合研究所の研究室にも所属させてもらっている。あらゆる装置がそろっていることもさることながら、何より論文や書籍でしかお目にかかるない一流の研究者に接することができるのは最上の喜びだ。結果として早朝から夜遅くまでいくつかのテーマを並行して研究しつつ、さらに事業展開を構想したり人脈を築いたりで、時間的にはなかなか辛いものがあるが、だからといって時間を効率的に使っているわけでもなかったりする。まあその分、人の倍ほど長生きすれば何とかなるに違いない（頑張れ俺の突然変異！）。

私の専攻は有機化学だが、最近プロテオミクスと遺伝子組換えのトレーニングを積んだ。背伸びして視野をひろげているうち、背が伸びてしまうこともありうる。これが人生の面白さだなあと思う（正確には、収入乏しくカツカツで生きている割にどうもBMIが増加するので、ぶら下り健康器具を買ったからかもしれない！）。さてこうした縁もあって、このように生物工学会誌にも登場さ

せてもらえている（まだほとんど知り合いがないから、好きなことを書いているわけだが…）。そうそう、かなり脱線したが本原稿の趣旨は、学生など若手研究者が将来を選ぶ岐路において、励みになる文章を、という依頼であった。上述したように風変わりな私の生きざまとその考え方を示したところで、若い方々の励みになるかどうか甚だ疑問だが、まあこんな人生もあり、という意味で書いている。

先日学生から「知的財産を勉強しておいたら就職に有利でしょうか？」と聞かれた。『何であれ知識はあった方がいいけれど、会社選びは「有利かどうか」ではなく「自分はどう生きたいのか」、「何が好きなのか」をより強く意識したほうが良いんじゃない』と答えた。うーん、本人はピンときているのだろうか…。これは今の学生だけではないとは思うけど、ソニーやトヨタのような超大手に入りたいという学生はやっぱり多いと思う。アメリカならGE（ジェネラルエレクトリック）やIBM、今ならGoogleか。しかし、その会社で俺はこれをやりたいんだ！という現実的な将来像を描いたからというよりも、ただ漠然と有利だからもしくは格好が良いからそういう会社を選んでいる学生が多い気がする。でも果たしてそれで満足な人生になるのだろうか。過激かもしれないが私に言わせるとソニーやGEに入りたい、というよりも、ソニーやGEを創りたい、という方がよっぽどエキサイティングでお得な人生のような気がするのだが…（ちなみに弊社もGE＜Green Energy＞である。いつの日か、新聞にGEと書いてあったら「どっちの？」と確認が必要な会社になりたいと願っていたりする。今のところ「つくば市のごくごく狭いエリアでGEと言えば弊社なんです」と言うと笑いが取れたりするあります…）。

商社時代には、多様なリソースを最大限生かしながらプロジェクトを進めるというコーディネート力および経営感覚、さらには稼ぐ営業力、経理・会計の実務、基礎的な法律知識などを学べた。また最初の起業の時には、特許がベンチャーの命運を決めるため、知的財産をがっちりやった。さてこう書くと、一見起業のために戦略的に学び準備しているようだが、実際は糺余曲折ばかりだ。場当たり的なこともたくさんある。でも意外と遠いところで妙につながってきたりして、情熱を持って事に当たれば実のところ世の中何をやっても無駄なことはないんだなあ、というのが本音である。今は発明・発見のネタを探すという人生をかけた気構えがあるので、どんな話を聞いても面白い。テレビの受け売りだが、美術に詳しくない人でもミュージアムを回る時には、どれか一点を購入する気持ちでいると絵を見る姿勢が変わり退屈しないんだそうだ。それと何となく似ているのかもしれない。

「努力を継続できる能力こそ、本物の才能だ」と、ある

天才が語っている。私の場合、なかなかそういう状態までもっていけていないが、常々こんなことを意識している。「何かを成すための情熱」はさして重要ではない。そんなものはほとんどの人が持ち合わせている。でもたいていの人は、ただすべてがうまくいくように願うだけ。だから「成し遂げるために準備する情熱」こそが大事に違いないと。現在の私は、ベンチャー、学生、産総研と、結果として三足のわらじを履いているので歩きにくいことこの上ないが「成功とは人からの賞賛ではなく、自分の理想が努力によって実現して行くという満足感の中にある」と思って生きている……（などと書くと実に格好がいいが、それを言つていいのは、すでに拍手喝采を浴びている「いわゆる世間での成功者」なんだろうなあ、やっぱり…）。よって私の言葉には説得力も重みもないが、まあ自分の場合、この『どこでかい道楽』を進めるにあたり「それをやる」と決断てしまい、それからその方法を見つけて少しづつ準備するやり方で生きている。そんなバカが一人ぐらいいたほうが、世の中きっと面白いに違いない。

若い方々には、やり方はどうあれ、本当に面白いと思うこと、好きなことを追求する人生を送ってほしいと願っている。コツは、自分の価値観に目を向け、具体的に準備することだと思う。常識や慣例に従っている限りでは身の安全は保てるが、そこから外へ抜け出ることはできないし、その常識とは「平均」かもしれないが、人生の「正解」や「満足」ではないのだ。また具体的なアクションなしには何も進まないし、準備なしに飛躍することはできない。

こんな偉そうに書く私もかつて学部の頃には「自分は一体何がしたいのだろう」とか、修士の頃には「自分は本当に研究者に向いているのだろうか」などとよく悩んでいたものだ。世の中には、研究が楽しくて楽しくて家からラボまで走っていき、途中で転んで足から血が出ていることにも気づかずに実験している人とか、実験のこととで胸が張り裂けそうになる人もいるらしい。そんな話を聞くと、なおさらそう思った。一方で研究よりも世の中に貢献できる世界がある気がして、前述したように商社に就職を決めたわけだが、それでもその時はとりあえず目の前の10年を決めただけで、その後の10年の具体的な生き方については、最後の年に夢のリストを眺めな

がら決めればいいやと腹をくくったに過ぎなかった。そして結局今は、研究をやっている。

よほどのことがない限り、自分がどう生きたいかなんでものは、考えてすぐに出てくるものではないと思う。私の場合も多くの人々に会い人生観や社会観を聞き、たくさんの本を読み、いろいろな場所に行ってさまざまなことを経験してようやく少しづつ形成された。一方、1つの生き方を選択したからといって、それで一生が決まるわけでもないとも思う。私が心がけてきたのは、いきなり偉大なことはできないけれども常に偉大なハートで事に当たろう、と決め少しづつ準備をすること。もし人生の岐路において悩んでいる方がいるならば、その準備の1つとして私からのお薦めは、人生について感じたこと、考えたこと、やりたいこと、何が好きで何が嫌いか、どんな瞬間に充実感や徒労を感じるなどをその都度メモしていくことである。これを研究に例えるなら、ちょっとやってみた、というお試し実験の結果や考察でさえも、その都度ラボノートに書き留めるうちに、断片では分からなかった全体像が突然見えてくるってことに近いかもしれない。私の場合には、88個ある夢をエクセルに書いて時々見直している。そうする前にもやりたい事は漠然とあったが、リストにすることで遠くが見渡せ、行動が明らかに能動的になった（それもアスリートのように！）。

冒頭の天然アスファルトのプロジェクトは、その後のアジア通貨危機のあおりで、実は頓挫したままである。当時弾いた損益分岐点は、原油価格が33ドルの時であった。もし完成していれば、今頃は現地に左ウチワを持った私の銅像、いやアスファルト像でもできていたかもしれない。でもせめて「何ぞ、おもしろい微生物でもいないかな」と思い、今も大事にサンプルを持っている。これも88個の夢プロジェクトの1つなのだ。



天然アスファルト採掘の様子（左）と保存しているサンプル



バイオクラスターに賭ける夢

内海 潤



昨年末、ある感動的な英文スピーチを知った。マッキントッシュで有名なアップル・コンピュータ社を創設したSteve Jobs氏が2005年のスタンフォード大学の卒業式で述べたスピーチである¹⁾。養子、大学中退、起業、追放、再起業、闘病という自己の半生記を振り返って、「ハングリーに、やりたいことを見つけよ」という強烈なメッセージである。生物工学を学んでいる皆さんはどういう夢をもっているだろうか？

これからは産学官連携の時代

筆者は大学を出てから民間企業で医薬品の研究開発を行った28年間、そのうち15年間は大学との共同研究であった。その後、大学の産学連携と知的財産を扱う部門に転身し、現在に至っている。企業時代には、インターフェロンという生理活性タンパク質の研究開発に携わり、バイオ医薬品に仕上げるという貴重な経験をした。また、それに続いて当時の先端技術を使った生理活性タンパク質の探索研究を担当し、バイオ研究の醍醐味を十分味わった。結果的には大学との共同研究が非常に多く、学術的にも研究を深めることができたことから、それぞれ数十件の学術論文と特許という実績につながった。振り返れば、現在盛んになってきた「産学連携」を本格的に行ってきたわけである。経験的にも、バイオ分野の研究開発を実用化を目指して効率的に行うには特に産学(官)連携が非常に重要であることを改めて認識している。

近年、研究開発上の解決すべき課題が難しくなり、そのための投資が大きくなるにしたがって、企業も大学も自前主義では発展が望めなくなってきた。産学連携における大学と企業の活動成果には、学術論文、知的財産権、試作品、人脈などが挙げられるが、この中で最も重要なのが知的財産権（特に特許）である。知的財産権は文字通り、経済的な資産として世界で通用するからである。最近は、研究成果を知的財産権で保護する意識が世界的に高まり、研究成果を知的財産化（特に特許化）まで行わないと、研究のプライオリティの確保も難しい状況になっている。

バイオ研究では、電気・機械や情報・通信などの工学系の研究分野に比べて、実用化までの期間と投資が大きいことと、基本特許が事業化を左右するという産業的背景から、知的財産化への対応が特に重要である。たとえ

ば、医薬品を製品化するには、特許を保有していても、10年以上で200億円以上かかるといわれているが、遺伝子やタンパク質などの生体成分が特定の目的で特許化されると、基本特許となって対象となる研究が広く縛られてしまう可能性が出てくる。こうした基本特許が取れるような基礎研究は、すぐには応用に結びつかないために、企業は参入しにくい事情がある。ちなみに、ヒト・ゲノム解析は米国が国家戦略として進め、ゲノム特許は2005年の時点で米国が78%を押さえていることが明らかになった²⁾。この結果、対象となるヒト・ゲノムを利用して産業化を行うには、米国に特許使用料を払わなければならない可能性が非常に高くなっている。これは、特許の有無が実用化を左右するひとつの例である。

日本の特許出願件数は年間40万件強と、世界トップレベルであるが、医薬関連のライフサイエンス特許で調べてみると、欧米に及ばない。また、医薬の開発品目数も欧米は着実に増加しているのに対して、日本では減少傾向が続いている。日本と欧米の差は大きくなっている³⁾。学術論文では世界的に上位に位置しているが、特許では大きく遅れをとり、研究成果の実用化で大きな障壁となっている状況にある。

バイオ研究はもともと経費がかかり、競争も激しい。こうした状況で研究活動を進めるには、多額の公的研究費を調達し、役割分担した複数の研究者、それに特許の取得と管理ができる知財専門家から成る産学官連携プロジェクトで行うのが最も有効と考えられる。研究成果となる学術論文も特許も、国際的ルールで認められる成果であり、世界基準で基礎から応用までの産学官連携研究開発を行うことができる。若いうちにこうした経験を積むことも、これからのお手本として大事である。

バイオ分野の産学官連携における大学の役割

産学官連携で「官」は省庁や地方自治体で研究開発費の助成側になり、研究開発実務は大学である「学」と企業である「産」が主体的に行なうのがほとんどである。研究分野が農水分野ではフィールドワークが、医薬分野では臨床研究が求められるが、これらは企業単独ではできない部分であるので、バイオ分野やライフサイエンス分野では産学連携の意義と価値は特に大きいといえる。そこでは「学」と「産」の関係が大変重要である。すでに

著者紹介 北海道大学知財・産学連携本部（教授・知的財産部長）兼さっぽろバイオクラスター Bio-S（知的財産マネージャー）
E-mail: utsumi@mcip.hokudai.ac.jp

述べたように、大学が基礎研究を行い、企業が事業化を担当するというのが一般的な構図で、ここで共通の研究成果となるのが知的財産権（特に特許）である。

产学連携における大学と企業の間では特許を巡る課題が多く存在している。筆者らは最近この点について、大学、企業、特許事務所に対して大規模な調査を行い、興味深く、示唆に富む結果を得た^{4,5)}。それによれば、大学の発明は面白く、創意工夫の程度は高いものが多い一方で、実用性に乏しく、企業が使いづらいものが多いこと、大学が特許出願する前に発表してしまって、特許が取れなくなることがあること、企業としては自前では取りにくい基本特許を大学に取ってほしいこと、などである。企業は、大学の特許自体には実はあまり期待をしていないものの、研究の面白さや着眼点はかなり高く評価をしているので、こうした情報はもっと早く知りたいと、大学からの情報公開を期待していることもわかった。一方、企業からは、我が国で政策的に产学連携が広く進められて5年が経つものの、特許の実施契約にあたって、ビジネスがわからない大学が依然として無茶な要求をするという不満も挙げられていた。

いずれにしろ、今後も产学連携に大いに期待するという回答は、調査した大学も企業でもそれぞれ9割に達しており、产学連携の流れは今後も変わらないであろう。あとはうまい仕組み作りが課題となる。

解決策としてのバイオクラスター

チームで行う产学官連携の研究開発をひとつの地域でまとまって行うクラスター研究開発は、バイオ研究の最も望ましい解決策のひとつといえる。世界でも近年盛んになってきているが、我が国では、文部科学省の知的クラスター創成事業⁶⁾と、経済産業省の産業クラスター計画⁷⁾でバイオの研究開発が推進されている。海外では、米国（スタンフォード、サンフランシスコ、マサチューセッツ、ノースカロライナなど）、欧洲（ケンブリッジ、ミュンヘン、リヨン、ルンドなど）で多くの産官学連携バイオクラスターができている。有名な米国のシリコンバレーのように、特定分野をクラスター化することによって、関係する人、物、金、情報という研究開発資源が集中してそこに集まり、非常に効率よく活動が進められる。研究資源のうち、最先端情報の集中という効果はクラスター化で得られる最も重要な要素である。こうしたクラスター研究に参画するチャンスがあると、研究者にとってそれは非常に貴重な経験となるであろう。研

究シーズと事業ニーズのマッチングを体験でき、研究者自身のスキルアップと実用化研究の計画の立て方のトレーニングを受けることができるからである。

たとえば、筆者が参画するさっぽろバイオクラスターBio-S（文部科学省知的クラスター創成事業）⁸⁾では、北海道大学・札幌医科大学・旭川医科大学という3大学、地方自治体（北海道、札幌市）と民間企業が産官学連携で共同研究開発を行い、機能性食品や医薬素材を事業化することを目的として2007年度から開始された。地域の医系大学が一体化して産学官連携プロジェクトに取り組むのは、北海道としては初めての試みであり、地域振興に対する貢献も大きいと期待されている。参画する研究者にも意識の変化が現れており、学術研究一本で来た基礎研究者も、事業化構想や社会的インパクトを議論していく過程で、学術研究とは別格の大きな社会的価値を見いだしているケースが多い。しかも、大学間や学部間を超えて機動的に研究チームを組めることにも大きな魅力を感じているようである。

研究者はともすると、自分の研究分野には革新的であっても、他の分野では未知なるがゆえに保守的に振舞ってしまうことがよくある。その結果、自分の研究の幅を狭めてしまうことにつながってしまう。イノベーションは境界領域や融合領域から起こることはしばしばあり、視野の広さと適応力の強さが、今後の研究者に強く求められる資質となろう。その意味でも、未知なる実用化分野に連携して挑むバイオクラスターには、研究者にとっても自己のレベルアップのまたとない機会である。若手研究者には特にバイオクラスターに関わることをお勧めしたい。

文 献

- 1) <http://news-service.stanford.edu/news/2005/june15/grad-061505.html>
- 2) Jensen, K. and Murray, F.: *Science*, **310**, 239 (2005).
- 3) 医薬産業政策研究所：製薬産業の将来像～2015年に向けた産業の使命と課題～(2007).
- 4) 北海道大学：特許庁研究「大学における知的財産権研究プロジェクト：効率的な産学連携推進のための大学シーズと企業ニーズのマッチング手法の開発」(2007)
- 5) 北海道大学：文部科学省研究「大学におけるライフサイエンス分野技術の移転の現状と問題点」(2007)
- 6) http://www.mext.go.jp/a_menu/kagaku/chiiki/index.htm
- 7) http://www.meti.go.jp/policy/local_economy/main_01.html
- 8) http://bio-sss.jp/index_new.html



ものづくり研究の醍醐味

荒 勝俊



私が入社した当時、最初の本格的なバイオ産業の大きな波が日本に押し寄せてくる状況にあった。その当時、国家プロジェクト（次世代産業基盤技術委託研究）としてバイオリアクター開発研究が推進されており、私は大環状ムスクの原料となる長鎖ジカルボン酸をn-アルカンから微生物変換する微生物探しの研究をテーマとして与えられた。微生物の探索は宝探しのようなもので、最初の選抜方法をいかに効率の良いものにするかが研究者の腕の見せどころとなる。私達は脂肪酸のβ酸化を抑制する薬剤を基質であるn-アルカンと共に寒天培地に加え、α酸化代謝系の強い株の選抜を行った。評価は、すべての培養液を回収した後HPLCで解析し、ジカルボン酸のピークを追った。評価系が完成すれば、あとは連日連夜日本各地や海外から採取した土壤や変異株を評価用培地に蒔き、生育した株を拾って液体培地で培養し、培養液をHPLCで評価するといったルーチンワークで時が過ぎていった。ある時、HPLCのチャートを見ていて不思議なピークが大きく立ち上がっていることに気づいた。何か新しい化合物が生じているようだったので非常に気になり分析を重ねた結果、脂肪酸に二重結合が導入された化合物であることが判った。しかし、我々が追い求めている反応とは異なるということでそのうち忘れ去られてしまった。こうして1年が経とうとしたある日、新聞で“日本鉱業（株）がバイオ技術による大環状ムスクの製造に成功した”という記事が掲載された。その時の挫折感は今でも鮮明に覚えている。企業の研究はスピードが要求され、国家プロジェクトといえども競い負けることもある。ここで私達は大きな目標転換を決断することになった。この窮地を救ってくれたのが、あの脂肪酸に二重結合を導入する菌であった。脂肪酸に二重結合を特異的に導入できれば、機能性脂質の合成をバイオリアクターで大量供給できることになる。新たなテーマとしての仕切りなおしに際し、私はこの二重結合を特異的に導入する菌を次の担当者に託しお役ご免となった。その後、本菌を用いたヘキサデセン酸のリアクターが開発され、プロジェクトは無事終了した。ここで、若い研究者に伝えたいことは、実験結果をいろいろな角度から見る癖をつけること、そして失敗を恐れず失敗から学ぶ謙虚さが必要だということである。

私が次に手がけたバイオによるものづくり研究は洗剤用酵素の開発である。衣料洗剤用酵素として開発された

セルラーゼは、すでに多くの先輩達が“アタック開発物語”などで紹介しており、本稿ではあまり馴染みのない自動食器洗浄機専用洗剤に配合する酵素として開発を進めてきたアミラーゼのお話をします。当時、自動食器洗浄機は海外では大きな市場を形成していたが、日本では洗濯機、冷蔵庫に続く最後の白物と呼ばれていたにも係わらず普及率は3%程度であった。この3%の市場しかない自動食器洗浄機専用洗剤の開発に踏み切るということは企業にとって大きな賭けといつても過言ではなかった。こうした中、私達は食器に汚れが付着するメカニズムの解析から、食器表面の細かな窪みにデンプンなどが入り込みながら乾燥し、老化デンプン（デンプン糊）となって付着していることを見いだした。すなわち、調理による加熱でデンプンを構成するアミロースやアミロペクチンの分子構造が崩れ、特にデンプンの80%を構成するアミロペクチン分子の直鎖（α1,4結合）と側鎖（α1,6結合）が絡み合することで強固な汚れが形成されており、このデンプンの側鎖を破壊することを思いついた。これまで食器用洗剤に用いる酵素と言えばデンプンの直鎖を強力に分解する酵素（α-アミラーゼ）の開発と相場は決まっていましたが、着眼点を大きく変えて側鎖を分解するフルナーゼなどの枝切り酵素を世界で初めて洗剤に利用することを思い立ったわけである。予想通り、フルナーゼは食器にこびりついた汚れを落とす効果を示し、さらにα-アミラーゼと併用することで相乗効果を示した。しかし、洗剤に添加する酵素のコストをできるだけ低く抑える必要があり、2種類の酵素を配合することは事実上困難であった。そこで思いついたのが“一つの酵素で二つの反応ができる酵素があれば良いのではないか”ということであった。私達は、二つの酵素活性を持つ菌の選抜方法として、青色色素が末端に結合したブルーアミロースと赤色色素が末端に結合したレッドブルランを寒天培地中に同時配合した評価方法を開発した。しかし、このような着色基質は当時市販されておらず、独自で文献を参考に合成を行い実験に供した。この方法を用いると、赤いハローの形成菌はアミロース分解菌、青いハローの形成菌はブルラン分解菌、透明になったものは両方を分解できる菌として分離できた。両方の酵素を分泌していると予想された菌は、さらに電気泳動でタンパクバンドを分離し、ブルーアミロースおよびレッドブルランを作った寒天ゲルで電気泳動ゲルを両側からサンドイッチ

著者紹介 花王（株）生物科学研究所（グループリーダー） E-mail: ara.katsutoshi@kao.co.jp

にして活性染色を行い、同一タンパクバンド上で両方の寒天ゲルに透明帯が形成されたものを探した。その結果、直鎖と側鎖の分解活性を持つ酵素生産菌を選抜することができた。こうした成果をもとに、洗剤用酵素の開発戦略として“分子上に二つのドメインを持つタンパク質の絵”を描いて新規酵素の有用性を幹部に説明したところ、“見てきたような嘘を言ってはいけない”と言われた。私はそれを聞いて“それならば見てきてやろう！”と心に誓い、酵素タンパクの構造解析に関する知識を得るために文献を読みあさった。私達が見いだした酵素は分子量が21万の巨大分子で、X線構造解析は無理だが、X線小角散乱法あるいは電子顕微鏡による解析は可能性がありそうだと判った。そこで日本電子（株）と共同で低角度シャドウイング法による特殊なサンプル調製を行った酵素タンパク質を電子顕微鏡で解析したところ、そこには私が予想した以上のカスタネット状の構造を持ったタンパク質の形状が目の前に現れ、驚きに目を疑った。この時ほど、生命の不思議さを堪能すると共に、諦めずに研究を進めてきて良かったと思ったことはなかった。この後、プロテアーゼにより α -アミラーゼとブルラナーゼ活性ドメインを持つ二つのタンパクに分離できることや全アミノ酸配列の決定などから、二つの酵素がリンカーで結合した酵素であることを明らかにした。私達は、本酵素を双頭酵素（アミロブルラナーゼ）と命名し（図1）さまざまな評価を行ってきたが、残念ながら本酵素を配合した洗剤の開発にまでは行き着くことができなかった。しかし、この研究の中からテーブルクロスなどのカレー染み汚れがデンブンをベースに付着していること（カレー粉のベースは小麦粉やデンブン）を見いだし、特に液化型 α -アミラーゼで食べこぼし汚れがよく落とせることが判った。そこで、新たに衣類用ワイドハイターに酵素を配合するといった商品開発目標が生まれ、洗剤用に開発していた液化型 α -アミラーゼを商品に配合し上市された。自動食器洗浄機の普及を信じ、女性の家事労働からの解放に向けた洗剤の開発には高機能性酵素の配合が必要だという信念が、最終的には食器汚れや食べこぼし汚れに効果を持った面白い酵素を見つけ出す原動力になったと思う。そして、安価で高洗净力の酵素開発といつ

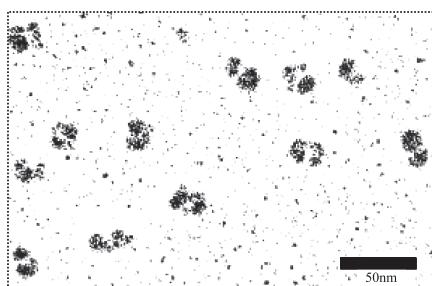


図1. 双頭酵素の電子顕微鏡写真

た要件を満たすことが求められる企業研究だからこそ、こうした新しい酵素が生み出せたと感じている。私の研究は、その後さらに新たなメンバーに引き継がれ、特にキレート剤に安定な新規アミラーゼが見いだされたことで、念願の自動食器洗浄機専用洗剤に配合された。今では新築家庭のキッチンには自動食器洗浄機が当たり前のように設置されており、私達が目指した開発の方向は間違っていなかつたと感慨に耽るこの瞬間こそが、企業で働く研究者の至福のひと時だと感じる。

私は、この後食品研究所（茨城県鹿嶋市）に転勤し、発酵食品の開発研究に従事することとなった。有胞子乳酸菌を用いた健腸美容食品の開発や豆乳ヨーグルトの開発研究、腸内環境改善素材の開発研究などを行い、これらテーマを持って再び栃木の生物科学研究所に舞い戻った。特にヒトの腸内常在菌の改善を目指した研究に加え、皮膚や口腔に常在する菌の解析研究を基盤とした商品開発研究にまで幅を広げた。しかし、当時国内外で常在菌を研究するグループは腸内細菌の研究分野以外でほとんどなく、自分達で被験者を集め、菌を採取し分離して実験を行う以外手立てがなかった。こうした状況で、私達は皮膚常在菌と体臭との関係に着目した。すなわち、皮膚常在菌は人体の肌を外来の病原菌などから防御する機能を持つと考えられているが、私達の研究から足臭の原因物質のイソ吉草酸は汗などに含まれる成分が常在菌の持つロイシン脱水素酵素で分解されて発生し、また脇の下の腋臭は臭い原因物質を体外に排出するキャリアタンパクが常在菌により分解されて発生することを見いだした。一方、体臭発生を抑制する技術として殺菌剤が広く用いられるが、私達は常在菌の働きを殺菌剤で弱めることはできるだけ避けるべきだと感じていた。そこで、常在菌の体臭発生に関する代謝系だけを抑制する素材開発に着手し、探索を行った。この研究の中で、足臭の原因物質（イソ吉草酸）の発生を抑制する効果の高いチョウジエキスを配合したフットスプレーやアポクリン臭の発生を抑制する効果の高いキハダエキスを配合した制汗デオドラント剤が上市された。近年、腸内細菌を丸ごと解析するといったメタゲノム研究や網羅的微生物解析研究が脚光を浴びており、アメリカではNIHが2007年から健康人と病気患者の腸、臍、口腔、鼻腔、皮膚の微生物ゲノム比較解析を行うプロジェクトが計画され、欧州ではフランスが腸内細菌のメタゲノム研究をすでに開始しており、今後ヒトと常在菌との共生の意義が明らかになってくるものと予想される。こうした流れを先取りして商品が作り出せたことは、感慨深いものがある。このように、企業の研究は時代の先取りが必要であり、綿密な消費者研究と多方面からのアプローチ、定説という言葉に惑わされない強靭な意志と独創性に満ちた発想力が必要だと感じている。



私のキャリアパス ～ドクター取得からポスドク、企業研究所まで～

長森 英二



私のキャリアパスや実体験で感じたことを紹介することで、生物工学研究者の卵やヒヨコの方々が何らかの刺激や励ましを受け取ってくれることを願って筆を取ります。

名古屋大学での学位取得

名古屋大学の4年生になった私は、小林猛先生の研究室に配属された。担当教官の本多先生（当時助教授）のもとで「植物細胞の大量培養技術の開発」に関するテーマを頂いた。しばらくすると素早い研究進捗を身上とする小林先生と、植物細胞の遅い増殖速度の間には埋め難い時間軸のギャップがあることを理解できた。ほどなく進捗報告会で発表するネタに困り、早く増える微生物の培養や、実験の合間に計画的に進捗を図れるバイオインフォマティクスのテーマにも取り組ませて頂くようになった。小林先生の期待に応えたいと必死に喘いでいるうちにドクターコースは終わった。ドクターコースの終盤には厳しいご指導を頂くことはほとんどなくなっていたので、いくらか自分も進歩していたのだと思う。小林研の5年間で身についたのは、新しい種を蒔き続ける習慣、さまざまなテーマを同時進行させ結果を出す自信、そして基本的なプレゼン技術である。いずれも今の私にとって貴重な財産である。

大阪大学でのポスドク生活

何とか無事に博士号を取得したあと、大阪大学の福井希一先生の研究室でポスドクすることになった。ポストは公的プロジェクトで雇用される社会保険付きのもので、当時のポスドクとしては恵まれていたと思う。福井研究室に興味を持ったきっかけは、その公募のタイミングが職探しのタイミングと一致していたからだけではなく、当時自分には未知の分野であった分子生物学的な知識を身につけられそうだったこと、そして福井先生が農水省から阪大に赴任して数年だったにも関わらず大きなグラントをいくつも採択されていたことに驚きを感じたからである。

かくして周囲の慣れない関西弁に戸惑いながら主に取り組んだのは、染色体などのメガbpもの巨大なDNAを安定してデリバリーする新技術の開発であった。スタート時こそ苦しんだものの、一緒にテーマに取り組んだ学生さんが優秀だったことも手伝って、ある程度の巨大DNA分子デリバリーが1年程度で可能になった。実はこの間には自分でピペットマンを握ることはほとんどな

く、学生さん達がスムーズに研究に取り組めるよう研究室内外で調整役をしたり、グラントの成果報告書や新規申請書の作成を数多く経験させて頂いた。誤解のないように強調しておくが、前述の仕事は私にとって雑用ではなく、いずれもいくつか自分が独立して研究するために必要なスキルだと考え、自らの意思で積極的に取り組んでいた。福井先生に熱心にご指導頂いたおかげで、企画立案のスキルはかなり向上したと思う。微細加工や応用物理の研究室との共同研究で身についた知識は、現在の研究業務でもベースとなっている。以上の記述だけでは、私のポスドク生活が順風満帆だったかのように誤解されそうなので、実際には、絶えず自分の将来の行く先について悩み、きわめて忙しいスケジュールを消化しつつ、胃薬を常用していたことを告白しておきたい。

豊田中央研究所に就職して

諸先生方のように忙しい研究生活を送りながら、かつ教育にも力を発揮する気力を持つ自信を持てず、また地元に帰らなければならない事情もあり就職先を考えていたところ、実家から車で10分の豊田中研にお世話になることになった。企業研究所に入って感じていることは、すべての手続きがシステム化されていて理不尽な雑用がきわめて少ないとある。提案する研究テーマには入れ物の目的に合致したものが求められる、研究実施には明確な目標設定と納期を求められるといった特徴はあるものの、やる気がある人には思い切ってやれる環境が与えられる、そして何事も結果次第である、といった点は公平感がある。勤務時間が管理されているので、決められた勤務時間内で集中して研究に取り組むようになり、日々の生活パターンが人並になったおかげか、今は胃薬は不要である。

さて学生をドクターコースに導くためにはどうしたらいいか？というのが最初の問いかけでした。この問題を人材育成の観点から考えると“しっかりした動機付け”がまず不可欠でしょう。私の場合は、諸先輩や先生方に對する単なる“あこがれ”だけでドクターコースへの進学を決めていたと思います。若い先生方が生き生きと楽しそうに研究活動に打ち込む姿を学生に見せられると“ドクターコース進学への動機付け”としては非常に効果的だと思うのですが、そのためには今の大には何が必要なのでしょうか。



ポスドク問題と科学技術キャリア創生



兼松 泰男

生物工学研究者の進む道を考える上で、ひとつの問題を避けて通ることはできない。それはいわゆる大学院生・ポスドク問題である。私たちは、問題の解決のためには、まず実態の把握をし、さらに当事者の参画によって博士の活躍の場を作り出していくこと、すなわち科学技術キャリア創生が必要だという立場で活動を進めてきた。本稿では、活動の紹介ではなく、少し一般的にポスドク問題についての見方と科学技術キャリア創生としての展開について述べたい。

ここ2、3年、突然のように、ポスドク問題がメディアでも取り上げられ、社会問題視されだした。しかし、これは予見されていたことでもあった。図1を見ていただきたい。全国の大学院生数と教員数の年次推移を表している。大学院生が90年度初頭に急激に増加していることが、教員数の推移と比較するとはっきりとわかる。急激なドライブをかけた結果であることが推測されるが、まさに、大学院重点化政策こそがその起源である。

大学院生数が単に増加し、教員負担が増えたという問題に留まらず、さらに、深刻な事態が生じ始めた。それが現在のポスドク問題である。2004年度の大学法人化後、ポスドク層が急激に増大しているのである。大阪大学の例を図2に示す。法人化前後では全く様相が変わり、現在では、助教の数に迫るポスドク（大阪大学では特任研究員として雇用されている）が存在するに至った。非常勤職によって大学の研究が支えられるという事態が出来ているのだ。しかも、全国的にポスドクの4割は生物系であり、生物工学研究者にとっては、現実として避け

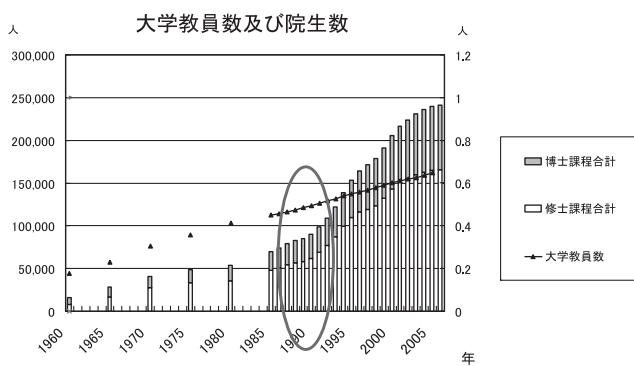


図1. 大学構成員数の推移（学校基本統計より作成）

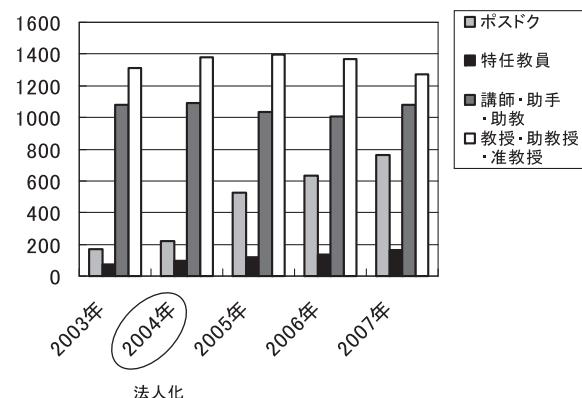


図2. 大阪大学ポスドク・特任統計

けて通れない事態である。

1990年代初頭の大学院重点化と1990年代後期のポスドク1万人支援計画は、当時の貧困な大学環境への対処としての意義があったにせよ、予見される問題についての政策的手当と言う観点からは大きな問題を残した。問題を先送りし、すべての当事者が目をつぶっていたというのが実状であろう。その問題が、現時点において、抜き差しならない問題となった背景には、2004年の国立大学法人化と、その後の競争的資金の相対的増大、さらには、ポスドク雇用可能財源が広がっていくという、構造的な変化がある。一方で、30歳を越した中堅科学技術人材向けの労働市場は成熟していない。したがって、選択肢はなく、2回目のポスドク、3回目のポスドクを選ばざるをえない。図3は大阪大学のデータであり、年齢分布が40歳台を越えて広がっている。繰り返しポスドクを経験する層の存在は、容易に想像できるであろう。

たとえ、ポスドクを繰り返すことになったとしても、自らの成長と主体的な研究開発の場が確保され提供されるならば、問題は深刻ではない。しかし、そのような場が存在するとは言いがたい。平均3年程度で、次々と職場を渡り歩くという環境に、多くの有能な若手研究者が投げ込まれるという事態は、若手の成長と主体的な活躍とは相容れない。全体としては社会的な損失である。しかも、人的資源に関わることであるから、回復は困難で、将来に禍根を残す痛手となる。

私たちは文部科学省の科学技術関係人材のキャリアパ

著者紹介 大阪大学先端科学イノベーションセンター ベンチャービジネスラボラトリ部門（教授）
E-mail: kanematu@casi.osaka-u.ac.jp

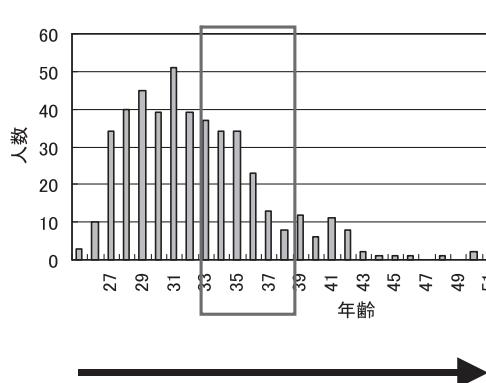


図3. 特任研究員年齢分布

ス多様化促進事業に応募し、平成18年度、大阪大学「プロジェクト活用型科学技術人材のキャリアパス創生事業」として採択され、科学技術キャリア創生支援室を構成し、この問題に取り組んでいる。

キャリアパス多様化とは簡単な課題ではない。私たちは一部に見られるように、ポスドクに社会適応訓練を施して就業機会のマッチングを取れば良いという考え方には疑問を持っている。むしろ、ポスドクを活かす場が社会に存在していない。アカデミアも含めて活躍の場を整備しきれていない。それが問題の本質だと考えている。

私たちの活動は可能な限り現状を把握するところから出発する。そして、キャリア創生のモデルとなるプロジェクトを開拓する。すなわち、調査活動とモデルプロジェクト事業の展開が活動の柱である。

調査活動について言えば、ポスドクの実態把握自体が行われていなかった。調査報告を聞いた教員たちは、その内容の深刻さに異口同音に驚きの声をあげた。まさにその反応自体が問題の根深さを感じさせる。

一方、モデル事業の柱は産学連携・社学連携プロジェクト、融合型研究プロジェクト、アウトリーチプロジェクトの3本である。産学・社学連携においてはイノベーションの創出の場において新しいキャリアが生まれる。融合型研究においては若手の新領域開拓や政策決定への参加ができる。そこにキャリアが生まれる。アウトリーチに関しては、出前授業をはじめとする理科教育への取り組み、市民の科学相談を受けるサイエンスショップなど、実際に活動の広がりがあるが、雇用につながる事業化ができるかどうかに、キャリア創出の可否が依存する。私たちはキャリア創出の突破口を開くために、ポスドク参画モデルプロジェクトを立ち上げることを目指し、その可能性を探るため、これまで、さまざまな企業や機関

と交渉を続けてきている。

具体的なキャリア創出のモデルとして、中小企業の第二創業にコミットしている特任助教の例をあげよう。彼の場合、ポスドク時代にアルバイトを通して企業と知り合い、自分の知識が企業の新しい事業展開に役立つことを知った。第二創業は企業にとっても、新たな挑戦であり、これを大学の研究室と共同で進めることを決めた。その中で、技術を育てるとともに、彼自身のキャリアパスを見いだそうとしている。

研究者のキャリアパスについては、いつの時代も、いろいろな困難があったし、芸術や芸能の分野と並んで、個人の問題として捉えられる場合も多い。しかし、現代社会における研究者は、世界的に見れば、大学や研究機関という限られたアカデミアの世界の中でのみ、個人的に鎬を削っているわけではない。博士はその重要性を評価され、さまざまな分野で活躍している。

ところが、日本においては状況が異なる。依然として閉ざされたアカデミアの世界が研究者の活躍の場であるし、社会への接続も未成熟である。そして、アカデミアにおいては不安定雇用の波が広がっている。一方、社会は博士の活躍の場を生み出していない。国際的なイノベーションの流れに乗ろうと、「キャッチアップからフロントランナー」へと叫んでみたものの、実際には取り残され、掛け声倒れ、ということではないだろうか。イノベーションの土壌となる産業構造改革、そして、そのための人材育成と活用の面で大きく世界から取り残されつつあるのではないか。若い研究者をこの状況の犠牲者にしてしまって良いのだろうか。

ポスドク問題は、社会的な問題となっている。しかし、分野ごとにその深刻さや解決の道筋は異なるであろう。生物工学という分野は発展可能性の高い現代的領域として、応用・開発研究を通じて社会貢献が期待される。その意味では、状況は深刻だとしても、生物工学を学んだ若い人たちがより広い分野で活躍できるように、また、大学や研究機関においても、さらに力が發揮できるよう雇用状況を変えていかなければならないし、また、変える条件、可能性が存在している。変革のために多くの人たちが力を合わせて取り組むことが必要である。しかし、最も重要なことは当事者の意識と行動ではないだろうか。幸い、生物工学の若手は他の分野に先駆けて行動を起こしている。実際に、模索を始めた人々が、ポスドクのみならず大学院生にも広がっている。これら変革の芽を大きくしていくことこそ、地道ではあるが最も早い解決への道筋である。今後の若手の奮闘に期待したい。



高等学校における生物教育の将来像 ～SSHの取り組みをとおして見えてきたもの～

森田 達己



はじめに

広島国泰寺高校の生物教室には、放課後、掃除終了のチャイムと一緒に、理数ゼミ生物班の生徒たちが集まってくる。自分の担当する生物の世話や機器の点検・準備、試薬調製の準備など、それぞれが自律的に動き、ゼミ活動が始まる。理数ゼミは、本校スーパーサイエンス事業の一環として行っている課外活動であり、理数コースの生徒だけでなく普通コースの生徒も参加できる活動である。本報告では、この理数ゼミ活動をとおして見えてきた生徒の変化を中心に、高等学校における理科教育のあり方、将来像について考察してみる。

本校の取り組み

広島国泰寺高校は、広島市の中心部にあり、明治10年(1877年)、広島県中学校として開校して以来、広島第一中学校、鯉城高等学校、広島県立広島国泰寺高等学校と校名を変えながら、政財界、文化・スポーツ界に優秀な人材を多く輩出してきた。今年で創立131年を迎える、同窓生は4万人を超える、まさに広島県の高校教育界をリードしてきた伝統校である。

平成14年、文部科学省より、スーパーサイエンスハイスクール(以下SSH)に指定していただき、さまざまな事業を展開している。SSHとは、文部科学省が「科学技術離れ」「理科離れ」の対策として行う「理科大好きプラン」の具体的な施策として展開する事業で、全国の高等学校の中から公募し、選ばれた高校に多大な予算を配分して、理科・数学に重点を置いたカリキュラム開発や大学や研究機関などとの効果的な連携についての研究を実施するというものである。本校も、学校設定科目「理数研究」、著名科学者による講演会「スーパーサイエンスセミナー」、全校あげて取り組む「科学技術数学月間小論文コンクール」など、さまざまな事業を展開している。なかでも、放課後の課外活動である「理数ゼミ」はハイレベルな研究を望む生徒たちに大変好評である。理数ゼミは数学、物理、化学、生物、ソリューションの5分野からなり、興味のある者、意欲のある者が集い研究を行う活動である。指導にあたるのは、ゼミによってさまざまであるが、高校教員の他、大学の先生や大学院生など、第一線で行っている研究者に依頼し、最先端の研究を目

指すものである。その中の生物分野では、6年間一貫して、特別天然記念物オオサンショウウオの保護を目的としたDNA解析の研究を行っている。

オオサンショウウオは、特別天然記念物であるがゆえにそのサンプル入手に困難をきたす。そのため前半の3年間は、国内で唯一、オオサンショウウオの人工繁殖に成功した広島市安佐動物公園に、その受精卵を提供していただき、そのDNA塩基配列を解読することで、進加速度や遺伝的分化の違いなどを確認した。また、解析したオオサンショウウオの遺伝子配列を基に遺伝子音樂を作成し、さまざまな場で演奏することで、広く一般市民にオオサンショウウオの保護活動を理解してもらうとともに、科学への興味を醸成するという試みも行った。

後半3年間は、日本動物園水族館協会との共同研究として、さらにサンプルの入手をホルマリン固定標本に求め、西日本各地から提供していただいた標本からDNAを抽出、解析した。さらには、アメリカ、中国に出向き、アメリカオオサンショウウオ、チュウゴクオオサンショウウオの生態調査も行った。

研究成果は、日本動物学会や進化学会、遺伝学会など多くの学会で発表し、大学の先生方や研究者の方々と肩を並べて議論した。そして、生徒達の頑張りが評価され、第1回SSH生徒研究発表大会では、最優秀の文部科学大臣奨励賞を受賞することができた。

生徒の変化

オオサンショウウオのDNA解析をスタートさせた当初は、戸惑いの連続であった。本研究を指導していただ



オオサンショウウオ (広島県千代田町にて撮影)

いている大学の先生から、つぎつぎと試薬や実験機器、実験方法が提示され、それを理解し、ついていくのがやっとであった。生徒たちだけでなく、われわれ教員も何とか理解しようと、ゼミ終了後、当時の生物教員で夜遅くまで実験の復習を行い、大学の先生が来られない日でも、指導ができるように努めた。しかし、研究のスピード、難易度ともにさらに加速し、生徒が直接大学の先生とメールで議論する状態となり、日々の業務に追われる教員は、常に後追いの状況で、生徒に教えてもらう事態となつた。

ここで興味深いのは、生徒たちの適応現象である。教科書の内容をはるかに超える研究について行くため、生徒達は、自然に自分達それぞれの得意分野を生かして分業化を図ったのである。ある生徒は実験方法を正確にまとめ、皆に伝える、また別の生徒は実験機器の扱いに全力を尽くす、さらに別の生徒は試薬の調製、管理を担う。そしてゼミ終了後に全員で復習する、といった具合である。当初は興味津々で、すべての操作を順番にこなしていたが、これではミスが頻発し、研究全体の速度が上がらない。そこで生徒たち自身が考え出した苦肉の策といえよう。

また、生徒たちの研究意欲の変化も非常に興味深い。そもそも研究開始当初、全校生徒に呼びかけて「この指止まれ」方式によって集まってきたゼミ集団である。内容が内容だけに、ただ「おもしろそだから」だけではなかなか続かない。ましてや、大学の推薦入試・AO入試に有利だからなどという打算的な動機をもつ者もついてこれなくなつていった。とは言え、生徒たちに研究意欲をもたせてやらなければならない。そこで、時期を見計らって、生徒たちにさまざまな形で研究成果、途中経過を発表させ、研究意欲の維持、向上を図った。ある時は校内の発表会、またある時は学会に出向き、大学の先生方や企業の研究者の方々などと議論する機会を設けた。そうすると研究方法や考察の観点などさまざまな指摘や意見をいただく中で、生徒たちは自分たちで考え、工夫することで研究意欲を高め、維持することができた。しかし、勉強やさまざまな行事との兼ね合いの中で、オオサンショウウオの研究だけに時間を費やすことはなかなかできることではない。約20名いたゼミ生も学業との両立や他のクラブとの兼ね合いで1人欠け、2人欠け、気がつくと當時顔を出し研究に没頭するメンバーが5人に絞られてきた。この5人は、大変“しぶとい”連中で、いずれも大学の理系学部に進み、現在もそれぞれの研究に励んでいる。長期休業中には必ず母校の実験室を訪れ、後輩の指導を行う姿には頭が下がる思いである。

生物教育の将来像

生物学を学ぶ醍醐味は、その共通性、多様性を学ぶと



アメリカ ペンシルバニア州でのフィールド調査



アメリカオオサンショウウオの捕獲に成功した生徒たち

ころにある。さまざまな生物に触れ、その生態や生理機能など多くのことを理解し、さらに探究していくなかで、楽しさを見いだすとともに、正しい生命観、倫理観などを身につけてもらいたい。そのために、高等学校における生物教育はどうあるべきなのであろうか。

我々教員は、文部科学省が定める学習指導要領に則って授業を展開する。教える側は、自分たちの持っている知識を少しでも多く伝えたいという思いがあり、とかく欲張りになりがちであるが、授業進度や時間数との兼ね合いから、なかなか思いようにはいかない。なかでも、課題研究、探究活動については、非常にもどかしいものがある。理科において、現学習指導要領のなかで探究活動が強調されているが、時間や予算などさまざまな制約がかかる。さまざまな学会や研究会に出向くと、それぞれ工夫を凝らした実践例が紹介されるが、どこも苦労が絶えない。しかし、教科書に載っているようなすべてが準備された実験からは、なかなか探究する能力は生まれてこないのでなかろうか。本校の場合、SSH校に指定していただいているため、予算面で優遇されるが、普通の高校ではなかなか困難であるようである。それでも、生徒の探究心を育もうと頑張っている全国の同志の実践

例には励まされる。課題研究をとおして生徒達に考えさせ、新たな発見、感動、達成感を味わわせてやりたいものである。

つぎに大学入試と生物教育の関係について触れてみる。進学校である高校の教育は、目先の大学受験に翻弄されるのが現実である。特に理科について、解答選択式の大学入試センター試験のみを受験する文型受験者は、その傾向が強い。ともすれば、入試の点を稼ぐために、生物教育の本質をすっかり忘れ、手っ取り早く入試に出るところだけ、受験技術だけを指導するという授業の予備校化を招く傾向に陥ってしまう。実際に、ある国立大学文系学部の学生に聞くと、高校時代に理科の実験をしたことがほとんどないと答える学生が少くないことに気づく。実験のない授業が理科の授業といえるのであろうか。実際に、生徒たちは理科の授業に入試の点だけを期待しているわけではない。文系学部を志望する生徒も、解剖実験に大きな興味、関心を示す。その体験から、正しい生命観や探究心なるものが育まれていくのではないだろうか。我々教員は、理科の授業には、実験が必要不可欠であることを肝に銘じなければならない。ちなみに、平成20年1月に行われた大学入試センター試験において、62,238人が生物Iを受験したが、その約7、8割は文型の受験生であるという。

また、将来、ヒトの体を診断、治療する医師や歯科医師を目指す医学部歯学部の受験生も高校時代に生物を選択しない学生が多いという。もちろん大学に入学して、必要な知識や技術は身につけるものとしても、職業選択が明確な学部・学科だけに、この入試システムで果たして大丈夫なものなのか疑問である。

高等学校の授業においては、問題には必ず解答がついてくる場合が多い。特に大学入試問題などは、明らかに正解がないととんでもないことになってしまう。しかし、生物学においては、解答が見つからない場合が多くみられる。また、解答があっても、そこに辿り着くには非常に長い時間と多大な労力が必要となり、2、3年では解答がでない場合もある。そのような問題に遭遇した際に、ねばり強く前向きに研究に取り組んでいけるかどうかは、科学者としての資質にかかっている。将来の研究者の卵を育成しているのだという自覚に基づいて、大学入試のことも視野に入れながら指導に努めていかなければならない。

現在、文部科学省では、社会状況の変化に対応するべく学習指導要領の改訂作業が行われている。マスコミでは、ゆとり教育の見直しという言葉がしきりに取り上げられている。目の前の生物に対して、興味・関心を抱き、探究し、正しい生命観・倫理観が育成できる内容に改訂されることを切に望む。



研究をとおしてチームワークの大切さを学びました

おわりに

6年前、提供していただいたオオサンショウウオの受精卵を目の当たりにしたときの大きな感動と、これから始まる未知の研究に対する胸の高鳴りを今でも忘れることができない。当時の理数ゼミ生物班1期生も、現在大学4年生となり、地元広島大学を始め、九州大学、三重大学、山口大学で分野こそ異なるがそれぞれ高校時代に学んだことを礎として研究に励んでいる。5名とも共通して大学院を目指し、将来は研究職に就くことが目標であるという。6年前の胸の高鳴りを忘れることなく、失敗にもめげず、ねばり強い研究者となることを願ってやまない。

最後に本校理数ゼミ生物班を直接ご指導いただいている広島大学三浦郁夫准教授、広島市安佐動物公園の福本幸夫園長、桑原一司管理課長をはじめ、ご協力いただいているすべての方々に感謝して報告を終える。

参考文献

- 1) 三浦郁夫:バイオサイエンスとインダストリー, 62, 262 (2004) .
- 2) 広島県立広島国泰寺高等学校:平成14年度スーパーサイエンスハイスクール研究開発実施報告書. 3年次 (2005) .



広島大学 三浦郁夫准教授を囲んで



青年海外協力隊のひとりとして ～ネパールと共に～

八百屋さやか



現在、私はJICAの青年海外協力隊としてネパールに赴任している。協力隊の職種は120種類を超えるが、私は「環境教育」隊員として赴任し、首都カトマンズ市の隣、ラリットプール市市役所の環境衛生課に勤務している。職場の主要業務は廃棄物管理で、市役所からボランティアへの要請内容は、市民への環境教育、主に廃棄物関係の意識向上ということで、ゴミの分別法や生ゴミコンポスト作成指導などの3R（Reduce, Reuse, Recycle）教育を通して、ごみ排出削減を目指したアプローチを行うことが主要業務となっている。職場では、特に子どもをターゲットとした環境教育を行いたいため、現在まで約半年間、市役所指定のパイロット校5校を巡回して活動している。実際の活動について述べると、一つは学校環境改善がある。内容は、学校設備や（トイレ、教室、飲料水、校庭の自然など）の有無や児童の衛生状態の調査を行い、改善を行うものであった。多少環境教育の枠から外れる感があり、当初戸惑いを感じたが、貧しい公立学校の状況が把握でき、そして、少ない予算で何が改善できるのかを同僚や教師と考えた結果、生徒たちの力を借りて、校庭の庭造りを手作りで行うことができた。また、他の業務としては、ゴミ収集車に乗り、市内回収ルートの時間管理と収集箇所のモニタリング（time and motion）や、バイオガスプラントの設置立会い（エネルギー資源の少ないネパールでは、村を中心にバイオガス事業を推進している）、コミュニティコンポストの設置計画などを業務としている。日本では、食品分析や環境実験助手の経験しかなかったので、自分が今まで学んだことは、まったくと言って活かせていないのが現状で、日々新たな仕事を経験しながら追いついていくので精一杯である。日本では予想のできない問題—突然の学校封鎖、道路封鎖、停電（現在一日8時間）、断水なども多数に生じるが、徐々に面食らうのも慣れてきてしまった。

ネパールは小さい国だが（北海道の約1.8倍）予想以上に多くの問題を抱えている。環境問題に関して言うと、私の関わる廃棄物問題は、特に深刻である。エネルギー不足のため、焼却処理施設は作れない。ネパールは海もなく、土地も少なく、道も悪いという理由から処分場問題が特に大きく、現在の処分場も、住民からの抗議運動・金銭要求による道路封鎖が度々生じる上に、あと1年の残余年数を残すのみである。ゴミの分別はされておらず、

ゴミ捨て場から有価物回収を行う人たち（子どもを含む）がゴミから有価物を集め、リサイクル業者に販売し、その日の生計を立てている状況である。政情も不安定であり、人事異動も多く、物事がなかなか前へ進まない。毎日、オフィスでは問題が生じ（収集車の故障、最終処分場の住民による封鎖、オイルショックなど）、カウンターパート（現地で業務を共に行うパートナー）との悩みは尽きない。

しかし実は、ゴミが多いかというと、日本の半分以下の量である（一人一日当たり400g）。貧しい国で物が少ないせいもあるが、この国ではたいていのものが修理されて再利用されていた。靴でもカサでも電化製品でも、何でも壊れても直ぐに捨てず、必ず修理する職人がいたり、自分で直せたりする。どうしようもなく壊れたと思っても彼らは上手に直してくれる。そんな時、日本で物を修理する時、新機種の購入を勧められることを改めて考えさせられる。日本で、モデルチェンジやシステム変更により、使えなくなった機材が今までどれだけあっただろう。本当に、資源の持続可能性を考えると、どちらが正しいのだろうか。ネパールは確かに発展途上で、貧しく、政治も不安定、技術もお金も乏しいが、その分、自分たちでのづくりをする力やものを大切にする意識は、現在の日本人より高いと感じている。現在、日本が失ったもの（文化や宗教心、習慣、人付き合いなど）が豊かに残るこの国で、開発や経済至上主義について今一度考えさせられている。

ところで、私がこの青年海外協力隊を受験したのは、今から約2年前であった。ただ、参加意欲を抱いたのは修士の頃（8年前）からであり、そのころは、海外生活への体験願望という、好奇心一点であった。しかし、当時は参加できるような技術的経験も乏しく、海外に飛び込んで仕事ができる自信もなく、先送りにしていた。それから6年間、食品企業で分析業務、その後大学の環境系実験助手の経験を経て、再び協力隊の受験を志す機会を得た。また、技術士第一次試験に合格し、技術士補（生物工学）の資格（文部科学省所管の国家資格）を取得したこと、ひとつのきっかけとなった。先輩技術士の方々との交流させていただき、自分の世界が広がったお陰で、更なる外の世界へ飛び出したいと思うようになっていた。

そのころは、単なる好奇心のみでなく、とにかく自分

を必要としてくれる所へ行こうと思っていた。また、自らも、途上国で学ぶことを必要としていた。協力隊の仕事は、一方的に技術を教えることではない。自分も現地の人々と共に学び、共に学び合うことである。特に環境分野を自分の生涯の仕事としたいと考えた後からは、国内のみならず、一度、海外の現状も自分で見る必要があると思った。現場で何が起こっているのか？原因は？解決手段は？実際目で見て経験するための2年間は決して損にはならないと思った。日本で培ってきた価値観や生活レベルがどのように変化するのかも興味があったところである。何が変わるか、自分でも想像のできない世界に一度は飛び込んでみても良いのではないか、そんな気持ちで応募を決意した。

ネパールに赴任する前、現地の状況についてはまったく想像もできなかった。途上国というところが、日本とどう違い、どのような生活をしているのか、メディアに見る途上国は極端な情報が多く、その中で生活することに大きな不安を感じながらの赴任であった。また、現地の人々とどのように関わり仕事をするのか。我々は旅行者ではない。現地の人と共に仕事をする義務がある。自分は本当に受け入れられるのか、それとも避けられるのか、どうやって一緒に仕事を進めて行けばよいのか、不安が募っていた。しかし、現在思うことは本当にこの国に巡り逢って良かったということである。いくらかの選択肢があったが、「どの国でも自分が役に立つならば」と特にネパールとは決めていなかった。しかし今、この国の人たちに触れ、偶然の出会いに感謝している。すべてが飽和状態の日本に比べ、途上国は物質が不足しているゆえか、その人々の心は豊かで温かい。私も職場のネパール人の同僚から、家族のように思いをかけてもらっている。いつか、この国を離れると思うと、どんなに辛

いだろうかと今から感じている。ネパールはカースト制度が今でも色濃く残っており、自由に職業が選べない。しかし、彼らは自分の仕事に大変誇りをもち、先祖から受け継いだ技術を大切に守り継承している。徐々に都市化が進み、若者や技術者の海外流出が目立ってはきたが、どうかすべてを開発と引き替えにしてほしくないと願う今日この頃である。

私はこちらに来て半年の間に、このような本当にたくさんのこと学んだ気がする。そのすべてが自分にとってプラスになっていると感じ、また人生観も変化した。残りの1年半で、またどれだけのことが学べるのだろうか、楽しみに感じながら日々を過ごしている。引っ越し案内であった自分にとって協力隊参加は大きな選択であったが、自分の選択は間違っていなかったと感じている。ここで学ぶ多くのことはきっと日本では体験できないことであろう。

一言、現在技術を学んでいる方にアドバイスがあるとすれば、最先端の技術を持つ日本で学んだ技術を、どこでどのように生かすことができるのか、是非日本国内ではなく、世界を見渡し、活躍の場を探してみて欲しいと思う。また、先進国の我々が、技術の乏しい国からも学ぶことがあるということを是非理解して欲しいと思う。途上国の生活は辛いことばかりではなく、これから発展していくこうという意気に溢れ、日本よりも日々エキサイティングであると感じる。

不安に陥ることもあるが、とにかくポジティブにstep by stepで活動していきたい。カウンターパートの口癖がこの言葉、「Step by step! but, don't stop by stop!」である。ゆっくりでも良い、少しずつでも前進することを目指して、今しばらくネパールと共に歩いていこうと思う。



ゴミ調査



庭造り



研究人生—そのデモニッシュなる旅

兼松 秀行



大学4年生の時に研究らしきものを初めて以来、思い起こせば30年近い歳月がたちました。研究者としてよちよち歩きを始めた頃のことを、つい昨日のように思い出します。皆さんもきっとそうだと思うのですが、私も研究者にあこがれて、あこがれたとおりの道を歩いている、ほんの数パーセントの幸せな人間です。そのことをいつもうれしくまた誇りに思っています。30年前に抱いた、研究者として大成したいという燃えるような願いは、今も変わらず心の中に、汲めどもつきぬ情熱として消えることなく燃え続けています。しかし、振り返りますと4半世紀以上の長きにわたる研究人生の中にはいろんなことがありました。当初思いもしなかったようなことにずいぶんたくさん遭遇して、挫折をしたり、立ち上がることもできないくらいにくじけそうになったりしたこともありましたが、こうして今も変わることなく情熱を燃やし続けることができているということは、例外的に幸せなことなのだと思います。今静かに目を閉じますと、いろんな場面が思い浮かんできます。私は30代半ばくらいまで、転勤を2回経験して三つの職場で働くことになりました。ずっと同じ職場で続けて仕事をすることができた人とは異なり、根無し草のような自分の現状と将来に不安を感じたこともあります。また30代前半から父親が病気がちになり、母をサポートして病床の父親を励ましながら研究生活を送った時期もありました。それは15年ほど続いて、何度も繰り返された父の危篤と講演予定の変更を余儀なくされたこと、還らぬ旅となることがわかっている父を残して、後ろ髪を引かれる思いで国際会議へと旅立たなければならなかったこと、ついには父の最期に居合わせることができず、講演をすべて終えて緊急帰国して葬儀を執り行ったことなど、今となってはすべてが、映画の中のシーンのように、心に残る思い出となっています。上司とそりが合わずに、悔しい思いをしながら一人黙々と実験装置に向かった日々、今にも最後の時を迎える父の枕元で、不安と恐怖心と戦いながら締め切り間際の論文を書き続けた夜のこと、家の入院、自らの入院、命拾いをしながらベッドの上で研究の新たな展開の構想を練ったことなど、次々と走馬燈のようにいろんな出来事が浮かんできますが、今思うと、これらすべてが血となり肉となって今の自分があるように思います。そして、そういう悲しみや苦しみを乗り

越えて研究を続けてきたことが、歩き出した頃には想像もつかなかつたようなたくましい研究のプロフェッショナルへ、そして戦士へと自分を仕立てあげていくことになったのだと感じています。

研究というある種デモニッシュなものに魅せられて、こうして歩いてきた私ではありますが、研究生活に必要と考えていることが三つあります。自分がこれまで折々に書いたものを見返してみても、表現こそ多少違つてはいますが、ずいぶん若い頃からこういった考え方をしていて、それが研究の道を歩むにつれて今から紹介する明確な形をとってきたように思えます。以下にそれを紹介して皆さんと共有したいと思います。それが若い方々の参考になればと心から願っています。

その一つは“ゼロベース”という考え方です。私のゼロベースは、いつもスタートラインに立つような気構えでいると言うことを申しております。“謙虚であれ”ということはよく恩師や諸先輩に言われたことではあります。なかなかその意味を本当に理解して実行することは難しいです。それは心の中に思ってもみないようなへりくだりをしたり、いわゆる“謙遜”をすることではありません。いい結果が得られたり、講演や論文発表がうまくいったとき、そんなときは思いっきり得意になつたらいいと思います。自らを偽らず“ユーレカ”的瞬間には思いっきり喜びに浸って小躍りしたいものです。それなくしては次の前進はありませんから。しかし、大事なことは“ユーレカ”的次の瞬間から、またスタートラインにたった気持ちで歩き出すことだと思います。これは言うのは簡単ですが、長年にわたってその通り実行することはなかなか難しいことです。しかしそういった心構えが本当の意味での謙虚さを実現するものであり、長い年月を通しての研究活動を保証するものだと思います。

二つ目は“ボーダーレス”です。この言葉もいろんな意味で使われますが、私がここで申し上げる意味は、自分のその時々の分野を超えて学際へ、異分野へと自分の専門を広げていくことです。創造性教育というのが、私の高等教育機関における教育活動としてのライフワークなのですが、そういう調査と研究の中で、創造的な人間は“境界を移動する人”であるということが次第にわかってまいりました。これはどういうことかというと、私が初めて考えついたことではありませんが、次のよう

なことなのです。私たちの学問体系は多くのシンボリックドメインから成り立っています。生物、化学、情報、材料などなど。これらは伝統的に作り上げられたいわゆる“分野”ですが、それは伝統的なシンボリックドメインととらえることができます。しかし学問の究極の目的は新しい価値の創造であり、これらのドメインを融合したり消滅させて、新しいシンボリックドメインを作り出すことにあると思います。そのためには、ドメインの境界（バウンダリー）を飛び越えることがどうしても必要になります。それこそが学問の創造なのです。私の言う“ボーダーレス”はバウンダリーを飛び越える勇気です。それは異なるドメインに完全に飛び移ることではなく、今いるドメインとまたがってその融合をはかることなのです。その意味では私がいくつか勤務した職場の中にはそれが制度上難しいところがありました。現在勤務する国立高等専門学校は制度的にも分野や組織の壁が低く“ボーダーレス”であることがとても容易であって、その点創造的な仕事がしやすい環境であったように思います。私は別の場所で、自分の研究ポリシーとして、“異分野間ネットワーキング”を提唱したことがあります。これはどういうことかと言いますと、私の場合を例にとって説明いたしましょう。私の専門は材料工学ですが、現在主要なテーマにしているのが三つあって、そのうちの二つが皆さんの多くと関係のある生物工学に関連したテーマです。一つは“抗菌材料の開発研究”です。これは抗菌特性を材料の表面に付与することによって、抗菌材料を作り、それによって食品機械加工関係をはじめとする各種産業の発展に寄与しようという試みですが、私はバックグラウンドとして微生物の知識を持ちませんから、その展開、推進にはそのような知識を持った人とのパートナーシップが不可欠です。幸い私の勤務する鈴鹿高専には細菌学者がいて、ご一緒にすることとなりましたが、おかげさまでその研究はずいぶんと進み、5年ほどになりましたが、皆さんの関心をいただくようになって参りました。またもう一つのテーマもこれは生物工学に関係して、金属材料が環境に与える影響を評価する一端として、細胞毒性を評価する研究ですが、これも細胞を取り扱うスキルと学問をしなかったために、パートナーを必要としました。これも幸い本校にお迎えした研究者の中にその専門家がいて、チームを組んで未だ歩き出したばかりですが、その今後の展開に大きく期待をふくらませているところです。こういったことはボーダーレスという考え方から導かれる展開ですが、新しいことを始めるためには欠かせないことだと思います。それが人によってできたりできなかったりというような、個人

の性格依存ではなく、システムとしてできるように組織を設計することが、こういった変化の激しい時代にとても大切なではないでしょうか？高専においてそれが容易であることを申し上げましたが、一方大学においても新しい制度作りをお考えになる場合は、是非そうした横の壁を廃して、と完全にはいかないまでも、低くしてでもよろしいですから、融合・分裂といったドメインの変化にフレキシブルであるような設計をすることが、新しい時代に適合して生き残っていくために望ましいのではないか、と私個人は強く感じています。

三つ目は“寛容さ”です。もちろんそれは何でも我慢するとかいい加減で妥協するという意味ではありません。違いを誇りにし、そしてお互いの違いを評価し合うということです。私たちは皆それがとても違っています。出生、歴史が違うのでそれは当たり前のことですが、大事なことは、違いを攻撃しあって排除するのではなく、お互い一步進んで積極的に肯定し認め合い尊重し合うことなのです。そこに本当の意味での融合があり、協力があり調和があります。分裂の20世紀が終わり、21世紀は融合と統合の時代だと思いますが、本当の意味での融合に必要な調和は、違いに目をつぶって手をつなぐことではなく、積極的に違いを評価して認め合うことにあろうかと思います。そのためには“寛容さ”が必要となり、その“寛容さ”を持っていれば、ゼロベースでありボーダーレスであること、またできるものではないかと思います。

以上思いつくままに勝手なことを申し上げましたが、若い方々には、参考になったでしょうか？“そんな大変な世界なのか！”とかえってネガティブな印象を持つ人もいるかもしれません。しかし、正直言って、研究生活を振り返りますと、結構楽しかったし今も楽しいのです。自分にとって、このほかに道はなかったと思います。冒頭に申しましたように、自分のことを本当にやりたいことができる恵まれた数パーセントの人間だとつくづくそう思います。皆さん、人生の意義、幸福って何だと思われますか？それにはいろいろな考え方があると思います。そのどれもが間違っているわけではなく、また厳密にどれかが正解というわけでもないと思いますが、ある人に言わせると、人生の旅の意義と幸せは、旅の目的地にたどり着くことでなく、旅そのものを楽しむことであるそうです。研究生活もまたしかり！……ではないでしょうか？さあ、みなさん、苦悩や悲しみを通り抜けて、ご一緒に研究生活という、このデモーニッシュな旅を楽しもうではありませんか！三つのツールを携えて！



「運・鈍・根」プラス「感」

元村有希子



いまこのページを開いたあなたはどんな心境だろうか。

実験がうまくいって、充実した気持ちでカップ麺をすりながら、偶然この雑誌に目がとまつかもしれない。研究について先輩から注意されてへこんでいるかもしれない。就職活動のヒントを求めてこのページを開いてくれたかもしれない。

ここでは、博士の将来をめぐる現状については詳しく触れない。このページに興味を持ってくれたあなたは、すでに多少は知っているだろうから。インターネット上の創作童話「博士が100人いるむら」¹⁾を読んで、「無職」とされた16人、あるいは「死亡・不明」とされた8人の中に自分が入ってしまうのだろうか、いやだそんなの！と思った人も少なくないと思う。

確かに現実は厳しい。ただ、誰かを恨んで愚痴を言っていても始まらない。現状打破のための政策を作ろうとか、企業と大学が連携を強めようとか、改善に向けたいろんな動きが始まった中で、あなたが今やるべきことを提案したい。

とはいえる、私は当事者ではない。この世界を外から眺めているやじ馬の一人である。お説教をするほど偉くないから、居酒屋で隣り合わせたおばさんの独り言と思ってくれてもいい。

研究者の資質

さて、研究者の資質として「運・鈍・根」という言葉をあなたは聞いたことがあるだろうか。ご存じない人のために、ごく簡単に説明しよう。

運=指導者やテーマ、発見に恵まれる幸運。

鈍=研究の先行きに「鈍感」(楽観的)でいられること。

根=ねばり強く取り組むこと、根気。

これまで歴史に名を刻んだ研究者は例外なく、これらの資質を兼ね備えているのだそうだ。運・鈍・根は「成功する研究人生」のキーワードと言えるわけだが、研究にかかわらず、私たちが生きるうえで学ぶことが多いと思う。

「好き」の強み

あなたは運がいい。

「何だって？こんな博士不遇の時代にぶち当たって、幸運なもんか」と反発したくなるかもしれない。

でも、今あなたが取り組んでいるテーマや分野は、あなたが一生をかけて打ち込む価値がある。それにあなたは巡り合えた。運がいいというのをそういう意味だ。

大学や大学院で理系に進む人たちに共通する特徴は、進路を「この学科（分野）が好きだから」選んでいるということだ。私たちが取り組んでいる連載「理系白書」の調査として2005年、高校生・大学生2100人を対象に実施したアンケートでは、文系の人たちより理系の人たちに、この特徴が目立った。

文系の人は「理科（数学）が嫌い（苦手）」という理由で文系を選ぶ傾向が強い。つまり消去法の選択である。これに対して理系の人は「理科（数学）が好き（得意）」という理由で進路を選んでいた²⁾。

この違いは大きい。自分が好きだから選んだのだ、と胸を張れるものに、あなたはすでに出会っている。

好きであることに理屈はいらない。「好きこそものの上手なれ」ということわざがあるけれど、好きだから寝食を忘れて打ち込める。長い一生を、好きなことのために費やせる人と、そうでない人がいたら、前者の方が成果も上げるし、満足度も高いだろう。

多くの学生が、打ち込める何かを見いだせないまま大学生活を過ごし、なんなく就職先を見つけて社会人になる。それと自分の境遇を比べてみてほしい。「この分野はおもしろそうだ」とか「もっと知りたい」とか「将来性がある」とか、自分なりの理由で主体的に進路を選んだあなたがラッキーだということが分かってもらえるかもしれない。

耳年増になるな

あなたにはこれからしばらくの間、鈍感でいてほしい。

この情報化時代、鈍感でいることは難しい。身の回りにはおびただしい情報があふれている。しかも簡単に手に入る。

この恩恵は計り知れない。だが逆の作用も併せ持つ。主種多様な情報があなたを迷わせるのだ。自分が選んだこの大学、この研究室、思い描く将来が「最良の選択」ではないのではないか？ まして、博士をめぐる現状については、うわさがもっともらしく脚色されたり、極端な例が一般化されたりしている。余計にあなたを不安にさせるだろう。

著者紹介 毎日新聞科学環境部記者（現在、英インペリアルカレッジ留学中）

たとえば博士の3割は定職につけないと言われる。だったら博士課程に進むのは損だと言うことになる。あなたの親も心配するだろう。ただし、あなたがその3割に入ると決まったわけではない。

失敗を避けるために情報を集めることは必要だが、それが高じて失敗の不安から前に進むことをやめてしまうことが往々にしてある。それは、おぼれる危険があるからと、水着姿で海を眺めているようなものだ。

もともと気の進まないことならまだしも、あなたはこの分野を「好きで」選んだのだ。そのチャンスを、くだらない不安でフイにしないでほしい。そのためにも、一時期はあえて情報に対して耳をふさいでいてほしい。

好きなことなら、やらずに後悔するより、やって後悔しよう。あなたが尊敬する科学者の先輩たちが若かった時代、進路に関する情報も、指導者に関する情報も、ごくごく限られていた。「迷いがなかった」というより、迷えるほどの情報がなかったというのが現実だろう。でも、それはそれで幸せだったし、じっさい、うまく働いた。

最近、ポスドクで留学することをためらう人が増えていると聞く。留学すると、帰国後の就職がいっそう厳しくなるからだという。これこそ、限りない可能性を秘めた挑戦を根拠のない不安であきらめてしまう典型例だ。

粘ってみよう

いまどき「石の上にも3年」なんて死語に近い。時代は猛スピードで進んでいる。

でも、3年間座ってみて分かることもある。やる前は大変な作業のように思うが、やってみれば意外と短い。たとえば20代の3年間をそれに投資してみる価値はある。やってみて「やっぱりダメだ」と思っても、20代ならやり直せるからだ。しかもその経験は必ず役に立つ。結果が出ないからといってすぐに投げ出してしまうのが一番もったいない。

ノーベル賞級の研究成果は例外なく、失敗の山の上に築かれたものだ。変な話だが、一流の研究者は失敗を喜ぶ。なぜなら、失敗が新たな成果を生む場合がある。あるいはなぜ失敗したかを考え続けるうちに、誰もが常識だと思っていたことの裏側に、新たな「常識」(新事実)を見つけたりするからだ。

生物工学という分野は、物理学や化学に比べれば新しい分野といえる。未解明のテーマがうなるほどある。存在すら知られていない原石が、掘り出されるのを待っている。あなたは、世界の誰も見つけていない何かを見つけるチャンスを与えられているわけだ。

地図もない、乗り物もない、徒手空拳の状態で未踏の場所へ達しようという挑戦は、考えただけでも途方もない。誰も成功を約束してくれないし、失敗するかもしれない。やりがいはあるが、時間と手間がかかることは覚

悟しなければならない。だからしつこく、粘り強く取り組んでほしい。うまく行けば、それはあなた自身の人生においてとても大きな意味を持つ。同時にそれは、人類全体にとっても大きな貢献になる。これが研究者という職業のだいご味だ。

感性は可能性を広げる

研究を志すあなたに、私は「運・鈍・根」に加えて「感」も提案したい。平たくいえば、社会が発するメッセージを感じ取る感性のことだ³⁾。

私はいま英国で暮らしている。この国は、ニュートンやファラデーなど著名な科学者を輩出した輝かしい歴史を誇る一方で、科学の不確実性が国民を欺き、科学不信を招くという苦い経験もした。最大のものはBSE(牛海绵状脳症)で多数の死者を出したこと。近年は遺伝子組換え(GM)食品に対する国民の不信が根強い。その嫌悪感は「フランケンシュタイン・フード」という呼び名にはっきりと表れている。

多くの人はGMを感情的に受け入れようとしない。「組み替え=自然ではない」という先入観からだ。その反動がオーガニックブームだ。定義のはっきりしないオーガニック食品に大枚をはたくという構造になっている。

専門知識を持っているあなたにとっては馬鹿馬鹿しい騒ぎと映るだろう。けれどあなたの将来の研究を支えるのも、こうした人たちなのである。大学の研究者ならそれは税金だし、企業の研究者なら成果を商品として売った収益という形で、社会とのかかわりから逃れることはできない。

ここで私が提案する「感=感性」は、生物工学という最先端の分野だからこそ求められる、社会に対する感受性である。自分が正しいことをやっているという確信があっても、それが社会に受け入れられなければ不十分なのだとあってほしい。

あなたが研究者になったなら、自ら根気強く、社会に語りかけてほしい。研究者に代わって、最先端の技術の恩恵とリスクとを等身大に伝える職業につくのもいい。とりわけこの分野では「伝える」人材が不足している。この仕事も、一朝一夕では上達しない責任の重い仕事だ。

どんなキャリアを選ぶことになっても、最後に問われるるのは自分自身である。自分を強く磨く努力を惜しまないことが、今のあなたたちに求めたい唯一最大のことだ。

- 1) <http://www.geocities.jp/dondokodon41412002/>
- 2) 毎日新聞科学環境部：「理系」という生き方、p.56、講談社文庫（2007）。
- 3) 酒井邦嘉：科学者という仕事、中公新書（2006）。酒井氏はこの中で、研究者の資質として「運・鈍・根」に加えて「勘」を提案している。



「見せる」だけじゃない ～研究する動物園～

尾形 光昭



本誌読者の皆さん、「動物園」という言葉にどのような印象を抱くのでしょうか？珍しい動物が数多く展示され、家族連れて賑わっている公園という印象が強いのではないでしょうか。

しかし近年の動物園は、生きた動物を「展示」するだけの施設ではなく、生息数の減少している動物の生息域外保全施設、すなわち「種の保存」施設としての役割が大きくなりつつあります¹⁾。

このような時代背景の中、1999年に「種の保存」を目的とした非公開の動物園施設として、横浜市繁殖センターが開設されました。繁殖センターでは、絶滅危惧種であるカンムリシロムク (*Leucopsar rothschildi*) など8種について飼育繁殖に取り組んでいます。そして2004年からは、国際協力機構（JICA）支援のもと、カンムリシロムクを、その唯一の生息地であるバリ島へ野生復帰させるプロジェクトを実施し²⁾、これまでに70羽のカンムリシロムクをインドネシアの繁殖施設へ里帰りさせました。

一方、当センターでは希少動物の飼育繁殖を行うだけでなく、「種の保存」に関わる調査研究も行っています。以下に、当センターにおける調査研究内容を紹介します。

横浜市繁殖センターにおける調査研究は「動物配偶子の凍結保存」、「性ステロイドホルモンの濃度測定」、「DNAによる性判別および系統解析」の3分野から構成されます。

動物園では、飼育個体群の遺伝的多様性維持のために、動物園間で飼育個体の交換や貸借が行われています¹⁾。しかし、同じ目的でも配偶子保存では動物の輸送が不要であるだけでなく、飼育スペースの削減が図れることから、動物園動物でも数多くの凍結保存例が報告されています³⁾。当センターでも40種の動物園動物の精液保存⁴⁾や精液輸送の研究⁵⁾に取り組んでいます。

また動物園における種の保存にとって、対象動物の繁殖成功は必須です。近年では、動物の糞尿から抽出された性ステロイドホルモンの濃度測定による繁殖周期の解明や妊娠診断が行われています⁶⁾。当センターでも、エンザイムイムノアッセイ（EIA）法によるオカピ (*Okapia johnstoni*) など希少動物の性ステロイドホルモン測定を取り組んでいます⁷⁾。さらにホルモン測定とは別に、「超音波検査」による妊娠診断も実施しています。この方法



オランウータンなど動物園で飼育している動物の精子を液体窒素中で保存

は馴致可能な動物以外には適用困難ですが、ホルモン測定法に比べ早期の妊娠診断が可能とされ、当センターでもバク類を対象に超音波検査による妊娠診断を実施しています⁸⁾。

さて、DNAによる性判別ですが、動物園では鳥類への適用が早くから報告されています⁹⁾。当センターでも、先に述べたカンムリシロムクなどを中心に、これまで飼育鳥類92種についてDNAによる性判定を実施しています（小泉純一・未発表）。さらに、原始的な鳥類である走鳥類に唯一適用可能な性判別マーカーが、走鳥類以外にカンムリシギダチョウ (*Eudromia elegans*) にも適用可能であることも明らかにしました¹⁰⁾。

一方で、希少動物の繁殖を行う上で、分類学的に不適切な交配、たとえば亜種間交配は大きな問題となります¹¹⁾。繁殖センターでは、遺伝的に異なる野外集団に由来する飼育個体同士の交雑防止を目的に、ミトコンドリアDNAなどのDNAマーカーを利用して、飼育動物間の遺伝的分化を調査しています。たとえば、東南アジアに生息するマレーバク (*Tapirus indicus*) は、現在マレー半島とスマトラ島に生息しています¹²⁾。これまで、マレーバクの生息地域間の遺伝的調査は報告されていません。しかし、同地域に生息する大型哺乳類であるトラ (*Panthera tigris*) では、両地域間の個体群における遺伝的分化が報告されています¹³⁾。そのため、マレーバクでも同様の遺伝的分化が存在することが予想されていました。そこで、日本国内で飼育されているスマトラ島産とマレー半島産のマレーバクについて、糞便や血液からDNAを抽出してミト

コンドリア DNA のチトクローム b 遺伝子 950 bp を解読したところ、マレー半島産とスマトラ島産は遺伝的に異なる集団であることが示唆されました (Ogata, M. et al., 投稿中)。一方で、前述のカンムリシロムクはミトコンドリア DNA の D-loop 領域のシーケンスや RAPD 解析からは、導入系統間に明瞭な違いはみられません¹⁴⁾。この結果は、日本国内のカンムリシロムク飼育個体群で近親交配が進行していることを示唆するものです。今後は、原産国であるインドネシアの飼育個体群を含めた広範な系統解析を予定しています。

一方、日本産野生動物の飼育繁殖や保護活動を積極的に実施する動物園も増えています^{15,16)}。現在のところ、当センターでは日本産動物の飼育繁殖には取り組んでいませんが、日本産動物を対象とした遺伝的多様性の研究を行っています。研究対象はツチガエル (*Rana rugosa*) という両生類の一種です。ツチガエルは日本国内の地域集団間で、性決定機構や性染色体が異なるなど、他の日本産動物では見られない特徴を示します¹⁷⁾。ただ、見た目が地味であるためか、あまり注目を集めてきませんでした。当センターでは、ツチガエルの性決定機構を中心とした遺伝的多様性の解析を行い、その結果、ツチガエルでは XX/XY 型の性決定機構が祖先型であること¹⁸⁾ や XX/XY 型から ZW/ZZ 型への変換が 2 回起こったこと¹⁹⁾ が明らかになりました。さらに近畿地方には、XX/XY 型のツチガエルと ZW/ZZ 型のツチガエルが同所的に分布する地域があることもわかりました¹⁹⁾。このような現象は、これまで他の動物では確認されていないため、生物学的にきわめて興味深いことです。このような遺伝的多様性を有するツチガエルですが、これまで形態的な多様性については報告がありません²⁰⁾。このことは、外見だけでなく遺伝的な多様性の解明が、種の保全において、いかに重要であるかを示す好例となるでしょう。しかし、ツチガエルを含めた日本産両生類は生息環境の変化などから減少傾向にあります²¹⁾。そのため、今後はこのような遺伝的多様性の解析結果を、日本産両生類の保護活動につなげられるように努めていく必要があります。

ここまで、横浜市繁殖センターで実施している種の保存に向けた研究を紹介してきました。動物園における研究は発展途上の段階です。ここで紹介した以外にも、海外では希少動物のクローン作製などが行われており、研究課題の尽きない分野であろうと思います。ただ、日本国内には研究を専門的に行える動物園施設はほとんどなく、動物園だけで種の保存に関する研究を行うには、設備不足や人員不足と言う問題があります。このような現

状から、動物園では大学などの研究機関と共同研究をするケースが多く、当センターも複数の大学と共同研究を行っています。そのため、動物園を舞台とした「種の保存」を実現していくには、大学など専門機関の研究者と積極的に連携していくことが望ましいと考えます。読者諸氏の中で、このような分野に興味をお持ちの方は、お近くの動物園に連絡を取ってみてはいかがでしょうか。きっと価値ある研究に結びつくものだと思います。

また動物園職員の立場であっても、さまざまな研究を行うことができます。実際に日本国内の動物園では、獣医師や飼育担当者による希少動物の繁殖などの研究が、毎年数多く行われています。ちなみに当センターの職員も動物飼育員や獣医師です。というわけで、「動物飼育」も「研究」も好きな方は、動物園に就職して、どちらも実践してみるのも良いかもしれません。ただ、動物園への就職も、研究機関への就職同様、狭き門です。ですが、やる気のある方には粘り強くチャレンジしていただき、是非とも動物園の世界すぐれた成果を出して、希少動物の種の保存が活発に行われるようにしていただきたいと思います。

- 1) 宗近 功：飼育ハンドブック（動物園編），2, p.83, 日本動物園水族館協会（1997）。
- 2) 白石利郎：Zoo よこはま，49, 4 (2004)。
- 3) 楠比呂志：野生動物医学会誌，10, 1 (2005)。
- 4) 小泉純一ら：動物園水族館雑誌，47, 62 (2006)。
- 5) 小泉純一ら：第 145 回日本獣医学会学術集会講演要旨集，p.128 (2008)。
- 6) 楠田哲士ら：野生動物医学会誌，11, 49 (2006)。
- 7) 森角興起ら：第 11 回日本野生動物医学会大会講演要旨集，p.65 (2005)。
- 8) 山本倫世ら：動物園水族館雑誌，48, 63 (2007)。
- 9) Miyaki, C. Y. et al.: Zoo Biology, 17, 415 (1998)。
- 10) 尾形光昭ら：野生動物医学会誌，11, 79 (2006)。
- 11) コリン・タッジ：動物たちの箱舟，朝日新聞社（1996）。
- 12) <http://www.tapirs.org>
- 13) Luo, S. et al: PloS Biology, 2, 2275 (2004)。
- 14) 尾形光昭ら：動物園水族館雑誌，48, 55 (2007)。
- 15) 桑原一司：第 14 回種保存会議議事資料 (2005)。
- 16) 成島悦雄：第 145 回日本獣医学会学術集会講演要旨集，p.132 (2008)。
- 17) Miura, I.: Sex. Dev., 1, 323 (2008)。
- 18) Ogata, M. et al.: Genetics, 164, 613 (2003)。
- 19) Ogata, M. et al.: Heredity, 100, 92 (2008)。
- 20) 松井正文：動物地理の自然史, p.70, 北海道大学図書刊行会(2005)。
- 21) 松井正文：カエル，中公新書 (2002)。



国際機関で働く

齋藤 健

私は1989年9月から1994年1月末までローマにある国連食料農業機構、通称FAOと言わわれている国連機関で農業局農業サービス部の職員として働いた。農業サービス部とは農業に関連する流通、収穫後損失防止、経営、一次産品加工、農機具改善などを担当しているが、私の所属したのは食品・農産加工課というセクションであった。

私の経験を短く述べれば1954年3月に京都大学農学部農芸化学科を卒業し、協和発酵工業に入社、東京研究所、富士工場の勤務のあと本社に転勤して研究調査、技術開発などの部門を経て、海外事業部で海外立地検討などの企画部門で勤務した技術系社員である。農芸化学会に発表した研究経験があり、工場にもしばらくは勤務したので原価試算も理解できるし、いろいろな生産施設を見ているので投資金額の推定もある程度はできる。ローマへ出かける前にはバイオ関連エンジニアリングを業務とする子会社の役員をしていました。

さて私が国連食料農業機構の職員となった経緯について述べてみたい。国連機関の職員の募集方法は公募となっており縁故での採用はありえない。空席情報は加盟各国外務省の担当部署にそのつど送られてくる。日本では外務省に国際機関人事センターという部署がありここから公表される。公表されるデータとは職種、勤務国、待遇とその職種に必要とされる経験などである。私の場合には前年の1988年半ばに食品・農産加工課のバイオ技術の担当者の空席情報を入手し、その年の秋にアプリケーションを提出した。提出したままにしておくと情熱を疑われる所以先方の人事担当に連絡をとることが大事である。私の場合にはちょうど1989年の初めに欧州に出張だったのでその帰途、ローマに立ち寄り面接を受けてきた。ローマの日本大使館にはFAOを担当するスタッフが農水省から派遣されているので、あらかじめ連絡すればいろいろ相談に乗っていただける。

私が面接を受けたのは農業局の局長であるドイツ人であった。彼はバイオについての私の経験を尋ねたあとで、ここFAOでは世界のあらゆる国からスタッフが来ている。彼らといかにコミュニケーションが取れるかが最も重要なポイントである。したがって3ヶ月ぐらいまずコンサルタントとして働いてみて、その結果によってその後の契約については考えようと提案した。これは空席情報の条件とは少し違うと思ったのだがFAOに在籍している日本人スタッフに聞いたところでは、日本人はや



食品・農産加工課スタッフの紹介

私が5年間一緒に仕事をしたスタッフを紹介したい。課長はチーフと呼ばれ後列左から3人目のひげの男性である。イスラエル系のカナダ人で製粉会社にいたという。コンポジットフラウアーといつて小麦粉なしのパンとか放射線照射による食品保存の権威である。チーフの次はシニアオフィサーがいる。前列左から2番目の黒人である。ベニン出身でフランスの大学を出ている。食品添加物に詳しい。フランス語、英語、イタリア語を駆使するバリバリのトリリンガルである。後列左から2番目はアメリカ人で缶詰や瓶詰めなど食品加工の専門家である。パソコンに習熟しているのでオフィスに来なくても仕事ができるといって出勤しなくてチーフに叱られたとのこと。チーフの右はロシア系のイスラエル人、収穫処理、保存の専門家。北朝鮮にリンゴの収穫後処理の件で出張し、ものすごく英語の下手な国民だと嘆いていた。後列右端は英国人。キャッサバとかサゴデンブンの専門家である。前列左端はイタリア人のコンサルタントであり、この課専属のようではスタッフが処理しきれない案件を請け負って飛び回っている。二人のアシスタントといわれる女性が写っている。後列左端がサイプロスの出身、後列右から2番目が英国人である。最初に私の秘書となってくれたが、私の書いた報告は彼女の赤いボールペンで溢れてしまった。この写真を撮ったのが韓国人の課員で養蚕の専門家である。一昔前までは養蚕は日本の特技であったが今や世界では韓国の特技となっている。韓国政府の資金供与でいろいろな途上国に養蚕のプロジェクトが生まれている。みなさんもこういう国際色豊かな環境で仕事をしてみませんか？

はり言葉のハンディキャップがある、したがって局長の提案を断れば将来FAOで働くことはまず難しいだろうとの意見であった。そこで局長の提案を受けることにしたのであるが、2月に面接をうけたのであるが実際に受け入れ条件が送られてきたのは5月になってからであった。それは健康診断にパスすれば、9月1日から12月15日の3ヶ月半特別契約で働くということ、報酬は3ヶ月半の滞在費として1万ドルを分割で支払う。契約が成功裡に終了すれば対価を支払う、航空運賃は実費で支払うこと、ただしこの契約は恒久的なポストを約束するもので

はないから現在の職を辞退することは勧めないというものであった。しかし会社は無情なものでただちに後任人事を発令してしまったので、屋根に登ってはしごを外されたような状況になってしまった。ともかく覚悟を決めて1989年9月1日に成田を出発した。

国連機関のいろいろなポストの職務内容についてはTOR（職務記述書）に述べられている。私のTORは食品・農産加工分野にバイオテクノロジーの導入、再生可能エネルギー、農産廃棄物利用などによる開発途上国の農業振興というものであった。また国連工業開発機構(UNIDO)との競合もあるので規模的に大きい発酵工業のような案件は取り扱えない。微生物農薬とか椎茸のような菌類培養、あるいはメタン発酵のような案件を見つけるように心がけた。着任して過去のバイオに関連する案件など調査していたら急に予算の枠があるからブラジルのアルコール計画を調査して来るようにという指示がでた。ブラジルには日本にいたとき、JICAの調査団の一員としてアマゾンまで調査に出かけた経験があったがスケジュールは自分で立てたわけではないからとまどったものの、他のセクションのブラジルに詳しいスタッフの助けを得て日程を作成した。まずリオに到着、蒸留機械エンジニアリングの会社訪問、サンパウロ移動、ピラシカバで砂糖アルコール研究所訪問調査、内陸のリベロンプレートでブラジル最大のアルコール工場の見学調査、ブラジリアでの担当官庁での聞き取り調査、再びリオに戻ってエンプラッパという農業研究所でサトウキビ栽培についての研究者との面談などの予定を無事に消化した。

この調査で判ったことはブラジルのアルコール工場の規模の大きさである。サンパウロ内陸部のリベロンプレートのSao Martinhoという工場ではサトウキビを5月から11月までの間、一日34,000トン処理して年間砂糖15万トンとアルコール35万kl生産している。現在、日本のアルコール消費量は年間60万klであるからその規模の大きさには驚くものがある。しかもこのような大工場の工程管理、品質管理に当たる技術者は若い女性であった。エンプラッパのサトウキビ栽培の研究者も女性であった。彼女は畑に投入した肥料と生育したサトウキビのバランスからみて窒素固定菌の作用が重要な因子になると予測していた。この後にも述べるが世界の多くの国では窒素固定菌についての研究が盛んであるように私は感じられた。出張から帰って一ヶ月以内に報告書をまとめ上げ上司の認可を受けなければ出張経費の精算ができなくなるので必死で報告書を作成した記憶がある。

正規のスタッフに採用されてからもFAOのレギュラープログラムの中には案件発掘のための出張予算が組み込まれているので、特にバイオ関連の世界情報には注意を払って出張先の腹案を持っていることに心がけた。

定年で帰国するまでの5年間に欧州ではベルギー、デンマーク、東欧のハンガリー、チエコスロバキア、中東ではトルコ、エジプト、アルジェリア、チュニジア、アフリカではケニア、ジンバブエ、アジアではネパール、ブータン、マレーシア、タイなどに案件発掘のための出張をした。またイタリア国内で開催されたバイオマス・エネルギー開発についてのシンポジウムも2回出席した。

発酵工業でかなりの技術があると観察された国々はハンガリー、チエコ、トルコ、エジプト、チュニジアなどである。なかでも工業的に進んでいるハンガリーではとうもろこしから異性化糖を生産する大きな工場があり、チエコにはパルプ廃液から飼料用酵母を発酵生産する工場がある。この大型発酵タンクは下部攪拌装置を備えていた。トルコもビートの産地であり、ビート糖蜜を原料とするクエン酸、パン酵母の大きな発酵設備を持っている。クエン酸はトレイを使った表面培養法を行っている。パン酵母は活性乾燥酵母まで生産しており、その製品は東欧諸国、南米にまで輸出されている。ビート糖蜜を使った発酵廃液の処理にはメタン発酵と活性汚泥処理を利用して行っている。エジプトはサトウキビの産地であるから廃糖蜜を原料とするアルコール発酵、アセトン・ブタノール発酵を行っている。アルコール飲料はモスレムの人は飲まないため、せっかくできたアルコールを更に酸化発酵を行い酢酸にまで持っていく。日本では50年前に石油化学に取って代わってしまったアセトン・ブタノールもいまだに発酵法で生産している。面白いことには発酵法でできたソルベントは香りが良いと言う理由からスランスの香料会社から引き合いがあるという。

研究的には窒素固定菌のスケールアップが面白いのではないかと思われた。途上国では財政上の理由から化学肥料でもまだ十分に購入できないところもある。エジプト、ネパール、フィリピン、ブラジルなどの国ではバイオの研究機関が窒素固定菌の大量培養研究を実施中であった。ネパールではヒマラヤ山中の森林の生育促進のために低温でも生育が可能な菌の選択試験が、フィリピンでは特産のココナツジュースが培地に良いと言うので大量培養が検討されていた。農地の劣化を防止するためには化学肥料を大量に施肥するよりは窒素固定菌と有機肥料を混合したものがステナブルな農業のためには良いのではないかと考えられる。畜産廃棄物処理を兼ねたバイオガスについては途上国には根強い要望がある。私の在任中にはエチオピアでのバイオガスの案件があった。エチオピアはアフリカ諸国の中では牛の飼育頭数が最も大きい国である。従来は牛糞を乾燥してそのまま燃やしていたのを集めて貯蔵槽にいれスラリーとして発酵させて生成したメタンガスを家庭の炊事用燃料に使い、スラリーは畑にまいて液肥として使うと言う計画であ

る。ドイツのコンサルタントを起用して成功した。ネパールでもオランダのNGOが小型のバイオガスを農家に多数設置していた。

こういうような案件発掘のための仕事に加えて加盟国政府からくる質問についての返答とか関連する部門の会議に出席して意見を述べるなど種々の仕事をこなさなければならない。アフリカのある国から落花生の殻の処理についての質問が回ってきたが、私は鶏糞などの窒素含有量の多い廃棄物と混合して有機肥料とするべしとの意見書を出した。またFAO総会は2年に1回開かれるが、総会での表決は米国、日本のように分担金の多い国も、アフリカ諸国のようにきわめて分担額の低い国も同じ一票となっている。非常に矛盾した制度であるがアフリカなどの途上国はこれを良いことにして徒党を組み、先進国の出す案に対抗している。ファマーズライトもその一例である。私の所属するセクションにもこれに対するコメントを求められたので、資源は持っているだけでは価値

がない、この有効利用のために先進国がどれほどの研究投資をしているか実態を知るべきであるとコメントを書いた。幸い上司はカナダ人だったので理解を得て正式なコメントとなった。日本には国連至上主義というか国連の言ることは必ず従わなければならぬという風潮があるがこれは間違いである。国連はそこへ出て行って自らルールを起案して作る所である。日本はただ負担金を言われたままに拠出しているだけであり、自国のためになる政策を提案することもない。ましてや職員の数を増やすような努力もしていないのである。なんと情けない国であろうか。生物工学のプロフェッショナルの諸君にFAOやUNIDOなどの国連機関にプロフェッショナル職員として就職し、バイオ技術の国際化のため奔放に活躍することを期待して本稿を閉じたい。

(参考資料)

齋藤 健：国連機関での五年間、新風舎(2008)。



ゆめ うつつ 夢と現のハザマ

福井 作蔵



キャリアパス.“おやっ”と思った人は私だけだろうか。浅学非才な私がこの言葉の意味を理解するには少し時間がかかった。もしかすると、それを利用して、このコラムを読ませようとする意図があるのかもしれない。意図はさて置き、現役学生よりも、OBが引き込まれそうな見出しがある。そこで、生物学～生物工学分野の中年の卒業生や若い先生方にフォーカスを合わせ、小文を書くことにした。

小文に先立って、私の自己紹介をしておくのも大切な要件かもしれない。なぜなら、私が余にも老いぼれていって、読者の皆さんと、かみ合うかどうか心配だからである。国立大学で40年余、ついで私立大学で20年を過ごし、その間の教育上の目標は大学、大学院における「柔軟で豊かな科学思想の醸成」にあった。

(1) ブフナーは何を考えていたのか

ブフナーといえば、1897年、酵母菌細胞を乳鉢で擂り潰し、緩衝液で抽出した上澄みがアルコール発酵能を持つことを証明した有名な科学者である。当時、細胞（生命）のないところでは代謝は起こらない、信じられていた。したがって、無細胞系で代謝が起こることの実証は、文句なしに画期的なイベントであった。だから、教師も、教科書も「酵素の概念を創造した」と教えるのである。業績が立派すぎて、一般の教師はこれ以上の思考展開を誘導しようとしない。寂しい教育姿勢であると思う。

そこで、私がブフナーに代わって、彼の思惑、つまり彼の「独り言」を空想し、新しい教育に望むべき姿を摸索してみよう。

「細胞を擂り潰すと、代謝と命は分かれたが、命は何処かへ行ってしまった。上澄みと沈殿物を混ぜても何も起こらない。酵母菌は再構築されないし、酵母以外の生命体も出来てこないので、生命は如何すれば構築～再構築できるのだろうか。生命って一体何なの？真剣に考えねば」

生命って何？ 私どもも、一度は考えてもいいのではないか。まず、生物学辞典（第四版）を引いてみよう。生命とは、生物の本質的属性として抽象されるもの、とある。広辞苑（第六版）では、生命は、生物が生物として存在する本源とある。どちらも生物を取り扱っている者にはピンとこない。

そこで、敢えて「生物学上の命」の定義を試みよう。生命とは、遺伝子DNAを合成・伝達する慣性（状態を持続する性質）と定義し、この慣性を持つ組織体を生物という。この慣性を、物理慣性と区別して、生物慣性と呼ぼう。

定義内容の是非・当否を論ずることよりも、生物学への挑戦を訴えたいのである。

(2) 細胞増殖の計算式 2^n は妥当か（nは分裂回数）

一般に、細胞は2分裂形式（1個が2個になる分裂）で増殖するので、細胞数は 2^n の関数として表される。つまり細胞増殖は1個が2個に、2個が4個、4個が8個に……と進むことになる。それって本当か？ 誰も疑わないし、私も本当だと思っていた。

いま、一定の環境下、増殖における細胞数の時間変化（増殖曲線）をセミログ・グラフにとってみると、特定の傾斜を持った直線を与えることになる。断るまでもなく、グラフの縦軸（対数目盛り）は細胞数；横軸（算術目盛り）は培養時間である。

この場合、毎回の分裂を

$A_0 \rightarrow A_{1-1} + A_{1-2}$ (A_0 母細胞； A_{1-1} と A_{1-2} 娘細胞) と表現し、2つの娘細胞はまったく等しい、すなわち、 $A_{1-1} = A_{1-2}$ と見なすことしている。この前提が正しければ、培養を1個の細胞から出発させると、同調的な増殖がおこり、いわゆる同調培養が進行することになる。また、人為的に同調化させた細胞群を出発試料とする時、望みの細胞期の細胞を多量集積させることが可能となる。

しかし、ここに掲げた前提に問題があるのだ。実は、ゲノムが2つの娘細胞に正確に分配されても、一般細胞質の分配が均等とは考えられない。細胞質の均等分配を保証する機構が見当たらないし、均等分配を証明する手立てもない。したがって、2つの娘細胞は、ほぼ同じであるが、異なっていると考えるのが常識的である。

培養実験の結果をみてみよう。単細胞微生物（細菌、酵母）を

- ①1個の細胞から培養を出発させても、
- ②人為的に多数の細胞の細胞期を揃えて、培養を出発させても、

同調培養が成立する期間は、2～3世代がやっとである。

もっと分かり易くするには、少し悪い環境で培養を行うとよい。同調培養は成立し難いのである。増殖曲線をとると、傾斜は次第に小さくなり、曲線を与えるのが常である。

ここで、細胞数を 2^n と表現することの妥当性を論評してみよう。

1回の分裂で生じる2個の娘細胞は、必ずしも等質でないから、次の分裂が同じように進むとは限らない。時には、一方の娘細胞では、次の分裂が遅延したり、停止したりする場合も生じるのである。したがって、表現「 2^n 」は必ずしも妥当でないと、認識を改めるべきである。

ここで、話を飛躍させて、大胆な想像に進むことにしよう。 $A_{1,1}$ と $A_{1,2}$ とが異なることが多細胞器官の形成（構築）に重要な意味をもつと言いたい。いま流行の万能細胞からの多細胞器官、たとえば臓器心臓の人為形成を試みたいのであるが、その決め手が微差のある細胞の集合にあると考えたい。臓器心臓をとりあげたのは、20年前、定年退職の記念講演で、体細胞から自分のスペア一心臓をつくり、養殖する研究をしたいと述べたからである。他に理由はない。

動物細胞に無知蒙昧な私が、このような大胆な想像～妄想をし、それに挑戦することは「牛車に向う蝙蝠の斧」だろうか。

(3) 偶然という必然

昇る地球の雄姿、月探査衛星からのテレビ映像は圧巻である。地球はどんな環境の天体か？ 水はあるのか？ 生物はいるのか？ など、など、次々と思い巡らせる。地球に住んでいるために、本当の地球が分からぬこともあるから、地球を客観認識したいのである。

地球では、どのような経過で、生命が生れたの？ 教師からの返事は、「偶然」だよ、と一言の下にはね返された。“そうか”でお仕舞になった。命のことなど、よそ事である。しかし、今、地球が次第に昇ってくる現実を目の前にして、「偶然」を考える衝動に駆りたてられた。

偶然とは、どんな確率を指すのだろうか。値は絶対ゼロに近いが、有効数字を含む確率、と勝手に定義した。

とすれば、「偶然を必然に」変えるには、「偶然」の起こるチャンスを増やせばよいことになる。チャンスは、要素である「環境」と「時間」に支配される。チャンスの頻度を高めるには、環境を構成する単位要素としての物質、エネルギーなどを、適切な高さのレベルに保つ必要がある。水に溢れた環境では、可溶性物質は自由拡散して、超希薄溶液になってしまう。これでは、偶然が必然にはならない。一方、脂質は自らの疎水性を利用して、水中で自動集合して膜を、ついで膜胞（ベジクル）を、形成する。ベジクルは、新たに脂質を付け加えて成長できるし、さらに融合、分割も可能である。ベジクル内に物質要素を適切な高濃度で閉じ込め、エネルギー要素を宇宙的時間で（長時間）持続投入すれば、「偶然」のチャンスを増やすことができる。必然としての「生命の誕生」、すなわち、「生物慣性の発生」が何となく予感できる。しかし、どこかで聞いたようなプロセスだ。先入観が見え見えで、これは詰まらない話である。

生物は何故、遺伝子としてDNAを、触媒としてタンパク（酵素）を選んだのか、とか、生物は素粒子のエネルギーを利用できるのか、とか、ユニークな話題を取上げるべきであったのだ。

しかしながら、「偶然から必然への道は意外と近い」との感触をえたことは収穫である。

以上3つのオムニバスを並べ、小文とした。すなわち、
①生物学上の命はDNAの複製・伝達という慣性である、
②遺伝子発現上の同じ細胞同士でも、個々は微差で異なっている、
③偶然は必然にまで成長する、
という3つの内容である。小文を通じての主張は唯一つ、“考える生物学は面白い”である。

一方、60年にわたる教師生活における私の目標は「柔軟で豊かな科学思想を醸成する生物学」を育むことにあった。しかし、年老いた現在、目標に対して試みた自己努力の採点結果は赤点である。再試験のチャンスはもうない。



偉大な研究者、そして教育者と接して

黒田 章夫



若手研究者の皆さんに先輩研究者からの提言や実体験を通して、よりよき人生のヒントとなるような文章を、との依頼を頂いた。先日農芸化学会誌に掲載して頂いたアーサー・コーンバーグ博士の追悼文のときの体験を基に現在の研究室の学生さんへの期待、将来の生物工学研究者のあり方についての提言、提案を、のことである。しかしそく考えてみると、自分自身をふり返る余裕もなく走り続けてきた私に、深長な提言ができるはずもなく、また経験豊かな先輩方を差しあいて何を言えばいいのか戸惑うところもある。ただ、もしコーンバーグ博士の研究室での体験が若手の研究者の皆さんに、将来を考える上で少しでも役に立つならば幸いと考えてお引き受けした。先日の追悼文の内容と重なる点はご容赦願いたい。

私は1995年から1年と少し米カリフォルニア州のスタンフォード大学のコーンバーグ博士の研究室に留学し、日本に帰ってからも博士晩年の10年間は毎年夏に研究室を訪ねていた。コーンバーグ博士は私のような名もない研究者と対等の目線で（あるいは、うぬぼれであろうが敬意を払って）接してくださいり、色々な話をゆっくり聞きやすい英語で話してくださっていた。これほど傲りがないのはなぜだろうか、と不思議なほどであった。そんなコーンバーグ博士を科学者として尊敬するだけでなく、人間としての大きさに魅了され毎年研究成果を持参して、しかも苦手な英語の発表を準備してスタンフォード大学に通っていたのである。

コーンバーグ博士といえば、DNA polymeraseなど遺伝子工学の基礎となる種々の重要な発見をしたDNA複製研究の大家であるが、1990年ころからリン酸のポリマーであるポリリン酸の研究をされていた。ポリリン酸の発見は古いが、あまり生化学的には重要な物質とは認識されていない。実はコーンバーグ博士はDNA複製酵素を見つけてノーベル賞を受賞される1959年よりも前に、このポリリン酸合成酵素を発見させていた。もっと正確に言えば、コーンバーグ博士の早くに亡くなられた前の奥さんが見つけられていた。

ではなぜ、1990年になって、ポリリン酸の研究を再開されたのか博士に伺ったところ、こんな話をされていた。あるとき博士が招かれて講演をすることになった。ところが、その会場で目にした自分の講演のタイトルが、「What you know!」と書かれていたそうである。主催者

側に悪気があったわけではなく、DNA複製研究の大家であるので、当然DNA複製の講演という意味であろうが、常に新しい発見を追い求めているコーンバーグ博士にとってこのタイトルは真に心外だったようである。そのときを境にして、それまで研究としてはほとんど無視されていたポリリン酸の研究を再開されたというのである。70歳を超えてからでも、それまでの栄光の数々を横において新しいことを始められるという姿勢は、真に恐れ入る。そのおかげでポリリン酸の基礎研究が進み、いまではいろいろなことができるようになっている。

当時私は広島大学の大竹研究室の助手で、大竹先生（現大阪大学教授）がポリリン酸の研究をされていたので、その縁で留学することができた。当時の研究室を振り返ってみると、コーンバーグ博士は新しい発見があると、本当にわくわくして一緒に喜んでくれた。そんなときは自宅からでも、飛行機の中からでも研究室に電話してこられて、「あれはどうだ？ これはどうだ！」と一方的にまくしたてられた（特に電話では英語が聞き取りにくいので辛かった）。しかし想像するに難しいことではないと思うが、あこがれのノーベル賞受賞者が本気で喜んでくれると、相当モチベーションが上がる。このためにスタンフォード大学生化学教室でよい仕事ができた人間がどれほどいたんだろうか。コーンバーグ博士は40歳前にノーベル賞をもらわれたが、むしろそれ以降の仕事と、多くの人を育てたことがどれほど世界の生化学界に貢献しているか分からないと思う。

とにかく泥臭い仕事でも徹底的にハードワークで積み上げていくことが好きで、よく亡くなられた岡崎令治先生のことを話しに出されていた。すなわち、有名な岡崎フレグメント（DNA複製のラギング鎖合成時の短いDNA断片）を見つけられた時、1000本の試験管に入った大腸菌をすべて一つ一つ遠心して集めて（1000回遠心して）岡崎フラグメントを精製した話をされている。賢明な読者の皆さんには1000本の試験管の中身を一度に集めてから（たとえば1mlの培養液であれば1lにして）遠心したら良いと思われるだろうが、実は岡崎フレグメントは一度に集めて遠心すると時間がかかるため分解されてしまうそうである。（後日あればチミジンキナーゼのことではないかと奥様の岡崎恒子先生から伺った。曖昧な点はご容赦ください）。生化学では得てして手間を惜しむ

となぜかできないことがある。2006年のノーベル賞受賞者であるご子息のロジャー・コーンバーグ博士（スタンフォード大学教授）は、子供の頃からの科学好きで、9歳のときにクリスマスに何が欲しいか聞かれ、「実験室での1週間」とお願いしたそうだから「筋金入り」だ。父親のコーンバーグ博士は「息子のロジャーと私はよく似ていて、一度やり出すと、それ以外は見えなくなるくらい徹底的にやってしまう」と述懐されていた。泥臭さと徹底した実験をやり続けることがノーベル賞に近づくために必要な素養なのであろう。親子二代のノーベル賞学者が言われるので間違いない。

現在私の研究室には、本当に泥臭く一つのことを諦めることなく、徹底的にやり通す学生さんがいる。結論を出すまでに時間がかかり、一見不器用に見えたが、結局彼は私の思いもしなかったすばらしい研究成果を出したのである。考えてみると最近の私は日々の研究費の獲得のために奔走するあまり、コーンバーグ博士の教えに背いて研究のスピードだけにとらわれていた。彼は博士が言っていたことを思い出させてくれたのである。

もう一つコーンバーグ博士の言葉で印象深いことがある。半世紀近く前、コーンバーグ博士が最初に日本を訪問されたとき、日本の発酵技術の素晴らしさに驚かれたというのだ。時代からすると、おそらく日本の抗生物質生産やアミノ酸発酵技術のことであると思う。生物工学者の端くれとして先輩方を誇らしく感じた。コーンバーグ博士は科学者であるので、科学の重要性を繰り返し言っていたが、工学者のことも十分に認められていた。DNA複製に関わるさまざまな知見を積み重ねた結果、遺伝子操作できるようになったのであるが、応用はそれほど生やさしいものではなく、原理が示されてもそれを実用化するにはたくさんの実験と工夫が必要である。それを行う醍醐味が生物工学者にはあると思う。また、「役に立つ」研究の中から非常に基礎的な疑問が出てくる。それを解決しようとするとき、別の科学が始まるとと思う。また「役に立つ」最先端は、ほとんど科学と同じことで、山のこちら側から登ると、反対側から登るとの違いである、よく言われるが、自分もそう思うことがある。

最後にほとんどの若手には耳の痛い話をする。私は留学できて幸運だったと思う。しかし、世界の偉大な研究者と出会って交友を深めるにはどうしても英語が必要である。高校・大学時代にこのことを理解できていれば、もっと交友関係が広がっただろうと悔やまれる。それゆえ私の研究室では毎週土曜日、経験豊かな先生にお願いして英会話の教室を開いている。とにかく自分の考えを伝える、そこに時間をかけ、準備することが英語を上達



コーンバーグ博士（左から2番目）と議論するD1の本村君

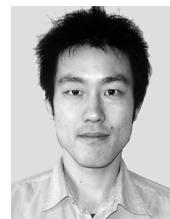
させる一番の近道であると留学の時に感じた。教室では自分の研究を英語で説明できるよう鍛えてもらっている。2007年まだコーンバーグ博士がご存命の時に、研究室の学生をスタンフォード大学に連れて行き、博士並びに研究室スタッフを交えての議論に参加した（写真）。彼にとっては非常に思い出深い瞬間となったのではないかと思う。前夜、彼は眠れなかったと話していたが、そういう緊張感が人間を成長させる。若い生物工学者には粘り強く、泥臭く独自の生物工学を貫き、是非英語でひるむことなく、世界で勝負して欲しいと思う。そしてコーンバーグ博士が感動したように日本の生物工学を世界に広めて欲しいと思う。

追記：私は2008年1月、スタンフォード大学でのメモリアルセレモニーに参列した。コーンバーグ研究室での留学時代には経験したことのない嵐のような大雨の日、アメリカだけではなく世界中からコーンバーグ博士を偲んで多くの人たちが集まった。大きな講堂に足を入れると舞台上にはコーンバーグ博士の若き研究者時代から晩年までの写真が繰り返し映し出されていた。長男ロジャー・コーンバーグ博士のノーベル賞受賞式の際に撮影された、満面の笑みを浮かべているアーサー・コーンバーグ博士と3人のご子息の写真が印象的であった。最後には次男トム・コーンバーグ博士（サンフランシスコ大学教授）がチェロ演奏で偉大な父を追悼した。アーサー・コーンバーグ博士は亡くなる1週間前まで自分で運転して毎日研究室に通っておられた。そして生涯現役を貫き、いつも新しい発見への好奇心と徹底した探究心を忘れず、人とのつながりを大事にし、自分の持っている知識、情報を惜しみなく人に教え、どんな人間にも敬意を払って接しておられた。将来自分を振り返るときにこんな研究者になれているよう、皆さんと一緒に私自身も努力していきたいと思う。



アメリカ博士留学という選択

前田 宏



博士のキャリア問題が騒がれる昨今、博士課程への進学を迷っている修士学生の方も多いのではないでしょうか。私も8年前、当時卒業後の進路が大学や研究所などのアカデミアに限られてしまうと言われていた博士課程への進学をためらっていました。考えに考えた末の選択は、カリキュラム豊富なアメリカ博士課程への進学でした。

博士留学への道のり

学部3年間をテニス三昧で過ごした私は、4年の夏から修士1年の終わりまで、卒論・修論研究テーマに全力を取り組みました。先生方や先輩方のご指導のお陰で、修士2年を迎えるまでには目標を達成し論文にまとめることができました。更に最先端の植物バイオ研究に従事したく博士課程への進学を希望しましたが、修士過程修了後は親の経済援助は受けないと決めていたため、まず就職し、数年企業で働いた後、博士課程に戻ろうと考えていました。

しかし、進路を模索するうちにアメリカのバイオ系博士課程では授業料全額免除に加え、月\$1500程度の生活費と健康保険が給与されることを知りました。それならばと、修士課程修了後すぐに博士留学することにしました。通常2年必要だと言われる留学準備ですが、1年でTOEFLと英会話の勉強、大学探し、入学書類の準備を行い、たどたどしい英語でアメリカの5つの大学を直接訪問し、最終的に植物科学に強いミシガン州立大学に入学することができました。慣れない英語での入学準備は大変でしたが、この経験のお陰で渡米後スムーズにアメリカでの学生生活に溶け込めたのだと思います。

アメリカ博士課程の真実

通常9月始まりの大学院ですが、5月の連休に渡米しrotation研究を開始しました。Rotationとは、1年次に複数の研究室に約3ヶ月ずつ滞在し、短期プロジェクトを行うことです。この夏の間は、研究は5時で切り上げ、夜は寮の友達と飲み歩くことで、英会話の上達に精進しました。いざ授業が始まると、毎日の予習・復習・テスト勉強に追われ、高校生活に戻ったようでしたが、自分が学びたい専門知識であったため大変楽しいものでした。大学院の授業は知識の暗記ではなく、各テーマを理解し、論文読解や発表を通して論理的思考力を鍛えることが求められるため、クラスメートと図書館で議論し合いながら勉強を進めました。1年次の終わりにはrotationで回った中から、植物のビタミン研究で著名なDellaPenna研究室を選び、本格的な卒業研究を始めました。

2年次の終わりには、誰もが恐れるqualify examが待っています。この試験ではまず、学内の教授4人を試験官として選び、試験2週間前までに20ページ程の研究計画

書を提出します。この計画書作成に、指導教官が直接関わることは許されません。私は約2ヶ月かけ、バックアッププランも含めた詳細かつ実現可能な計画書を作成し、10人以上のクラスメートや周りのポスドクに批評してもらいました。試験当日には、研究計画のプレゼンを行った後、2時間半に渡る口頭試問があり、プロジェクト内容やその周辺分野をいかに深く理解し考察しているかが試されます。毎年不合格者がいるうえ、2度失敗すると退学になるため、そのプレッシャーや勉強熱意が沸かないなどの理由から、試験を受けずに他の道に進む人も多くいました。3年次からは授業もなく、作成した計画書に沿って実験を進め、年一度中間報告会を行う中で随時方向修正していきます。

これらの必須項目以外にも、6回の国際学会発表、7回の学内口頭発表、4報の論文執筆、論文レビュー、学科のセミナー委員、学部生4人の研究指導、学外4研究室との共同研究などを通し、プレゼン、ライティング、コミュニケーション、スケジュール管理能力、そして論理的考察力を鍛えることができました。このようにアメリカの授業では専門分野の知識習得以上に、単独でプロジェクトを進めていく能力が身につくため、卒業後企業へ就職する学生も多くいます。同級生9人中、卒業したのは4人でしたが、早い段階から厳しい評価が下されるため、途中でリタイアした学生でも、さほど時間の無駄をせず別の道に進んでいくことができたようです。

キャリア設計の一選択肢としての博士留学

アメリカで博士号を取得する欠点は、なんといっても時間がかかることです。5年から7年を要するため、順調にいっても博士取得時には30歳前後になります。その間に日本で博士を3年で取得し、海外でポスドクを数年経験することも可能です。しかし人と違ったことをするのが好きな私は、それならば博士課程最後の2年間をポスドクになったつもりで仕事すれば良いのだと考え、あえて博士留学を選択しました。この選択が吉と出るか凶と出るかはこれから私の次第ですが、先述の貴重な経験とその中で生まれたクラスメートとの深い絆に大変満足しています。アメリカでは一度企業で働いたのち明確な目的を持って博士課程に入学してくる人も多くいますので、学生の方に限らず社会人の方でも博士留学をキャリア設計の一選択肢として考えてみてはいかがでしょう。最後になりましたが、研究の基礎をご教授下さり、留学にあたり親身なアドバイスならびにサポートをしてくださいました大阪大学工学研究科生命先端工学専攻、小林昭雄先生、福崎英一郎先生、岡澤敦司先生に心よりお礼申し上げます。

著者紹介 Horticulture and Landscape Architecture, Purdue University, USA (日本学術振興会海外特別研究員)
E-mail: hmaeda@purdue.edu



波に乗るのか、流されるのか

工藤 季之



私が修士課程を修了し、とある企業（食肉大手）の研究所に配属されたのは1990年。まさにバブルの絶頂期だった。もともと理学部の生物学科では、高校の教員以外につぶしがきかず、大学院へ進学したらオーバードクターとよばれる就職浪人が待ち受けていた。そんなところにもバブルの波は訪れ、加えて第何次かのバイオブーム。だからといって、バブルの波に乗って就職したわけではない。当時の大学院は、今となっては古き良き時代の、優秀な後継者を育てるための講座制。おそらく切れる（優秀ということ）先輩たちが、職もなくアルバイトで食いつないでいるのをみれば、彼らに伍してアカデミアでポストを得ることなど、とうてい無理だと判断したからだ。（実力を補うほどの強運もない。）もちろん、それだけが理由ではない。自分には、個性が売りの研究（オリジナリティーが高いということ）より、地味でも堅実な研究が向いていると考えたからだ。シンダーマンの「続サイエンティストゲーム」という本にも少なからず影響された。

その判断は今でも間違っていたと思うが、強いといえば、時代を読み誤っていた。当時は企業の研究所さえもバブルの恩恵に預かり、今となってみれば、とてもバブルな研究にあふれていたのだ。黒毛和牛にはとんでもない高値がつき、これが増産できれば大儲けができると、ウシの計画生産（雌雄産み分け）が私の研究テーマだった。狂牛病やBSEという言葉は、業界さえもほとんど無関心だった。与えられたテーマをこなしながらも、こんなことやっていて良いのかなと疑問が頭によぎることがしばしば。

そうこうしているうち、気がつくとバブルははじけていた。研究環境はじわじわと悪くなり、日銭を稼げというプレッシャーがやってきた。純粋な研究者であり続けたいなら、とっとと転職するところだが、私にとっては何ということもなかった。もともとイメージしていた企業の研究に戻っただけ。問題は、私にそのノウハウが蓄積されていないことだった。私だけではない。研究所全体に、開発を進めるノウハウがほとんど蓄積されていなかつたのだ。（たぶん、こういうところがバブルの本質的な問題だと思う。）そこからは、一人が何役もこなしながらの研究開発となった。私が携わったプロジェクトは、

残念ながら実を結ばなかったもののほうが多いけれど、私自身の中に実を結んだものは多かった。それは、大学では得ることのできない経験である。（技術士試験合格という副産物もあった。）

結局、私は13年間お世話になった企業を後にして、アカデミアに舞い戻った。折しも薬学部新設バブル。戻ると思っていたなかった場所に戻った。別に急に自分の才能に目覚めたわけではない。（ないものは目覚めようがない。）やりかけの研究に自分なりの決着をつけたかったからだ。企業時代にやりたい研究が少しだけでき、おかげで学位も取れた。しかし自分自身は全く満足できなかつた。幸い、論博修得後燃え尽き症候群にはならなかつた。中途半端な状態で研究から遠ざかると、絶対に後悔するという思いがくすぶり続けたのだ。

それからすでに5年。未だに決着のつかないテーマと格闘を続けていた。大学の教員という、私にとってまったく新しい仕事を行いつつの研究である。企業人から見れば、さぞや優雅な日々を送っていると思うかもしれない。アカデミアも様変わりしている。今や競争にさらされる教育サービス業。企業と同様で決して甘くはないのだ。私は、決着のつかないテーマに、私なりの結論を出すまで、この世界にとどまるつもりである。（そのあとはどうしよう。）

私は、一見するとラッキーな時代の波に乗っている。ただ単に時代の波に流されているだけかもしれない。強烈な個性があるわけでもなく、輝かしい業績があるわけでもないのに、研究者として20年近く生きてこられたのは、やはり運が良かっただけなのか。周りの状況は激しく変化したが、私は、それをうまく利用することもできなかつたし、特に不利益を被ることもなかつた。常に自分の価値観で判断していたので、結果的にうまくいくこともあつたし、いかないこともあつた。それだけである。

不満を言い立てて溜飲を下げるほどむなしいことはない。ただ、与えられたポジションやプロジェクトで最善を尽くし、そこで得ることのできる経験やスキルをしっかりと身につけること。そんな普通のことを淡々と続けられるのが、私の才能なのかも知れない。「継続は力なり」とか「努力に勝る才能なし」というほど努力家でもないけれど。



なぜ私が応用菌学（微生物学）の道に入ったか？

富田 房男



若いうちの出会いが大切

まず、私がなぜ応用微生物学・発酵学に興味を持つようになったかを思い起こしてみる。私は、昭和33年（1958年）に北海道大学理類に入学しているので、かなり遠い昔のことになる。ここで学んだことを述べておこう。

私は田舎の高校から來たので、一体どこを目指したらよいのか見当がつかなかった。しかし、当時北海道大学が教養部制であったことが幸いであった。私は理系に入った。学部は決まってなく、1年半後に選べばよかったです。この1年半の間に教養（以下 Liberal Art, LA）を学んだ。もっと良かったのは寮（恵迪寮）に入ったことだが、当初困惑したのも事実である。程度の差はあるもののみな貧乏だったが、旺盛な生きる意欲があった。教養部時代の2年間は先輩とさまざまな人々と一緒になるようになっていた。思想的にも右から左まで、勉強するものとまったく勉強しないもの、抜群の頭脳からそれほどでもないのなどあらゆるタイプがいた。これらの人々はいろいろな意味で親切だった。何を学ぶべきか（鬼教授と仏教授、役に立つ授業、難しくとも聴いておく授業などなど）を体験に基づいての助言はすごいものであった。今は裏ブログで知ることが可能なようだが、実体験の話は迫力があり、間違いかなかった。これらの方々およびこの体験で生き方の基本を学んだ気がする。

人間としての基盤つくりが大切

当時のLAには法学、社会学、文学、美学、論理学、歴史、心理学などがあり、なるべく広く取るようにした。自然科学では、物理学、化学、生物、地学、数学I, II, III、統計学（+推計学）、図学で、基本中の基本を学んだ気がする。この間に専門を選ぶことになる。現在よりもかなり多い科目をとり、その成績で専攻への移行が決まるのであまり遊んでおれない仕組みになっていた。競争原理が働くとともに自分を見極める訓練を積むことになっていた。なかでも同じ寮の部屋で寝食をともにした先輩のアドバイスは、きわめて貴重であった。特に一年先に進学した先輩のそれはきわめて重要であった。また、万が一に備えて、教員の資格を取るために教育原理、教育心理などを学んだのが実社会の人間関係形成のためによかつたと思っている。

30年は使える基盤教育が大切

3年、4年の授業は専門科目であった。ここでは、さまざまな農学に関する学びを学んだ。まず農学の全般にわたるもののが用意されていた。農学部は、北海道大学の発祥の学部であると共に農学は我々の生活すべてにかかわるものであるから、経済から工学まですべてがあった。これらの基本が実習を伴って教えられた。化学は、分析化学の基礎を農芸化学に関わるものを実際の試料として叩き込まれた。生物学も顕微鏡の使い方から、また農芸化学であっても田植えから草取り、収穫まで、さらに植物病理学、畜産学（畜産食品製造や、皮革製造など）もしっかりと教えてもらった。統計学も教養とは異なり、実際の実験計画法に基づいた解析を、また地質学では偏光顕微鏡を使っての岩石の見分け方まで教えてもらつた。これらは、その後に私が大学院で学ぶものの基本になった。大げさに言えば一生涯使えることを学んだと思っている。卒業後カナダで博士課程の授業を受けたが、英語のハンディはあったものの、中身の理解ではまったく問題はなかった。ここでは、当時先端であった分子生物学、生物物理学、遺伝学などを学んだのであるが、理解に苦しんだ覚えはない。

語学力と博士号は、きわめて大切

博士号を得てから、会社に戻り、研究所でさまざまな課題を担当したが、これらの基盤をもとにそれぞれの分野で先端を走れたと自信をもつていいえる。その後、50歳で大学に戻り、自分で講義をするようになった。それこそ50の手習い的要素が大きく、シラバスを作るのに悩んだ。つまり4年間にどこまで新しいことを取り込むのがよいかである。最初の数年は手探りであったが、狙ったところは、少なくとも私が大学を出てから50歳まで使えたと思っている基盤を取り込むことであった。それに加えて、できるだけ最新のところまで入れようとした。幸い基礎微生物学と応用菌学を一人でやることになっていたので、4単位の講義を一貫して作ってみた。意気込みすぎたのと、あまりうまくない授業だったゆえに、消化不良だったと反省している。当時の学生に聞き取りをしても同じような答えなので間違いないと思う。つまり、詰め込みすぎたのである。しかし基盤のところをしっか

りやっていたことを分かってくれていたのは嬉しいことである。最近の学部での講義は、あまりに先端を追いかけているように思う。やはり少なくとも30年はもつような専門の基盤をつけることと、人間としての教養と倫理観をもてるようになることが大切であるとの考えにいたっている。

もう一つ大事なことは語学である。現在は、英語がなくてはならないが、これからは、これに加えてもう一つの言語を身につけるべきと思っている。やはり実際に使えるものにならなければ意味がない。この点では、私はきわめて幸運であった。大学までは、正直まともなものは身についていなかったが、英会話を入学当初から身銭を切ってやっておいたのが良かった。大学の授業だけではとても実際のものにはならない。学部学生であったときに、交換教授の講義と実習では、実験レポートも試験も英語でやらねばならなかつた。これに加えて、会社に入つてからすぐ(1960年前半)に、合葉修一, Humphrey, Millisの3人によるシリーズの講義(バイオエンジニアリング)を受講した。この世界ではかなり初期の本格的な生物工学者としてのトレーニングを受けたものであることに違ひなかつた。ここで英語力のなさを思い知られた。重い録音機を毎回かつぎ込んで勉強したのを思い出した。今日の言葉で言えば、発酵過程の工学的解析(相当数学が入る)、代謝工学の混ざりだったように記憶している。今日ではコンピュータでやることを手計算で行い、発酵過程の分析もすべて手で行った(機械での自動分析でないとのこと)ものである上に解析できる要因も少なく、とても発酵経過をなぞるのは不可能のように思えた。しかし、発酵を解析するのに何を考えるべきか、重要な影響を与えてくれた。その当時の先生には申し訳ないが、分析できる要因がとても少なく、したがつて制御できる要因も少ないとということではとても無理があるようと思えた。しかしながら、英語での講義は刺激的で、当時の私にはとても良かった。このお陰で、英語で本格的に生物学(分子生物学)を勉強しなくては、とても発酵現象は解析できないと考えさせられた。入社当初から留学を考え、英語会話を勉強していたのが良かった。この時点では、英語を勉強すること、生物化学、酵素学、統計学を学び直すことが必要と感じ取つた。

余談的だが、博士号がなくては当該分野の世界には通用しない。また、相当の語学力(今は英語力)がなくては世界に伍してゆけない。日本にはさまざまな博士がある。論文博士と課程博士である。同じと思う人が多いようだが、まったく違うものと考えている。論文博士は、それ相当の業績を評価するもので、それ自体は悪いというつもりはまったくないが、大学院の博士課程は、業績を上げることのみではなく、研究の進め方や倫理観を含めて学ぶものである。そのためには社会人大学院制度を

作ったにもかかわらず未だに論文博士を残しているのはきわめておかしい。日本の社会制度、特に企業における博士の取り扱いが未だに発展途上にあるというのはまったく奇異なことだ。これでは、科学立国を唱える国として恥ずかしいことである。早急な対応が必要である。

これからの大学では、詰め込み教育と 教養・基盤教育が大切

これまで私の受けた教育の概要を述べたが、非常によいものを受けたと思っている。また、自分も実践をしてきたと思っている。日本の教育は、詰め込み式で考える力をつけていない、ゆとりがない、などといわれて「ゆとり教育」が広く行われ、教科書も薄っぺらになり、自然科学の実験も行わないような風潮があった。今その反省でもっと詰め込むようになったようであるが、大学入試の科目が少なくなり、あまり勉強をしてこなくなり、そのしわ寄せが大学にあらわれ、リメディアル教育が盛んに行われることになってしまった。私は、もともと詰め込み教育に賛成である。小学校は大いに遊んでよいが、中学から高校にかけては、かなり詰め込むべきと思っている。大学ではもっと詰め込んでもよいのではないかだろうか? 124単位で卒業というのは、この制度ができたときから(制度を取り入れた者として反省している)おかしいと思っていたが、大学に着任したばかりであまりよくわからなかつたのが本音である。「鉄は、熱いうちに鍛えろ!」という名言である。こうでなくてはならないのである。日本以外の国の教科書は、びっくりするほど分厚い。これをすべてこなすのであるからわが国の高等教育の程度が悪いと言われていると思っている。少なくとも小学校までは、世界のトップにありながら、高等教育が良くないと評価されるのは、ここに原因がある。大学は、入りやすく出にくくすべきなのである。大学院は、もっとそうでなくてはならない。

おわりに

「もしも、もう一度人生をやり直せるとしたらどうしますか」と質問を受けたことがある。ただちに「同じ人生をやります」と答えた。小中学での少人数教育。その後の“詰め込み”, “大学院での猛烈詰め込み”, “会社および大学での伸び伸び研究”的れをとっても、生物工学をやってよかったと思っている。これからは、能力差が大きく出る社会となる。そのためには、基盤をしっかりと整え、その上で新しいものに挑戦することである。基盤なしでは砂上の楼閣である。大学もそのようになるべきだ。民間会社はもちろん、どこでももっと課程博士を採用し、活用すべきである。それが、眞にわが国が科学技術立国できる大きな要素である。



自分の研究を長時間興味尽きさせずに語れるか



石井 茂孝

生物工学研究者は幸せである。40億年間生物が進化してきた中で、獲得、選抜し、蓄積されてきた巧妙な仕組みを分子レベルから細胞、組織、個体、さらには集団レベルで理解し、これを活用して人類に貢献しようという大きな夢を見ることができる人たちだからである。その人たちには解明され、または解明されつつある、生きていることの不思議さ、生き物の魅力を多くの人に知ってもらいたいという衝動に常にかられているはずである。ウィルスからヒトまで生きているという基本は同じである。ところが、最近自分の研究やその領域を関連づけて熱っぽく語れる人が少なくなったのではないかと危惧している。

大風呂敷の会

10年ほど前、筆者が研究管理者であった頃、若い研究者と酒を酌み交わしながら大いに夢を語り合う『大風呂敷の会』というのを始めてみた。意図したのは、酒の勢いを借り、自分の仕事の関連事項の夢を語り競い合う会である。民間会社の研究だとか、予算の制約などの心配をまったくする必要がない、何でも思ったことが語れる会である。ところが、意外にも若い研究者ほど自分の研究のごくごく周辺のことごく近未来の話に終始する傾向が見られた。風呂敷はおろか、ハンカチにもならないと酷評したものである。考えてみると、大風呂敷を拡げるには自分の研究の位置づけを明確に理解しておく必要がある。さらに、その周辺の知識や情報を的確に整理された形で持ていなければならぬ。さらに夢が加わらなければならない。昔の先輩方は、ホラに近い語りでも相応に理論武装させながら、大いに捲し立てていたものである。相当勉強している人でないと風呂敷は拡げられない。

どの位長時間話せるか

若い生物工学研究者のあなた方に問うてみたい。新幹線の東京駅でたまたま隣り合わせた見ず知らずの人に、自分の研究をどのくらい長時間話すことができますか、何の資料もなく素人を飽きさせることなしに。ほとんどの人は品川駅手前？頑張った人でやっと新横浜駅？

分かり易く話す

まず素人に興味を持つてもらうには、分かり易く話さなければならぬ。専門用語を振り回していては、すぐに拒絶される。ところが、素人に分かり易く話すことはなかなか難しい。決して話術によるのではなく、深い知識を完全に自分のものにしていかなければならぬ。十分

判っていなければ分かり易くは話せない。日頃マニュアルに従い、キットを使った実験を積み重ねているだけの人には期待できない。簡単な酵素活性の測定法すら説明できないだろう。

周辺の深まり

次に求められることは、話の拡がりである。この研究の歴史的背景はどうであったか、どういう社会的ニーズがあつて始められたか、将来いかなる発展が期待されるか、生物のいかなる能力を活用しようとしているか、その能力は生物がいかようにして獲得したか、そもそも生きているとは何か、生命はどのように誕生したと考えられているか、等々、躍動的な生命観をベースに話を進めたいものである。

筆者の体験

筆者が入社した際の最初の仕事は、酵母RNAを分解して核酸調味料をつくる研究であった。RNaseでRNAを分解して5'ヌクレオタイドをつくることで、さほどの知識と情報を必要とはしない。しかし、せっかく核酸にかかわっているのだから、RNAだけでなくDNAを含めた核酸全般の勉強をしようと時間があれば図書室へいって関連の文献に目を通した。一日数十報は読んでいたと思う。ちょうど、DNA→RNA→タンパクのセントラルドグマが華やかな時であり、日に日に生命的の躍動感が実感できた。自分の心の中で、バイオテクノロジーへの夢がふくらみだすキッカケとなった。

その後、醤油の粕を減少させる研究に取り組んだ。諸味を搾った後の粕の大部分は、原料の大麦や小麦の細胞壁であり、これを分解する酵素を導入すれば理論的には仕込んだ麹がすべて醤油になるはずである。この過程で面白い酵素を見いだして商品化したが、思いがけずこれを用いると高等植物のプロトプラストが効率的に作製することが判明した。Pectolyase Y-23と命名して世界中に販売した。さらに、自らもこの酵素を用いて細胞融合に取り組み、木の仲間では世界で最初のミカンの体細胞雑種を作製した。これらの体細胞雑種は、いずれの日にか食卓を賑わすものと信じている。

話し出したら切りがない。名古屋といわず新大阪まで話はつきず、相手から感謝されて終わりたいものである。こんなことを考えながら、生物工学会の会議に出席のため新幹線の車中にある。



研究にはコミュニケーションが大事 —「酵母マフィア」への道—

北本 宏子



異分野融合は面白い

私は大学で生物学、大学院修士課程で応用微生物（工業微生物）を学んだ後、農水省の草地試験場（現、畜産草地研究所）で、牛に与える飼料の発酵制御の研究室に配属された。発酵飼料（サイレージ）は草を嫌気乳酸発酵させた無塩漬け物のようなもので、発酵を安定させるために乳酸菌やセルラーゼ製剤を添加する場合がある。材料草は収穫する度に性質が異なるので、添加剤の比較評価が難しかった。そこで私たちは、殺菌した草を用いた発酵モデル系と、生草を袋に吸引密封した再現性が高いサイレージ発酵評価方法を作った。これらの方法で、混沌としていたサイレージ発酵を科学的に評価できるようになり、製剤を実用化した。草地試験場は予算面で貧乏だったし、私が大学で学んだ「純粹液体培養」とは異なる「混合固体培養」の世界なので、実験方法に工夫が必要であったが、それが面白かった。サイレージ調製は、栽培、畜産、作業機械体系の専門家と一緒に取り組む。異分野同志は互いに新鮮で、大体同業者よりも高く評価してくれることも励みになった。たとえば、暖地型牧草であるギニアグラスは収量が多いが堅く、家畜の消化率が低い。セルラーゼ製剤で消化率が上がると、栽培屋さんは喜んで、それから微生物分野のバックアップをしてくれた。

自分の足下を固める

私に与えられた課題は、「サイレージ発酵や貯蔵の時に生える酵母やカビを抑える」ことであった。大学の授業で習った「抗菌タンパク質を生産する酵母株（キラー酵母）が感受性株を殺す」キラー現象で、サイレージの雑菌を抑えることはできないか？と考えた。実際にサイレージ発酵を制御できた時は、戦術が成功して興奮した。こういう喜びが、研究の醍醐味であることは、今でも変わらない。しかし同時に、現場で使える技術にする難しさも実感した。

この間に、国税庁醸造試験場（現、酒類総合研究所）飯村穰先生（現、山梨大教授）のもとに国内留学をする機会を得た。飯村先生は、キラー酵母によるワイン発酵の制御を研究されていた。国内留学は4ヶ月だったが、研修終了後も、研究集会の懇親会では、毎回飯村先生が酵母分野の先生方や民間企業の方を紹介してくださった。国内留学から作られた人間関係は、私が「酵母マフィア」の道に足を踏み入れる基礎作りに大切なものになっている。

研究も生活も大事

サイレージ制御の研究が一段落した頃、つくば市にある農業生物資源研究所に異動した。入省後7年間別居結婚だったので、出産により同居が配慮されたようだった。

小さな子はすぐに病気になるので、異動後仕事は滞りがちだったが、上司から「農水省にいる間に返してくれればいいんだから」と言われたことで、気持ちが軽くなった。短期間の効率だけでなく、長い目で職員を育てる余裕が大切だと思う。子どもが2歳になる頃から1年間、科学技術庁の長期在外研究員として、フランス・ストラスブール市のパストール大学に留学した。夫が同大学に留学をしていたので、家族で滞在することができたが、それも本当は、私が留学の打診をしたパリの先生が「家族で住める方がいいから」と酵母の基礎研究をしている研究室を紹介してくれたからである。このようなきっかけで基礎研究に触れることになったのだが、この経験が今も役に立っている。

研究にはコミュニケーションが大事

当時酵母のポストゲノム研究が始まった頃だった。「酵母の遺伝子数と研究者数を考えると、6人位の研究者が自分と同じ遺伝子を研究している。彼らを見つけ出し、研究領域を話し合い、材料を交換するのが科学の発展のために最も効率的なのだ。」と分野内で協調するヨーロッパの科学に対する哲学を学んだ。私は、生物研に戻り、サイレージ発酵制御に用いたキラータンパク質の抗菌作用機作の解析を始め、同じ物質を研究している国内外の研究者たちと共同研究に取り組んだ。抗菌作用は、輸送、情報伝達、転写といったほとんどすべての生物現象に影響を与えるため、膨大な情報の中で途方に暮れた。そこで、各々の生物現象を専門に研究している人にもさまざまなことを教わっている。この中でカルシウムが抗菌現象に深く関わることを見つけたが、それも広島大学の宮川研から、「お試し」に菌株を分けて頂いた結果から出た「駒」である。

国研独立二期目に農業環境技術研究所に異動し、分解性プラスチック（生プラ）の分解促進と、セルロース系バイオマスからエタノール生産の研究を行っている。いずれも固体を微生物や酵素で分解するので、サイレージ発酵に似ている。生プラ分解菌は通常土壤から分離されるが、分離頻度が低かった。そこで研究を始める前に、生プラ分解の研究に従事している数名の方から詳しく話を伺った末、生プラの構造が葉表面のクチクラ層に似ていることに着目した。私の周辺の研究者は、植物病原菌や葉面常在菌の研究を専門としており、多様な葉面菌を持っていたためもある。葉から簡単に分解菌を得られたことから、求めている菌を、工夫次第で、私たちの身近からスクリーニングできることを実感している。植物病原菌はバイオマスを食べる特性があるので、これらの菌や酵素をバイオマス分解に活用しようと、わくわくしている。



企業とアカデミック研究機関における 研究の相違点

—創薬リード化合物探索研究を例に—



新家 一男

就職氷河期が終了し、企業での雇用が広がっています。ポスドク過剰といわれる現状と相まって、現在大学に在籍している学生たちは、進学あるいは博士研究員となるか、それとも企業への就職かという人生の岐路において、おそらく大きく悩んでいることだと思います。私は大学の助手（現在の助教）を離れ、現在、基礎研究とも言えるアカデミック研究と、応用研究である企業研究との、ちょうど境界線上にいる立場です。現在推進中の創薬を目指したプロジェクトでは、多くのアカデミック機関および企業の研究者と共同研究を行っています。創薬リード化合物探索研究者としての立場から、本研究を通じて感じているアカデミック機関と企業における研究の相違などについて、現在若手研究者として、企業で活躍している研究者からいただいた意見も織り込ませながら、私見を述べさせていただきます。是非、これから進路を決める学生をはじめとする若手研究者の次のステップアップの参考にしていただければ幸いです。

創薬リードスクリーニングの現状

創薬のリード化合物となるような魅力的な化合物を見いだすには、当然のことながら、すぐれたスクリーニング系と、多様かつ活性リッチな化合物ライブラリを確立することが大切で、さらに、これらの効果的な「出会い」をつくることが重要です。良いスクリーニング系の構築に関しては、これまで行われていなかった切り口から攻めることができれば最良ですが、ターゲットの選択はきわめて難しい問題です。アカデミック研究機関で行われてきた、さまざまな疾患に対する分子生物学や細胞生物学研究より、いわゆる分子標的と呼ばれる薬剤開発の可能性を秘めたスクリーニングターゲットが数多く見いだされており、その選択の幅はますます拡大しています。現在、企業のみならず多くの大学あるいは公的研究機関（独立行政法人を含む）で見いだされた疾患関連因子を利用し、薬剤開発のリード化合物を見いだす試みが盛んに行われるようになってきています。しかし、民間企業とアカデミック研究機関とでは、レベルの高低は別として、薬剤開発に対する考え方がまったく異なると言っても過言ではありません。本稿では、創薬リード化合物探索に対するそれぞれの短所・長所を比較すること

で、両者の相違とそれぞれの魅力について考えを述べさせていただきたいと思います。

a) 企業における創薬リード探索

企業、特に製薬系企業の創薬リード探索では、当然ながら、利益追求を第一優先においています。そのため、単に市場の規模だけに左右されるだけではなく、社内戦略に則って薬剤開発が行われています。たとえば、癌をターゲットの主流とする企業が、販売網を持たない、あるいは開発プロセスのノウハウが乏しいなどの理由により、生活習慣病を薬剤開発のターゲットとしないことなどが挙げられます。また、臨床薬認可には化合物の明確なターゲット同定が義務づけられているため、企業での薬剤開発では、迅速な認可を受けるために動物レベルでの評価が可能で、高いレベルでターゲットが検証(validation)されていることが求められています。単に可能性があるだけでは効率のよい臨床開発は行えません。

企業で、研究テーマを立ち上げる、ステージアップする際には、グループ・研究所内はもとより、他の関連部署の所長らを説得しなければなりません。このように多大な労力と時間をかけて立ち上げ、さらに良いデータが出ているテーマであっても、社内方針転換という理由ですべて中断・中止になることがあります。テーマの立ち上げに関しては、アカデミック研究機関でも十分に推敲しているのは確かですが、良いデータが出ている段階で突如テーマが終了させられることは考えられないと思います。また、テーマ自体は継続しても、部署を異動させされることもあります。これらのことから、アカデミック研究者が、企業研究を避け、就職を躊躇する大きな要因であると考えています。

このように紹介すると企業での研究は自由な面がなく、まったく魅力のないものに感じられるが、企業には企業のメリットも多くあります。企業の研究職は基本的にはピラミッド型であり、研究のみを続けていく人は一部であり、上からの指示で異動させられることもありますが、研究職に従事している間に自分の適性を判断し、他部署に異動願いを出すケースもあります。企業のみならず、私の所属している研究所においても、このようなキャリアパスは存在し、研究者であっても一定期間管理職などに従事したり、あるいは完全に異動するケースもあ

ります(他研究所や、本庁に配属される場合もあります)。このような場合であっても、基本的には皆、研究のバックグラウンドを持っているため、他部署でもその経験を生かして活躍していますし、キャリアパスを通じて研究職に戻ってくる場合、大きな視点に立った、より発展した研究の発想につながっていることも多く見られます。

私が思う企業研究における最大のメリットは、社会ニーズにマッチした研究を、大規模に行い現実化することが可能であるという点です。上述したように、企業でのテーマ立ち上げには厳しい難関がありますが、逆にこれは社会ニーズを精査し、真に求められているテーマだけが研究対象になるということです。そのため、一度テーマ化されるとチームが結成され、一丸となってテーマを取り組むわけです。また、アカデミック研究機関でかけられる研究費と比較すると、一つの研究にかける予算は莫大なものであり、効率化を図るために最新の機器の導入も早く、多くの研究成果が生まれます。また、情報も多く得ることができ、個人レベルでの研究では太刀打ちできない大きな成果をあげることが可能です。このような成果は、アカデミック研究機関のように、すぐに外部発表できるわけではありませんが、開発薬剤が上市された場合は当然大きな達成感を得ることができますし、たとえ薬として上市できなかった場合であっても、自分たちが世界最先端であるという自負を持って研究ができると思います。

b) アカデミック研究機関における創薬リード探索

アカデミック研究機関における創薬リード探索のレベルは、一言で言ってしまえば企業における薬剤開発のレベルに遠く及びません。これは、目的および意識がまったく異なるためであり、研究レベルの差を意味するものではありません。アカデミック研究機関の一番の長所は、企業研究とは異なり、「自由な発想の元、客観的な立場から研究が行える」ことだと考えられます。そのため、より多くの可能性を秘めた薬剤開発のターゲットを見いだすことができます。逆にまったく新規なアイディアから成果を得る代償として、個々の研究から見いだされたターゲットに過大な評価を与えてしまい、医薬品開発としては低いレベルでしか検証されていないターゲットに沿って、リード化合物探索を行ってしまっている場合も否めません。実際のスクリーニングにおける化合物の生物活性評価と、アカデミック分野における論文データ用の活性評価とでは、それらの性格はまったく異なります。

論文では、少ない化合物数に対して、多くの測定点をとり、統計処理することによって算出された化合物間の活性差を評価できますが、スクリーニングでは大量のサンプルについて、一点あるいは少ない測定点で活性の強弱を迅速に判定しなければなりません。スクリーニングにおける化合物活性評価の重要なファクターは、スループットの高さ、S/N 比の大きさ、有意さの基準の設定です。ターゲットの validation と共に、これらの判定基準をスクリーニングレベルの高さまで引き上げることが薬剤開発に必須です。私が大学在籍時にある企業研究者から言われ、心に残っている言葉として、「アカデミック研究機関では、たとえば成果として70点が存在するが、企業での成果は all or none であり、0か100しかない」があります。今後、アカデミック研究機関においても完全な独立性を保つため「実用化を目指した研究」を謳うのであれば、当然考慮すべき課題だと思います。

研究面に加え、人事的な面では、現在のアカデミック研究機関ではステップアップを含め非常に厳しい状況にあると言わざるを得ません。最近では助教あるいは准教授の多くは、任期契約のため、次のステップアップのためには、一定期間内に成果の出る研究を行わざるを得なくなっています。決して自由な研究を行える環境にあるとは言えないと思います。また、次のラボへ移動することを優先するため、大学では最も重要な学生の指導、育成に多大な悪影響を与えていると思います。大学での良い面でのヒエラルキーもなくなってきており、より閉鎖的になってきている点も憂慮されます。

以上、企業とアカデミック研究機関での研究の相違などについて述べさせて戴きましたが、実際のところ現在の研究環境は、企業もアカデミック研究機関も大きくは変わくなっていると思います。いずれにしても、研究費の獲得（企業の場合は実用化と考えても良いかと思います）を含め、ポジション獲得など常に競争は激しくなっていますし、どちらの立場でも自由度がかつてほどは高くないと考えています。また、大学も実用化を求められてくるようになってきており、今後は、企業－アカデミック研究機関の間で人事交流も増えてくると思います。そのため、今の学生をはじめ若手研究者が、より柔軟かつ広い視野を持ち、それぞれの短所・長所を理解した上で、ステップアップを考えることが重要だと思います。



日本独自の自然・文化に根ざした独創性

横関 健三



1980年代には、バイオテクノロジー分野での米国の一一番の強敵は日本と言われていた。これは、日本の風土に根ざしたバイオ技術の基盤が大いなる脅威であったためであろう。しかしながら、現在、バイオテクノロジー分野で常に世界をリードし、圧倒的な力と勢いで先頭を走っているのは米国であり、残念ながら日本は一部の分野を除き、大きく水をあけられている。PCR、オミックスに代表される網羅的解析手法などの基盤研究から組換え作物の育種などの応用研究に至るまで、数多くのブレークスルーが米国発である。米国の強さは、独創性を重んじる風土、潤沢な予算と数多い優秀な研究者、バイオテクノロジーを世界制覇のための戦略として位置付けた国家規模での取り組み、起業家精神、ハイリスク・ハイリターンの技術開発を目指したベンチャー企業の育成等々色々な観点から論じられている。

日本の強み、独創性

これに対し日本の強みは何なのであろう。日本独自の自然・文化をベースに、自然界から謙虚に学ぶという姿勢、世の中に役立つことに真っ向から立ち向かうという姿勢で数多くの独創的な成果を生んだ実学研究が一番に挙げられるのではないだろうか。

1908年、東京帝国大学、池田菊苗博士が「昆布を入れた湯豆腐が何故美味しいのか」という素朴な疑問から「うま味」が基本味であるべきことを直感し、「うま味」のものがグルタミン酸であるという大発見を成し遂げた。それまで「甘味・酸味・塩味・苦味」の4つが基本味という常識を覆し、「うま味」は基本味であるはずという未常識への跳躍発想が大きなブレークスルーを生み出したわけである。この発見は、調味料に「うま味調味料」という新たな概念、文化をも生みだした点で跳躍研究の原点と思っている。さらには、アドレナリンの単離（高峰譲吉博士）、ビタミンB₁の発見（鈴木梅太郎博士）、鰹節のうま味本体がイノシン酸であることの発見（小玉新太郎博士）、椎茸のうま味本体がグアニル酸であることの発見（国中明博士）などの基礎的発見に加え、世界初の酵素製剤タカジアスター（Park Davis社、三共製薬株式会社）、小麦グルテン分解法による調味料・グルタミン酸ナトリウムの工業化（味の素株式会社）、グルタミン酸直接発酵菌

の発見（鶴高重三博士）と発酵法によるグルタミン酸ナトリウムの工業化（協和発酵株式会社）、これを契機とした数多くのアミノ酸、核酸関連物質の発酵法による工業化、世界初の固定化酵素法の工業化（千畠一郎博士、田辺製薬株式会社）、さらに発酵法では製造が困難な有用物質（L-DOPA、D-p-ヒドロキシフェニルグリシン、アクリルアミドなど）の微生物変換法の開発（山田秀明博士）と工業化、油糧植物からは得られない高度不飽和脂肪酸の微生物生産方法の開発および油糧微生物という概念の創出（清水昌博士）と工業化などの応用研究に至るまで、世界に類を見ない独創性が發揮されている。

目的と手段

「ものづくり研究」に携わって37年経過したが、この間、常に意識下においていたのは、この「実学研究」の姿勢である。近年、欧米発の革新的バイオ技術の勃興により、きわめて効率的な数多くの技術が便利な手段として使えるようになった。遺伝子操作技術、PCR、種々のオミックス解析、メタゲノム解析、遺伝子ホモロジースクリーニング、ハイスクレーブットスクリーニング等々、研究の手段として実に効率的で便利なものばかりである。しかし、これらの技術は本来、目的達成のための手段であるのに、これらの技術を駆使することが目的になり、結果が得られれば何でも良いというような傾向もあるように感じられる。手段を目的化しては本末転倒になってしまう。たとえば、求める性質を有する未知酵素を探し出す場合、求める性質に近い既知遺伝子の相同性から未知酵素を探索する手法がよく使われる。大変効率的なスクリーニング方法であり、我々も一手段としてよく利用する。しかしながら、この手法だけに限定しては大魚を逃がす可能性がある。ここで得られる新規なものは既知酵素という概念の延長にある新規で、既知から段階的に得られたものである。一方、大きなブレークスルーは、前述のようにすでに解明された周辺ではなく、まったく未解明の未常識の中に存在する可能性が多いからである。目的とする反応が自然界の摂理に矛盾しないならば、目的の未知酵素が存在してもおかしくないという発想、すなわち、大きなブレークスルーを得るには、既知の発想から離れた跳躍的研究の考え方も併せ持つこ

著者紹介 味の素（株）アミノサイエンス研究所（上席理事）兼 京都大学大学院農学研究科産業微生物学講座（寄附講座）（客員教授）
E-mail: kenzo_yokozeki@ajinomoto.com, kenzo@kais.kyoto-u.ac.jp

とが重要である。最近、工業生産に成功した「新規酵素によるペプチド新製法」もこのような考え方立脚して研究開発されたものである。

実学の追求から新たなブレークスルーを

2006年4月、京都大学大学院農学研究科に産業微生物学講座（寄附講座）¹⁾が開設された。縁あってこの講座を兼任することになり、企業での研究に加え、大学での教育・研究にも携わることになった。京大、清水昌教授が企業からの奨学金をもとに開設した講座で、その狙いは、「職員削減方向にある大学での教育・研究の低下を純粋にカバーすること、二つ目は、清水教授が京大21世紀COEプログラム“微生物機能の戦略的活用による生産基盤拠点”の拠点リーダーを務めており、この分野で活躍できる人材の育成に焦点を当てていたこと、三つ目は、社会とはどういうものかを意識した教育が必要という観点から、スタッフは産業界の研究者に焦点を当てたこと」と伺っている。

本講座は、産業に新たなブレークスルーを与える有用微生物の探索、機能開発と産業への貢献を目的とした「実学研究」を展開することを特徴としており、日本の産業の中でも長い伝統と高い技術力を有する応用微生物学領域の研究をさらに推進し、その基盤的技術の確立を目指すとともに、関連する学術・産業界で活躍できる人材の育成を目指している。特に、微生物機能を活用した生産技術の将来のシーズとなるいくつかのテーマについて基礎・応用の両面から研究が大切である。農学は実学であり、単に頭で考えるだけでは成立しないし、解析のための解析研究をする分野でもない。世の中に役立つことに真っ向から勝負して新しい事象を見つけ出すことが実学の大きな役割である。学生達とは、「自然界でおきている事象を謙虚に見つめ、新しい現象を探り出すことが大切」という原点を基本に研究を進めている。産業微生物学の観点からは、微生物の有する新しい有用潜在機能を自然界より見つけ出すということになる。新現象の発見により、産業の新しいブレークスルーの芽が生みだされるばかりでなく、そこに新しい理論・概念が生み出され、さらなる独創的な研究へと発展していくからである。言葉を変えれば、未常識であった現象を常識のカテゴリーに落としこむことということになる。

日本のエネルギー自給率はたったの4%、食糧自給率もカロリーベースでたった40%にすぎない。私たち日本人の資源の強みは何か。やはり謙虚に自然科学に立ち向

かって粘り強く探索する知的資源で勝負するしかない。物的資源をしいて言えば風土や気候が生んだ豊かな水と多種多様な微生物の存在と思う。かつて欧米を驚かせた日本の先人たちの実績を振り返ってみると、農芸化学、特に応用微生物学の領域で大きなブレークスルーがもたらされたことがよく分かる。ここに日本の強みとする土俵の一つが存在する。日本の先人たちは、自然界的現象を謙虚に見つめ、新しい現象を見つけることを得意としてきた。その時代時代の常識の範囲内から想定される改良研究だけでは、大きなブレークスルーは生まれない。熱力学の法則に反しないならば、目的の現象は存在してもおかしくないという発想で跳躍した研究をすること、これが世の中にまったく新しい概念・価値・文化を生み、さらに独創的な新しい理論を生みだすことにつながる。いわゆる、「無から有を生みだす研究」である。

米国と同じ土俵で勝負しても、結局は後追いにしかならないのは目に見えている。もちろん技術は手段として大いに活用すべきである。他の国の追随ではなく日本が世界をリードするには、日本固有の強みを發揮できる土俵で研究を進めることができが、独創性の發揮において大きな強みになると考える。

天行は健なり

随分昔になるが、恩師と崇める山田秀明先生（京都大学名誉教授）から、古代中国の易經（儒教の五経の筆頭に挙げられる経典）の一節、“天行健 君子以自彊不息”を通して実学の心を杯を傾けながら伺ったことがある。先生が執筆された巻頭言²⁾に、「この一節の大意は、“大自然は常に正しい因果関係のもとに、健やかに運行している。人間も自然の一員であり、自然を離れてその存在はありえない。したがって、志あるものは、大自然とともにあってものごとに勤めなさい”といったところであろう」と書かれている。

自然界の現象を謙虚に見つめ、新しい現象を見つけ出すという実学の姿勢そのものと受け止め、以来座右の銘としている。

生物工学に携わる若手研究者に参考になれば幸いである。

1) <http://www.sangyo.kais.kyoto-u.ac.jp/>

2) 山田秀明：化学と生物，11，481 (1973).



私の若かった頃の思い出

萱野 晓明

私が20代だったころを思い出すと、K大の医学部大学院博士課程修了直後の経験が最も強く印象に残っている。その1年に学位論文の仕上げ（当時は第一著者の論文1報で学位申請ができたが、それがなかなか困難であった）、結婚、就職（仮採用）、公務員I種試験、留学と4つのことが集中し、今思い出しても大変な1987年であった。各方面にご迷惑をかけながら、シカゴ行きのJALに身重の家内と共に乗り込んだのは、12月21日のことであった。よく若い時の苦労は買ってでもしろ、と言う話を聞くが、そんな話なんか思い出したくない心境であった。それくらい追い詰められた環境であった。

JAL便は朝早くシカゴに到着する。オヘア空港へはS先生（現神戸大学教授）が空港待合室まで迎えに来て下さった。家内をS先生の部屋に置いたまま、S先生と共にシカゴ大学の研究室に早速出向いた。待っていたのは、ボスであるB准教授であり、すぐにcDNAライブラリーのラムダファージのタイターチェックをしろ、と命ぜられた。その日は寒天プレートを作り、タイターチェックを行い、S先生の部屋に戻った。新しいアパートが見つかるまで、S先生の部屋に居候した。これが、留学初日の状況である。なぜ、こういう状況を迎えたのか、について時間を追って整理し、今、それなりに落ち着いた定職につき、デスクワークとはいえ、研究職を続けている我が身を振り返り、若い人々の参考になればと考える。

私の今までのキャリアパスを考えると、大きく3つの展開が考えられる。

- 1) 大学院修士課程からポスドクまで……微生物・動物の分子生物学
- 2) 農業生物資源研究所における研究 …… 植物の分子生物学
- 3) 農業生物資源研究所の企画部門……知的財産関連

上記の1) から2)への転機、2) から3)への転機にはそれぞれ理由があり、私なりに決断を迫られた。2) から3)への転機は勤務先の人事異動がきっかけであった。

私が高校生のころの夢は、K大学の理学部・大学院に進学し、生化学の研究を行い、大学の教官になることであった。それなりに受験勉強に励んだつもりであったが、

思うように成績は伸びず、地元の大学であるO大学薬学部に進学した。薬学部では学部卒で就職する傾向が強く、大学院進学での競争相手が少なく、勉強のできない私にとって有利だと考えた。

大学学部の入試では失敗した私であったが、大学院進学では希望通りK大学大学院を目指した。しかしながら、研究室配属となった4年生になって行っていたマキサムギルバート法（DNAのシークエンシングの技法、今では歴史的方法となった）の実験がうまくいかず、「もう少しデータが出てから他の研究室に進学したら」という指導教授の助言に従うしかなかった。当時の研究室のスタッフは皆さん若く、しかも大変優秀な方々であった。教授・助教授・助手の先生の皆さんT大学大学院修了後、米国でポスドクを経験後、赴任なさった経験をお持ちであった。若い私にとっては、大変インパクトが強く、そういう道を目指すべきであると確信した。一方、自分にそれだけの実力があるのかな、とも不安であった。

無事修士論文をまとめ、博士課程に進学することになった。修士課程の指導教授のご意向に反し（1週間ほど、口も聞いてくれなかった）、K大学の医学研究科（医化学第2講座）の博士課程に進学した。ちょうど父が定年退職し、退職金の一部が初めて下宿生活を始めるための資金となった。父の援助に関し、今でも大変感謝している。医化学第2講座では、想像を絶するハードワークが要求された。1日14～15時間、週末などではなく、休めるのはお盆と正月のみであった。それも、帰省するだけの時間であった。

そのためか、博士課程1年が終了するころ、風邪をこじらせK大学病院第2内科を受診したところ、ケトアシドーシスを起こしているので、すぐに入院するようドクターに言われた。やっと休みが取れると正直喜んだ。病名は糖尿病、しかもかなり重症のことであった。1週間は病室にいたが、インスリンの自己注射を習い、2週間目からは病院から研究室に通うことになり、3食とも病室で栄養管理された食事を取ることになった。実験の方はペースを落として始めた。都合4週間入院したが、その間に内科のドクターと知り合いになり、ドクターの分子生物学の実験をお手伝いすることになった。

災い転じて福となる、が如く、内科に入院したことが

転機となり、3回生のころにはシカゴ大学への留学（糖尿病の分子生物学的研究）の話が内科の方で内々に進められていたようだった。そのころようやく学位論文のテーマを与えられ、実験に励んでいた。ペースは1日13時間の実験にセーブしていたが、cDNAライブラリーを5回も新たに作る必要があるという大仕事であった（当時はPCR法もなく、cDNAライブラリーを作り塩基配列を決定するだけで論文になる時代であった）。

博士課程の4年間が瞬く間に終ったが、学位論文はまだであった。論文を出せるか否かはすべて主任教授のご都合で決まる。院生の仕事など後回しで、研究室全体の仕事が優先され（当時はNatureを毎年5報は出していたように記憶している）、Natureの論文作成となると、いわゆるデスマッチとなる。最低でも3週間は論文の共著者は全員が主任教授のペースに合わせて論文作成をしなければならないため、いわゆる「待機」の状況となる。後で農水省の本省勤務となった1年間にも経験したが、国会待機と同じ状況であった。いつでも呼び出しに応じられるように関係者全員が夜遅くまで（時には夜が明けるころまで）居残ることになる。

大学院を単位取得退学の後、第2内科の援助で教務補佐員として雇われることになった。いわゆる留学待ちのポストである。その4ヶ月前に知人を介して今の妻に出会い、長距離恋愛の末、結婚することになった。2人で区役所に出向いて婚姻届を出し、晴れて夫婦となった。結局、論文をまとめるのには、その後さらに数ヶ月を要した。

地方大学出身者の私には公務員I種試験などは雲の上の話であったが、K大出身の家内の影響で、この年国家公務員試験I種（薬学）を受けてみた。一次試験のマークシート（共通並びに薬学専門）は完全なる敗北であった。まるでわからない問題がたくさんあった。やはり、無理だったと思った。6年前に薬剤師試験を受けた時に一夜漬けした知識がまったく役に立たなかった。しかしながら、なぜか合格通知が来た。ほとんど奇跡であった。二次試験は記述式のため、大学院生を長くやっているおかげで比較的順調に答案を書くことができた。

そのころ、城山三郎の「官僚たちの夏」を興味深く読

んだ。自分も国家公務員になって国のために働く道もあるのだ、と強く感じた。大学の研究室にこもって、論文を書くことに終始するのではなく、日本全体のため、自分の能力を生かすことができるのではないかと希望を抱いた。その後、厚生省本省を訪ると、大学院経験者は行政に来ると損をする、と言われた。後でわかったことであるが、大学院6年間も行政経験に換算すると2年になり、4年間も年次が遅い人と同様の扱いになるそうだ。そのため、研究所行きを勧められた。

結局、公務員の名簿提示を2年間延期し、予定通り留学する道を選んだ。米国では医学分野の研究においては、PhDもMDと同様の待遇であるが、当時の日本医学界ではPhDでは十分な活躍の場がなかった。そのため、農水省の研究所を志望し、現在の研究所に採用されたのである。その時々の選択が自分に取って最高のものであったか否かはわからないが、自分なりに悩み決断を下したのであって、いまさら後悔する必要はないと最近考えるようになった。

(独)産業技術総合研究所・能力開発部門人材開発企画室が発行しているドクターズイノベーションというメールマガジンが大変有効であるので下記にウェブサイトを紹介したい。

<http://unit.aist.go.jp/humanres/ci/phd-career/index.html>

また、名古屋大学産学連携推進本部でもポスドク対応のキャリアパス事業も行っている。ウェブサイトを下記に紹介しておく。

<http://suishin.jimu.nagoya-u.ac.jp/kyaria.html>

このように現在ではポスドクに対して、政府が対応を始めた。それでも十分ではないようである。進路については、さまざまな局面において、選択を迫られる場合が多いと思う。

しかし、若い人々には無限の可能性があり、さまざまな可能性の中から一つだけを選ぶことは、それ以外の可能性を捨てることになる。私にも、可能性があったが、若い時に選んだ選択肢の中の一つの道を歩んできた。最後に重ねて申し上げる。

「若い人には、無限の可能性がある！」



寄り道・まわり道・弁理士までの道

前 直美

私は、研究者になりたいと思っていましたが、今は、弁理士・技術士（生物工学）として、研究開発のサポートおよび主に特許による研究成果の保護・活用をお手伝いする仕事をしています。糸余曲折の末ここに至るまでの経緯は、迷路の中でさまようマウスのように不器用で計画性もなく、あまり他人の参考にならないかもしれません。しかし、悩み多き若手の読者の方々が少しあは気が楽になるかもしれないということで、そんな「私の場合」のお話をさせていただくことになりました。

好きの延長で研究所に就職

将来について真剣に考えたのは、大学付属の私立高校で卒業が近づいてからでした。迷った末、そのまま進学できる大学の学科の中から生物学を選びました。漠然と、これからはバイオの時代だと思っていたのですが、何よりも、好きなことないと長くできない性質なので、自分が本当に好きなことをとことん考えた結果、子供の時から好きだった生き物に係る仕事に就きたい、と思ったからです。

しかし、研究ができる仕事の募集はほとんどなく、何の縁故もないのに就職活動も熱心にしなかったので、大学卒業が近づき、年が明けても就職先は未定でした。

そんな私が三菱化成（現・三菱化学）生命科学研究所に研究助手として就職できたのは奇跡的でした。ここは例年大卒女子の募集は1回、採用は数名なのに、その年は珍しく二次募集がありました。私はすでにその2回の募集を見逃してしまっていましたが、そこに、三次募集があるから応募したらどうかと大学の就職支援担当の方から電話があったのです。きわめて異例の三次募集と大学からのお知らせのおかげで、当初の希望のとおり研究の仕事に就けることになりました。大変幸運なことでした。

この研究所は大学に似た雰囲気の基礎研究所で、皆仲良く楽しく仕事していました。研究助手は、基本的には上司の研究員の指示で実験をしていましたが、私は偶々多忙で不在がちな研究室長の下に配属されたため、かなり自由に幅広い実験を経験させてもらうことができました。

しかし、やがて自分が博士号を持っていないことに限界を感じ始めました。また、研究の楽しさとは別に、も

う少し、自分のしていることが世の人の役に立っている実感が得られるような仕事をしたいと思うようになりました。さらに、当時読んだ本に大影響を受けました。「地球環境報告」という本で、80年代であった当時、すでに現在の環境危機に大いに警鐘を鳴らす書でした。とはいえ、当時日本では、社会人が大学院に戻る例もあまりなく、私にはとてもそれをする勇気はありませんでした。

そこで、再び勉強するならアメリカで、環境問題について学びたいと思い、留学の準備を始めました。しかし準備期間が足らず、TOEFL を受けている途中で、諦めて帰ろうかとさえ思いましたが、とりあえず最後まで受けました。これが何とか無事必要レベルの点数に達し、唯一願書を出したワシントン DC の大学院から入学を許可されました。

米国の大学院から企業へ

5年余りお世話になった研究所を退職し、渡米しました。私が入ったのは環境科学という、環境汚染や公衆衛生などに関する理系科目と、経済学や環境政策決定プロセスなどに関する社会科学系科目とが半々の面白い修士コースでした。何もかも新鮮な留学生生活で、楽しいことも多い一方、勉強はハードで孤独でした。ワシントン DC は場所柄、昼間は政府系機関などで働くパートタイムの学生が多く、授業はほとんど夜で、彼らは仕事の後授業に来て、授業が終わるとすぐ帰るというパターンでした。一方、私は昼間は一人で勉強していました。それでも時間が足りないほど、読むべき本や資料が多く、ついていくのに必死でした。

二学期目に入ってから、卒論でお世話になった研究室の先輩から、ニュージャージー州の製薬会社（ロシュ社）で日本人の女性研究者が自分の部下を探しているので、応募しないかと連絡がありました。いろいろ考えた末、そのポジションに応募し、採用されました。二学期目の終了後に、大学院を休学し、引越しをして入社しました。

ロシュ社には、多くのビルや工場があり、移民や外国人も多く、毎週月曜に新入社員が大勢入社してきました。そんな中で、日本人は私の上司と私以外、ほとんどいませんでした。昼は研究職として働き、夜はラトガーズ大学院に通って勉強しました。今度は私がパートタイムの

学生でしたが、ラトガーズでは逆にほとんどがフルタイムの学生でした。上司をはじめ、他の研究者や従業員から学ぶものも多く、外国企業での研究や情報管理、人事システムなども、すべて貴重な経験となりました。

ところが、1年後、ワシントンDCの大学院の休学の延長が許されなかつたため、退学か退社かの選択を迫られました。退学して、ロシュで働きながらラトガーズ大学院で博士号を取得することもできました。しかし結局、いったん戻って最初の環境科学のプログラムを修了しようと考え、1年2ヶ月で退社となりました。

再び引越しをし、復学しました。なんとか無事修士号を取得したところで、いったん帰国しました。滞在中にグリーンカードが取れたので、ここで帰国しないともう日本に帰らないように思い、また逆にいつでもアメリカに戻ってこられると考えたためです。しかし、結果的には、その後、グリーンカードは返上しました。

特許事務所との出会い—弁理士・技術士の仕事

日本での再就職は厳しいものでした。当初は環境保護関係の仕事を希望しましたが、当時日本はいわゆるバブル崩壊直後であり、環境に関する社会の意識も低い状態だったため、仕事自体がありませんでした。また、当時の日本はまだ求人の条件に性別や年齢の制限があり、希望に近いものがあつても私は応募すらできませんでした。

しかし、落胆していくても仕方ないので、これまでの自分の専門知識・経験を生かせ、自分に続けられそうな仕事を探しました。生物系の研究開発のキャリア、米国企業での経験、多少の英語、それらが生かせ、なおかつ年齢や性別で制限がないのは、特許事務所だったのです。

そこで特許事務所の求人を見つけ、応募し、就職しました。よく知らないまま、他に選択肢が乏しい状況で飛び込んだ世界でしたが、すぐにこの仕事なら一生続けられるかもしれないと考えるようになりました。面白かったです。

一生続けるなら弁理士資格を取りたいと思いつつ、まずは実務を覚えることを優先し、並行して技術士の資格を取得しました。これは研究開発経験がベースになり、運よくさほど苦労せずに済みました。そして、次に弁理士資格を取得しようとしたところへ、駆け出しの身で訴訟がらみの重要案件を担当することになりました。こうなると、仕事はおもしろい、おもしろいので資格は取りたい、資格は取りたいが勉強時間がない、という状況で、資格のための勉強をいったん中止して仕事に没頭しました。その案件が一段落してから、今度は仕事を減らすために事務所を退職し、少しだけ技術士として仕事をしな

がら集中的に試験勉強をし、運よく弁理士資格を取得することができました。

弁理士の仕事は、研究そのものではなく、あくまでサポート役です。研究者（発明者）と特許庁との間で、あるいは訴訟案件では研究者と弁護士さんとの間で、橋渡し役をしたり、文献調査や海外とのやりとりをしたりします。ほとんどがデスクワークであり、勝負の土俵は基本的には紙の上、つまり言葉であり、文章です。句読点ひとつにもこだわります。そこに句読点があるかないかで、文脈が変わり、ひいては裁判に負けることもあるからです。また、逆に、訴訟チームの一員として働く場合には、相手方の細かいミスを徹底的に探すこともあります。そういった、いわば重箱の隅をつつくような作業は注意力と忍耐力を要します。また、書類などの提出期限は絶対なので、常に時間に追われ、期限に追われ、場合によっては年末年始さえ休みもないこともありますし、期限が近いのに書類ができないときは寿命が縮むような思いもします。法改正や新しい判例、国際動向など、勉強は一生続きます。

一方、弁理士は、専門分野に限っても広くいろいろなテーマについて、常に新しい技術を勉強し、驚いたり感心したりの連続で、飽きることがありません。そして、従来から年齢や性別による差別がなく、実力があれば、一時仕事を離れても復職が困難ではなく、短時間の就労や自宅勤務など、さまざまな働き方が可能です。女性の弁理士は、まだ全体の1~2割程度ですが、これらの点から女性には特に有利な仕事といえると思います。

いつからでも何度でも一気持ちがあれば実現する

最初に書いたとおり、私は、研究者になりたかったけど、なりきれず、今後なることもないと思います。しかし、どうしてもなりたければなれたはずです。今からでは無理と思った後も、何度かチャンスはありました。

結局、私はそれらのチャンスを選ばずここに至ったわけですが、簡単にそう決められたわけではなく、迷路の中で何度も行くべき方向を見失ったり、行きたい方向にうまく進めなつたりしました。しかし、そうした中で、壁にぶつかっても、ちょっと冷静になって見回せば必ず出口があるし、転んだら何か拾って立ち上がればよいということを覚えました。つらい時期や回り道は一切無駄になつていないと私は思います。これからも迷路は続きます。

若い方には、もし万が一、希望の進路へまっすぐ進めなくても、少し見方を変えてみると必ず別の道や行きたい方向へ続く道が見えてくる、いつかまた次のチャンスにも出会うということを信じてみてほしいと思います。



理解, 協力, 感謝, 信頼

黒岩 麻里



私は今から4年前に、現在のポストに就きました。当時は学術振興会特別研究員として研究に従事していたのですが、その約半年前に出産し、子どもを保育所にあずけながら、なんとか研究を再開させ始めた頃でした。学位をとつてからのキャリアも浅かったため、公募に申請した際も、採用されることはずないだろうと覚悟をしていました。ですので、採用の連絡を受けたときは、信じられないくらい嬉しい気持ちと、大きな不安やプレッシャーを同時に感じました。私の子どもは生まれつき、外科手術を必要とする疾患をもっていたため、着任後も継続的な入院、手術が決まっていたからです。病気がなくとも、子育てと研究の両立はとても大変なものです。

着任してからはプレッシャーを感じる暇もないくらい、夢中で毎日が過ぎて行きました。研究に割ける時間が少ないため、焦りを感じることもありました。研究者としての自信を喪失することもしばしば。それらは今でも変わらぬ悩みです。それでも、ここまで研究を発展させることができたのは、身近な人たちの理解と協力のおかげです。身近な人たちは、パートナーはもちろんそうですが、特にここで述べたいのは、研究室のボス、スタッフ、学生さんたち、です。子どもの看護などから、どうしても休みがちな時期がありました。急に熱を出して保育所まで迎えに行ったり、入院の付き添いで休暇が続いたり。そういう事情を理解し、サポートしてくれるボスやスタッフの存在があったからこそ、今の自分が、研究があります。研究は、決して一人で成し得るものではありません。多くの人の力添えがあるからこそ、成果が実るのです。これは、どんな状況の時でも当たり前のことです。しかし、キャリアを積むのに必死な頃というのは、つい視野が狭くなりがちで、身近な人への感謝の気持ちが薄らいでしまいます。

私は、希少種かつ天然記念物である哺乳類種を研究対象としています。天然記念物の捕獲には、国の許可が必要で、また、ラボワーク中心の私にフィールドでの野生動物の捕獲、調査などできるはずもなく、本当に多くの方の協力を得て、研究を進めています。研究を進めれば進めるほど、人の輪がひろがっていきます。人と人とのつながりや絆が、研究成果へと導いてくれます。今、まさしく研究者を目指している若い人たちには、身近な人

への感謝の気持ちを忘れないでほしいこと、また、研究面での信頼関係をしっかりと築くことを伝えたいです。

大学院生時代は、自分が女性であることで、将来不利な状況になることを恐れ、人一倍業績を積む努力をしました。同じ能力、同じ業績なら、男性の方が有利だと思っていました。「同じ」では負けてしまうから、「優位」でなければならないと、結婚にも子どもをもつことにも、興味はありませんでした。自身の研究のことを考えるだけで、頭がいっぱいだったからです。そんな私が、結婚して子どもを産むことを決意した理由は、その機会に恵まれたことと、また、家庭をもちながらもキャリアを積んで、活躍している女性研究者が増えなければ、若い女子学生が研究者を目指す希望へつながらないのではないか、と思ったからです。パートナーや子どもをもたずに活躍している女性研究者も多くいらっしゃいます。家庭をもつことだけが幸せとは思いませんし、仕事に没頭するだけが人生とも思いません。しかし、どのような選択をするにせよ、自分が目指す道を断念せざるをえないのは不幸だと思います。

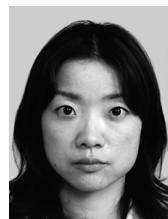
研究者を目指す女性のパートナーの多くは、研究者であるといいます。「彼氏も研究者を目指しているのですが、将来一緒になれるか不安です」という悩みを、女子大学院生から打ち明けられることがよくあります。二人そろって同じ研究機関にポストをみつけることなど不可能に近く、多くの場合は別居を覚悟か、どちらかが研究の道をあきらめざるを得ません（多くの場合、あきらめるのは女性側？）。将来に希望がもてず、最終的には研究者の道をあきらめる学生が出てくるとしたら、それは日本の大きな損失です。

研究者を目指す女子大学院生へのメッセージというよりは、そういった大学院生を教育する先生たち、あるいは女性研究者を受け入れる側の研究者の方々に、ぜひ耳を傾けてほしいです。研究も子育ても苦労はつきものです。男女を問わず、苦労を楽しみながら働く環境を整えていかなければ、大学も社会も貴重な人材を逃すことになるのではないでしょうか。個々の状況を理解し、サポートする体制づくりを、まずはラボレベルから、さらには研究組織、機関、国レベルで真剣に取り組まれることを強く願います。



若手理系人のための 大学院教育プログラムの開発

水月 ゆう子



サイコムキャリアプロジェクトとは

NPO 法人サイエンス・コミュニケーション（サイコム）は知を駆動力とする社会の実現を目指し、研究者と市民・行政・産業・異分野研究者とのコミュニケーションを促進するための活動を行っている。なかでも、ポスドク問題は政策研究の観点から提言を行うとともに、草の根レベルで解決するため実践的な大学院生・ポスドクキャリア支援のための「サイコムキャリアプロジェクト」を開発・実施している。当プログラムで特に志向しているのは、「キャリアチェンジ」、すなわち異業種へのキャリアをスムーズに行えるような知識・スキルを大学院生・ポスドクなどの若手理系人に提供することである。

大学院重点化からポスドクなど1万人計画により、ポスドク問題が政策により生み出された構造的な問題であるということは広く知られている。平成18年度から「科学技術関係人材のキャリアパス多様化促進事業」により主要大学での本格的な対策も始まっている。

しかし、実際に就職が決まるのは一握りであり問題の抜本的な解決がみえていないことが2007年の分子生物学会でも報告されていた。われわれサイコムキャリアプロジェクトではこのキャリアパス多様化の促進を阻む主要因が、現存の大学院教育にあると考えている。若手理系人の周辺の社会人（大学の教員）は研究職に限られており、研究以外のキャリアの経験者は非常に少ない。したがって、研究以外のキャリアの可能性について示される機会も少なく、就職活動のやり方もわからないというのが現状である。研究職での成功を目指す者にとっては「一生懸命に研究し、多くの論文を書き、学会では大いに議論すること」がキャリアアップ（研究者としてステップアップすることと定義）のために重要であるという点は異論のないところだと思うが、キャリアチェンジ（研究者から他の業種に転職することと定義）については必ずしも成り立たない。

サイコムキャリアプロジェクトでは、キャリアチェンジのための方法論を「満たされていない若手理系人のニーズ」ととらえ、プログラムの開発と実施に取り組んでいる。

プログラムの紹介

サイコムキャリアプロジェクトは博士号取得後、営業・

マーケティング・金融・コンサルタントなど、キャリアチェンジした経験を持つメンバーにより運営されている。キャリアチェンジの成功事例を調査・分析し、その中の共通点に着目し汎用化することでプログラムの開発を行った。

まず、成功するキャリアチェンジは

- ① キャリアチェンジに必要な情報を収集・分析する
- ② 方向性を決めるための意思決定をする
- ③ キャリアチェンジを実行する

というプロセスを経ると考えている。③は当然必要のことであるが、①や②も重要であると考えている。たとえ、①や②が欠けても③を行えばキャリアチェンジは実現するかもしれないが、「成功した」キャリアチェンジとなる確率は低い。なぜなら、キャリアチェンジに成功するというのは、単純に仕事が見つかるということではなく、自分が望む職場で望む仕事をしているということだからである。

■キャリアチェンジに必要な情報の収集・分析

ずっと大学や公的研究機関で研究に従事していた研究者にとって、企業での仕事をイメージし、現状の自分のキャリアと結びつけるのは難しい。面接の場で仕事内容を聞いて驚いているという研究出身者もいるというが、そのような準備不足の状態で主体性をもってキャリアチェンジに取り組むのは難しいであろう。われわれは「若手理系人のためのキャリア内容紹介」として、さまざまなキャリアの具体的紹介（臨床開発の業務／投資業務／テクニカルサポート業務／マーケティング業務／ベンチャーでの業務など）を行っている。プログラムの作成は実際にキャリアチェンジしてその職種についた博士号取得者が行っており、仕事内容の説明だけでなく、研究出身者としてその仕事に就いたメリットやおもしろさ、自分を活かすポイントという観点を入れている。

また、企業と大学はどのように異なるのか、企業を分析するにはどのような考え方で行うと良いのかというのを「若手理系人のための企業分析」というプログラムで提供している。そのなかでは大学の研究と企業の研究の違いを実感するために「大学発ベンチャーA社の商品開発」というケーススタディーを行い、参加者同士でディスカッションをしてもらっている。

■意志決定

情報収集したのちで希望の職種を決定する際や、複数

著者紹介 サイコムキャリアプロジェクト。生化学系の大学院を卒業後、雑誌編集者を経て現在はベンチャーキャピタルでベンチャー投資に従事。E-mail: lulutku@gmail.com

社の内定を取得した後でどの会社に行くか決定する際に、意思決定のプロセスが必要になる。このために開発したプログラムが「若手理系人のためのロジカルシンキング」である。これは、各選択肢のメリット・デメリットを把握し、比較検討することによって最適な解を判断するというプロセスを実習形式で体験するものである。論理を単位化しブロックのように積み上げ、すきまがないか確認していく作業は、理系研究者が日常的に行っていることであるが、当プログラムはそれをより意識的に行うためのものである。ロジカルシンキングは、キャリアチェンジの局面で役立つとともに、理系出身者の自己アピールのポイント、「強み」にもなるので、大いに鍛えるべきスキルだと考えている。

では、キャリア選択を判断する際に、基準となる拠り所は何であろうか？それは、自分がキャリアによって何を実現したいか、自分が情熱をもって取り組めることは何か、自分がプロフェッショナリティをもって提供できそうなことは何か（＝給料をもらうに値すること、あるいは得意なこと）をつきつめて考えることだと思っている。この、自己分析の手法として、「自己分析イメージマップの作成」というプログラムを開発し実習を行っている。イメージマップでは、研究だけに拘らず私生活も含め、好きなこと・得意なことを書き出したり、譲れない条件（金銭面やライフスタイル）など自分の中で優先順位の高いものを書き出していくことにより、参加者が自分のキャリアを「発見」できればというのをねらいとしている。

■キャリアチェンジの実行

キャリアチェンジを実行するにあたり、われわれが重視しているのが自己プレゼンテーションのスキルである。就職の面接に臨んだとき、アピールしたいことが相手に伝わらなければ意味がない。ポスドクが「他人とコミュニケーションがとれない」「研究内容について話せるが自分自身について話せない」「企業に入ってなにができるか伝えられない」と評価されてしまう傾向にあるという記事があった。自己表現には、相手から見たときに自分がどのように映るかを想像する、客観的な視点が必要となる。「若手理系人のための自己マーケティング」は、自分を商品に見立てたとき、相手がどのような価値観でどのような点を魅力に感じるか、というところを分析し、自己表現するためのプログラムである。マーケティングとは、「顧客の満たされていないニーズを発見し、それを満たす最適な商品を作り出すプロセス」とされている。企業にとって、どのような点が自分に求められているのかを考え、わかりやすく訴求することができれば双方にとって満足できる結果になるであろう。特に、研究内容の説明は、専門外の人にとって難解になりやすいので、わかりやすく相手に伝えるための表現方法を考える「若手理系人のための研究紹介方法」というプログラムも実施している。

キャリアチェンジの意義と、われわれの目標

キャリアパス多様化の意義として、科学技術コミュニケーションや知的財産活用の役割を担うことにより、産業が活性化するということが期待されている。特に、コミュニケーションというのは重要な要素で、大学院教育を受けた結果個人のスキル・経験として身についた能力のみが博士課程の財産というわけではなく、その間に知り合った研究者とのネットワークも非常に大きな財産である。実際、キャリアチェンジしたメンバーはほぼ全員が研究室時代の人脈を活用している。それも企業からみると当人の能力の一部とみなされるのである。キャリアチェンジというと研究のキャリアを捨てる、というネガティブな印象を抱く方がいるかもしれないが、むしろ、博士課程まで進んでキャリアチェンジをすると研究からは逃れられないというのが正しい。学部あるいはマスター卒で採用した社員については企業としても新卒として教育を施すが、博士号取得者は年齢からしても専門性からしても専門職の募集・転職枠といったカテゴリーになる。そのため、これまでのキャリアと今後の展望を企業が納得できるよう伝えなければ採用されないが、その分、研究を活かしたオリジナリティの高い仕事ができる可能性は高いのである。

2006年より、われわれは大阪大学・京都大学などでキャリアセミナーを実施し、のべ13回、200名以上の若手理系人にプログラムを体験してもらった。6月に開催された生物工学若手研究者の集いでは「若手研究者のキャリアパス 生物工学における学生の進路」というシンポジウムでキャリアチェンジについての事例を紹介させていただき、8月に開催された日本生物工学会の大会では、「カンタン！研究の背景を持たない人たちとの研究内容の共有術」プログラムの実施をさせていただいた。この時に行ったイメージマッピングのためのブランクシートは<http://www.success4rieki.com/>から入手できる。イメージマップの作成法について全5回のメールセミナーも受講できるのでご興味があればぜひ入手していただきたい。

生物工学は産業応用を志向した学問分野であるので、キャリアチェンジによっても能力を活かしやすい領域だと思われる。将来は研究を志望するという方が大多数だと思うが、研究の経験を活かしながら違う職業に就くということに興味がある方がいればぜひご連絡をいただきたい。

今後も若手理系人にプログラムを体験し、キャリアを築くためのお手伝いをさせていただきたいと思っている。現状は、1～3回のプログラム体験会が中心であるが、今後はプラクティカルブックを刊行し、大学院生の教育プログラムとして完成させていきたいと思っている。われわれの活動を通して、若手理系人のキャリア問題が解決に向かうことを願っている。



ノバルティス・バイオキャンプ ～夢・挑戦・喜び



松本 正

2007年の初夏、ノバルティス ファーマ株式会社（以下、ノバルティス ファーマ）の知人から携帯にメッセージが残されていた。その内容は、世界から集まる学生に英語でビジネスプラン作成を指導する人（ファシリテーター）を探しているとのことであった。彼には、以前より横浜市大大学院や大阪経済大学において、ベンチャー起業の模擬演習を行い、学生たちが普段とは違って生き生きとビジネスプランを作成していることを話した記憶があり、きっとそのことを覚えてくれていたのだろう。ただし、それは日本語の演習であり、英語で本当に彼らを指導できるのだろうか。国内を見渡せば、英語で演習指導できるビジネススクールの先生方も多くいるのではないかと一瞬戸惑いを覚えたが、ちょうど10年前の夏にスタンフォード大学ビジネススクールの夏季エグゼクティブコース（2週間）に参加した時の衝撃的な記憶が呼び戻ってきた。このコースは世界各国からエグゼクティブを目指すビジネスマンが応募し、2週間の間に30近いケースを読み込んで議論を戦わせるもので、普段日本語で生活している私は、完全に脳内グルコースが枯渇し、本当の意味で頭の中が真っ白になってしまったが、逆にコースが終了したときの爽快感とケースによる模擬演習の完全なところになってしまった。同時に、日本でもこのような教育があればよいなと強く願ったのであった。この思いと知人の期待に是非とも応えたいとの一心で、ノバルティス・バイオキャンプのファシリテーター役に応募させていただいた。なお、ノバルティス・バイオキャンプは、バイオテクノロジー分野において、グローバルに活躍できるリーダーシップのある人材の育成を通じ、世界各国のバイオ産業振興に貢献することを目的として、ノバルティスが毎年開催しているバイオビジネス起業ワークショップである。

ノバルティス・バイオキャンプ2007

2007年は日本で国際大会が開かれる年であった。日本国内の準備としては、書類選考で選抜された参加者に対し、9月にオリエンテーションが実施され、参考図書など^{1,2)}も事前に配布して本番に向けて心の準備をお願いした。一方、私も貧弱な指導で参加者の期待を裏切らないように、1ヶ月前より自分の気持ちをバイオキャンプモードに切り替え、当日のスケジュールを頭の中で何度もシミュレーションして、国際大会に臨んだ。案の定、国際大会には各国の国内予選より選抜されてきた優秀な参加者が集まっていた。また、参加者は医学分野の学生だけでなくMBAの学生も参加していた。ビジネスプランを作成するワークショップはバイオキャンプ初日と2日目の午後が当たられ、最終日に仕上げの発表というスケジュールで行われた。参加者は、1チーム5人から6人で構成される8チームに別れ、初日のワークショップ開始時に準備しておいた課題を示し、各チームでの議論を開始してもらった。最初に会社名や役割分担を決める作業からスタートするのだが、どのチームも最初から熱い議論が始まり、さすがにみんな優秀な参加者であると感じると共に、どの参加者もみな真剣でこちらも手が抜けないと強く感じた。ここで作成するビジネスプランはあくまでも仮想的な会社であるが、その製品コンセプトの中にどれだけ魅力的なアイデアを組み入れができるか、また社会のニーズに十分応えた内容になっているか、各チームの実力の見せどころである。日頃サイエンスに没頭している若い研究者にとって、ビジネスプランを作成することは初めてかもしれない。しかし、彼らが各グループに配布されたPCをフルに活用し、必要な情報を瞬く間に収集し、自分たちの製品コンセプトを固めていくのには驚きである。

各チームには2名程度の日本人参加者がいた。途中、メディアのインタビューがあり彼らは、「世界のトップレベルの参加者と英語で議論できるので、自分のステップアップのために参加した。」とか、「サイエンスをどのようにビジネスに発展させるか勉強したかった。」というようなコメントを述べていて、このようなビジネスプラン作成コンペに対する参加者の高い期待を感じ取ることができた。

また、ワークショップ初日と2日目には、ナノキャリア・中富社長、キャンバス・河邊社長ならびに菅沼副社長にも応援を依頼し、自社の紹介の後でバイオベンチャー経営者の立場でのアドバイスを各チームにもらった。

各チームも初日と2日目に作業の途中経過を発表し、徐々にビジネスプランに磨きがかかる、最終日の発表では本当に2日間で仕上げたのだろうかと疑うほど立派なビジネスプランを発表してくれた。おそらく2日目の夜

は徹夜に近い状態で仕上げたのか、表情にはやや疲れが見えるものの、自分たちの発表の番が来ると、皆生き生きと発表する彼らの姿を見て、若い人たちの無限の可能性を垣間見たと共に、彼らにその力が出せる場を提供する責任を一層強く感じた次第である。彼らには夢があり、挑戦するエネルギーを蓄えていた。ちょっとふたを開けてあれば、後は自然にあふれてくる。

ノーベル賞受賞者のホロビッツ博士も彼の熱いメッセージを伝えるために、わざわざ米国から参加されていた。そのメッセージは「Joy of Science (科学する喜び)」であった。日々の観察の一つ一つに喜びを感じて欲しい。短い言葉であるが博士の科学する心の思いが凝集していた。

ノバルティス・バイオキャンプ2008

本年は10月に香港で開催される国際大会に向けた国内選抜大会の意味合いで、8月下旬に2日間の日程で開催された。前年の国際大会と比較し、ワークショップに使える時間は初日の午後しかない。実際この時間内にビジネスプランは完成するのだろうか。一方、大会関係者は、前年の国際大会を経験しているので、ビジネスプランが粗末であれば一目瞭然に分かってしまう。そのためには、今回はテーマをiPS関連として、参加者には1週間前にiPSに関するテーマを用意していることを知らせ、事前学習をお願いした。

短い時間を補う目的から事務局の配慮で、前夜祭の途中からワークショップの時間を1時間取れたこともあり、初日の正式なワークショップ開始と同時に、各チームとも活発な議論が展開していた。中には、みんなが自分の主張をして、このチームは本当に時間内にまとまるのだろうかと思うチームもあったが、さすがそのチームにはそんなチームをまとめ上げる才能の持ち主が参加していて、瞬く間にチームをひとつの方向に導いてくれた。また、参加者の中にはiPS関連の論文やレビューを持参して、実際にスピーディーに自分たちのチームの製品コンセプトや環境分析を開始してくれた。

時間的な制約はあったものの、今回もワークショップの途中でリブテックの中村社長に会社紹介をお願いして、参加者のビジネスプラン作成の参考事例としてももらった。やはり、実際のバイオベンチャーの社長の講演はプラン作成の示唆に富み、各チームとも早速、講演から得た知識を自分たちにプランに取り込んでいて、彼らの吸収力のすごさには本当に驚いてしまった。

今回は国内大会にもかかわらず、6名の留学生が参加したこと、国際大会の予選の意味合いもあり、前年の国際大会同様、ワークショップはすべて英語とした。時として、日本語が飛び出すチームもあったが、やはり英語

での会話能力向上も目的のひとつであり、すぐに注意をして、英語での議論に戻してもらった。普段、英語を使わない研究生活の中では、大変苦痛なことであると十分承知しているが、私がスタンフォードで味わった脳内グルコースをゼロにするまで脳に働いてもらう数日間を是非とも経験して欲しかった。また、そのことで脳が活性化され、英語での議論についていけるようになると信じている。

今回、3名の参加者が、昨年の国際大会からの連続参加で、さらにその中の一人は2006年から3年連続参加であった。そして、その連続出場の理由を聞いてみると「ここで優秀な参加者と共に議論し、一緒になって自分を高めたい。」とのことであった。私は、この自分への挑戦に喜びを感じることがとても大切であると思っている。

おわりに

若い研究者の方々がキャリアパスを考える時に、「夢・挑戦・喜び」を考えてみてはどうかと思っている。自分の理想の姿を夢みて、ひたすら挑戦する。そしてその挑戦そのものを喜びと感じて生きていくことが大切なではないだろうか。ノバルティス・バイオキャンプに参加している若い人たちはまさに自分の未来に夢を持ち、その実現のために挑戦することに喜びを感じていた。彼らの真摯な姿を見た時、日本国内でこのような機会がもっと多くあれば良いと痛感した。大学の枠を越え、留学生も交えた「夏季インターラッジ・バイオ・スクール」のようなものの設立が望まれる。ワークショップそのものは数日でも、その随所にちりばめた鍵を参加者は一つ一つ開けながらゴールにたどり着いていく。そして彼らが無事発表を終えた時、その順位に関係なく、テーマに挑戦してくれた参加者全員に自然に拍手を送りたくなるとともに、十分指導ができただろうかという不安に襲われる。しかし、この不安はここに来ている参加者であれば、自分の力で何かを掴んだに違いなく余計な不安かも知れない。

最後にこの拙文の締めくくりに当たり、ノバルティス・バイオキャンプのファシリテーターへの応募の情報をくださった渡邊敏文氏と未熟な私に重責を任せてくれたノバルティス ファーマ株式会社に深謝いたします。そして何よりも、優秀な参加者全員に深く感謝いたします。

- 1) Chesbrough, H.: *Open Innovation*, Harvard Business School Press (2003).
- 2) 松本 正, 吉澤 学:バイオベンチャー成功の秘訣Q&A, 羊土社 (2002).



医薬品製造業界と生物工学研究者

村上 聖



医薬品製造業界、すなわち医薬品製造会社、機器製造、プラント建設などの各関係者で構成される業界における生物工学研究者のキャリアパスについて考察する。

医薬品産業動向

医薬品産業では副作用などの問題や各社が得意な開発領域に特化してきたこともあり、新薬承認数は減少傾向にある。一方ブロックバスターと言われる製薬会社の経営を支える大型薬の特許切れが差し迫っている。このような状況の中で製薬会社にとっては新薬開発がますます重要になってきた。大型新薬開発数を増加するための研究開発費確保を目的としたM&Aもあるが、研究開発投資規模が必ずしも大型新薬開発数と一致するわけではないことがわかつてきたため、近年のM&Aの多くは規模の拡大ではなく、バイオベンチャーなどの買収により新薬の種々のものを手に入れることができると目的となっている。

一方、製薬業界独特の規範としてGMP(good manufacturing practice)があり、組織、設備について高度な品質維持が要求されている。これらの要求を不必要的なコストを抑えながらさらに高度に満たしていく手段として、科学的原理・根拠に基づく品質管理の手法が追求されるようになってきている。

医薬品産業で必要とされる人材

製薬会社が新薬開発とマーケティングに集中するのに伴い、創薬ベンチャー買収や、生産の外部委託が増加してきた。一方過度の外部依存は製造ノウハウの外部流出となるため重要な製造プロセスは社内に残す場合も多くのある。製造設備の建設においても、すべての設計能力を製薬会社内に維持できないため、機器製造会社、プラント建設会社などにある程度まで依存せざるを得ず、どこまで依存するかの見極めは常に困難な問題である。また、科学的根拠に基づく品質管理には各分野の企業の技術力が必要である。

したがって製薬会社における基礎・応用研究だけでなく、ベンチャー、製薬機器製造会社、医薬品製造プラント建設会社などにおいても高レベルの研究者が必要とされている。それらの研究者には広範な技術分野の問題解決能力が求められ、各個人の専門領域における深い知識

に加え、他の各分野において柔軟に対応し、問題解決ができる人材が求められている。これらの広範な領域の知識をあらかじめすべて持つことは無理であるが、新たな問題に直面したときに学際技術や原理、コンセプトを理解し、新しい視点で考え、調査し、解決に導く能力を持つことで対応していくことが可能である。その際に分野は異なっても、学位を得る段階で自ら深く考え、調査し、解決に導いてきた経験は必ず役立つものと考える。

これからの中の研究者は、ベンチャー、医薬品製造、製薬機器製造、医薬品製造プラント建設などの企業に属しているかによらず、プロセス設計・開発・実現に少なからず関与していくことになり、その過程で技術・経営に対する包括的な視野を築いていく人材が望まれる。

生物工学研究者のキャリアパス

製薬業界は国際化が進んでいるが、未だに国内外で研究者のキャリアパスにおける環境は異なっている。たとえば、日本では学部と大学院は同じ所に入学する場合が多いが、海外、特に米国ではほとんどの場合が別大学であり、大学院で別大学の異なる環境下で研究をすることで視野の拡大や人的ネットワークの広がりが得られる。これらは少なからず人材の流動化、人材市場形成にも寄与していると考えられる。

企業のビジネスモデルも、日本では、

高い成果→顧客評価上昇→事業拡大

というものが基本であるが、米国の場合は

高い成果→高能力人材獲得→顧客評価上昇→事業拡大

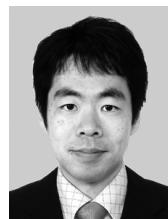
というものが多い。これは柔軟で競争的な労働市場があるからこそ成立するものであるが、日本も国際化、M&Aの進行などにより人材流動化や、人材獲得への市場原理導入が進んでいくものと考えられる。特に博士の場合は、他に比べて人材流動化は先行しているように見受けられる。

企業が生き残っていくためには優秀な人材を引き付けることが不可欠である。研究者の側としても人材市場の動向を理解し、自らの指向も意識しながら必要とされる人材となることを常に心がけていくべきであると考える。

著者紹介 株式会社日立プラントテクノロジー産業プラントシステム事業本部（副事業部長）
E-mail: sei.murakami.dg@hitachi-pt.com



機械工学から医学へ、 さらに情報工学へと挑戦する！



赤川 英毅

若年世代では科学技術への興味が希薄になっており、大学工学部への入学志願者数は1995年の約60万人から2005年には約30万人へと激減した。科学技術創造立国を標榜してきた日本の次代を担う人材の確保は憂慮される状況にある一方で、医、歯、薬学部などへの志願者数は増加している。学生の関心は低いが産業の技術的基盤となる工業分野と、関心の高い医療分野とを融合・発展させ、科学技術の将来的な人材不足を補う可能性が期待できる分野が、工学と医学との複合領域である。この工学と医学とに深く関わる医療機器の国内での生産額は平成18年に1.7兆円であり、世界では米国に次ぐ市場規模である。

このように将来性が期待でき、かつ経済的にも世界への影響力が大きい工学と医学との複合分野に若い研究者・技術者が興味を抱くならば、それは歓迎すべきことであろう。彼らの興味を引く先行事例になることを願いつつ、企業の機械系技術者を経て医学系大学院へ進学し、現在は人工心臓に関連する研究に取り組んでいる自身の体験談を紹介する。

機械工学の実務

医学への興味は幼少の頃からあったらしく、幼稚園児の頃に、図鑑を見ながら胃や腸などの消化器や心臓や肺などの循環器を含めた体内の模式図を描いていた記憶がある。このように書くとまるで神童のようであるが決してそうではなく、絵を描くことが好きであっただけで、その後の大学受験では大変苦労した。医学部への入学を目指して受験勉強に励んだが、結局願いは叶わずに工学部機械工学科へ進学した。この受験勉強の反動からなのか、大学生活では、サークル活動などを通じて人並みに楽しい時間を過ごし、勉強にはあまり時間を費やすしてこなかった。

工学部機械工学科を卒業後に就職した企業では、製品開発の部署に所属し、PM型ステッピングモータを応用した車載用リニア・アクチュエータ製品の研究開発・実用化業務に従事した。路面の凹凸に追従して自動車のヘッドライトの照射角を自動調整するシステムに搭載されるアクチュエータを開発するため、樹脂成型、ネジ・歯車などの機械要素、トライボロジなどの機械工学系の技術分野に幅広く関わり、製品化のための開発・設計担

当者として海外の顧客企業との製品仕様の交渉などの業務にも携わった。これらの経験を通じて、実用化のための製品企画、設計、試作、評価および事業化へ円滑にプロジェクトを遂行させる能力を培う機会に恵まれた。担当していた製品の市場への流通も実現させることができ、その後の自分にとって有意義な業務経験を積んでいたと思う。

しかしながら、かねてから医学の分野へ強い関心を持っていた私は、工学と医学との複合領域である医工学の分野で、自分を活かしたいとも考えていた。学生のころはほとんど勉強していなかったにもかかわらず、社会人になってからは意欲的に受験勉強に励み、熟慮のうえで退社した後に医学系の大学院に進学した。

医学の基礎研究

大学院では、動脈硬化によって狭さくした血管病変への治療方法であるインターベンション技術に関する基礎研究に従事した。流れの可視化、灌流細胞培養、力学的解析などの研究手法を用いて、インターベンション治療機器（ステント）の形状が血管壁にどのように影響を及ぼすのかを検討した。ここでは、それまでの機械工学の知識や経験にこだわらず、医学・生物学などの自分にとって新しい分野の研究手法を吸収できるように努めた。中高生程度の生物学の知識しかなかった自分にとって、新しい分野での研究はまさにゼロからの出発であり、ピペットの使用法から学習する次第であった。このような状況でも、教官や歳の離れた学友など周囲の多くの方々の支えによって、ゆっくりではあったが着実に研究は進んだ。従来のステントは力学的に血管壁を支持することで血管の狭窄を防いでいたが、大学院での研究によって、内皮細胞の増殖能に及ぼす血流の影響を考慮した生物学的機能を備えた次世代のステントを提案することができた。

大学院での博士論文研究を修了するころには、企業で関わった機械工学と大学院で関わった医学との両方を活かしたいと思うようになった。そして、私がこれまでに関わった領域を実際の臨床医療に役立てるには、ポンプやアクチュエータの機器開発と血流・血管の特性が深く関わる人工心臓の開発が適しているとの考えに至った。就職の機会にも恵まれ、大学院修了後には国立研究機関

の研究員として、人工心臓の研究・開発に取り組むことになった。

機械工学と医学との複合領域における トランスレーショナルリサーチ

そこでは主に、長期使用を目指した次世代型空気圧駆動式補助人工心臓を構成する拍動式血液ポンプを実用化するための設計、試作および慢性動物実験による評価を遂行した。さらに、この開発中の血液ポンプ内の流れの動態を PIV (particle image velocimetry) を用いた流れの可視化手法によって解析し、より抗血栓性に優れた血液ポンプの開発に反映させてきた。

所属した部署では、機械・電気電子・情報工学者と医学・獣医学者らとともに実験や議論を重ねながら研究が進んだ。これは補助人工心臓というものが、設計工学、流体工学、制御工学、心臓血管外科学、病理学などの多岐にわたる学問領域に網羅的に関わっているため、多方面からのアプローチが必要とされているからであろう。実際のところ、同僚のエンジニアには、機械設計、流体解析、制御、計算機シミュレーション、電子回路、情報処理などの多様な分野の専門家がそろっており、研究の遂行上生じた問題には的確なアドバイスが得られることが多かった。たとえば、前述の流れの可視化解析では、電子回路の専門家からは計測条件を整えるためのトリガー設定のアドバイスを受けたし、流体工学の専門家からはPIV用のトレーサ粒子と流体の選定に関する意見を得た。このように周囲の協力を得られる恵まれた環境で、臨床応用を目標とするトランスレーショナルリサーチに取り組み続けた。

人工臓器のトランスレーショナルリサーチの現場では、企業とともに取り組む研究課題や、大学との交流の機会が数多くある。そのような機会を活かして、大学の大規模な研究プロジェクトに参加する機会を得た。

人工心臓治療への情報工学の活用

熱ゆらぎを巧みに利用して効率よくはたらく生体の分子モータのごとく生体のもつ「ゆらぎ」を模倣し、その原理をエネルギー変換・情報処理など知的システムに応用しようとしているのが、その研究プロジェクトだ。こ

の研究プロジェクトの特任研究員として、補助人工心臓装着患者の診断と予後の予測に生体ゆらぎを応用できないだろうかと新たな課題に取り組み始めた。

心筋が収縮するときの電気活動は、心電図に波形として現れる。この心電図波形の経時的な変動を生体ゆらぎと捉えて数理的に解析し、補助人工心臓装着患者の心機能を評価しようと試みている。臨床の現場では、補助人工心臓装着患者の心機能は補助人工心臓を止めてカテーテルを体内に挿入して診断するため、患者の負担は大きい。プローブを体表に貼るだけの心電図波形の計測によってこれを診断できれば、患者の負担は著しく減り、安全性は飛躍的に向上するだろう。このような解析的な研究には、これまでの機械工学・医学に加えて、数理的解析手法を駆使した情報工学・計測工学も活用しなければならない。これまでに計算機プログラムのようなものは組んだことがなく、情報工学とはあまり関わってこなかつたが、この機会にさらに専門性を広げられることに胸を躍らせている。

おわりに

このように研究者としての道を切り開いてきた一方で、大学院生のときには、技術士事務所を設立した。研究者として一からスタートするだけでなく、何らかのかたちで企業での経験を産業社会に役立てたいという気持ちを具現するためだ。さらに、エンジニアとしての独立・自立といったものへの憧れもあった。技術士事務所としては、主に技術者向けの書籍や雑誌の執筆活動、技術セミナーの講義や企業内の人材育成、大学の技術シーズの実用化に向けた産業動向調査や特許流通支援などを行った。このような活動も、研究者としてのフィールドと独立系の技術コンサルタントというフィールドとの複合領域にわたるもの一つであろう。

これまで経験してきたものと異なる新しい分野、新しい社会に入り込もうとするときには、常に困難がともなうが、意欲があれば障害は克服できる。異なる分野の人たちと協力してひとつのことにつき組むのは、楽しいし充実感がある。工学と医学以外にも、まだまだ魅力的な複合領域があるだろう。若い研究者・技術者にとって、本稿が複合領域への誘いとなれば幸いだ。



農芸化学からバイオテクノロジーに至る道 ～学ぶ機会を大切に～



平井 輝生

抗生物質の製造

私が農芸化学を卒業して製糖会社に就職したのは1951年、勤務先は神戸のペニシリン工場の培養課であった。ペニシリンは戦時にアメリカで開発され、終戦直後にその技術が日本にも導入されたものであるが、当時、政府の呼びかけを受けて製造を始めたのは、主として乳業、製菓、醸造、繊維などの企業で、製薬会社の参入はむしろ遅かったのである。その理由は、抗生物質は化学合成が主体だった従来の医薬品と異なり、発酵で生産する物質であったからである。私が入社した製糖会社も、当時砂糖が統制品で、生産量がわずかであったので、副業のアルコール発酵の技術を生かせてペニシリンの製造を行っていた。しかしひペニシリンの製造はアルコール発酵とはまったく異なる。学生時代に醸造学を学んだ私も、文字通りゼロからの出発であった。

ペニシリンの生産菌である青カビは好気性なので、開発当初はビンを使う平面培養であったが、アメリカでタンクを使う深部培養が開発され、生産量は大幅に改善された。これには液体培地を入れた攪拌機付きのタンクに無菌空気を送り込む必要がある。そのため圧搾空気の完全無菌ろ過や長時間無菌培養、さらに培養温度や培養液のpHの管理、前駆物質のフェニール酢酸の添加などいろいろ新しい技術が必要になった。製造現場は縦横に走るパイプラインに蒸気、水、空気、電気が送り込まれてくるダイナミックな環境であった。

タンクの稼働は昼夜連続で行われるので、勤務は三交代制で、夜勤では培養の技術者が電気、機械、ボイラーの職場も担当した。私はこれらを回って培養以外の職場の基礎的な技術や仕事の内容についても学ぶことができた。

ペニシリンに続くストレプトマイシンの発見は、医薬品の開発方法を一変させた。ペニシリンはA.Flemingによって偶然発見されたものであるが、ストレプトマイシンは、同じような抗菌物質を分泌する微生物が土壤中にいるに違いないと考えたS.A.Waksmanが結核菌を培養したシャーレを使って土壤菌をスクリーニングして発見したものである。この成功は1950年代の抗生物質の発見ブームを生むことになるが、これは製薬企業の新薬開発の手法を一変させた。すなわち、化学合成法と異なり化学構造が解らなくても、目的とする有効成分を自然界か

ら発見できるようになったからである。しかも、それに要する機器と技術は微生物の培養であり、薬理作用の検定は試験菌に対する抗菌作用なので、小さな実験室でも大量の土壤菌をスクリーニングすることが可能である。製薬企業がこれに力を入れたのは当然であった。

講演会で学ぶ新時代の息吹

1950年代初期までのペニシリンの生産は、各社ともまだ手探り状態の面があり、各社の技術者が集まって研鑽する協議会もあり、雑誌も作られていた。私は夜勤でよく専門誌を読んだ。この雑誌や英文誌のChemical Engineeringには現場の仕事にも役立つ記事があった。

製薬部門の長は仕事熱心で厳しい人だったが、学位もあり大学の非常勤講師なども勤めていたアカデミックな性格で、月に一度、技術者を集めて文献の抄読や研究成果などを報告させ、著名な研究者を招いての講演会も開いた。出身校の大蔵大学の発酵工学の教室とは親密で、この教室が開催する勉強会には私達も出席が認められた。夜勤の担当者との引き継ぎを早めに済ませ、大阪に急行して、夕方から開かれる勉強会に駆けつけることが多かった。ここでは英文誌で読んだ空気ろ過の理論をフォローアップした実験例やスケールアップの式を基にした実測値、或いは当時はまだ珍しかった出芽酵母の分裂時の電子顕微鏡写真など興味深くまた実用的な発表が多くあった。

工場では有名人の見学も多かった。1951年には東京大学から坂口謹一郎教授が教室のスタッフと共に来場され、見学の後、当時助手であった有馬啓博士からアメリカの抗生物質メーカーの工場の視察の報告を聴くことができた。1955年、会社は新しい抗生物質を導入するためアメリカの大手製薬会社と合弁会社を設立し、製薬部門はこちらに移ったが、その後も1960年には日本に初めてペニシリンの製造技術を伝えたJ.Foster博士が来場して微生物による物質変換について講演し、また、アメリカの親会社からはオキシテラサイクリンの発見者、A.C.Finley博士が、1966年にはChemical Engineering誌に毎年発酵に関する世界の主要な研究報告についての総説を書いていたBeesh博士が来場しそれぞれ貴重な講演を行った。また、1967年には東京大学から池田庸之介教授が来場され、細胞の変異と遺伝子コードについての講演を行った。

聽くことができ、新しい時代の到来を感じさせた。

微生物の遺伝からバイオテクノロジーへ

私は1963年に研究室に移り生産菌の改良を担当した。当時は紫外線照射によって得られた変異株から優良株を選び出す方法が一般に用いられていたが、私は、なぜこの方法が一般的に用いられているのかを原点に帰って考え、一つの仮説を立てて効率よく優良株を取得する条件を見いだした。

1968年私は東日本社に転勤になり、新製品の開発を担当するようになった。最初手がけたのは動物用医薬品だったが、ここで、動物種による生理の違いを学ぶことができた。当時動物用医薬品は製造コストが下がった医薬品が使われることが多かったが、人の治療で有効であった医薬品も免疫機構や代謝のシステムが異なるさまざまな動物種や植物に適用することはできなかった。このことは実験動物の成績を基に人での効果や安全性を類推するときにも役立った。

この頃から日本の医薬品産業は大きく成長したが、サリドマイド事件のような深刻な被害も発生した。製薬工業会も医薬品の安全性確保に力を注ぐようになり、各社が協力して情報の収集や対策の協議を行うようになった。私も委員の一人となり文献による副作用情報の収集や製薬企業の社員教育に利用できるGCP（臨床試験の実施基準）のマニュアル作成などに参加した。

抗生物質の多用は医療分野で深刻な耐性菌問題を引き起こした。伝達性プラスミドによる異種微生物間での薬剤耐性の移動は、当時R因子と呼ばれ大きな話題となった。R因子の名付け親である群馬大学の三橋進教授の呼びかけで1972年薬剤耐性菌研究会が設立されたので、私も入会し、企業を退職した後も在籍して薬剤耐性に関連した遺伝子の動態や薬剤排出機構などを学ぶことができた。やがてプラスミドはベクターとして利用されるようになった。このほかにもいくつかの学会に出席したが、帰国間のない岡崎令治博士が岡崎フラグメントの発見の経緯とその証明を物静かな口調で淡々と話されたことが、印象に残っている。

1973年CohenとBoyerが作製したプラスミドの遺伝形質が大腸菌で発現し、バイオテクノロジーの時代の到来を告げたが、薬剤耐性の遺伝子の細胞間の移動を見てきた私には当然のように思えた。1980年代になるとバイオテクノロジーは実用化の段階に入り、組換えDNA、キメラ動物、ノックアウト動植物、受精卵分割、細胞融合、除草剤耐性作物、クローン動物など身近な環境にバイオテクノロジーの産物を見るようになった。特に1996年、イギリスのロスリン研究所で、体細胞クローンのヒツジが誕生した時は新聞紙上も賑わす話題となった。この成功はたちまちウシに応用され、わが国でも見ること



GHQの要請で日本にペニシリン技術を伝授に来た人J. Foster博士の2度目の来日（1960年）の貴重な写真。

ペニシリンでチャーチルの肺炎を治したという報道（実際には他の薬も使ったらしい）は戦時中日本にも入ってきて、日本でも「碧素委員会」が作られ、黄色い色の「碧素」を造るところまではできたらしく、終戦で、アメリカの占領下になり、GHQからこの研究の中止が指示され、代わって良質のペニシリン技術をアメリカから導入することが通達されたのだという。このときに *P. chrysogenum* Q176株を持って J. Foster 博士が来日し、碧素委員会のメンバーを中心にして、その生産技術を学んだとのことである。

ができるようになった。

微生物の育種は元来農芸化学の技術の一つであったが、変異の解析が分子レベルで行われるようになってからは、物質生産への応用も微生物の領域に留まらず、動物、植物にも適用されるようになった。人類が自然界の創造に挑戦して有用産物を人工的に作製したバイオテクノロジーは人工衛星とともに20世紀の特記すべき技術であったと云えるであろう。

私は1973年に農業部門、1990年に生物工学部門の技術士の資格を得て、現在は、生物関連産業の技術指導や評価を業務としているが、専門書の共同執筆の呼びかけも多くなり、幾冊かの専門書¹⁻⁴⁾を執筆し出版させて頂くことができた。これは抗生物質に始まりバイオテクノロジーに至る日本のバイオの歴史ともなった。人は日常業務の中からも学べることが沢山ある。技術者は学ぶ機会を大切にして、自己研鑽の糧とし、技術を通じていさかでも社会に貢献したいものである。

- 1) 二宮幾代治編著：家畜の抗生物質と化学療法，養賢堂（1976）。
- 2) 太田隆久監修：バイオテクノロジーの流れ 過去から未来へ，改訂第2版，化学工業日報（2002）。
- 3) 日本能率協会総合研究所編集：バイオテクノロジー総覧，通産資料出版（2005）。
- 4) 高木正道監修，平井輝生編：もう少し深く理解したい人のためのバイオテクノロジー，地人書館（2007）。



科学技術系のキャリアパス： 天職はどこにある？



大隅 典子

いわゆる「大学院重点化」が始まり、大学院生の定員増やポスドク1万人計画が蕭条と進行していたことを知るようになったのは、比較的最近のことになる。気がついてみると、大学教員の負担は増え、研究生活に向いていない学生さんも増え、アカデミアのポストを得るのは相対的に厳しくなっていた。学生さんの指導に関して「背中を見せていれば、人は育つ」というセオリーが通じなくなってしまった。そんな時期に、文部科学省の人材委員会の委員をすることになり、博士人材のキャリアパス問題に関わるようになった。

元々は日本の科学技術の競争力をつけることを狙って、大学院生の定員が増やされ、ポスドクの職は新たに生みだされた（註1）。大学や研究所以外に、産業界などの活躍を期待したことである。ところが、その目論見通りには日本の産業界は変化しなかった。税金をつぎ込んで育てた「超高度研究・技術人材」をどう活用したらよいのか、企業の対応は遅れてしまった。自分の「後継者」を育てるこことしか知らない教員には、どんな風に就職指導をしたらよいのか、皆目検討がつかなかった。メディアには「博士の就職難」などの見出しが躍り、博士課程への進学者数が減少に転じ、大学の先生方もついに問題に気付くようになった。「科学技術人材のキャリアパス多様化促進事業」は、このような背景をもとに始められた（註2）。

そして今、事態は少し落ち着いたように思う。「民間企業の活動調査に関する調査報告（平成18年度）」によれば、博士やポスドクを採用した企業の満足度は、学士、修士よりも高いことが示されている（註3）。漠然と「研究者になりたくて」ではなく、「将来は、研究と産業の人達を結ぶ仕事がしたい」と考え、「そのために、まず、博士号を取る」というようなビジョンを持った学生が増えってきた。学会や大学での「博士の就職相談会」や「キャリアパスセミナー」も盛んに行われるようになった。各種企業の研究職、弁理士、起業家など、多様なロールモデルが提示されることはある。どんな職業であれ、10年後の自分の姿をいかに具体的にイメージできるかが、人生の成功につながる。

今なお、日本の中で理系博士号取得者の活用について言えば、足りない業界・職種が多い。たとえば、高度な教育で知られる北欧諸国では、初等中等教育に携わる教員の博士号取得率が高い（註4）。研究を行ったことがある理科教員であればこそ、科学の面白さ、楽しさを、よりヴィヴィッドに子供たちに伝えることが可能である。科学技術政策に関わる行政官にも、博士号取得者

はごくわずかだ。これは、国家公務員一種試験における年齢制限（註5）などにも問題がある。大きな学会などの運営や、学会誌の編集なども、もはや研究者がボランティアで行う時代ではないだろう。学会などが社会とのインターフェースとして、より責任が重くなっている現代では、研究や研究者を理解できる人材が専任で当たる必要がある。特許関係の人材、产学連携コーディネーター、サイエンス・ライター、サイエンス・イラストレーターなど、研究経験を活かせる職業は挙げればきりがないくらい存在する。現時点の日本でそのような就職口が少ないことは、もっと問題にされるべきであろう。また、現行の多くのアカデミア教員の給与体系は企業と大きく異なることも、人材の流動化や活用促進を阻んでいる。

どんな風に科学技術と関わるか、それは一人一人違うものである。個人個人の性格や才能を十分に發揮できる天職は、必ず見つかるはずだ。そして、アカデミアの教員は、そんな個人の能力をいかに引き出し、伸ばすかをミッションとしている。特別なスキルが必要なのではない。自分で考えられること、他の人たちとコミュニケーションが取れるように計らうこと、人として普通のマナーを厭わず教えること。そうすれば、どんな世界でも活躍できる人は自ずと育つ。科学技術を支える基本は「人」である。

註1：もちろん、大学院重点化の目的はそれだけではないが、ここでは割愛する。

註2：文部科学省「科学技術関係のキャリアパス多様化促進事業」
http://www.mext.go.jp/a_menu/jinzai/koubo/careerpath.htm
平成18年度、19年度にそれぞれ8機関および4機関のプロジェクトが採択されたが、現在、新規の施策は始まっていない。

註3：文部科学省「民間企業の活動調査に関する調査報告（平成18年度）」
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/19/10/07102312.htm
同様の報告は経団連からも出された。

註4：杉本均、隼瀬悠里：北欧諸国における教師教育の動向。京都大学大学院教育学研究科紀要 第54号1-23, 2008
そもそも日本では教員免許取得のための要件が、教育学部（=文系）でないと取りにくくないように変わってしまったために、初等中等教員の理系率が非常に低くなったという弊害を生じている。「科学技術立国」を謳いつつ、それに逆行した施策であったことは間違いない。

註5：行政官としてキャリアポストに就くための国家公務員一種の受験資格は満33未満となっている。大学院を出てポスドクなどを数年してから転身する上での障壁となりうる。

参考文献など

- ・「平成20年度科学技術白書」文部科学省
- ・「科学技術人材の活動実態に関する日米比較分析—博士号取得者のキャリアパス」平成15年度～16年度科学技術振興調整費調査研究報告 科学技術政策研究所報告No. 92
- ・「ポストドクター等の研究活動及び生活実態に関する分析」科学技術政策研究所調査資料—159



マスコミで働くということ 「医者、記者、役者、研究者」



中野 恵子

「この間、気に入っていた〇〇というイタリアンに行こうとしたら、お店がなくなっちゃってたの」

「え、私も、××という中華のお店に半年ぶりに行ったら、『閉店しました』って貼り紙があって…。人気店だったのに、どうしたんだろう」

5年ほど前、こうしたことが重なったことがあった。

飲食店がどんどん閉店した理由

当時、外食業界の専門誌の編集部に所属していた。主に飲食店に取材して、記事にまとめるのが仕事。残念ながら、美味しい店を紹介するグルメ系の雑誌ではなく、飲食店経営の参考になるような情報を提供する本だ。「こんなイベントならお客様を呼べる」とか「こうやってコストを削りましょう」という記事、さらには「ウチの店、赤字なんですけどどうしたらいいでしょうか」といった相談コーナーなどが主な内容だ。記事を作るに当たっては、ネタ探し、企画作りが何より重要になる。「閉店する店が目に付く」という現象も何かの“材料”になりそうだと、切り口を考えていた。

さて、調べるうちに「店の寿命は3年」という結論に達した。もちろん、すべての店が3年でなくなるということではなく、「そのくらいお客様の支持を得られる時間は短いので、世の中の変化に対応していかなければ生き残れない」ということである。

その頃は、投資回収（店舗を出したときの費用と営業後の利益の累計が等しくなる）の期間の目安は5年程度とされていた。だが、そんな悠長に構えていては、この時代の飲食店はやっていけないということだ。警鐘をならす記事ができる！実際の人気店ランキングの移り変わりや消費者調査、店舗取材などを行い、20ページ程度の特集記事に仕上げた。幸い、読者からの反響も上々で、それからは「店の寿命は3年」というのが業界の“常識”となった。

記者と研究者の共通点

私は、大学では薬学専攻だった。今はまったく違った業種にいるわけだが、「記者（編集者）と研究者は似ているなあ」と思うようになっている。

「似たところ」とは、生活時間が不規則になりがちなことだけではない。「仮説を立て、それを実証するよう取材

や調査を重ねて、それをまとめる」という記事を作る作業が、研究の「仮説を立てる→実験などで証明する」という大きな流れとダブる気がするのだ（少々乱暴なくくり方になるが）。時には、取材の途中で「仮説が少し違うようだ」ということが起こり、方向転換を迫られることもある。「いかに仮説（=企画）を作る（あるいは見つける）か」が重要な点も共通だろう。

違うのは、我々の仮説は「唯一の答え」にはなり得ないことだ。だから、真っ向から対立する2つの「仮説」が、両方成り立つこともある。それだけに、仮説は「主張」でもあり、いかに新しい視点で仮説を立てられるかは、雑誌の命ともいえる。そして、「おもしろい仮説を立てられたとき」「その仮説が検証できたとき」のうれしさはひとしおだ。

「情熱」と「冷徹」の間

雑誌記者になって間もない頃、先輩に言われた言葉がある。「医者・記者・役者」。その心は、「この3つの職業は、自分の中に1つの面を持つ必要があるという点で共通」ということだった。

「まず1つの面は、対象にのめりこんで、そのものになり切ること。医者なら、目の前の患者さんの痛みや辛さを我がことのように感じられるということであり、役者なら、その役そのものになりきるということ、記者も同じで、その取材対象の立場に立って考える、ということだ。それでもう一面は、のめりこむのとは正反対のこと、目の前の対象から一步離れて、冷静に客観的に全体を把握する意識を持つこと。医者も、患者さんがかわいそうだという気持ちにとらわれているだけだと、最善の治療ができない。役者だってそう。観客からどう見えているか、狙い通りに見せるにはどんな演技が必要かを“外からの目”で見極める必要がある。記者も、全体の構成やその取材の位置づけを、常に意識しなければならない」。

これは、研究者も同じだろう。「熱意」と「厳しく冷静な目」のどちらかに偏り過ぎては、いい結果は出せない。この言葉を思い出しながら、新たな仮説を見いだすべく、今日も取材を重ねている。

最後に、ぜひ皆様の「お気に入りの店」を教えていただければ幸いです。



Love is the essence of research life.

松永 幸大



私を温かく受け入れてくれた阪大工学部

生まれてから、東京の山手線の中で30年間過ごした私だが、釣りや登山などアウトドアが好きなこともあり、環境変化には順応能力が高い。それでもジョブинтерビューで人生初めて足を踏み入れた大阪に、それも生物工学の総本山である阪大工学部に異動する際には、さすがに緊張した。細胞動態学研究室で、それまで触れたこともなかったヒト HeLa 培養細胞を実験材料に生物工学的研究を開始したときは、毎日、学ぶことの連続であった。必死で研究するうちに、いつしか生物工学的研究の楽しみに吸い込まれていき、徐々に研究開始時の緊張もほぐれていった。これも福井希一先生、内山進先生を始めとする研究室スタッフ、専攻の先生方が、基礎生物学分野から来た私に的確なアドバイスをくださり、温かく見守ってくださったからに他ならない。

シャトル研究者が広げるバイオ研究の裾野

基礎生物学から生物工学への研究環境の変化は大きかったのでは?とよく言われるが、私の場合、激変したわけではなかった。顕微解剖技術やイメージング技術を積極的に取り入れることが私の研究スタイルであったことから、技術開発をエンジンとして研究を推進する生物工学スタイルは、分子細胞生物学による基礎研究をしてきた自分自身にも適合していたと言える。また、最近、学際領域の研究が活発化しているように、昔ほど基礎と応用という研究領域に明確な線引きはなくなってきたと思う。基礎生物学的研究であっても、社会への出口を念頭において研究を進めるべきであるし、生物工学的研究を推進する場合でも、基礎生物学概念の理解は欠かせない。今後、基礎と応用の両分野をシャトル的に行き来するバイオ研究者は増加し、基礎から応用まで幅広く議論する時代が到来することは間違いない。

生物工学を教えながら学生を育てる楽しみ

東大理学部の少人数精鋭教育の中で、アカデミック分野の熾烈な競争に生き残る術を徹底的にたたき込まれた私には、就職指向の学生が大半を占める阪大工学部の教育環境は新鮮であった。6年を過ぎて、バイオ産業界で活躍する教え子の話を聞くたびに、人材育成を通じて社会貢献することは「教師冥利に尽きる」ことを実感している。これは生物工学分野で教育する者のみが持ち得る特権であろう。また、博士号を取得する学生が激減する中、藤本聰君(ワイオミング大学分子生物学部ポスドク)、

東恒仁君(福島県立医科大学助教)、高田英昭君(国立遺伝学研究所ポスドク)など、アカデミック分野で勝負しているこうとする研究者も生物工学の博士号取得者から巣立ったことは、嬉しいことである。

研究の楽しみは学生に伝播する

阪大工学部は伝統的に英語コースを併設し、海外留学生の教育にも熱心である。現在、マサチューセッツ州立大学生物学部でポスドクをしている馬楠君は、中国からの留学生であった。研究グループに加入後、一年ほど経過したバーベキューパーティーの折、「先生は何でそんなに楽しそうに研究して、毎日必死に論文書いているのですか? そんなに頑張っても給料あがらないじゃないですか?」と彼から聞かれた。「夢中で研究するのは、世界で自分しか知らない発見や技術開発ができるから。そして論文書いているのは、そのことを世界中の人に早く伝えたいから。楽しくてわくわくするね。」と答えた。彼は一瞬信じられない顔をしていたが、何か気づいた感じであった。その後、彼は私の厳しい指導にも耐えて、Journal of Cell Science 誌に論文発表して博士号を取得し、中国の大学のテニア職内定を蹴って、アメリカに移った。

自分の研究を愛して、与えられたステージで全力を尽くす

バングラディッシュからの留学生であったアミン君は、染色体タンパク質のfibrillarinの解析を研究テーマにしていた。ある日、彼が持ってきたデータを元に議論していた。その中で、すでに別の研究グループが報告していたデータを、アミン君は自分が新規に見いだしたデータだと主張した。私は自分のファイルから取り出した論文のFigureを示して、新規性がないことを指摘し、彼に“Do you love fibrillarin from the bottom of your heart?”と聞いた。そして「愛する人ができたら、その人のすべてを知りたいと思うだろう? それと同じだよ。君は、このタンパク質の情報をすべて知って研究しなくてはいけない。」と諭した。彼はその後、私よりもfibrillarinについて詳しくなったことは言うまでもない。彼は国際雑誌に3報の論文を発表し帰国した。

将来の道に悩んでいる若手研究者の方々に、私が伝えたいことは、どのような研究環境におかれても、自分の研究を深く愛してほしいということである。バイオの研究課題には、必ず自分の興味に合致して虜になる点が隠されている。“Love is the essence of research life。”悩む間もなく、愛した研究テーマに勝目もふらず研究することで、新たな研究環境も、未来も開けてくると確信している。



好奇心を形に、夢を社会へ

近江谷 克裕



あなたは今の研究に満足していますか？ 私は光る生物の研究のトップランナーの一人として、基礎、応用問わず研究を展開、大げさにいえば光る生物の研究に生涯をかけていた。また、光る生物の研究が生涯をかけるに相応しい研究テーマと信じている。だが、こんな研究テーマに出会えたのは今から20年近く前のポスドク時代である。それまでの私は工学部や工学修士課程で材料科学を、医学博士課程で内分泌学を学び、それなりに個々の研究テーマに魅力を感じ、満足しつつ研究を進めていた。また、その研究を推進するための就職活動も行っていた。では、なぜ最終的にそれらの研究ではなく、光る生物の研究に方向を定め、この20年間を歩んできたのであろうか？ 私にとってのキャリアパスとは何であったのか？ 研究者として自分の研究の方向を探す方々に少しでも参考になればと思い、私の研究者人生の変遷をたどることにする。

刺激的かつ自由なポスドク時代

大学院博士課程において学位の目途はたったが、4月以降、次にどこに進もうか悩む日々、大学の助手などのポストは見つからないが、これまでの研究テーマの延長線で学術振興会のポスドクには採用されていた。そんな時、大阪バイオサイエンス研究所（OBI）のポスドク研究員募集の広告を発見した。研究テーマは「発光タンパク質イクオリンの生物発光機構の解明」と記憶している。「生物発光」とは初めて聞く言葉であるが、何となく興味を持ち応募したところ、面接後、あっけないほど簡単に3年任期で採用された。ボスはスクリプス海洋研究所の教授でもあるフレデリック辻博士であり、これが光る生物と私の出会いである。私がはじめに取り組んだテーマは「発光タンパク質イクオリンにおけるトリプトファン残基の役割」である。

さて2008年度ノーベル化学賞は、下村脩先生が発光クラゲより発見したGFPについて与えられた。発光クラゲには発光するタンパク質イクオリンと、その光を受けて蛍光を発するGFPがあり、1990年当時はイクオリン研究が世界の何グループかによって推進されていた。我々もその一つであった。ちなみにGFPを研究するグループはまだいない。まだ誰も関心を持っていなかったのである。

OBIには最新の機器があり、かつ地方の大学院を出たばかりの私には予算も潤沢にあり、たいへん魅力的な研究所であった。また、お互いに切磋琢磨するように若手研究者が朝から晩まで休日もなく研究に集中する姿は刺激的であった。さらに、フレデリック辻博士の方針でフィールドワークの参加が推奨され、下村脩先生も滞在したフライデーハーバーでの発光クラゲの採取や、ハワイ沖での発光イカの採取に参加した。ハワイ沖では2週間近く船に乗り込んだが、水深数百mの外洋での海水浴は楽しかった。このフィールドワークの楽しみは以後の研究者生活を豊かなものに、かつ発想力を拡げる力となっている。毎年、海外の発光生物の調査を行うのはそのためかもしれない。

気づいたら発光生物研究の魅力にとりつかれ研究を継続したいと考えていた。その頃の国内の状況は、生物発光研究を推進する研究者は少なく、すぐにでも国内の5本指に入る状況であった。しかし、それは誰も関心のない分野、ポストを得ることができない分野ということであった。その当時の私を救ってくれたのが、今の科学技術振興機構の「さきがけ研究21」であった。これによつてまずは3年間、好きな発光生物の研究に打ち込むことができた。提案したテーマは「ホタルの発光色が決まるメカニズム」である。今でも採用を決定した先生方には感謝している。大きな研究成果を上げることはできなかつたが、FEBS Letter誌の表紙を飾る仕事はできた。少しずつ自分の力で好奇心を形（論文）にすることができるようになった。ちょうど35歳のころ、しかし3年の任期が切れ、失業状態を迎えることになった。さて、困った？

講義と講義の間の研究

「研究がやりたい、こんなに生物発光は面白い」と言つていると助けてくれる人がいるようで、失業もせず、理研の流動研究員として半年間の猶予期間をいただいた。さらに元気に頑張つてると「笑う門には福来る」で静岡大学教育学部の助教授に採用された。貧乏だけど一国一城の主になることができた。これまでのホタル研究にプラスしてウミホタルの発光メカニズムに関わる研究も始めた。静岡大学では教育学部であることから、研究費は潤沢ではなかったが、多くの学生たちに囲まれ、充実

著者紹介 北海道大学大学院医学研究科先端医学講座光生物学（教授） E-mail: y-ohmiya@med.hokudai.ac.jp
産業技術総合研究所セルエンジニアリング研究部門（研究グループ長） y-ohmiya@aist.go.jp

した研究生活を送った。研究費がなくても研究はできるものであると思う。静岡大学での大きな転機は、JSPSの外国人特別研究制度に応募、ブラジルからVadim Viviani博士がポスドクとして私のグループに参加してくれたことである。予てから研究を切望していたブラジルにしか生息しない発光甲虫鉄道虫（頭が赤で体節が緑で発光）のルシフェラーゼをクローニングし、私の好奇心を形にすることことができた。さて、これを生命科学の分野に役立てたい。けど、お金がない！

産総研「第二種基礎研究」との出会い

2000年春、一本の電話から転機が訪れた。2001年より独立行政法人化する産業技術総合研究所から研究グループ長として来ないかというお誘いであった。また、何かが変わる、研究成果を実用化できると胸の高鳴りを覚えた。できるだけ多くの院生や学生を引き連れ大阪に移動し、2001年春から本格的に研究を開始した。具体的に目指したのは発光色の異なる発光甲虫由来ルシフェラーゼを利用したマルチレポーターアッセイである。レポーターアッセイとは細胞内で起きる遺伝子発現を解析する手法であり、対象とした遺伝子のプロモータ配列をルシフェラーゼ遺伝子に挿入、ルシフェラーゼタンパクの酵素活性（光の量）で遺伝子の転写活性を評価する方法である。従来、酵素の基質特異性の違いを利用していたが、私は光の波長の違いを利用して複数の遺伝子発現を解析する手法を考え、実用化しようと考えたのである。

本研究は、新しい研究手法の開発であり、科学の発明、発見に関わるものではないが、生命科学の世界では汎用性のある重要な技術革新であった。産総研では、このような実用化、製品化を主眼にした研究を「第2種基礎研究」といい、サイエンスの実用化における「死の谷」を越えることを目標としていた。私が見つけた各種発光色のルシフェラーゼの基礎研究の成果（第1種基礎研究）を実用化したいと考えていた時期だったので、無理なく研究テーマを推進することができた。最終的には数年かけ、マルチレポーターアッセイの特許をまとめ、さらに企業との共同研究を経て、2005年春には東洋紡などから「TripLuc」という商品名で製品化することに成功、社会に発信できた。

また産総研ではウミホタル生物発光の実用化にも取り組み、その一部は2007年、アトーと共同で製品化に成功した。さらに産総研では新たな基礎研究にも挑戦、発光性渦鞭毛藻の発光メカニズムの研究にも挑戦した。一方、発光生物の海外調査研究も推進、2002年より毎年、中国

雲南省の発光甲虫の現地調査を続けている。これは中国雲南省には長江、メコン河など大河があり、かつ4～5千mの山々が生物を隔離するユニークな地域性からホタルのルーツを求めようと考えた調査である。まだ、結論は出ていないがライフワークとして発光生物の進化の研究を進めている。こんな中、発光生物の研究成果を医学の世界で活用したいとの欲求が高まってきた。さて、どうしよう？

医工連携で生物発光研究を展開

2006年10月北海道大学大学院医学研究科教授に就任した。産総研からの期限付きの出向転籍である。私が目標にしたのは、医学研究に役立つ生物発光技術の展開である。生物発光はレポーターアッセイなど細胞集団を相手にした研究では役立つが、1個の細胞でのイメージング、あるいは個体での選択性の高いイメージングなど、そのポテンシャルが十分に生かされていないと感じていた。つまり私が産総研で温めてきた研究成果をガンのイメージングや病態解析に展開したいと考えたのである。これまでにルシフェラーゼを基盤とした近赤外光プローブの開発やガンのイメージングなどの成果をあげつつある。

さて最近、外国企業の研究所を訪れる機会があったが、世界から集まった研究者達の基礎から応用研究までのダイナミックな活動を見て、大いに刺激を受けた。まだ48歳、外国企業の研究所で働いてみたいが、これは叶うだろうか？

生命科学の大航海時代、果てしない旅は続く

生命科学の大航海原にはまだまだ新大陸がありそうなので研究は決して終わりがない。私は研究者には何事にも縛られない自由度が必要であると思う。自分を基礎研究者であるとか、応用研究者であるとかと縛りつける必要はない。自分の研究テーマに愛着を持てば持つほど、多面的な魅力を感じるはずである。そのような多面的な研究に対する思い入れをいろいろな場で発信すれば、自分の期待以上のものを生み出すことができるであろう。また、確かに私のように数年ごとに研究の場を変えることは、それほど簡単なことではない。誰もが研究の場を自由に得られるわけではない。だが、自分を閉じこめておく必要もないであろう。

研究の流動化はそれほど容易ではない。しかしながら、独立行政法人化という国の流れは流動化の中でしかプラスにすることはできない。すべての研究者には厳しい現実だが、そこにこそ新たな研究のチャンスがある。



花は桜木、人は武士 —我、研究生活を想ふ—

福澄 岳雄

Everything Okey? 我らがBode教授のお決まりのセリフだ。今日もこの言葉に緊張が走る。私は今、アメリカ東海岸のフィラデルフィア、ペンシルバニア大学化学科にて、有機合成化学研究室のポスドク（博士研究員）として働いている。秋空の下、歴史を感じるペンシルバニア大学の赤レンガの建物は物言わば静かにその面を構えており、その2階の実験室で、私は今日も研究修行生活だ。そんな私が、自身の研究修行生活を書き綴ってみようと思う。

修士課程から博士課程、そしてポスドクへ

私の研究生活の中で大きな転機となったのは、修士課程から博士課程への進学であった。指導教官に恵まれ、ユニークな先輩方に出会ったことが、研究の面白さを知り、有機合成というもののづくりのプロを本格的に志すきっかけとなった。単純に研究への好奇心のみが原動力となり、仲間と共に実験に没頭し、無我夢中で大学院生活を過ごしていた。2007年3月に工学博士号を授与され、振り返れば、あっという間の学生生活が終わっていた。多くの苦難や壁を乗り越え、研究能力のみならず、人として一気に成長し、学位授与に至った。すべては指導教官、友人、両親の支えによってなされたものであり、言葉では言い表せないほど感謝している。頑張る姿を見せることが、お世話になった皆様への恩返しであると、勝手に解釈していることをお許し願いたい。これからは学位という肩書きを持つプロとして、厳しい研究競争の世界で生き残っていかなければいけない。

より厳しい環境を好むという、少し妙な気質の私……。更なる飛躍の機会を求めてポスドク修行を志願し、幸運にもそのチャンスを手にすることができた。それも、世界トップ水準の研究グループの一員としてだ。

海外での博士研究員は、自分自身の可能性への挑戦である。私が可能性のある研究者なのかどうかは誰も知らない。誰にもわからない。だからこそ、より厳しい環境に身を置き、挑戦したいのである。研究だけではない。今までに見たこともない不思議な文化や習慣を、自分の身をもって体験できるのである。観光や旅行ではなく、海外の地で長期間滞在し、現地での生活に溶け込むことができる貴重な経験である。見るもの触れるもの、すべてが初体験。おもしろくないはずがない。

アメリカでのポスドク研究修行生活、サンタバーバラ、フィラデルフィア、そして……

私のポスドク修行は、アメリカ西海岸カリフォルニア大学サンタバーバラ校でスタートした。毎日が快晴で爽やかな気候の、スペイン風の町並みを特徴とした風光明媚な超高級ビーチリゾートだ。ある程度、英会話の自信をつけての渡米ではあったが、言葉と文化の違いに戸惑い、孤独感を感じると共に食事ものどを通らず、激やせした。これは時間が解決することであり、今ではそんな当時が懐かしい。ボスであるBode教授が、東海岸のペンシルバニア大学に高待遇で引き抜かれたことに伴い、現在はUPennの愛称で親しまれるペンシルバニア大学へと異動してきている。ペンシルバニア大学は、全米を代表する名門校のひとつで、想像を絶する巨額の研究費と、最先端の研究教育施設、大学病院を抱えている。その赤レンガを基調とする建物には歴史を感じ、フィラデルフィアの街に溶け込むように大学関連施設が並んでいる。校門や校舎を囲む堀などない、街の一部がペンシルバニア大学なのだ。数多くの著名な研究者を輩出し、研究大学としても教育大学としても、そして大学病院としても、その評価は高い。語学留学などという遊び半分の学生を目にすることも今のところない。研究と勉強をしたい者のみが集まり、さらにそれをサポートする体制が万全に整えられている。

フィラデルフィアはといふと、合衆国誕生の地で、歴史的で芸術を愛する全米第5位の大都市だ。ペンシルバニア大学の横はダウンタウン。そして独立記念公園と呼ばれる歴史的な地区が広がっており、数多くの美術館や博物館が点在している。それも世界的に有名なものばかりである。それらの建物は、ロッキーやナショナルトレジャーでもお馴染みのアノ光景だ。数々の映画の撮影現場として使われたこれらの場所は一度はテレビで見たことがあるかもしれない。さらにメジャーリーグ、ワールドチャンピオンとなったフィリーズの本拠地がフィラデルフィアであり、優勝を決めたその瞬間は都市全体が怒涛の地響きに包まれた。

アメリカには、今までに見たことのないような天才肌のポスドク軍団（プロの研究員）がごろごろおり、世界最高峰を肌で実感している。その猛者たちを引っ張る教

授陣の研究アイデアや手腕は、言うまでもなくズバ抜けている。私のボスであるBode教授も若干30代前半にて大規模な研究チームを牽引し、従来の常識を覆すような研究成果を連発している。日米間の研究体制には大きな違いがあることもひとつの要因だが、私にはその世界最高峰の教授の背中が、はるか遠くにしか見えないのが現状である。

こんな多国籍軍の中での研究修行を送っているからこそ、忘れかけた大和魂を思い起こさせ、日本のすばらしさを再認識することができている。宗教感を持たない日本人の根底に流れるものは武士道。日本人は武士道精神を通じて、幼少期の道徳教育がなされてきた。打算や損得を超えて、自分が正しいと信じる道を貫く。研究は、自分の興味だけでその方向性が決まる。評価は後からついてくるものだ。私は生糸のサムライ日本人。細かな気配りや配慮ができ、謙虚で礼節をわきまえ、さらに控えるところは控え、押すところは押す。そんな器用なことができるのが私のセールスポイントなのかもしれない。

誰がよんだか、パーティー・ポスドク

広い化学科において、パーティー・ポスドクとしての地位を確定的なものにしており、他の研究室の大学院生からも、よく声をかけられる。「Whats up! Party post-doc, Takeo!」自然体でふるまう自分に、いつのまにか周りがパーティー・ポスドクと愛称をつけたのだ。おしとやかで知的なポスドク軍団の中で、私は年齢も若く、抜群のノリのよさと、明るい性格、酒が飲めること、踊って歌って、スポーツやサーフィンもし、なんといっても疲れ知らずのハードワークで朝から深夜まで働くので目立つのであろう。私がここに来たからこそ、パーティー・ポスドク・タケオという造語が生まれたのかもしれない。仕事と遊びの時間がはっきりと分かれており、どちらも人並み以上のフルパワーで取り組み、そして、大学院生への的確な指示やアドバイスも重なり、研究に対する評価が高いからこそ、皆からも認められ、良い意味でのパーティー・ポスドクの地位を獲得しているのかもしれない。外国人の私が、研究の中心メンバーとして活躍していること自体が不思議な光景だ。そして、パーティーでもしかり。

挑戦への指針 ー勇気を与えてくれる言葉ー

私は、海外での博士研究員という道を選んだ。多くの友達はこう言う。「へえ、頑張ってね」。そして時には「何がしたいの?」と、そう言葉をかけられると、こんな言

葉を逆にお返しすることが多い。

「チャンスは平等、チャレンジは勇気、年齢と性別は関係ない。だから挑戦するんだよ」と。

自分が成功者だとは、今まで一度も思ったことがない。常に貪欲に、挑戦者の気持ちでいる。今の状況に満足してしまっては、それ以上は成長しないと知っているからである。そして、挑戦への機会は誰もが平等に与えられている権利。人それぞれおかれている状況は違えど、挑戦するには思い切った勇気が必要。その勇気を出すか出さないかはその人しだいというわけだ。可能性があれば私は挑戦してみたい。そして、なぜか根拠のない自信があるのである。理由は説明できない。新しいことを始める時、挑戦する時、そんな時は不安で仕方がない。不安なはずなのに、挑戦することへの意欲が勝り、楽しみで仕方がないのである。根拠のない自信と共に、根拠のない自信があるからこそ、思い切った挑戦ができる。よい意味での自信。常に前向きで、失敗を恐れず挑戦したい。もちろん、場合によっては熟慮した後に判断することが重要である。

松井秀喜が自分で自分のグローブを磨くように、イチローが人知れず影で努力するように、桑田真澄が挑戦の気持ちを失わないように、松坂大輔のように大胆に、日本を代表する世界のトッププレーヤーと同じ土俵で物申すのはおこがましいが、私も自身の可能性に挑戦する。勝者は決してあきらめない。くじけた時点で終了である。

サムライ研究者

これまでの研究を通じ、合成化学研究における最大の弱点は、複数の境界領域間で多彩な才能を発揮できる研究者が不足し、優れた研究成果をその応用研究へと発展させられないことだと痛感している。特にものづくりを基盤として発展してきた日本の合成化学者は、各方面からの研究を集約し、独自のアプローチを生み出すことで欧米をリードし、アジア諸国を牽引することができるを考えている。つまり、日本の将来のため、世界最高峰の研究室でオンリーワン・ケミストリーを学ぶことが、日本人若手サムライ研究者である私に託された使命である。

最後に、私は「頑張る」を「顔晴る」と、このように書く。どんなに辛いことがあろうとも、苦しくとも、笑顔が幸せを運んでくると信じているから。辛い時こそ顔晴るのである。

フラスコ片手に武者修行。いつも応援してくれてありがとう。岳雄はこれからも顔晴ります。



信州でテニュアトラック研究生活

新井 亮一



私は、文部科学省科学技術振興調整費「若手研究者の自立的環境整備促進プログラム」の平成19年度採択課題「信州大学ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点」において、テニュアトラック助教として採用され、平成19年12月より、信州で研究生活を送っています。このプログラムは、「若手研究者が自立して研究できる環境の整備を促進するため、世界的研究拠点を目指す研究機関において、テニュアトラック制（若手研究者が、任期付きの雇用形態で自立した研究者としての経験を積み、厳格な審査を経て安定的な職を得る仕組みをいう）に基づき、若手研究者に競争的環境の中で自立性と活躍の機会を与える仕組みの導入を図る」という趣旨のもので、平成18年度から毎年9～12大学で開始されています。

私は、タンパク質工学分野で学位取得後、タンパク質の構造に興味を持ち、主に構造生物学分野で任期付研究員を約5年間務め、さらにその後、タンパク質のデザインを志し、米国に海外特別研究員として研究留学しました。2年の任期でしたが瞬く間に1年が過ぎ、就職活動を始めた際に、今後研究だけでなく教育にも携わっていきたいと思っていたので、このテニュアトラックの公募は大変魅力的でした。そこで、いくつも応募ましたが、その中から幸運にも信州大学に採用され、長野県上田市の繊維学部キャンパスに着任しました。それから、約1年余りが過ぎたわけですが、研究環境としては、まわりの先生方の御協力や、科振費によりサポートを頂いたこと、キャンパス内に共同利用機器が充実していたことなどにより、セットアップを比較的順調に行うことができ、とても感謝しています。しかし、研究室と言っても、まだ自分一人だけで、研究の立ち上げには思ったより時間がかかり、1年目はなかなか思うように研究が進まないのも現実でした。来年度からは、初めての学生を迎えるようやく本格的に始動するという感じです。また、さまざまな分野にわたる若手研究者間の交流はとても良い刺激となっています。生活環境としては、市内を千曲川が流れ、四方を山々に囲まれ、周辺にはいくつもの温泉があり、とても快適な場所です（冬の寒さは厳しいですが…）。地方では、豊かな自然のもと、のびのびと子育てできますし、都市部よりも比較的保育園に入りやすく、職場・住居・保育園を近接させて通勤・送迎の時間を短縮でき、研究と家庭との両立がしやすいと思います。

さて、私なりに、この日本版テニュアトラック制度の今後を少し考えてみたいと思います。まず、これだけポスドクが一般的になった今、アカデミックポジションの

モデルケースとしては、「博士学位取得→ポスドク→テニュアトラック助教→准教授→教授」が一つの主流になるのが望ましいと思います。学位取得後すぐに助教になるよりも、ポスドクとして国内外で新たな研究に挑戦し、さまざまな経験を積んだ後に助教となった方が、その後の研究・教育による影響を与えると思います。また、今、最も必要とされているポジションは、ポスドク後に大学や研究機関等に定着するためのポジションであり、のために、より積極的にテニュアトラック助教などを増やす必要があると思います。単なる任期付き助教では、任期が後半になると就職活動に忙しくなり、落ち着いて研究を行うのが困難になってきます。その点、審査後に准教授に昇進する可能性のあるテニュアトラック助教では、将来を見据えて比較的落ち着いて研究に取り組むことができます。また、地方の大学こそ、このテニュアトラック制度をより積極的に導入し、ポスドクとして武者修行しさまざまな経験を積んで、まさに脂がのっている若手研究者を独立したテニュアトラック助教として採用するのがよいと思います。やはり、若手研究者にとって、小さいながらも独立し主体的に研究活動ができるということは大変魅力的です。国内外の優秀な若手人材が地方大学に集まる大きな動機付けとなり、地方大学における研究の活性化にも貢献できると思います。そして若くして独立し、自分の研究領域を切り拓いて成功すれば、さらなるステップアップも可能でしょう。このようにして人材の活性化、交流が進み、地方も含めて日本全体としての研究のレベルアップが促進されるのが望ましいと思います。できれば今後、地方大学に、より多くの科振費テニュアトラックプログラムのサポートがあればよいと思いますが、それがなければ制度として成り立たないものでは、広く波及し定着しうるものにはなりません。たとえば、以下ののような条件、①独立した研究室、②ある程度の自主スペースの確保、③2～3年分の研究資金の援助、④他の研究室の機材も比較的自由に利用可、⑤数年後の審査によって准教授昇進の可能性などを基本しながら、現実的かつ魅力的なテニュアトラック制度を導入できれば、地方にも優れた人材がより多く集まるようになると思います。

今後、信州大学のテニュアトラック制度は、そのよいモデルケースになりうると思われます。これが成功して高い評価を受け、全国に波及・定着していくためにも、まずは自分がこの恵まれた環境を活かして一生懸命に頑張り、よい研究成果をあげていきたいと思います。

著者紹介 信州大学ファイバーナノテク国際若手研究者育成拠点（助教） E-mail: rarai@shinshu-u.ac.jp



企業での研究という仕事

矢ヶ崎 誠



企業で長く研究に関わってきた者として、若い皆様の参考になればと思い、私自身の反省も込めてこれまでに行ってきたこと、考えたことを書かせていただきます。

私が本当に研究に関わる仕事をしたいと思ったのは、大学に進んで、科学は限りなく深く、わかっていないことも少なくなく、とても面白いものであるということを知ってからです。大学では修士まで学びましたが、それ以上は両親に負担をかけたくなかったことと、先生からその先に進みたければ会社で仕事を経験してからと助言をいただき、迷うことなく会社に就職しました。そして今日まで、酵素から代謝まで微生物の持つあらゆる能力を利用してアミノ酸やその他の有用物質を生産する技術の開発研究に携わっています。

最初からフルパワーで

会社に入ると環境の違いに戸惑うでしょうけれど、よく言われるように最初の2~3年が重要だと思います。この間に、仕事のやり方が身につき、その人のイメージができる上がるからです。まずは与えられた仕事を精一杯やるのが良いです。20代から30代前半に研究の質と量を高めておけば、その後の苦労は減るはずです。

私は入社してまず企業の研究のスピードと量、厳しい議論に圧倒されて、研究のスタイルを変えました。また、言いたいことを言うには一人前の仕事をしてからという思いもあり、一生懸命に働いたつもりです。大学での1年分の研究を1ヶ月でこなしているような感じでした。その時の努力と、その時の上司や同僚の協力もあって、最初の2~3年に行ったD体のアミノ酸の製法に関する研究で博士号を取ることができました。

その頃に心がけていたことが3つあります。1つ目は「とことんやる」ということです。求められたことを完璧にこなせば上司はとりあえず満足するでしょうけれど、それだけでは研究者としては十分ではありません。それに、それでは面白くないでしょう。自分が通った後には何も残らないぐらいに、思いついたことはなるべくやっておくのが理想だと思っています。その研究はその時にしかできないのですから。

失いたくないもの

2つ目は「失敗してもただでは起き上がらない」とい

うことです。研究にはスピードが求められます。時間は貴重です。失敗はどうしても起こってしまうのですが、やった実験から何も得るもののがなかったとしたら悲しいです。それでも結果をよく見てよく考えれば、失敗した実験からでも何か得るものがあるはずです。また、失敗に早く気付けば有効な実験に修正することもできます。そして何かを次につなげるのです。

アイデアも失いたくないものです。思いついたことはとても簡単に忘れてしまいます。私はアイデアや疑問を書き込む小さなノートをいつも持ち歩き、寝る時も傍に置いていました。気になったことはすぐに1ページにつ書いて、あとでそれについてじっくり考えたり調べたりしたことをページの下半分に書き込んでいました。アイデアが本当に役に立つことはめったにありませんでしたが、研究が楽しくなりましたし勉強にもなったと思っています。

言葉は基本

人から助言をもらいながらできずに後悔していることが英語です。英語で書けなければ論文は出せませんし、英語で話せなければ仕事になりません。頭が柔軟な若いうちに訓練しておくことをお勧めします。

少し話しが逸れますか、米国に留学していた時に、ポスドクがたいして実験もせずに同じようなデータを使いまわして立派なジャーナルに論文を投稿し掲載されているのには感心させられました。語学の能力はもちろんですが、少ない事象からでも議論を展開する訓練がされているのでしょう。そういう能力も身に付けたいものです。

日本語もおろそかにしてはいけません。普段の会話は問題なくとも、まともな文章を書けない人が意外に多いと感じています。正しく美しい日本語が使えるように、科学に限らず幅広く良い文章を読むと良いでしょう。

人は財産

若い頃に心がけていたこの3つ目は「人に聞く」ということです。ある程度自分で調べたら、分かっても分からなくてもその分野に詳しい人のところに話を聞きに行きました。そうすれば、早く必要な情報が得られるだけでなく、理解を確実なものにすることができます。周辺の情報とともにさらに詳しく知るために何を勉強すれ

ばよいかも教えてもらいます。人を知ることにもなりますし、自分のことも知ってもらいます。協力してくれる人は財産です。立場が上がるほどにその大切さを感じています。

組織にとっても人は大切な財産です。どの企業でも若手の能力を引き出し育成することに力を入れているはずです。もちろん、誰かが何かをしてくれるだろうと甘えていてはいけませんが、必ず導いてくれる人はいるはずです。そのような人を見つけるのもまた大切なことでしょう。

就職するまでは企業での仕事についてイメージするのは難しいかもしれません、企業に研究職として入っても研究という仕事だけを長く続けるとは限りません。研究以外にも製造・生産、品質、知的財産、設備、営業、人事、経営など、さまざまなものも大切な仕事があり、それぞれを担当する人たちが協力して会社を運営しているのです。したがって、個人の特性、能力、希望から、しばらく研究をした後に研究以外の仕事をしてもらうこともあります。そして、それぞれのポストで活躍することになります。

新しい世界に移ることは受け入れ難いかもしれません。しかし、新しい経験は可能性を拓げます。私は長い間、研究しかやってこなかったことが自分の弱点だと感じています。ですから、一緒に仕事をしている人たちに異動の話があるときには、よほどの理由がない限り受け入れるように勧めています。特に有能な人に対しては意識的にそのようにしています。

企業と大学の間で

私は研究という仕事しかしたこと�이ありませんが、社内の2つの研究所以外に2つの大学を経験しています。私のように企業から大学に派遣されることも時々あります。その目的の一つが最先端の技術や知識の習得です。私は希望してカリフォルニア工科大学に1年間留学させてもらい、進化分子工学を学んできました。習得という目的は果たせましたし、どっぷりと実験に浸る生活を楽しみました。夜中にポスドクたちとコーヒーを飲みながら実験の話をしたこと、毎朝掃除のおじさんと立ち話をしたことなど楽しい思い出です。

共同研究を進めるための大学への派遣もあります。私は新しい酵素を探すために、早稲田大学で2年間仕事をしました。一緒に研究をしてくれた学生に恵まれ、教授の支援もいただいて、期待した以上の成果を挙げることができたと思っています。自分の考えで自由に進めることができましたので、研究をとても楽しむことができました。

次に書きますように、企業と大学の研究は目指すところが少し違いますが、うまく協力すると効率よく互いの利益となる研究成果を得ることができます。そのような共同研

究にも積極的に取り組んでいきたいと思っています。

企業での研究、大学での研究

私は企業と大学の両方の研究を経験しましたが、それぞれに特徴があってどちらもとても楽しいものです。

企業の研究は実用的であることが大切です。ですから、開発に成功した研究は比較的早く目に見える形、つまり商品として世の中に出ます。自分がつくった技術が利用されて巨大な製造設備から最初の製品が出てくるのを見ると感激します。また、企業の研究は組織として成功すればよいので、一部のメンバーがとても難しい課題に挑戦して成果が出なかったとしてもあまり問題にはなりませんし、その過程も評価してもらえるので、思い切った冒險ができるのも魅力です。もちろん、企業での研究は、利益につながらないと判断されると突然打ち切りになるという厳しさもあります。

一方、大学の研究では実用性よりも科学的な価値が求められます。そこにとことんこだわることができます。自己責任にはなりますが、かなり個人の自由度も高いように思います。また、大学は教育の場でもありますから、研究室では研究者を目指す若者を上手に育てるのも任務になります。苦労も多いですが、成長する若者の姿を見るのは楽しみの一つでもあります。大学は意外に雑用が多いとも感じました。講義の準備にも結構な時間を取られます。教授、准教授ともなると研究に専念するのも難しいのでしょうか。

オフは思いっきり遊ぶ

このように書いてきますと、まるで仕事ばかりしてきたように見えますが、もちろんそんなはずはありません。独身寮では週末には先輩から後輩まで集まって夜更けまで酒を飲んでいろいろな話をしました。サッカー部では試合中は役に立ちませんでしたが、その後の反省会ではフットワーク軽くビールを買いに走り活躍したつもりです。バンドにも入り、メンバーの工場のおじさんたちにもかわいがってもらいました。一応ジャズ・バンドなのですが、実態はカラオケ演奏や都市対抗野球の応援ばかりでした。それでも演奏は楽しいものでした。そのような人たちから元気をたくさんもらえたことに感謝しています。

さて、若い皆様は、これからどこで何をされるのでしょうか。困難なことや思ったとおりにならないこともあるでしょうけれど、簡単にはあきらめないでいただきたいと思います。これからきっといろいろなことがあるはずです。楽しみにしていてください。若い皆様がこれから進まれる先で活躍されることを心より期待しています。



現場で威力を發揮する“つなぐ力” いま求められる サイエンスコミュニケーションの資質



佐々 義子

サイエンスコミュニケーターとは

先端技術が私たちのくらしの中に入ってくるようになり、自分が必要とする技術を理解し選択することを市民にも求められるようになった。その中で、科学・技術と社会の健全な関係構築の重要性が認められ、その必要性が高まっている¹⁾。

サイエンスコミュニケーションはそのような関係構築を、個人のサイエンスリテラシー向上と両輪となって支えるものであり、定義もさまざまである。本稿では、このような科学に関するコミュニケーションに関わる役目や担当する人を、広くサイエンスコミュニケーターとしてとりあげることにする。

2005年、サイエンスコミュニケーターを養成する3年間の大型プロジェクトが北海道大学、東京大学、早稲田大学で走り出した。3つのプロジェクトのゴールは、北海道大学は「サイエンスカフェのできるようなコミュニケーター」を育てることで、外部から社会人の入学も受け入れた。東京大学は「科学技術インタークリーチャー」として、同大の学生を対象に政策決定に加わったり、将来の日本のオピニオンリーダーになれるような人物の養成を目指した。早稲田大学は伝統を活かし、修士課程で「ジャーナリスト」を養成するというものであった。この3つの機能は、今の日本で必要とされているサイエンスコミュニケーターの特徴的な資質を示すものだろう。具体的には、市民と科学者などの専門家との間のコミュニケーションをコーディネートしたり、ファシリテートしたりすることができ、ジャーナリストのように文字を媒体にして情報を伝え、さらに科学者、行政官、市民などの多様なステークホルダーの間で意味の通訳ができるなどの働きが求められている。ひとりですべてができれば理想的であるが、そのひとつに特化しチームで当たるケースも考えられよう。

学芸員、研究者、行政官、ジャーナリストなど20名ほどの女性コミュニケーターに、筆者がヒヤリング調査を行ったところ、上述の3つの機能よりも、もっと多様な雑用とも言うべき業務をコミュニケーターたちはこなしていた。具体的には、コミュニケーションの場の選定、参加者集め、場合によっては主催者内部の意見の調整も

必要である。この内部の調整が実は最も、物理的・精神的なエネルギーを必要とする。市民と科学者の間の架け橋になる以外に、いろいろな「雑用」を引き受ける人がいないと、「コミュニケーション」というものは実現しないのである。

どんな場で活動するのか

サイエンスコミュニケーションは①研究者自身がサイエンスコミュニケーションを行う能力を身に着けアウトリーチ活動といって、市民に説明する場所に出かけていく場合と、②研究・教育活動で忙しい研究者を助けて、市民との間にコミュニケーターが介在する場合がある。②ではサイエンスコミュニケーターはプロとして場をつくり、研究者が快適に話したり説明したりできるようにしなくてはならない。また、実施主体内部の意見調整を任される場合も多い。「よい技術なら放っておいても自然に育つ」と思っている人には、情報提供などのソフトウェアが必要なことから理解してもらう役割もある。

科学を通じた町おこしのような「サイエンスフェスティバル」に関わるサイエンスコミュニケーターは、理系出身者との交渉ばかりでなく、市役所、商工会議所、観光協会など、さまざま人たちと、さまざまな条件の中で、コミュニケーションの場作りを行うこともある。

コミュニケーターのスキル

コミュニケーターに求められるスキルは、大きくわけて、①文字を媒体とするときと、②イベントの司会や一般の人にわかりやすく説明を行うときがある。紙資料やプレゼンテーション資料の場合には、情報収集（英語の資料を読む、インタビュー実施、情報検索など）の後に、わかりやすい説明資料を作る必要がある。現代人の関心事にもアンテナを張り巡らし、どんな言葉が人々の心に訴えかけるかを常にサーチしたり、例え話を巧みに取り入れ、ストーリーの流れや仕組みをすっきりした図で表現したり、象徴的な写真や絵を見つけて引用したり、コミュニケーターはそれぞれにさまざまな工夫を凝らしている。これらのノウハウはいろいろな現場で学ぶものが多い。

コミュニケーター養成講座では、科学技術史などの科

学と社会の関係、話し方や書き方などの表現方法などの学習や演習が行われている。国立科学博物館が主催する講座では、多様な関係者を「つなぐ力」に注目し、「つなぐ力」を持つ人材の養成をゴールとしている。「つなぐ力」は現場で威力を発揮しそうな視点だと思われる。

また、ノンバーバルコミュニケーションといって、人は言葉によらないコミュニケーションから大きな影響を受ける。服装や声の質、話し方も大事な要素である。ノンバーバルコミュニケーションについても認識しておくとよいのではないか。メディアトレーニングでは、複数の専門家から話し方やしぐさ、表情などの指導を受ける訓練を行うが、日本ではそういう機会が少ない。実際には、いろいろな人の話を聴きにいきながら、自分のスタイルを作り上げているコミュニケーターが多いようだ。

バイオカフェからの学び

一般論ばかりでは実感がわからないので、筆者の所属するNPO法人くらしとバイオラザ²¹すでに100回以上行ってきたバイオカフェを例に、コミュニケーションイベントやサイエンスコミュニケーターの役割について述べてみたい。これは、平成16年版科学技術白書で紹介された「カフェシアンティフィーク」（サイエンスカフェ）の「くらしとバイオ」版というべきもので、医療、食、環境、その他（ジャーナリズム、教育、生物学など）の分野のトピックスを扱う。

バイオカフェでは、初めにバイオリン演奏などでリラックスし、スピーチを聞き、気軽に話し合えるように、ホスピタリティのある雰囲気作りに努めている。参加者の満足度は常に90%を超える。また、特記すべきはスピーカーの満足度が95%以上と、きわめて高いことである²²。

これは、バイオカフェという現場が、スピーカーやコミュニケーターにとって、よいon the job trainingとなっていることを示している。サイエンスコミュニケーターは、現場でコミュニケーションを実現させることを常時、求められるのである。

心がけるべきこと

第一は、科学者と市民の間にサイエンスコミュニケーターが介在して市民の不安や懸念に共感を示し、専門用語には細心の注意を配って話を取り持つことである。たとえば「ブンチュウ」という言葉が実験教室で使われたら、理系の人は「分注」と思うが、「文註」と思う人も「文中」と聞く人もいるのである。「シテキ」も「至適」より「詩的」「指摘」「私的」の方が人々にはなじみ深い言葉である。

つまり、理系出身のサイエンスコミュニケーターは、サイエンスの背景を持ちながら、自分の中の「素人の視

点」を意識し続けて、専門家グループに取り込まれないようにする努力が必要である。自然に培われてしまう専門性を、厳しく客観視するもうひとりの「自分」をもつていなければならない。先述の女性コミュニケーターたちには、素人の視点を保つために、仕事以外の人間関係（子供のPTA、同窓会、町内会、趣味の会など）を大切にしていると回答している人が多かった。

サイエンスコミュニケーターというキャリア

最後にサイエンスコミュニケーターは、自立できる仕事なのか考えてみたい。結論からいうと、サイエンスコミュニケーションの伝統のあるイギリスですら、職業サイエンスコミュニケーターといえる人は数人であるという。それらの専門家が、イギリス全土で流行しているサイエンスフェスティバルを駆け巡っているらしい。

サイエンスポートアル（<http://scienceportal.jp/>）を見ると、紹介当初は数件であったサイエンスカフェが、現在では100近くまで増えている。日本人は知らない人と語り合ったりするのが苦手で、サイエンスカフェは定着しないだろうと考えられていたのに、大きく予想を裏切った状況になっている。大学がサイエンスコミュニケーションの演習として行うケース、専門家による研究会が少し開かれた形になったもの、町おこしのイベント、研究者が持つシーズと企業のニーズのマッチングの場を担うケースなどがある。いずれにしても、それらのサイエンスカフェでサイエンスコミュニケーターの役割を経験している人も増えていると考えられる。大学や研究所と地元住民との良好な関係作りに、サイエンスコミュニケーターはよい架け橋となるだろう。しかし、日本の現状では、助成金があるときしかサイエンスコミュニケーション活動を行えない大学や研究所が多い。研究者が説明責任を全うするために、一般市民の理解と支援を得るために、広報専門官やサイエンスコミュニケーターの必要性は認められつつあるが、常時雇用できる団体は限られている。

しかし、サイエンスコミュニケーションの講座で学ぶ「わかりやすい資料を作る能力」「立場の異なる人たちを配慮する能力」「コミュニケーションの実体験」は、研究・開発担当者が、営業担当者に自社製品の技術的な利点を説明したり、理系出身でない行政官に研究の意義を説明したりするときにも、有効であろう。サイエンスコミュニケーターが自立できる時代はまだ遠いだろうが、サイエンスコミュニケーションの意義がじわじわと認められる中で、側面から研究・開発の推進を支援できる可能性が生まれてきていると感じている。

1) 林 衛ら：遺伝, **59**, 30 (2005).

2) 佐々義子ら：化学と生物, **45**, 735 (2007).



理科教育と新学習指導要領

穴澤 秀治



2008年3月、小中学校の学習指導要領の大幅な改訂が行われた。本稿では、とくに理科教科の内容について、審議会での論議、改訂のポイントについて説明したい。

改訂の内容、審議会の論議については、文部科学省のHPに公開されている^{1,3)}。

改訂の結果として、授業時間数、高校理科では履修が必要な教科数において量の増加が決められた。これは、近年の学校での授業時間軽減の「ゆとり教育」からの大きな方針転換である。

小学校低学年の中には大部分の子供たちは、理科は楽しく、興味があると答えていた。しかし、学年が進むにつれ、理科は難しく、好きではないという割合が増加し、高校になると理科が好きだという割合は、文系志望では絶望的な割合になる。理系志望でも大学入試に必要だから勉強するという理由が大部分で、興味があると答える割合は驚くほど少ない。そして、できる生徒は、暗記科目の生物ではなく、点差がつく物理、化学を入試科目として選ぶ。

これは、小学校では文系出身の先生が理科を教えることで、高学年の授業内容には対処し切れていないこと、高校では、現在は物化生地の中の2教科の履修で卒業できてしまうことが、理科、科学への理解が低い子供たちが社会に出て行く大きな理由と考えられる。今般の改訂では、高校の理科教科の必修は3教科に増え、履修時間も小中学校も含め増加する。

学習指導要領の中で、理科を勉強する目的についての記載に、「自然を理解し、親しむ」という精神はあるが、「理科が社会に役立つ科学の基礎であるから勉強するのだ」という重要な視点が、昭和40年代以降の学習指導要領からは抜けている。科学技術立国を標榜するわが国の理科教育としては片手落ちだし、理系学生の勉強意欲にもつながらない。

小中学校の理科に対する興味は、他の教科に比べていずれも高い調査結果がある(図1)。それに対し、理科を勉強することが自分の役に立つ、あるいは、理科や科学が社会に役立っていると考える子どもたちは、他の教科に比べて著しく低い(図2)。つまり、理科は好きだが、自分や社会で役立つとは思わないというのが、子供たちの考えであることになる。

また、OECD加盟93カ国の中高生に科学や理科に関する

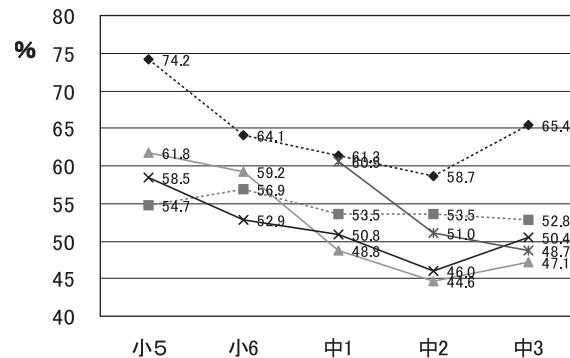


図1. 教科の勉強が好きという割合(文科省「小中教育課程実施状況調査」H15年度より改変)。◆, 理科; ■, 社会; ▲, 算数・数学; ✕, 国語; *-, 外国語。

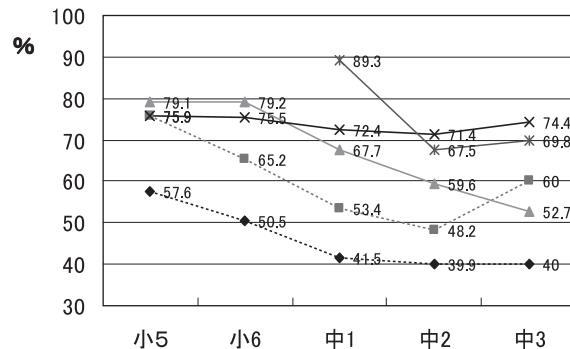


図2. 教科の勉強が生活や社会で役立つと思う割合(文科省「小中教育課程実施状況調査」H15年度より改変)。教科マークは図1と同様。

る種々の質問を行い、国際比較を取りまとめた国立教育政策研究所のPISA調査がある。科学を学ぶことの楽しさ、科学的な課題に対応する自信、自分や社会での科学の身近さ、有用さ、科学に関連する職業についての関心などがわが国の子供たちでは、93カ国の中で最低レベルである。

そこで、今回の学習指導要領の改定では、理科や科学を学ぶ価値や意義を実感させる、科学に対する自信、自己効力感を持たせる、科学に関連する職業意識を養う、対話しながらの思考や応用に関する学習を重視する、という視点がはっきりと盛り込まれた。

学会が理科教育の内容について果たせる役割を考える。

- 学習内容への意見表明：パブコメ募集時の提言
 - 市民参加プログラムによる啓蒙活動：講演会、見学会
 - 学生生徒対象の研究発表会（ジュニア農芸化学会など）
 - 課外授業/出張授業

などが考えられる。

筆者の所属する農芸化学会では2007年11月の「教育課程部会におけるこれまでの審議のまとめ公表」時のパブコメ募集、2008年2月の「幼稚園教育要領、小学校学習指導要領、中学校学習指導要領改定案の公表」時のパブコメ募集の2回にわたり、文部科学省に下記の提言を行った。

「生物と人間生活の関わりについて整理し、人間社会における生物の役割の重要性を踏まえた生物の教科内容にすること」、「生物と化学の教育における有機的連携を促進すべきこと」、「微生物」を生物教育の中に正しく位置づけるべきこと、の3点のポイントを示す、5000字の提言を学会長名で行った

著者は、中教審理科専門部会委員として、①理科教育が科学技術立国を標榜するわが国の教育の根本であり、理科が科学の基礎だから学ぶべきとの目的を明確にすべき、②生物教科書を従来の観察中心から、化学変化を生命現象の基本ととらえ、大きく変更する必要がある、それに伴い中学理科の第一分野、第二分野の区分けを生物、化学と物理、地学とに変更する必要がある、③従来の動物、植物だけではなく、真核、原核の概念から、微生物の記載を充実させるべきである、と主張してきた。さらには、バイオインダストリーは、資源循環型の21世紀にふさわしい産業であり、科学技術立国を標榜する我が国の将来を支える重要産業であることを教育の中に取り込む、小中学生の理科への興味を継続させる授業内容へ転換する。生物教育のなかに、バイオ（発酵、酵素）によるモノづくり微生物についての記述内容を強化すべき、高校での文系、理系振り分け後でも、理科教育が受けられるカリキュラムにすべきとした。

理科教育への意見発信は、理学部系の学界からは多くなされている。それが、理科を暗記科目としている一つの原因であり、理科や科学技術が自分や社内に役立っているとの認識を低下させている原因の一つと考える。

医学、薬学、農学、工学など基礎だけではなく応用に力点がある学会からの理科教育への提言をぜひ強化すべくと考える。ノーベル賞級の研究でも人類に貢献する研

究であることが受賞要件である。下村先生のGFPタンパクの発見もチャン教授のイメージングに使う用途開発があつての受賞である。

iPS細胞、バイオ燃料、鳥インフルエンザ、クローン家畜、AIDS、DNA鑑定など生物に関わる話題に事欠かない。今こそ、教育を含めた啓蒙活動に、生物系の研究者、学会が果たすべき役割は多い。

追記

本稿を12月初旬に脱稿した後、12月22日に高等学校学習指導要領改訂案が公示された。23日からは、改訂案に対する意見募集（パブコメ）が一か月間行われた*。

本改訂案の「理科」では、「…科学技術の人間生活にはたしてきた役割について…理解させる…」「…科学に対する興味関心を高める…」ことを目標とした「科学と人間生活」2単位の教科が新設された。その中の「生命の科学」の項目に、「微生物とその利用」が取り上げられ、内容としてさまざまな微生物の存在、微生物と人間生活のかかわり、微生物が医薬品などの製造に利用されることなどの記載が明示され、微生物が産業上も社会でも広く活用されていることが、高校生物で教えられるという、重要な改訂がなされた。

「生物基礎」科目では、原核細胞と真核細胞が進化、多様化の中で取り上げられていること、生物科目で光合成細菌、化学合成細菌に言及されていること、さらに、遺伝情報の発現の中でバイオテクノロジーの言葉が使われていることなどの改訂が認められる。これらは、今回の教育審議会理科専門部会での論議、農芸化学会、生物工学会などの各学会からの提言が反映された結果と言える。今後も理科教育に積極的に提言などの意見表明を継続して行なうことが、学会の責務の一つであると考える。

*http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/081223.htm

- 1) 中央教育審議会答申：
http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/index.htm
 - 2) 学習指導要領等の改善に関する答申：
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/news/20080117.pdf
 - 3) 新しい学習指導要領：
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/index.htm



安心してください！ 生物工学にはこのような人間もおります

小川 亜希子



社会人になるというのは、社会と積極的に関わりを持つことではないでしょうか。世間に存在する極々少数の天才を除き、人は人とのつながりを通して仕事が進んでいきます。先日（といっても紅葉の頃ですが）、後輩を交え恩師と久々に語り合う機会を得ました。その席上にて、恩師がまじまじと私の顔を眺めておっしゃった一言。「小川、すっかり社会人だな」照れ臭くも嬉しい言葉でした。

俗に優等生と言われてきた皆さん。自分はまったくそういうじゃない！と否定されるかもしれません、悶々とした実験（研究）生活にどっぷりとハマり、この雑誌を読んでいる時点で貴方は立派な優等生です。そして、私はその勤勉さと真摯な姿勢こそが日本人が世界に誇れる財産であり、この苦境を乗り越えていく原動力であると確信しています。日本には数多くの職人が存在します。職人は品質の良い製品を世の中に送り出すため、さらにはその品質を常に向上させ、使う人の満足度、すなわち幸せを大きくするために仕事をしています。彼らの製品にはサインはありませんが、しかし、Made in Japan が示す信頼こそ職人芸の結晶であり、幸いなことに我々はそれを伝承していく権利と彼らの心意気を理解する素地があります。

研究職であれ技術職であれ、ものづくりのプロフェッショナルは必ず確固たる信念を持って仕事をしています。短期間ではありましたが、私は幸運なことに企業で技術開発に携わり職人芸を目の当たりにすることができました。私がお世話になったセーレン株式会社研究開発センターでは、研究・製品開発さらには営業職も含めた100名を超えるメンバーが一つのフロアに席を並べて仕事をしていました。もちろん、部長もセンター長も全員です。ものづくりと直結している関係上、現場や実験室、はたまた取引先へと駆け回っている方も多く、全員が顔を合わせる機会はごく希でしたが、それでもちょっと歩けば、魅力的なプロフェッショナルと話ができる環境は大変貴重でした。技術開発に求められる課題は、現場で解決できないものですから難題であって当然です。さらに、企業が発展し続けるためには、常に未来の技術を創造せねばなりませんから、誰もやったこと（成功したこと）がなかったことを実現することも同時にこなさなければなりません。

ればなりません。考えれば考えるほど、先の見えぬ不安と自分の未熟さに落ち込んでしまうことも多く、それこそが社会の洗礼だったのだと思います。でも不思議なもので、我武者羅にやっていると周囲の方が手を貸して下さいました。お忙しい中時間を割いて話を聞いて下さったり、時には一緒に難題を考えて下さったり、チャレンジングなテーマにも取り組ませて下さったりといった具合です。こうした人の支えが、どれだけ仕事をする上で力になったことか。いえいえ、過去ではありません。現在進行中ですし、年々その割合は大きくなっております。そして、支えて下さる人の数も幅も大きく力強くなっています。いえ、学生時代には注がれる心を感じられなかっただけかもしれません、生物って多様だから面白い、と再認識したのは社会人になってからです。

私は博士課程を修了後に就職をしましたから、社会人になったのは20代後半です。周囲の人は仕事の責任者になり始める頃でしたし、私といえば収入どころか支出ばかりで独り立ちできずに不甲斐ない状態で焦っていました。この焦燥感、実は今でも形を変えて続いております。しかし、実はこれこそが私が仕事を続けていける原動力であると感じています。焦燥感があるから達成感を味わえますし、その喜びを知っているからこそ研究・開発を続けています。この職業は媚薬ですし、残念ながら多くの方がその媚薬の味を知ってしまっており、きっと止められないはずです。だったらトコトン追求するのも一案ではないでしょうか。

「夢を超える目標は無い」とは教えていただいた大切な言葉です。大風呂敷を広げるのが大得意な私ですが、そのままでは絶対に終わらせたくありません。広げた風呂敷をいかにして形あるものに作り上げるか？私はきっとそのために仕事を続けていくのだろうな、と考えています。幸いにして、日本は変人であっても技術ある人間に対して寛容な文化があります。今、この記事を読んで下さっている皆様！皆様は、私の夢を実現するための大変大切な投資家です。投資させたことを後悔させないよう、成果を発信しつづけて参りますので、今後もどうぞごひいきに。



オープンイノベーション時代の 企業研究職からの転進



江口 有

2008年9月の平日、東京駅近くでクラス会が開かれた。母校のある大阪では例年夏にクラス会があるのだが、東京では関西から仲間が出張してくる際に不定期に開いている。今回はクラスの3分の1を超す仲間が集まった。久しぶりという仲間もいて、いつもながら盛り上がった。今回の参加者は大学教官1名を除いて民間企業に勤務しており、研究開発畠の者が多い。それにしても名刺を見ると「執行役員」だったり「研究部長」「開発部長」だったり、資格にしても博士はもちろん弁理士もいたり、学生当時には思いもしなかった活躍をしている。

本稿では企業研究者を目指す学生やポスドクの方に今後のキャリアパスについて考えていいいただく参考に、私の個人的体験を紹介したい。ただし会社や業種、また時代により変化するものであることに留意をお願いする。

振り出しへ研究職

私は20年少し前、旧協和発酵（現協和発酵キリン）に修士卒で入社した。研修期間の後、主に各地の研究所に配属され、私はいわゆる中央研究所に当る東京研究所（現東京リサーチパーク）に、女性4名を含む同期10名と共に研究職として配属された。

各研究室の研究テーマは、分析関係など比較的変わらないミッション（もちろん中身の進歩は著しい）や、主研に属人的な研究テーマとなっているケース、そして会社の方針に従ってテーマが変わるケースなどがある。私の場合は研究の目的が決まっているというより、手法としての生体触媒・酵素変換が研究テーマであった。出口としては医薬品原料、化学品原料などであり、複数の事業分野に対して横断的に関わっていたのが特色であった。そのため、他の研究室より比較的広い部署の方と一緒に仕事をさせていただいた。また社内の別研究所の研究者のみならず、本社や営業の方、海外を含む他社の研究者や商社の方、そして大学の先生と、職種的にも広くお付き合いをさせていただいた。

ところで入社後5年程を過ぎると、会社や研究所のカラーに知らず知らず染まってくるものである。ちょうどその頃、バイオインダストリー協会（JBA）の勉強会に

定期的に参加させていただき、他社の研究者と一緒に報告書をまとめる機会があった。同じ企業研究者でも、会社によって立場や考え方方が違うことが実感でき、社会人としての視野が広がったと今でも感謝している。後述するが、その後思いがけずこの勉強会の主催者側に立つことになった。

さらに研鑽を進めてゆく中で、大学に戻って助手になるもの、本社や他の研究所へ転勤するものなどがあり、出入りがあるものの10年も経つと東京研究所の同期は次第に減っていった。これは、研究所が社内の人材供給の役割を担っている結果である。

転勤発令

単なる年功序列ではないが、そろそろ主研になれるような年齢というものがある。実は入社時の抱負は、研究者になることではなく、ゆくゆくは技術者として活躍することであった。しかし幸か不幸か、東京研究所は工場付設ではなく、技術者としての研鑽を積むところとは言えなかった。研究者としてもそろそろ限界を感じかけていた入社十数年後、主研の発令を受けた。やはり研究畠でいくしかないか、と悩んでいたところ、半年後に本社研究開発本部への辞令が出た。

本社にて

その頃の研究開発本部は過渡期であった。当時会社には8つの研究所があり、大きく分けて5つの事業部門に関わる研究を行っていた。かつては全研究所を本社の研究開発本部が責任を持って管轄していたが、その頃には各事業部門が研究所を直接管轄する体制になっていた。そのため、研究開発本部では主に会社全体にとって中長期的に取り組む研究課題を扱うと共に、全社研究部門の対外的窓口を担っていた。

私は対外的な窓口を担当することが多かった。私が出席する社外会議の多くは、同じような企業研究者出身がメンバーであることが多かった。議論も研究テーマがある程度理解できないといけないものが多く、広いテーマを扱う中央研究所のようなところの出身者に向い

ていた。これは社内調整にも言えることであって、研究所時代に知らず知らずにできた社内ネットワークが役立った。この時期、ベンチャーの運営に関わったり、企業コンソーシアムの運営に参加する中で、社外の方とお付き合いができたことは刺激的であり、またその後の業務につながった。

ベンチャー、そしてJBA

その後、比較的珍しいキャリアを積ませていただくことができた。4年半の本社生活後、IT系の三井情報開発(現三井情報)と協和が設立した微生物ゲノム情報解析ベンチャー、ザナジエンの社長として社外に出る機会を与えた。IT企業とバイオ企業の文化の違いに戸惑うことよりも多かったが、このような経験はなかなかできるものではない。ところで小規模会社の社長はなかなか大変である。お客様とのお付き合いはもちろん、社内的人事、決算、取締役会の運営、税理士や司法書士などさまざまな方との交渉、さらには株主総会など、あらゆる業務をこなさなければならない。その際、これまでの経験と人脈がさまざまな場面で役に立った。決して優秀な経営者だったとは思っていないが、社員や取締役、出身会社の法務や経理専門家など、多くの方の協力を頂くことができた。

ベンチャーでの2年半の後、協和の社命でJBAに出向することになった。JBAは公益法人として、産学官の協力の下、バイオ産業の振興など幅広い業務を行っている。ここではいくつもの業務を分担してこなす必要があった。私の担当した主な業務を挙げると、国際総合バイオイベントである「バイオジャパン」の企画運営、国家研究開発プロジェクトの立ち上げや国からの調査受託、グリーンバイオに関する調査、さらにはJBAの運営そのもの、などであった。前述の勉強会の企画にも参加し、わずかであるが恩返しもできた。

職務柄、産学官の多くのキーパーソンとお付き合いをさせていただくことがあったが、あくまでもベースは企業研究者出身という経験であった。研究開発に関わる企画立案と調整が多く、仮に学問的な内容は判らなくとも、研究者としてのマインドがなければ良い仕事ができない。もちろん企業研究と大学研究、国家研究プロジェクトの性格の違いを押さええることも大切である。これらを通して、一企業にいるより、はるかに多彩な経験を積む

ことができた。

助成財団にて

3年間のJBAでの経験の後、2008年11月からは協和発酵キリンが支援している加藤記念バイオサイエンス研究振興財団の事務局に異動した。数名の職場であるが、会社から独立した公益法人として、若手の研究者を中心に研究助成などを行っている。これまでのいろいろな場面でのマネジメントの経験や、先生方との交渉経験などが役に立つように感じている。関係の先生方のお力も頂きながら、バイオサイエンスの振興に少しでも貢献できればと思う。

一方で、久しぶりに協和の関係者とお付き合いする機会が増えた。改めて社内を見渡すと、同期入社で20年以上経った今も研究室で頑張っている仲間はもうほとんどいない。多くは本社や研究所、工場などで管理業務、あるいは開発や知財、品質管理などの業務に就いている。これは、同窓会で会った同級生にもまったく同じことができる。企業を経て大学教官になっているものも数名いる。しかしいずれも企業研究者としての経験が相当役に立つ職種である。また私も経験したことだが、研究所時代の社内外人脈が業務遂行において役に立つことが日常的に多い。そのような意味においても、研究職から別の職種への転進は企業にとって当たり前なのである。

終わりに

本稿をお読みいただいた学生、あるいはポスドクの方には、企業研究者は30代が終わるまでに別の職種に移ることが少なくないことを、是非肯定的に認識いただきたいと思う。一方でこれからは研究の専門職として、優秀な研究者は、より長きに渡って研究の第一線で活躍する場が与えられる可能性も増えてきているように思われる。いずれにしても企業で研究職を希望するのであれば、多くの方と積極的に交わりながら研究をやってほしい。オープンイノベーションの時代、研究現場から仮に離れたとしても、他人（他社）の技術を正確に目利きするためには、自らの研究体験が何より貴重である。確かに優れた研究者が優れた管理職・経営者になる保障は何もないが、研究室での経験が無駄になることは決してないと思われる。



次世代型生命医科学者の養成： 九州大学医学研究院の取り組み

續 輝久¹・飛松 省三²

平成19年4月九州大学医学部に生命科学科が新設された。入学定員は12名と少ないが、従来の理学・農学分野におけるライフサイエンスとは教育研究上の対象を異にし、人間科学としての視点をもった次世代型生命医科学者を養成する学科である。新設に至った背景の1つは、平成16年度から導入された卒後臨床研修必修化とそれに伴う臨床修練を重視する卒前・卒後研修カリキュラムにより、医学部医学科の学生が、将来の基礎医学の研究と教育を支える人材としてはあまり期待しにくい状況になったことがある。もう1つとして、ライフサイエンス分野の急速な発展と多様化が挙げられる。ポストゲノム科学、バイオインフォーマティクス、システム生物学を駆使した広範な研究が爆発的な展開をみせ、再生医療やナノテクノロジーを基盤とした診断・治療法、先端医工学(Bionic Medicine)を支えるロボティクス関連技術や生体工学なども急速に展開している。この新領域に果敢に挑戦するためには、人を対象とする医学の知識に加えて、生命現象に関する分子レベルの理解や情報処理能力が不可欠であり、情報科学や工学領域との融合に機動性をもって的確かつ柔軟に対応できる人材育成の社会的必要性はきわめて高いと考えられる。

ライフサイエンス振興における 九州大学医学研究院の取り組み

大学院重点化された九州大学では、未来の生命医科学研究を発展させる人材を恒常に育成するという大きな社会的な使命がある。近年の先駆的な生命医科学研究は、ライフサイエンスやバイオテクノロジーなどの関連領域の爆発的発展の恩恵を受けながら進展してきている。そのような背景を踏まえ、生命医科学研究には医学部出身者だけではなく、さまざまな他分野の研究者の参画が求められている。九州大学では平成15年度より大学院医学系学府に医科学専攻修士課程を設置して、医学部医学科以外の学部出身者で医学研究・生命医科学研究に興味を持つ学生に対して基本的な医学知識を教育し、将来、医学関連の分野で活躍できる研究者・技術者を育成する取り組みを行ってきた(図1)。このような人材育成は今後も社会の要請に則した形で推進していく必要があるが、人間科学としての生命医科学の視点に立った人材育成には、これら他の学問分野からの参入者によるという一方性の取組みだけでは不十分である。

従来の医学部(医学科)教育は、解剖学、生理学、病

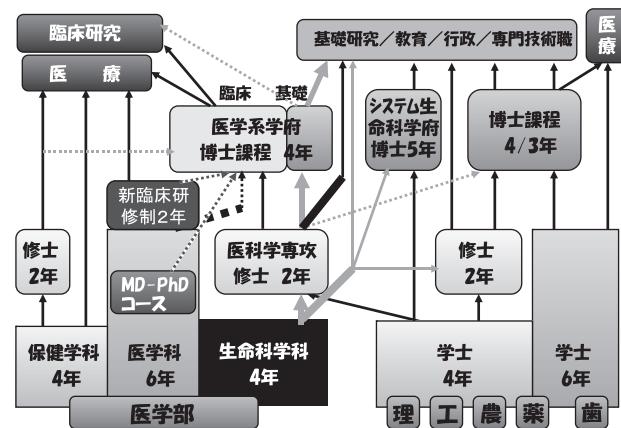


図1. 基本的な進路系統図—生命科学研究者養成のための教育システム—

理学、社会医学、臨床医学など他の学部にはない科目を中心核に、人間を対象として時間をかけて体系的、網羅的に学ぶことに特徴がある。このような教育を受けた医学部(医学科)出身者は、同じ研究をするにしても、他の学部出身者にはない人間科学としての生命医科学全体を見渡す広い視野を持ち、そのような視点から問題設定を行うことができると思われる。しかし、平成13年3月に公表された「医学教育モデル・コア・カリキュラム」では、「優れた良医の育成」を第一目的として、より質の高い臨床能力の育成に重点が置かれた統合的なカリキュラムが提案されている。さらに、平成16年度からの卒後臨床研修必修化により、若手医師の専門医志向がますます顕著となっている。一部の例外を除いては、医学部卒業者が医科学者(physician scientist)あるいは科学者(scientist)として基礎生命医学分野で活躍することを十分に期待できない状況になってきた。このような状況を踏まえ、臨床実地経験は有しないものの、医学部医学科の学生と同程度の医学全般に対する理解を共有できるカリキュラムを新たに設定することにより、人間を対象とした次世代の生命医科学領域の展開を担う新しいタイプの研究者[バイオメディカル・サイエンティスト(Biomedical Scientist)、バイオメディカル・エンジニア(Biomedical Engineer)]を養成することにし、平成19年4月に医学部生命科学科を新設した。生命科学科に関する詳細な情報は九州大学医学部生命科学科のウェブサイト(<http://www.biomed.kyushu-u.ac.jp/>)を閲覧してい

著者紹介 ¹九州大学大学院医学研究院生体制御学講座・基礎放射線医学(分子遺伝学)分野(教授)
E-mail: tsuzuki@med.kyushu-u.ac.jp

²九州大学大学院医学研究院生体情報科学講座・臨床神経生理学分野(教授)
E-mail: tobi@neurophy.med.kyushu-u.ac.jp

ただきたい。

生命科学科の新設と同時に九州大学医学部では平成19年度からMD-PhDコースを導入した。これは、医学部の4年次終了時点で、学部を休学して大学院博士課程に進学し、先に本格的な研究を体験するコースである。博士号取得後は、そのまま研究者の道を歩む者(PhD)、あるいは学部5年生に復学し医師となる者(MD)が養成されることになる。幸いにも毎年1、2名の希望者があるものの、将来の基礎医学を支える人材数としてはなお不足している状況であり、生命科学科の学生への期待は大きい。

生命科学科の理念、目的と特色

生命科学科では、21世紀における人類の健康への貢献を標榜し、医学に関する基礎的な知識と次世代生命医科学領域を切り開くために必要な基礎知識ならびに課題探求能力を身につけて、将来的にこの分野で国際的にも広く活躍できる新しい人材を育成することを目的とし、(1)幅広い知識を生かした高度な専門的能力を備えた人材、(2)生命医科学に関わる専門職として発展性のある人材、(3)課題探求・問題解決能力を備えた人材、(4)生命医科学分野でリーダーシップを発揮できる人材、の育成を目標に掲げた。これらを達成するために、基礎・臨床の教員から幅広くアドバイスを求め、独自のカリキュラムを構築した。その概略は以下の通りである。医学教育コア・カリキュラムに沿った基盤教育を行うとともに、生命医科学分野に特徴的な柱となる分子細胞生物学、生体応答制御学(ゲノム医科学を含む)、生体情報機能学、先端医工学などに重点を置いた複数のコース設定を行い指導する。それぞれのコースを修了した学生は、医薬関連、バイオ関連、生体工学関連などのさまざまな企業の専門技術者、さらには医療や福祉関連分野の科学ジャーナリスト・科学評論家や行政における専門職業人・コーディネーターとして国際的にも幅広く活躍することが期待される(図2)。さらに、その後のさまざまな経験や研鑽を積むことで、より高度な専門知識を修得し、企業などにおける高度専門技術者や大学・研究機関の教員・研究者のように指導的立場で活躍することができ、そのため卒業後は原則として大学院に進学することを想定し

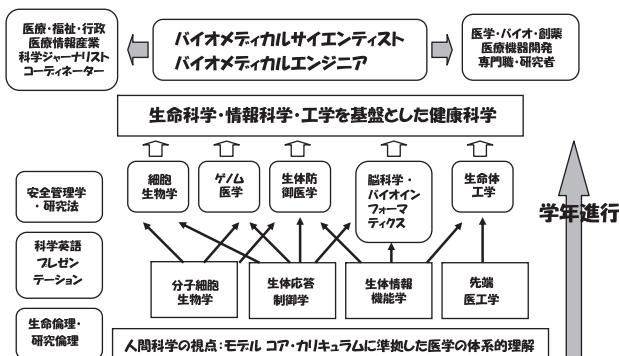


図2. 生命科学人材育成のイメージ

ている(図1)。大学院進学に当たっては必ずしも生命医科学分野には限定せず、人々の幸福を目標とした人間科学としての生命医科学に関する知識・素養が有用と考えられるバイオテクノロジーを基盤とする薬学や生命体工学なども含む幅広いライフサイエンス分野をも想定している。

学部および大学院研究を担う九州大学医学研究院の研究戦略目標の一つは、高度生命科学研究拠点の形成であり、その戦略に則した人材を養成するための高度な融合教育を行うのが生命科学科の特色であり使命である。すなわち、医学教育のコア部分の教育により人を対象とした人間科学としての医学の基本を学び、しっかりとした生命倫理・研究倫理観を有する学生を養成する。また、医学科と生命科学科の学生との間では共通授業で交流を図り、互いに啓発しながら将来に渡る人間関係を築くことを促進する。このことは、教育課程の特殊性から他の分野との交流が限られていた医学科の学生教育にとっても、多様な分野を志向する学生との交流を促進し、多角的な視点で物事に取組む態度を学生時代の早期から築きあげる効果が大きい。このような学習環境の設定は、医学科学生の中で、将来、臨床医学研究において指導的な立場で活躍するphysician scientistならびにscientistを志す者の育成にもつながると考えている。

教育課程の特色

生命科学科の教育は、基本的に最初の3年間に全学共通教育(一般教養)と医学科との共通科目の専門教育を行う。本学の医学部医学科では、最初の3年半で、全学共通教育と専門教育の基礎医学、臨床医学概説の講義を行い、その後は、主にベッドサイドでの臨床実地訓練を行っている。ただし、生命科学科の専門教育は、医学科と共通の基礎医学に加え、2学年の後半から始まり、第4学年では、新たに再編成した臨床医学系概論の病態制御学I~V他、将来の関連分野の専門職に求められる能力を身につけることを目標に、コース特徴的な科目をくさび形で、履修できるように編成している。さらにバイオインフォマティクスなどを含む医科学研究法に重点を置き、医学英語教育を重視したカリキュラム構成とした。特に、医学英語教育は国際的に活躍できる人材を養成するために重視しており、科学論文の読解だけでなく、会話や学術講演を理解するためのコミュニケーション能力についても基礎的な教育を行う。その一環として、平成20年度からは九州大学の国際交流推進室と連携し、希望する学生を対象としたカリフォルニアでの4週間の語学研修プログラムを立ち上げた。その中で、フィールドトリップの訪問先として、スタンフォード大学医学部などの研究室訪問やシリコンバレーの気鋭の企業見学などを盛り込んでいる。最終学年の半年間はいわゆる「卒業研究」として、研究室に配属して実際の生命医科学研究を体験させることを通して、問題の設定から解決へ向けた戦略の立案、得られたデータの分析と考察、という基本的な素養を指導する。



以上のカリキュラム編成により、基本的な医学知識を修得させるとともに、学生の興味と各人の将来の目標に応じて、生命科学科に特徴的な4つの高年次コース（分子細胞生物学、生体応答制御学、生体情報機能学、先端医工学）に設定された選択科目から学習メニューを個別に作成させ、人を対象とした視点を有する専門職として自立・活躍するために必要な基礎的能力・態度を身につけさせることができ（図3）。ただし、各コースの入門部分は、総合生命科学セミナーと題した演習に重点を置いた科目に加えて、「生命科学概論」を手始めに生命科学シリーズの科目として第2学年後半から第3学年にかけて学習する。また、第4学年の夏期休暇期間を利用した選択科目としてのインターンシップ制（バイオ産業・創薬企業などへの訪問、海外の大学・ベンチャー企業などへの短期留学）の導入も視野に、現在パートナーを募集している段階である。

生命科学科へのニーズとキャリアパス形成

過去2年間の入学試験状況は、当初の期待を大きく上回っている。幸いなことに競争率は平均3.5倍以上であり、入試成績も医学部医学科に次ぐ難関学科となっている。入学者は、この学科の設置趣旨を理解し、医師ではなく生命医科学の研究者として活躍することを希望している。このような優秀な学生のキャリアパス形成を組織的に進めて行くことが今後重要である。

私達が学科設置前の平成18年の夏に、国内のバイオ、医療機器開発、医薬品などの関連分野の企業40社余りに対して実施したアンケート調査では、回答を得られた約30社の関連業界において全般的にニーズが高いことが裏付けられた。企業側からは、採用の対象としては学士レベルでは医学、工学共に未だ中途半端な学びであると認識されており、研究職・高度職業専門人としての即戦力としての視点から、多くは学士・修士を含めた一貫教育を前提として両分野のしっかりとした専門教育が期待されている。その意味で生命科学科の取り組みは、「我が

国における本格的な医工連携人材の輩出に向けた大きな一步」ときわめて高く評価され、企業からの期待もある。すなわち企業が求める人材像としては、人間を対象とした基礎的な医学教育を基盤に、Biomedical Scientist, Biomedical Engineerとして活躍できる幅広い生命科学領域の素養を有することであると思われる。

さらに企業の多くは、研究職・高度職業専門人としての即戦力を重視しており、医療ニーズに対する感受性が高く、実際の患者さんでどうなのかを考えられる力をする人材を求めていることがわかった。そこで、第1期生が2年生となった平成20年の9月には、「生命科学科キャリアアップ夏合宿」を開催した。医学研究院の教員・若手研究者に加えて企業の研究者を招聘し、生命科学キャリア支援セミナーとして「先端医工学」分野の現状を講演していただき、学生達のこの分野への理解を深めると共に、学生全員が事前に「医用工学」について調べた内容や将来どのような職業に従事したいかなどをPowerPointファイル形式にまとめた資料を用いて発表する取り組みを行った。

おわりに

九州大学医学部生命科学科は、従来の理学・農学分野におけるライフサイエンスとは教育研究上の対象を異にし、21世紀における人類の健康への貢献を標榜し、人間科学としての生命医科学へ寄与するための教育を行う場である。すなわち、医学に関する基礎的な知識をもち、人間を対象とした次世代の生命科学領域の展開を担う新しいタイプの人材（生命医科学者、生命工学者）を育成する。さまざまな生命科学関連分野へ人間科学という幅広い視点を有する人材として積極的に輩出するために設置した医学部生命科学科の果たすべき役割はきわめて大きい。したがって、この分野でのパイオニアとして、設置4年後の卒業生あるいは10年後の大学院修了者を世に送り出す際、育成した人材に対する評価には、私達自身大きな責任があると認識している。

- ・ 分子細胞生物学 コース
分子細胞生物学：プロテオミクス（構造生物学）、分子生命科学（細胞構築・制御）、発生再生医学、分子医学（遺伝子・細胞療法学）
 - ・ 生体応答制御学 コース
生体防御医学：ウイルス学、細菌学、寄生虫学、免疫学、薬理学、衛生学、ゲノム医学、分子疫学（遺伝疫学）
 - ・ 生体情報機能学 コース
生体情報科学：バイオインフォマティクス（情報生物学）、脳・神経機能情報学（含むデジタルメディアイン）、神経工学
 - ・ 先端医工学 コース
生命体工学：ナノバイオメティクス、生体材料工学（生体高分子設計学）、生体医用工学（組織工学、再生医療学）、生体シミュレーション学（含むデジタルペインメント）、バイオロボティクス
- 生命科学研究法（各コースの研究技法、プレゼンテーション技法）
科学英語（科学論文誌解説、科学講演聴解）
生命倫理・研究倫理、情報処理学（含む医用統計学）、安全管理学

図3. 生命科学科独自の高年次履修内容



第1回生命科学科キャリアアップ夏合宿



プロフェッショナルとしての研究者

原山 優子



平成21年1月12日、仙台市の成人式へ参列する機会を持ちました。エネルギーに満ち溢れた会場には、平成生まれの成人の輝かしい顔。「彼・彼女らが自らの手で切り開く人生とは?」、「この中の何人が研究者になるのだろうか?」と想像するとともに、遠ざかった二十歳の自分を思い起こすきっかけとなりました。

当時の私は、フランスのブザンソン大学で数学に没頭していた時期にあり、また結婚を頭の片隅に置いたこともあります。その後、過去に囚われることも、先を読むこともなく、その時その時の体験を味わいつつ、40年近くが経過し、現在、東北大学の工学研究科において科学技術政策論を担当する一教員として過ごす日々が続きます。

これまで歩んできた道を振り返ると、プロフェッショナルとして研究者の道を選択したことになりますが、当初から計画したキャリアパスは不在でした。とは言え、いくつかの分岐点が存在し、そこではその後のキャリア・生き方に大きなインパクトを与えることになる意思決定を行ってきたことに気がつけます。ただし、これはあくまでも結果論であり、当時はその意味を知る由もありませんでした。

昨今、博士号取得者のキャリアパスの多様化、研究者の流動化、研究職における女性の比率の拡大、分野融合型研究の推進などが政策課題となり、ひいては社会一般に認知される課題となりつつあります。また、これらの課題に中には、私自身あまり意識的にではありませんが、自ら実践し、あるいは体験してきたことと重なり合う部分が多く存在します。そこで、本稿では、私自身日々直面し、そして科学技術政策の論点としてあたためてきた「プロフェッショナルとしての研究者」について、専門分野の選択、そして「女性である」という条件の2つの視点から再考することにいたします。

専門分野の選択

研究者であるということは体系化された学問分野のいずれかに帰属することを意味します。では、どの時点で、何を基準として研究者は自らの専門分野を選択するのでしょうか。

私の体験から申しますと、高校時代に興味を持った授業科目、そこでは担当の教員が醸し出す知を楽しむ雰囲

気が大きく影響しましたが、その中から、成績も含む諸条件を踏まえて、専門分野として数学を選択しました。その後、30代になってから、再度学生として大学に復帰したときは、それまでの体験から社会問題として意識するに至った課題に向き合う手段を身につけたい、という動機が専門分野を選択する際の判断基準となりました。具体的には現行の大学システムに対する疑問から教育学を専攻したわけですが、その後、研究の分析枠組みを模索する中、たまたま経済学に巡り合い、それが持つ数学の香りに惹かれ、教育学と並行して経済学も専門分野と位置づけるようになりました。いわゆる「理系」の学問分野である数学から「文系」の学問分野である教育学に移籍し、「文系」とはいえ「理系」寄りの経済学に専門分野を広げたことになります。現在に至っては、工学研究科に所属し、「理系」の世界の中で「文系」の調味料として機能しております。

過去の体験から専門分野の選択のカギを探ると、知的好奇心、教科の成績、社会的課題の存在、分析枠組みの獲得が浮かび上がります。また、選択の時点は、高校生から大学生へ、社会人から大学生への移行時、そして、研究を進める過程で専門分野の複線化の必然性を感じた時となります。これが私の個別解ですが、以下では一般解の模索として「理系・文系」の切り口から考察します。

「理系・文系」の二分法は、学問分野の分類法として日本に浸透していますが、「理系の人間」あるいは「文系の人間」と称されるように、個人のアイデンティティーの分類法としても広く認知されています。また、労働市場においては、学歴、性別、年齢と並んで、格差をもたらす影の要因としても存在します。本稿にもすでに登場した語句ですが、何を持って「理系・文系」とするのでしょうか、そして、帰属の選択はどのようになされるのでしょうか。

理系・文系への分化は高等学校から、という印象を持ちますが、高等学校設置基準によれば「普通教育」と「専門教育」の二分法しか存在せず、また普通教育をとっても、制度的には理系・文系に区分されてはいません。よって、理系・文系への分化は制度上のものではなく、ファクトとして、大学進学を目指す際、便宜上の選択肢として「理系受験」と「文系受験」が登場する、ということ

がわかります。

さて、大学入学後の進路を「理系の学部」、「文系の学部」とあえて二分したとすると、獲得する専門性について、どのような差異が生じるのでしょうか。

知識の専門性という視点から「理系」と「文系」を比較すると、「自然および人造物」と「人を主体とした現象および創作物」と取り扱う対象を異にし、また概念、知識体系、研究手法、評価システムにおいてはさらに細分化された分野ごとに固有なものが存在します。しかし、専門性の基盤を成す論理的思考、分析能力、批判的精神、課題探求力、といった科学的思考の本質的な部分に何ら違いを見いだすことはできません。しばしば「理系進学者」は論理性に、「文系進学者」は感性に、それぞれ強みを持つとも言われますが、私個人の体験からすると、理系文系いずれも論理性と感性の両者を持ち合わせることなく専門性を極めることは難しいと考えます。また、科学技術の推進力として新領域、融合領域が台頭しつつある今日、明確な線引きをすることの意義はさらに薄らいでいくように思えます。

また労働市場に目を移すと、日本では慣習としてこの二分法がスクリーニングの手段として用いられてきました。明確な役割分担、固定化されたキャリア・システムが存在する場合は、この二分法による労働力配分にある程度合理性を見いだすことができますが、オープンでイノベティブな社会を目指すのであれば、このやり方は足かせとなりかねません。なぜなら、そこには、固定観念または既存の枠に縛られることなく創造性を發揮し、自らを取り巻く環境とインターアクションを取りながら社会的価値を生み出していく、言わば「理系・文系」の箱に収まらない人材が求められるからです。「理系・文系の呪縛」からの開放を唱える次第です。

「女性である」という条件

研究者の量的拡充と多様性の確保という視点から、政策課題として女性、若手、外国人の活用促進がうたわれるようになってから何年かが経過しました。また男女共同参画の動きも相成って、女性研究者の数を増やすべく、さまざまな制度、施策が導入されてきました。そして、その効果も徐々に出つつあるというのが今日の状況です。

「女性である」ということは、前述の専門分野と異なり、自ら選択することのできない与えられた条件であるわけですが、そもそも、研究者をプロフェッショナルとする際、「女性である」ことによる特異性は存在するのでしょうか。生物学的、脳科学的、人類学的、あるいは心

理学的、社会学的な見地からの議論はそれぞれの専門家にお任せすることにして、私の体験から申しますと、学問分野に、*ceteris paribus* の条件下で、ジェンダーによる向き、不向きに有意差があるとは思えないし、科学的アプローチに「男性流」、「女性流」があるわけでもない、というのが実感です。ただし、今日、個々の研究者が隔離された場所で研究を行うことは稀で、多くの場合何らかの組織に所属して活動することになり、そこでは構成メンバーが共有する価値体系、属性などに基づいてグループ・ダイナミックスが生じることになります。属性を共にする人同士にある種の連帯感、あうんの呼吸が発生することは自然な成り行きですが、多数派にこの傾向が強く見られる場合、当該属性を共有しない少数派の人々との調音が困難になることがしばしばあります。少数派への配慮と言う点からも、さまざまな機会を活用して、不協和音の存在を認める、不協和音を受け入れる、不協和音からハーモニーを引き出す、といった体験を重ねることが重要だと感じます。また、出産、育児といった子供との関わりにおいて、研究者であろうとなかろうと、母親の中核的な役割は不变のものと考えます。育児・家事に父親の協力を得ることができればそれに越したことはありませんが、なければならないで、怪我の功名とでも申しましょうか、研究者として活動する際に大いに役立つスキルを身につけることができます。日々の生活から、必然的に限られた時間に複数のタスクを同時に遂行すること、そして問題解決にあたって多面的なアプローチを試みることを体得していくからです。

おわりに

昨年は複数の日本の研究者がノーベル賞に輝き、研究者というプロフェッショナルに社会の関心が集まりました。また、受賞者の方々のお話は、進路を模索する若い世代の方々にとって、研究者が研究者たる所以を感じ取る機会になったのではないでしょうか。

最後に、プロフェッショナルとして研究者を、と考えている方々にメッセージを一言添えて、本論の締めくくりといたします。知的好奇心が原動力であることに疑いの余地はありませんが、それと同時に、与えられた枠を乗り越えることに、チャレンジし、それを楽しんでいただきたいと思います。その枠とは、自らが身を置く専門分野における研究のフロンティアであり、他の分野との境界線でもあります。特に「理系・文系」の枠は是非チャレンジの対象としてお考え下さい。そして、その境界線を越える手段として、自らとは異なる属性、バックグラウンドを持つ研究者とのディスカッションをお楽しみ下さい。



知の市場の展開

－化学・生物総合管理の再教育講座の5年間の軌跡－

増田 優



背景

近代に入って多様な技術革新が急速に進展し、われわれの生活や社会を大きくかつ広範に変革してきた。生活必需品から食糧生産を飛躍的に増大させた肥料・農薬そして産業や社会の活動に必要不可欠な資材まで、その広がりと深さは計り知れない。

一方、1992年にリオデジャネイロで開催された国連環境開発会議（UNCED）においてアジェンダ21第19章が採択されて以降、化学物質管理は環境と開発に係わる国際的な活動の中で主要な課題と位置づけられてきた。この国際的枠組みは2002年の持続可能な発展に関する世界首脳会議（WSSD）に引き継がれ、2006年2月には国際化学物質管理会議（ICCM）において国際的な化学物質管理のための戦略的アプローチ（SAICM）が取りまとめられ、化学物質を総合的に管理するための方策が世界的に合意された。

加えて、欧州における2006年の新たな化学物質総合管理法制（REACH）の制定や米国における有害物質規制法（TSCA）の改正の動き、そして国内における2003年3月の化学物質管理促進法の施行や化学物質審査規制法の改正など関連する動きも活発である。

また生物管理においては、従来から農林・水産・食品、医療・医薬・健康、公衆衛生・検疫などの各分野において評価管理体系が構築されてきており、今日の基盤をなしている。1973年に組換えDNA技術が開発されたことを契機に遺伝的に改変された生物に関して、これまでの評価管理体系を踏まえてGILSP原則やプロダクトベース原則などの諸原則やガイドラインが制定された。しかし近年、環境保護などの観点からリスク評価の議論が再燃し、1992年に生物多様性条約が締結され、2000年にカルタヘナ議定書が採択された。国内においても同議定書の批准に伴い、2003年にこれらに関連する法律が制定された。

さらに、抗生素の普及によって一時は人類が制御に成功したかにみえた感染症についても、新興感染症の多発により世界的な課題として急浮上してきている。たとえば新型インフルエンザによる脅威は、第一次および第二次の世界大戦を凌ぐ経済・社会の麻痺を起こしかねない脅威として、世界保健機構（WHO）や各国において

対策が進められている。

そしてそれらの中において、人材育成と教養教育の向上による個人および社会の能力強化（キャパシティー・ビルディング）が重要課題としてあがっており、世界各国で取り組みが進められている。一例を化学物質管理にとってみても、米国には百を超える大学院の課程が存在し、毎年数千人の修士課程修了者そして数百人に上る博士課程修了者を社会に送り出している。さらに、社会人が広く学び得るよう通信教育やIT教育も盛んである。

これに対して、わが国における化学物質管理および生物管理に関する教育の現状を欧米諸国と比較すると寒心に堪えない。修士課程や博士課程といった専門教育の場がこれまで皆無と言ってよいほど限られ、総合的に教育する体制が著しく立ち遅れている。そして、社会人に対する化学物質管理および生物管理に関する教育・研修の機会も限定されており、内外の動きに対応することができるか否か非常に心もとない状況にある。

一方、日本は1970年代から1980年代にかけて世界的にも類例を見ない成功の経験を有している。ひとつは1960年代の高度成長期に発生した公害の克服であり、いまひとつは1973年と1979年の第一次および第二次の石油危機を克服した経験である。後者について言えば、省エネルギーなどを進め、10年余りで産業部門におけるエネルギー消費原単位を半減させた。前者についても同様に10年余りで、水質汚染の原因となる有害物質や大気汚染の原因となる硫黄酸化物などを10分の1に減少させた。

こうした成功において研究開発や設備投資が果たした役割も大きいが、それにも増して省エネルギーや公害防除を推進する幅広い人材を短時間のうちにそれぞれ数十万人規模で総合的に幅広く育成したことが最大の成功要因として挙げられる。こうした世界的にも価値ある経験を、温暖化化学物質を含む化学物質や細菌・ウィルスなどの生物がもたらすリスクの総合的な管理という世界と日本における今後の大きな課題の解決に向けて活かしていくことが重要である。

このような社会の背景と教育の現状を踏まえて2004年度後期の開講以来、技術革新と生活や社会の変革について、あるいは化学物質や生物のもたらすリスクの評価や管理に関し広範な知識を備えそれぞれの立場で役割を果たす人材を育成するために必要とされる総合的な学習



基本方針

1. 総合的な学習機会の提供

化学物質や生物の科学的方法論に基づくリスク評価、国際的枠組みや国内法体系、企業における管理、さらにこれらを理解するうえで基礎となる技術革新と社会との相互関係、技術がもたらすリスク、社会とのコミュニケーションに関する広範な知識を備え、社会においてそれぞれの立場で役割を果たす人材の育成。

2. 実践的な学習機会の提供

専門機関・実務機関、NPO・NGO、大学、産業界との連携により、実務経験を豊富に有する専門家を多数招聘。事業運営、評価にもこれら外部専門家が参画。

3. 情報提供と受講者の自己責任による自由な科目選択

受講者の的確な科目選択に資するため、科目を学群別、水準別に分類して明示し、講義内容や講師などの詳細な情報を提供したうえで、受講者自身が自らの必要に応じて自らの判断と責任で科目を選択。

4. 大学・大学院に準拠した厳しい成績評価

学生・院生の単位取得対象科目として位置づけることを奨励し、社会人に対して学校教育法に基づく履修証明書を交付することを勧奨するとともに修士号・博士号の取得に道を開くことを推奨する。

図1. 知の市場基本方針

の機会を提供するため、化学・生物総合管理の再教育講座を開講してきた。

講座の構成と特徴

化学・生物総合管理の再教育講座は化学物質総合評価管理学群、生物総合評価管理学群、社会技術革新学群、リスク学群、コミュニケーション学群の5学群で構成し、2004年度後期は15科目、2005年度は56科目、2006年度は58科目、2007年度は55科目、2008年度は37科目の合計221科目442単位相当を開講した。1科目は1回90分間の授業を15回で構成し、2単位相当とした。

理論のみならず実践的学習を重視した。このため、企業・産業界、専門機関・シンクタンク、行政機関・地方自治体、報道機関、NPO・NGOそして教育機関や大学・学会と連携し、実社会で必要となるさまざまな実務経験を豊富に有する専門家を講師陣とした。46にのぼる連携機関の参画により、講師陣は2004年度後期101名、2005年度378名、2006年度449名、2007年度459名、2008年度344名で、合計1731名にのぼった。

企業の安全・環境部門はもちろんのこと技術開発部門や企画部門の担当者や管理者、さらに教育関係者、行政機関・地方自治体の担当者、NGO・NPOの関係者や市

民などの広い分野の社会人を受講対象者とし、これらの人々と組織の資質の向上（capacity building）に資することを目指した。

社会人の受講の便宜のため平日夜間もしくは土曜日の午前と午後に開講した。開講場所は2004年後期から2007年度まではお茶の水女子大学、そして2008年度はお茶の水女子大学に加えてキャンパスイノベーションセンター東京、NEDO川崎本部、主婦会館、物質・材料研究機構東京会議室、産業技術総合研究所秋葉原事業所・つくば交流会議室など5ヶ所でも開講した。

分野を問わず広く社会人に門戸を開放するとともに、学生・院生の受講も歓迎した。お茶の水女子大学の学部学生が受講する場合は、一定の範囲内で単位が取得できることとした。さらに2008年度後期は早稲田大学大学院生命医科学研究科が大学院生の教育に活用した。

応募者は必要と考える科目を自由に選択し、科目（90分授業15回）単位で受講することとし、複数の科目に応募する場合、科目が学群横断的であることも特定の学群に集中することも可能とした。また1科目のみの受講も可能とした。しかし、1科目の一部、すなわち15回の授業の一部分のみを受講することは不可とした。

受講の状況

応募動機を精査し適切と判断した応募者については教室の収容人員の範囲内で受講を認めることとした結果、5年間の応募者は6017名にのぼり、そのうち履修届出をした学生・院生は103名であった。応募者の内訳を解析した結果は次のとおりであった。

- (1) 男女比は男性が2/3強、女性が1/3弱であった。年齢構成は20代が12%、30代が20%、40代が27%、50代が26%で合計86%に達し、現役世代の強い支持を受けた。
- (2) 居住区域から見ると、東京都、埼玉県、神奈川県、千葉県の1都3県の首都圏で全体の94%を占めた。しかし、北海道が6名、福岡、熊本、広島が9名、その他宮城、愛媛、岡山、大阪、愛知、富山などの遠方の府県からの応募者も361名と多数にのぼり、全国的に認知され高い評価をうけた。

年度	科目数	応募者	科目当たり 応募者数	受講者	科目当たり 受講者数	修了者数	科目当たり 修了者数
2004 後期	15	332	22	332	22	234	16
2005	56	1,273	23	1,273	23	756	14
2006	58	1,272	22	1,272	22	715	12
2007	55	1,516	28	1,516	28	770	14
2008	37	1,624	44	1,564	42	832	22
合 計	221	6,017	27	5,957	27	3,307	15

- (3) 新規の応募者が51%，過去に受講したことのある応募者が49%となっており，毎年新たな広がりをみせる半面で既受講者の根強い支持も得た。2度目，3度目，4度目の応募者はそれぞれ20%，11%，7%に達し，講座の開始以来，受講科目数が42科目に達する者もいた。
- (4) 職業別に見ると，化学工業・石油製品製造が22%と最も多く製造業全体で39%を占めたが，三次産業も20%に達した。また，大学の教授を含む教員や研究機関の研究者が13%にのぼり，中央政府や地方自治体の公務員が8%，学生・院生や研究員も6%に達し，社会の広範な分野の受講者に支持された。

15回の授業において毎回受講者の出欠を確認した。また、毎回授業の最後に講義内容に関する課題を出題し、受講者にはその場で小レポートの提出を求め、理解度の確認に活用した。15回の授業が終了した時点で科目全体に関する課題を出題し、受講者は最終レポートを提出した。そして大学・大学院の成績評価に準拠した方法で厳格に評価し、所定の基準を満たした受講者に対してはその科目を修了したことを証明する受講修了証を授与した。

5年間で6017名の応募者を得て、5957名の受講者に学習の機会を提供し、3307名の修了者を輩出した。その中で特に、後半の2007年度と2008年度は応募者が激増し、科目当り受講者が2006年度に比較して2007年度は26%増加し、ひきつづき2008年度は93%増大し、2年間でほぼ2倍に増大するという大きな成果をあげることができた。

そして、学校教育法にもとづく履修証明書の交付に必要な4科目相当以上の修了者が229名、さらに大学院修士課程修了に必要な授業単位数に相当する10科目以上の修了者が53名にのぼった。

受講者と講師による評価

講座をより充実したものへと常時改善を図るため、受講者と講師による日常的な評価を重視した。このため受講者に対して15回の講義の終了時に毎回授業の評価のための調査を行うとともに、科目の終了後に受講者と講師に対して科目の評価のための調査も行った。

受講者が講義に関して、①満足度、②理解度、③レベル、④講師の話の分り易さ、⑤教材の分り易さ、の5項目について評価した結果は、講義の満足度、講義の理解度などいずれの項目も概ね4以上の高い評価であった。また、受講者の科目全体についての評価も満足度や理解度などいずれも高い水準で、最終的な総合評価といえる「来年度も受講したい」や「他者に紹介したい」とする回答はいずれの年度とも95%近いきわめて高い水準であった。このように多様な受講者の必要に応えて良好な

人材育成と教養教育の融合と知の市場が目指す水準

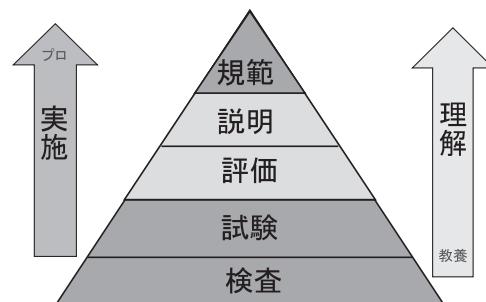


図2. 知の市場が目指す教育

評価を得ていることが複数科目の受講や継続的な受講という傾向につながっているのみならず、人から人への情報伝達による新規応募者の増大の大きな要因となっている。

講師の科目全体についての評価も受講者の態度や学習意欲などいずれも高い水準で、全体として講師は高い満足度を示した。このことが講座の継続に対する講師や連携機関の積極的な姿勢へつながるとともに、日常的な改善の原動力として働き良循環を形成する誘因になっている。

講座の2009年度以降のあり方について自然発的に100名を超える多くの受講者から発展的に継続を求める声がよせられたことを契機に追跡調査を行った。受講したことがその後どのような点で役に立ったかについて調査した結果を、業務の改善、研修教育の改善など組織として仕事に活かしているのみならず、キャリアアップなど個人としても活かしている姿が浮き彫りになった。あわせて、ほぼ全員がその発展的な継続を希望する中で、多くの者から自発的にこの活動に参画して協力したいとの意向が示された。

このように再教育講座は幅の広い高水準の教養教育の場として認知されているのみならず、高度な専門教育の場としても評価されている。そして高い水準の教養教育と専門的な人材育成を融合する新しい姿を創り出した。

今後の展開

2009年度以降はこうして築かれた基盤を活かして、さらに視野を拡大し、より広範な分野についてより広い地域の人々に自己研鑽の機会を提供することを目指して化学・生物総合管理の再教育講座を発展的に継承しつつ、「知の市場 (<http://www.chinoichiba.org/>)」として新たに展開していく。

「知の市場」は、「知の市場」の理念と基本方針に沿いつつ「知の市場」の運営体制を踏まえて連携機関の協力のもと、科目（120分授業15回2単位相当）を一つの受

講単位として開講し、大学・大学院に準拠した厳しい成績評価を行うことを原則にしつつ、全国に翼を広げて進化していく。

社会と世界のニーズに応える 知識体系に再構築



図3. 知の市場の構造と目標

「知の市場」は、当面、化学・生物総合管理の再教育講座の活動実績を活かしながら、当初は化学物質や生物の総合管理、医療と保健、社会変革と技術革新、コミュニケーションなどに関する領域で開講するが、世界の動向や時代の進展などに配慮しつつ適宜見直し、科学から芸術まで、地域から世界までなどなど、生命・生物・生活・人生・生存に係わるありとあらゆる現場を視野に入れて大幅に分野を広げて進化していく。

2009年度は名古屋市立大学学びなおし支援センターの主催で18科目、東京工業大学社会人教育院の主催で15科目、労働科学研究所人材養成センターの主催で8科目、早稲田大学規範科学総合研究所の主催で6科目、福山大学宮地茂記念館の主催で6科目、お茶の水女子大学ライフルワールド・ウォッチセンター（増田研究室）の主催で4科目、産業医科大学産業保健学部の主催で2科目、製品評価技術基盤機構と主婦連合会およびNPO法人関西消費者連合会の主催で2科目、物質・材料研究機構の主催で2科目、新エネルギー・産業技術総合開発機構の主催で2科目、明治大学リバティ・アカデミーおよび明治大学大学院理工学研究科新領域創造専攻の主催で2科目、化学工学会シニアケミカルエンジニアズ・ネットワークの主催で2科目、産業技術総合研究所の主催で1科目、農業生物資源研究所の主催で1科目、食品薬品安全センターと主婦連合会の主催で1科目、合計で全国15拠点で合計72科目を開講する。

もとより人材育成の成果や効果を短期間に見定めることには無理があるが、「総合的な学習の機会の提供、実践的な学習の機会の提供、情報の提供と受講者の自己責任による自由な科目選択、大学・大学院に準拠した厳しい成績評価の4つの基本方針のもとに、広範な知識を備えそれぞれの立場で社会において役割を果たす人材を育成するための自己研鑽の機会を提供する。」という化学・生物総合管理の再教育講座の基本方針は多様な形で成果を現しており、「知の市場」として新たに展開するための基礎固めにつながっている。

「互学互教」の精神のもと「現場基点」を念頭に「社学連携」を旗印として実社会に根ざした「知の世界」の構築を目指して、人々が自己研鑽と自己実現のために自立的に行き交い自律的に集う場として、「知の市場」が社会に広く深く展開することを期している。



図4. 知の市場の体系



企業で働くということ

永井 幸枝



食品素材メーカーへの入社、研究生活

私は平成元年に三井製糖株式会社に就職し、川崎にある研究開発部に配属された。男女雇用機会均等法が施行されて間もなく、それまで修士が2人しかいない職場に初めて女性の修士が入ってくるぞ、と結構な騒ぎだったそうだ。重いジャーファメンターを扱えるか、出張は無理だろうなど、食品会社にありがちな封建的な議論がなされたらしい。また、若手女性社員は、就業開始30分前に出社して皆のデスクを拭き、灰皿を洗い、一日3回お茶を配り、皆の湯のみや灰皿も覚えなければならず、研究するために入社したのに、何だこれは?と驚きの日々であった。

三井製糖は、当時の精糖メーカーとしては珍しくパラチノース（6-O- α -D-glucopyranosyl-D-fructose、以下Palと略す）というスクロースの構造異性体を自社開発し、生産開始していた。Palは特定保健用食品の「虫歯の原因になりにくい食品」の関与成分として認可され子供用菓子類などに使用されていたが、砂糖と比較して甘味度と溶解度が低く、食品加工上用途に制限があった。そこで、私の最初のテーマは、「純度の高いトレハルロース（以下Treと略す）の効率的連続生産」であった。Pal同様非う蝕原性だが結晶化しないTreを工業生産し、Palとの併用により加工特性が改良され用途が広がるのである。

Palの生成に関与する α -グルコシルトランスフェラーゼは数種の細菌から発見されていたが、すべてスクロースからPalとTreの両方を同時に生成する。酵素の起源により各糖への変換率が異なり、当時の変換率はスクロースからPalへの変換率が最も高い*Protaminobacter rubrum* CBS 574.77は約85%Pal、逆にTreへの変換率が高い*Klebsiella*属菌株は約65%Treであった。そこで、タイの土壤から高Tre生産菌を分離し、酵素生産に適した培養条件を検討、菌体を固定化し、Tre90%の反応液をリアクターで連続的に得る製造条件を確立した。この研究について、菌株の分離同定、酵素の精製などについて農芸化学会誌他に数報の論文を投稿した。母校での学位取得を考えたが、3番目に修士として入社した私に、上司の“年功序列だから”という言葉で道は閉ざされてしまった。

結婚による好機と出産による転機

結婚一年後に職場が茅ヶ崎に移転することになった。結婚したのは入社4年目であったが、結婚した年に業界の技術研究会で発表することになった。通常の学会では女性の発表も多いが、当時の精糖業界の技術職は男社会であり、女性の発表は珍しいものであった。また、Pal, Treを製造している岡山の工場にも頻繁に行くようになり、共同研究を行っているドイツの製糖会社への出張も実現した。入社当時、「女性に出張させられるか?」との議論があつたことなどウソのような状況になった。実験に明け暮れ、休日出勤もした。結婚しても特に業務上困ることはなかった。それは、夫が企業研究者であったからかもしれない。夫の職場には多くの女性研究者が子育てをしながら働いていて、“働く奥さん”に抵抗がなかったのだ。茅ヶ崎に移転した職場は「茅ヶ崎研究所」と名を変え、PalやTreだけではなく、サトウキビ由来の有効成分の研究を始めていた。このころ、妊娠がわかったのである。

デスクワーク研究者の仕事

妊娠になり、平成8年春の組織改変とともに、実験をする業務からいわゆる研究企画のようなデスクワークに移った。私にとっては“左遷の感覚”であった。妊娠に実験はさせられない、何かあったら…と上司たちが出した結論である。特許や技術調査の仕事を始めて2ヶ月後に産休に入り、出産を迎えた。しかし、長男は分娩中の事故で仮死状態で生まれ、生後30日で亡くなった。職場での挫折感に加え、なぜ皆が普通にしていることができないのか、自分はなんて運が悪いのだろうとにかく落ち込む日々が続いた。さらに、産休明けで出社すると数ヶ月のブランクと慣れないデスクワークが静かに待っていた。その一年後長女が誕生し、「なるようになるさ」と会社初の育児休業取得者となり、職場復帰したのである。

復帰した私を待っていたのは研究所長であった。私の所属する課は、特許・調査と新たな研究テーマを探ることが担当である。また、当社研究所は研究も商品開発に近いことも行っていた。そのため所長は、調査の仕事をどんどん与えてきた。たとえば、各種成分の生理機能に関する特許・文献情報や、タイの関連会社から開発中の

製品を食品として輸入するための法規制など、技術的だけでなく、食品や飼料に関する法令、市場など、研究開発に関係するあらゆる調査である。そのため、さまざまな役所・業界団体にあたる必要もあった。また、企業や国の研究所との共同研究にも関与し、実験の方向性、特許についての検討も行った。さらに、次々と見つかっていくサトウキビの有効成分の機能やPalの新機能について、特許出願明細書を書き、特許事務所や社内外の研究担当者に研究背景から応用性、使われる技法や装置などについて聞き取り、調査をし、足りない実験結果を補充してもらった。共同研究先との共著でいくつかの学会誌に論文も投稿し、業界誌の記事投稿も行った。つまり、特許・調査・パブリシティー担当になったのである。自分で実験するより早く開発が進み、幅広い知識が増えていくじゃない！と感じ、どんどんやり甲斐を感じるようになった。長女誕生の3年後に次女が誕生したが、育休明けには製糖業界研究者の国際会議での研究発表が予定されていた。

博士、技術士になる

すっかり忘れたころに降って沸いたのが学位取得である。長年共同研究していた神戸大農学部の岸原教授（当時）から「御社でPal関係で学術論文を5報ほど書いていて、学位を取る人いませんか？」というお話があったのだ。私は前述の通りPal関係で論文を書いており、該当者が私だけだったことから、当時の研究所長が私を推薦してくれた。まず打ち合わせに大学に行き、博士論文を書き、メールや宅急便の往復で教授に添削していただき、神戸大にはほんの数回しか行かずに論文で博士（農学）になった。当時6歳だった長女に「お母さん博士になるよ」というと、「おじいさんになっちゃうの？遠くに行くの？」と泣かれた。なぜだろう、子供向けの本には、大抵白髪で髭を生やし、めがねをかけたおじいさん博士が出てくるのは、おじいさんにもならず、遠くへも行かないわかった長女は喜び、保育園の先生にも話してくれた。

博士になった私は、次は「技術士になろう」と決意した。企業で博士になった効果は格段であった。それまで、仕事でいろいろな研究機関の先生方と話をしてきたが、出身大学や専門を聞かれたり、極端に基礎的なことから説明されたりとまどろっこしかったのが、本題から会話してもらえるようになったのである。しかし、博士には「ある特定の狭い分野に非常に詳しい人」というイメージがあり、また博士になったのは運によるところが多く自らの力を強化したいと思い受験したのだ。技術士の生物工学部門の試験勉強は受験者が少ないため「これさえやればの参考書」は存在せず、解答のない「過去問」を買

い、ひたすらインターネットや専門書を調べて解答作りとその周辺知識の充実を図った。夫は機械部門で異なる分野だが一緒に受験し、夫婦で技術士になった。この受験には、論文投稿や特許明細書作成の文章作成と調査の経験が大いに役立った。

休職そして現在

平成17年、三井グループの精糖会社3社が合併し、研究所組織は台糖（旧台糖ファイザー）と一緒にになり、茅ヶ崎に落ち着いた。名称も総合研究所になり、これからは旧台糖の研究内容も把握していくかなければと思った矢先、長女が病気になってしまったのだ。初めは親子ともわけがわからず、「とにかく外に出られない！」というのである。強迫性障害（強迫神経症）という心の病気だった。発症直後から県立の子供専門病院に通い、今は入院生活を送っている。子供が病気になると、母親は「私のせい」と思いがちである。特に働く母、心の病気とくればまずそうだろう。御多分に洩れず私もそう信じ2年以上を過ごした。医師に、「身体の病気も心の病気も同じ。本人のもって生まれたもの（性格も先天的部分がある）や情緒の発達状態、学校などの集団環境や家庭環境などさまざまな要因が関与して発症するため、病気の原因は特定できず、特定しても治療上の意味は無い。」と言われ、長女にも「お母さん、会社を辞めないで！仕事をしているお母さんが自慢なんだから」と泣かれて考えを改めた。子供が発症して会社を一年半休職し、復帰して一年半が経とうとしている。

休職中に上司が旧台糖からの所長、課長になり正直不安があったが、復帰後半年ほどして共同研究している大学の客員教授の話があり、引き受けさせて頂いた。また、Palの新機能に関して特定保健用食品申請を任せられた。私の家庭の状況をよく知りながらさまざまな機会を与えてくれる上司にも会社にも本当に感謝している。

つい先日、大学で講義を行ってきた。「企業における技術系社員の仕事について」、自分の経験を交えて話してきた。多くの質問が出て、学生たちが将来を真剣に考えていることを実感した。これから社会人になる学生の皆さん、自分でやりたいと思うことは、とにかくやってみよう。やらなければ何にも変わらないし、自分の夢は努力と熱意によりある程度叶うのだ。そして、自分の力ではどうにもならないこともあると、心の片隅に留めてほしい。「絶対こうならなければダメだ」という考えは捨て、もっと柔らかく生きていこう。そして、今できる、精一杯のことをしよう。これは、社会人として自分自身にいつも言い聞かせていることである。



だれが与えてくれたのか？ —超音波霧化分離法という贈り物—

松浦 一雄



最近私どもが開発した超音波霧化分離法について、米国で説明する機会に恵まれた。聞き手の一人はすぐに私に質問してきた。

What inspired you?

Inspire がインスピレーションの動詞だということはおぼろげながらわかったものの、日本人の感覚とはやや違っていた。後になって辞書を引いてみると、「靈感を与える」「鼓舞する」とある。「発明は99%のパースピレーション（汗）と1%のインスピレーション」という有名な台詞はエジソンのものだが、日本人の認識では「ひらめき」である。あくまで個人的な自我による頭脳の活動である。

ところが、英語の持つ本来の意味は「1. 精神的活力」であって、おそらくは「何者かによって与えられたアイディア」という意味なのだ。靈感という日本語には手垢がついた胡散臭いイメージがあり、ついに松浦も頭がおかしくなったか、という語感が強い。その言葉が適切かどうかは別として、英語圏のInspirationの持つニュアンスは、誰か（おそらくは神様や先生）が「与えてくれたギフト」なのだとようやく理解した。つまり、日本語のひらめきとは異なり、Inspirationは、誰かがその人に贈った贈り物なのだ。ひらめきと比べるとかなり謙虚な考え方である。

たいへんな贈り物

私に「贈られた」ものにはささやかなものも多かったが、超音波霧化分離法はたいへんな贈り物だった。たいへんな気苦労と時間と予算がかかったという意味において、役に立つかどうかは、人様にご判断頂かねばならない。興味深い実験結果や考え方には人生を変えてしまう力がある。技術者・科学者の末席として、私もこの問題に今まで16年間取り組んできた。その強い吸引力から取り組まざるを得なかった。冒頭からの流れでいうと、取り憑かれたとも言って良い。その間、自分の出したデータが間違っていたら（よくそう指摘された）、たいへんな迷惑をたくさんのお客様、技術者、国に対しても（巨額の研究費を支給してもらっている）与えてしまうことになる。私一人が血迷っていたために、今までこの課題に取り組んできた多数の人たちの努力を水泡に変えてしまう。四国経済産業局の事業を3年、中小企業基盤整備機構の事業を1年、徳島県の事業を1年、NEDOの事業

を2年、他の技術者が私の仕事を基に行った事業は知るだけでも3件ある。海外においてもブラウン大学（米）に科研費もついて研究が行われ、カナダのNRC、イスラエルにも研究者がおり論文が提出されている。論文を読む限り、たいへん精力的な研究活動が行われているようだ。もちろん追い抜かれないようにせねばならない。

その上、開発の大半を中小企業で行ってきたので第三者から見ると私はほとんど暴走していたように見えただろう。本業は田舎の地酒メーカーなのである。そういう意味でもご支援頂いた方々の期待、この国の期待に必ず応えなければならない。

この文脈で振り返ると、最初の贈り物は徐々に自己増殖して大きく私の背中にのしかかってきた。現在こそ一定の評価を技術者の方々から得ができるようになってきたが、それまでは地方メーカーの本業から見るとお荷物にしか過ぎないわけで、本業の売上げを落とさないようにしながら新規事業を立ち上げるという苦労を社員に強いることになった。幸い社員には恵まれていた。

超音波霧化分離法とは？

この技術について、まだ聞かれたこともない方が大半かもしれない。何度か生物工学会で発表もしているものの、これまでのパラダイムから見て、きわめて異質な印象を持たれているようだ。そもそも溶液を霧にするだけで分離が進行するであろうか。それはなぜか？相変化（蒸発）と似たようなことが生じているのに、気化エネルギーの何倍も小さなエネルギーで分離が進行していくのはなぜか？温度を低下させると分離の傾向が良くなるのはなぜか？温度を高くし沸点に近づいていくと、気液平衡関係に近似していく、それはなぜか？

このような根元的な質問にも、溶液科学者のご協力と精力的な研究により、そろそろよどみなくお答えできるようになってきた。化学の教科書には物質の三態という章が必ず出てくる。気体、液体、固体であり常識的な事柄である。液体と気体の間の相変化を蒸発と呼ぶが、ミスト形成は蒸発ではない。私どもが扱うのは、その中間に位置するメソ液体もしくはメソ気体というべき状態がミストとガスの混相流である。このメソ液体は超音波によって液体がミストになる際に、元の液体の構造を反映した構造を持つ。すなわち、もとの溶液の会合状態を反

著者紹介 (株)本家松浦酒造場内 霧化分離研究所 (代表取締役), (独)産業技術総合研究所 (客員研究員), 技術士 (生物工学部門)
E-mail: kazu@shumurie.co.jp

映する。このことが決めてであった。

現象面からのみ表現すると、混合溶液を超音波で微粒化（霧化）すると、元の溶液とミスト中の成分が異なるのである。この霧を集める必要があれば冷却するか、吸着するなどして集めてきて製品にする。要するにそれだけである。だから私達にもできたのだと思う。

今では、エタノール水溶液だけでなく、他のアルコール類でも、理想混合するような炭化水素の混合溶液でも、塩類や糖類、アミノ酸、有機酸、グリコール、脂肪酸、高分子ゲルなど微粒化さえすればほとんど何でも分離できることがわかってきてている。ただし、高粘度の溶液は微粒化がそもそも困難である。一方、工場の廃蒸気や廃熱を利用して分離速度を高めることも可能である。特に不揮発性物質の濃縮の場合、希薄な水溶液から水を抜き取っていく操作はたいへん効率的である。気化潜熱を与えないでも糖や塩が濃縮していく様はたいへん奇妙である。水が糖分子や塩分子を離して、水分子単独ミストとなって分離していくようである。

多くの場合、微粒化にかかるエネルギーは気化潜熱よりも小さく、分離性能は気液平衡関係と同等もしくはそれ以上の場合が多い。熱を加える必要が必ずしもない、バイオプロセスとの相性は抜群によい。発酵途中の液体を抜き出してきて、その発酵温度で霧化し、生成物を分離しつつ生産物阻害を低減することは比較的簡単にできる。

贈り主は誰か？

それでは、誰がそのような贈り物をしてくれたのだろうか？分離科学の神様が加担しているのは間違いないが、私の恩師とも呼べる人々による、出来の悪い生徒を導くという涙ぐましい努力の賜である。中学時代の理科の牧野先生には助けられた。英語と国語が最悪な劣等生ながら数学と理科は満点のちぐはぐな子供に将来性があると言ってくれた。大阪大学大学院工学研究科の塩谷捨明先生（現日本生物工学会会長）には博士論文の添削でたいへんなご苦労をおかけした。就職先の前職の研究所長は坂口謹一郎先生門下、布川弥太郎先生で毎月酒を飲みながらの薰陶を受けた。関西学院大学商学部夜間大学院でご指導頂いた杉原左右一先生は今学院の学長を務められているようである。

現在ご指導頂いているのは同志社大学の土屋先生で、早くから超音波霧化分離の研究活動を指導して頂いている。また、独立行政法人産業技術総合研究所・環境管理技術研究部門の脇坂グループ長とは口角泡を飛ばして超音波霧化分離の分離メカニズムの議論をし、世界的な論文を形にしていただいた。その上、産総研の客員研究员に推薦して下さった。年下だが立命館大学理学部の矢野客員教授には、いやがるところを留学中のハーバード大に押しかけて研究参画をお願いし、世界最大の放射光施

設 SPring-8 にて超音波霧化ミストの粒径（ナノサイズ）を測定して頂いた。このことは、分離メカニズムを追求する上で大きな進展をもたらした。

つまり超音波霧化分離法は個人の「ひらめき」ではなく、恩師に「鼓舞して」頂いてきた事柄なのである。またさまざまな形で支援して頂いている特に NEDO をはじめ経済産業省の政府の方々には感謝しても足りないであろう。今振り返ると、よくぞ挑戦的というより投機的とも見えかねない試みを助成してくれたものだと思う。超音波振動子のメーカー、本多電子社にも多大なお世話になっている。この技術の普及を目指したベンチャー設立にあたっては、多額の出資を受け、資金的な苦労を分かち合ってきた。

現在は前出の土屋先生を会長とした超音波霧化分離研究会を設立し、毎年一回のシンポジウムを開催している。前出の NEDO 事業のメンバーが中核となって研究ネットワークができており、さまざまな方面からこの技術に磨きをかけている。現在では、SPring-8 でのナノミスト発見の成果を基に、微細ミストの広大な界面を利用した吸収・反応・熱回収・分級などの応用事例も充実してきた。

「地球環境の修復」という夢

今では、超音波霧化分離法は我が国産業に貢献できるだけではなく、将来は地球環境を修復する一つの手段になればと考えている。分離装置としての蒸留法やエバポレーターとの最大の違いは、熱的なエネルギーで駆動されているのではなく、電気で分離が進行することである。昨年の石油の高騰を契機に、革命とも呼べる発電法の刷新が進行している。太陽電池の急速な普及はもとより、燃料電池やヒートポンプの普及であり、数年後には温度差発電が寄与するようになろう。そのような時代には、電気を供給して頂いて、霧化分離装置が膜分離技術と共にしながらひたすら世界の至る所で熱力学の第三法則に逆らっていろんなものを分離精製し、廃液から有害物質を取り除き、大気から化学物質を回収する。また、次世代バイオエタノールを精製し、さまざまな石油化学製品の純度を高めていく。その活動を通じて温暖化ガスを一切排出しない。その上ヒートポンプで作られた海洋や大気中の熱を利用して、分離効率をいっそう高めていく。その活動を通じて地球の温度をむしろ冷やしていく。このことの実現に、残りの人生を捧げたいと考えている。本年 1 月のオバマ大統領の就任演説を新聞で読んだ。グリーン・ニューディール政策のことを象徴する一文を見つけた。“We will harness the sun and the winds and the soil to fuel our cars and run our factories.”

そのことに貢献したいと考えている。



性の進化に魅せられて

桂 有加子



私は、将来研究者になることを目指して、性決定や性染色体の進化に興味をもち、学位研究に励んでいる大学院生です。現在の進路や研究課題を選んだ背景と理由、現在の研究内容、さらに自らの将来に対する展望についてお話しできたらと思っています。

私は、総合研究大学院大学（総研大）という大学に在籍しています。総研大は昭和63年に設立された学部を持たない新しい国立大学法人です。大学の本部キャンパスは、富士山や大島を一望し、眼下に相模湾が広がる三浦半島の優れた景観（神奈川県三浦郡葉山町湘南国際村）のなかにありますが、各専攻として18の基盤機関が教育活動に参加しており、ハワイ（国立天文台ハワイ観測所）から南極（国立極地研究所昭和基地）まで全国に21の多彩なキャンパスがあります。私の所属する5年一貫制博士課程は、平成16年に併設されました。このように特殊な環境ではあるものの先導的な大学に、平成18年4月、入学できたことを大変誇りに思っています。

私が研究者を志しているのにはいくつか理由がありますが、しかしながら、一言で言えば、真理探究心が人より強いので、新しいことを知りたいと思うからです。特に、性に関する専門的な研究を行いたいという気持ちがあり、広島大学理学部生物科学科を卒業後、大学院への進学を決意しました。

性をとりまくさまざまな生物学的な特徴は、興味深い“なぜ”を教えてくれます。そのなかでも、性の多様性と可塑性の研究は、生命のあり方を教えてくれる重要な課題の一つです。たとえば、性の多様性は、性の決定様式にみてとれ、生物ごとに遺伝や温度、社会など多様な要因で性（雌雄、交配型、雌雄同体）は決められます。性の可塑性とは、性転換する魚類、あるいは内分泌搅乱物質により性が搅乱される動物、ある条件のもと有性生殖と単為生殖を使い分ける生物などのように、一度決められた性が状況に応じて変わりうるという柔軟性をさしています。このような性の実態やその根源的意味を知ることから、生命がこの先どのような路をたどるか、また環境が生物に与える影響について予測することができると期待されており、それを理解することは私が研究を行う上での最大の目標です。

総研大での5年一貫制博士課程のはじめの2年間は、愛知県岡崎にある基礎生物学研究所（生命科学研究科基礎生物学専攻）で、哺乳類の性分化における遺伝子制御機構に関する研究を行いました。具体的に、分子レベルで性差を生み出すメカニズムと未分化な生殖腺原基がどのように性（卵巣・精巣）を獲得するかに興味を持ち、発生工学や分子細胞生物学、生化学的手法を用いて、生殖

腺の形成や分化に必須な遺伝子の生殖腺エンハンサーの機能解析を行っていました。次の3年目からは、葉山キャンパス（先導科学研究科生命共生体進化学専攻）で、脊椎動物の性決定機構や性染色体の進化や起源に興味をもって、学位研究に取り組んでいます。現在、脊椎動物の性決定遺伝子と性決定システムの進化について分子進化学的解析により明らかにしようとしています。また、ヒト特異的なゲノム構造がX染色体上の遺伝子の分子進化に及ぼす影響についても解析しています。

研究所での学生生活のなか、私は自分自身が研究者に向いているとは思えず、進路を変えようか悩んで、一時的に広島に帰郷していたことがあります。そのとき両親と訪れた尾道市の生口島にある平山郁夫美術館で、絵に付属された一つの解説文にとても勇気づけられたので、この誌面を借りて紹介したいと思います。その内容は、大学生の平山氏が画家に向いてないと思い、絵を描くことをやめようとしていた時、恩師に励まされ、画家を諦めるのをとどましたという話でした。その恩師の言葉「壁に突き当たるというのは誰にでもあることだ。早く行き詰まって描けなくなるのは、それだけ人より早く上手になることだと思って、楽な気持ちでやつたらどうですか。続けなさい。（平山郁夫著「絵と心」より）」が心に深く響きました。それを機に、ある職業に向いているかどうかよりも、その職業をやりたいかどうかが大切だと前向きに考えになりました。

研究者としてのスタートラインにまだ到達していない未熟な学生ですが、目の前にある研究課題や学生生活に果敢に取り組み、いつか研究者として歩みだせることを目標として、初心を忘れないように心がけ研究を続けています。そして、将来は、新しい概念を創るような研究活動を行いたいです。そのためには、二つの取り組み方ができると考えています。ひとつは、個性ある創造的な研究を開拓させること、もうひとつは、研究活動で得られた成果を社会に還元することです。二つ目の取り組みにより、社会に新たに認知される、あるいは再確認されると、研究が社会のなかで新たな概念を生み出すにつながります。現在、学位論文のひとつとして、サイエンスコミュニケーションとメディアとの関係性についても研究しています。特に、テレビが研究成果を一般市民へ伝達する際の専門知識のあり方を議論するために、特定の科学番組を題材として、視聴者と専門家、制作者の間にあるギャップを調査しています。このような経験や学術活動を将来に生かしたいと考えています。

私自身の経験や研究活動は限られたものですが、キャリアパスの参考になれば幸いです。

著者紹介 総合研究大学院大学先導科学研究科 生命共生体進化学専攻（5年一貫制博士課程3年）
E-mail: katsura_yukako@soken.ac.jp



2025年の日本と世界を担う バイオ人材の育成



西山 徹

平成革新

現在、将来に渡って、我が国ではもちろんのこと、世界で最も求められているのは、新たな社会的価値を創造できる人材であり、そうした人材によって新たな原理原則・真理が発見され、新たな事業が起こされるのである。今、このようなイノベーション創出人材、技を創り、業を起こす人材が求められている。

地球温暖化、環境破壊、エネルギー危機、食糧・化石燃料・金属資源の高騰、飽食と飢餓、人口爆発と少子化・高齢化など、我が国、世界が直面する課題の解決にはイノベーションの創出が必須である。資源の少ない我が国は科学技術創造立国として生きていくしかなく、唯一の資源は人材である。

我が国の歴史を振り返ると、近代日本の幕開けである明治維新と第二次世界大戦の敗北という国難とも言うべききわめて困難な時期を数多くのイノベーションにより乗り越え、GDP世界第2位という今日の繁栄に至っているが、一人当たりのGDPやIMD（国際経営開発研究所）の国際競争力ランキングの推移を見ると、我が国の国際競争力は、近年低下の一途を辿っている。また、科学技術政策研究所が2007年に報告した科学技術分野の課題に関する第一級研究者の意識調査結果では、日本の科学水準、技術水準、産業競争力はいずれも現在欧米に比し優位性ある分野ですら、5年後にはその優位性が低下し、アジアに対しても全分野で優位性が低下すると予想されている。このように、我が国の現状は第三の国難とも呼ぶべき時代にあり、今こそ平成の革新が必要である。我が国が科学技術創造立国として持続的成長を図るには、産学官を含め、国を挙げて、イノベーション創出人材の育成に取り組むことが不可欠である。

高度理工系人材の育成

前述のように我が国の明日を切り拓くのはイノベーションを担う高度な理工系人材以外になく、深い専門性はもとより、幅広い知識や自ら課題を発掘する力を持ち、さまざまな困難な課題に対して能動的に挑む人材が求められる。高度理工系人材の輩出の起点は大学院にあるが、昨今、博士号取得者に対する産業界の厳しい評価が聞かれる。

2007年3月、日本経済団体連合会（日本経団連）は、

激しさを増すグローバル競争を我が国が勝ち抜くにはイノベーション創出を主導できる高度理工系博士人材が必要であるという問題意識のもと、理工系博士人材の質的充実に向けて産、学、官それぞれが取り組むべき方策をまとめ、提言した。優秀な人材が博士課程に進学しない、博士人材の付加価値が不明確、企業が博士人材の採用に消極的という悪循環にある現状を、優秀な人材が博士課程に進学する、高い付加価値を持つ博士人材が輩出される、企業の博士人材の採用増加という好循環に変えるべく、博士課程に優秀な学生が進学するための3施策、博士課程における教育、人材育成の充実のための3施策、博士号取得者の活用を図るための3施策が提案されている。

日本経団連では、修士課程修了生の採用選考の早期開始の自粛を求めるべく、卒業・修了学年に達しない学生に対して、面接など実質的な選考活動を行うことは厳に慎むとした大学・大学院新規学卒者などの採用選考に関する企業の倫理憲章を発表し、2008年度は本憲章の趣旨実現を目指す共同宣言に895社が賛同している。また、2007年度から日本化学会と連携し、博士課程在学生に産業界での活躍の意義や博士人材への期待・ニーズを産業界が直接伝える博士セミナーを適宜開催している。高度IT人材の育成では、产学研官で育成人材像の検討やカリキュラムの策定を行い、筑波大学、九州大学を重点協力拠点として2007年4月に大学院修士課程に新コースを開設した。産業界は拠点の設立準備会合や運営に協力し、一線級人材を常勤教員や非常勤講師として派遣し、企業奨学金を創設、インターンシップの受け入れなどを実施している。

産学人材育成パートナーシップ・バイオ分科会

2007年度から経済産業省、文部科学省が産・学双方向の対話と行動を実現する大学教育、産学連携の枠組み作りとして産学人材育成パートナーシップを開始し、日本経団連、経済同友会、日本商工会議所、国立大学協会、公立大学協会、私立大学協会、私立大学連盟の代表者が全体会議で、さまざまな環境変化を踏まえ、社会ではどのような人材を必要とするのか、人材育成に産業界と大学はどのような役割分担および協力関係が可能かを議論している。全体会議の下には化学、機械、材料、資源、情報処理、電気電子、原子力、経営管理人材の各分科会が設置され、各分野で必要とされる人材像の明確化、大

著者紹介 味の素株式会社（技術特別顧問）、日本経済団体連合会（産業技術委員会産学官連携推進部会長）
E-mail: tohru_nishiyama@ajinomoto.com

学プログラムへの反映、産業界の協力のあり方の具体化を図っている。

この動きを踏まえ、バイオインダストリー協会では経済産業省の支援を受け、バイオ分野の産学のメンバーからなる有識者会議を開催し、バイオ産業における人材育成にかかる産学連携のあり方に関する調査を実施した。バイオ分野は産業界、学界ともに大きく拡大し、複雑化・多様化しているが、バイオ産業が求める博士人材像については、バイオ分野で国際競争に勝ち抜ける専門性を持った人材、幅広く応用が利く知識・知力を備えた人材、リーダーシップを備えた人材、開拓者精神を持った人材を取り纏められた。また、バイオ系の大学生・大学院生の進路状況、就職活動時期、バイオ系企業の採用選考活動時期などについても詳細に調査された。その結果、学士卒業者の95%、修士課程修了者の96%は進路が確定しているが、博士課程修了者の37%が企業に、13%が大学に就職しているものの34%はパーマネントな職に就けていないことが明らかとなった。また、2006年度の修士課程学生の採用活動は医薬系企業を中心に修士課程一年目の秋口から開始されており早期化していること、学生の就職活動は早期化に加え、長期化していることが明らかとなった。2008年度からは、日本経団連の大学・大学院新規学卒者などの採用選考に関する企業の倫理憲章が大学院修士課程学生をも対象とすることが明確化され、採用・就職活動の早期化問題は解消されるものと考えている。

2008年3月には産学人材育成パートナーシップ全体会議の場でバイオ分科会の設置が正式に決定され、2008年度は産業界の代表7名、学界の代表9名からなるメンバーにより、イノベーションを担うバイオリーダーとなるべき博士の育成策、産学交流の阻害要因とその対応策について議論し、博士課程在学生を対象にしたバイオ分野に必要なスキルスタンダード、およびソフトスキル向上のためのカリキュラムや実践型長期インターンシップと若手大学教員の企業派遣研修について具体案を検討した。カリキュラムについては大学と企業の双方で作成し、企業の博士人材に対する期待を盛り込むこと、実践型長期インターンシップについては大学と企業の双方にメリットがあるような共同研究型を指向することに留意した。2009年度は東京工業大学大学院生命理工学研究科と連携し、博士課程在学生を対象に正規のコースワークカリキュラム「バイオリーダー特論」を開講し、コース終了後は候補者を選抜の上、実践型長期インターンシップを実施する予定。バイオリーダー特論は産業界がバイオリーダー人材に求めることに関してバイオ系企業の役員、マスコミ、経営系大学教員から、バイオ産業の基礎知識については弁理士、ジャーナリスト、研究開発独法の研究員、企業の知財スペシャリスト、政策立案者、ベ

ンチャー社長、大学教員に講演いただく。本カリキュラムでは企業での製品開発の事例研究や商品開発・事業化演習に多くの時間を割くことが特徴で、企業研究開発者やバイオ企業役員、ベンチャー企業社長に担当いただき、指導いただくなっている。「バイオリーダー特論」については、将来全国への横展開を図るべく、受講生の意見・提案を踏まえ、カリキュラム内容の見直しなども適宜実施する予定である。

2009年1月には経済産業省の支援を受け、課題発見力、課題解決力、事業化企画力を鍛え、コミュニケーション能力やリーダーシップなどのソフトスキルを養成することを目的に、全国のバイオ系大学院生を対象とした2泊3日の集合研修、インターラッジ・バイオリーダーズを実施した。全国12の大学院から博士課程在学生17名、修士課程在学生6名が参加し、バイオ企業、ベンチャー、研究開発独法からも若手研究者7名が参加した。製薬企業トップ、ベンチャー経営者の講義、知的財産や起業に係わる基礎知識の講義の後、6チームに分かれ、バイオマーカーに関する事業企画案が検討され、最終日のプレゼンテーション内容を審査し、優秀チーム、優秀個人の表彰を行った。また、全参加者に修了証が授与された。参加者には大変刺激ある3日間であったようである。第2回は2009年8月に開催予定であり、大学院生の自発的な応募を期待している。

志とロマン、そして足跡を！

最後に本拙文を最後までお読みいただいた方や、若手研究者の方への激励の言葉として私の人生観・研究観を紹介したい。私は民間企業で研究開発と経営に約40年間携わってきたので、人生観も研究観も共通すると思っている。私が大切にしていることは「運」、「鈍」、「根」。「運」というのは、いろいろな事や人との巡り合わせ。「鈍」とは、愚直に、自分の心に素直になり、自分の心を反映させた行動をとること。自分に偽らず、素直に自分の心に従うこと。「根」とは、やる気・志のこと。これが一番大切で、物事はやる気がないと何事も始まらない。根気よく継続することが大切。したがって「運」、「鈍」、「根」が三つ合わさった時に大きな仕事ができるし、大きな業績も残せることができ、自己実現が成せるものと考えている。

ポスト印象派の独創的な画家ポール・ゴーギャン(1848~1903)は「我々は何処から来たのか？ 我々は何者か？ 我々は何処へ向かうのか？」と題した素晴らしい名画を残している。この絵のタイトルに従い、考えることで、我々の姿、実態が明確になってくるのではないかと思われる。この「我々は」という言葉を「私は」という言葉に置き換え、自らのキャリアパスをじっくりと考えてみてはどうだろうか。



企業研究者の夢 ～やってみなくちゃ！～

東田 英毅



過分なタイトルでの原稿依頼を受けました。進むべき道はおろか、いまの自分の足元もよくわからず、歩いている先には霧がたちこめています。これまでの自分を振り返っても、とても自慢できるキャリアとは言えません。そんな中での原稿執筆など大変おこがましいのではあります、ひとつの「実施例」として、読者のみなさまの参考になればと思い、いまの自分の姿になるまでを、順を追って書いてみました。

大学時代

私は1985年に大学に入学しました。留年が多いことで有名な某私立大学でしたが、幸いにして標準年数で卒業することができました。理学部の化学科に所属しており、卒業研究には錯体化学の研究室を選びました。このときの先生の興味から、生物無機化学という分野にふれることができ、また、サークル活動を通じて、分子生物学に興味を持っている先輩にめぐり合えたこともあります。化学から生物化学、そして生命科学への志望が高まっていました。シュレーディンガーの「生命とは何か」を読み、生命現象の根幹はタンパク質生合成だと（勝手に）思ったことも記憶しています。そんなこともあって、修士課程は大学を変わってバイオの世界へ。当時は無細胞タンパク質合成系（われわれは生体外タンパク質合成系と言っていました）の黎明期で、今でいうPURE SYSTEMやコムギ胚芽の系の基礎研究を行いました。直接にではありませんが、当時の研究はこれらのキットのコンセプトづくりや、タンパク3000プロジェクトの駆動力にもなったようで、少しはお役に立てたのではないかと思います。修士を2年で修了し、1991年に現在所属する旭硝子に入社。研究所に配属され、そして職歴19年目の私が存在しております。

分裂酵母との出会い

修士課程の研究がなかなかおもしろかったので、博士課程への進学にもかなり迷いました。それでも企業に就職した理由は、第一には経済的な理由、それ以外には、やはり少し外の世界を見てみようと思ったことです。あ

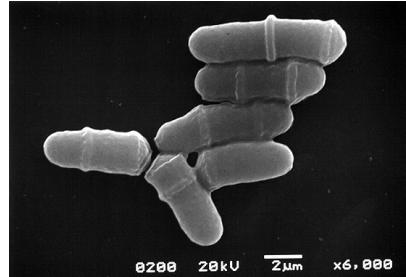


図1. 分裂酵母の電子顕微鏡写真

まりにもつまらなかつたらさっさと大学に戻ろうと、半ば本気で考えていました。で、つまらなくなつたのが分裂酵母との出会いでした（図1）。出芽ではなく分裂する酵母。それだけでも充分変わったやつですが、なんとヒト由来のプロモーターがそのまま働く。当時の上司の助言もあり、とりあえずこの生物を極めてみようではないか、と思ったわけです。

新しい分野での研究を始めるのはとても大変で、最初はつらいものです。旭硝子はその名の通りガラスの製造・販売を本業としており、社内に詳しい人は皆無。そもそもたいていの学問分野にはすでに膨大な研究実績があります。それを理解するだけでも年単位の勉強が必要となります。なかなかの参入障壁です。ところがこの点、企業に所属していることがかえって役に立ちました。「学者」ではありませんから、少々知らないことがあっても、とりあえずは、まあいいかと開き直りました。本当はいけないことですが、知らないことは聞くしかありません。そこで専門の研究会にも参加し、いろいろな先生とお近づきになり、少しづつ知識や技術を得ていきました。

当時から、そして今も続けていますが、分裂酵母を用いた組換えタンパク質の生産を本業としています。その時々の企業や大学、公的研究機関から依頼されるタンパク質を発現させるという受託製造です。意外にニーズがあり、国外からもしばしば依頼をいただきます。そして、その時々でどのようなタンパク質、それも産業的に必要とされているものが何かがわかり、おもしろい仕事です。ただご存知の方は多いと思いますが、なにしろできない

タンパク質が多い、できたとしても収量や精製度でお客様の満足に至らないものがあります。これは大変つらい。ですが、なぜできないのか、物によってはほんの数アミノ酸残基変わっただけで生産量が飛躍的に増えるものもあります。なぜなのでしょうか。いまだにわかりません。わからないことばかりです。

ミニマムゲノムファクトリー

このような背景から、それまで使っていた分裂酵母を改変しよう、ものづくりに適した酵母を創製しよう、という機運が高まってきた。自然界の中の生物はもちろんその環境中で最適化されたものです。しかしながら試験管やフラスコ、ジャーファーメンターのなかはもっと居心地がいいはず。その場合、いらぬ遺伝子がたくさんあるだろう、それを削除し、その分、物質生産に必要な遺伝子を組み込むことにより、これまでにない生産性と省エネルギーを目指し、低コストを実現しようというものです（図2）。

もちろんそんなことは一人の初心者ができるこではありませんし、本来は世界中の研究者が束になってかかることです。2002年に分裂酵母（*S. pombe*）染色体の塩基配列がほぼ完全に読まれましたが、それもある意味、研究の始まり。そんな中で、しかも企業においてどんな貢献ができるのだろうか。そんなことを考えていました。このような研究には莫大な費用がかかり、一企業でできるものではありません。そういった中、幸いにして、他の宿主の研究者とともにNEDOのプロジェクトに参画することができ、現在も続けさせていただいている。もちろん旭硝子一社ではなく、数多くの民間企業と公的研究機関、そして大学が共同実施する大掛かりなプロジェクトです。このなかでは、普段接することの少ない他社の若手研究員と、それこそ互いの利害を度外視した突っ込んだ議論ができており、そういう意味でも役に立つプロジェクトです。

企業での研究

私は研究のほとんどを企業で行ってきました。企業で

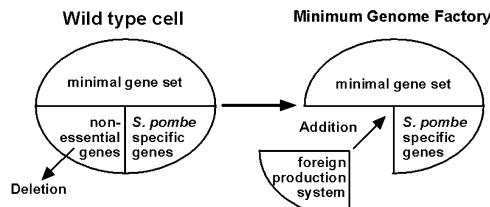


図2. ミニマムゲノムファクトリーのコンセプト

の研究は目的がはっきりしています。所属する企業の利益に貢献することです。端的にコストダウンによる貢献が一番わかりやすい。また、将来を見据えた新技術開発というのもあるでしょう。少しひねって、社会貢献の一環としての研究もあります。一般に企業のイメージとして堅苦しい、オープンでない、というものがあると思います。私も入社する前はそうでした。ところが企業というものは意外にも、一般に想像される以上に多様なところです。

企業と大学の違いは、研究だけをとってもさまざま議論されています。しかしながら、人的な交流が少ないためか、あまり実のある議論になっていないよう感じています。私も大学のことはほとんど知りません。が、お付き合いしている先生方、あるいは学生さんも含めて、あるまとまった集団だと感じています。少なくとも似た価値観が共有されています。ところが企業には、さまざまな価値観の人、職務があります。ひとつの企業内でも部署（事業部・カンパニーなど）によって、まったく違います。オープンなところ、クローズなところ、自由なところ、官僚的なところ、さまざまです。もちろん企業によって、あるいは業種によってのカラーというものはあります。しかし、それを作っているのはそこに所属する人たちであり、その人たちの考え方によって、ダイナミックに変化することができます。業界団体や国のプロジェクトなどを通してさまざまな会社の方と交流がありますが、所属する企業が異なると、本当にさまざま個性的です。その点大学というのは、あくまで私見ですが、画一的であると感じています。

研究にはどちらのやり方・立場も必要なのだと、特に最近強く感じています。さまざまな場面で、両者で共同でやっていく垣根が低いことが、重要だと思っています。

企業内でのキャリアパス

私が入社したころと違い、特に博士課程を取り巻く環境が大きく変わったと感じます。企業において実感することは、第一にまずその変化に追いついていないこと、第二にそれでも部分的にはキャッチアップしようとしていることです。いわゆる研究職としての定期採用は、あいかわらず修士課程が中心です。博士課程の採用も以前から若干名ありましたが、それに加えて最近では、中途採用の形でポスドクのキャリアを持った人を採用する機会も増えました。先にも書きましたように、企業は多様なところです。そのひとつとして、さまざまな立場の従業員がいます。研究者だけを取ってみても、終身雇用の正社員、ポスドクなど短期雇用の嘱託社員、派遣スタッフ

など、そしてそれらの間も流動的で、ポスドクから正社員になる人、正社員から（他社の）嘱託社員や派遣スタッフとして再チャレンジする人、本当にさまざまです。

それではこれら研究者はその後どうなっていくのでしょうか。研究者として活躍され、なおかつ社業にも貢献し、「特別研究員」として尊敬されている方もいらっしゃいます。そして、工場などの製造現場、支店などの営業現場、さらには本社での研究企画や特許部、変わったところでは広報などの部署に活躍の場を移す場合もあります。人間、自分自身のことはなかなかわからない場合もあり、長い人生のなか外的要因で方向転換できるということも、ひとつのやりかたでしょう。しかし、研究志向が強い方が企業への就職を躊躇されるのは、このように研究分野以外への異動があるためではないでしょうか。少なくとも大学や公的研究機関では、このような配置転換はほとんどないと聞いています。逆に企業では「研究を離れました」という話はよく聞きます。このような方向転換は入社直後もそうですし、5年後、10年後、いろいろな節目で問われることです。

どのようなキャリアパスがよいのか、それこそ人それぞれ個別のことですし、一概には言えないでしょう。私は幸いにして（？）ずっと研究所にいますが、それが本当によかったのかどうか。その答えは現在ではなく将来に出るものと思っており、そのためにも、あたりまえですが、毎日できることを着実にやっていくように心がけています。

自分自身のキャリアアップ

年数がたってくると、後輩社員の育成にかける時間が増えます。気がつくと自分自身は？という現象が、これもローテーションで異なる部門間を回っていれば、何年かおきに新しいことを学ぶ機会があります。しかし研究所の人間にとっては、自分で解決しなければならない課題です。幸いにして学会発表や特許出願・論文発表が推奨されている部門ですので、第三者の評価を受けやすいのですが、いろいろな意味で限界を感じたこともあります。このため自分自身の力を客観的に評価する上で、①博士号を取得する、②技術士の資格を取る、を試みました。幸いにして、周りの皆さんの助けも借りながら、科学と技術のプロフェッショナルになることができました。本当は③もありますが、まだこちらは現在進行形ですので割愛します。もう少し先にまた同様の原稿を書く機会があれば、紹介させていただきたいと思います。

博士号や技術士の資格を得て、これも会社や部署にもよりますが、私自身の場合は待遇面を含めて、取得前後

で何も変化はありませんでした。社会人コースとして博士課程に入学し、その期間は仕事との両立を含め、かなりきつかったわけです。もちろん達成感が得られましたが、それを実際の仕事に役立てられるのはこれからでしょう。技術士も、今のところ生物工学分野の技術士の場合は、弁護士や弁理士と違って技術士でなければできない業務はありません。しかしながら、新しい人脈ができるつつあり、間接的ではありますが、本業へのよい影響も出てきています。外国に行ったときに、これまで自分の研究内容をきちんと紹介しないと認めてもらえない場面もあったのですが、博士号を持っていると、名刺一枚でその必要が省けることが増えました。また、たとえばアメリカにも技術士に相当する「Professional Engineer」の資格制度があり、それを持った方々とも密にやりとりができました。何にでも挑戦すること、やはり大切だなと思っています。

やってみなくちゃ！

いろいろと書いてきましたが、参考になる部分はありましたでしょうか。ガラス会社でバイオをやるという、異業種での新事業の典型（極端？）例を歩んできました。途中社会情勢や社内事情で何度も浮き沈みがありました。それでも続けてこられたというのは、信頼できる仲間・尊敬できる人がいたからだと思います。他の会社、あるいは大学などでも結局のところは人が作った組織です。根本的なところはどこでも同じかな、と思います。そして、生物工学分野というのはまだまだやることがあります。新しい発想でどんどん進めると思います。

これからは大学・公的研究機関・企業の間の垣根がどんどん低くなります。ドライアイの研究や治療で有名な坪田先生が最近著書にかかれています。とにかく楽しくやろうと、新しいこと、意味のあることを「やってみなくちゃ！」を座右の銘にして、ピペットマンを握ったり、打合せに行ったりする毎日です。山あり谷ありの道を抜けて、少しだらかなところにやってきました。この先是不透明、でも気楽に自然体で、何にでも挑戦していくうとしています（図3）。



図3. 生物工学研究者の進む道：イメージ（イラスト：S. K.）



サイエンティストとエンジニアの 両立は可能か？



藤田 聰

私は民間企業による幹細胞の保管事業の運営に技術者として携わってきた。それと同時に、大学に出向で研究員として、幹細胞の研究もおこなっている。いわばエンジニアとサイエンティストの二足のわらじを履いている。本稿では、キャリアパスという考え方によってはずっしりと重く響く言葉がテーマだが、こういう仕事をするに至るまでの私のケースを、产学連携という観点を交えて書いてみようと思う。

研究を志す

小さい頃から生物が好きだったから大学では生物学をやりたかった。選んだのは京大工学部の合成生物化学科という学科だった。なにやら生物を合成できそう、と勝手にマッドサイエンティストなイメージを逞しく選んだのであった。今にして思えばこの学科名は合成系の研究室と、生物系の研究室が同じ学科にあるからつけられた、いわば妥協の産物であったのだが、一介の受験生にそこまでわかるはずもない。生物学ではなく化学をベースに学ぶこととなったが、結果的に、時間に余裕のある学生のときに、修得に時間がかかる学問分野の基礎をしっかりと学ぶ機会を得られてよかったです。ただその機会を十分活かしたかと言われれば、反省せざるを得ない。

最初に配属となった4回生の時の研究室では、特定の分子と親和性の高いDNA分子を進化分子工学的手法でスクリーニングするというテーマで、分子生物学の基礎を叩き込まれた。分子生物学的な実験も面白かったが、組織とか臓器といったもっとマクロなものを取り扱いたいとも考えていた。そこで修士に進学するとき、人体を人工材料で置き換えたサイボーグのような図で研究を紹介していた篠義人教授の研究室を希望した。新しい研究室でテーマにいただいたのは、人工肝臓であった。人工〇〇という研究はいろいろあるがやはり肝臓というのはクールだ。マッドなイメージぶりにも満足して実験に取り組んだ。ここでは岩田博夫助教授のもと、いろいろな経験をさせてもらった。なかでも肝臓の摘出手術は貴重な体験であった。実験の度にブタからまさに生き肝を取り出すのであるが、修士学生にできるはずもないから消化器外科の先生にやっていただくことになる。私はその横であれこれ手伝いをするだけだが、手術室という環境はそれだけで好奇心をすいぶんかき立てられたものだっ

た。学部時代、修士時代で、当時指導してくださった先生方、先輩方は、今なお私にとってありがたい助言をくださる宝物である。

最初の就職

修士卒業後は、給料も欲しかったから就職すると進学時点で決めていた。いくつか面接に行った中で運良く京都の酒造会社に採用された。修士の研究内容から、バイオ事業部門に配属されるものとばかり思っていたが、実際に配属されたのは蒸留酒の技術開発グループであった。やっていけるだろうかと心配だったが、部署の方々が皆丁寧に仕事を教えてくださったおかげで杞憂に終わり、私も酒を飲むだけでなく造れるようになってしまった。酒造会社に入って驚いたことのひとつは、やはり酒豪が多いということだった。それまで肝臓を治すことを目標に研究をしていたのに、一転して肝臓を痛めつける側に回ってしまった。うまい酒を作りすぎるのも罪かもしれないぞと思ったものである。

その後3年間、酒の技術開発に従事したが、再生医療の研究への興味は消えることはなく、機会あるごとに会社のひとつの柱であるバイオ部門への配置転換を申し出た。その声を聞き入れてもらえた、バイオ部門が分社化する際には移籍させていただいた。ここでは、遺伝子治療治験薬の製造と、今までなじみのなかった医薬品製造に携わることになり、GMPというものもはじめて知った。所属は製造部であったが、製造だけに限らず、品質管理や行政対応、再生医療市場などについて多く学ばせてもらった。特にセルプロセッシングセンターでの仕事では勉強になった。クリーンルームとバイオハザードを両立するための空調管理や、設備管理、衛生管理など、ここでの経験はどれも私の今の専門分野の基盤となっている。

基礎研究と技術開発のギャップ

大学では臨床に近い応用研究をやっているつもりではあったが、開発や製造部門で仕事をすると、実際に製品やサービスが流通するまでには大きなギャップがあるとわかった。大学での研究は、新しい発見やこれまでの技術と違う点を重視し、論文にできるかどうかに关心がある。一方、企業での研究は、効率やコストがまずは優先される。消費者がいるからこそ研究が成り立つからである。

ここに大学と企業の決定的な意識の差がある。にもかかわらず、両者の意識をつなぐ人が不足していると感じた。そのために企業の研究者と、大学の研究者が目指すものそれを十分に理解している人が、とりわけ再生医療のような境界領域では不可欠ではないかと考えた。

ここでひとつ自分が産学連携の担い手になってやろうと考えた、というのであれば将来を見据えた人生設計と言えたのかもしれない。残念ながら当時そこまで考えていたわけではない。研究をもう一度やりたくなって、会社を退職して大学で学位取得を目指す意思を固めた。このとき、企業での経験を自分の特長に活かしたかったため、企業の技術者のひとつの到達点である技術士という資格も目指すことにした。

さてまずは学位をとりたいと、修士の指導教官だった岩田教授に相談した。するとありがたいことに、臍帯血保管事業を始めようとしている会社があるから、そこで働きながら社会人博士課程に再入学してはどうかという助言をいただいた。この会社が今の勤め先である。これまでのクリーンルームの経験も活かすことができるし、臍帯血を素材に幹細胞の研究をすすめられると、渡りに船だった。以来、私は冒頭で書いた二重生活、つまり臍帯血の保管業務に携わる会社員としてと、大学の研究室で研究する研究員としての生活を送っている。

臍帯血で技術士と博士をとる

臍帯血というのは、へその緒の中にある血液のことだが、幹細胞をたくさん含んでいる。この細胞を凍結保管するという事業、つまり臍帯血バンクがここ10年ほどの中に急速に発展してきた。臍帯血バンクは、国内では大きく分けて2種類ある。ひとつは献血と同様のシステム、すなわち善意のドナーからの無償の提供をうけ、移植が必要とする患者さんに対して匿名で提供するという、いわゆる公的バンクである。もうひとつが、子供の臍帯血を本人の将来のために保管しておきたいという親御様の願いを受けて、有償で保管する民間臍帯血バンクである。

民間バンクの立ち上げに際して当初の実務メンバーは3人と、社内ベンチャー的なものだった。当時、国内にすでに2社の先行会社があり、後発のわれわれがここに参入するとき、どうやって技術的に安全なものと示すかは議論を重ねた。というのも、民間臍帯血保管施設を対象とした国内の安全性審査機関はないのだ。しかし、将来、医薬品と同様の使い方をされうるのだからやはり確固たる品質の保証も必要だった。そこで、AABB（米国血液バンク協会）の認証をとることにした。これはGMPを再生医療製品に拡張したGTP（Good Tissue Practice）と、ISOを軸とした細胞の品質管理システムであり、国

内でも十分通用すると考えてのアプローチであった。施設の設計から、手順書の作成、資材の選定、バリデーション、運用規則など決めるべきことは多々あったが、甲斐あってAABBの認証を無事取得できたときはほっと安心した。この一連の業務経験を技術士試験でまとめ、資格を取得した。

一方、大学での研究は、会社で臍帯血バンクに取り組んでいることもあるって、臍帯血中の幹細胞を使っての基礎的研究テーマを開拓することにした。会社業務も取り組む中、研究はなかなか思うように進められずもどかしかったが、なんとか造血幹細胞で3報、間葉系幹細胞で2報、あわせて学位要件の5報の論文をまとめ、岩田教授に学位を認めていただいた。研究室では、私も博士課程に在籍する学生だったが、普通の学生に「会社の仕事はしなくていいのですか」と時々聞かれた。会社員に向かって普通そんなこと聞かないであろうから、聞くほうも聞くほうなのだが、そう見た私も私である。考えてみれば、大学で勉強をさせていただき給料までくれるのだから大変結構な身分であった。

「産」のわかる研究者を目指して

さて、最初に大学を出て10年、多くの方々の指導や助言を頼りに、彷徨いながらもようやく私にとってはひとつのスタートラインに立つことになる。つまり、エンジニアの証としての技術士と、サイエンティストとして必要な学位と、二つの資格を手にした。これまで一貫性のある仕事を続けてきたとは決して言えないが、企業の研究者としてならそれも専門分野の幅の広さにつながってくると信じ、最初に立ち返り、産学の絆という方向性をもって仕事に取り組んでいこうと考えている。

「産」のほうは、やはり会社の利益主体で考えてしまうから、再現性や対費用効果、それに市場ニーズなどが大切になり、一方「学」は論文が欲しいから現実性に乏しくても目新しければそれでよしとし、なかなか互いの目標に关心がない。両者が満足するためには、どちらの立場に身を置いていても、新しい物や概念を作り出すのはサイエンティストの仕事で、それを世に問うるのはエンジニアの仕事というような枠にはまつて仕事をする必要は必ずしもないだろう。自分の知識や経験が価値のある技術の提供に少しでも貢献できれば、サイエンティストとしてもエンジニアとしても最高にハッピーに違いない。私としてもそういう生き方が理想であり目標でもある。

…とはいえ相も変わらず日々悩み奮闘しているのだが、まずはできることとして、専門分野を広げ深める努力だけは今日も欠かさないでいこう。



来たれインタークレッジ・バイオリーダーズへ

松本 正

はじめに

昨年、本誌（第86巻、11号）にノバルティスバイオキャンプの記事を掲載いただいた際に、大学の枠を越え、留学生も交えた「夏季インタークレッジ・バイオ・スクール」のようなものの設立が望まれると書かせていただいた。そして今回はその夢が実現して、ここにインタークレッジ・バイオリーダーズ2009へのお誘いを紹介できることはなんとも不思議なことであろうか。

ノバルティスバイオキャンプ2007とノバルティスバイオキャンプ2008の2回のワークショップを通して、チーム別でのベンチャー起業化演習が若い研究者のリーダーシップ発揮に高い教育効果があることが確信でき、経済産業省の产学連携人材育成パートナーシップ事業にバイオインダストリー協会を中心に応募し、第1回インタークレッジ・バイオリーダーズを本年1月に開催することができた。

第1回インタークレッジ・バイオリーダーズ

第1回インタークレッジ・バイオリーダーズは東京晴海の晴海グランドホテルにおいて、本年1月26日から28日までの2泊3日の日程で開催された。参加者は北海道から熊本まで全国各地から30名が参加し、1チーム5名で計6チームが、架空のテーマである「すい臓がんに特異的な糖鎖マーカー」を事業化の中心に立て、どのような会社を立ち上げることができるかという起業化演習に取り組んだ。

今回は、参加対象者をバイオ系の大学院生なら誰でも可とした。同時に、各チームの議論が現実から大きく乖離しないように、各チームに一人、参加した大学院生と同世代の企業研究者に参加してもらった。

初日は経済産業省の倉田課長による開校の挨拶に続き、「会社設立の基本知識」の講義を、あずさ監査法人の坂井氏にお願いし、その後でチーム別作業が開始された。また、午後にはアンジェスMGの山田社長によるケース報告で、山田社長がベンチャーの経営を通して感じ取った革新的な医薬品開発の醍醐味が紹介された。さらに夕方には、トップレクチャーとして、アステラス製薬の竹中会長の研究者時代から経営者時代を通して、ご自身の道を切り開いてこられた経験が熱く語られた。

その後に開催された学生と講師陣との交流会では午後一番に講演された山田社長もわざわざかけつけ、竹中会長と共に、普段なかなか接する機会の少ない経営トップと参加者との温かい歓談に花が咲いた。

第二日目はバイオリーダーズのチーム別作業の山場であり、午前中に持田製薬の石川部長による知的財産の基礎に関して講義を受けて、その後で、今回のテーマであるバイオマーカーの現状を話題提供として、塩野義製薬の浅田主席研究員にお話いただき各チームの事業計画策定の参考にしてもらった。

午後には、前日からの作業の中間報告として、会社名や役職の分担、事業の大まかの方向性をチームごとに紹介してもらい、講師陣からのコメントとアドバイスを受けて最終発表に向けて細部の検討が開始された。

このあたりまでくると参加者の表情に変化が現れてきた。皆真剣である。社長役のリーダーを中心として、自分たちが立ち上げる製品のマーケット調査や糖鎖関連の特許検索と事業計画書の根幹となる部分を手分けして仕上げていく。また、製品を世の中に出すまでの開発期間や経費といった日頃の研究とは無縁の作業と格闘している。結局この日は、夕食後も会議室を午後10時ぐらいまでは開けておこうと思った事務局の予想に反し、半分のチームが徹夜の作業となってしまった。この間浅田氏を含め、私たちスタッフも午前4時ごろまで、彼らの質問に応えながら作業を見守った。

最終日は、いよいよ事業計画の最終発表の時である。どのチームも徹夜の作業でやや疲れを感じるもの、本当に2日間でこの事業計画書を仕上げたのか疑いたくなるほどのがんばりである。もともと仮想のテーマであるので、どのように現実的なレベルまで落としこめるか未知数であったが、同じテーマであっても6チームがすべて違った製品とビジネスモデルを展開し、参加者の創造性に本当に驚いてしまった。

最後に最優秀チームと個人賞を決める際にも、どのチームもみな優秀で審査員の採点を大いに悩ませるほどであった。

今回、終了後フォローアップも兼ねて何人かの参加者にインタビューをさせていただいたが、多くの方から参加してよかったです。次回は周りの後輩に是非とも推薦しますとのうれしいコメントを頂くことができ、経済産業省

からも引き続き本年度の予算の手当てを頂くことができた。

インターラッジ・バイオリーダーズ2009

本年度は、前回と同じく東京晴海の晴海グランドホテルにて、2009年7月27日（月）夕方から30日（木）午後までと前回よりは時間を少し長めにして実施することが決定した。募集人数は、前回同様で30名であるが、日本語での議論が可能な留学生の参加も期待している。また、全体を通して世界に挑戦するバイオリーダーをイメージして、今や抗体医薬で多くの製薬企業が技術導入を行っている「ポテリジエン技術」をベースに協和発酵（現、協和発酵キリン）が米国に設立したBioWaの設立者で初代CEOである花井常務執行役員にバイオベンチャーのケース報告をお願いしている。さらには、米国特許事務所の特許弁護士にも来日を依頼している。テーマはその時でないと公開できないが、今回も参加者の想像力をかきたてる設定を準備する予定である。

昨年、本誌にノバルティスバイオキャンプを紹介した際に、若い研究者の方々がキャリアパスを考える時に、「夢・挑戦・喜び」を考えてみてはどうかと提案した。それは日頃より、自分の理想の姿を夢みて、ひたすら挑戦し、その挑戦そのものを喜びと感じて生きていくことが大切なのではないかと感じているからである。また、ノバルティスバイオキャンプに参加している若い人たちも前回インターラッジ・バイオリーダーズに参加してくれた若い人たちも皆自分の未来に夢を持ち、その実現のために挑戦することに喜びを感じていたからである。

わずか数日のグループ演習ではあるが、参加者が得た財産は一生ものである。また、春の学会の期間中に北海道からの参加者と九州の参加者が、福岡で交流を深めましたとのメールを受けると、事務局としてこの経験をより多くの大学院生に味わってもらいたいと思う次第である。

その意味で、次回のインターラッジ・バイオリーダーズ2009には是非とも多くの若い大学院生に参加してもらいたいと思っている。そして、われわれスタッフと共に脳内グルコースを使い切って頭の中が真っ白になるま



第1回インターラッジ・バイオリーダーズにて

で議論しようではないか。

来たれ明日のバイオリーダーズよ！

詳しくは下記を参照あれ。

インターラッジ・バイオリーダーズ事務局：
<http://www.jba.or.jp/top/09info/09bioleaders.html>
E-mail: info@bio-leaders.net
Tel: 042-732-2207



バイオセンサの将来性

石森 義雄



バイオセンサという言葉を聞いて、皆様は何を思い浮かべるでしょうか？生もののセンサ？バイオアッセイ？何か生物が関わっているセンサ？などなど……。たとえば温度センサや湿度センサのように、測る対象が明確になっている物理センサは、すぐにイメージできると思います。しかしバイオセンサというと、何か抽象的でつかみどころがないように思われてしまいます。これはひとえに定義が明確でないからだと思います。生体関連物質を使ったセンサをバイオセンサと呼ぶと定義したとしても、ペプチドやDNA断片などを生体関連物質と呼べるでしょうか？しかし、DNAプローブを使った遺伝子センサ（特定の遺伝子配列を持つ遺伝子を測定するセンサ）はバイオセンサの一種に含まれるのです。もっとバイオセンサが汎用化していろいろな所で使われるようになれば、徐々にこうした疑問は解消されるかもしれませんね。

さて私の専門は、バイオセンサなのです。大学院時代から今まで一貫してバイオセンサに関連する研究をしてきました。そこで私の経験を下に、これからバイオセンサ研究はどうなっていくのか、皆様に考えていただきたいと思います。

大学院時代

大学の学部時代には高分子工学科という学科に所属しておりました。ちょうど第一次石油ショックを経験し、これからの石油化学・高分子化学は衰退してしまうのではないかと勝手に考えてしまい、大学3年から理学部に足を運ぶようになりました。独学で生化学や核酸化学などの生物関連の学問を勉強するようになりました。大学院は資源化学研究所という所で過ごしました。まだバイオセンサやバイオテクノロジーという言葉もないような時代でした。所属した研究室では、バイオセンサやバイオテクノロジーの走りになるような幅広い研究が行われていました。私は超音波・光・電気などの物理エネルギーを利用して生物反応を制御するという仕事を行いました。たとえば、超音波を照射しながらグルコース酸化酵素（GOD）生産性の黒カビを培養すると、ある周波数・ある強度の超音波の照射下では、GODを菌体外に漏出しながら生育することを見いだしました。GODは菌体内酵素ですので、黒カビの堅い殻を破壊しなければ取り出す

ことはできませんでした。したがって黒カビを培養しながらGODを取り出せることは工業生産的には意義があると考えたのです。この研究では、培地中のGOD濃度を測定するために、グルコースセンサを作製することにしました。といっても、小型の酸素電極の電極表面に付ける酸素透過膜の内側に試料の培養液を一定量滴下するという簡単なものでした。この電極をグルコースの液に漬けると、GODの働きでグルコースが酸化分解され、同時に溶存酸素濃度が減少します。この減少量（電流値の減少量）からGODの濃度を見積もろうと考えました。私が作った初めてのバイオセンサだったのですが、試料の滴下にコツが必要で、なかなか再現性のある実験結果が得られなかったことを覚えています。温度センサなどの物理センサと比べて、データのバラツキが大きいと感じました。やはり生物材料をセンサに使うには、まだまだ改善の余地があることを実感した時代でした。

企業研究の時代

大学院博士課程の3年の時に、ふとしたきっかけである企業を訪問することになりました。たまたま所属研究室に助手の空きがなかったため、数年間外に出て修行をしてこい、と指導教官に言われたためです。その企業から研究生を受け入れていたというつながりで、無理やり見学させてもらいました。と言いますのも、その年の博士の採用枠はすでに埋まっていたからなのです。採用されないのなら、と見学時に受けた簡単な面談で、私の夢みたいなことを好き勝手に話させてもらいました。帰りがけに再度、担当者の方から本年度の採用はないと念を押されたため、大学に戻ってすぐにポスドクとして採用してくれそうな米国の先生に手紙を書いたことを覚えてています。米国の大学からはすぐに採用の返事は来たのですが、それと前後して、何と見学に行った企業からも研究所に採用するという連絡が来たのです。指導教官に相談したところ、これから先の企業とのお付き合いもあるから、当面就職しておけ、数年したら戻してやるからと言われました。先生のその言葉を信じて、腰掛け気分でその企業に就職しました。どうせ数年でお別れなのだからと、かなり馬力をかけて多くの仕事をこなした記憶があります。

著者紹介 科学技術振興機構 研究開発センター（フェロー） E-mail: y2ishimo@jst.go.jp

その企業に入って最初に与えられた仕事は、何と血中のグルコース濃度を測るグルコースセンサの開発でした。GODを混合したコラーゲンの膜を作製し、これを酸素電極の表面に固定化して使いました。コラーゲンをグルタルアルデヒド(GA)という試薬で架橋化する条件を最適化することが仕事でした(GODの漏出防止)。こちらの仕事は均一な酵素固定化膜を得ることが容易であったため、一枚のロット内でのセンサのバラツキは減少しました。しかしGA処理によりGOD活性の低下が認められ、せいぜい2ヶ月の寿命しか達成できませんでした(目標は1年以上)。このような状況の時に、ある電気メーカーから半導体技術を応用した使い捨てのグルコースセンサが発売されてしまいました。半導体技術を使ってるので、個々のセンサの性能のバラツキは非常に小さく、使い捨てであるためGODの寿命(活性低下)も気にする必要はありません。私にとっては、まさに目からウロコの技術開発でした。長寿命の実現が難しいのであれば使い捨て型にする、という発想に私は驚いたのです。センサという固定概念に捕らわれたために、私にはまったく思いもよらないアイデアでした。次に私は、抗体を使った免疫センサの開発に携わりましたが、やはり長期間の保存ができず、実用化までには至りませんでした。

厳密に言えば、実用化の一歩手前で座礁してしまったということになります。すなわち、実試料(血清)を使った免疫センサの評価試験において、あるガン患者の試料だけが異常に高い測定値を出してしまったのです。医療分析の世界では、原因不明の異常値が出るような分析装置は使うことができないのです。

これらの経験に懲りた私は、次の開発には安定な物質(寿命や活性低下がない物質)を使いたいと考えるようになりました。そこで、活性低下を気にしなくともよいDNAプローブによる遺伝子の電気化学的検出法(遺伝子センサ)の開発に挑戦しました。こちらは、グルコースセンサでの経験を教訓に、電気化学的DNAチップという形で実用化されつつあります。

今の仕事

現在私は科学技術振興機構(JST)の研究開発戦略センター(CRDS)という所で仕事をしています。なぜここで働くようになったのか私にもよく分かりません。ある日、上司に呼ばれてCRDSでの面接試験を受けに行ってこいと言われたわけです。まだCRDSがどのような組織であるかもまったく知りませんでした。幸いにも面接

試験に合格できて、その後CRDSへ出向という形で勤めることになりました(1年以上になります)。ここではナノテクノロジーユニットというセクションに所属しておりますが、バイオセンサも当然私の担当です。CRDSの仕事は、ある技術分野を決めてその技術を俯瞰し、その中から国の投資が必要な研究課題を提言するというものです。もともと親組織であるJSTは、主に大学や研究機関にファンディングする機関です。比較的若手の研究者を対象とした「さきがけ」や大規模な戦略研究課題をグループで解決する「CREST」などのプログラムが有名です。つまりCRDSでは、これらのプログラムとして取り上げるべき研究課題を提案しているのです。ただしCRDSのミッションとしては決してJSTだけを提言対象としているわけではなく、経産省や農水省、厚労省などの省庁や内閣府に対しても提言を行うことがあります。

さて、CRDSの立場からバイオセンサ開発を見てみるとどうなるでしょうか?まず、技術の俯瞰をしましょう。確かに前述のグルコースセンサのように実用化され、大量に使用されているバイオセンサもありますが、まだまだ実用化されていないものもたくさんあります。この原因を探っていくと、バイオセンサの信頼性向上に関する研究課題が残されていることが分かります。自分で研究しているときには、大きな可能性を秘めていると思っていたのですが、やはり寿命を含めたセンサの低信頼性が実用化のネックになっていると思うのです。しかし、バイオセンサでなければ測れない項目もたくさんあります。したがって今後は、信頼性向上のように、バイオセンサに関する基礎的な研究に重点的に国が投資することが重要だと考えます。潜在的に日本のバイオセンサ開発技術は大変高いと思います。基礎・基盤研究で世界をリードすることで、さらに競争力のある産業へと変身させられると思われます。このように重点的な国の支援を実施することで、バイオセンサの将来は非常に明るいものに変わるのはずです。現在の仕事では、直接研究はできません。しかし、自分たちが重要なと思われる研究課題を選択することで、研究者の視点をその分野に移すことができます。したがって、間接的に研究開発を実施していると自分では思っています。私自身は、企業での開発研究しか経験していませんでしたので、基礎・基盤研究の重要性をあまり認識していませんでした。CRDSでの仕事を通じて、本当の技術力は基礎・基盤研究が支えているものであることを痛感しております。



生き物と生き物を相手にする人の 魅力を伝えたい ～生物系書籍の編集者として



塩坂比奈子

研究者を挫折、編集者を目指す

私は現在、地人書館という小さな出版社で自然科学書・理工学書の企画・編集をしている。大学では生物学を学び、植物生態学を専攻し、はじめ研究者を目指していたが、大学院修士課程の一年目に自分の能力のなさを痛感して挫折、でも何かしら生物の研究につながっていたくて、生物系の本の編集者という職業を考えたのだった。小さい頃から本が好きで、生き物そのものだけでなく生き物のことが書いてある本を読むのも好きだったということもある。また、自身は研究者になれないが、生き物の世界のおもしろさや生き物研究の楽しさの一端は知ったつもりになっていて、それを世の中に伝えることならできるんじゃないかな、という思いもあった。

しかし、出版社への就職活動を始めたものの、生物系の本を扱っている専門出版社は小さな会社が多く、新卒の定期採用をしていないことがわかった。マスコミ就職読本のようなものを読み漁ったり、出版社と付き合いがある先生のお話を聞いたりするうち、出版社の仕事の下請けをする編集（制作）プロダクションというものがあることを知り、まずそこに就職して、とにかくこの業界に潜り込み、編集者の仕事を覚えるのが先決と知った。

生物学に限らず、専門書を扱う出版社は東京に集中しているし、インターネットもない時代で地方の大学には情報がなかなか入ってこなかつたが、先生、先輩、友人、その知り合いなど、心当たりすべてに話をして、少しでも関係ありそうな人にコンタクトするうち、第一プランニングセンターという農林水産業関連の刊行物やイベント制作プロダクションが見つかり、就職が決まった。

編集者は3K、気力と体力勝負

第一プランニングセンターに入社後、最初は、印刷所から出校した本やパンフレットなどのゲラを原稿と照合しながら、校正記号を覚えた。また、当時はまだ手書き原稿も多く、漢字の表記統一をしながらワープロ入力して印刷所への入稿データをつくる作業も多かった。バブルがはじける直前であり、マスコミ業界全体が元気で仕事も大忙し、新人の私も先輩にくついて、昼間は撮影や取材、打ち合わせなど、夜会社に戻ってからがやっと

ゲラの校正や原稿読みなどの時間で毎日終電帰り、追い込み時期には会社に泊まってしまうことも多かった。まさに気力と体力勝負、肉体的にも精神的にもへとへとだったが、20代半ばと若かったからこそできたと思う。

この頃に担当していた制作物は、治山治水や林道、注目され始めた地球環境問題に関することが多かったが、それまでほとんど知らなかった内容だけに、専門家の先生のお話を聞くことも、治山事業や林道工事の現場に行くことも新鮮で楽しかった。

原稿依頼の仕方で悩む

打ち合わせや取材はおもしろかったが、それらを通じて得た情報や知識から企画を立て、原稿依頼をすることが難しく、頭を抱えた。そして、これがうまくできるかどうかが編集者の仕事の最も重要な部分だと思うし、編集者になって20年近くになる今も常に悩んでいる。

かつて「編集者」というと、「サザエさん」のノリスケさんを思い浮かべる人が多い、と聞いたことがある。作家の伊佐坂先生の原稿を取りにやってきて、原稿ができるまで隣の磯野家でお茶を飲み、おしゃべりしている、あのノリスケさんだ。今では電子メールでの原稿送付が当たり前だから、こんなイメージを抱く人は少ないかもしれないが、編集者とは「原稿を頼んで届くのを待っている人」と思っている人が多いのではないだろうか。

それは間違いではないが、私が原稿を依頼していたのは小説家やエッセイストなど文筆業の人ではなく、主に大学の先生など研究者や技術者、第一次産業従事者であった。忙しい本業の合間に執筆をお願いすることになるうえ、論文ではない一般向けの原稿となると、企画意図や執筆内容が明確でない「書きにくい」原稿は後回しにされてしまうし、原稿をいただけても意図からはずれた内容だったりする。私はそれで何度も失敗し、著者にずいぶんご迷惑をおかけし、先輩から注意された。

少しでも「いい」原稿をもらうためには、まず、誰が読んですぐさま企画意図がつかめるような企画書をつくることが不可欠である。そして、できるだけ具体的で詳細な原稿依頼書を作成するとともに、著者と何度も事前打ち合わせをして（今ならメールでのやりとり）、著者が原稿イメージを膨らまし、書きやすくなるようなお膳

立てを整えることが何より大事とわかった。一見、著者にとって気楽で書きやすそうな「何でも自由にお書きください」というのが一番駄目なのだった。

数式に震えながら物理の本と格闘

第一プランニングセンターに勤めて3年、編集者として最低限の仕事が身につき慣れてきた頃だったが、そろそろ本来希望していた生物系の書籍の本をつくりたいという思いが強くなり、現在の地人書館に転職した。

地人書館は地学や天文書を中心に、理工学、医学薬学関係の学術専門書や実用書、自然科学書を出版している。私は「生物系」ということで採用されたが、小さな会社であるから、当然、それ以外の分野の本も担当する。読者対象もいろいろで、数式だらけの大学の物理学の教科書もあれば、中学生でも読めることを想定した縦書きの読み物もある。物理も数学も大の苦手の私にとっては、原稿に数式が出てくるたびに震え上がった。数式があろうとなかろうと、原稿を理解し（心の底からはできなくても）、誤植などの単純ミスに気づくことはもちろん、文章や全体構成のチェック、本文と数式や図表が正確に対応しているかなど最低限のことができなければ編集者ではない。大学の頃の数学や物理の教科書を引っ張り出したり、その分野に詳しい編集者に助けてもらったりしながら、そしていつも「聞くは一時の恥」と疑問は隠さず著者に質問をして、何とか対応した。

このような調子で地人書館に勤めて最初の5～6年は、いろいろな本を担当した。大学文系向けの天文学の教科書、竹にまつわるエッセイ、薬剤師国家試験対策のテキストと問題集、その他さまざまな技術書や専門書など。分野も本の性格も体裁もいろいろで、仕事の進め方も気を配る箇所もそれぞれ異なって、新しい本を担当するたびに悩みが増えたが、この5～6年で大体どのような企画にも対応できるようになったと思う。

また最初のうちは、人脈もないし、なかなか自分で企画を立て、著者を見つけるということができなかつたが、担当を任せられた本を1冊1冊つくって経験を積むうち、それらの本から新たな企画や著者が見つかるようになつた。そして少しずつ、自分で企画立案から著者選定、執筆交渉ができるようになっていった。

マイナーな話題をメジャーにしたい

自分の企画の本は、「あ、この話、おもしろい（きっと売れる!?)」とか、「この先生にこういうことを書いてもらえないだろうか?」というちょっとしたひらめきや勘を発展させていったものや、自分が知りたい、もっとよくわかりたいということに答えてくれる著者を捜して原稿を依頼し本になったものが多かった。自分があることに興味を持ち、資料を集めたり、多くの人に会ってお話し

を聞いたり学会や講演会に出かけたりして本のテーマや概要を固めていき、著者を見つけ、著者と相談しながら、最終的に「本」という作品ができ上がる、この仕事の過程すべてが本当におもしろいし、やりがいを感じる。そしてこれが、編集者の醍醐味かもしれない。

また最近は、自分の得意分野であり情報を得やすい生物や環境に関するところでは、狭い業界や分野で「注目されつつある研究テーマ」や「問題視されていること」などに着目して、それを世間一般に伝えることを意図とした本づくりを心がけている。環境などはだいぶメジャーになってきたが、その他理科系・自然科学系の話題はまだまだマイナー、そのマイナーフィールドの中から注目テーマを拾い出し、問題意識やブームを一般並みに引き上げたい、というちょっとした野望？もある。今考えると、外来種問題や人獣共通感染症に関する本では、それなりに意味ある本を刊行できたかな？と思っている。

著者の表情が行間から読み取れる本を

私は生き物のおもしろさを世の中に伝えたいと思って生物系の本の編集者という職業を選んだが、約20年の本づくりを通して少し考えが変わってきた。これまでに多くの研究者や技術者、第一次産業従事者など自然の中で働く人たちに出会い、お話をうかがってきたが、皆さん自分の研究や仕事の内容、対象生物などについて本当に生き生きと語ってくれた。そのうち、研究のお話はもちろんおもしろいが、それ以上に、その生き物を研究したり、生き物相手に仕事をしたりしている人たちにより興味が湧き、その人となりに目が向くようになった。そして、その人となりをうまく伝えることができれば、多くの読者の心に響くのではないかと考え、そのような意図で原稿をお願いした。

しかし残念ながら、講演会や個人的な面会でうかがうお話はおもしろくても、原稿（文章）になるとトーンダウンしてしまい、堅さが目立つことが多かった。たとえば、実験や事業の失敗談であるとか、研究者の日常生活であるとか、とても魅力的に思えたお話はたいてい著者にとっては「どうでもいいこと」で、原稿では省かれてしまう。もちろんそれは原稿の本質ではないが、それがあることで読者を著者の文章に引き込み、本質部分に興味を持たせることができることもある。そのような時には、「先生、ここではぜひ、○○の話を書いてください」と注文をつけ、エピソードを追加してもらうようにしている。こういう勘はけっこう当たっていて、後で読者から「おもしろかった」という感想をもらうのは、新たに追加してもらった、言わば余談の箇所のことが多い。たとえ専門書であっても「著者のきらきらした笑顔や真剣な眼が行間から読み取れる原稿」を書いてもらうことが、今の私の目標である。これからも、生き物や自然を相手



にしている人の魅力を引き出し、そこからまた見えてくる生き物や自然界の素晴らしさを伝えるような本づくりを目指したい。そして、その本を読んだ読者の中から、将来の研究者や自然の中で働く人たちが生まれたらいいな、そんな夢を抱いている。

これを書いている今、私は二度目の育児休暇中で、職場復帰を目前に控えている。編集者は3Kと書いたが、一般的に勤務時間が不規則で残業も多い。実際、私も子供がいない時は、ほとんど毎日残業をし、締め切り前には深夜まで仕事をしていた。しかし子供が生きてからはそんな生活はもうできないし、子供の病気その他で休むことも多く、仕事の時間は約半分になった。

絶対時間が少ないので、どうしても本の刊行ペースは落ちてしまうが、上司とも相談して、私はそれまでの仕事の仕方を見直し、何から何まで抱え込み、外注できる仕事は外部スタッフに依頼するようにした。私は企画立案から原稿依頼、そして原稿完成までに力点を置き、さあ組版という段階になら外部スタッフに任せる。最初から最後まで自分の手で好きなように料理できればそれはそれでおもしろいが、ひとりよがりに陥ることも多い。いったん自分の手を離れた原稿は、次に戻ってきたとき客観的な目で見ることができるというメリットもあり、凡ミスや見落としていたことに気づくこ

ともあった。また組版後のゲラの校正も、漢字の表記統一や文章表現などのチェックはプロの校正者に任せ、自分は内容的なチェックを集中して行うようにした。

このように、外部スタッフの方々と仕事を連携させることで、限られた時間をうまく使い、できるだけ本の刊行ペースを落とさないように努力した。もちろん、職場の理解と協力があってこそ続けることができたわけで、たった8人の職場でありながら、また頻繁な欠席、遅刻早退にもかかわらず見守り支えてくれた上司、同僚には心から感謝している。

さて、子供が二人に増えて、しかも下の子はまだ1歳前で手がかかる。ますます使える時間は限られ、周囲にもますます迷惑をかけることになるだろう。まだどんな生活になるのか想像がつかないが、一人目の子供の経験を活かし、何とか乗り切っていこうと思っている。

また、二人の子供を育てている中で、疑問に思ったことや知りたいと思ったことを企画に活かさないのはもったいない。子供、そして子供を通じて得たお母さん友達や保育園等々、子供ができたことで広がった世界は編集者として貴重な体験だ。たとえば、子供の感染症や予防接種に関する本は今すぐにでも手をつけてみたい。子育てのさまざまな経験が新たな企画を生み出せたら、会社にも少しは恩返しできるだろう。



NEDOとしての研究への関わり

林 智佳子

どのような仕事がしたいか、自分に向いている職業は何か、キャリアをどのように活かすか、給与や待遇、勤務地 etc.……。就職あるいは転職という岐路は、自分の生き方を見つめ直す良い機会なのかもしれません。就職活動をする中で自分にとっての未知の職場として出会ったのが、NEDO技術開発機構（以下、NEDO）でした。NEDOに就職するに至った心境をお話するとともに、研究者ではない立場で研究開発に関わる仕事を紹介したいと思います。

私は、「人はなぜ病気になるのか」というところに興味がありました。疾患の分子機構を明らかにできる可能性に魅かれたのが研究の入り口に立ったきっかけです。大学4年生で研究室に所属し、教授をはじめとする教員や先輩の大学院生の指導を受けながら研究を開始しました。その後、修士課程、博士課程を経て研究の面白さや醍醐味を少しずつ経験していき、一方で研究を生業とすること、研究に対する思い、研究によって自ら貢献できることなど研究との関わり方を考えるようになりました。

博士課程時代にお世話になった研究所には、「研究が好きだ！」という思いが伝わってくるような魅力ある研究者がたくさんいました。好きな研究に真摯に取り組む姿は本当に尊敬に値するもので、話を聞いていても筋の通った人が多く、自分が興味深く思っていることを誰かに話す時の目の輝きは吸い込まれるほど印象的でした。一方で、仕事の成果、職の安定性、将来設計についてさまざまな悩みや意見を聞くことができました。そして、学生時代にさまざまな先生方と出会えたことで、就職という岐路に重ねて研究への関わり方を考える機会を持つことができました。魅力ある研究者に囲まれながら、研究者ではない形で研究に携わる通を選んだのは、「人はなぜ病気になるのか」という興味を私たちの生活や健康に活かすことができて、さらに「誰に」あるいは「何に」対して貢献したのかということを実感できる仕事に挑戦しようと考えたからです。

はじめは研究職を中心に就職活動していたわけですが、インターネットでNEDOのホームページに行き当りました。私にとっては初めて聞く組織でしたが、基礎研究を産業につなげるためにさまざまな研究開発プロジェクトを推進し、日本の産業競争力の強化を目指す事業をしているようだということがわかりました。また、

環境・エネルギー問題の解決を目指して新エネルギー・省エネルギー導入普及関連の事業も行っているということでした。NEDOとの出会いはまったくの偶然でしたが、興味がある分野以外にも幅広く科学技術に携わる機会があることや、新しい形で研究に関わってみようという思いを満たせる組織だと考えて挑戦したところ、縁があってNEDOで仕事をすることになりました。

現在、バイオテクノロジー・医療技術分野の創薬・診断研究開発関連の仕事をしています。経済産業省や総合科学技術会議といった政策当局と連携を図り、国の予算を日本の科学技術研究に投じています。具体的には、①大学若手研究者に対する支援、②中長期・ハイリスクのテーマに対する支援、③企業の実用化に対する支援などさまざまな形があります。私が所属する部署は、今の日本そして将来の日本にとって必要な技術開発のうち、上記の②に相当する国が支援すべき技術をナショナルプロジェクトとして推進する仕事が中心となります。

仕事を通じて感じていることは、NEDOは産・学・官と密接な連携が必須な職種であり、これらの要として機能しなければいけないということです。研究の出口・産業へのつながりを正しく捉えるためにも産業界とのコミュニケーションが必要です。また、研究現場にも足を運び研究者と信頼関係を築けるようなコミュニケーションの図り方が重要だと思います。単に研究予算を配るだけの組織ではなく、研究を理解する努力が必要だと考えています。それは、新しいプロジェクトを立ち上げる時に、どのような技術開発が必要なのかをきちんと判断できる力になっていくのではないでしょうか。さらに、研究開発の現状と未来を政策に反映できるように官とのコミュニケーションも必須です。このようにNEDOでの仕事は多種多様の人との関わりがあり、面白さとやりがいだけでなく自らの成長へつながる職場です。

自身、NEDO人として研究に関わりながら人をつないで技術を紡ぐ上で、自らが成長し柔軟に変化できる存在でありたいと思っています。そして、研究者や研究開発とともに、これからまだ変化し続ける組織がNEDOです。自らの成長、組織の成長、技術開発の発展を一体として味わうことができる仕事のひとつとして参考にしていただければ幸いです。

<http://www.nedo.go.jp/>



社会実践生物学とブレインストーミング実習 ～発想力と実践力をいかにして伸ばすか～

古本 強*・坪田 博美・植木 龍也・三浦 郁夫

「学生の発想力と実践力をいかにして伸ばすか」。これは、優れた教育者や研究者を育てるという観点からだけではなく、今後の日本社会を支える人材育成という大局的な視点からも、もっとも大切な大学の使命のひとつである。平成19年度4月初回の広島大学大学院理学研究科生物科学専攻の教員会議において、それまでの専攻での授業方針を見直してみてはどうかという提案が時の専攻長から出された。その一声から、准教授4名が集められワーキンググループ(WG)を結成し、まず教育改革草案を思案し、2年間の試行を経て、3年目にしてやっと大枠を見通せるまでに至った。ここでは、私たちがボトムアップによって作り上げ、実施に移した大学院専攻の教育改革について述べる。まず、授業改革にいたる背景として、これまで抱えていた問題点を整理し、ついで改革内容、試行、今後の展開のそれぞれに分けて、新しく開発した授業プログラムの骨子と意義・実例を紹介する。

背景

大学院授業を見直そうという機運は、二つの方向から高まっていた。ひとつは、文部科学省が実施する「特色ある大学院教育改革プログラム」への採択を旗印にして専攻の活動を世にアピールしたいという思惑(?)、いわば外側からの圧力と、もうひとつはそれまでの授業内容で十分に教育できるシステムといえるのか問い合わせ直そう、という自発的な内側からの圧力である。誤解を恐れずに、端的に改革以前の我々の教育への姿勢をまとめると、「大学院は研究に重心があり、講義には多くの力を割くべきではない」という言葉に表される。

大学院重点化や国立大学の法人化という大転換を経て、大学院のシステムは変わりつつある。また、入学する学生も、修了生を受け入れる社会も、この転換を期に大学がどのように変わらのかを期待している。先の言葉に代表される過去の大学院の授業スタイルはこの変化の波に十分対応したものであろうか。またこうした変化に対応できるような本質的な教育論に立脚して行われていただろうか。改革以前の大学院教育では、こうした検証

は積極的には行われておらず、教員数の減少や学生の質の変化にも関わらず、従来どおり旧態依然とした教育方法が維持されていた。

教育改革を行うにしても、社会は何を求め、大学院はどのように応えるべきなのかを考えねばならない。そこで、社会の求める学生像を企業に対して問うたアンケート結果をもとにWGは議論した。アンケート結果から求められている学生像と私たち教員が育成目標とする学生像を一言でまとめると、「基礎的知識を十分に備え、応用力と社会性のある人間」であった。それは、とくに時代の変遷とは関係のなさそうな、いつの時代にも通用しそうな種、理想的な人材像であった。

改革授業

どうにかして専攻の総力を挙げてこの理想に近づけないだろうか。先ほどの理想的な学生像を育成するために、「基礎的知識を十分に蓄えられる」システム作りと「応用力のある社会性のある人間」を育成するプログラムの二つの観点が必要だと考えた。まず、基礎的知識を十分に蓄えさせるために、それまでの授業で十分にこの要望に応えられているのか否かを検討した。検討の対象は、博士課程前期の授業科目である。

従来型の授業では、学生の所属する研究室の教員が主宰する授業に加え、あとひとつ近い分野の授業さえ受けいれば、卒業要件を満たす授業単位を取得できた。学生数に比べて過大な数の選択授業科目を用意していたので、授業参加者は1授業あたり4から5名と少なく、常日頃研究活動とともにする学生が講義を受講することや受講人数の少なさから授業を行う教員側のモティベーションも高くはなかった。このシステムでは専門性はたしかに高まるのだが、結果的に、この生物科学専攻を卒業しても、狭い分野の授業しか受講できておらず、これでは十分な基礎知識を与えたとは言い難い。想像の「基礎的知識を十分に蓄え」の部分を満たせていないことになる。実は、これはほとんどすべての大学院に共通する問題である。

*連絡先 広島大学大学院理学研究科生物科学専攻（大学院教育改革ワーキンググループ） E-mail: tfurumoto@hiroshima-u.ac.jp

この問題を解決するために、授業カリキュラムを変更し、専攻の全教員がほぼ全員の学生を教える授業体制をした。分野が関連しうる複数の教員を束ね、6つのオムニバス授業を用意した。モデルケースではこの中から4つを選択することで、一人の学生が専攻全体の2/3の教員の授業を受講することになる。これにより、専攻の持つ「知力」を学生に十分に注入できるシステムを作ることができた。

これ以外にも、このシステム変更にはいくつかのメリットがある。(1)教員一人当たりの授業負担は増えない、(2)専攻に所属する学生の顔を全教員が共有できる(専攻としての結束力が生まれる)、(3)授業あたりの参加学生数が増え、授業を教える側にも張りが出る(授業の質が向上する)、(4)複数の専門分野の面白さを味わうことができる、といった点である。

つぎに、「応用力のある社会性のある人間」を育成するには、どのようなプログラムを提供すればよいだろうか。応用力とはつまり、既成の物事の原理を十分に理解したうえで新しい解決策を発想し実践できる能力のことである。この発想力と実践力を養うプログラムをどのように構築するかを議論した。

一般に、ひとりで新しいアイデアを発想することはきわめて難しい。しかし、複数の人間で議論しあいアイデアを膨らませていくことで、次なるステップに発想を高めていくことは比較的容易である。これは、ブレインストーミング法と呼ばれ、発想法のひとつとしていろいろな分野で利用されている。この手法を取り入れてみてはどうだろうか。つまり、学生の間で、なにか共通の問題に取り組ませることで「議論する風潮」を育てれば、おのずと発想力を養えるのではないか。そして、発想したことの実践できる「場」を与えれば、おのずと実践力の養成に結びつくのではないか。この着想から生まれたのが、博士課程前期の「interdisciplinary Brain-Storming 実習(iBS実習)」である。異なる研究分野からなる少人数のグループを作り、お互いの研究の背景を理解させる時間を与え、それぞれの研究の共通点や相違点をもとに「確かめてみたいこと」を議論する中から探索する。そのうえで、解決となる手法を考え、実習として一部分でも実施にうつす。この一連の流れのなかで自ら考え、議論し、実行する過程を経ることは、発想力・実践力の涵養に役立つのではないかと考えた。この実習ではまず、ほぼ半年(1セメスター)をかけ、グループを組む3人ほどの学生が、お互いの卒業論文あるいはこれから修業するテーマのことを説明し合う。また、話し合うだけ

ではなく、グループの自分以外の学生に成り代わり、自分以外の学生の研究内容を授業中に皆に発表する。こうした機会を設けることで、他人事としてただ漫然と聞くのではなく、発表するつもりになって相手の気持ちを知ろうとする心がけが生じるようにしむけた。次に、残りの半年(2セメスター)をかけ、お互いの共通点など話し合い、確かめたいと思う不思議を探し出し、それを自らの手で実験し調べるようにしむけた。

社会性という視点で学生を見たとき、議論するといつてもなかなか話し合えない、質問もしない、そんな内気な学生の風潮がしばしば取りざたされる。議論を前提にする上記の取り組みにはこうした風潮を取り除く必要性がある。また、同時に社会性をはぐくめるような仕組みは用意できないだろうか。そこで、もうひとつ考え出したプログラムが、博士課程前期2セメスターの社会実践生物学特論である。この講義では、広く生物に関わる他分野の専門知識や社会実践的知識を学ぶことで多彩な物の見方を修得させる。そのために、他研究科、企業、近隣大学および教育現場から外部講師を招き講義を聴く。直接の自身の研究とはかけ離れた講演テーマに対しては、比較的自由な発想で質問することができるはずである。これにより、生物学を学ぶ上の社会性を考える契機とするだけでなく、質疑応答をする癖付けを行おうと考えた。

以上を総括すると、我々の改革骨子は以下の3つに集約される。

1. 選択授業を廃し、オムニバス形式の必修授業へとカリキュラム変更を行い、専攻の持つ全知力を注入する。
2. iBS実習を新規に実施し、異なる分野間で互いに議論する風潮を育て、発想力・実践力を養う。
3. 社会実践生物学特論を新設し、多彩な視点を学ばせると同時に、発問する癖付けを行う。

試 行

平成19年と平成20年の2年間にわたり、上記改革案を試行した。ここでは上記3項目のそれぞれに対して得られた試行結果を示す。

1. 授業のオムニバス化・必修化によって、多くの学生が揃ってひとつの授業を受講するシステムができた。授業は水曜日に一本化し、他の曜日はすべて研究に充てられるよう配慮した。受講した学生への聞き取り調査やアンケート調査では、授業が高度で理解するのが精一杯だという意見があった。これは、学生の負担が増えたことと同時に、狙い通り専門外の分野を学べていることを意

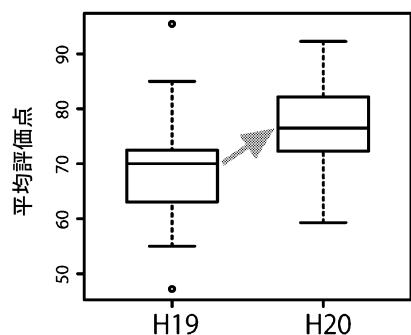


図1. アンケート総合評価点の平均点の年次変化

味している。また試行1年目では、従来のカリキュラムと並列して受講している学生がおり、旧カリキュラムとの比較について学生側の意見を聞くことができた。それによるととても好意的で、いろんな先生の考えに触れられたこと、授業が一日に集中していることを良く評価していた。こうした期待通りの効果に加え、このカリキュラム変更によって、予期していなかったよい効果が見いだされた。それは、従来に較べて一つの講義当たりの受講生が多くなり、実施した授業アンケートに有効性が生まれたことである。教員間でいろいろな教え方に差があることは否めない。学生への「うけ」がよい先生ほどアンケート結果がよい、というアンケート調査としての問題点もあり、教員間の点数序列には大きな意味を持たせていない。しかし、同じ教員の1年目と2年目のアンケート結果を比較すると、それぞれの教員の工夫の具合を見て取れた。総合評価のみの年変化を示すと図1のようになる。平均評価点の上昇傾向は、それぞれの教員がなにがしかの工夫を凝らしていることの現れと考えられる。こうしたアンケート調査は、継続して示すべきものなので、このわずか2年間の結果を持ってその有効性を断定するのは難しいが、教員が学生を意識して積極的に授業の仕方を変え始めていると見ることができた。

2. 2年間のiBS実習では、3つの研究班を用意することができた。それぞれの研究タイトルは、次のようなものであった。

- (1) ムラサキイガイを用いた海洋汚染の検出
- (2) 植物細胞における細胞骨格繊維の観察
- (3) ホンモンジゴケと銅

(1) の課題は、班員たちが広島湾の干潟に行き、生物を観察する中から探し出したテーマである。海水の汚れを分子レベルで評価しようと試みたもので、PCRを行って目的遺伝子の増減を調査しようとしたものである。ムラサキイガイを材料に選んだ。

(2) の課題は、動物細胞を扱う学生と植物を扱う学生が話し合っている際に見いだしたテーマで、植物の細胞骨格観察に挑戦した。材料はシロイヌナズナである。

(3) では、ホヤの金属イオン濃縮を研究する学生とコケの分類を研究する学生が話し合って見つけたテーマで、ホンモンジゴケという銅イオン濃縮能を持つコケを野外から採集し、銅イオン濃度の測定を試みたものである。

実はどの研究テーマもまずは抜けたオリジナリティーをもつとはいがたい研究テーマである。しかし、ここで繰り返し強調しておきたいことは、自分たちが自ら話し合い、野外に赴きあるいは常に使う材料を用いて、不思議に思ったことを確認しようとしたことであり、また、従来であればそれぞれの専門分野の壁を越えることがなかったはずの学生たちが、自らの意思で異分野に飛びこんだことである。なかには専攻内の教員に専門的な技術指導を依頼して、技術的な問題を解決したこともある。実習終了後には、「動物以外の細胞骨格を初めて観察した。」「野外のサンプルからでもPCRができるんだ」や「ほんとうに銅イオン濃度が高く、コケがすでに青くみえた」など、素直な喜びを語っていたのが印象的であった。学生同士が教えあう、いわゆる協調効果も認められ、当初の目的であった議論する風潮を育てるに成功したのではないかと考えている。また、専攻の教員を巻き込む形は、学生自身が専攻の全体の力を実感するまたない機会でもあった。これらに加え、狙い通り、異分野の技術・思想に触れてそれぞれの考え方の違いを目の当たりにして驚いていた。とくに実験手法には動物植物をこえて共通する部分や異なる部分があるが、常に同じ材料に触れている研究室内ではそうした差異を実感できない。この実習で初めて差異を認識し、実験手法の中でも重要なステップや材料に適合させるための特殊なステップなどの、それぞれに意味合いがあることを実感できたようである。こうした試みの積み重ね中にいつの日か、これぞ広大オリジナルといえる実験材料・アイデアが生まれると期待している。

3. 社会実践生物学特論の講演者として招いた人々は、広島大学を退職した教員をはじめ、博物館学芸員、企業研究者、高校教員、アナウンサー、新聞記者、食品企業役員、博士研究員、外国語教員、外国人研究者、第一線の研究者と多彩であった。アンケートの結果も上々で、受講生がそれぞれの講演をよく聞き、学んだことがわかった。なかにはこの授業を契機に、講演をいただいた企業へ就職を決めたものもいた。就職のための講演とは位置づけてはいないが、学生と社会をつなぐ窓口の一つと

なったのではないかと考えている。

2年目の試行時には、それまでは各研究室負担であった講師謝金に部局長裁量経費による金銭的サポートを得ることができた。そこで、1年目とは異なる試みを行った。それは、15名の外部講演者に加え、3名ほどの講演者を学生たちが自ら選ぶというものである。どんな人を呼びたいかという相談から始まり、交渉、日程の調整、会場の準備、当日の司会進行などを学生に任せ、彼らの聴きたい講演をオーガナイズする機会を与えてみた。どのような講師を選択するのか、我々も興味があったが、彼らが選んだ講師は、最近ポスドクになったばかりの研究者、著名な自然写真家、そして他分野の教授（本学の副学長）であった。どの方々も、魅力的で、学生が選ぼうとした意図がよくわかった。直近の研究者としての先達に意見を聴きたいということ、常に教科書の図録などで目にする生物写真を撮っている人の自然観を聴きたいというもの、そしてメディアなどの露出が高くとても気になる先生を呼び、話を聴きたかったのであろう。一方、それぞれの講師の方々も学生からの依頼を快く引き受けてくださり（いやとは断れない類いの依頼もあるが）、それらの講演はかつてないほど多くの学生が参加した盛んな講演となった。

今 後

ここ2年間の試行のなかで、それぞれの項目に考えなければならない課題が見えてきている。

1. 授業に対しての不満の多くは、実施曜日にあった。週末におくことができれば、一週間の実験予定を組みやすく、週の中に（現行では水曜日）配置するとどうしてもその日に実験をとぎらせねばならない。今後は、週末への配置を考えて、実験との両立を促していくといきたいと思っている。先にも述べたが、この授業形式のために、とても有効なアンケート結果を取得できている。アンケートを今後も継続し、教員に還元することで実質的な教員の教育力を上昇させる手段としても機能させねばならない。

2. iBS実習と社会実践生物学特論の間には、興味深い相関関係が認められる。実は、この改革が始まって以来、特論における学生からの質問数をカウントし続けている。面白いことに、2セメスターの特論開始時（後期）においては、iBS実習参加者の質問数が多く、その後は、非参加者の質問が増えてくる（図2）。この傾向は2年目もおおむね同様であった。これは、iBS実習（通年）で議論や発表、質問を重ねている学生は、半期（前期）の実

習が終了した時点ですでに発問する癖付けができており、社会実践生物学特論での発問が容易であったと推察される。また、この参加者に促されるようにして非参加者も次第に質問するようになり、後期授業の終了する頃には参加者・非参加者の区別なく質問できるようになっていると解釈できる。

思えば、授業中での質問数の少なさに、なぜ質問しないのかと学生に問うと必ず、「馬鹿な質問しているって、友人に思われるのが恥ずかしいから」という返答が返ってきていた。iBS実習での学生同士がふれあう回数の多さが、そうした恥ずかしさを取り除く特効薬として機能したように感じている。

今後この取り組みのなかで我々教員側が意識したいことは、学生の自由な議論を積み重ねていくなかからオリジナルな視点や材料を探し出すことであろう。学生にはその過程が大切だが、積み重ねの中にきっと我々の考えもつかないような独創的なものが見いだせると期待しており、これは継続する教員側の見いだす力の問題だと感じる。

3. 社会実践生物学特論は、多くの学外の人とのつながりを強めてくれるまたとない機会でもある。学生以外にも講演を聴きにきた教員の質疑応答は、学生にとってうってつけの質疑応答の手本ともなる。積極的な教員の参加が講演を盛り上げ、ひいては授業や学生の積極性を盛り上げることにつながると考える所以、学生だけでなく教員の講演への積極的参加が必要である。

最後に

外部資金獲得によって運営資金が潤沢にあれば、講演謝金に糸目をつけることなく、講演者を選択することができるだろう。部局裁量経費による補填のあった昨年とは異なり、現在は専攻の教員が出合うお金でこのプログラム運営はまかなわれている。この状況は逆に言うと、ここで提示したプログラム改編は安価にできるというこ

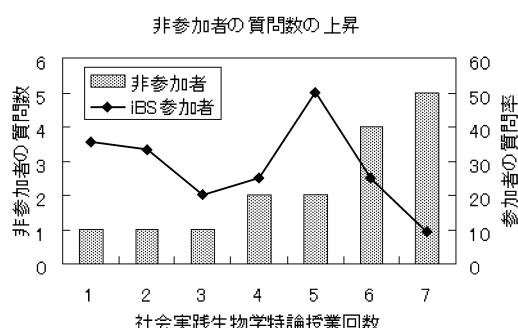


図2. 授業回数と質問数の関係

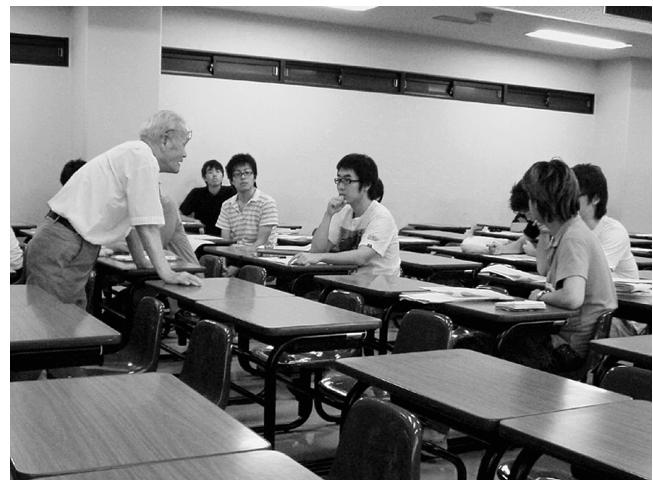
とで、他の大学でも金銭的な問題に律速されることなく運用可能な実質的なプログラムといえよう。大きなシステムの変更にはもちろんいろいろな抵抗と摩擦が生じる。改革を推し進めるためには、教育の目的を再確認し、周囲の理解を得ることが必須であった。「うまくいくかどうかわからぬのに、そんなに力は注げない。今までどおりで十分じゃないか。」というのが、改革の外側にいる人の本音であろうと思う。一方で我々は、2年間の試行において新しいプログラムがうまく進んでいるという印象を強く持っている。たくましく、たのもしく育った学生を見るのは何よりもうれしい。そして、改革に携わった充実感がある。実践した経験から、それぞれの大学・専攻の事情に合わせ、一部分でもこの改革骨子を取り入れることは可能だと断言できる。

この新規プログラムは百年の教育の礎になってほしいという願いを込めて、百年教育プログラムと命名している。時代とともに教育システムは変わるだろうが、冒頭に述べた時代の要求する人材像はおそらく不变であろう。改革の波が押し寄せる今こそ、教育することの本質を理解し、少しでも実行に移すことが求められていると思う。

一方で、学生側からいえば、ここに述べたようなプログラムがなくとも、その骨子である「幅広い興味を持つよう窓口を広げておくこと、友人と議論すること、議論の中で生まれた発想を実行してみること」を心がける必要があろう。そうしたことを実践できる人材こそが、どの分野でも求められる人材像なのだから。



中国新聞の片山明子記者



広島大学名誉教授・福井作蔵先生



タカキベーカリーの三山雅代さん



iBS実習の学生の様子



技術者の社会貢献 ～NPO法人という選択肢～

宮入賢一郎



私たちの仕事や研究のほとんどには、社会に貢献する面が含まれている。このことは、学協会で制定している技術者の倫理にも公益確保とか、公衆の安全、健康や福祉を最優先するといった規定が盛り込まれていることからもわかる。

社会貢献というと地域の清掃活動などのボランティアをイメージすることが多いと思う。最近では、このような活動に加え、ビジネスや研究をテーマにした社会貢献を組織的に行うケースがてきた。『NPO (non profit organization)』というしくみだ。NPOは非営利活動する団体のことをいい、不特定かつ多数の人々(つまり公衆)の利益の増進に寄与することを目的とする社会貢献的な活動を行うものである。そして、NPOのなかでも「特定非営利活動法(NPO法)」に基づき認められ、登記などの手続きを経た組織がNPO法人を称している。

NPO法人の主な活用内容は17分野となっており、認証手続きの際にどの活動を行おうかを決めておく必要がある。活動は複数分野でもよい。認証を志す場合には、自分達の活動がどの分野に該当するか、チェックしておく必要がある。長くなってしまい恐縮だが、NPOの活動を理解するうえから17分野を列挙することで具体的なイメージをしていただきたい。①保健、医療または福祉の増進を図る活動、②社会教育の推進を図る活動、③まちづくりの推進を図る活動、④学術、文化、芸術またはスポーツの振興を図る活動、⑤環境の保全を図る活動、⑥災害救助活動、⑦地域安全活動、⑧人権の擁護または平和の推進を図る活動、⑨国際協力の活動、⑩男女共同参画社会の形成の促進を図る活動、⑪子どもの健全育成を図る活動、⑫情報化社会の発展を図る活動、⑬科学技術の振興を図る活動、⑭経済活動の活性化を図る活動、⑮職業能力の開発または雇用機会の拡充を支援する活動、⑯消費者の保護を図る活動、⑰16の分野に掲げた活動を行う団体の運営または活動に関する連絡、助言または援助の活動。

筆者が代表を務めるNPO法人CO2バンク推進機構では、太陽光発電や風力発電といった自然エネルギーシステム、地元の木材を使った省エネ住宅、薪やペレットを用いた木質バイオマス、廃棄物処理、環境教育や都市緑化、森林保育など、多岐にわたる活動を実践している。企業との違いを一言で表すと「緩やかな結束」である。NPOの社員と表現される会員は、それぞれが会社に勤めている人がほとんどだ。その傍ら、それぞれの専門性、意欲を持ち寄って活動している。研究や企画得意とする人もいれば、設計会社、製造や施工のできる会社などの法人もいる。その力を持ち寄れば、企画立案から設計、施工、メンテナンス・運営などが全て可能になる。最近

では10kwクラスの太陽光市民発電所を8棟建設した。

こうした活動は、NPOのミッション(使命)のもとに結束している。どのような社会貢献を行うのか、その方向性となるのがミッションだ。ミッションを共有しながら、それぞれが力を合わせる。住民や行政とも連携することも大事だ。それを「協働」という。さらに活動の原動力にはパッション(=情熱)が必要。情熱が続かなければ活動は持続できない。NPOの立ち上げ、そして持続的に活動していくには「ミッションとパッションの両輪をバランスよく回す」イメージが必要なのである。

NPO法人には資本金という概念がない。また自分で設立手続きを行えば設立に要する費用もからない。設立の際に縦覧や審査などの手続きが必要となるなど、株式会社を設立するよりも手続きには手間がかかる点もあるが、経済的なメリットは大きい。NPO法人は対価をえるような経済活動ができるかどうか、という質問をよく耳にする。NPO法人では区分経理によって、公益事業会計と収益事業会計といった複数の会計を行うことができる。わかりやすく言うと事業で利益をあげて、その利益を公益活動の資金に転用することが可能となるのである。

先にとりあげた筆者の所属するNPO法人では、行政からの受託事業も行っているので、複数の従業員を雇用し、労働保険、社会保険などを企業並みに行っている。また事業収入に関しては消費税や法人税なども納めている。もちろん事業を実施する際には、無償のボランティアスタッフにも協力してもらうがあるので、柔軟な組織運営ができる。法的に認められないのは利益の分配であり、利益をボーナスとして支払うことはできない。収益事業で得た利益は、税引き後に公益事業会計に移し、社会貢献活動の資金としている。

このようにNPO法人には意外に知られていない面がある。企業や研究機関、学校、ベンチャーなど、生計を得て自己実現する手段はたくさんあるが、『NPO』という選択肢も知っていたら幸いである。全国には37,368団体ものNPO法人が認証されている(2009年4月30日現在)。各地でNPOが主催するイベントや事業も数多くあるはずだ。まずは、そういった活動に参加してみることをお勧めする。10人の仲間が集まればNPO法人を設立することができる。そして仲間の知恵と力を結集したコミュニティ・ビジネスなど、新しい事業モデルを構築することも可能である。

〈参考文献〉

- ・宮入賢一郎・森田真佐男：図解NPO法人のつくり方・運営のしかた、日本実業出版社(2009)。
- ・内閣府NPOホームページ<http://www.npo-homepage.go.jp/>



自分の原点と経験を大切に

山村（永井）裕美



私は分子生物学関連の出願特許の先行技術調査を生業としている。履歴書的には、国立医療機関研究員、ベンチャー企業・知財担当者、嘱託特許調査員である。研究現場から知財分野へのチェンジ組は増えつつあり、私もその一人である。そこで、駆け出しのキャリアチェンジ組が自信を持って仕事をするために重要だと思ったことを紹介しよう。

まず、「自分の原点」を大切にすることである。私は「臨床検査技師」になるための医療系専門大学で基礎医学全般を学んだ。「基礎医学」とは医学の研究や臨床の基礎となる学問であり、人体と疾患を関連付けるために重要な学問分野である。私の場合は、得意な生化学を軸として、疾患を解剖・生理学的あるいは細菌学的見地から体系的に分析し、メモリーツリー状に関連付けることにより、マクロの世界からミクロの世界に渡る幅広い知識を得たことが原点となっている。

次に大切なことは、「経験」をすることである。私は学士、修士号、博士号をすべて別の医学系大学で取得しており、各大学で「生化学（臨床化学）」「内分泌学」「ウイルス学」と異なる分野を専攻している。もちろん、同じ分野で研究を続けた方が、学位取得やその後の研究において多くのメリットがあるようにも思われる。実際、私は博士号の取得に多くの時間を費やしてしまった。しかし、異なる大学（環境）で、異なる分野を経験することで多くの知識を得ることができ、適応能力を向上させることができた。

大学では上述の学術的経験に加え、別途「遺伝子工学」関連の技術を用いた新しい検査法の確立とその導入方法について勉強や実験をさせてもらう機会に恵まれ、「自分の検査法を確立し普及させたい」という目標につながった。

修士課程では、非常に貴重な臨床サンプルを用い「褐色細胞腫におけるカテコールアミンの転写調節機構の解明」をテーマとした研究を行うことで不足していた分子生物学の知識や分子生物学的手技・手法を獲得できた。また、この期間には非常に多くの学術文献を読み、第三者に理解できるように説明するという技術を身につけた。

博士課程・ポストドク期間では、「自分の検査法を確立し普及させる」という目標を「HIV-1 DNAの高感度定量法の確立と普及」というテーマで達成することができた。この期間で行った研究は、多くの学術機関、医療機関の協力

の下、「リアルタイムPCRを用いたHIV-1 DNA高感度定量法」について新たな方法論を確立し、実験により証明し、 10^6 細胞中に存在する 5 コピーという非常に少量の HIV-1 DNA までを正確に定量できる方法として評価されるに至った¹⁾。さらに、「リアルタイムPCRを用いた定量法」を普及可能なものとするためには、精度管理はもちろんのこと、確立された他の測定法との比較検討がキーポイントとなるが、この部分は大学の経験が活かされた。

また、この期間では研究内容を社会に還元する「技術移転」に関わる多くのことを経験した。「技術移転」を行うにあたり、研究内容を「知的財産権」として保護するため「特許出願²⁾」の明細書の作成に関与した経験は、キャリアチェンジの大きなきっかけとなった。

最後に大切なことは「違う職種」に一步を踏み出す勇気である。研究機関から生み出される研究内容を理解し「発明」として保護すること、そして産業に寄与する橋渡しをすることも、学位取得者として必要な仕事である。ポストドク期間終了後、創薬ベンチャー企業の知財担当者として一步を踏みましたが、原点となる「疾患に関する知識」と今まで経験したことは余すことなく利用できるものであった。一方で、「特許費用と特許経営戦略に関する業務」という研究とはまるっきり異なる「マネジメント」業務に関与したことは、大きな財産となっている。この経験を何時か分子生物学分野の产学研連携に活かしたいという野望はあるが、現在のところは残念ながらくすぶっている。

恥ずかしながら、私はポストドク計画に乗せられ、研究者の道を目指したもの、若手女性研究者にありがちな「研究を続ける？」それとも「違う職種に進む？」という壁にまんまとぶつかり、研究者として生涯を全うできなかつた人間である。現在行っている分子生物学関連の特許調査は、得意とする医療分野のみならずより広い知識が必要とされるが、日々進歩する新しい技術情報を誰よりも早くキャッチできる機会に恵まれている。大げさかもしれないが、研究者として生きる以上に自分の可能性を広げるチャンスを得ることができたと思っている。自ら進んで勉強して取得した知識を原点とし、経験したすべてを大切にすればどのような道を選んでも決して無駄になることはない。

1) Nagai, H. et al.: *J. Virol. Methods*, **124**, 157 (2005).

2) 金田次弘ら: 特許出願番号: 2005-32747 (2005).



販売促進する仕事 ～通り過ぎる一瞬に思いを込めて

綿引 志帆



クラシエホームプロダクツ株式会社（旧カネボウホームプロダクツ株式会社）に入社後、約3年間は営業として、ボディソープ、シャンプーといったトイレタリー商品から基礎化粧品、シートマスクといったコスメティックス商品まで、20にも及ぶブランドを担当する企業に提案をすることが仕事だった。ブランド数が多く、シャンプーに興味を持ったことがきっかけで就職を希望したことでもあって、当初は基礎化粧品に対する関心はなかった。ところが入社4年目の「お肌の曲がり角」と言われる25歳をちょうど過ぎた頃、基礎化粧品を扱う部署で宣伝販促を担当することになった。

基礎化粧品を扱う会社に在籍しながら、恥ずかしいことに自分自身のスキンケアにはまったく無頓着であった。入浴後に化粧水もつけずにいたり、メイクを落とさずに寝てしまったり、それでも肌は元気だったのだが、年齢とは不思議なもので25歳を境に、急に衰え始めたのである。初めはシミが気になり、続いて頬の毛穴、かつては感じなかった肌荒れ、そして目元の小さなシワ…、一度気になり始めると際限なく気になる部分が出てきた。基礎化粧品の宣伝販促を担当することになって改めて、スキンケアの大切さに気づかされたのである。

この気づきを与えてくれたのが、ある美容愛好家の方の講演であった。講演の中で彼女は「色の白いは七難かくす」という言葉を引用して、「美肌づくりに大切なことは、毎日の化粧習慣」であることや、スキンケアの始め時は、「キレイになりたいと思ったとき」というお話をされていた。私は、これまで「化粧習慣」なるものを持っていなかったが、いまが「始め時」であるとこの講演を通して気づくことができた。色白の女性は多少の欠点があっても美しく見えるという意味の「色の白いは七難かくす」という言葉を知り、毎日の化粧習慣が実に大切であることをこの講演を通して気づき、美しくなりたいと願うたくさん的人にこの言葉を伝えたいと感じた。

当社の基礎化粧品における基幹ブランドがまさに「美白」を謳った商品である。肌の透明感を失わせるのはシミだけではなく、キメの乱れや毛穴の開きが関係してい

ることから、シミ・キメ・毛穴をケアすることによって透明感のある肌に導くというもので、美白有効成分である高純度ビタミンC誘導体と、ヒアルロン酸の構成成分であるN-アセチルグルコサミン（保湿成分）を配合しているところがポイントである。ここで宣伝販促の仕事は、商品の特長をいかに短い言葉でお客様に伝えるかが重要となる。直接対面して商品を紹介できれば伝えたいことを100%伝えられると思うのだが、ドラッグストアで静かに棚に並んでいる基礎化粧品ではそうはいかない。何十ものメーカー、何十ものブランド、何百ものアイテムが狭い棚の中でひしめいている中で、商品に気づいてもらうにはどうしたらよいか。もちろん、商品パッケージが最も重要なが、それだけではすべてを伝えられない。ここを補うのが、宣伝販促の仕事である。TVCMやWEBの制作、雑誌出稿、プロモーションの立案から店頭販促物の制作まで仕事の範囲は幅広いが、最終的に店頭で商品に気づいてもらい、買いたいと思ってもらうことを目的にさまざまな場所に商品情報を散りばめるのである。つまり、宣伝販促の仕事とはさまざまな場所を通り過ぎる一瞬に「気づき」を与える仕事である。薬事法により、化粧品の効能効果範囲外の訴求を制限されているが、一瞬という限られた時間の中で限られた言葉の中から人に「気づき」を与えるには、強い印象の言葉はもちろんだが、意外と古くから使われている言葉が有効なのかもしれないと思った。

基礎化粧品にあまり関心のなかった私が基礎化粧品を宣伝し、販売促進する仕事をしているというのはとても不思議な感じがするが、おかげで言葉により「気づき」を与えられ、いまでは基礎化粧品を扱う仕事に携わることに満足感すら覚えている。生物工学の研究に携わる方々が読まれる技術雑誌に載せるエッセイとしては技術的な話題が皆無で申し訳ないと思いつつも、ひとりでも多くの人が「気づき」、当社の基礎化粧品を使ってキレイになってもらえるよう、今しばらくは技術開発からそれではいるが「気づき」の言葉と格闘していくつもりである。



魅力的な学生・大学院生になるために

文部科学省大学院教育改革支援プログラム

東京医科歯科大学大学院・生命情報科学教育部

国際産学リンクエージングプログラムの試み



竹本 佳弘

魅力的な学生・大学院生とはどのような人材だろうか？多くの人は専門分野の知識、論理性、研究遂行能力を備えた人材を思い浮かべるのではないだろうか。一方、経団連の調査にあるように、コミュニケーション能力、柔軟性、プロジェクト推進力¹⁾も必要であろう。私は加えて、多様な価値観、広い視野、国際感覚を課題として挙げておきたい。ではこれらの課題にある能力は、どのようにすれば身につけることができるのだろうか？これらの能力は、実は企業などの特定の組織に属してからでは習得が難しい。しかし学生という自由な立場であれば、さまざまな企業や海外に身を置くことで、比較的容易にこれらの能力を習得のための機会を作ることができる。私たちは、2007年から大学院教育改革支援プログラム・東京医科歯科大学・生命情報科学教育部・国際産学リンクエージングプログラム（以下、リンクエージングプログラム）を通してこの課題に取り組んでいる。このプログラムは、主に国際インターンシップ、国際ビジネスセミナー、キャリアコーチング、リカレント教育などのサブプログラムからなり、主な対象は生命情報科学教育部で疾患生命科学を学ぶ大学院生と本学の卒業生である。以下に私たちの取り組みを紹介しながら、皆さんと一緒に魅力的な人材に関して考えてみたい。

国際インターンシップ

皆さんは海外の研究機関で活躍したいと考えてみたことはないだろうか？海外に身を置くことは、多様な価値観、広い視野、国際感覚を身につける上でよい機会となる。リンクエージングプログラムでは、海外での研修を希望する学生に、国際インターンシップとして修学期間中にファンドを付け、海外へ出られるように積極的にサポートしている。具体的には、学生が自分で計画を練ったプランに従って、海外にあるアカデミアの研究所や企業を一人で訪問し、訪問先の人々との各種の議論を通して国際社会の実情を学んだり、将来海外で活躍するための準備を行うものである。もちろん学生だけでは訪問先の選定に限りがあるので、我々も訪問先に関する各種のアドバイスを行う。しかしあくまでも主体は学生である。学

生によっては、5ヵ国十数施設を訪問したケースもある。インターンシップから帰国した学生は、公開報告会を設けることで他の学生と経験を共有する。これにより刺激を受けた他の学生は、次は自分の番としてチャレンジできるように意識向上を図っている。国際インターンシップの企画と実践に加えて、公開報告会での発表と、学内外へ向けた報告書の作成を通して、国際キャリアパスに関する自分の考えをまとめ上げることが本プログラムの内容である。

さて本インターンシップから帰国した学生であるが、帰国後の報告会の場で自信に満ちて発表している姿は実際に逞しい。出発前の自分の殻を破って、生まれ変わった別人のように見える。このプログラムを実施するには、自分が持つ専門能力、コミュニケーション能力、柔軟性、プロジェクト推進能力のすべての能力を駆使する必要があり、またこのインターンシップを通して、幅広い視野、多様な価値観、国際感覚を獲得できるため、理想的なプログラムであると言える。皆さんにも、ぜひともインターンシップ参加者の報告書を読んで参考にして頂きたい²⁾。

さて本大学院で実施しているインターンシップには、他にもユニークなものがある。それは国内の内資・外資企業の皆さんに協力頂いて実施している英語によるR&Dインターンシップである。基礎研究から応用研究まで複数の企業を訪問し、見学させて頂くことに加えて、現場で働く研究者や開発担当者から直接話を伺うことによ



より、働くことを意識しながら医薬品産業を全体的に学べるようにデザインしたコースである。これにはオミックス創薬（本学バイオ医療オミックス情報学人材養成プログラムの講義のひとつ。このプログラムは、社会人向けプログラムであり、最先端のオミックス情報を臨床医療や創薬・育薬に活用できるようにデザインしたプログラムで、いくつかの科目は本大学院の正規科目もある。社会人と大学院生と一緒に勉強するユニークな科目もある。）³⁾という講義と連動させており、座学（オミックス創薬）でしっかり学んだ後に、実際の研究や企業の現場を見学することで、幅広い知識と視点を身につけられるようにデザインしてある。大学院生がキャリアを考える上でライフサイエンス関連産業全体を視野に入れることができ、具体的な企業や産業に対するイメージを描くのに役立っているようである。

その他、海外との交流に関しては、日本から海外へ学生を出すだけではなく、海外の学生も積極的に受け入れている。たとえば2008年、第7回駿河台国際シンポジウムを開催した際にAdvanced Course of Biomedical Scienceを同時開催し、サマープログラムとして20-30名の海外の学生を本学に招待している。その際、日本人学生はそれぞれの海外の学生の世話係を担当することで国際交流を促進している。また2009年の秋にはInternational Student Three Month Programを実施予定にしている。このプログラムは、海外の大学院生が本学大学院において、3ヶ月間のプロジェクトを実施するプログラムである。プログラム内容は、疾患生命科学に関連するコアプログラムに加えて、本学大学院で実施している留学生向けの英語講義も選択できる。また先に述べたR&Dインターンシップにも参加できるようにデザインしている。さらには国際交流センターが実施する各種の日本を学ぶプログラムとして、日本語コースや、日本文化を学ぶための社会見学なども盛り込んでいる（詳細は、2009年の秋までにリンクページのホームページにて掲載予定）。このプログラムの実施の際にも、本大学院の学生を留学生の日常の相談相手として担当してもらう。このような活動を通して、多くの学生が海外の人々と接する機会を創出できるような環境を整えている。

コミュニケーション関連演習・ビジネス講義

海外で研修するにあたり、海外の大学の先生や、企業のエグゼクティブ・研究者とのコミュニケーションに不安を感じている人も多いのではないだろうか？また実験などで忙しい学生生活の中で時間がとれず、海外への準備ができない学生も多い。本大学院では、大学院の英語演習科目を活用したコミュニケーション・トレーニングを用意している。ひとつは英語ディベート演習である。これは握手に始まり、交渉の基礎・戦略や交渉に必要な



基本的な英語表現を学びながら、実践としてディベートを行うプログラムである。もうひとつは英語プレゼンテーション演習である。これは英語による自己表現を目的に、発声練習から、英語による履歴書の作成、読んでもらえるメール作成方法、パワーポイントを用いた英語による学会発表練習を行う。英語による交渉や自己プレゼンテーションは、コミュニケーション能力強化に必要であるにも関わらず、通常なかなか学べる機会がない。我々のところでは大学院の講義を利用して実現している。

もう一つ講義を利用した試みとしては、国内外で活躍するビジネスパーソンの東京訪問を利用した活動である。この訪問の際に「国際」をキーワードとした講義を積極的に実施している。ひとつは国際産学リンクセミナーとして、各界で活躍されている国際ビジネスパーソンにおいて頂いてビジネスに関する講義をして頂いている。企業のエグゼクティブからキャリアデザインの専門家まで、多様なスピーカーに参加いただいている。もう一つはラウンドテーブルセミナーで、学生や卒業生が丸テーブルを囲んでゲストスピーカーと直接ディスカッションを行う形式のセミナーである。先日は、デンマークの起業家の来日の機会を利用して、ビジネス関連や起業に関する話題で講演をして頂いた後に、学生が各種の議論を戦わせていた。この形式のセミナーでは全員参加が求められるため、学生にとっては大きな刺激となる。

キャリアデザインサポート

皆さんは、コーチングという言葉を聞いたことがあるだろうか？コーチと聞くとスポーツを思い浮かべる人が多いと思うが、欧米ではスポーツに限らず、各種ビジネスの世界でコーチをつけることがごく普通になってきている。

このプログラムのもう一つの大きな特徴は、希望する学生にはプロのビジネスコーチをつけることで、本人のキャリア構築をサポートすることである。コーチングを利用することで、自分自身では気づいていない自分を、

自然に学生自身が引き出せないかと考え、2007年から試行錯誤を重ねながら実践してきた。アンケート結果によると、キャリアコーチングの満足度は非常に高く、ほぼ100%の学生が満足し、他の学生へ薦めたいとコメントしている。その他のキャリア支援として、学生の相談窓口を作つて気楽に各種の相談ができるような環境を作つたり、大学の学生支援課との連携により、学生がさまざまな職種に就くことをイメージできるように、バリエーションに富んだ企業を招待した企業説明会を実施することで視野の拡大につなげている。

リカレント教育

もう一つ忘れてはならないのがリカレント教育である。私たちの大学はJR御茶ノ水駅の前・地下鉄丸の内線御茶ノ水駅の上に位置しており、駅から大学へのアクセスがたいへんよい。このような好立地はリカレント教育を推進する上で好条件である。当面の活動としては、ひとつには同窓会と共同でセミナープログラムを検討し、同窓会の希望を取り入れたセミナーの企画である。また他のセミナーやシンポジウムにも参加できるように、積極的に同窓会とコンタクトを取つてゐる。今後はネットワークを強化しながら、社会人学生を含めた人材交流ができるような組織作りが課題だ。

以上国際産学リンクエージプログラムの概略を紹介した。まとめると、学生は希望に応じてキャリア相談やキャリアコーチングを介して、自我のポテンシャルに気づき自分の将来の方向性を検討する。また英語コミュニケーション演習（英語ディベート演習や英語プレゼンテーション）やビジネスセミナーを通して国際社会へ向けた小さな一歩を踏み出す。さらにはR&Dインターンシップや国際インターンシップを通して、広く国際社会へ大きな一歩を踏み出し、将来の方向性を具体化する。卒業後も、継続的に大学を通して自分が不足しているものを学ぶ。これらの活動を通して、本学の専門教育に加えて、コミュニケーション能力強化、柔軟性の獲得、プロジェクト推進力強化、また強みとして広い視野や多様な価値観を獲得し国際的な感覚を磨いた人材を育成することが、本プログラムの目指すところである。専門能力に加えてこのような各種の人的能力（人間力）をバランスよく身につけた学生は、自ら課題を見いだし多様な人々と協力しながら、さまざまな角度から自主的に創造的に問題解決に向けてアプローチできる人材であろう。このような人材は大学にとっても企業にとっても非常に魅力的であると思う。

この国際産学リンクエージプログラムのように、魅力的な学生の育成をテーマとした試みが、本学以外でも進行している。多くの大学で工夫に富んだ新しい教育プログラムが実施されており、中には他学の学生も対象とした

ものもある。皆さんも積極的に情報を収集して、このような機会を自分の成長の機会として利用してはどうだろうか。

最後に、ここで取り上げた課題（多様な価値観、広い視野、国際感覚）に着目することで、学生・院生の皆さんのが活躍の場を広げるためのヒントを紹介したい。

活躍の場を広げる1：多様な価値観

社会に出てみると大学にいたときとはまったく異なる価値観があることに気がつく。たとえば、先に述べた研究内容の実用化の重要性である。あるいは研究の世界では遺伝子やタンパク質といったモノが興味の対象であったのが、社会では人が興味の対象になるのもいい例である。研究者だけで構成された世界にいると、価値観や常識の範囲が一般社会とは大きく乖離してしまうことがよくある。我々が大学院で実施している国際インターンシップのようなプログラム以外にも、普段から異分野の人々と接する機会があると、異なる価値観を身に着けるのに役立つ。また異分野の人々と交流することで自分の研究をわかりやすく伝える訓練にもなるだろう。時には異分野の知人から研究に関する思わぬアドバイスが頂けることがあるかもしれない。多様な価値観の存在を知り、それを認め、場合によっては身に付けることができると、これまで目に入らなかつたものが見えるようになる。これもさまざまな分野で活躍する機会を生み出すことにつながる。

活躍の場を広げる2：広い視野

研究に打ち込んでいると細かいところが気になり、ある意味ではどうでもよいことにこだわり、思わぬ落とし穴に陥ることがある。そんなときには、少し研究を客観的に離れた立場から見てほしい。私は学生には、上記のオミックス創薬の講義や、R&Dインターンシップを通して、全体を学ぶことを薦めている。もちろん専門的に突き進めることは必要であるが、息が切れた時には、一息ついて社会とのかかわりや、研究の意味なども考えてみると良いと思う。特に日本は実用化研究で海外に遅れを取つており、日本で見いだされた基礎研究の成果が海外で花を開くケースが多いと聞く。幅広い視点を持つようになると、実用化研究を含めて社会において活躍できる場も自然に広がるので、ぜひとも心がけてほしい。

活躍の場を広げる3：国際感覚

海外企業へ本大学院の学生をインターンシップへ出す際に、事前に学生受け入れに対する打診を行うことがある。その際の話し合いの中で、日本人の採用に関して聞いてみると、意外にも成長企業では日本人の雇用にも前向きであるということである。このようなチャンスも、

じつとしていてはやってこないので、国内のみならず海外も対象にポジションの情報収集を行うことで活躍の場を広げられる。

活躍の場を広げる4：仕事を仕上げる

上記の3点に加えて、皆さんが活動の場を広げるために、もうひとつ「仕事を仕上げる」を加えておきたい。皆さんには将来のキャリア構築を考えたときに、現時点で何をしておくべきなのか迷ったことはないだろうか？私はひとつだけはっきりと言えることがある。それは、今の目の前の仕事（課題・研究）を大切にすることである。なんだか月並みな意見だと思われた方が多いと思うが、仕事をきちんと仕上げることは簡単なようで実はとても難しい。さまざまな要素が邪魔をする。またやらなくてよいように、都合のよい言い訳をしがちだ。小さなことでもよいかから、成功も失敗も必ず結果をまとめて仕上げておくこと。このような訓練を普段から心がけておくと、それはいずれ論文へとつながり業績として将来の自分を支える。また一緒に研究を行った仲間からは、将来「信頼」というかけがいのないものを獲得することにつながる。これは研究の世界でも企業でも同じ。ぜひとも今取り組んでいる課題を大切にして将来につなげてもらいたい。

最後にキャリアデザインについて

ある程度の方向性を考えたら、まず自分の課題に真摯に取り組み、仕上げる（形にする・まとめる）ことが大切である。いろんな仕事（課題・研究）に真摯に取り組む中で、自分に向いている仕事と、頑張っても多少無理がある仕事がだんだんわかってくる。また時間という要素も大切である。短すぎると何もわからないまま終わってしまう。仕事で成果を生むには、5年間は取り組む必要があるだろう（たとえば大学院の就学期間中であれば、修士と博士で合わせて5年+α）。もちろん成果を出すまでに必要な期間は人によって異なるが、3年は少し短く、振り返ってみると私の場合は5年を要している。5年単位の仕事をいくつか実施してみると、自分に適した仕事も見えてくる。考えることも大切であるが、ある程度の方向性が決まったら実践してみること、簡単には諦めないこと、またその際にいろんな人々と交流すること。特に異分野の人々との交流は、新分野への進出へのきっかけを生む可能性もある。このような活動の中から、自分のキャリア構築の方向性が見えてくると思う。

私の場合は学校を卒業後、理化学研究所で研究を行い、

その後大手企業において基礎研究と臨床研究（開発）に取り組み、さらにはベンチャー経営にいたる「基礎から応用、そして橋渡し」まで一通りのことにチャレンジしてきた。人生は一度しかないので、生きている間に基礎から出口まで一通り実践してみたいと考えていた。その上で、研究と社会との関わりを研究したいと考えており。それが現在のキャリアにつながっている。私の例が事例として適切かどうかは別として、このようなテーマを決めたキャリア構築もありうる。基礎研究はまさに未知の分野への挑戦で知的な興奮に満ちた領域であるが、開発やベンチャーも私にとっては未知の領域であり、基礎研究とはまったく異なる面白さがあった。しかし当時の環境は非常に不安定で、幾度もあった研究所の開設と閉鎖、度重なる企業合併など、今から思えば山あり谷あり、ピンチの連続・冒険の連続である。そのような環境の中で失敗したこと多かったが、節目ではなるべくきちんと仕事を仕上げるように心がけてきた。またこの過程で多くの人々から学んだことが、多様な価値観、広い視野、国際的な視点を獲得することに結びついているものと思う。現在も私のチャレンジは続いており、自ら考えたキャリアプランに基づき、これからも新たなテーマにチャレンジいく予定である。

皆さんも自分のキャリアについて考える際に、私たちが大学院において試行錯誤しながら実践しているプログラムや、ここで挙げたいいくつかの活躍の場を広げるヒントなども参考にして頂ければ幸いである。魅力的な学生・大学院生として、これから社会で大いに活躍して頂きたい。

<参考文献および関連WEBサイト>

- 1) 経団連・産業技術委員会/産学官連携推進部会：企業における博士課程修了者の状況に関するアンケート調査結果・要旨(2007)
<http://www.keidanren.or.jp/japanese/policy/2007/020/chosa-kekka.pdf>
- 2) 国際インターンシップ報告書
<http://www.tmd.ac.jp/SBS/glp/3.Student/2.Internship.html>
- 3) バイオ医療オミックス情報学人材養成プログラム
<http://bio-omix.tmd.ac.jp/index.php>
- 4) 文部科学省大学院教育改革支援プログラム・東京医科歯科大学生命情報教育部・国際産学リンクエージプログラム
<http://www.tmd.ac.jp/SBS/glp/index.html>
- 5) 文部科学省大学教育改革の支援
http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kaikaku/index.htm



宇宙生物学への誘い

大島 泰郎



宇宙居住時代が始まった

人類がはじめて地球以外の天体に足跡をしたアポロ計画から40年が経過し、全世界の人が共有した「偉大な一歩」の興奮を知らない世代が増えているが、この間にも宇宙開発は着実に進歩を続けてきた。半恒久的な宇宙基地である国際宇宙ステーションの運行が本格化し、日本人宇宙飛行士の長期滞在が実現した。日本の実験棟も拡張を続けている。国内でも「宇宙基本法」が施行され、これに基づいた日本の宇宙政策の基本方針である「宇宙基本計画」が話題となったり、新たな日本人宇宙飛行士の選考がマスコミに派手に取り上げられ、一般の人の宇宙への関心が高まっている。

日本はじめ各国の計画でも、今後、月面基地の建設、火星探査の再開など宇宙に人を送り込む計画が目白押しに並んでいる。いよいよ人が宇宙に居住することが至極当たり前の時代が始まろうとしている。当然、それに伴う技術開発が必要であり、新産業の芽が開くはずである。ここでは、生命科学に限定して、当面どんな話題があるかを述べる。若い人の宇宙生物学への関心を搔き立てる一助となれば幸いである。

生命と環境

生命は環境に支配された存在である。病原菌の滅菌条件である熱湯中に棲む好熱菌は、常温の環境中では増殖できない。宇宙の環境はさまざまであるが、今後人が居住する予定の宇宙ステーションや月面、火星は微少重力である（しばしば無重力と言う語が使われるが、厳密には重量が小さいだけでゼロではない）。また船外など外部は真空に近い低圧であり、多量の紫外線や宇宙線に満ち、日周性が違う（国際宇宙ステーションは1日に何回も地球の周りを廻るので日周性は極端に短い）。

このような宇宙空間の生命科学を宇宙生物学 Space Biology と呼ぶ。宇宙生物学の課題は広く、基礎生物学から医学まで含まれる。たとえば、ヒトを含む動物の生理への重力の影響を調べている。骨代謝の減退は、宇宙飛行士にとって重要な問題である。免疫低下も知られているが、メカニズムは分かっていない。また、植物の根や水棲動物の姿勢制御など、直接重力が関わる現象の研究は将来の月面や火星上の食糧生産に直結する課題であ

る。ヒトに関しては生理的、栄養学的課題のほかに、比較的小さな集団での生活は精神面への影響が大きい。

これらの宇宙生物学の課題は宇宙だけでなく、地球上の実生活にも共通する課題である。骨代謝は老年医学と関連し、骨代謝の予防法が開発されるなら、それは直ちに寝たきり老人など地上の福祉に貢献する技術となる。閉鎖空間の精神医学は世界的に旧来の家族制度が崩れた現代社会の重要課題である。無駄のない速やかな元素循環の上に成立する宇宙農業は、まさに今求められている「持続的な技術社会」そのものである。

宇宙とバイオテクノロジー

微少重力を産業利用しようとする試みは工学分野で盛んであるが、生命科学の分野でも微少重力下では対流がないことを利用した、分離能の優れた電気泳動とか、タンパク質や核酸の結晶化などがある。ことに日本の宇宙研究では、タンパク質の良質の結晶化に多くの成果を挙げてきているが、これは現時点でもっとも有効に利用されている宇宙生物学の成果といってもよいであろう。JAXA「宇宙航空研究開発機構」では、ほとんど常時受付に近い体制で宇宙空間での結晶化を引き受けている。良質の結晶が「創薬」に果たす役割はいうまでもない。

宇宙の知識が地上の人類社会に貢献する期待の特に大きな課題が「環境維持」である。すでに「バイオスフェア」などと呼ばれる閉鎖系小空間に人が住む計画が繰り返し実施されてきている。宇宙ステーションや月面基地などでは、完全なりサイクルが必須であり、それはとりもなおさず将来の地球全体の姿もある。

日本でも JAXA 宇宙科学研究所を中心とした宇宙農業の研究グループや閉鎖空間の居住実験が活動している。火星や月面などで育つ環境耐性の強い品種や根も茎も葉もすべて食用となる無駄の出ない農業品種の開発、わらなど利用できない部分の速やかな分解法、太陽光をエネルギー源として利用可能にするバイオ燃料生産など、この分野の課題は基礎からの開発が必要な点で純学術的な研究も必要としており、魅力的な分野である。

地球外生命

地球以外の惑星上に生命がいるかは、学術的な課題であるが、多くの関心を集めている。当面は火星の過去に



生命が存在したか、月に生命と関連する水やその他の物質があるかが課題である。これまでに行われた何回にもわたる探査の結果、火星にかつて海が存在したことを疑う学者がほとんどなくなった。いよいよ火星に生命の痕跡を探る時期が近づいている。火星の次の惑星である木星の衛星の一つオイロパには、表面を覆う厚い氷の下に暖かい海があると信じられていて、その海には生命が存在する可能性がある。オイロパには先端に氷を溶かすためのヒーターを装備した探査機を送る計画がある。

さらに太陽系を超えて広大な宇宙には、われわれと同等以上の文明を備えたETがいる可能性があり、電波を使った探査が（細々とではあるが）続けられている。地球外文明を探査することをSETI（search for extra-terrestrial intelligence）と呼んでいるが、知性を持った生命はどんな環境で誕生するか、われわれとは違う知性は存在するか、文明とは何か、ETはどんな言語を使うか、科学や技術は無限に進歩し続けるか、など科学技術の根源に関わる課題が議論されている。

宇宙生物学は学際分野

これまで述べてきたように、宇宙の生命研究は多岐に

わたり、自然科学諸分野だけでなく社会学や言語学など人文科学も含めた多くの専門分野の研究者の共同作業が必要な典型的な学際分野である。これまでも、若い人から「どんな勉強が必要ですか」という質問を何回も受けしてきた。答えを一言でいうと「何でもよいから、自分の好きな分野の専門家になるコースを選び、その分野の専門家になること。その間に、宇宙への関心を持ち続けること」の2点に尽きる。

宇宙生命科学に限らず、どんな学際分野にも共通していえることであるが、共同して研究をするということは、それぞれが専門の知識、研究手法を提供しあうことであり、そのためには「そのことなら私に任せて」といえる人の集団が必要である。どれかの分野の専門になることが必要なのである。この事情は、トランプのゲームのブリッジと似ている。自分のカードを見て、ハートとかスペードとか切り札を決める。ゲームに勝つには、誰よりも切り札を多く持っていないなければならない。自分の専門という切り札を磨き、その間も宇宙科学の進展に注意を払い続けていれば、いつか自分の専門が宇宙生物学と接点持っていることに気づくであろう。

おわりに

21世紀はバイオの世紀、生命の世紀と言われ、バイオ分野の技術開発は激しい国際競争にさらされている。必然的にこの国際競争を勝ち抜くための優秀な人材の登用は盛んなはずであるにもかかわらず、今、バイオ系博士研究員（ポスドク）の就職難が社会的な問題になっている。一昔前に比べ、いったい何が変わったのであろうか。それは、博士1万人計画のもと、社会でのポスドクの受け入れ態勢が十分整備されないうちに、大学院の重点化や補助金の増額など表面的な政策が進んだため、ポスドクの需給バランスが大きく崩れたことがもっとも大きな原因であると考えている。博士進学者は当然多くなり、それぞれの価値観も多様化し、一部には質の低下を伴いながら多くのポスドクが就職もできず研究機関をさまよい歩いている現状がある。これは、政策や社会的構造だけに起因する問題ではないと思う。優秀な人材であれば企業は採用するはずである。一方で、日本再生に必要な人材が不足している現実もあり、グローバルな視点を持った人材の育成を目的とした教育改革が進められている。アカデミアという限られた世界で求められていた「優秀な人材」と、現代社会が必要としている「優秀な人材」の定義に微妙な違いがあるのは確かであるが、ポスドクを含む理工系研究者に対する社会や企業の評価基準はそれほど大きく変わってはないと思っている。その意味で、若手研究者自身もそれなりの覚悟と努力が必要であろう。

個々の優秀な若手研究者に持てる能力を遺憾なく発揮してもらうことは、科学技術に支えられた21世紀の社会に必須であり、彼らが研究に没頭できる環境整備の必要がある。優秀な人材の育成・確保は国益を守る上にも重要な政策であり、従来のシステムにとらわれることなく、それぞれが意識改革を図ることに加え、多様化したポスドクに対する社会への新たな取り込みシステムの構築を期待したい。

1年半続いた本連載は、好評のうちにひとまずの終了となるが、書き手にとっても読み手にとっても強い関心を持っていただけた連載であったと感じている。キャリアパスに関しては研究者それぞれに多様であり、就活のマニュアル本のようなものはないが、本連載が生物工学の将来を担う若手研究者の道標になれば幸いである。

生物工学会誌編集委員会委員長 木野 邦器

編集委員会委員

木野 邦器（委員長）・栗原 達夫（副委員長）

岡澤 敦司・小川亜希子・金山 直樹・河島 洋・川瀬 雅也・木下 浩・駒 大輔

杉坂 恵子・立花 亮・堤 浩子・永瀬 裕康・福田伊津子・矢田美恵子・片山千代子（事務局）



◇担当委員編集後記◇

■まさかこんなに長く続けられるとは思いもしませんでした。ご執筆頂いた先生方、同じ担当の委員の方（特に大多数の原稿を集めて下さったYさん）、事務のKさんに厚く御礼申し上げます。連載を通して、キャリアパスは無限であり、だからこそ明確な意志やビジョンが必要なことを再認識させていただきました。若い研究者の方々が自分の将来を想像する時に、この冊子が何かのヒントとなることを願ってやみません。（A.O.）

■ユニークなプロジェクトや試みの陰には、寝食を惜しまぬ尊き先人の姿と圧倒的な強い信念がある。バイオ人材育成に関してもそれは同様で、後進を育て次代に託し、自らをもなお高めようとされる先輩方の熱い思いに触れ、より多くの若い方にその真髄を伝えたい！との使命感に突き動かされた1年半であった。いくつもの出会いや葛藤、迷いと決断の時があって今がある、という著者それぞれのドラマ、心情の吐露には、骨太のドラマを観ているような臨場感を何度も味わった。珠玉の原稿を世界で最初に読む幸せを感じ、しみじみとした読後感、たっぷりとした充足感を持って本シリーズを終わらせることができたことに心から感謝したい。（M.Y.）

■この企画を進めていて何よりパワーを頂いたのは、私自身でした。これからキャリアを構築していく人たちの希望に溢れた決意、今まさにノリに乗って活躍されている研究者・開発者たちの飽くなき探究心と仕事に対する誇りと熱意、そして、道をひた走ってきた先駆者たちの慈愛に満ちた励ましに、何度も何度も目頭が熱くなりました。普段の生活では聞くことができない話の数々はすべてが応援歌であり、明日への希望を強く抱かせてくれる最高のプレゼントでした。これからも私の心の羅針盤になる、そんな予感がします。（A.O.）

〈表紙写真提供：笠井尚哉〉

「生物工学会誌」 キャリアパス 生物工学研究者の進む道

2009年9月10日発行

編 集 生物工学会誌編集委員会

発行所 社団法人 日本生物工学会

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学工学部内

TEL. 06-6876-2731 FAX. 06-6879-2034 E-mail: info@sbj.or.jp