まずは実験から

Mitsuru Akashi

明 石 満

卒業研究では、はじめに上田那須雄先生（現、鳥取大教授）のご指導をいただいた。かつて天然物有機合成の分野で学位をとられた先生から、有機合成実験の基礎を教えていただいたように思える。そのトレーニングは、同じ合成を3度行うことから始められる。最初は先生の行う実験を横で見て、しっかり学ぶこと。2度目はそれをいっしょに行う。ようやく3度目に独自に行って、それを報告する。実験系の研究の基礎は、実験それ自体が重要な位置を占めると考えている。私の場合、合成の知識とテクニック、ガラス細工などに卓越していた先生に、研究者としての大切な最初のところを鍛えていただいたと感じている。元来、化学実験の適応性はあまり高くないと思っている自分が、この分野でずっとやっているのもマンツーマンでの厳しい指導のおかげというものが、感謝しています。昨今は結果を問われる時勢、また、若い現場の指導者も、論文、学会などに追われて、上田式トレーニング法の実現は難しいが、研究者育成の観点から大きな意味をもっているだろう。もちろん、このやや徒弟制度的な養成法とは全く逆に、独自で実験の方法論を体得してゆくことは高いオリジナリティーを身につける可能性があり、重要である。

研究の基礎は、精度の高い迅速な実験、そして、大切なことを見逃さない鋭い観察力、予断を排した実験結果の解析力にある。卒業研究で核酸塩基間相互作用がラジカル重合系に現れるか否かを調べていたが、それが現れるとの結論に用いたデータはポリマー収量のわずかに数ミリグラムの差であり、竹本喜一先生からおもしろいデータだと言われたとき、喜びと不安が半ばしてたのを今でも思いだす。大学院のころ、ジアゾメタンを合成し、ポリメタクリル酸から PMMA を誘導して立体規則性を NMR で定量する実験を行っていたことがある。その時、基礎研究の大家と尊敬している畑田耕一先生から多くのアドバイスをいただいたことは大きな意味があった。今のように FT-NMR が普及しておれば少量のサンプルで事足りるが、サンプルが常に不足気味なのをいいことに、精製も中途半端なスパテルでかき集めたサンプルの入った NMR チュ

ーブを見て、「こら、ゴミが混じっとる」。合成してからしばらく保存したジアゾメタンを用いて誘導した PMMA にはポリオレフィンの吸収が現れ、手抜き実験が露呈したり、冷汗をかきながら PMMA のこと、アニオン重合のことをたくさん教えていただいた。体験的に、まず実験が大切だと思っている。

機能性高分子の全盛時代である。私も専門領域を問われて機能性高分子とすることが多い。古典的な高分子科学に、他の分野、あるいは、新しい学問・技術を組み入れないとならない典型的な応用研究の考え方が要求される分野である。その中での基礎研究を、私の場合は、ラジカル重合で高分子を合成する際の諸問題の理解と解決、および、核酸関連化学の2つと定義し、続けている。ポイントは砂本順三先生の言葉を借りるならば、「何が解るか」を考えての実験設定、「何ができるか」の目先の応用研究はこの際重視しないこととしている。ただ、真にオリジナルな、そして、工業的なレベルまで達する応用研究は歴史的にいわゆる基礎研究から生まれており、自分の守備範囲にある基礎研究の方からよりおもしろいものがでてくるよう、目を肥やしておかないといけないと考えている。人の頭脳ですべてを組み立てて考えたものより、何かの必然と偶然を、鋭く捕らえていったものの方が、奥行きのある展開が期待できるのではなからうか。おそらく何年か先には基礎研究重視の嵐が来るような予感がしている。私も腕を磨いておかないといけない。

学会から体験的基礎研究論とのテーマをいただいて、はたと困ってしまった。私、応用研究で生きているつもりである。基礎研究論など簡単に口走れば、これはえらいことになりそうだと思うざるをえない。体験的とのことで、これまで節目に教えていただいた先生方の言葉、考え方を多く引用させていただいた。

（鹿児島大学工学部応用化学学科・教授、工博、専門＝機能性高分子）

雑 感

Kazue Kurihara

栗 原 和 枝

「研究論」を述べる資格があるとは思われない。しかし、日・米・欧の異なる研究機関で、いろいろな立場で研究に携わってきたという体験は、日本の標準的な研究者の育ち方とはちょっと違っているかと、それらのなかで心に残ることを書くことにした。

卒業研究からずっと分子集合系、特に膜を中心とする界面活性剤集合系を対象として研究してきた。ただ、私の所属してきた研究グループの専門は、物理化学から合成化学まで多岐にわたったためもあり、グループを移るごとに、かなり異なる技術的アプローチやゴール設定が必要であった。それまでの経験や考え方に対し、柔軟でありながら研究すること、多少なりともそういう場を通りぬけることができたとしたら、それは次のような原点によることが大きいと思っている。

お茶の水女子大学での恩師は立花太郎先生である。学部3年生の物理化学の学生実験は、真面目に実験とレポート書きとに付き合えば膨大なものであった（特に、授業を完全に消化していない学生にとっては）。そこで、測定値と適当な理論を用いると分子の特性値が求められる、例えば誘電率から分子の双極子モーメントを得る、といったことに単純に感動し、卒業研究は物理化学の研究室を選んだ。そのとき立花先生が研究の始め方として話されたことを、今も一つの指針としている。テーマが決まったら、そのテーマに関する基本的なテキストを読み、基本的な実験をまず試みる（必ずしも目的に直結していなくてもよい）。また、先生は自分の目で観察することを強調され、御自分で読まれている文献を先入感を与えるとして、学生に紹介されることをなさらなかった。これは、新しいことと出会った場合、当時の4年生には過大な要求ではあったが、先生のもとで学んだ3年間は、本で読んだり教わったことだけに依存せず、実験結果を通して現象を考えることの大事さを経験したように思う。

そして東京大学の博士課程へ進んだ。指導教官でいらした鋤柄先生は、御自身が理論的な仕事を長くしてこられ、研究のもとになっている原理を考えることを奨励された。文献紹介のセミナーでは、例えばそこに

挙げてある数式を鵜呑みで紹介するのでは許してもらえず、原典あるいは基礎式にもどってずっと誘導していかなければならず、いつも四苦八苦した。しかしその後は、研究に直接必要のない数式を、時間をかけて誘導する余裕はなく、当時の強制は貴重であった。

研究グループを移るとき、それまでの研究テーマの延長の形では仕事を始められないことが多かった。どうしたらよいのか、具体的な解答をもたずに始める場合、なるべく原理的に考え、基礎的な易しいこと、できる実験から始めてその積み重ねで形ができてくるという経験をよくした。こういうアプローチは、当人がその分野の素人である場合だけでなく、一般的に新しい課題、基本的な課題に取り組むときにも共通するものがあるのではないだろうか。その時、どの方向に走るかという問題設定がまず大事だと思うが、請負い業なので語る任ではない。

ここで基礎研究についてとなっているが、何が基礎研究か、開発研究か決めるのは難しいと思う。2年間を過ごしたスウェーデンで羨ましく思ったのは、Svedberg 先生らの流れを組む研究者が健在で、伝統のあるコロイドと界面化学の分野では、若い研究者が深い議論をする相手を得ていることである。そういう分野をもつことは大事ではないだろうか。日本が世界に誇れる研究について、応用も含め、領域を広げると同時に、なるべく原理的な理解を深め、独自の分野としていく、そういう過程に少しでも参加することができればあわせである。

これまで、新しい研究領域をリーダーとして切り拓いてこられた何人かの先生方と一緒に研究をする機会を得て感じるのは、実験結果に対する謙虚さと、研究についてディスカッションするときの楽しそうな目の輝きである。その何分の一でも輝きをもちながら、少なくとも常にフレッシュな気分で研究していきたいと思う。

(新技術事業団 国武化学組織プロジェクト、工博、専門＝コロイドおよび界面化学、分子集合系の化学)

アインシュタイン

私の基礎研究テーマの選択

Noboru Oyama

小山 昇

“体験的基礎研究”というテーマで自分の学生時代から現在までの研究テーマの変遷についてご紹介することになってしまうことをお許し願いたい。まず、基礎研究と名の付く研究テーマとの出会いは、“ポーラログラフイーを用いた金属錯体の速度論的研究”であった。電流-電圧曲線の解析から、金属錯体の解離生成反応の速度定数、電極反応速度定数などを求め、その速度定数と化学的構造との相関性を追求した。茨城大および東京工業大で得た研究結果の一部は、研究論文および学位論文としてまとめた。しかし、金属イオン、錯体、有機物などについて、不均一界面電子移動反応速度の大きさを一般的に説明できる概念や法則を導き出すことはできなかった。各種金属イオンに配位した水の交換速度に関する Eigen's Table のような整理を夢見たのだが、20代という感受性の強い時期でもあったし、新しい現象観察が毎日の“楽しみ”であり“驚き”であり、研究実験およびそのデータ解釈のための勉強をかなり真面目に行っていたと思う。

“勝手な研究”をもう少し続けたいという願望を満足させるため、1977年にカリフォルニア工科大の博士研究員となった。渡米数ヵ月過ぎ、ボスの Fred Anson 教授が夏休みで1ヵ月の間研究室を留守にしたので、その間“いたずら研究”で遊んだ。どうせ難解な電極界面現象だから、解析のみをやるよりは積極的に利用してみようと考えた。JPL（ジェット推進研究所）に行き、Rembaum 博士より（4-ピニルピリジン）をわけてもらい、これを薄膜として炭素電極にコーティングし、Ru 錯体を配位結合や静電的結合により固定した。これが私と高分子との“出会い”である。言わば、電極表面の化学修飾に高分子薄膜を利用したものであり、当時いくつかの研究室で行われていた単分子層レベルで電極へ官能基を導入した場合と比べ、そのファラディックな電流応答は $10^3 \sim 10^5$ 倍となった。この手法を用いることにより官能基は3次元空間に高密度で固定できるので、導電体界面に触媒能、センシング能、光応答性などの新しい機能を付加でき、これは導電体界面機能の能動的制御につながっている。

自ら作製した“反応場”であっても、その最適化を計るために反応場から生ずる現象の機構の解明と評価を実行しなければならない。しかし、市販の装置を用いた手法では測定系に適用できないことが多く、自ら（もちろん周りの人達の協力を得て）測定手段の開発を行わなければならなかった。幸いにも隣人や学生に恵まれ、新しい各種の電気化学的パルス測定法を作製し、薄膜での電荷移動および物質移動過程の定量的評価を行った。10年間にわたるこの種の関連研究によって、薄膜のレドックス導電機構の一部が解明されつつあると思っている。基礎研究が、単なる現象観察、データ収集に終っては“寂しい”ので、これらの現象の一般化への努力と特殊性の見極め、および現象から発現される機能の新しいデバイスなどへの応用を常に意識している。

米国での3年間、NSF のプロジェクト研究で Henry Taube 教授らとの定期的な研究交流は自分の研究の進め方、共同研究のやり方に大きな影響を及ぼしている。私自身のこれまでの“研究テーマ”は選択の連続であり、“好奇心”を研究の推進力として、“ねらい”と与えられた研究“環境”をいかに有効に使用するか、あるいはできるかで選択してきた。“ねらい”と異なる予想外の結果に絶えず遭遇し考え込む毎日であるが、それは楽しみでもある。現在、大学での教官の職にあるので、若手研究者の育成あるいは研究を進めていく上で必要な研究費の確保もしなければならず、研究テーマは単なる“好奇心”のみで選択できないので、その“調和”に気をくばっている。

写真＝研究室作製の新しい各種電気化学パルス測定法による高分子薄膜電極のキャラクタリゼーション実験

（東京農工大学工学部物質生物工学科・教授、専門＝電気化学、電子材料化学）

合成屋にとっての基礎研究

Kazuo Yamaguchi

山口和夫

紛争のため東京大学の入試が中止になった翌年、私は東京工業大学理学部に入学した。受験時から将来化学をやりたいと思っていたが、同時に大学紛争、公害問題などの影響から応用研究、産学協同を嫌い、工学部（応用化学系）を避け、理学部を選んだ。当時の私にとって理学部は基礎的な学問を勉強するところであり、工学部は実用的なことを学ぶところという認識があった。理学部の中では化学科は人気がなく、遊び回ってはいたが希望どおりに化学科に進学することができた。やがて、卒業研究の研究室を選ぶ時期になった。生化学あるいはそれに関連した有機化学をやりたいと思っていたが、それ以上の予備知識のないまま、核酸の化学合成をやっている畑辻明先生の研究室へ進んだ。以後大学院博士課程の途中まで、核酸誘導体の合成研究を主に行った。国立遺伝学研究所の三浦謹一郎先生（現東京大学教授）が発見した mRNA の 5' 末端部位に存在する特異な構造（キャップ構造）を化学的に合成し、キャップ構造の確証を得るとともに、その生合成過程の研究に用いた。今でこそ核酸合成は遺伝子工学に欠くことのできない技術であるが、当時は特に工学的技術として必要とされた時代ではなかった。それだけに比較的のんびりと研究できたし、基礎的知識を身につける時間的余裕もあった。

博士課程の途中で、たまたま縁があって同じ東京工業大学ではあったが工学部の高分子工学科（山崎升教授の研究室、現在は中浜精一教授）に助手として移った。入学時と異なり、工学部に移ることに抵抗はなかったが、それまで馴染みの無い“高分子”の研究をしなければならないという面で不安は大きかった。実際には自由に研究をさせてもらったので、先生方には大いに感謝している。天然のイオンキャリアーの合成類似体の研究は直接高分子に関係のない仕事である。末端にカルボン酸をもつ直鎖ポリエーテルを種々合成し、その構造とイオン選択性の関係を調べた。はじめは、合成中心の研究であったが、学内外の人々の助けを借りて、現在では NMR、X 線解析、分子力学計算などによるコンホメーション解析に力を注いでいる。中浜先生、平尾先生を中心として行っている反応性高

分子の合成には、私も少しは貢献したと自負している。核酸の化学合成に用いていた保護基という考え方が高分子合成の仕事に適用できたからである。

学位論文を書き上げた後、ポスドクとして留学する機会を得た。これまでの研究経験にはないものを体験したいと思い、リン脂質二分子膜の重合をやっていた米国ウィスコンシン州マーケット大学の Regen 教授のところに行くことにした。核酸の合成をやっていたので、リン脂質は多少とも馴染みのある化合物であった。いくつかの重合性脂質を合成し、新しいタイプの重合性分子膜を開発することができた。この間、膜、表面といったものに興味をもつようになり、帰国後、乳化重合の仕事を手がけるきっかけとなった。

以上、東京工業大学理学部、工学部、米国で行ってきた研究について各論的に述べてきた。扱った化合物は多岐にわたっているが、言いたいことは、目標とする化合物をいかに合成するかについて私が研究してきたということである。いかに合成するかという合成屋としての基礎は、理学部にいた大学院生の時代に身につけたものである。また、いくつかの場所での研究を通じて得た経験が、つぎの研究へのステップになったし、今の私の大きな財産でもある。

合成とはものをつくることであり、その意味では基礎研究とはいえないかもしれない。しかし、ハイテク社会、情報化社会の今後の発展は、やはり“もの”なしでは有り得ない。合成屋が、常に新しいものを提供することができれば、理学部であろうと工学部であろうと、縁の下力持ちとして将来の科学技術に必要な基礎研究に大いに貢献できると確信する。

1989年4月より私は神奈川大学理学部化学科に移った。これまではいかに合成するかに専念してきたが、今後は何を作るかについても独自の考えをもち、新しいものを世に提供していければと思っている。最後に後輩の研究者にお願いがある。もしチャンスがあれば、勇気をもって新しい分野（あるいは研究組織）へ飛び込んでほしい。
(神奈川大学理学部化学科・専任講師、理博、専門＝高分子化学、有機合成化学)

ア
ン
ガ
レ
ト

アメリカの夢

Toshiro Tani

谷 俊 朗

戦後の日本が政治、経済、文化のすべてにわたってアメリカを手本として立ち上がったのは周知のとおりだが、社会の基盤とも言うべき科学技術においても同様であった。一時期、アメリカがあらゆる革新の中心であり、日本ばかりでなく世界中から多くの人々を吸引し続けた。いわゆる“アメリカの夢”である。すべてをこの言葉で両断するのは早計としても、ひとつの流れのもっていたふん囲気は的確に表しているように思われる。最近十年来、この言葉で象徴されるものが変質し風化しつつあると思われる。基礎研究を考える例として、少し古い体験を記してみたい。

サンフランシスコから車で約1時間ほど南に走った湾底部に新興都市サンノゼがある。シリコンバレーの南端であり、最近では産業スパイ事件でも有名になった。1978年4月9日、私はそこにあるIBMの研究所にPost Doc.として留学した。わずか1年の滞在ではあったが、今の自分を省みると、これが独立した研究者に向かったの第一歩でもあった。ドルが200円台に急激に動き始め、石油ショックによるガソリンの一時的な不足や高騰がカルフォルニアの地方都市でも発生するなど、日米を囲む諸情勢が急変しつつあるときでもあった。戦後30年以上を経ていわば遅れてやってきた団塊の世代の人間ではあったが、当時は今ほど治安も悪くはなく、偏った体験ではあるものの、私なりにアメリカの夢の一部を垣間見た気がする。

IBM サンノゼ研究所は、当時国立大学の助手で井の中の蛙であった私にとって、すべてが新鮮であった。言うまでもなく私企業の研究所であるが、その活動は評価基準も含めて極めて基礎的なものに思われ、その印象は今でも変わっていない。組織に対する見方は各人の置かれた位置に大きく依存する。私の場合は物理科学部門の有機固体のセクションで、固体物理と有機化学の接点領域を対象とするグループに所属し、研究所内でもより先行性の高いところであった。そこでの印象を具体的に示すと、次のようになる。①研究支援組織の充実、②明快な評価基準、および③国際的な人材の集合である。特に③に関しては、ヨーロッパを中心に Permanent, Post Doc. を問わず外国人が頻

繁に出入りし、情報交換の密度の高さとあいまって大変活力に溢れている。例えば、すぐ隣のグループでは光化学ホールバーニング (PHB) を大騒ぎをしつつやっており、そのグループ・リーダーの D. Haarer は西独から Post Doc. として来て居ついた人である。彼は現在ドイツの Bayreuth 大学に教授として戻っているが、帰国するにあたっては家族の反対もあり随分悩んだそうである。彼に限らず、PHB の主要な研究者が何らかの形でサンノゼ研究所にかかわっている。最初に IBM に PHB を持ち込んだのはアルゼンチン出身の S. Voerker であった。当人達がどう思っているのかは不明だが、アメリカの夢の一例に思われる。また、この人的交流の見地からは欧と米はやはり一体の文化圏の気がした。①のハードウェアの部分についてはかなり充実してきたが、ソフトウェアに属する②③に関しては、日本ではいまだどこか質的に異なる気がする。

日本の科学技術の研究開発は、産・官・学三つどもえて推進されている。この三者の織り成す混沌が日本の活力の源でもあるのは事実だが、各々の役割や目指すところは必ずしも同じではなさそうである。また、科学と技術の間には見えざる壁があり、その間のパイプは存外細かったのが実情だろう。日本の基礎研究の弱体さが何かと問題にされる根はこの辺にありそうである。

体制が先か個人が先かは議論の分かれるところであるが、ここではあえて個々の研究者の問題としてとらえてみたい。基礎的とは、研究活動の成果が及ぼすインパクトを評して付けられるべき言葉で、始めから独立して基礎研究領域があるとは思えない。研究は、結局は個人の精神活動の集約の成果であり、主体性のある目的意識を明快にした活動である。新しい発想や新たな活動の引き金を生み出そうとする活動である。したがって“役に立たない”研究では決してないし、ましてや現実の諸問題から逃避したもの、するための隠れミノではあり得ない。科学と技術を結び線上のどこにも存在し得るはずでもある。

アメリカの夢とは、たゆまぬチャレンジ精神をもち続ける個人と、それを評価し支援しようとする組織の融合である。基礎研究は、このようなアメリカの“夢”を追求する活動の上に初めて成り立つのではなからうか。これには、社会的体力とともに研究者自身の知的体力が必要である。今の日本は、その両方の体力が備りつつあるところであらうか。自戒の念も込めて努力目標としたい。

(電子技術総合研究所 材料科学部 光材料研究室・主任研究官、工博、専門＝電子輸送現象、有機光物性)