

のような貢献をしたのか？」という問いかけを受けました。このような問いかけを聞くたびに、物理学という明確なバックグラウンドを持っていらっしゃる方々を大変うらやましく思うと同時にとまどいを覚えたものです。私の研究の基本的立場は分子レベルの生命現象を化学と物理学の立場から追求することであり、生物科学であるという部分を置き去りにして、すべてを物理学の中に閉じ込めてしまうととも問題が矮小化されてしまいます。今後の基礎科学研究においては、物理学は物理学を超えてより一層化学や生物科学と交わり、化学も化学を超えてより一層物理学や生物科学と交わって行くことが必要とされています。その意味で、こちらの岡崎統合バイオサイエンスセンターはディシプリンの異なる三つの

研究所が連携してその学際領域を推進する目的で設立されたものであり、私にとっては大変魅力的な存在です。

よく考えてみますと、そもそも分子科学は、それ自身化学でも物理学でもあり、また、生物科学とも通じているので、これからの基礎科学を推進する上において大変良い切り口であると思っています。私にとって、分子科学は一種のあこがれであり、分子科学の立場から生命現象を追求しているのだと思っています。また、もともと高分子科学が出身である私にとっては、分子科学研究所に移ることは一種の回帰であるということもできるかも知れません。

最後に私たちの研究を簡単に紹介させていただきます。桑島グループでは、球状蛋白質のフォールディングを、高分解能NMRを含めた各種分光学的測定

法やストップフロー法などの高速反応測定法を用いて研究しています。また、同様の手法を用いて大腸菌シャペロンなどの分子シャペロンが蛋白質フォールディングにどのように関わっているかを研究しています。分子シャペロンの問題は、フォールディングという分子レベルの現象を細胞レベルや個体レベルの生命現象へと繋げてゆくことのできる重要な問題であり、今後一層力を入れて研究してゆきたいと考えております。分子研の皆さんや統合バイオの皆さんとの共同研究などが芽生え、新たな展開が生まれることを期待しています。山手地区の2号館4階東に研究室を構えることになります。これから、よろしくお願い致します。



## 分子研OBが語る OBの今



### 加藤 立久

(城西大学大学院理学研究科物質科学専攻 教授)

かとう・たつひさ／平成4年から10年以上分子科学研究所分子構造研究系助教授としてお世話になり、平成16年4月に城西大学大学院理学研究科物質科学専攻に転出しました。分子研時代に国内外に多くの友人を得たことが他に代え難い宝です。

分子科学研究所を「出所」して関東の片田舎にある私立大学に移ってから早3年が経ちました。毎日私立大学の教員としての職務に追われるうち、すっかり「私立大学の先生」になってしまいました。労力の85%以上は講義とその準備に費やし、残りの15%で細々と研究を続けているという有様です。細々と続ける研究活動ではありますが、分子科学研究所の協力研究や施設利用を通して共同利用機器を大い

に利用させて頂いています。研究内容に関しても、分子科学研究所を中心にして広がった人的ネットワークに支えられ、多くの方々と共同研究させて頂いています。人と人の繋がりほど有り難いものはないとつくづくと思います。そんな「私立大学の教官」が、外から見ている分子科学研究所への思いを述べようと思います。

一般的な理系私立大学の学生諸君は、毎年大衆車1台分ほどの授業料を支

払っています。彼らの受けている平均的な受講時間で割り算すると、毎講義毎に上寿司1皿を食べていることになります。ですから講義する側は、上寿司一人前のサービスを差し上げようとEdutainment (Education + Entertainmentの合成語)に努め、解りやすく聞いて面白い講義を心がけています。しかし講義を聞く側はそれほど空腹ではないようです。そこで私は講義毎に「しっかり聴講・演習をして、上寿司一人前

## 出所して3年

の満足を持って帰りなさい！」と言っています。さて、そんな講義を聞いて卒業する学生諸君は、四分の一が他大学・本学を含めて大学院へ進学し、十分の一が何らかの形で教員として旅立っています。これらの進路をとる学生諸君には、私が教えている量子力学や電子スピンの知識は少しは役に立っているだろうと思っています。けれども、残りの三分の二以上の学生諸君の一部は化学系製造業へ就職しますが、多くはIT関連のSE、営業、サービス業へと就職していきます。この学生諸君にとって、私の教える波動関数やスピンハミルトニアンが何の役に立っているのだろうか？ 一流とはいえない私立大学理学部で何を教えれば良いのだろうか？ 小難しい量子力学を教えるよりは、危険物取り扱い試験や基本情報試験など取得可能な国家試験の試験勉強をしたほうが良いのではないかと？ 資格取得志向の強い今の学生諸君にとって、旧態依然とした理学部教育をやめ、なりふり構わず資格取得を目指す専門学校のような授業をしたほうが、幸せではないだろうか？（事実、基本情報試験の試験対策講座も担当しています。）今の大学に移ってから3年間、真面目に悩んでしまいました。そして悩んだあげくに得た答えは、「我々のすべきことは、学生諸君に自分で学ぶ場を与えること」でした。波動関数やスピンハミルトニアンが直接就職に役に立たずとも、それらを学んで4年生の卒業研究を実行し、まとめ上げ、発表会でプレゼンテーションする、という一連の行為を「達成」することが重要であると思に至りました。そのような行為を達成するための「場」を与えることが我々の仕事なのだと思納しました。「場」を与えるとは、卒業研究のテーマを与え、実験設備を整備し、実験を実行させることですが、それ以上に研究室でその行為を行う先輩・仲間と同じ時間を共有することが重要な

のだと思います。同じ志（卒業研究や修士論文研究）を持つ人間同士の相互作用の「場」を提供することです。私の85%の教育義務の遂行も、15%の研究活動も、そのために必要なのだと思っています。

### 全世界に質の高い研究「場」を提供する分子研

ところで、欧米の大学の広い広いキャンパスや静かな図書室・談話室で学生たちが思い思いの時間を過ごしている姿を見ると、欧米は豊かだと思っています。つまり欧米の大学には、学生たちに自由な場を十分に提供する豊かさがあります。それに比べて日本の大学は、キャンパスの狭さや学生たちに解放されている空間の貧弱さで劣っています。日本の私立大学では、できるだけ多くの学生をとろうとしますので、その事情はさらに貧弱です。いきおい学生諸君は、キャンパスの外に「居場所」を求めているようです。最近ではブログやMixiといったネットワークの中にバーチャルな「居場所」を作っているようにも見えます。そのような日本の大学は、2007年から全入時代に突入しました。しかし少子化で学生数が減少する今だからこそ、大学がもっと豊かな「場」を与えられるように改善されるチャンスではないでしょうか？ そして、より豊かな「場」を提供でき、学生諸君に学びの満足感を与えられる大学が生き残っていくのだと思います。

分子研に求められることも同じではないでしょうか。全国の分子科学者へ質の高い研究の「場」を与え続けてほしいと思います。つまり、分子科学を目指す学生諸君に教育・研究の「場」を与え、学位を取得して間もない若い研究者には美しく羽化する孵卵器としての「場」を与え、全国の研究者には共同研究の「場」と世界に開いた交流

の「場」を解放し、質の高い研究者間の世界的ネットワーク作りの機会を提供することです。

### もっと「解りやすい情報発信」を

また、もう一つ分子研に「解りやすい情報発信」を求めたいと思います。最近の研究活動にも経済効果が求められ、「役に立つ」研究が奨励されています。ですが分子研が実用研究に走る必要は全くありません。直接に一般市民生活に役に立たなくても、分子研は全世界の基礎科学ネットワーク作りに“役に立っている”のです。そのことを大いに宣伝すれば良いのです。そんな世界的ネットワークから生まれた研究成果を、一般の人々に解り易く、また子どもたちをワクワクさせるように宣伝して下さい。この分子研レターズにも、もっと一般人が面白く読める記事を書けるべきです。または一般市民向け冊子や一般市民向けのホームページをますます充実させるべきです。「分子研レターズ54」に掲載された立花隆氏の意見に賛同します。自分自身が分子研に在職していた当時は、「一般向け広報の仕事」を雑用と嫌っていました。しかし、分子研スタッフには100%の研究する時間があるのですから、そのうち5%だけでも「一般向け広報の仕事」という雑用に振り向けても罰は当たりません。ただし、世界的ネットワークの中心的役割を担うためにも世界をリードする研究が続けられる設備、のみならず優秀な人材の確保は不可欠だと思います。以上がすっかり「私立大学の教官」になってしまったOBからの“愛する分子研”への思いです。



## 化学が苦手な学生と格闘する 私大教員の日々と苦悩



### 六車 千鶴

(中京大学教養部 助教授)

むぐるま・ちづる / 1989年3月 お茶の水女子大学理学部化学科卒業、1991年3月 お茶の水女子大学理学研究科修士課程修了。1991年4月第三期生として総合研究大学院大学に入学、1993年2月より総研大に在籍したまま、諸熊奎治教授についてエモリー大学に留学、1994年9月に総研大にて博士(理学)を取得。紆余曲折を経て1999年4月より現職。現在は主に文系の大学生を対象に一般教養の化学を担当し、『理科離れ』を嘆く日々を過ごしている。

私は今、文系・理系を問わず、高校で化学を履修しなかった学生から化学が得意だという学生を相手に一般教養の化学を教えている。化学の基礎知識を駆使すれば日常生活やニュースの中に出てくる化学の話をつまみやすく説明できる気がしたのだ。現実には、思惑に反して、何冊かの専門書とあわせて『おもしろい』『やさしい』『わかる』と題した化学関連の本を何十冊も読み、毎回の授業で学生から集めたコメントを整理しつつ授業を振り返り、学生が興味を持つ内容に焦点を合わせて内容を練り直しながら授業期間を乗り切っている。まだまだ「こうすればよい」などという結論は出ないが、ありのままをここに書き記しておく。

#### 化学の苦手な学生の実情

いわゆる一般向けの本は、分子研が中心となって編集した某書も然りだが、想定している読者がはっきりせず、挿絵にしても、図表にしても、説明にしても、その多くが授業で使うには中途半端だ。従来の説明に比べれば格段にわかりやすくなっているものもあるが、同じ論法ではもはや伝わらないだろうものや説明が仇になっているもの、提示された例が古くてピンとこないもの、本当に知りたいことは書いていないものが散見される。更には、語られている内容に現実味がなかったり、説明が簡潔すぎたり、化学の基礎知識との関連や全体像が見えなかったりするため、どうしても面白みに欠け、自分なりに

アレンジする必要が出てくる。

化学が苦手な学生は決して化学に興味がないわけではない。そういう学生も身近な例を挙げただけで興味を持ち、新しい機能や性質をもつ化学物質やニュースで見聞きした化学物質の話に目を輝かせる。下手に手加減したつもりで高校のおさらいをしたり、難しい部分を端折った説明をしたりすると、過去に『化学』と何かあったかと心配になるくらい拒絶反応を起こしている。

そして、化学が苦手な学生はある意味潔癖である。だからこそ中途半端な説明には手厳しい。何度も繰り返し説明したはずなのに「また説明してほしい」と要望したり、定義だと説明したはずの部分を「どうして」と食い下がったり、三段論法で説明したはずの結論に「なぜそうなるのか」と問い詰めたります。しかし、同じ説明をもう一度すべきか、別の角度から説明すべきかという判断は難しい。下手に違う方向から説明すれば「さっき言っていたことと違う！」と混乱させることになる。とはいえ、それほどまでにこだわっていた割には、授業の終盤になって「ガンソ(元素)って何ですか」、「原子と分子は何がどう違うんですか」といったコメントに脱力することにもなる。

また、化学が苦手な学生は算数の文章題も苦手だ。彼らは当てずっぽうにクイズに答えるかのように、私には想像しえない複雑な四則演算や式を追うごとに変わるマイルールを駆使して問題を解き、正解からは程遠い答えを導きだす。恐らく彼らはルールに囚わ

れないからこそ、ルールに従って答えを導く理系科目が苦手なのだ。その奔放さ故であろうか、彼らのコメントには配布したプリントにある言葉をつなぎ合わせたかのような迷文もでてくる。そんなときは「どうか『化学で習った』とだけは言いませんように」と祈るしかない。

彼らのコメントには「こんなところにも説明が必要だったか！」と驚かされることもある。授業の最初に原子や分子の説明をしたときのことだ。まず「世の中のすべてのものは原子でできていて、身の回りのもの全部、そして人の体もまた原子でできています。」と言い、次に分子の説明に移って「人の体にはタンパク質の分子、脂肪の分子、炭水化物の分子、水分子などがあります。」と続けた。その日のコメントには「人の体は原子でできているのか、分子でできているのか？」とあった。

表記されていない事柄にも要注意だ。被爆の説明をしたときのことだ。「被爆という言葉は怖いイメージがあるかも知れないけど、この表を見ればわかるように、宇宙からくる宇宙線や食事などの日々の生活でも少しずつ被爆しています」と説明した。その日は「私、女の子でよかったです♡」、「どうして男だけなのか？」というコメントがいくつも出てきた。不思議に思っ提示したプリントを見返すと、表には『日本人男子の食事(年間) 0.35 mSv』と書いてあった。

学生が発した言葉をそのまま受け取るのも危険だ。学生からは当日の授業



内容のコメントだけでなく、今後の授業で取り上げてほしいトピックスを募集し、「虹はどうして見えるか」、「どうやって飛行機が飛ぶのか」、「おならは燃えるのか」などの素朴な疑問にも化学の枠を超えない範囲で答えている。ある時、学生から「サイエンスよりバイオレンスの方がいい」と言われた。格闘技を化学で説明するのだろうか。ちぐはぐなやりとりをした挙げ句、最後に彼の口から出てきたのは「バイオレンスってほら、バイオってやつ！」だった。彼の『violence』は『bioscience』だったようだ。彼の意図する『science』もまた『chemistry』に違いない。

### 譲らない三つの要望

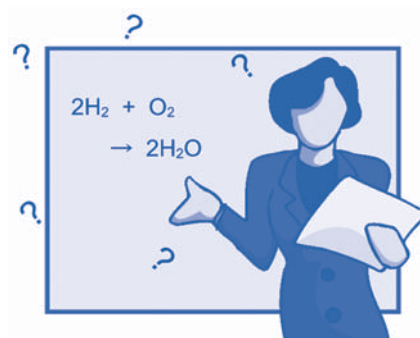
残念なことだが、コメントを読む限り、私が伝えたいことは学生にはあまり伝わっていない。準備に費やした時間を考えると正直がっかりする。もちろん中には授業内容をより深く考えさせられるコメントや質問もあり、新しい視点が加わることで私の授業はより面白く進化している。しかし、私の努力が空回りしてマニアックな内容にな

ることもある。学生の我慢が限界に達すると、図らずも苦情を頂戴する。そうすると、いくつかのこだわりポイントを捨てざるをえない。それでも何人の学生が指摘しようとして意識して譲らない要望が三つある。

一つ目が、「化学式が出てくるとわからなくなるので出さないでほしい」というものだ。授業では、分子の構成原子や官能基や分子構造が化学物質の性質と関わっていることを繰り返し説明している。自ら率先してファンタジーと見分けがつかないような授業はしたくない。

二つ目が、「専門用語を使わないでほしい」というものだ。一般向けと書かれた科学書でも専門用語は使われている。そこでつまずくと科学的な記述の正確さは判断できない。いつか自分で調べたいことが出てきたときに備えて専門用語が理解できる素地は作りたいたい。もっとも学生の言う専門用語が一般用語である可能性も捨てきれない。

三つ目が、「今は〇〇である可能性が高いという言い回しが気持ち悪いので言い切りたい」というものだ。科学の進歩は、ある日突然、灰色の事



象を白や黒に変えたりしない。その途中では、たくさんある可能性から他の可能性を排除したり、新しい可能性を導き出したりしながら真実に近づいていることも意識して欲しい。「可能性が高い」という表現は学生が想像する以上の意味を持っている。

最後の授業では、「化学が進歩していることがわかって興奮した」、「授業は面白かった」というコメントが少なからず出てくる。依然として「やっぱり化学は嫌い」、「授業についていけなかった」というものもある。こうして学生のコメントに一喜一憂しつつ、「彼らなりに授業を通して掴むものがひとつでもあればいいじゃないか」と諦観や妥協も学びながら、私は自分の授業スタイルを試行錯誤で確立している。

## ビーカーとフラスコから



### 柘植 清志

(北海道大学大学院理学研究院・化学部門)

つけ・きよし / 1990年 東京大学・理学部・化学科卒業、1995年 東京大学・大学院理学系研究科・化学専攻博士課程修了、1995年-2000年 分子科学研究所・錯体化学実験施設・助手、2000年より 北海道大学大学院理学研究科 助手

現在、私は北大の理学研究院・化学部門の錯体化学研究室で、金属錯体の合成研究を行っています。分子科学研究所は基本的には物理科学関係の研究者の方が多いので、「錯体」の「合成」というと、大分縁遠いところに位

置しているのではないかと思います。OBの今と言うことで、今の私のいる所を紹介させていただきます。

私は、学部4年で研究室に配属された時から、金属錯体の合成とその性質について研究をしています。学生時

代にクロムやモリブデンの金属クラスター錯体から出発して、分子研・錯体化学実験施設では、専らルテニウム錯体、北大に移ってからは、ちょっとレポートリーを広げて、バナジウム、モリブデン、ルテニウム、パラジウム、

白金、金、銀、銅の錯体の研究をしています。色々な金属を使っていると思われる方もあるかもしれませんが、いわゆる遷移金属元素ですら30近く、典型金属やランタノイド、アクチノイドまで含めると、周期表上の元素のほとんどは金属ですから、ほんの限られた金属元素しか扱ったことがないことになります。

### 新しい化合物に辿り着くために

私の行っている合成は、由緒正しい古典的な物で、ピーカー、フラスコ、還流冷却器など古式懐かしいガラス器具を用いて、常圧下、溶液中で金属源と有機配位子を室温±約100度の範囲で反応させるという物です。学生時代に御指導頂いた齋藤太郎先生が、「実験室にある化学合成の器具というのは進歩しないね、100年前と同じじゃないかな。」と言われていたのが記憶に残っています。確かに、攪拌するのはマグネチックスターラー、溶解するには超音波洗浄機など、少しずつ便利になっていますが、今日もやっぱり、ピーカーとフラスコの中で反応が進行していきます。今取り組んでいる銅の錯体の合成も、三角フラスコの中で適当な有機溶媒中、ハロゲン化銅とトリフェニルホスフィンとピリジン系配位子を室温で反応させ、目的の錯体の結晶が生成したところで濾別して取り出す、というものです。もちろん、もう少し手のかかる合成もしていますが、合成時に、常圧、室温±約100度の範囲を出る事はほとんど有りません。我々が“低温”で結晶化と言っても、高々この範囲であって、mKの世界を意味するわけがありません。(分子研時代に、電子物性をされている先生が、100 Kと言う高温でも……と話しているのを聞いて、随分温度差があるな、と思った記憶があります。)

今でも、そんな古典的なことで研究

が出来るのかと言われそうですが、どこの分野でも同じように、簡単で単純な事は大抵やりつくされて、「簡単で複雑な」(=忍耐力を要する)合成や、「非日常的な」(窒素下、発火性、毒性、高温、高圧など)合成、「職人芸的な」(=その人でないと出来ない)合成をしないと、なかなか新しい化合物には辿り着けない時代になっています。

上に書いた銅錯体の合成も一見簡単なのですが、「簡単で複雑な」、「職人芸的な」合成に分類されます。一度出来る条件が見つかれば良いのですが、そこにはなかなか行き着きません。反応させるピリジン配位子の置換基の位置が変わっただけで、迷路に迷い込んでしまうことも度々です。正しい方法に行き着くまでには、適切な溶媒系を選択し(ある時は混合溶媒の比率が重要になります)、反応当量を調節し(目的化合物の組成比で反応させても出来ないことが多々あります)、濃度を調節し(濃すぎても薄すぎても狙いの化合物は出てきません)条件を絞っていく事が必要で、全部について一回りぐらいした所で、“その人なら”再現性良く合成できるようになります。(他の人が同じ事をやっても出来ないことがあります。)上の合成の場合には、一価の銅が配位子交換を起こしやすい、と言うことが問題になって、やり尽くされていない合成になっていたわけです。

こんな調子で条件の吟味をしながら合成するのですが、溶液中になんとか目的錯体が生成しても、分離が出来ずに涙を飲むこともあります。NMRでは見えているけれども、どうしても分離できなくて、合成法そのものを考え直さざるを得ない時もあります。100年前に比べれば、カラムクロマトグラフィーの手法が大発展し強力になっているのだと思いますが、それとて万能ではなく、無色の結晶と黄色い結晶を

顕微鏡下でより分けるなんて言う、人間クロマトグラフィーが登場する場合があります。(質量分析の方法を見ていると、そのうち合成スケールの分取用マスマスペクトロメーターなんて出来たら、きっと便利だろうな、なんて思う事があります。)

### 金属錯体合成は困難で魅力的なプロセス

さて、合成の愚痴のようになってしまいましたが、私の現在地はこんな感じの金属錯体の合成研究にあります。寄り道、回り道をさせられながら、新しい化合物を合成し、新しい性質を出していくのは、自然を相手にした手抜きが出来ない、困難で魅力的なプロセスです(一緒に研究している学生さんもそう思って楽しんでくれていると良いのですが……)。北大に来てからは、それまでの興味であった「多核錯体構築」と「酸化還元」に加えて「発光性」にも興味を持って研究を進めています。特に銅と銀の錯体は、単純な化合物にもかかわらず強い発光性を示し、上に述べたような合成の再現性を出すのに苦労しながら、発光色、発光強度の制御を目指して研究を進めています。少しずつでも視界の開けた所へよじ登って、ピーカーとフラスコと良いアイデアで、分子研の少し縁の遠い研究者の方々の目も引くような金属錯体を合成できたらと考えています。

