



大きな卵と呼ばれていたドームの隣で



米満 賢治

(中央大学理工学部 教授)

よねみつ・けんじ / 1990年、東京大学大学院理学系研究科物理学専攻博士課程修了。同年、ロスアラモス国立研究所(米国)博士研究員。1993年、国際理論物理学センター(イタリア)博士研究員。1994年、ジョージア大学(米国)博士研究員。同年、東北大学大学院情報科学研究科助手。1995年、東北大学工学部助教授。1996年、分子科学研究所助教授(准教授)。2012年より中央大学理工学部教授。職場は東京駅から20分ほどの後樂園キャンパス。

今回の執筆依頼がきっかけで、分子研にいたことを思い出しました、というのは冗談ですが、そう思いたくなるほど当時とかけ離れた生活をしています。ほとんどすべての学年の異なる科目を担当していて、演習では多数の学生を相手に家庭教師状態なので、学生とのつながりは実に密です。物理学の基礎科目すべて、専門科目も数学も英語も質問を受けつけているので、たぶん頭がいつでも“使える”(ただし、研究とは関係ない)状態になっています。卒業研究生の配属決定前でなくても、期末試験や大学院入試の前に限らなくても、1日に5~6人来ることも珍しくありません。進路を含め、人生相談みたいなこともやっています。院試前の時期は、他大の(東大、東工大、筑波大などは毎年)過去問を解かされるので、まだまだ修士課程に入学できそうです。そういえば、まだ総研大の過去問をもってきた学生はいません。昨年は研究室配属の4年生のうち、東大に行った3名、京大に行った1名を含めて5名が進学、1名が教員採用試験に合格するなどして、全員外に出ました。当学科から他大への進学者はほとんど何らかの形で面倒をみたこととなります。このように質問に来てくれる学生はまだよくて(初年度は8年生まで、1回2~3時間と

いうこともありました)、あまり来ない学生にも気を使わなければなりません。学部生、卒業生、大学院生らの親との面談も、平均すると毎月のようにやっている勘定になります。岡崎ではほぼ毎週やっていたスポーツも、いまはまったく時間がとれず(研究室の若手はよくテニスをしています)、明らかに筋肉が落ちて、体重も減りました。

物理学科には独立した研究室が12室、つまり教授と准教授が12名おり、そのうち学部長、在外の人が抜けると、だいたい10名くらいでいろいろな仕事をまわしているの、係の回転が速いです。状況もよくわからないまま、2年目には副主任、3年目には広報委員として対外的に学部全体の説明をする羽目になり、4年目の今年は国際会議も国内の学会もフルに参加できず、いつも弾丸トラベル状態です。秘書は、知っている限り、学部長にしかついていないので、事務的なことも自分でこなします。通常、専攻長とか学科長あるいは教室主任と呼ばれる役になっても事情は変わらず、学部長と学科教員の間あるいは学科間の橋渡し役なので、連絡委員と呼ばれています。間違っただけはいけな緊張を強いられる作業は、もっぱら週末にやっています。などと、現実を再認識するようでは精神的によくない

ので、分子研出身で何が良かったか考えてみます。周りに化学や生命科学との境界領域の研究室があり、修士論文の審査会や発表会で、興味をもって聴くことができます。分子研出身者がほかにも物理学科、応用化学科、電気電子情報通信工学科にいて、それぞれ存在感があります。

大学院には学部から3分の1くらいが進学しています。学部生の必修科目としての数々の演習の採点や実験の補助、また、教員だけでこなせない業務などに大学院生の手が必要なので、持ちつ持たれつ?で、協力してやっています。着任前に私が想像していた研究テーマとは違うことをやっていますが、よいこともあります。実験などで学生や博士研究員が常識外れの行動をしたのがきっかけで大きな発見につながった、ということをとまどき耳にしますが、それに似たことも起きます。通常とは異なる状況とは認識せずに計算を行ってしまったためですが、それをうまく発展させられたら、大学にいて初めてできる良い体験ということになりそうです。

理工学部は後樂園キャンパスにあって、物理学会などが開かれた多摩キャンパスと違い、とてもロケーションがよいです。東大本郷キャンパスの近く

なので、各種の研究会、セミナー、国際会議に歩いて参加できます。また、東京駅から短時間で到達できるため、中大理工を訪問してくださる研究者がけっこういて、ほんとに助かっています。50年を越す古い建物で、夏の前に急に暑くなると部屋の扉があきにくくなるので、建物のひずみを実感できます。東京ドームのすぐ近くなので、人気アーティストのコンサートなどがあると、(穏やかな表現をすると) にぎやかです。計算機部屋の空調設備の整備などは、2年がかりの作業でした。受託研究による博士研究員というポジションがなかったのが、学内で新たにそのポジションを作りました。IMSフェロー

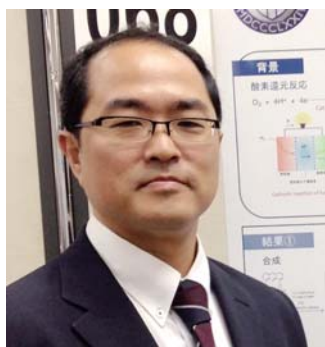
だった人を雇用し一緒に研究するにあたって、共同研究している先生方の強いサポートがあり、どうにか研究を続ける環境を維持できた、というのが実情です。運営費交付金やそれに該当するものがそもそも存在しないので、なんとかやりくりしていますが、いまのところ順調にやっている方だと思います。

実験研究者との共同研究を行っていますが、それには共同研究がやりやすかった分子研時代に構築したいろんなつながりが財産になっています。学外の用事も増えますが、研究者としてはプラスになっていると思います。分子研時代に始めた光誘起相転移に関連す

る研究が、国内外でかなり進んで、現在は新しい段階にきています。強い光で初めて起きる現象が次々に見つかり、分子研時代よりもさらに共同研究関係のメールや電話が多くなっています。ということは、研究もうまくいっているのかもしれませんが。そのきっかけとなった理論研究は、中大理工に来てからの博士研究員の仕事が起点となり、大学院生とのやりとりで発展し、この予算で購入した計算機で行ったことがメインです。もちろん、分子研時代に作った基盤があるからこそ、なのですが。はたしてこれらがもっと発展するか、(そもそも研究者として生き残れるか?) 見守っていただけたら幸いです。



人との出会いが財産



和田 亨

(立教大学理学部化学科 准教授)

わだ とおる / 1998年 学習院大学大学院自然科学研究科化学専攻博士前期課程修了。2001年 総合研究大学院大学大学院数物科学研究科構造分子科学専攻博士後期課程修了。博士(理学)。2001年分子科学研究所錯体化学実験施設錯体物性研究部門助手。総合研究大学院大学大学院物理科学研究科助手(併任)。2007年分子科学研究所生命・錯体分子科学研究領域錯体物性研究部門助教。2010年立教大学理学部化学科准教授(現職)。

私は1998年4月に総研大の博士後期課程に進学し、分子科学研究所での研究を開始しました。都内の私学で博士前期課程を過ごしたので、近くの国立大学へ進学するという選択肢もあったのですが、田中晃二先生(現:京都大学iCeMS特任教授)の「誰もやっていないことに挑戦する」という言葉に魅かれ、総研大へ進学することに迷いはありませんでした。

当時、田中グループには助手の柘

植清志さん(現:富山大学教授)やボスドクの杉本秀樹さん(現:大阪大学准教授)が在籍され、共同研究として永田央先生(現:名城大教授)も同じ研究室で実験されていました。博士前期まで有機化学を専門にしていた私に、文字通り一から丁寧に錯体化学をご指導いただきました。酸化還元活性なキノン配位子を有する二核ルテニウム錯体による電気化学的な酸化反応について研究を行っていましたが、試行

錯誤の末に何とか目的とする錯体の合成に成功しました。ところが、目指していた水中での有機基質の電解酸化反応はほとんど進行せず、酸素ばかりが発生してしまいます。落胆しつつ田中先生に「酸素しか出ません(涙)」と報告すると「やったやないか!!」(注:関西弁です)と、喜んでいらっしゃいます。正直なところ「?」だったのですが、よくよく勉強してみると水の四電子酸化による酸素発生は、エネルギー変換

において非常に重要で、当時はこれを触媒する錯体は二つくらいしかなかったのです。現在でもこの研究が私のメインテーマになっています。田中先生とのディスカッションはいつも刺激的で、研究の種を惜しみなく我々に授けていただきました。今も田中先生の教えは私の支えとなっています。時には、当時の私の理解力を超えることもありましたが、そんなときは理論派の柘植さんに解説していただき納得したものです。

当時の錯体化学実験施設には田中先生の他に、塩谷光彦先生（現：東京大学教授）、藤田誠先生（現：東京大学教授）の研究室があり、研究室の垣根を越えて交流（飲み会）していました。学生は日本全国から集まってきており、よく地方ネタで盛り上がったものです。ソフトボール大会では先生方もご一緒にチームを組んで参加しました。「キャプテン翼」世代の我々学生よりも、「王・長嶋」「巨人の星」世代の先生の方がお上手でした。

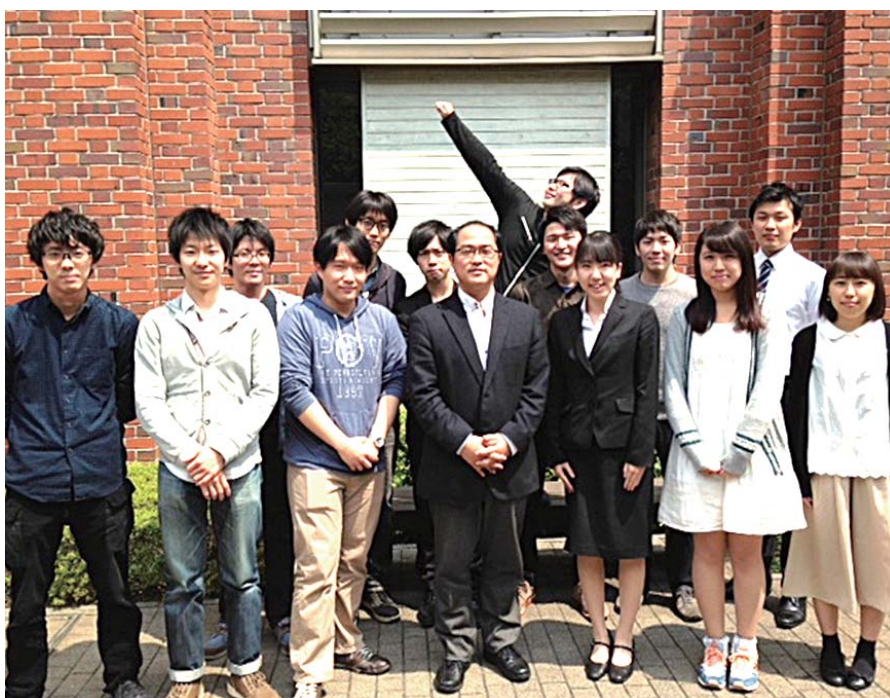
2001年に21世紀最初のドクターとして博士後期課程修了後、幸運にも助教にご採用いただき、分子研で研究を続けさせていただきました。一時期、田中グループには私と同年代のポストドクが6名ほど在籍していて、良いライバル意識をもって充実した研究が出来ました。それぞれが得意とすることが異なり、一つの研究室にしながら「こういう研究の進め方もあるのか」と刺激に満ちた毎日でした。途中、山手地区への引っ越しも経験し、研究室の設計や引っ越しの段取りなど良い経験をしました。疲労も相当なもので、私はアルコール耐性が強い方なのですが、魚住先生の研究室で引越祝いの飲み会をしたときに、人生ではじめて記憶を無くしました。

また田中先生が錯体化学会の事務局長、会長を歴任されたこともあり、分子研には錯体化学関係の先生が多数お見えになりました。その際に私の存在も認識していただいたことは、大変に幸運なことでした。

12年にわたる分子研生活を終え、2010年に立教大学に赴任しました。私自身が私立大学出身なので、私大の学生の気質は分かっていたつもりだったのですが、当初のイメージとは異なることも多かったです。池袋キャンパスはお洒落な学生さんが沢山いる華やかな印象です。しかし研究に関しては、まじめで地味、コツコツと実験する方が性に合う学生が多いようです。その反面、失敗を恐れ、「答え」を求める傾向が強いように感じています。もしかしたら、うちの大学だけではなく、最近の学生さんに共通する性質なのかもしれません。失敗を恐れずにチャレンジすること、その失敗から情報を得るために全力で観察することを指導しています。研究だけに没頭できた分子研時代と環境はがらりと変わり、研究・

教育以外の仕事にも忙殺されることが多いのですが、学生の成長を目の当たりに出来ることは何よりも幸せです。また、私の出身の学習院大学は歩いていける距離にあり、恩師の持田邦夫先生との共同研究も開始しました。分子研田中グループで一緒だった宮里裕二さん（東京電機大学）とも研究を進めています。近隣には分子研時代にお世話になった錯体化学の先生も多数おられ、ときおり交流（飲み会）をさせていただいています。ここでも、分子研での出会いが自分を支えてくれていることを実感します。

今回分子研レターズへの寄稿をご依頼いただき、あらためて振り返ると、博士後期課程に分子研（総研大）に進学できたこと、これが私の人生のターニングポイントであったと言っても過言ではありません。いまは、学生の成長を楽しみながら、「立教大学ならではの研究ができるように精進しています。私学だからこそ出来る、思い切ったことにチャレンジしていきたいと思っています。





アト秒科学の発展と今後の展開



新倉 弘倫

(早稲田大学先進理工学部 教授)

にいくら・ひろみち／

2000年 総合研究大学院大学 数物科学研究科 構造分子科学専攻修了 博士(理学)

2000年~2009年 カナダ国立研究機構 博士研究員・JST さきがけ研究員等

2010年 早稲田大学先進理工学部 准教授

2015年 同 教授 現在に至る

現在、都内の大学でアト秒時間領域の実験的研究を行っています。分子研では、総研大生として極端紫外光科学研究系で「UVSOR アンジュレーター光とレーザー光を併用した」原子分子のイオン化についての研究を行いました。光イオン化や光解離過程は、数十フェムト秒からアト秒時間領域で生じるのですが、その過程においてどのように電子状態が変化していくのか。それを測定するための一歩ではあったと思いますが、ともあれ異なるタイプの光源を組み合わせ、限られたマシンタイムの中でこのような研究を行うのは、なかなか困難でした。

そんな折、たまたま分子研で行われたセミナーでカナダ国立研究機構(National Research Council, NRC)の研究者の講演を聞き、さらに「世の中には高次高調波というレーザーで極端紫外光を発生できるシロモノがある」と知り、なるほどこれやと思いました。そこで学位を取得する時期の少し前から、今まで会ったこともない海外のレーザー系の研究者に直接手紙を書き、ポストドクとして雇ってもらえないかを伺いました。そのとき返ってきた返事のひとつがNRCのPaul Corkum先生のところでした。

そして2月のまだ寒い中、面接のた

めにまだ凍てつくオタワまで出かけました。夜中の12時頃にまっくらな街にたどりついたことを覚えています。運よく採用していただけることになり、7月ごろからオタワに出かけました。冬の間は全面凍っていた川幅500mのオタワ川が満々と水をたたえていたのが印象的でした。

オタワの研究室は、当時は実験系のポストドクが私とインド人(すこし遅れてほかの日本人の方が加わりました)だけでしたが、実験室には大きな光学台がならび、スタッフもPaulだけでなくDavid Villeneuve先生やほかに数名の方がおられ、ゆとりがあったように思います。

2000年当時はまだ、アト秒という時代ではなく「アト秒領域にも入れるという予測があるが、いつごろになるのか」と他のポストドクと話していたのを覚えています。そうこうするうちに、EUでアト秒パルス列のパルス幅の測定に成功したとの報が入ってきました(2001年)。そして、そのときにちょうど私が行っていました実験が「EUとは別の方法論を用いた」アト秒測定につながるものであるとわかり、2002年にNature誌に論文を発表しました。簡単には「高強度のレーザーパルス原子や分子に照射すると、トンネルイオ

ン化過程によりアト秒のパルス幅を持つ電子パルスが生じる。その電子パルスと元の分子との再衝突により、励起や高次高調波発生過程などがおこるが、その過程を調べることで、アト秒の時間分解能でもとの分子の振動や電子状態ダイナミクスがわかる」という原理です。この原理を用いてさっそく、2003年には、重水素分子の振動波束運動をアト秒の時間精度で測定することに成功しました。これらの初期研究は、フェムト秒からアト秒時代への扉をひらいたものとして(EUなどの研究とともに)認識されています。

当時、アト秒ダイナミクス以外にも高強度の数フェムト秒レーザーパルスを複数用いた、ポンププローブと制御の実験も行っていました。そこである原理を見出したので、それを発展させたらどうかとPaulに話したところ、「まだ原子や分子内のアト秒電子運動を測定するための方法論がはっきりしない。それを考えたらどうか」とのこと。そこで、量子力学的計算を用いているところへ行ったら、「原子分子から発生した高次高調波のスペクトル強度(位相・偏光)に、アト秒時間精度で電子波束運動が記載される」という原理を見つけました(2004、2005)。これは電子波束だけではなく、振動運動など双極

子モーメントの変化を伴う過程にも適用できます。この原理を用いた研究は、高次高調波スペクトルから分子軌道が再構成できるという方法（2004）とともに「High-harmonic spectroscopy（高次高調波分光）」としてアト秒領域の研究の一分野を築いており、化学反応動力学の研究などにも用いられています。

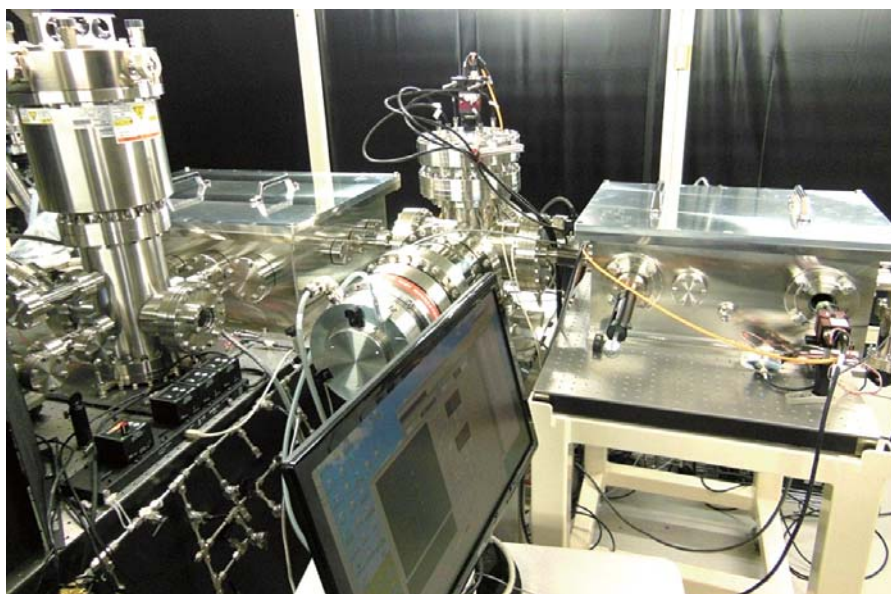
NRCに行きました当初は、カナダ政府からお金をいただいていたが、数年後から科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業さきがけのお世話になりました。実は「さきがけ」なるものがあるということは、以前所内におられたS先生に教えていただいたものです。

その後、高強度で赤外光のキャリアエンベロープ位相（CEP）を安定化させて極端紫外領域の単一アト秒パルスを発生すること（これは初め、まったく安定化せずに苦労しました）や、アト秒精度で再衝突電子の動きを制御し、発生した高次高調波の偏光分布から分子軌道の対称性（2010）や、アト秒での分子内電子運動が同定できる（2011）ということを見出しました。現在では、

6mJ/pulse程度のCEP安定化レーザーを用いて極端紫外領域のアト秒単一パルスやパルス列を発生し、それと高精度・高安定で赤外パルスなどを組み合わせ光電子運動量分布を測定するなど（とても興味深い結果を得ました）、アト秒関連の実験を引き続き行っています。今後の目標として、アト秒高次高調波やアト秒再衝突電子法などを発展させ、化学反応途中における分子軌道（電子波動関数）の空間分布・位相分布の変化を直接測定することや、In vivoでのバイオイメーjing法などへの適用を考えています。

21世紀初頭に始まったアト秒科学の発展を間近で見してきましたが、重要なことは「いまだ明らかになっていない（まだ見えない）物理的なモデルや描像を見えるものに確立していく」という能力と方法論だと思います。実際、アト秒科学も実験結果そのものよりも、そこから「どのような新規な情報を得るための方法論を見出すのか」ということの方が重要に思えます。その点、カナダやEUの研究者は優れているように思います。従来の測定方法や、

誰かが提唱した「データから情報を引き出すためのモデル・方法」をそのまま使っていたのでは新しいことは生まれず、いわば「川下」に位置するサイエンスになってしまいます。アト秒科学は現在、原子分子光学の基礎的な原理の開発を基にしながら（むしろそれと直結して）、今後のハイテク産業の基盤技術として、幅広くマテリアルやバイオ系にも大きく発展しつつあります。カナダやEUはそのことに前から気づいて重点的な投資を行っていましたが、最近では新興国にも大きく広がっているようです。どのように新しいサイエンスを行っていくのかという「考え方・ものの見方の転換」については、私個人的には、NRCなど海外の優れた研究者に学ぶところがまだまだ多いように思います。すでにzepto秒という単位まで、実験の論文には出てくるようになっており、今後とも頑張らなければと思っております。よろしく願い申し上げます。



アト秒高次高調波光学系と測定系