



MCNDの工業化に奔走したこの6年

西 信之

(Kanazawa Goodwill Guide Network 事務局長、新日鉄住金化学(株) 技術アドバイザー)

にし・のぶゆき／山口高校、九州大学、同大学院を経て、1973年：東京大学物性研究所助手、1979年：分子科学研究所助教授、1991年：九州大学教授、1996年：分子科学研究所教授、2011年：同退職、同年—2012年：名古屋工業大学プロジェクト教授、2011—2013年東京工業大学特任教授、2013年—現在：新日鉄住金化学(株) 技術アドバイザー。



ニューヨークの大雪の為フィラデルフィアからサンフランシスコに飛ばされ、アンバサダーホテルに滞在中に飛び込んできた1通の電報が、私のその後の人生を変えてしまった。未来開拓事業に応募しないか、というものだった。与えられた課題は、「単分子磁石の実現」。私に出来るはずがないので、井上克也・現広島大教授にお願いし、私は、金属に炭素が結合したアセチリド化合物の開拓に専念した。様々なアセチリド化合物が興味ある磁性を示すことが判ったが、このアセチリドは安定形でなく、温度を上げると直ぐに炭素と金属に分離してしまう。

有機合成の分野では、アセチリドは危険なので作ってはいけないということになっているが、それを全く知らない物理化学の人間にはこのような未開の領域には大きな好奇心をそそられ、入り込む価値が高かった。銀アセチリドはその中でも極めて危険性が高く、薬さじ等を差し込んだだけで、大きな音と火災を発生して爆発する。新しく博士課程に入った沼尾茂悟君にこのテーマを与えてしまったのが、事の始まりで、彼は、爆発後に残った黒色物をすぐさまTEMで観測した。驚いたことに、この物体は、径が100 nm以下ではほぼ150 nmに枝分かかれし、単層グラフェン壁で出来た球状空孔で出来ており、数ミクロン以上の導電性単体

となっていた。

BET表面積は、1500~2000 m²/gと恐ろしく大きく空孔間の流通性も良好であった。最初は、ネットワークを利用して沼尾君と十代健助手に函館まで測定に飛んでもらったが、装置が振り切れて測定不能であったことが思い出される。すぐさま、ホームページでこのような面白い炭素材料が出来たと公開したら、1ヶ月後に日産自動車燃料電池研究所(当時)の田中詞郎さんが、燃料電池の触媒担体として調べてみたいと応答され、数ヶ月後その素晴らしい性能を報告して頂いた。この材料を、Mesoporous Carbon Nano-Dendrite (MCND) と命名し、特許を提出した。核融合科学研究所で開催された佐藤元泰教授主催のマイクロ波関係の研究会冒頭講演でこれを紹介する機会があり、その場に来ておられた河野巧氏が参加され、早速新日鉄化学(当時)で事業化を検討したいと申し入れられた。私の退職後のポストのお世話をされたのが、豊田中研ご出身の佐藤紀夫氏で、ベルギー滞在中にご一緒だったトヨタ自動車の加藤久雄氏が、名工大の私の研究室に入られた。いよいよ大量製造を考えざるを得ないことになった。しかし、これは大難問である。

例えば、100 gの銀アセチリドを爆発させると、実験室が吹き飛ばほどの威力を発揮する。名工大では、この難

問を解決する新しい合成法の開拓に着手した。アイリン真空の松井さんにご協力頂き、少し大型のチャンバーを作成し、初めて稼働させた時の緊張と興奮は忘れられない。

MCNDは東京オリンピックまでに国が導入を進めようとしている新型燃料電池車への搭載が有望である。従来の燃料電池では、Nafionのような高分子電解質膜のスルホン酸基が白金に直接接触して白金が溶解し、短寿命となる。このため、白金サイズが小さすぎると使えなくなるので3 nm以下では実用的ではない、という問題があった。MCNDは、空孔内の微小グラフェン(3~5 nm) エッジや欠陥部に白金が担持されるためにスルホン酸基との接触が回避され溶解の問題が著しく改善され、粒子径を著しく小さく出来、使用する白金量が1/3以下にまで低減でき、コストの削減と同時に高出力となるという重要な利点を持っている。燃料電池は、エネファームのような家庭用発電機やフォークリフト、大型バス、大型トラックなど様々なエネルギー源として用いられる予定であり、住宅会社では太陽光発電に代わる安定な自家発電機として採用できるのではと考えている。2年前の東京モーターショーにトヨタから展示された小型の燃料電池車は、4個の車輪に独立したモーターが備えられ、走行しないときは家庭の電源とし

て使用するというコンセプトを提案した。この自動車の内装は、グラフェンのベンゼン環6角形が連なった編み目模様で飾られていた。今後、MCNDの有用性が更に明らかとなれば、大量の需要が喚起されることは間違いない。

現在は、爆発しないで作るグラフェン材料の開発を大学と企業との共同研究として行っている。また、外国人の金沢観光をお手伝いする Kanazawa Goodwill Guide Network の事務局長

として駅の観光案内所での様々な質問への対応や、金沢城石川門の案内所でお城や兼六園の同行ガイドなどのボランティア活動を行っており、頭と足の運動に疲れ果てる毎日を過ごしている。会員からは、「西さん、また美人ばかりを相手にして!」と揶揄されている。



分子研にお世話になって30年



鈴木 孝義

(岡山大学異分野基礎科学研究所 教授)

すずき・たかよし / 1987年名古屋大学理学部化学科卒業、1992年名古屋大学大学院理学研究科博士後期課程化学専攻単位取得退学、1993年博士(理学)、1992年~1995年分子科学研究所相関領域研究系相関分子科学第二部門助手、1995年~2008年大阪大学理学部および大学院理学研究科助手(助教)、2008年~2015年岡山大学大学院自然科学研究科(理学系)准教授、2015年~同教授、2016年より異分野基礎科学研究所に配置換え。2017年よりグローバル・パートナーズ副センター長兼務。

分子研に最初にお世話になった、つまり東岡崎駅の近くにある明大寺の山の上に最初に足を踏み入れたのは、今から30年前、私が名古屋大学の学部4年生の時であった。当時は、大学の1研究室には無かった単結晶X線回折装置を施設利用させていただくため、指導教員であった喜多雅一先生(現:岡山大学教育学部教授)と一緒に訪れ、初めて分子研という存在を認識した(愛知県に生まれ育った私ですが、恥ずかしながらそれまで分子研の存在を知りませんでした)。その後は、研究室の先輩であった中島清彦先生(現:愛知教育大学教授)が新任の助手として分子研錯体化学実験施設に赴任されたこともあり、大学院生の間は

足しげく通わせていただいた。当時の大学では考えられない充実した研究環境、実験装置と広い実験スペースに圧倒されたが、共同利用者のための端末室で構造解析計算のため滞在した数時間に、誰にも会わないことが珍しくなかったことが特に印象に残っている(30年経った現在でもこの印象は変わらないかもしれない)。

博士後期課程を修了しようとする頃、縁あって相関領域研究系の磯辺清先生(現:金沢大学名誉教授)に助手として採用していただいた。その後の私の研究生活が恵まれたものになったのは磯辺先生のご指導(正確にいうと影響)によるところが大きく、先生にはどれだけ感謝してもしきれない。分子研に助手として滞在した期間は3年弱であったが、研

究においても私生活においても非常に中身の濃い充実した時間を送ることができた。パーソナルコンピューターとインターネットが急速に普及した時代に運良くその最先端を利用できる環境にあった分子研に在籍していたため、何の苦勞もなく(磯辺先生や井口所長はたいへんのご苦勞をされたのでしょうか)その恩恵を受けることができた。研究者としてのスタートが分子研であり磯辺先生のものであったことは、非常に運がよかった。

分子研から大阪大学に移り、理学部化学科の海崎純男教授(現:大阪大学名誉教授)の下で助手として12年半豊中キャンパスに勤務した。この間もいろいろな出来事があったが、その詳細についてはほとんどを割愛するとして、次の1件のみ紹介させていただく。2002年9月よ

り10ヶ月間、文部科学省在外研究員制度を利用して、米国ワシントン大学シアトル校の James M. Mayer 研に客員研究員として滞在させていただいた。この期間には、以前から興味を抱いていたニトリド錯体の研究を新たに着手することができたが、それ以上に Mayer 教授から様々なこと（研究面ではもちろんだが、学生の指導方針や、いわゆるワークライフバランスなど）をご教示いただいたことは、その後研究室を運営する立場になった現在も私の財産となっている。また、Mayer 教授のおかげで研究者ネットワークが国際的にはもちろん、日本国内でも広がったことは私にとって非常に有意義であった（今回この拙文を書かせていただいているのも、Mayer 研ネットワークのおかげである）。追記になるが、大阪大学時代には海崎研で苦楽を共にした川田知准教授（現：福岡大学教授）にもたいへんお世話になった。

2008年3月より岡山大学大学院自然科学研究科（理学系）に准教授として採用していただいた。当初は、小島正明教授（現：岡山大学名誉教授）と砂月幸成助教とともに錯体化学研究室を運営していたが、2年後に健康上の理由により小島先生が早期退職され、それ以降は私と砂月助教の二人体制である。ただ、ご退職以降現在も小島先生には研究室の学生教育にお手伝いいただき、たいへん感謝している。2015年7月には同研究科で教授に昇任させていただき、2016年4月の異分野基礎科学研究所発足と同時に研究所に配置換えとなったが、学生教育は引き続き理学部化学科及び大学院自然科学研究科にて担当している。

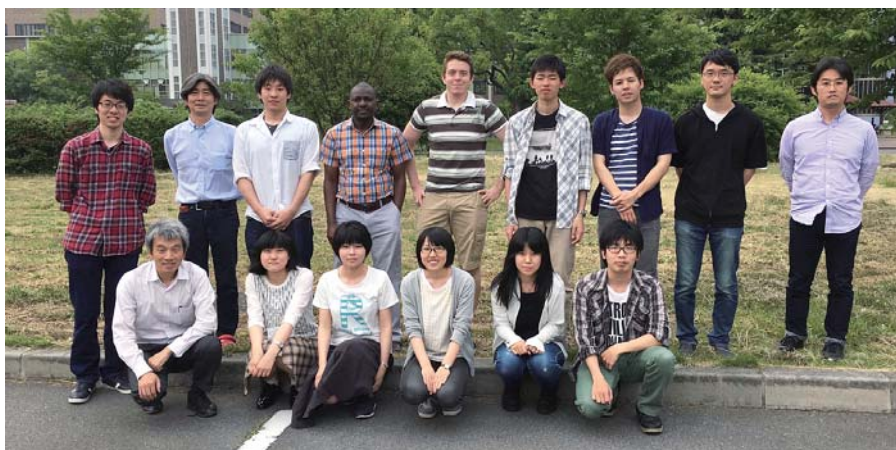
さて、前置きが長くなってしまったが、ここからが本題の「分子研出身者の今」である。現在も、小島先生から引き継いだ錯体化学研究室において、金属錯体の合成と構造、特に立体構造や光学活性の

制御に関する研究を行っている。砂月助教はシッフ塩基類縁配位子を用い、特に磁気的性質に興味のある金属錯体の研究を行っており、良好な関係を構築しつつ共同で研究と学生教育を進めている。異分野基礎科学研究所では、錯体化学研究室は人工光合成研究分野を兼ねることになり、沈健仁教授（岡山大学異分野基礎科学研究所）らと協力しながらマンガナルカルシウムクラスターのモデル化合物、人工光合成を見据えた酸素発生触媒の開発研究を行っている。また、本年1月からは磯部寛特任准教授にも研究室に加わっていただき、マンガナルカルシウムクラスター上での酸素発生メカニズムに関する理論的研究も進めている。磯部寛特任准教授には、マンガナルクラスターに限らず他の多核錯体に対する計算化学的アプローチも担っていただいております。研究室の守備範囲が急速に広がっている。

私が理想とし目標としている研究者・教育者像は Claus Schäffer 教授である。話がかなり遑ってしまうが、私は名古屋大学大学院博士前期課程から後期課程にまたがる1年間、当時の指導教授であった藤田純之佑先生（現：名古屋大学名誉教授）と山寺秀雄先生（現：名古屋大学名誉教授）にご助力をいただき、名古屋大学と交流協定を締結していたコペンハーゲン大学（デンマーク王国）に文部省国費留学生として留学させていただ

いた。Schäffer 先生は、当時（今もですが）化学も英語も満足にできなかった私を研究室に受け入れていただき、ほとんど毎日マンツーマンでご指導いただいた。私が大学教員になり、逆に留学生や日本人学生を指導する立場になった現在、Schäffer 先生のような丁寧な教育・研究指導をできていないことに深く反省をしている。Schäffer 先生には不慣れた留学生活中、生活面をはじめ本当に色々とお世話になり、まさに my Danish father であった。以前来日された際、私の子供たちへのお土産に from your Danish grandfather と書かれていた洒落っ気は実に気が利いていた。昨年の秋、私の親愛なる Danish father の訃報を受けた。心よりご冥福をお祈りしたい。

私の研究者としての（というより「人生の」と言っても良いであろう）転機は、上記した Schäffer 教授の下への留学と、Mayer 教授の下での研究生活であった。海外経験は色々な意味で人を変えると、自身の経験で思うようになった。そのため、岡山大学に異動してから、学生が海外での経験をできるようにしようと、交流協定を締結したり、学生の留学の手助けをしたり、海外で行われる国際会議での発表を積極的に行うよう学生に促している。これらの活動の延長線上という訳ではないが、今年の4月から、岡山大学グローバル・パートナーズ（旧：国際セ



ンター)の副センター長を引き受けるに至っている。もちろん対象となる学生は岡山大学の全学生であるので、私のように緊密な研究指導をしていただける相手国教員に巡り会えるチャンスのある学生

はそう多くはないと思うが、それでも海外での経験は学生にとって貴重な財産になることは違いない。ある啓発ポスターに「留学したことを後悔している学生にあったことがない」というキャッチコ

ピーがあった。納得である。現在、研究はもちろんであるが、こういった面からも若くて将来のある学生のお役に立てればと思っている。



その後

菱川 明栄

(名古屋大学物質科学国際研究センター 教授)

ひしかわ・あきよし / 2003年4月分子科学研究所助教授(准教授)。2010年名古屋大学大学院理学研究科物質理学専攻(化学系)教授、2015年名古屋大学物質科学国際研究センター教授、現在に至る。

早いもので分子研から名古屋大学に移って7年が過ぎました。本当にあつという間で、実際のところあまり変わったところもない気がしますが、少し近況をお伝えできればと思います。

研究では昨年、光吸収による分子軌道変化の可視化(イメージング)についての研究を発表しました。強レーザー場で見られる特徴的な過程の一つである「トンネルイオン化」に着目したものです。分子軌道の情報を取り出す原理はSTMと同じですが、フェムト秒強レーザーパルスを用いることで反応追跡に必要な時間分解能が得られることとなります。ここではNO分子の紫外光吸収による 2π から $3s\sigma$ 軌道への遷移に着目して検証実験を行いました。次ページの図は解離性トンネルイオン化によって生成した N^+ イオンの画像です。 N^+ は分子軸に対して 45° 方向に広がった 2π 軌道の形状、等方的な分布をもつ $3s\sigma$ 軌道の形状と対応しています。この様子は、対応する分子軌道をそれぞれとりいれたトンネルイオン化理論に基づく計算とも良く一致しています。レーザートンネルイオン化を利用すれば短

寿命励起分子の電子分布形状を捉えることができ、また光吸収にともなう電子分布の変化を可視化できることがわかったこととなります。この研究は米国物理学会フィジカルレビューレターズ誌に発表後、幸いにして国内だけでなく、FoxやPhys. Org.など海外メディアにも取り上げられ、論文のソーシャルインパクトを示すAlmetric指標でトップ1%論文となりました。

この研究は名古屋大学に着任して、最初に研究室に配属になった遠藤友随君(現在、カナダINRS-EMT)が学部4年生から取り組んだテーマで、面倒な実験を粘り強く進め、博士課程の修了とともに学位論文の一部として見事に形にして仕上げてくださいました。この研究は実は分子研でスタートしていて、当時は基底状態については松田晃孝君が、励起状態については伏谷瑞穂君が主に担当してくれました。当時から数えると論文になるまでに実に10年以上かかったこととなります。その間、森下亨さん(電通大)をはじめとした理論グループとの共同研究を通じて、トンネルや電子再衝突過程そのものにつ



いても理解は深まったのですが、それにしても時間がかかっていますね。

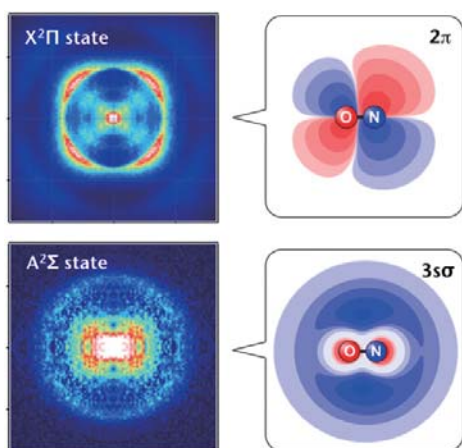
昨年同時期に発表した論文には、非対称強レーザー場による CO_2 の解離反応制御とフェムト秒2光子ラビ振動についてのものがあります。 CO_2 の方は実は分子研に移って最初に高橋栄治君(理研)とトライした実験でした。当時はあまりはっきりとしたデータが取れず、ずっとお蔵入りになっていたテーマでしたが(今となっては、色々思い当たる節はあるのですが)、これも遠藤君がキレイにものしてくれました。2光子ラビは彦坂泰正君(富山大)、繁政英治さんとSCSS試験加速器(理研)で始めたFEL実験の一つで、これも実験してから論文になるまでほぼ5年かかったこととなります。

分子研の時とくらべると、個人的な役割として大きく違うところの一つは教育に関するものです。[アインシュタインは、教職は、毎日何かを成し遂げているという錯覚をもたらすところがいい、と言ったことがある。優れた

講義をすればその場で達成感が得られるが、研究は何ヶ月もの間何の進展も遂げられないことも珍しくない（「ファインマンさんの流儀」、ローレンス・M・クラウス、早川書房）とのことですが、確かに講義によってささやかな達成感が得られることがあります（言うまでもなく研究も講義もレベルが違うのですが）。実際には講義の準備やフォロー

にすごく時間は取られますし、思っていたようにいかず少しガッガリすることも少なからずあるので、必ずしも精神的にプラスの方向に働くとは限らないところもあります。でも総じて言えば、(いまのところ) 個人的にはポジティブに働いているようです。些細なことでも、なにかを理解することは純粋な喜びの一つで、それがこちらにも少し

伝わるからだと思われませんが、どうでしょうか。一年のうち、前期は入学したばかりの1年生から大学院まで4種類の講義を担当していて、いずれもなかなかチャレンジングなところがあります。研究室での実験やセミナー、ディスカッションも含めて、それぞれ「錯覚」ではなく、学生たちに何かをきちんと伝えられているとよいのですが。



光吸収による電子分布変化の可視化。



研究室メンバー+卒業生@第33回化学反応討論会 2017 (名古屋)。



とりとめもなく振り返ってみると

石塚 智也

(筑波大学数理物質系 講師)

いづつか・ともや / 2004年3月 京都大学大学院理学研究科化学専攻 博士後期課程終了 (博士 (理学))。学位取得後、米国ペンシルバニア大学にて博士研究員。2006年2月より分子科学研究所助手。2006年2月より助教(改組)。2009年6月より筑波大学数理物質科学研究科助教。2014年4月より現職。2016年10月からJSTさきがけ研究員兼任 (「革新的触媒の科学と創製」領域)。

分子研を去ってから、早いもので8年が経ちました。

分子研に着任したのは、2006年2月。2004年3月に学位を取って、2年弱、博士研究員として滞在した米国フィラデルフィアから帰国した直後でした。フィラデルフィアからの帰国の朝、季節外れの暖かさのために、フィラデルフィアの街に濃霧が立ちこめ、フィラデルフィア空港を発着するすべての飛行機が

キャンセルになり、出発日が(当然、到着日も)1日遅れとなったことを懐かしく思い出します。分子研に着任して最初の2ヶ月は、明大寺キャンパスに実験室と居室があり、研究室には江先生と僕の二人しかいなかったの、実験室には大体一人でした。下手をすると1日、誰とも話さないこともあり、寂しいところだなあと思わないでもなかったです。新年度になって、研究室が山手キャンパスに



移動し、幸い研究室のメンバーも増えたので、そういう感覚もなくなりました。分子研主催の様々なプロジェクトがあったのと、授業もなく、比較的、時間に余裕があったのとで、よくアジアの国々に出張に行かせてもらったな、と思います。特に思い出深いのは、当時の中村所長の

肝いりで、若手の助教だけで何かイベントを企画しなければならず、櫻井グループの東林さん（現、慶応大学薬学部准教授）、小川グループの田中さん（現、九州工業大学生命体工学研究科教授）を中心に、助教ばかり8人ほどでマレーシアに出張したことです。もちろん向こうの大学を訪ねてシンポジウムを行うことが主目的でしたが、非常に楽しい出張でした。

分子研を去ったのは2009年5月。筑波大学でお世話になっている小島研も、着任当初はできたばかりでしたが、やはり研究所と大学の差を感じるの、学生さんの数でしょうか。今年度も教員3名以外に、博士研究員1名、博士課程学生2名、修士課程学生8名、卒業研究生6名で、大学の研究室としては標準サイズかもしれませんが、分子研時代に比べると、研究室にはぎやかです。

筑波大に着任して2年経たないうちに、東日本大震災に見舞われました。本震の直後に、とりえず研究室のある建物の近くの広場に避難し、しばらく様子を見た後、逃げ残った人や被害状況の確認のために、若手の教員で化学系の建物を見て回ったのですが、棟と棟をつなぐ渡り廊下の天井に渡してある水道のパイプが割れ、天井から水がシャワーのように降り注ぎ、停電で電気が消えた中を、屋内なのに傘を差して歩いたときには、これはしばらく実験どころじゃないな、と思ったものです。ただ意外に被害は小さく、3月中は水道が止まっていたので、さすがに実験できませんでしたが、4月には水道も復旧して、東北の方に比べれば速やかに研究活動を再開できたように思います。それでも、その後は、地震で傷んだ建物の耐震補修の工事が続いたため、毎年のように研究室の引っ越しをせねばならず、そういう点では苦労しました。

筑波大に移ってから、本格的な錯体化学の研究室に加入し、ルテニウム錯体を触媒に用いた有機基質の酸化反応に関する小島先生の研究テーマをお手伝いさせていただいています。配位子合成に関わる有機合成の部分は、これまでの経験を生かしましたが、あまり経験のなかった触媒反応の探索に関しては、学生さんと一緒に勉強を重ねているところですが、また、自身のテーマとして、外周部に縮環構造を持つポルフィリンの酸化還元特性や光学特性を研究し、少しずつ成果が見えてきました。教育の面では、2014年度から講師にさせていただき、それまで担当していた学生実験だけでなく、無機化学IIIという座学の授業を、毎年、担当させていただく機会を与えられました。この授業では、遷移金属錯体の機器分析に関して、主に学部3年生向けに講義しています。それまでも小島先生の出張中に代講する機会はありませんでしたが、自分一人で担当する座学の授業は初めてだったので、授業に用いるプレゼンテーション用の資料（授業では、黒板ではなく主にプロジェクターを用いています）の準備などで、非常に時間も掛かりましたが、同時にすごく勉強になりました。授業は受けるよりも、する方が勉強になるということを実感しています。特に、僕自身は有機合成の研究

室出身で、遷移金属錯体の化学を、しっかりと勉強したのも初めてでしたので、とても良い機会になりました。

昨年の10月から、JSTのさきがけプロジェクト「革新的触媒の科学と創製」にも参画させていただいています。メタンを始めとする低級アルカンの触媒的変換反応という難しい課題に日々悩まされていますが、普段は接することの少ない固体触媒や分光測定の方との接点もできて、領域会議に行くたびに大いに刺激を受けています。また、同じ領域のさきがけ研究者の同輩には、分子研で短い時間ですけど、ご一緒した名古屋大学の邨次先生もいらっやいます。実は邨次先生とは、分子研時代、官舎の同じ棟に居住していたことから、「草刈り、懐かしいね（官舎にお住まいでない方のために説明させていただくと、官舎に付随している庭の草刈りを、夏の間だけ棟ごとに月一度くらいのペースで、住人総出で行うことになっていたのです）」などと、時折、思い出話をしています。

大学4年生で研究室に入って、もうすぐ20年、分子研に着任してからも、既に10年を過ぎ、本当に時間ばかりが、あっという間に過ぎて行くなあと、日々感じています。研究者を続けて来られた幸運を噛みしめながら、もう少し精進したいと思っています。



昨年度の研究室の集合写真です。今年は、サボっていて、まだ集合写真を撮影していません。