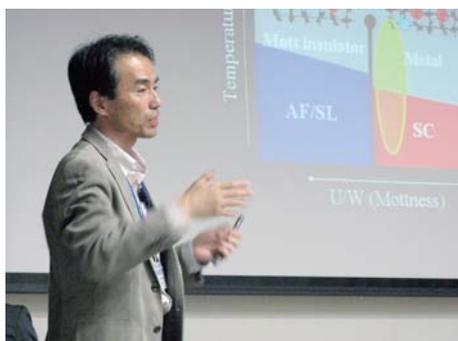


鹿野田 一司 東京大学大学院工学系研究科 教授

分子科学の重み



かのだ・かずし

- 1986年 京都大学大学院工学研究科博士課程修了
- 1986年 京都大学化学研究所研修員
- 1987年 学習院大学理学部物理学科助手
- 1991年 岡崎国立共同研究機構分子科学研究所分子集団研究系助教授
- 1997年 東京大学大学院工学系研究科助教授
- 1999年 同教授

1991年2月、分子研で面接を受けた。緊張の極致にあった私の正面で所長の井口洋夫先生が微笑まれ、ふと我に返ったことを覚えている。この時が分子研との付き合いの始まりで、1997年までの6年間お世話になった。私事に絡めて本欄のスペースを使わせていただくこと、ご容赦いただきたい。

私は大学院終了後、学習院大学の高橋利宏先生の助手、次に分子研、そして現在の東京大学と渡った。大学院では無機物の超伝導を研究していたので、学習院での4年間は分子性物質を学んだ期間、それに続く分子研での6年間は冒険をした期間と位置づけている。分子研の偉い先生方をほとんど存知上げなかったこともあり、着任後何のプレッシャーも感じることはなかった。この自由で幸せな環境にあって、なぜか冒険をせよ(していいよ)という雰囲気分子研にあり、実際、何か新しいことをしたいと思っていた。しかし考えがまとまらず半年間ぶらぶらしていた。当時の内田技術課長から、早く実験を始めんかい!と叱咤されたこともあった(彼にはすべてお見通しであった)。

さて、冒険の話。私は、分子性固体

の物性を研究しているが、学習院で関わって以来研究道具として使ってきたのがNMR。化学や生物学とはその使い方が違って、磁場を変えたり温度を変えたりして(絶対零度近くまで下げることもある)、伝導性や磁性を調べる。私は特にBEDT-TTFという分子からなる物質を研究対象としてきたが、一つの懸案があった。それまでは、分子の末端にある水素核のNMRが専らであったが、そこには伝導や磁性を担うHOMOがほとんどないので、HOMOの真っ只中にある、分子の真ん中の炭素核でNMRをやりたいかった。しかし、自然存在比で炭素の99%がNMRに使えない ^{12}C で、NMRに使える ^{13}C はたったの1%である。分子の真ん中の炭素だけを ^{13}C に置換した分子が欲しい。何人かの化学者に相談したが無理とのことだった。それには訳がある。BEDT-TTFの ^{13}C 体を作るには、二硫化炭素の ^{13}C 体、 $^{13}\text{CS}_2$ が必要であったが、日本では手に入らず、米、カナダ、あるいは仏から輸入するしかなかった。CS₂は特別な物質ではないが、その揮発性ゆえにair-forbiddenすなわち空輸が禁止され船便しか許されていない。船便とて、高価な圧壁の小型コン

テナを用意しても、出港時に貨物船の船長がノーといえればそれまでのことだった。いつになったら手に入るかわからない。アメリカ国内であれば、1/3から1/2の価格で電話すればすぐに持ってきてくれる。日本のハンデを痛感した時でもあった。

しかし、これをやろうと思った。着任当時、物理出身の中澤康浩氏(現在阪大)、化学出身の河本充司氏(現在北大)、工学出身の宮川和也氏(現在東大)のバラエティーに富む仲間が集まった。後に加わった佐藤博彦氏(現在中央大)や総研大生の開康一氏(現在学習院大)、谷口弘三氏(現在埼玉大)等、皆、分子研だからこそ集まった冒険野郎のような面々であった。河本氏が中心となって ^{13}C 置換大作戦が始まった。 $^{13}\text{CS}_2$ は10グラム程度の小瓶入りの液体なので、米国で受け取りポケットに入れて飛行機に乗ってしまえば……との筋の悪い冒険は、予算取りの際に井口先生にばれて中止。今でも研究者を続けていられる所以である。 $^{13}\text{CS}_2$ の輸入が困難なら、その原料の ^{13}C 体を輸入して国内で $^{13}\text{CS}_2$ を合成すればよい。幸いなことにCS₂はメタンから合成することができ、メタンは空輸が許

されている。その ^{13}C 置換体 $^{13}\text{CH}_4$ を輸入することにした。次の問題は、高価で少量の $^{13}\text{CH}_4$ から $^{13}\text{CS}_2$ を収率よく合成すること。これが難題であった。二硫化炭素の合成メーカーに泣きついたが、大きな化学プラントとは別世界のプロセスとのことで片っ端から断られた。何社目か覚えていないが、する思いで電話をした東レファインケミカルがやってみましょうと言ってくれ、やっと $^{13}\text{CS}_2$ の合成に行き着いた。さて、これを使つてのBEDT-TTF分子の合成であるが、物理グループである我々では手に負えないのは明らか。そこで、当時の関連領域研究系の中筋一弘先生に相談したところ、協力していただけるとのこと。助手の森田靖氏(現在阪大)には実験室の一角をお借りして、数ステップの合成を手取り足取り指導してもらい、欲しかった ^{13}C 置換BEDT-TTF分子が手に入った。中筋先生と森田氏には、協力という言葉では言い尽くせない程の労力と時間を割いていただいた。その甲斐あって、この分子を使って様々な物質を合成し、その ^{13}C NMRの実験を行うことで、それまで見えていなかった電子の振る舞いが見えるようになった。分子研を離れてからも ^{13}C NMRは私の研究の中心であり続けている。分子研という冒険を許す場、そしてそこで様々な方々との交わりがあって、今の研究がある。分子研以外ではできなかったであろう。分子研とはそういうところである。

現在私は、活力ある学生と共同研究者に恵まれて、研究をより物理寄りに向けている。そこで、ずーっと不思議に思っていることがある。なぜか、分子性物質は物理的に面白いところに必ず登場する。例えば、電荷を持っている電子はお互いに反発し合うが、これ

が強くなると金属が金属でなくなる。その狭間ぎりぎり(モット転移)にある物質が分子性物質から続々と登場する。冷やしてもスピンの揃わない量子スピン液体、質量を持たない電子、型破りの超伝導、 π 電子とd電子が絡んで起こる特異な磁性/(超)伝道現象、イオン結晶と中性結晶を移り代わる物質など、どれも物性物理学のホットなトピックスであるが、分子がその配列を変えるだけで、上の様々な状態をほら御覧なさいとばかりに物理屋に用意してくれる(物質開発のご苦労があつてのことではあるが)。どうにも不思議でならなかった。ある時、私が関わっていた新学術領域研究の領域アドバイザーであった中筋先生が、このようなことをおっしゃった、「分子性物質のポイントは、安定な階層構造の上に不安定な状態を持つことあるいは作り出すことにある」。上で述べた物理は、すべて電子系の不安定性に関係している。分子集合体の極致ともいえる生体の様々な活動は状態の時間的な変動、すなわち不安定性に源を求めることができる。想像を逞しくすれば、分子という階層構造を持つ巨視的な系は、その宿命として常に様々な不安定性を内蔵しているのではないか。私はその一端を物理という小さな窓から見ているのか。

以来私は、生物学、化学、物理学などの学問というものを超えた悠久の時間の流れの中で形づくられた分子の世界を意識するようになり、この世を科学するとでも表現したくなる重みを分子科学という言葉に感じるようになった。1950年代、赤松、井口、松永の三氏が“電気を流す”という切り口で大きな幹の中を垣間見る一つの窓を開けてくれた……今、私はその窓から幹の

中のごく一部を覗いている、でも幹は見渡すことのできない大きなもの……という感覚である。このような思いを抱くようになってから、分子性物質が見せる様々な姿を物理し、時として発散的になる不安を覚えても、分子科学というとても大きく大きな流れの中で意味のある方向に向かっている、やっていることはいずれ繋がるのだという漠然とした信念のようなものが私の中に芽生えた。その名を冠した分子科学研究所の存在は、私の心の拠り所となっている。分子研レターズNo.62で田原太平氏がおっしゃるように、分子研は、分子科学を時に応じて再定義しながら発展していくのだと思う。分子科学という計り知れない大きな幹に、その時々研究者がそれぞれに覗き込む窓を開けていく。しかし、**分子科学**という大きな幹がどのようなものを常に意識したいものである。大学の研究は個人の研究一代限りで終わる。分子科学の名を冠した分子研だけが、幾代にも続く研究の流れを見通す立場にあり、その責務があると思う。皆が頼りにする存在であり続けて欲しい。

分子研での面接からちょうど20年がたった2011年の正月明けに、井口先生のオフィスを訪ねた。国際会議の開催でご尽力いただいたお礼に伺った。二人でサンドイッチを頬張りながら研究のことや大学のことを話していると、先生からこう問いかけられた。「ある高名な生物学者が、生物は“時間”だと言っている。私は、化学は“結合”だと言う。鹿野田さん、物理は何ですか？」しばしの沈黙の後、私は苦し紛れに「対称性の破れ」ですと答え(てしまつ)た。以来、この2(+1)つの概念が頭から離れない。私にとって井口先生からの最後の言葉だった。