

分子エレクトロニクス の新展開を目指して



やまもと・ひろし

1993年東京大学理学部化学科卒、1998年同大学院理学系研究科化学専攻博士課程修了、博士（理学）取得。1998年学習院大学理学部物理学科助手、1999年理化学研究所基礎科学特別研究員、2000年同研究員、2007年同専任研究員、2012年4月より現職。2009年よりJSTさきがけ研究員（兼任）、2012年より理化学研究所客員主幹研究員（兼任）および東京工業大学連携教授（兼任）。

平成24年4月1日付で、理化学研究所から分子科学研究所に着任しました。分子研にはこれまで研究会で来る以外、あまり立ち寄る機会がなかったのですが、岡崎は住んでみるとなかなか良いところで、研究所全体の雰囲気ともども大変気に入っています。これまで物性研→（学習院）→理研→分子研と、3つの研究所を渡ってきましたが、研究所ではどこも物理・化学・工学の垣根がほとんどなく自由に学際的なことが出来るので、今回分子研に自分の研究室を持つことが出来ることになったのも、3つの分野を行き来しながら研究を進める私にとってとても幸いなことだと思っています。

私が科学者を志すようになったのは高校生のころですが、当時は物理と電気工作・コンピューターに興味があったように思います。秋葉原というとAKB48とメイドカフェが有名な昨今ですが、その当時は言わずと知れた世界一の（？）電気街で、週末になるとパーツ屋に行っては怖い店員さんの顔を窺いながら買い物をしたものです。しかし大学に入ると教養学部の小川桂一郎助手（現、東大教授）・吉村伸助手（現、

東大特任教授）の影響を受けたこともあり、化学の実験や計算も面白そうだということに気がしました。そこで理学部化学科に進学し、学部～修士課程の間は奈良坂紘一教授（現、南洋工科大学教授）の指導のもとに有機合成化学の素反応開発に挑戦しました。しかし実際にやってみると分野的に少し肌に合わないところがあり、悩んだ末に修士1年の時にはもうアカデミックは止めて就職しようと思っておりました。そんな時に博士課程行きを強く勧めて下さったのが同じ研究室の岩澤伸治助教授（現、東工大教授）です。分野を変えても良いんだから、ぜひ進学してはどうですか、というあの時のアドバイスには今でも感謝しています。

この時は進学先を探していくつかの研究室を回りましたが、最終的に当時世界初の有機強磁性体を発見された物性研の木下實教授（現、東大名誉教授）のところに進学したい旨を相談しに行きました。ところが先生はもうすぐ退官で研究室はなくなるとのこと、「代わりに加藤君のところはどうかね」と勧められたのが、分子性伝導体の分野に入るようになった経緯です。加藤礼

三助教授（現、理研主任研究員）の研究室では博士課程の3年間、新しい分子性伝導体の物質開発に取り組みました。最初の2年ほどはほとんど何の結果もありませんでしたが、非常に自由にやらせてもらえておりましたので、夜の六本木を散策しながら次の実験のことを考えつつ、なんて自分は幸せなんだろうと思ったことを覚えています。幸いにしてドクター3年目から結果が出始めまして、この時のテーマが形を変えながらずっと今につながっているように思います。当時研究室ではハロゲン結合を使った新しい伝導性分子を作るという研究がされていたのですが、私は伝導性分子ではなく、絶縁性の部分にハロゲン結合を導入するという実験をしてみました。最初は試薬屋で売っている分子を混ぜて電気分解するだけのお試し実験だったのですが、これが意外とうまく行ったので、自分で色々な分子を合成して組み合わせてみました。結晶構造が解けてみると、絶縁分子が作るネットワーク（超分子集積構造）は実に面白く、しかも絶縁分子の存在が伝導性部分の物性もきちんと制御していることが分かりました。中で

も1次元の伝導性ワイヤーを絶縁分子が被覆した構造(図1)は、構造的にも機能的にも興味深く、これからもこの系は拡張していきたいと思っています。

ドクター取得後およそ1年間、学習院大学理学部物理学科の高橋利宏教授の元で結晶成長の修業をして、翌1999年には理研に移っておられた加藤先生に再び呼んで頂きました。ほどなくして非常に近い分野で、有名なベル研による捏造事件が勃発。当時はすごい勢いで出てくるベル研の結果に、ただ圧倒されていました。同時に電界効果トランジスタ(FET)の持つ大きな可能性を認識するきっかけになりました。数年してベル研の話は誰も追試が出来ないことがだんだん分かってくると同時に、調査委員会なども立ち上がりました。自分も含めて皆騙されていたんだ、とがっかりすると共に、ベル研のデバイスでは電界誘起超伝導は無理だったけど、自分達がよく扱っている有機モット絶縁体なら同じことが出来るのではないか?という疑問が残りました。同様の観点で当時実験されていたのが、産総研の長谷川達夫博士らのグループだと思いますが、長谷川グループのデバイスの作り方や物質の選択に

は化学屋の目から見てまだ改良の余地があるように思えましたので、いつかは同じような実験をしてみようと思っていたのが2003年頃です。別のところ(Molecular Science vol.4, A0032)で書きましたので詳しいことは述べませんが、結局そうした有機モットFETの研究をする機会が、超分子ナノワイヤーの研究を通して偶然やってきました。私はその頃から合成室を出てクリーンルームでナノワイヤー微結晶作製のための微細加工を始めていたのです。やっている当時はなかなかゴールが見えなくて、何度も止めようかと思いましたが結局、この研究からいわゆるゲート基板上で分子性導体の結晶を扱う方法が分かってきました。また、サンプルを低温に下げると、有機サンプルと無機基板の熱収縮率が異なることから、通常バルク結晶と基板上の微結晶は異なる振る舞いをすることも分かりました。この辺が見えてくると、後は比較的戦略が立てやすくなります。当時いいタイミングで東邦大学から川根義高君(現、阪大助手)が外研で来てくれて大いに有機モットFETの研究が進み、超伝導にこそなりませんでしたが、トランジスタ界面で電子系の相転

移を引き起こすことができました。特にホール効果の測定によって、モットFETのON/OFFの本質は「キャリア密度ではなくキャリア移動度が変化する」ことである、と結論できたことは大きいと思っています。

以上、意図していたわけではないのですが、長い紆余曲折を経てみると結果的に、固体物理や電子デバイスという高校時代に興味を持っていたところに戻ってきたのは、何とも不思議なものだと感じる今日このごろです。今後分子研では有機超伝導トランジスタの実現とその光誘起現象への展開や、超分子ナノワイヤーの高度化に加えて、もうひとつぐらい新しいテーマを始めたいと思っています。最近の物性物理の進歩はとても速く、新しい現象や新しいデバイス作製技術が次々と出てきていますので、そうした流れをうまく利用しつつ、分子ならではの特徴あるエレクトロニクスを打ち出していきたいと思っています。

最後になりましたが、分子研着任にあたり、大峯巖所長、小杉信博先生、横山利彦先生をはじめ、所内外の多くの方々にお世話になりました。この場を借りて、篤く御礼申し上げます。

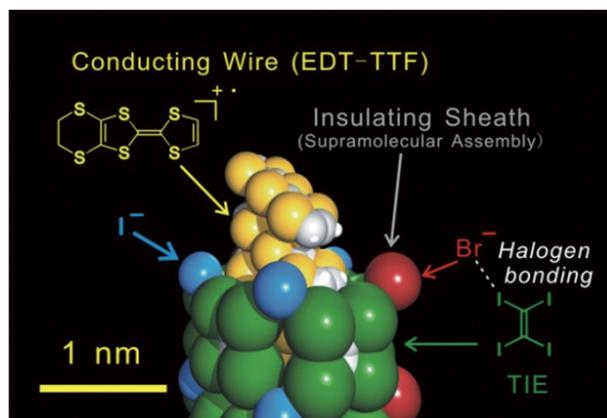


図1 超分子ナノワイヤーの結晶構造。真ん中の黄色いところが伝導分子のワイヤーで、周囲の緑色の部分が絶縁被覆になっている。