

## 鈴木敏法教授インタビュー

日時：2008.07.28(Mon)10:00-12:00

訪問先：理化学研究所 (物質科学研究棟 S406 号室)

インタビューア：中川正広、佐藤勝昭

研究課題：超高速画像分光法による化学反応の可視化

---



Q: さきがけの追跡評価のためにきました。お忙しいところお時間取っていただき有り難うございます。先日、総括の国府田先生やアドバイザーの先生方の集まりで、訪問先として鈴木先生を含む 6 名の研究者を推薦されました。さきがけ終了後の研究展開について昨年度追跡調査をさせていただきましたが、本日はその調査結果に基づいて、先生の研究の状況をお伺いしに参りました。先生は、いくつかの異なった研究をしておられますが、さきがけに関連したものと、以後にスタートされたものがありますが、さきがけでの研究課題は、「さきがけ」をきっかけに始められたものでしょうか？

A: 私は、複数のテーマをもって研究をすすめて来ましたが、「さきがけ」のテーマは、そのときスタートした研究で、今も続けてやっているテーマです。化学反応をダイナミックに可視化しようというこのテーマは、最初から、さきがけの 3 年でできるのかという大きなテーマでした。案の定、3 年では道半ばで、SORST に取り上げていただき、そのテーマのまま 3 年延長して、発展させることができました。

Q: 終了後は科研費などで引き続いて研究されているのですね。

A: さきがけの同期には、そのあと CREST に発展した方もおりますが、私の方は、応募できる適切なテーマがなく、科研費に応募してきました。最近、CREST にも私の応募できる領域ができたので、現在応募しています。

### さきがけだからできたチャレンジングな研究

Q: さきがけに採択された当時のご所属は？

A: 分子研の助教授でした。

Q: 先生のご研究は、当時としてはすごくリスクでチャレンジングな研究でしたね。

A: そうです。これは本当にチャレンジで、未だに追究しているテーマです。わたしは、少し大きなことを狙ってやろうということで提案し、さきがけに採択されましたが、国府田先生の方針に勇気づけられました。先生は、「何人かうまくヒットすればよい。うまくいなくても大きなことをやれ」とおっしゃっていました。

Q: 振り返ってみて、さきがけのよさはどんなところにあったのでしょうか？

A: 私は、さきがけは研究者養成の場だと思います。いろんな分野から野心的な人が集まって、総括・アドバイザーと研究者が話し合うような場は、科研費にはありません。私は、化学系なので、物性の方と会う機会は、ほかではありません。また、当時の経理がよかったですね。めんどろなことを JST の方がすべてやっていただけたので、研究者のロードがほとんどありませんでした。今は委託になったようですが、研究者としては、前のほうが絶対によかったと思います。

## 化学反応の素過程を見る研究について

Q: 私たちは、今日お伺いする前にわか勉強で、日本物理学会誌に先生がお書きになった解説を読ませていただきました。真空中での NO 分子の反応の超高速光電子イメージングについてわかりやすくお書きになっていたのですが、正直言って、真空中での観測がどのように普通の化学反応を解明することにつながるのか、よくわかりませんでした。そこのところを教えていただけませんか。

A: わたしが狙ったのは、まさにそのこと（液中の反応）なのです。普通化学反応は液体中で起きます。「溶媒効果」といって、化学反応は溶媒が水であるかアルコールであるかアセトンであるかによって大きく影響されます。これは、反応にあずかる電子の分布が、溶媒の極性分子によって大きく影響を受けることから来ています。電子の動きが、すべての反応の駆動力になっています。しかし、溶媒中の分子の電子分布の様子を直接見た人はいないのです。「さきがけ」では、真空チェンバー内に、電子がその中を通り抜けるような小さな液滴を作って、化学反応の動的な素過程を光電子によって観測しようということを提案したわけです。しかし、よほど小さな液滴でないとう光電子は取り出せません。真空中に液体を射出して微小な液滴をつくる技術から確立していく必要がありました。これについては、いまだに頑張っているわけです。現在では、20nm 位の液滴は作れるようになりました。

Q: 液体の中での化学反応の観測にまで行くのは、先の話なのですね。

A: 最先端で、遠大です。やれるかやれないか。しかし、やらなければならない。水は生命現象の基礎です。従って、水の中の反応を明らかにするというテーマ自体としての価値は悩む必要がありません。成功は、これからです。Spring-8 で X 線自由電子レーザーの計画が進んでいます。3 年後を目指しています。液体における電子状態のシミュレーションもペタフロップスコンピュータによって可能になりつつあります。研究を先取りしてやっているうちに、そういう道具が後からそろってきたという感じです。

Q: 化学反応は揺らぎが関係する確率的なものと思うのですが、先生の電子論は何か決定論的な感じがするのですが。

A: 現象論的には、化学反応はポテンシャルの山があつてそれを熱的揺らぎによって超えると考えられるわけですが、これまでのアプローチでは、「そこに山がある」というだけで、その電子状態はシミュレーションでしかわからない。振動周波数などで間接的に見ているだけです。山のもとになっている電子状態を直接観察することが必要なのです。

## X 線自由電子レーザーが出来ると液体中の反応の過程も直接見ることが出来る

Q: X 線レーザーを使うと、どんなメリットがあるのですか。

A: 表面からどのくらいの深さから電子を取り出せるかは、当てる電磁波のエネルギーに依存していて、あるエネルギーでミニマムをとり、それより高エネルギー側でも低エネルギー側でも増加します。エネルギーの高い X 線だと表面からかなり深いところから取り出せるのです。20nm の液滴でなくても 20 $\mu$ m の層流からでも電子が取り出せるでしょう。

Q: X 線光電子だと、コアの電子状態ですね。それでも化学反応をモニタできるのですか。

A: スウェーデンのノーベル賞学者のシーグバーンが ESCA を開発しましたが、コア状態でもケミカルシフトを受けていることがわかっています。ただ、これまでの研究は、スタティックでしたが、私たちの研究だとポンププローブ法によってダイナミックに測定することができるのです。レーザーで反応をトリガーして、時々刻々変化するところのスナップショットが撮れるのです。

## ナノの水滴を作る技術は生命現象の解明にも役立つ

Q: 真空中の 10-20 nm という小さな水滴は、本当に液体なのですか？

A: 液体にも固体（氷）にもできます。液体といっても過冷却状態にある液体であることが赤外吸収から明らかになっています。タンパク質の近傍第 1 層にある水は秩序構造をとれません。結合水というゆるゆるの状態です。水は生命現象に深く関わっており、部分的な構造を解きほぐしていくことで、全体像にせまろうとしています。

Q: 先生が開発された「ナノサイズの液滴を真空中にスプレーする技術」は特許申請しておられますね。

A: SORST が終わるときに、技術参事の田村さんが特許を出しなさいと言うのでだしましたが、私にとっては唯一の特許です。この技術は、さらに研究を進めていますが、内燃機関に関連していて、米国で軍事研究としてやられているらしいのですが、オープンになっていない。一からやらざるを得なかったのです。この点についてはもっと専門家と協力すべきではないかとのコメントを頂きました。

## 分析機器として世界最高水準にあと一步

Q: 先生が開発された実験手段からの派生技術はありますか。

A: 私は、純粋に研究を志向してきました。あまり、実用とかは考えませんでした。液体の微粒子化は JST と理研で特許にしたのですが・・・私の使っている装置は、研究手段としては画期的なものです。

Q: 海外に同様の技術はあるのですか。

A: 光電子分光はスウェーデンに技術がありますが、分解能は 1-1.5meV と高いのですが電子収率が 0.1% と悪いのです。私たちの装置は画像を観測するためにもっと高感度な技術が必要で、100%の収率になっています。ただ、分解能が劣るのです。

Q: 時間分解能はどこまで達成しているのですか。

A: レーザパルスが 15fs なのでポンププローブ法で決まっており 25 fs です。

Q: そのような短パルスを、市販の再生増幅器と OPO の組合せで実現しているのですか。

A: いや、キャピラリー法で自己位相変調を使って実現しています。観測するためのカメラも独自に開発しています。

## ユニークなので、世界的にライバルがない。

Q: 先生と同様の研究をしておられる海外の研究者は無いのですか？

A: 時間分解光電子分光は何カ所かありますが、化学反応を直接見ようというのは、私たちのオリジナルです。他にやっている人はありません。国内で、私は IBM 科学賞などいくつかの賞を受けています。海外からも Review を依頼されていますので、それなりに一定の地位を確保していると思います。

Q: この分野を開かれたというわけですね。ご自身がリーダーとなって、シンポジウムを主催したりはなさらないのですか。

A: いまのところ、そこまでやる気持ちはありません。

## 「さきがけ」に加わったことで、得られたもの

Q: さきがけ研究に加わったことによって先生が研究を進める上で得るものがありましたか？

A: さきがけで何を議論したかより、さきがけに採択された人そのものが刺激的でした。こんなことを真剣に考えてやっている人がいるんだと。いい人を集めたと思います。

Q: 国府田先生の研究総括としての運営は、どうだったのですか。

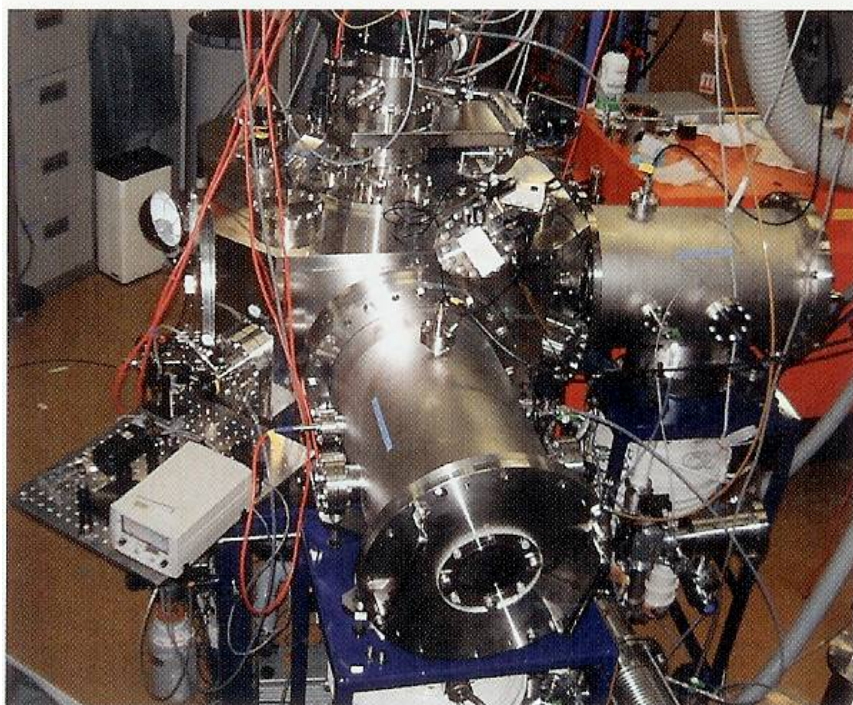
A: 先生はいつも「何人かさえうまくいけばよい。若い研究者が2-3年で成果が出るわけがない。2-3年でまとまることを考えてはいけない。」とおっしゃっていました。総括の度量が重要だと思います。

### さきがけ以降の研究

Q: さきがけ以降の研究で、さきがけとは独立に行われた研究はどれですか。

A: 「交差分子線散乱イメージング」の実験は、さきがけとは独立に科研費特別推進で行った研究です。詳しくは、理研ニュース 2008年 No.3 を読んで下さい。

I: インタビューにおつきあいいただき有り難うございました。



**図1 交差分子線散乱イメージング装置**

二つの筒状の部分で原子や分子の細いガスの流れ(超音速分子線)を発生させ、それを交差させて化学反応を引き起こす。生成された分子にレーザーを当ててイオン化し、電圧をかけスクリーンに衝突させて画像化する。レーザーの波長を選ぶと、特定の振動・回転状態の分子だけをイオン化して画像化することができる。