

# Save The Earth by Global Conservation

News Letter vol. 10

2010年3月31日発行

## 分野を超えて生命を考える



特別対談

Prof. Kasai Toshio

笠井 俊夫 教授

Prof. Watarai Hitoshi

渡會 仁 教授

### オリジナルの研究を

**渡會：**これまでで印象に残っている研究は、先ほどお話した溶媒抽出の反応は界面で起きていることを実証できた\*というものですね。それまでは、まったくのモノマネ研究だった。あれ以来、モノマネでないオリジナルな研究ができるようになったと思います。

**笠井：**僕はテキサスにあるライス大学で1年半ほどポスドクをやっていたことがあります。ブルックス先生というものすごく立派な方がいらっやって、今使っているテクニックは、その方に教わりました。ポスドクの任期が終わる頃に「君、次は何をやりたいんだ」と言われて、僕はイオン分子反応で立体ダイナミクスを調べたいと言ったんですよ。ところが、それは実験的にもものすごく難しいんです。そこで僕は分子から電子に切り替えました。電子はものすごく速いスピードで動いているので、粒子のように見なすことができるからよかったんです。それで、塩化メチルという物質に電子をぶつけると、イオン化が起きて $\text{CH}_3\text{Cl}^+$ という親のイオンができるんですね。そのときに電子を分子のどちら側からぶつけるかで、反応速度が違うということを、実験的に証明しました。これは、オリジナリティという面で記憶に残っています。自分でも、おもしろいことができたかな、と思いますね。

### 常識は覆される？

**渡會：**僕が学生のときに関心を持っていたのは、「分子は動いている」ということです。現在は液体の中でも、分子は動いていると考えられていますよね。だけど、当時は化学のどの授業を聴いていても、分子が動いているということに根ざしたものはなくてひとつもなかった。まだそれがわかっていなかったから、当然なんですけれど、でも、学生はそんなこと知りませんよね。この分野っていうのはこういことになっているんだ、と仕込まれる。でも本当はまだその理論なり概念なりが完成していないからそういう授業になっているだけであって、本来は「分子は動いている」ということに基づいていなければならなかったんです。そう考えると、今学生に教えていることも誠に未完成なものであるわけで、学生にはこれでやっていくんだって思わせてしまっているわけですね。

**笠井：**僕はずっと分子の構造や反応に興味を持っていました。分子の衝突の仕方の例として、こんな話があります。溶液中で $\text{Cl}^-$ と $\text{CH}_3\text{I}$ が反応するとき、 $\text{Cl}^-$ がメチル基の方から接近して来て、メチル基の3つのHがばたんと、反対にひっくり返ってと $\text{Cl}$ がI原子と置き換わるんですよ。この説にはさまざまな間接的証拠があり、必ずメチル基側からやって来る。とても有名な話です。



分子情報化学グループ

**笠井 俊夫** KASAI TOSHIO

理学研究科化学専攻・教授

分子ビーム立体ダイナミクス解明と表面反応制御

## 研究紹介

化学反応の分野でも、「ステレオダイナミクス」または「立体ダイナミクス」という分野が笠井教授の専門。普段、分子は元素記号を用いた平面の構造式で表されるが、実際は立体構造を有している。化学反応では、時間の経過とともに立体の分子構造が変化していくが、その様子を写真のコマ撮りのように追跡して解明しようという考え方。化学反応を解明する研究は以前より行われてきた。現在の研究者が目指すのは、反応を予想し、コントロールすることだ。笠井教授も、化学反応速度をコントロールしたいと考えている。

そこで笠井教授が行っているのが、反応時に分子がぶつかる方向を制御するというもの。分子同士がぶつかる部位によって反応の速度が異なるため、反応速度を上げたいときは最も反応速度の速い部位を選んで衝突させてやればよい。これが、「触媒なき触媒反応」と呼ばれる単一分子触媒の効果だ。反応系に関係のない化合物である触媒を投入しなくとも、反応速度が速くなる。

また、合成化学ではさまざまな化合物を混合して新しい化合物を作り出すが、目的の化合物のみができるわけではない。現実には、AとBを混合してCという化合物を作りたいと思っても、副産物のDやEも生成される。すると、C、D、Eの混合物の中からCのみを分離・精製するというプロセスが必要になってしまうのだ。しかし、反応の時点で生成物を選ぶことができればそれは必要なくなる。このケースも、分子を配向することによって、目的の化合物のみが生成されるようにコントロールすることが可能だ。

実際は動き回っている分子をコントロールするのは容易ではない。笠井教授は、六極電場や磁場を用い、真空中で少数の分子の配向を行うことに成功している。化学反応の多くは溶液中で起こるが、反応に溶媒の影響が出ない真空中でこれを行っているのが特徴だ。

ところが、2008年の『Science』に発表された論文で2009年に最もよく引用された研究によって、その説は訂正されたのです。真空中でモレキュラービームを使い、分子がどういうふう飛び散るかをイメージした結果が載っていました。まずメチル基に近づいて来て、それがきっかけでメチル基がコマのように回ってぶつかったところで結合するということを実験で証明したのです。これは、有機合成化学など関連している研究者はみんな読んでいたはずなので、驚いたでしょうね。まだわからないいろいろなことが、実は教科書には常識的にこうであるともっともらしく書いてあることもあるかもしれないということです。

## 分野を超えた関心をエネルギーにして

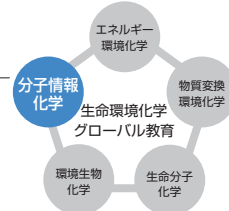
**渡會**：研究は、考え方のうえで独立する必要がありますね。お金は先に持っていなくてもいい。とにかく考える時間があって、自分の考えにこだわってそれをずっと考え続けることです。

専門家を育てるのは大事なんですが、その専門だけで考えていこうとすると次が開けないんです。これはどの分野でもいわれています。たとえば、生物の問題もいわゆる物理でやった方がいいのかもしれないし、われわれは化学だけでも、本当は電気でする方がいいのかもしれない。そういうふうに、分野を超えて知識を何でも使おうという発想がきっと大事だと思うんです。世界が分野に分かれているんじゃないで、人間が勝手に分けているだけなんですよ。若い人がサイエンスを志すときには、そんな分野なんて考えてないはずで、もっと素朴な関心から始まっているはずなんです。だから、最初に自分が関心を持ったことにこだわることをしてほしいと思います。

**笠井**：多くの専門分野に細分化されてしまっているのは、やはり問題ですね。先日テレビで魯山人の話をしていました。大胆な図柄を描く人なんですが、いろいろチャレンジをする人なのだそうです。焼き物の専門家に言わせると、ある意味で素人っぽい絵やデザインのときもある。その一方で、素人であるが故にプロフェッショナルを超えられることもあるのだとも言っていました。つまり、あまり自分の専門に入りすぎていると新しいものを見られない可能性があるということではないでしょうか。そういうことは、これからのサイエンスできっとある。

**渡會**：本当に、サイエンスへの関心というのは分野とはあまり関係ないもので、やりたいようにやるというのでよいと思います。今、僕が関心を持っているのは化学で「力」をどう使うか。化学の中にあまり力つ





て出てこないんですよ。化学の中で出てくる力っていうと結合力ですが、結合力はエンタルピーなんですよ、実は。そうすると、エンタルピーと力は違うんじゃないか……と。でも化学の中でも力が作用しているはずだから、そういう概念を持ち込んでいきたいですね。化学の中にもやっぱり物理の要素はある、というのが今の感想ですね。

**笠井：**だから今の学生には、渡會先生がおっしゃったように専門外のいろんなことに関心を持ってほしいですね。本を読んでも、美術館に行ってもいいです。僕も大学院で素粒子の授業を聞きに行くことがありましたが、結局それも役に立っています。そういう機会が、これから余計に必要なと思うんです。ところが今の学生は、時間がなくて他の勉強をするひますらないという感じですね。僕らのときには単位数ももっと少なかったから、空いている時間に生物の講義に行ったり、数学の方に顔を出したり。このGCOEではそういう分野の交流ができたことはすごくプラスだと思います。学生たちが、領域を超えて考え方を学ぶ。そうしたらますます素晴らしいのかな。



**渡會：**私たちの世代は、まだ教養教育でした。弊害があるともいわれていますが、あれは必要だと思いますね。サイエンスをやるうえで、「サイエンスとは何か」ということを考える時期が必要なんです。サイエンスは思想。そこが大学と専門学校との違いで、サイエンスをする技術だけを取得するだけでは足りないのではないかと。どうしてサイエンスをやっている食べていけるのでしょうか。サイエンスという思想はいたい何なのかを自分でちゃんと考える、そのための教育が必要なんです。かつての教養課程は、その素材を提供していたと思います。ドイツ語も、ドイツ思想などの専門の人が授業をしていましたし、さまざまな面で「考える機会」が与えられていたと思いますね。

そういう機会を、今の学生は失ってしまっているのかもしれない。ある授業で、学生にサイエンスの3要素を訊ねたんです。まずはエネルギー、もうひとつは時間、3つめは何でしょう、と。すると、いろいろな答えが出てくる。愛、努力、経験、お金……。答えは何でもいいのですが、それを自分なりに考え続けられないといけない。

生物は、なぜ動かなければならないのでしょうか。たとえば、普通はエサをとるためとかもっともらしい説明をしますね。でも、違うんじゃないかと思うんです。動くということ自体が、分子を活性化しているんだなあ、と。生き物は、動くために力を使うけど、使った力がたぶんその生物にフィードバックされているんなところの化学結合を活性化しているのではないかと。だからそういうことがひとつの生命のしかけになっているんじゃないかな。このGCOEは、生命そのものを考える機会にしてほしいと思います。

【文・磯貝 里子 株式会社リバネス】



分子情報化学グループ

**渡會 仁** WATARAI HITOSHI

理学研究科化学専攻・教授

液液界面ナノ化学と微小作用場化学

## 研究紹介

専門は分析化学・分離化学。特に、水と油(有機溶媒)が作る液液界面に着目して研究を行っている。たとえば、研究でも工業的にもよく行われる溶媒抽出法。抽出試薬が溶けている有機溶媒相と抽出したい金属イオンが溶けている水相を振り混ぜて、金属イオンを有機溶媒側に溶かし込む。抽出効率ももちろん重要だが、当時工業的に重要な意味を持つようになっていたのは抽出速度だった。何時間もかかっていたのはコストに見合わないからだ。

渡會教授がこの抽出速度について研究を始める少し前の1964年頃、金属イオンと抽出試薬の反応は水相で起きているという論文が出た。著者はその分野で非常に有名な人物で、皆その反応機構を支持していたのだが、分野全体の研究が進むにつれて矛盾が現れるようになった。しかし、その原因は誰にもわからなかった。たまたまその著者のもとを訪れる機会に恵まれた渡會教授は、そこで最終的に、水相ではなく界面で反応が起きていることを実証。これがきっかけで、液液界面の研究を行うようになった。

液液界面はたった1nm。渡會教授は、この狭い範囲で起きている反応の測定方法の開発を行ってきた。現在、最もおもしろいと渡會教授が話すのは、界面の磁化率の測定だ。

磁化率には、磁石にくっつく常磁性と反発する反磁性がある。有機物はほとんど反磁性だが、物質によって差がある。たとえば、非常に強い反磁性をもつ水の中に、反磁性だが水ほどは強くないトルエンの液滴があると。そこに磁石を近づけると、反磁性の差によって、反磁性にもかかわらずトルエンが磁石に引き寄せられていくのだ。液滴が小さければ小さいほど、界面の性質が液滴の性質を支配し、磁気勾配をかけると反磁性の液滴がさまざまな挙動を示すようになる。このように、磁化率を利用することによって化合物を分離することができるのだ。



International Symposium on Bio-Environmental Chemistry

# グローバルCOE国際シンポジウム報告

<GCOE拠点リーダー> 福住 俊一

日時：2009年12月19日(sat)～20日(sun)

会場：ホテル阪急エキスポパーク

## カリフォルニア大学バークレー校、ローレンス・バークレー国立研究所との連携強化に向けて



シンポジウムの参加者

大阪大学グローバルCOE「生命環境化学グローバル教育研究拠点」では、資源の乏しい日本にとって最重要課題である地球環境・資源エネルギー問題の根本的解決を図る革新的な先端科学技術を創製し、かつその基本理念と成果を次世代に継承発展させるため、グローバルな視点から物質と生命との関わりを重視した地球環境化学に関する世界トップレベルの教育研究拠点を形成することを目的としている。一方、米国ではエネルギー省(DOE)が、「太陽エネルギー変換技術の開発」を長期目標に掲げたHELIOSプロジェクトを推進している。全米科学財団(NSF)においても、The Powering the Planet Center for Chemical Innovation(CCI Solar)計画の基、カリフォルニア工科大学、マサチューセッツ工科大学を中心に全米の太陽エネルギー化学関連の主要研究

者が連携して、太陽エネルギーを用いて水から水素を製造するプロセス開発研究を行っている。究極の目的は我々の「生命環境化学グローバル教育研究拠点」と同じであるので、2008年12月8～10日に米国サンフランシスコ、Milton Marks Conference Centerにおいて、「生命環境化学グローバル教育研究拠点」、HELIOS、CCI Solarの主要研究者が初めて一同に会し、大阪大学フォーラムを実施した。参加者は、これらの大学、研究機関を中心に、約120名にのぼり、活発な質疑応答と熱心な議論が行われた。会議の終了後、HELIOSプロジェクト拠点である、カリフォルニア大学バークレー校を訪問し、生命環境化学グローバル教育研究拠点との連携の強化を図った。その際、生命環境化学グローバル教育研究拠点、カリフォルニア大学バークレー校、ローレンス・バークレー国立研究所とのジョイントシンポジウムを大阪で開催することを要請された。

この要請を受けて、2009年12月19～20日に、ホテル阪急エキスポパークにおいて、大阪大学グローバルCOE「生命環境化学グローバル教育研究拠点」の国際シンポジウムを開催した。この組織委員は、カリフォルニア大学バークレー校を訪問した、福住、神戸、真島、茶谷教授の4名である。カリフォルニア大学バークレー校、ローレンス・バークレー国立研究所からは、5名のPI(Heinz Frei, Jeffrey R. Long, John Arnold, T. Don Tilley, Christopher J. Chang)と5名の若手研究者(Walter W. Weare, Kenji Sumida, Henry S. La

Pierre, Timothy C. Davenport, William H. Harman)を招聘した。生命環境化学グローバル教育研究拠点からも、PIだけでなく大学院学生を含む若手研究者が参加し、2日間にわたり、講演及び活発な質疑応答と熱心な議論が行われた。このシンポジウムは公開としたため、同じ場所で開催された別の国際シンポジウムの外国人招待講演者も参加し、参加者数は100名にのぼった。

シンポジウムは福住によるOpening Remarksの後、Helios Solar Energy Research CenterのDeputy DirectorであるHeinz Frei教授の講演から始まった。題目は“All-Inorganic Photocatalytic Assemblies in Nanoporous Silica Scaffold for Artificial Photosynthesis”であり、Helios プロジェクトの最新の研究成果を知ることができた。続いて、この研究を実際に行った博士研究員であるWalter W. Weare博士の講演があり、実験の詳細を知ることができた。これ以降も外国人PIの講演とそれを実



懇親会場にて(左からFrei教授、福住教授)

際に行った若手研究者の講演をセットにしたので、お互いの理解をより深めることができた。大阪大学側もPIと若手研究者を組み合わせで講演を行った。PIは菊地、平尾、林、青島、今中、渡會教授、若手研究者は高島、田原、鳶巣、津田、高井、南、金子、喜多が講演を行い、本拠点の研究レベルの高さを大いにアピールした。1日目の最後には、懇親会を開催し、アメリカ人招待者と大阪大学のPI及び若手研究者が大いに交流を深めることができた。2日目の最後は原田教授がClosing Remarksを述べて2日間のシンポジウムが終了した。

シンポジウムが終わって感じたのは本拠点の若手研究者の成長ぶりである。シンポジウムの冒頭に若手研究者が積極的に質疑応答に参加するよう呼びかけた。それに応じて大阪大学の大学院学生が積極的に質問をして、シンポジウムを盛り上げてくれた。アメリカの若手研究者に比べると質問回数はむしろ日本人学生の方が多かった。その質問内容も的確なものであった。講

演に対する質疑応答を適切に取り仕切っていただいた司会の先生方(松村、渡會、三浦、真島、井上、宇山教授)に感謝したい。これまで生命環境化学グローバル教育研究拠点では、若手育成のために様々な国際化プログラムを実施してきたが、その成果が着実に上がっていると確信した。

最後に、このシンポジウムの準備、運営に尽力された事務局及び研究室のスタッフ、学生諸君に感謝致します。

voice

### 参加者の私感あれこれ・・・

▶英語での講演はどれだけ準備していても緊張します。そんな時、欧米人が得意とするようなジョークで笑いがとれれば、緊張もほぐれるのですが、なかなか容易ではありません。今回、ある学生さんが「Thank you for your attention.」から講演を始めることで会場を笑いの渦に巻き込んでいたことが印象的でした。もちろん、その後の彼の講演がすばらしかったことは言うまでもありません。

▶国際シンポジウムとしては比較的小さな規模でしたが、外国人参加者の割合が多だけでなく、講演内容のレベルも高く、大いに刺激を受けるとともに、オーガナイザーの先生方の強い意気込みを感じることができました。もっとも、私には刺激が強すぎたようで、会場まで自転車で来たのを忘れて、徒歩で家路についてしまいました・・・。

▶今回シンポジウムに参加させて頂き、日々、自身の研究分野にはない発表が何え、大変勉強になりました。特に田原 一邦先生の研究発表には、まずその美しさ到大変感銘を受け、さらに作成方法についても参考になりました。また、発表した学生の研究が大阪大学の化学分野だけでなく、世界でもトップクラスの研究内容で、大いに刺激になりました。



Tilley教授による講演の様子



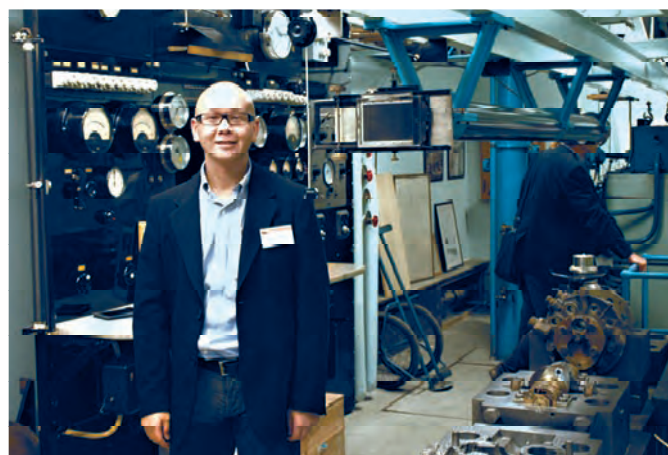
# GCOE若手支援事業派遣報告



## 科学の歴史を感じたウプサラ滞在

この度、GCOEの支援を受けて、スウェーデンのウプサラで開催されたスベドベリ生誕125周年記念・第18回超遠心分析国際合同シンポジウムに参加した。ウプサラはストックホルムから電車で約1時間の場所にある大学町で、その中心にあるウプサラ大学は1477年に創立された北欧最古の大学である。スベドベリ(Theodor Svedberg)は、超遠心分析法を開発したスウェーデンの物理化学者で、100万Gにも及ぶ超遠心力を溶液に加えることで、金コロイドなどの微小粒子の形状や分散状態の解析を実現した。1926年には、「分散系に関する研究」によりノーベル化学賞を受賞している。なお、沈降係数の単位であるSはスベドベリの名に因んでおり、沈降(Sedimentation)の頭文字のSではない。ウプサラ大学には分析用超遠心機の博物館があり、スベドベリが製作した分析用超遠心機が保管されている。幸いにも、シンポジウム開催期間中に当時の装置を見学することが出来た。70年以上前に製作された装置であるにも関わらず、完成度が極めて高く、さらに保管状態が良好であった。スベドベリの技術を生かして1946年から米国の企業(ベックマン・コールター社)により分析用超遠心機が販売されているが、やはり超遠心分析の故郷はウプサラであると感じた瞬間であった。なお、分離用超遠心機は分析用超遠心機よりも後に開発された装置であり、もともと「超遠心機」とは分析用超遠心機のことを意味したと聞いている。

日本からのシンポジウム参加は私を含め3名であったが、欧米からは100名近くが参加した。もちろん地理的な理由もあると思うが、



スベドベリが製作した超遠心分析装置の前で

欧米における研究の裾野の広さを痛感した。

超遠心分析法を用いた蛋白質の溶液物性研究は、私が装置開発や解析手法の開発を含め15年以上取り組んできた研究であり、今回のシンポジウムでは近年行っている質量分析と超遠心分析データの数値解析を組み合わせた研究例を発表した。具体的には、溶液中において複数の成分が共存する状況で各成分の分子形状と分子量を同時に求めた研究発表を行った。複合体の質量分析や数値解析を駆使した超遠心分析が比較的新しい技術だったこともあり、発表後の質疑は大変盛り上がり、好評を得た。加えて、研究室の大学院生もシンポジウムに参加し、抗体医薬の凝集性についてポスター発表を行った。私もその発表に立ち会ったが、抗体医薬の凝集性解析は欧米の研究者が積極的に力を入れている分野であったこともあり多くの質問を受けた。

滞在中に、大学から10分程度場所にあるリンネ博物館を訪問した。リンネは、「分類学の父」と呼ばれており、ダーウィンより100年近く前に世界中の生物を集め分類学の基礎を築いたウプサラ大学出身の18世紀の科学者である。リンネはスウェーデンで最もよく知られた科学者とのことで、スウェーデンの100クローネ紙幣(1クローネは約13円)には、リンネの肖像画とリンネが描いた植物や昆虫の写生画が印刷されている。更に、セルシウスやオングストロームといった今日の科学の基礎を築いた科学者もウプサラ大学の出身であり、そういった方々の名前を冠した研究所を見る度にウプサラにおける科学の歴史の深さを感じた。

今回の参加では、以前からお互いに論文等で名前は知っていたものの、実際に会うことが無かった研究者と知り合うことができた。更に、私の発表を聞いた方からゴードンカンファレンスへの参加の誘いを受け、2010年初頭には発表を行うことが出来た。現在ではインターネットが発達し様々な情報が入手できるが、サイエンスの最新情報はインターネットでは入手できない。やはり国際学会への参加が、情報交流やサイエンスのトレンドを知るためには不可欠である。今回はウプサラでのシンポジウム参加に加え、スペインビルバオのCICBioguneとロンドン大学化学科での研究科主催セミナーにおいて研究発表を行い、更に各国の研究者と研究交流を深めることが出来た。最後に、このような今回の学会およびセミナー参加に際してご支援頂いたGCOEの若手プログラムに心より感謝する。