

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：フェムト秒光電子画像観測法による溶液反応の研究

2. 研究代表者：鈴木 俊法（理化学研究所中央研究所 主任研究員）

3. 研究概要：

化学反応途上での分子内の電子運動の高速な変化を捉えるために、さきがけ時代を通してフェムト秒光電子イメージング法を開発してきた。この方法は世界に類例のない独創的な化学反応追跡法であり、SORSTではこの手法を溶液化学の研究に適用しようという目標を掲げた。この場合、溶液中での光電子の平均自由行程が10nm程度であるということから、ナノスケールの液滴を大きさを揃えて形成し、可能であれば温度制御して試料としなければならない。また将来的に生体分子の研究を視野に入れるならば、液滴生成時に液体を高温にすることは避けねばならない。本研究では中性の分子を液体から直接真空中に液滴として取り出す方法論を開発して、液体の光電子イメージングを行うことを狙っている。

核心部分である液滴発生装置に関しては、様々な試行錯誤や研究の成果として、金属ディスクを用いる方法とネブライザを用いる方法の2つに絞られてきた。後者に関しては、液体噴霧ノズルとネブライザノズルを一体的に製作し、ネブライザーガスを衝突させることで噴霧の安定が見られた。

一方、装置全体に関しては、既存の気体分子測定システムを液体分子測定に切り替える必要があり、四重極・八重極・四重極のトリプルマスシステムの調整を行っている。平成16年度後期には、液滴噴霧ノズルと質量分析器とが一体となって動作する予定になっている。

結果の概要を示す。

(1) 液滴噴霧法の開発

数多くの試行錯誤の結果、前述したように非常に良い方向が得られた。すなわち、純液体流と高圧気体（ネブライザーガス）を用いる方法で、噴射の安定化が達成された。この方法で生成した水の液滴は質量で12,000、直径約10nmのものであり、世界初の観測結果である。

(2) 質量分析法

さきがけ研究時代に、質量分析器1台を既に購入していたが、試料となる液滴を質量分析した後、気体セル内で温度を一定にし、再度温度制御された液滴を質量選別するために、さらに2つの質量分析器が必要となった。気体セルには、イオンを逃さないための八重極型を、2段目の質量選別には四重極を採用した。これらを納める真空装置を新規設計し、全体を組み上げた。質量分析器自体の動作確認は終わっている。

(3) その他特記事項

2004年 International Symposium on Free Radicals から Broida Prize 受賞。これはフリーラジカル（遊離基分子）の分光と反応に関する国際会議の中で、最も優れた成果をあげた40代の研究者に贈られる賞である。本研究代表者は日本人として初めてこれを受賞した。(2004年台湾で受賞)

4. 中間評価結果

4-1 研究の進捗状況と今後の見込み

さきがけ研究期間で完成に至らなかった「液滴噴霧ノズル」の技術的問題の解決に挑み、2年間の多大な努力によって、直径が10nmの液体（水）を安定的に作り出すことに成功した。これは液体の本質を解明する意味でも、また本研究の目的以外にも利用価値が出てくると思われる成果である。例えば溶液から直接に電子デバイスを作製するプロセスが現在研究されているが、そこに対しても有益な情報を提供できると思われる。「さきがけ研究からの継続・発展」研究として、きわめて望ましい展開となっている。

今後は微小液滴の温度の問題が明らかになり、最終的にはその中で起こる反応の様子が可視化される成果が期待される。基礎工学からタンパク質などの生物科学へと応用展開ができ、定量的解析が可能となれば、世界的な水準の研究となろう。

4-2 研究成果の現状と今後の見込み

最大の成果は、内外の研究を通して前例を見ない短パルス液滴ジェット噴霧法という、ウルトラC級の高度技術を用い、直径が10nm程度の超微小液滴を確実に作り出し、選別する方法を発想してこれを装置化したことである。つぎに温度制御に関するアイデア実現のための実験が進められること、さらにその溶液中で起こる現象をフェムト秒レーザーによって可視化する手段を既に確立していることが挙げられる。これらは全てオリジナルな研究であるとともに科学的、工学的にも極めてレベルが高く、応用面への展開も期待できる。

本研究者の問題意識は、これまで溶液化学、光反応化学に関する基礎科学に新しい展開をもたらすことにあったが、その科学的・技術的インパクトは、基礎科学にとどまらず、メゾスコピック材料に関わる多くの工学、生物学分野に及ぶ可能性がある。

4-3 総合的評価

本研究の水準は、きわめて高い。それは未踏ジャンルを開拓したこととともに、本研究の進展に伴い明らかになるであろうサブミクロン・サイズの液滴（特に水滴）の物性の解明が、従来にはない新規な研究領域の開拓につながる可能性を持つからである。たとえば、これらの微小液滴状態は、液相と気相の境界にある。不安定な物質相として、天然現象や生体内現象でも重要な役割を果たしていると考えられるが、その詳細はほとんど知られて

いない。本研究によってこれらの多くの未踏分野の問題解明の端緒が得られる可能性があり、今後の速やかな研究成果の達成が待たれる状況にあるので、一年継続の価値は極めて高い。