

量子ビーム化学とパルスラジオリシス



若 者

吉 田 陽 一*

そもそも、私が放射線化学と呼ばれる分野に入門してから十数年が経過したことになります。したがって、私が「若者」の欄に登場する事は、非常に気恥ずかしい反面、内心は声を掛けていただいたことに非常に喜ばしく思っている次第です。

さて、最近、量子ビーム工学とか量子ビーム科学と呼ばれる新しい名前の分野を耳にいたします。これは、従来の放射線をもう少し広い意味から捉えて、その利用や応用を行う分野を指すわけですが、その正確な定義は、人により微妙に異なっているようです。というのも、本分野は、まだ出来立ての赤ん坊同然ですから、当然といえば当然なわけです。ここでは、化学屋という立場から量子ビーム化学という言い方を使わせていただきます。

量子ビーム化学にも、その親が存在しており、それは放射線化学と呼ばれております。この放射線化学は、それなりの長い歴史を持っており、その中身を一言で語ることは難しいことです。そこで、私が、私の研究例をご紹介しながら、放射線化学とは何ぞやを知っていただき、また、それから生まれた量子ビーム化学の将来について考えてみたいと思います。

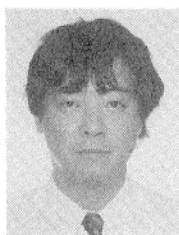
私が、学生時代に始めて放射線化学の研究として取り組んだものは、ピコ秒パルスラジオリシス法と言われるものでした。これは、ピコ秒（一兆分の一秒）のパルス幅の高エネルギー電子線を物質に打ち込み、その中で放射線により

引き起こされる反応を調べようとするもので、非常に早い反応をダイレクトに観測することができます。ピコ秒の電子線パルスは、ライナックと呼ばれる線形加速器から発生します。当時、これが可能な加速器は、国内には、東京大学工学部と大阪大学産業科学研究所の2ヶ所に、また、国外でも、米国アルゴンヌ国立研究所にしかありませんでした。

まだ、右も左もわからない当時の私にとっては、その研究の意義とか重要性に惹かれたというよりも、むしろ単純にひたすら早い時間分解能を追求するという点に多分に魅力を感じていました。今でこそ、レーザーの分野では、ピコ秒のさらに上をいくフェムト秒（千兆分の一秒）があたりまえになってきましたが、しばらく前までは、圧倒的に放射線の時間分解能が優っていました。

話題休憩。レーザーと放射線の一番の違いは、やはりそのエネルギーが違うことです。例えば、レーザーのエネルギーを乾電池数個分とすれば、放射線では、数百万個以上に相当します。結果として、放射線では、物質中にエネルギーの高い状態を数多く作り出すことができます。また、最終的な生成物が、放射線を照射した場合とレーザーでは異なることが知られています。

ともあれ、最初に行った実験は、有機溶媒中で放射線によって生成するイオンがどのような反応をするかについてでした。結果的には、この問題は奥が深く、未だにそのテーマを追い続けている訳で、永遠のテーマと言うことができます。それに、並行して、二台のライナックを使用したツインライナックと呼ばれる新しいピコ秒パルスラジオリシス法の開発のお手伝いもいたしました。さらに、その後、レーザーとライナックを同時に運転するLL ツインと呼ばれるシステムの開発にも携わりました。



*Yoichi YOSHIDA

1957年4月30日生

昭和62年東京大学大学院工学系研究科原子力工学専攻博士課程修了
現在、大阪大学産業科学部研究所、
助手、工学博士、放射線化学、
高分子、加速器

TEL 06-879-8502

ツインライナックとは、ピコ秒パルスラジオリシスの一つの手法です。ライナック等の加速器を使用する場合には、その分析光となるピコ秒の光パルスをいかに作り出すかがキーポイントになります。そのために、この方法では、贅沢にも、2台のピコ秒ライナックを並べて行うことから、ツインライナックと呼ばれています。一方ライナックからのピコ秒電子線パルスでサンプルを照射しておき、同時に、もう一方のライナックからの電子線により、チェレンコフ光と呼ばれるピコ秒の光パルスを発生し、これを分析光に使用します。ツインライナックは、原理的には、非常に優れた方法で、2台のライナックが必要になるという点を除けば、比較的簡単に実験が行えます。

先に放射線の引き起こす反応とレーザーのそれとは根本的に異なると述べましたが、分析光としてのレーザーは、この分野の実験にもかなり有用です。特に、最近のレーザー技術の発達により、我々素人でも、かなり簡単にレーザーを取り扱えるようになりました。LL ツインと呼ばれる装置は、半導体レーザーを分析光に使用したシステムで、ライナックとレーザーの同時運動が比較的容易です。また、最近は、波長可変なフェムト秒レーザーも市販されていますから、今後は、これらのライナックとの同期運転にも、挑戦したいと考えています。

このあたりから、話しは量子ビーム化学の領域に入ってくるわけですが、次世代のパルスラジオリシスとして、フェムト秒パルスラジオリシスの実現というテーマがあります。このためには、まず、フェムト秒ライナックを作る必要があります。現実には、このようなライナックは、世の中に存在しない訳ですが、その可能性は、それほど困難でないことがわかってきました。ここでは、詳しく述べる余裕がありませんが、従来の加速器技術をさらに発展させることで、実現可能です。また、超伝導やRF、レーザー等の新しい技術を取り込むことも可能です。問題は、分析光ですが、これは、2台のライナックによるツイン方式か、もしくは、レーザーを用いるLL方式のどちらを取るか悩ましいところです。今後の検討がさらに必要です。

量子ビームの範疇には、電子線ばかりでなく、イオンビーム、放射光、陽電子等の多様な放射線が含まれます。実は、これらの量子ビームが引き起こす反応は、量子ビームの種類によってかなり異なることが予想されています。この方面の研究は、ようやく先駆的な研究が開始されたところで、これらの量子ビーム発生装置は非常に限られています。時間分解の実験を行うには、かなり困難なのが現状です。私の予感としては、量子ビームの種類の違いによる反応の違いも、やはり時間の早いところで顕著になると思われます。そこで、最終的には、フェムト秒イオンビームパルスラジオリシスとか、フェムト秒X線(放射光)パルスラジオリシスが必要になることでしょう。

最初に戻って、もう一度、量子ビーム化学を考えてみたいと思います。現在すべきことは、量子ビームが物質に照射された瞬間から、何がおこり、どのように変化していくかを完全に明らかにする必要があります。具体的には、量子ビームのエネルギーは、非常に高く、物質は、ことごとく、電子をはぎとられてしまいます。これをイオン化と呼んでいるわけですが、その結果、有機物では、ラジカルカチオンと呼ばれる非常に反応性の高い活性種と電子が生成されます。これが、量子ビームの最も特徴的な最初の生成物で、この物質を出発点として、その次のいろいろな反応が生じます。このように、文章で書いてしまえば、量子ビームの研究は非常に簡単そうにおもえますが、実際には、これらのことがすべて明らかになっている例はほとんど無いといってよいでしょう。特に、量子ビーム化学独特の反応は、非常に早い時点で起きていることが予想され、それらの解明が急務になっています。

現在、産業的にも、放射線は広範囲の分野で利用されています。例えば、半導体における電子線・X線リソグラフィのように、量子ビーム化学がそのまま応用に直結している例もあります。現状の量子ビーム化学は、学問的な真理の追求ばかりでなく、その研究が広く各分野にフィード・バックされるべく、新しい第一歩を歩みだしたと捉えている次第です。