

CONTENTS

- 高強度フェムト秒レーザーを用いた微量計測
- 『光と蔭』6432人を追悼する
- 新入研究員紹介 自由電子の研究で実績、
よろしくをお願いします。
- (財)レーザー技術総合研究所Webページのご紹介



【写真】ダイオキシン類計測を目的とした飛行時間型質量分析装置。右の窓から高い強度フェムト秒レーザーを照射する。試料は上部から導入する。イオン化された分子をMCPで計測、コンピューターに積算する。

高強度フェムト秒レーザーを用いた微量計測

共同研究員(大阪市立大学大学院理学研究科教授) 中島 信昭

■高強度フェムト秒レーザーはナノテクノロジーの次を展望できる

近年、安定で高強度のレーザーパルスが実験室レベルで得られるようになった。その代表がチタンサファイアフェムト秒レーザーである。このパルスにより、誘起される種々の現象は分野を超え、基礎から応用まで幅の広い展開がある。「ナノテクノロジー」は国の内外で国家規模での重点事業となっているが、高強度フェムト秒レーザーを用いた科学はその次を展望できると考えている。では、高強度フェムト秒レーザーを分子、材料に照射してどんな現象が見え

原子 分子, クラスタ 金属	生成物等	(Wcm ²)	コメント
He	< 4.37 nm vuv	(4×10 ¹⁵)	5fs パルス
C ₆ H ₁₂	7th (111mm)	(1×10 ¹⁵)	有機化合物
N ₂	N ₂ ⁹⁺	(3.5×10 ¹⁵)	クーロン爆発
C ₆ H ₆ , C ₆₀	M ⁹⁺	(1×10 ¹⁵)	親イオン
	C ⁹⁺	(1×10 ¹⁶)	クーロン爆発
D ₂ , 5 nm Custer	neutron	(2×10 ¹⁶)	核融合
Cu wire	K X-ray	(3.4×10 ¹⁷)	パルスX線
金属など	⁶³ Zn, ¹¹ C, ¹³ N	(2×10 ¹⁹)	核変換, 1ps

【表1】フェムト秒、高強度レーザーと原子、分子、クラスタ、金属



(前ページよりつづく)

るのか、その一端を紹介する。次に化学応用の一つとして微量計測への展望を紹介する。

■高強度レーザーを集光照射、何が起きる？

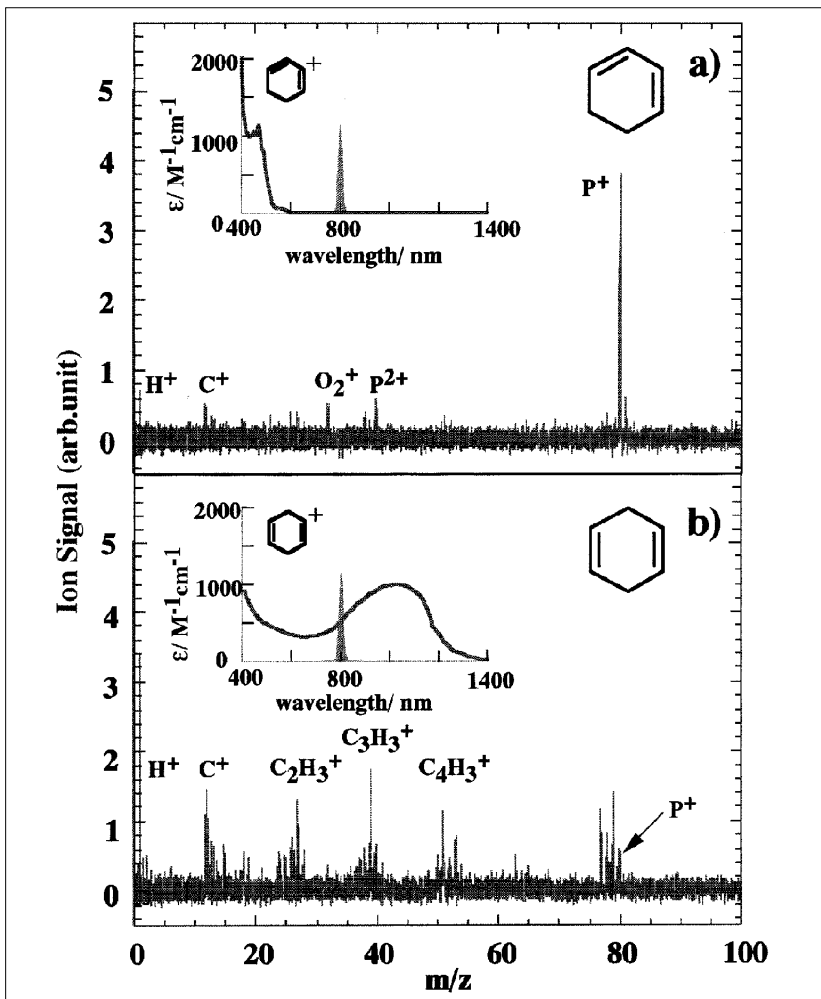
テラワットレーザー、30 fs、30 mJ、10 Hzレベルのレーザーが市販されるようになった。これを集光照射すると、電場の強さは水素原子のボーア半径における原子内電場、 $5.1 \times 10^{11} \text{ Vm}^{-1}$ ($35 \times 10^{15} \text{ Wcm}^{-2}$ (35ペタワット cm^{-2}))をはるかに超す強度にまで高めることができる。新現象が見い出されており、また、光により分子の動きを制御でき、分解の寸前の構造を議論できる。この分子の動きの制御、構造の理解は反応の制御につながる。

テラワットレーザーを集光照射すると何が起きるか、生成物に着目し、代表的と思われるトピックスを表1にまとめた。対象は原子から、2-6原子分子、 C_{6n} 、クラスター、金属表面と、多岐に及んでいる。

希ガスに集光し、高次高調波を発生させる実験では、発生したVUV光の短波長側は水の窓の長波長端の4.37 nm 以下まで達している。最近、有機分子では変換効率が高いことが報告されている。分子は光の偏光方向へ配向し、光電場によるイオン化が起きる。分子への照射では、適当な条件下では効率のよい、親イオンが生成する。照射強度を上げた実験では、クーロン爆発、X線への変換、核融合、核変換が起きる。変換されたパルスX線の利用で時間分解X線回折が極限的に短い小さい時間空間で可能となる。核反応が観測されているが、 $>10^{19} \text{ Wcm}^{-2}$ の領域では核変換が観測され、ポジトントモグラフィー(PET)への応用が考えられている。

■高強度フェムト秒レーザー用いたイオン化法

標題の方法は発光効率の低い分子の微量計測に役立つと期待される。これは表1で示した「親イオン」の生成の応用である。環境ホルモンでは微量計測を行う必要がある。光子、イオンは1個でも計測できる。効率の良い発光への変換、イオン化ができれば、それが極限的に高感度の測定法となり得る。レーザー励起はこの点優れた方法である。従来、発光効率の高い分子に



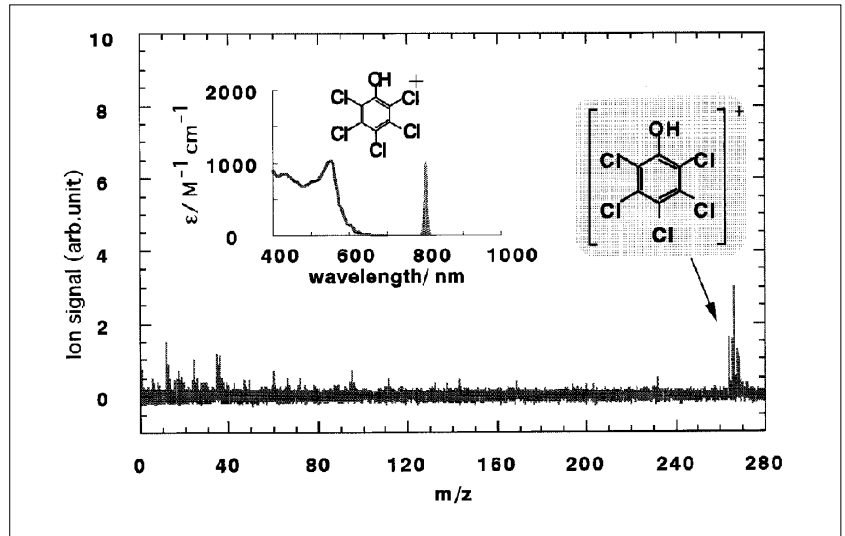
【図1】分子構造は似ているが、a) 1,3-シクロヘキサジエンはレーザー波長(800 nm)とそのイオンの吸収は共鳴しない。このとき、親イオンが観測され、b) 1,4-シクロヘキサジエンではレーザー波長とイオンの吸収が共鳴する結果、分子はバラバラになる。レーザーは800nm、120fsで強度は約 $1 \times 10^{14} \text{ Wcm}^{-2}$ である。波長を選べば、親イオンを効率良く生成できることを示しており、有力な微量計測法に発展できる。

ついては、共鳴多光子イオン化法が確立されている。毒性の高いダイオキシンは塩素の置換数が4ないし6であるため、発光強度は弱く、励起状態は短く、従来法(共鳴多光子)によるイオン化は簡単ではない。フェムト秒レーザーを用いたイオン化法がダイオキシン類の計測に役立つ可能性がある。

このような方向のきっかけはDeWittらが1995年に行ったベンゼンなどのイオン化の実験である。ナノ・ピコ秒レーザーを集光照射すると、分子はバラバラになってしまうが、高強度フェムト秒レーザーで励起した場合、親イオンのみを生成できることを示した。その後、2-30分子が試され、そう単純でないことが分かった(ここで、親イオンとは分解しないでイオン化した分子イオンのことで、ベンゼンの場合はベンゼンイオンのことを指す)。しかし、最近、当グループはそれは単にカチオンとレーザー光が非共鳴という条件を見い出せば、そう

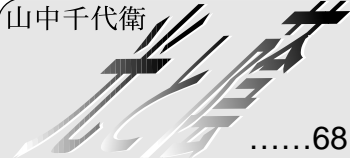
いうレーザー波長を選べば親イオンを生成できることを示した(図1)。高強度フェムト秒レーザーを用いたイオン化法は微量計測で、従来法を補完する手段に発展できそうであり、特許に願している(出願番号2000-340564、出願番号2001-311351)。

図1からも明らかなように、親イオンが見える場合は、容易に目的イオンを推定できる。塩素が5個置換したペンタクロロベンゼン、ペンタクロロフェノールについてもその親イオンが主な生成物になることを見出ししている。これらの分子はダイオキシン類の起源分子とみなされており、ダイオキシン類を定量する場合のレファレンスに用いられる。



【図2】ペンタクロロフェノールはレーザー波長(800nm)その親イオンの吸収は共鳴しない(挿入図参照)。親イオンの信号が明確に観測された。数本に分裂して見えるのは塩素の同位体のためである。照射強度は約 1×10^{14} Wcm⁻²である。

山中千代衛



6432人を追悼する

あれから7年たったが、平成7年1月17日未明、突如おこった阪神淡路大震災では、危機管理の備えが無く、6432人の市民が失わずにすんだはずの貴重な命を落とした。この事実は未永く記憶に留めなければならない。かく言う当人もすんでの所で倒れた筆筒から30cmの隙間で危うく難を免れた次第。家は斜き、ほうほうの体で寒空に避難を余儀なくされた。火事が出なかったのが、勿怪の幸이었다。電気が止り、水道、ガスが不通となり、1~2カ月は食事もままにならなかった。そのあと数カ月、交通路の途絶に難渋。万と越える人びとが避難生活を余儀なくされ、その傷跡は今もなお残っている。このちょうど一年前におきたロスアンゼルス地震も強度は8で同規模と言われていたが死者は60人を出なかった。地域状況もちがうが米国の対応は速かった。一昨年の台湾大地震ではそれこそ李登輝総統の処置は目を見はるものがあった。昨年9月17日のニューヨーク貿易センタービル同時多発テロによる摩天楼の2棟倒壊に際して死者行方不明者は3000人という。この時のアメリカの怒りはまことに烈しいものがあり、アフガニスタンのタリバーンはその報復的になった。

これらの不祥事を見るとわが国以外はきわめてすばやい対応処置がとられている。

なぜわが国はかくも行動がにぶいのだろうか。戦後の誤った民主主義の下、危機に際し決断を下す責任者が不在で、やおら鳩首凝議が行われ、なかなか行動にうつれない。

1995年の阪神淡路大震災、オウムサリン事件を契機にして無為無策のわが国は経済危機に陥り、2002年になって、益々混迷の変を深めている。

6432人の悲劇がいっこうに戦後体制の改革と国民の覚醒につながらないのは、まさに平和ぼけ以外の何ものでもない。

【(財)レーザー技術総合研究所 研究所長】

新入研究員
紹介

自由電子の研究で実績、よろしくお願ひします。

レーザーバイオ科学研究チーム 研究員 李大治



私は中国成都にある電子科技大学に在学中は、高出力マイクロ波発振器と自由電子レーザー(FEL)の研究を行い、コンピュータシミュレーションによるプラズマ装入時の後方波の解析を行っていました。そしてFELデバイスの設計に当たり、

多機能な3次元自己整合シミュレーションコードを開発しました。博士論文ではSmith-Purcell自由電子メーザー(FEM)の実験的かつ論理的研究について発表しました。

大学卒業後、中国高エネルギー研究所の北京自由電子レー

ザー実験室に勤め、FELや加速器の物性についての研究を行いました。そして新しいコントロール原理に基づいた自動フィードフォワードコントロールシステムの開発に成功しました。この新しいシステムは、ビームローディング効果によって引き起こされる熱イオンRFガンや加速管内のRF場変動を補償するように改良されています。

現在、私は昨年11月からレーザー技術総合研究所の客員研究員として来所し、核変換用線発生のためのコンプトンバックスキャタリングについて研究しています。この核変換とは、放射性廃棄物を処分するに当たり線照射によって長半減期核種を短半減期核種に変換するもので、将来の実用化に向けて取り組んでいます。

INFORMATION

(財)レーザー技術総合研究所Webページのご紹介

<http://www.ilt.or.jp>
をぜひご覧下さい。

事業紹介の他、

- 「私たちの技術」
- 「相談窓口」
- 「レーザークロスバックナンバー」

などを掲載しています。



トップページ

掲載記事の内容に関するお問い合わせは、編集者代表 藤田雅之(TEL&FAX:(06)6879-8732,E-mail:mfujita@ile.osaka-u.ac.jp)までお願いいたします。