極短パルス光による反応イメージングと制御

菱川　明栄（准教授）

1989年京都大学工学部物理工学科卒　1994年同大学大学院工学研究科博士課程修了　同年東京大学大学院総合文化研究科助手、1997年同大学院理学系研究科助手、1998年同講師、1999年同助教授を経て、2003年4月より現職　2005年10月よりさきがけ研究員兼務　工学博士　原子衝突協会若手奨励賞、日本分光学会賞（論文賞）
TEL: 0564-55-7419　FAX: 0564-55-7391
電子メール: hishi@ims.ac.jp

近年の長短パルス高出力レーザーの出現によって，高出力かつ極めて短い時間幅をもつレーザーパルスの発生が可能となり，これを集光することによって，極めて強い光の場を発生させることができるようになりました。例えば，パルス幅100 fs，エネルギー10 mJ/pulseのレーザー光をレンズなどを用いて半径10 μmのスポットに集光すると，平均光子場強度として3.2×10^{16} W/cm^{2}が得られることになりますが，この電場成分の大きさは水素原子の1s軌道の電子が原子核から感じる電場に匹敵します。

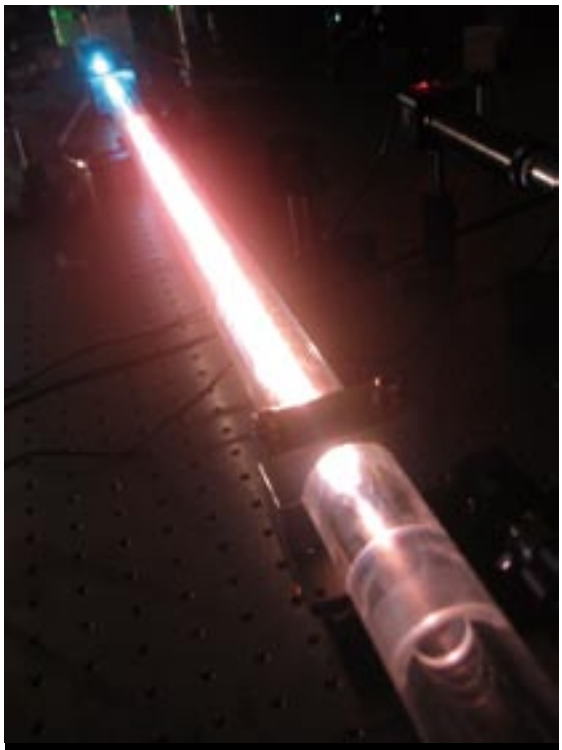
これまでの研究で，このような極めて強いレーザー場（~1×10^{15} W/cm^2）における原子や分子は摂動領域に比べて本質的に大きく異なったふるまいを示すことが明らかとなりました。特に，光子場と分子との強い結合によって生じる「光の衣をまとった状態」すなわち光ドレスト状態においては，そのポテンシャル曲面の形状が光パルス形状に応じて刻一刻と変化することが示されましたが，これはポテンシャル面の制御による化学反応コントロールおよび反応経路の開拓へ向けた新たなアプローチを提案するものです。また，このような強いレーザー場におかれた原子・分子からは，レーザーの周波数に対して数十倍から数百倍もの高い周波数を持つ高次高調波が発生することが知られており，そのアト秒(10^{-18} s)領域の高い時間分解能を利用した，電子ダイナミクスの実時間計測が現実のものとなりつつあります。

私たちのグループでは，このような強レーザー場における原子・分子のダイナミクスの解明とそこで発現する特異な性質を利用した研究を進めています。特に，レーザー場との相互作用によって単一の分子から生成するフラグメントの多重同時計測と，数光学周期程度の極めて短い時間幅（<10 fs）を持つ高強度レーザーパルス光を駆使して，下記の研究テーマに取り組んでいます。このような開拓的な研究を支えるのは，化学や物理学，レーザー工学など多くの学術分野の密接な連携です。広い分野からのみなさんの参加を期待しています。

①クーロン爆発イメージングによる超高速反応過程の実時間追跡
②極短パルス光による強レーザー場中分子ダイナミクスの解明と制御
③高次高調波による極短パルス軟X線の発生と応用

参考文献

1) A. Hishikawa, E. J. Takahashi and A. Matsuda, “Electronic and nuclear responses of fixed-in-space H_2S to ultrashort intense laser fields,” *Phys. Rev. Lett.* **97**, 243002 (2006).
2) A. Hishikawa and K. Yamanouchi, “Coulomb explosion imaging of molecular dynamics in intense laser fields,” in *Progress in Ultrafast Intense Laser Science II*, 1–24, Springer; Heidelberg (2007).



アルゴンガスを満たした中空ファイバーをレーザー光が伝搬する様子。この出力を分散補償ミラーに多数回反射させてサブ10フェムト秒極短レーザーパルス（パルス幅～9 fs，エネルギー～0.4 mJ/pulse）を発生させる。