

分子の内殻光励起に起因する諸過程のダイナミクス



繁政 英治（助教授）

1986年広島大学理学部卒 1988年大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了 1990年東北大学大学院工学研究科博士後期課程中退 1997年東京大学博士(理学)
1990～1999年高エネルギー物理学研究所(現高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所)助手 1999年5月より現職
TEL: 0564-55-7400 FAX: 0564-55-7400
電子メール: sigemasa@ims.ac.jp

分子の内殻電子は、価電子のように化学結合を担う訳ではない。しかし、内殻電子を電離あるいは励起すると、電子や光子の放出を伴う激しい緩和過程が起こり、最終的にはイオンや構成原子の放出に通ずる結合の切断、つまり分子解離が起こることが多い。一般に、軽元素からなる分子では、電子放出を伴う脱励起による緩和過程（オージェ過程）が支配的なので、イオン性解離が価電子の直接電離よりもかなり高効率で起きる。このような分子の内殻光励起に起因する電子的脱励起と解離の筋道を解明することは、純粋な学問的興味のみならず、半導体素子のCVDをはじめ、放射線損傷や格子欠陥の生成、または生体高分子や生体組織の非可逆的損傷などのメカニズムを理解する上でも極めて重要である。このため、軽元素の内殻励起領域における唯一の連続光源、シンクロトロン放射光の実用化以来、多くの研究が行われてきた。しかし、ごく最近まで、内殻励起状態の生成は、電子的脱励起に引き続くイオン性解離を引き起こすための引き金程度の役割と考えられてきた。近年のシンクロトロン放射光に関連する分光技術の進歩は目覚しく、分子の内殻励起後の脱励起過程を共鳴ラマン的な2次光学過程として捉え直す研究が数多く報告されるようになり、内殻励起分子の研究は新たな局面を迎えている。

我々のグループは、シンクロトロン放射光を用いて、上記のような内殻励起分子に関する研究、特に動力学的過程について、海外の研究者も含めた共同研究を推進している。電子的脱励起過程と解離ダイナミクスをより深く理解するには、これまで広く行

われてきた通常の光電子分光やイオン質量分析のみならず、入射光の偏光ベクトルに対する電子やイオン放出方向の測定や、さらに高度な電子とイオンのベクトル相関の測定が望ましい。直線偏光に対する分子の空間的な配向や原子核の運動(分子振動)が、電子放出や解離過程に対してどのように影響するのか、そのダイナミクスの詳細の解明を目指した研究を行っている。現在取り組んでいる主なテーマは、

オージェ電子・イオン同時計測法によるオージェ終状態と解離イオンの相関の研究、特に内殻電子の局在性により、ある原子サイトの内殻電子を選択的に電離した後に期待される選択的な結合の切断の原因の究明、オージェ電子が分子を離れて行く様の直接観測——連続状態の波動関数の可視化——によるオージェ電子放出過程のダイナミクスに関する研究、である。 、ともフランスの放射光施設(LURE)の装置を利用して研究を進めているが、極端紫外光実験施設(UVSOR)でも新たな研究を展開するために、100～600 eVの高分解能の光を供給する専用ビームラインを建設した。現在、このビームラインでの利用を視野に入れて、二次元検出器を利用した放出粒子間のベクトル相関測定装置やしきい電子・光イオン同時計測装置など専用の実験装置の立ち上げを進めている。また、UVSORのマシングループと協力して、自由電子レーザー(FEL)の実用化を目指した実験研究(放射光とFELの二光子実験)も進行中である。

参考文献

- 1) R. Guillemin *et al.*, "Dynamical Angular Correlation in Molecular Auger Decay," *Phys. Rev. Lett.* **87**, 203001 (2001).
- 2) R. Guillemin *et al.*, "Nondipolar Electron Angular Distributions from Fixed-in-Space Molecules," *Phys. Rev. Lett.* **89**, 033002 (2002).
- 3) E. Shigemasa *et al.*, "Double and triple excitations near the K-shell ionization threshold of N₂ revealed by symmetry-resolved spectroscopy," *Phys. Rev. A* **66**, 022508 (2002).

