

光化学測定器開発研究部門（極端紫外光研究施設）

繁 政 英 治（准教授）（1999年5月1日着任）

A-1) 専門領域：軟X線分子分光，光化学反応動力学

A-2) 研究課題：

- a) 高分解能電子分光法による原子分子の内殻励起ダイナミクスの研究
- b) 電子多重同時計測法による原子分子の多重電離過程の研究
- c) 角度相関計測のための高効率電子エネルギー分析器の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 2008年夏に建設した高分解能斜入射分光器を有する新しいアンジュレータビームライン，BL6Uでは，40～400 eVの光エネルギー範囲において，分解能10000以上かつ光強度 10^{10} 光子数/秒の性能を達成している。入射スリットレス配置の不等刻線平面回折格子を用いた可変偏角斜入射分光器は，低エミッタンス運転時にその威力を発揮する。特に2010年度前期より開始された，トップアップ運転モードの際には設計値に近い分光性能が得られることが確認されている。2009年初秋以降，気体の高分解能電子分光を行うための実験装置の整備，及び，アンジュレータと分光器，及び電子エネルギー分析器を同時に制御するための整備を行った。国際共同研究を中心に，分子の多電子励起状態の電子構造とその崩壊過程を詳細に調べる実験研究を継続して行っている。今後重点的に展開するのは，電子スペクトルを光エネルギーの関数として計測する，二次元電子分光法を用いた共鳴オージェ電子スペクトル及び低速電子スペクトルの光エネルギー依存性の観測である。二原子分子については，多電子励起状態の崩壊過程における複雑な脱励起過程が明らかにされた。これらの実験研究は，従来，SPring-8のBL27SUで行われてきたが，これをBL6Uがカバーする低エネルギー領域に拡張し新たな国際共同研究を実施するべく高分解能電子エネルギー分析装置と制御プログラムの開発を行った。2011年2～3月に，フランスよりニグループが来所し，国際共同研究を実施する予定である。
- b) 磁気ボトル型電子エネルギー分析器を利用した，原子分子の多重光電離過程の解明に関する研究を国際共同研究のもう一つの柱として継続している。一つの光子の吸収により内殻電子と価電子が同時に放出される過程，或いは光二重電離過程における段階的過程の検出，更には，内殻電子が二つ放出される過程や価電子の三重光電離過程の観測にも成功した。これらの実験研究は，KEK-PFやドイツの放射光施設BESSYで行われてきたが，近年，同様の磁気ボトル型分析器をUVSORに整備し，テスト実験を行ってきた。また，SPring-8サイトに建設された深紫外の自由電子レーザー施設，SCSSに磁気ボトル型分析器を持ち込んだ共同研究も実施している。なお，磁気ボトル型分析器では分解能的に不十分な場合については，BL6Uにおいて高分解能電子分光実験を実施し，高分解能スペクトルを取得している。
- c) 上述のように，磁気ボトル型電子エネルギー分析器の導入により，軟X線領域における原子分子の多重電離過程に関する理解は急速に深まったと言える。しかしながら，磁気ボトル型分析器では，多重電離ダイナミクスの本質を理解するために必須となる放出電子間の角度相関に関する情報を得ることは原理的に難しい。この困難を克服するために，磁気ボトル型分析器と静電場を利用した飛行時間型分析器とを組み合わせた新しいエネルギー分析器の開発に着手した。シミュレーションソフトを用いた基本設計を終え，具体的な設計を進めている。

B-1) 学術論文

H. IWAYAMA, K. NAGAYA, H. MURAKAMI, Y. OHMASA and M. YAO, “Coulomb Explosion Imaging of Bromobenzene and Bromophenol Molecules Following Br K-Shell Ionization,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **43**, 185207 (5 pages) (2010).

H. IWAYAMA, A. SUGISHIMA, K. NAGAYA, M. YAO, H. FUKUZAWA, K. MOTOMURA, X-J. LIU, A. YAMADA, C. WANG, K. UEDA, N. SAITO, M. NAGASONO, K. TONO, M. YABASHI, T. ISHIKAWA, H. OHASHI, H. KIMURA and T. TOGASHI, “Inhomogeneous Charge Redistribution in Xe Clusters Exposed to an Intense Extreme Ultraviolet Free Electron Laser,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **43**, 161001 (5 pages) (2010).

S. SHEINERMAN, P. LABLANQUIE, F. PENENT, Y. HIKOSAKA, T. KANEYASU, E. SHIGEMASA and K. ITO, “PCI Effects in Argon 2p Double Auger Decay Probed by Multielectron Coincidence Methods,” *J. Phys. B: At., Mol. Opt. Phys.* **43**, 115001 (9 pages) (2010).

E. SHIGEMASA, T. KANEYASU, T. MATSUSHITA, Y. TAMENORI and Y. HIKOSAKA, “Doppler Effect in Fragment Autoionization Following Core-to-Rydberg Excitations of N₂,” *New J. Phys.* **12**, 063030 (9 pages) (2010).

Y. HIKOSAKA, M. FUSHITANI, A. MATSUDA, C.-M. TSENG, A. HISHIKAWA, E. SHIGEMASA, M. NAGASONO, K. TONO, T. TOGASHI, H. OHASHI, H. KIMURA, Y. SENBA, M. YABASHI and T. ISHIKAWA, “Multiphoton Double Ionization of Ar in Intense Extreme Ultraviolet Laser Fields Studied by Shot-by-Shot Photoelectron Spectroscopy,” *Phys. Rev. Lett.* **105**, 133001 (4 pages) (2010).

Y. HIKOSAKA, T. TANEYASU, T. MATSUSHITA, Y. TAMENORI and E. SHIGEMASA, “Dissociation of Core-Valence Doubly Excited States in NO Followed by Atomic Auger Decay,” *J. Chem. Phys.* **133**, 154315 (4 pages) (2010).

R. GUILLEMIN, M. SIMON and E. SHIGEMASA, “Doppler Effect in Fragment Autoionization Following Core-to-Valence Excitation in O₂,” *Phys. Rev. A* **82**, 051401(R) (4 pages) (2010).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本放射光学会渉外委員 (2005–2006).

日本放射光学会評議員 (2006–2009, 2010–).

日本放射光学会渉外幹事 (2007–2009).

学会の組織委員等

日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム組織委員 (1999–2001, 2009).

第13回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム実行副委員長 (1999).

第13回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (1999).

第19回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウム実行委員 (2005).

SR106 (シンクロトロン放射装置技術国際会議)プログラム委員 (2005).

第22回化学反応討論会実行委員 (2006).

第20回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2006).

第21回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2007).

第2回AOFSSR (放射光研究アジア - オセアニアフォーラム)プログラム委員 (2007).

第23回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2009).

第24回日本放射光学会年会放射光科学合同シンポジウムプログラム委員 (2010).

学会誌編集委員

Synchrotron Radiation News, Correspondent (2001–).

日本放射光学会学会誌編集委員 (2005–2006).

日本放射光学会学会誌編集委員 (2010–). (岩山洋士)

その他

東京大学物性研究所共同利用施設専門委員 (2005–2006).

B-8) 大学での講義，客員

名古屋大学小型シンクロトン光研究センター，客員准教授, 2007年9月–.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B)(2), 「内殻励起分子に特有な分子構造変化を伴う緩和過程の研究」 繁政英治 (2000年–2002年).

科研費基盤研究(B), 「分子の内殻電離しきい値近傍における多電子効果の研究」 繁政英治 (2003年–2005年).

科研費基盤研究(B), 「多重同時計測法で探る内殻励起分子の超高速緩和ダイナミクス」 繁政英治 (2007年–2008年).

松尾学術研究助成, 「極端紫外レーザー光によるクラスター発光分光分析」 岩山洋士 (2010年).

C) 研究活動の課題と展望

我々の専用ビームラインであるBL6Uは、UVSOR 技術職員の献身的な支援を受けながら、計測システム及びビームライン全体の整備を行ってきた。蓄積リングの運転に影響しない最小アンジュレーターギャップが当初予定されていた値よりも大きく、また、前置鏡の炭素汚染のために、300 eV 付近の分光性能には問題があるもの、SPring-8 では実施出来ない 250 eV より低いエネルギー領域については、設計値に近い分光性能に達していることが確認されている。このビームラインでは、分子の多電子励起状態の電子構造とその崩壊過程を二次元電子分光法によって解明する実験研究を行えるよう整備を進めている。実験システムの早期完成を目指して、種々のテスト実験を行いながら装置開発を続けて行く。BL6U の優れた分光性能を活かすことが出来る、周期律表の第3周期元素の 2p 内殻励起領域を観測対象とし、二次元電子分光を含む高分解能電子分光実験を行うことにより、内殻正孔状態の脱励起過程に特徴的な高励起一価分子イオンや二価分子イオンの分光情報を取得し、内殻励起分子のダイナミクスに関する理解を深めたい。