

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) 内殻電子励起ダイナミクスの研究
- b) 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
- c) 中性質量選別クラスター源及び多成分混合分子クラスター源の開発
- d) 発光分光法による短波長強レーザー場中の原子分子過程の研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 我々の専用ビームライン BL6U 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 / 秒以上の性能を有しており、低エネルギー領域における世界最先端ビームラインの一つである。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い、国際共同研究を中心に、原子や分子の内殻電子励起状態や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。内殻励起分子の解離ダイナミクスに関しては、我々が開発した電子・イオン同時計測装置を利用した実験を協力研究として進めている。
- b) 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格段に深まった。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を進めている。
- c) BL6U での観測対象を気相の原子分子から種々のクラスターに拡張するために、クラスター源の開発を行っている。従来の放射光によるクラスター実験では、クラスターのサイズ選別は行われておらず、吸収スペクトルの構造などは全て平均クラスターサイズで議論されてきた。この状況を打破し、質量選別したクラスターの吸収スペクトルを直接観測することを目指して装置開発を行っている。また 大型の排気装置を利用した多成分混合分子クラスター源の開発も行っている。
- d) 日本のX線自由電子レーザー（XFEL）、SACLA の試験加速器として SPring-8 サイトに建設された SCSS において、極端紫外領域の強レーザー光に曝された原子分子及びクラスターの挙動について、発光分光法に基づく実験研究を進めて来た。SCSS の運転停止・移設に伴い、SACLA での発光分光実験を行っている。SACLA の利用研究として、Kr 原子に XFEL を集光照射し、二つの 1s 電子を剥ぎ取った、中空原子（内殻二正孔状態）の観測に世界に先駆けて成功した。今後も、二光子吸収など、X線領域における非線形過程の直接観測を目指した実験研究を進める。

B-1) 学術論文

H. IWAYAMA, N. SISOURAT, P. LABLANQUIE, F. PENENT, J. PALAUDOUX, L. ANDRIC, J. H. D. ELAND, K. BUČAR, M. ŽITNIK, Y. VELKOV, Y. HIKOSAKA, M. NAKANO and E. SHIGEMASA, "A Local Chemical Environment Effect in Site-Specific Auger Spectra of Ethyl Trifluoroacetate," *J. Chem. Phys.* **138**, 024306 (6 pages) (2013).

S.-M. HUTTULA, P. LABLANQUIE, L. ANDRIC, J. PALAUDOUX, M. HUTTULA, S. SHEINERMAN, E. SHIGEMASA, Y. HIKOSAKA, K. ITO and F. PENENT, “Decay of a 2p Inner-Shell Hole in an Ar⁺ Ion,” *Phys. Rev. Lett.* **110**, 113002 (5 pages) (2013).

M. NAKANO, F. PENENT, M. TASHIRO, T. P. GROZDANOV, M. ŽITNIK, S. CARNIATO, P. SELLES, L. ANDRIC, P. LABLANQUIE, J. PALAUDOUX, E. SHIGEMASA, H. IWAYAMA, Y. HIKOSAKA, K. SOEJIMA, I. H. SUZUKI, N. KOUCHI and K. ITO, “Single Photon K⁻² and K⁻¹K⁻¹ Double Core Ionization in C₂H_{2n} (n = 1–3), CO, and N₂ as a Potential New Tool for Chemical Analysis,” *Phys. Rev. Lett.* **110**, 163001 (5 pages) (2013).

M. N. PIANCASTELLI, R. GUILLEMIN, M. SIMON, H. IWAYAMA and E. SHIGEMASA, “Ultrafast Dynamics in C 1s Core-Excited CF₄ Revealed by Two-Dimensional Resonant Auger Spectroscopy,” *J. Chem. Phys.* **138**, 234305 (5 pages) (2013).

K. TAMASAKU, M. NAGASONO, H. IWAYAMA, E. SHIGEMASA, Y. INUBUSHI, T. TANAKA, K. TONO, T. TOGASHI, T. SATO, T. KATAYAMA, T. KAMESHIMA, T. HATSUL, M. YABASHI and T. ISHIKAWA, “Double Core-Hole Creation by Sequential Attosecond Photoionization,” *Phys. Rev. Lett.* **111**, 043001 (5 pages) (2013).

M. YABASHI, H. TANAKA, T. TANAKA, H. TOMIZAWA, T. TOGASHI, M. NAGASONO, T. ISHIKAWA, J. R. HARRIES, Y. HIKOSAKA, A. HISHIKAWA, K. NAGAYA, N. SAITO, E. SHIGEMASA and K. UEDA, “Compact XFEL and AMO Sciences: SACLA and SCSS,” *J. Phys. B* **46**, 164001 (19 pages) (2013).

Y. HIKOSAKA, M. FUSHITANI, A. MATSUDA, T. ENDO, Y. TOIDA, E. SHIGEMASA, M. NAGASONO, K. TONO, T. TOGASHI, M. YABASHI, T. ISHIKAWA and A. HISHIKAWA, “Resonances in Three-Photon Double Ionization of Ar in Intense Extreme-Ultraviolet Free-Electron Laser Fields Studied by Shot-by-Shot Photoelectron Spectroscopy,” *Phys. Rev. A* **88**, 023421 (6 pages) (2013).

E. SHIGEMASA, M. NAGASONO, H. IWAYAMA, J. R. HARRIES and L. ISHIKAWA (OKIHARA), “Resonance-Enhanced Three-Photon Single Ionization of Ne by Ultrashort Extreme-Ultraviolet Pulses,” *J. Phys. B* **46**, 164020 (5 pages) (2013).

J. R. HARRIES, M. NAGASONO, H. IWAYAMA and E. SHIGEMASA, “Towards Coherent Control of SASE Pulses Using Propagation through Helium Gas at Wavelengths Corresponding to Double Excitation,” *J. Phys. B* **46**, 164021 (5 pages) (2013).

H. IWAYAMA, K. NAGAYA, M. YAO, X. J. LIU, G. PRÜMPER, K. MOTOMURA, K. UEDA, N. SAITO, A. RUDENKO, L. FOUCAR, M. NAGASONO, A. HIGASHIYA, M. YABASHI, T. ISHIKAWA, H. OHASHI and H. KIMURA, “Frustration of Photoionization of Ar Nanoplasma Produced by Extreme Ultraviolet FEL Pulses,” *J. Phys. B* **46**, 164019 (6 pages) (2013).

M. NAKANO, P. SELLES, P. LABLANQUIE, Y. HIKOSAKA, F. PENENT, E. SHIGEMASA, K. ITO and S. CARNIATO, “Near-Edge X-Ray Absorption Fine Structures Revealed in Core Ionization Photoelectron Spectroscopy,” *Phys. Rev. Lett.* **111**, 123001 (5 pages) (2013).

B-4) 招待講演

H. IWAYAMA, “Collective spontaneous emission of He gas irradiated by intense EUV-FEL pulses,” Intense Field, Short Wavelength Atomic and Molecular Processes-2, Xi’an (China), July 2013.

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, 2010–2011, 2012–).

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, 2012).

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).

第25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 (2011).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

東京大学物性研究所共同利用施設専門委員 (2005–2006).

(財)高輝度光科学研究センター利用研究課題選定委員会選定委員 (2007–2009, 2013–).

(財)高輝度光科学研究センター利用研究課題選定委員会分科会委員 (2011–2012).

学会誌編集委員

Proceedings of 11th International Conference on Electronic Spectroscopy and Structure, Special Issue of Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Elsevier, Guest Editor (2010).

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 (2010–2012). (岩山洋士)

B-8) 大学での講義, 客員

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「基礎光科学」2013年12月3日–6日.

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), 「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).

科研費若手研究(B),「自由電子レーザー励起によるレーザープラズマ光源の研究開発」岩山洋士(2012年-2013年).

C) 研究活動の課題と展望

BL6Uでは, SPring-8では実施出来ない250 eVより低いエネルギー領域において, 設計値に近い分光性能に達している。こ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及び電子・イオン同時計測分光実験を継続し, 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する。これにより, 内殻電子励起状態のダイナミクスに関する理解を深めたい。また FEL の出現によって可能となった EUV から X線領域における強レーザー場中の原子分子及びクラスターの非線形過程に関して, 発光分光法に基づく実験研究を継続する。これにより, 短波長領域での強レーザー場に対する原子分子過程の本質的理解を得たい。