

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) 角度分解高分解能電子分光法による内殻励起原子分子の電子緩和過程
- b) 極紫外光渦による原子分子の光イオン化ダイナミクス
- c) 短波長強レーザー場中の原子分子過程
- d) 内殻励起分子に特有な光解離ダイナミクス

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 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を開始し、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。これにより、電子スペクトルを光のエネルギーの関数として計測する、高分解能二次元電子分光実験が定常的に行えるようになった。電子エネルギー分析器をアンジュレータの偏光方向に対して回転させることにより、電子放出の偏光依存性に関する情報も取得可能である。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。
- b) 円偏光アンジュレータ放射の高次光は、光渦の性質を持ち合わせていることが知られている。螺旋波面の構造に応じて、光に軌道角運動量が付与されるので、原子分子との相互作用において、通常の電子遷移とは異なる選択則に従うものと考えられる。昨年度から、光渦光子によるイオン化に関する実験研究を開始した。極紫外域の光渦が利用可能な BL1U に 電子画像観測装置を持ち込んで、ヘリウム原子からの光電子角度分布測定を行った。複数回のビームタイムにより、実験方法を確立すると共に、問題点の洗い出しにより、電子画像観測装置の性能安定性を向上させる改良を施し、BL5B においてその動作確認を行った。次回以降のビームタイムでは、より信頼性の高いデータの取得を目指す。
- c) 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。SCSS で得られたヘリウム原子からの複数の超蛍光の競合する過程について、計算機シミュレーションを援用し、競合する超蛍光が発展、抑制されるメカニズムを明らかにした。来年度から稼働が予定されている、極紫外から軟 X 線の FEL 施設、SCSS+ での利用研究に向けて、発光分光装置の立ち上げを進めている。
- d) 内殻励起分子の光解離ダイナミクスについて、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独自の研究及び協力研究として進めている。二原子分子の場合、オージェ電子および解離イオンの運動エネルギーを同期計測することで、オージェ終状態ごとに解離イオンの電子状態を明らかにすることができる。理論計算による二価分子イオンのポテンシャル曲線と実験データを比較することにより、二価分子イオンの安定性や反応動力学について研

究を進めている。メチル基を含む多原子分子の内殻光イオン化後の解離過程において、結合の組み換え反応による H_3^+ の生成が特定の二価イオン状態によることを明らかにした。現在、観測対象を分子クラスターに広げるべく装置の開発研究を行っている。

B-1) 学術論文

Y. HIKOSAKA, M. FUSHITANI, A. MATSUDA, T. ENDO, Y. TOIDA, E. SHIGEMASA, M. NAGASONO, K. TONO, M. YABASHI, T. ISHIKAWA and A. HISHIKAWA, “Five-Photon Sequential Double Ionization of He in Intense Extreme-Ultraviolet Free-Electron Laser Fields,” *Phys. Rev. A* **90**, 053403 (5 pages) (2014).

H. IWAYAMA, J. R. HARRIES and E. SHIGEMASA, “Transient Charge Dynamics in Argon-Cluster Nanoplasmas Created by Intense Extreme-Ultraviolet Free-Electron-Laser Irradiation,” *Phys. Rev. A* **91**, 021402(R) (5 pages) (2015).

K. NAKAJIMA, J. R. HARRIES, H. IWAYAMA, S. KUMA, Y. MIYAMOTO, M. NAGASONO, C. OHAE, T. TOGASHI, M. YABASHI, E. SHIGEMASA and N. SASAO, “Simultaneous Measurements of Super-Radiance at Multiple Wavelengths from Helium Excited States: I. Experiment,” *J. Phys. Soc. Jpn.* **84**, 054301 (7 pages) (2015).

J. R. HARRIES, H. IWAYAMA, M. NAGASONO, T. TOGASHI, M. YABASHI, S. KUMA, K. NAKAJIMA, Y. MIYAMOTO, C. OHAE, N. SASAO and E. SHIGEMASA, “A Streak Camera Study of Superfluorescence at Multiple Wavelengths from Helium Atoms Excited Using Free Electron Laser Pulses,” *J. Phys. B* **48**, 105002 (9 pages) (2015).

T. KANEYASU, M. ITO, K. SOEJIMA, Y. HIKOSAKA and E. SHIGEMASA, “Site-Specific Formation of Metastable OCS^{2+} Studied by Auger-Electron-Ion Coincidence Method,” *J. Phys. B* **48**, 125101 (6 pages) (2015).

Y. HIKOSAKA, T. KANEYASU, P. LABLANQUIE, F. PENENT, E. SHIGEMASA and K. ITO, “Multiple Auger Decay of the Neon 1s-Core-Hole State Studied by Multielectron Coincidence Spectroscopy,” *Phys. Rev. A* **92**, 033413 (6 pages) (2015).

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, 2012–2014, 2015–).

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).

SRI06 (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).
 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
 日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員 (2014–2015).
 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, 2013–2015).
 (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

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), 「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).
 科研費基盤研究(B), 「短波長自由電子レーザーによる軟X線超蛍光の観測」, 繁政英治 (2014年–2016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

我々の専用ビームライン, BL6U での研究については, 実験研究手法の二本の柱として, 二次元電子分光を含む高分解能電子分光法及び電子・イオン同時計測分光法を駆使して研究を進める。観測対象としては, 周期律表の第2周期元素及び第3周期元素を含む分子の 1s 及び 2p 内殻励起領域を中心とし, 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解離過程や安定性について詳細に調べる。これらにより, 電子緩和過程と解離の競合や, 解離過程における結合組み換え反応など, 内殻励起分子に特有な光解離ダイナミクスや二価分子イオンの安定性に対する電子状態の果たす役割に関する理解を深めたい。一方, BL1U における極紫外域の光渦を利用した電子分光実験については, より高精度な測定を実現するために, ビームライン上流に四象限スリットやマスクの設置を含むビームライン整備を継続する。来年度の前半までには, 分光ビームラインを整備し, 分光された光渦光子による実験を行う予定である。また, 短波長 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, 及びクラスターの挙動に関する研究については, 発光分光法による実験研究を継続する。特に, これまで観測例の無い EUV や軟 X 線領域における超蛍光観測の実現を目指して観測装置の開発研究を進める。