

3A04

ヨウ化メチル, ヨウ化ウラシルの XFEL による内殻多光子多重イオン化と その後の超高速電荷移行

(東北大・多元研¹, University of Turku², 広大・院理³, 理研・放射光科学総合研究センター⁴, 京大・院理⁵, Kansas State University⁶, Synchrotron SOLIEL⁷, SARI, CAS⁸, SINAP, CAS⁹, POSTECH¹⁰, JASRI¹¹)

本村 幸治¹, Kukk Edwin^{1,2}, 和田 真一^{3,4}, 永谷 清信^{4,5}, 福澤 宏宣^{1,4}, Mondal Subhendu¹, 立花 徹也¹, 伊藤 雄太¹, 古賀 亮介³, 酒井 司⁵, 松波 健司⁵, Rudenko Artem⁶, Nicolas Christophe⁷, Liu XiaoJing⁷, Miron Catalin⁷, Zhang Yizhu⁸, Jiang Yuhai⁸, Chen Jianhui⁹, Mailam Anand¹⁰, Kim Dong Eon¹⁰, 登野 健介¹¹, 犬伏 雄一⁴, 初井 宇記⁴, 矢橋 牧名⁴, 八尾 誠⁵, 上田 潔^{1,4}

XFEL-induced deep inner-shell multi-photon multiple ionization and subsequent ultrafast charge migration in iodomethane and 5-iodouracil molecules

(IMRAM, Tohoku Univ.¹, Univ. of Turku², Hiroshima Univ.³, RIKEN SPring-8 Center⁴, Kyoto Univ.⁵, Kansas State Univ.⁶, Synchrotron SOLEIL⁷, SARI, CAS⁸, SINAP, CAS⁹, POSTECH¹⁰, JASRI¹¹)

K. Motomura¹, E.Kukk^{1,2}, S. Wada^{3,4}, K. Nagaya^{4,5}, H. Fukuzawa^{1,4}, S. Mondal¹, T. Tachibana¹, Y. Ito¹, R. Koga³, T. Sakai⁵, K. Matsunami⁵, A. Rudenko⁶, C. Nicolas⁷, X.-J. Liu⁷, C. Miron⁷, Y. Zhang⁸, Y. H. Jiang⁸, J. Chen⁹, A. Mailam¹⁰, D. Kim¹⁰, K. Tono¹¹, Y. Inubushi⁴, T. Hatsui⁴, M. Yabashi⁴, M. Yao⁵, and K. Ueda^{1,4}

自己増幅自発放射 (SASE) 型の自由電子レーザー (FEL) の発展に伴い, 極短波長領域でのレーザー光を利用することが可能となり, その波長は X 線領域まで到達している. 日本にも理研播磨研究所に X 線自由電子レーザー (XFEL) 施設 SACLA が建設され[1], ユーザー運転が開始された. 本研究では SACLA から得られる光子エネルギー 5.5 keV の X 線レーザーパルスを集光して, ヨウ化メチル, ヨウ化ウラシルに照射し, 生成するイオンの運動量を 3 次元運動量分光計を用い測定した. 分子に照射された高強度の X 線レーザーパルスは, 多光子吸収とオージェ過程によって, 両分子に含まれるヨウ素原子を, 非常に高い価数までイオン化することが可能である. これによって生じた電荷は, 速やかに分子全体に拡散し, クーロン爆発を引き起こす. 測定されたフラグメントイオンの運動量から分子の構造と電荷の移行を研究した.

実験はビームライン BL3, 実験ハッチ EH3 にて行った. XFEL 光は EH3 に常設されている K-B ミラー集光システムにより集光して反応チャンバーに導入され, 集光点において XFEL 光は試料と交差する. 3 次元運動量分光計にはディレイライン位置敏感検出器が備えてあり, 飛行時間だけでなく位置の情報も検出が可能である. 反応領域を通過した XFEL 光はベリリウム窓を介して大気中に設置した PIN フォトダイオードに導入して, XFEL 各ショットにおける光強度データを同時に得た.

測定されたそれぞれのイオンの運動量から, 単一の分子から放出されたイオン組を選別する事ができる. 図 1 にヨウ化メチルのイオンの組み合わせごとの

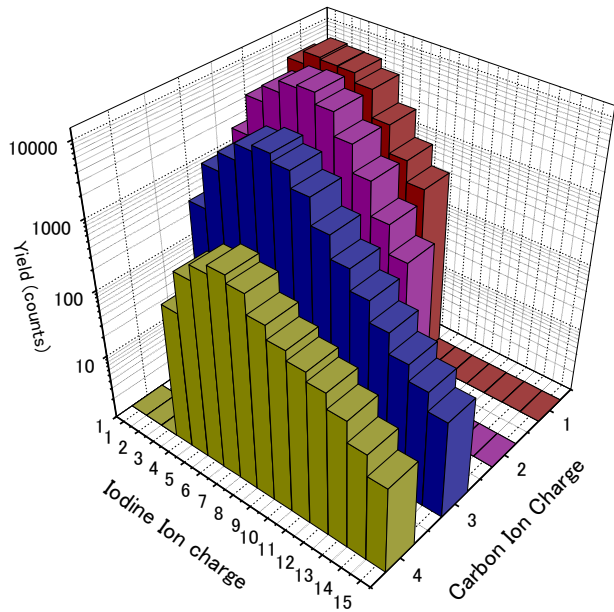


図 1 : イオンの収量分布 (ヨウ化メチル)

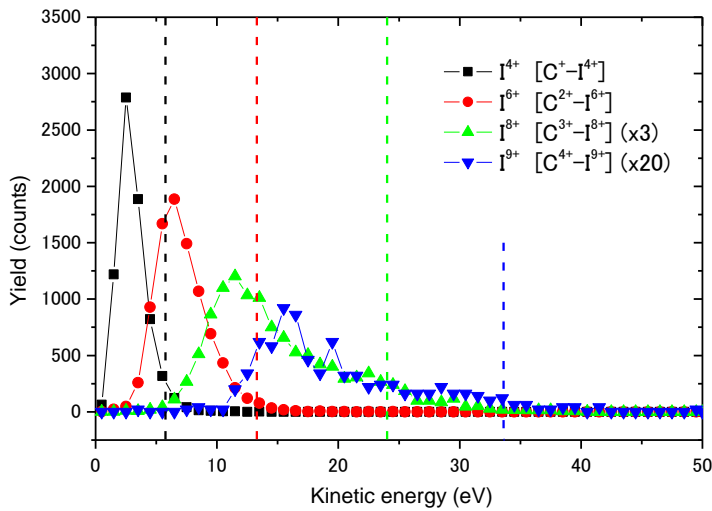


図 2 : フラグメントイオンの運動エネルギー.
点線は計算値で同色の実験値に対応.
(ヨウ化メチル)

収量を示す. 最も価数が高い電荷状態は C^{4+} , I^{15+} の組で, この時同時に生じた水素イオンを考慮に入れると, 最大22価の分子イオンが生じていることを意味する. また各イオン対におけるヨウ素の運動エネルギーを図2に示す. ランダムに電子を配置して計算した運動エネルギーの値と比べて観測されたエネルギーは小さい. これは電荷が非常に高速に拡散していることを示している.

講演では, 測定されたフラグメントイオンの価数分布, 運動エネルギー, 角度分布等の実験結果を示し, 分子イオンの解離, 電荷移行について議論する.

本研究は文部科学省のX線自由電子レーザー利用推進研究課題およびX線自由電子レーザー重点戦略研究課題, 理化学研究所のSACLA利用装置提案課題として援助を受け行われました.

参考文献

[1] T. Ishikawa *et al.*, Nature Photonics **6**, 540 (2012).