

3A05 極紫外 FEL 光照射による巨大キセノン・クラスターからの 高エネルギーイオン放出

(1) 京大院理, (2) 東北大多元研, (3) 産総研計測標準, (4) LBL,
(5) 理研, (6) JASRI

○永谷清信^{1,5}, 岩山洋士^{1,5}, 杉島明典^{1,5}, 村上仁^{1,5}, 八尾誠^{1,5}, 福澤宏宣^{2,5},
X.-J. Liu^{2,5}, 本村幸治^{2,5}, C. Wang^{2,5}, 山田綾子^{2,5}, G. Pruemper^{2,5}, 奥西みさき²,
嶋田浩三², 上田潔^{2,5}, 齋藤則生^{3,5}, A. Belkacem⁴, 永園充⁵, 登野健介⁵, 富樫格^{5,6},
東谷篤志⁵, 矢橋牧名⁵, 石川哲也⁵, 大橋治彦^{5,6}, 木村洋昭^{5,6}

近年の自由電子レーザー (FEL) の発展により、短波長でのレーザー光と物質の相互作用についての研究が活発となっている。最近、国内においても理研播磨研究所の SCSS 試験加速器が利用可能となり、波長 60nm 付近の EUV-FEL を用いた原子・分子やクラスターの多光子イオン化の研究がいくつか報告された[1-3]。SCSS 試験加速器の供給する波長 60nm 近傍の光は、ほぼ全ての元素で 1 光子イオン化が可能で吸収断面積も大きいため、多光子イオン化過程の研究を行う上で特に有用であると考えられる。本講演では、FEL とクラスターの相互作用について検討するために、巨大なキセノン・クラスターに着目し、クラスターサイズや FEL 波長依存性を測定した結果について報告する。

実験は理研播磨研究所の SCSS 試験加速器 (EUV-FEL) [4]を用いて行った。クラスター生成には、液体窒素で冷却可能なパルス・クラスター源を用い、クラスター源の温度、圧力を調整することで、平均クラスターサイズを制御した。実験では、試料ガスを直径 250 μm のパルス・ノズルから噴出させ、最大で平均 5 万原子からなるキセノンのクラスターを含むクラスタービームを生成し、多層膜鏡により集光した波長 51nm と 61nm の FEL 光を照射した。生成するイオンを、ディレーライン型 2 次元検出器を備え付けた飛行時間型運動量分光装置により検出してイオンの分布と運動エネルギーを決定した。本研究では、イオン検出信号を高速デジタイザーによりパルス波形のまま保存し、ソフトウェアによって検出時間と位置を求めることで、1 回の光照射イベントで生成する多数のイオンの 3 次元運動量を同時に決定する事を可能にしている[5]。

図 1 に平均サイズ 1 万のキセノン・クラスターに 61nm の FEL を照射して得られた解離イオンの飛行時間スペクトルを示す。二価 Xe ピーク付近を拡大して挿入図に示す。スペクトルでは、明らかにクラスター由来と考えられるブロードな 1 価 Xe と 2 価 Xe イオンが観測された。スペクトルには最大 5 価までのシャープなキセノン多価イオンピークも見られるが、これらの信号はクラスターを生成しない原子ビーム条件でも観測されており、主に残留キセノンガスに由来する信号と考えられる。図 1 からわかるように、今回得られたスペクトルでは 1 価イオンと 2 価イオンのピーク形状が大きく異なっている。即ち、二価 Xe のピークは完全に分離した 2 つのピークであ

るのに対して、1価イオンピークは巾の広い1つのピークのみである。この結果は、クラスターから生成する二価Xeイオンは常に高いエネルギーで放出されるのに対して、一価Xeイオンは0から数十eVにわたって広い分布をもって放出されていることを示唆している。講演ではクラスターサイズ依存性等の実験結果と合わせて、クラスターに対するFEL照射効果について考察を行う。

本研究は理研SCSS試験加速器運転グループのご協力を受けました。ここに感謝いたします。本研究はX線自由電子レーザー利用推進研究課題として文部科学省から援助を受け行われました。

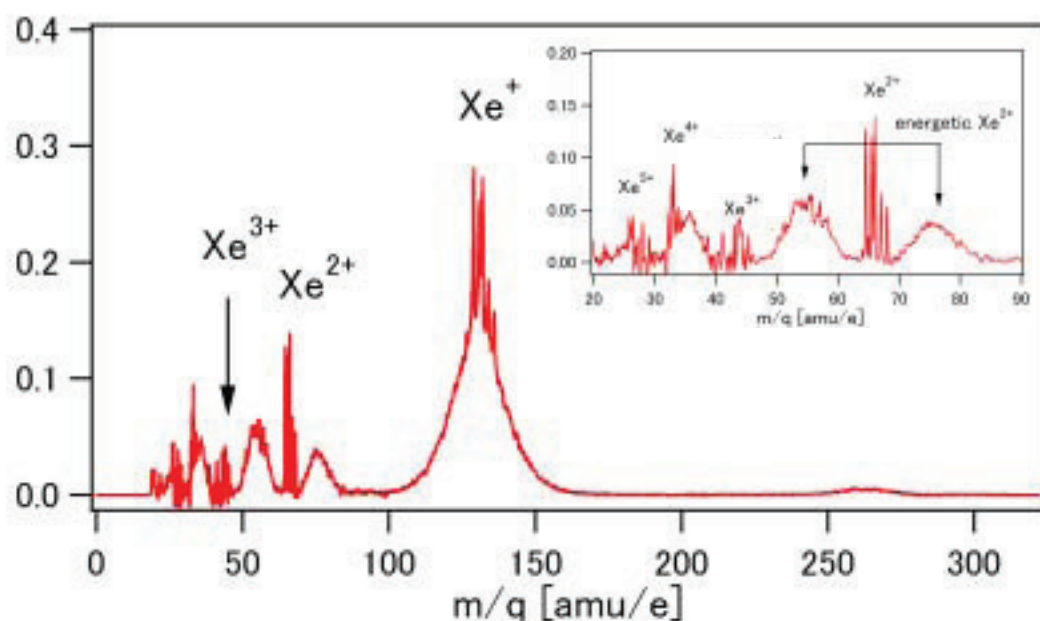


図1 平均サイズ10000のキセノン・クラスタービームに、波長61nmのFEL光を照射して得られた飛行時間スペクトル。挿入図は $m/q=60$ 付近の拡大図。

【参考文献】

- [1] H. Fukuzawa *et al.*, *Phys. Rev. A*, **79**, 031201(R) (2009).
- [2] H. Iwayama *et al.*, *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.*, **42**, 134019 (2009).
- [3] T. Sato *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **92**, 154103 (2008).
- [4] T. Shintake *et al.*, *Nature Photonics*, **2**, 555 (2008).
- [5] K. Motomura *et al.*, *Nucl. Instrum. Meth. Phys. Res. Sect. A*, **606**, 770 (2009).