

## 2B18 極紫外 FEL 光照射による希ガス・クラスターの多重イオン化

- (1) 京大院理, (2) 東北大多元研, (3) 産総研計測標準, (4) MPI Heidelberg,  
(5) Frankfurt U., (6) 理研, (7) JASRI

○永谷清信<sup>1,6</sup>, 岩山洋士<sup>1,6</sup>, 八尾誠<sup>1,6</sup>, 福澤宏宣<sup>2,6</sup>, X.-J. Liu<sup>2,6</sup>,  
G. Pruemper<sup>2,6</sup>, 奥西みさき<sup>2</sup>, 嶋田 浩三<sup>2</sup>, 上田潔<sup>2,6</sup>, 原田 哲男<sup>2</sup>,  
豊田 光紀<sup>2</sup>, 柳原 美広<sup>2</sup>, 山本 正樹<sup>2</sup>, 本村幸治<sup>3,6</sup>, 齋藤則生<sup>3,6</sup>,  
A. Rudenko<sup>4,6</sup>, J. Ullrich<sup>4</sup>, L. Foucar<sup>5</sup>, A. Czasch<sup>5</sup>, R. Doerner<sup>5</sup>,  
永園充<sup>6</sup>, 東谷篤志<sup>6</sup>, 矢橋牧名<sup>6</sup>, 石川哲也<sup>6</sup>, 大橋治彦<sup>6,7</sup>, 木村洋昭<sup>6,7</sup>

近年の自由電子レーザー (FEL) の発展は、短波長領域におけるコヒーレント光と物質の相互作用を実験的に解明する新しい手段を提供する。Wabnitz らにより初めて行われた Xe クラスターへの FEL 照射実験[1]では、波長 98 nm の VUV-FEL 光を照射する事で、最大 8 価に及ぶ多価イオンが生成するという驚くべき結果を見出した。赤外レーザーと比べ、光電場との結合によるエネルギー吸収の効果が小さいと考えられる紫外領域での多価イオン生成の報告は、VUV-FEL 光とクラスターの相互作用についての実験・理論研究[2][3]を促したが、その素過程を理解するためには更に詳細な実験が必要である。

本講演では、理研播磨研究所に建設された SCSS 試験加速器 (EUV-FEL) [4]を用いて行った、希ガス・クラスターへ EUV-FEL 照射実験の結果について報告する。温度、圧力を調整した試料ガスを直径 30  $\mu\text{m}$  のノズルから噴出させ、アルゴン、クリプトン、キセノンのクラスタービームを生成し、W/V 多層膜鏡により集光した波長 50nm と 60nm の FEL 光を照射した。生成したイオンは、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、イオンの分布と運動エネルギーを決定した。本装置では、イオン検出信号を高速デジタル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 次元運動量を決定している。本研究では、クラスターサイズや光強度に対する解離イオン分布や運動エネルギー分布の依存性を報告する。

図 1 に平均サイズ 10 程度の小さなアルゴンクラスターに波長 60nm の FEL 光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。Ar<sup>+</sup>や Ar<sub>2</sub><sup>+</sup>等のイオンが観測されており、これらは FEL 光の照射に伴うクラスターの解離によって生成したと考えられる。飛行時間スペクトルに見られるこれらイオンの強度比は、クラスターサイズと共に大きく変化し、クラスターサイズの増大と共に Ar<sup>+</sup>等の小さなイオンが増大していることが確認された。図 2 に Ar<sup>+</sup>と Ar<sub>2</sub><sup>+</sup>イオンの運動エネルギー分布を示す。実験から得られた大きな運動エネルギーは、これらのイオンが高い価数をもつ多価イオンクラスターから放出されていることを示している。また、試料ガス圧を高く

して平均クラスターサイズを大きくすると、生成するイオンの運動エネルギーが増大しており、大きなクラスターでより著しい多価イオン化が起きている事が示唆される。

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。

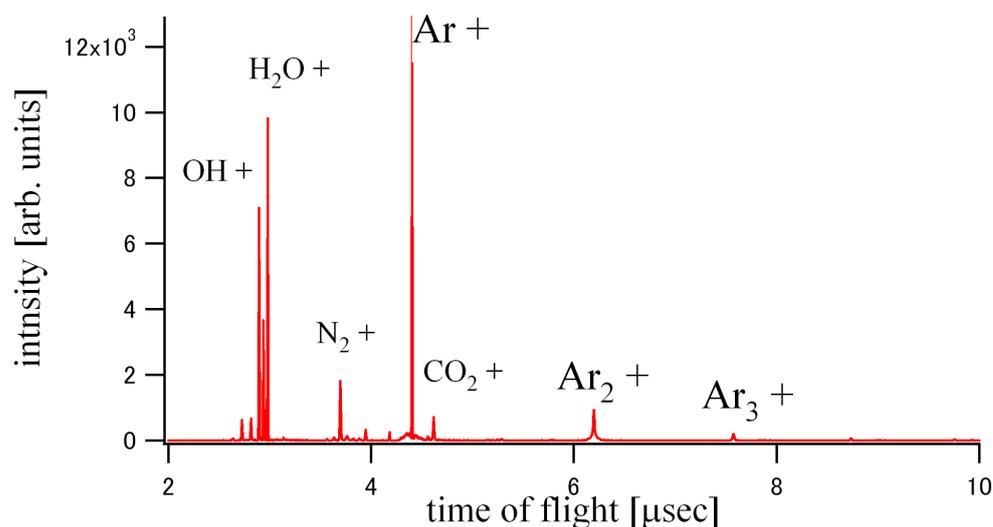


図1 試料ガス圧 1.5bar、温度 130K で生成したアルゴン・クラスタービーム（平均サイズ～10）に、波長 60nm の FEL 光を照射して得られた飛行時間スペクトル。

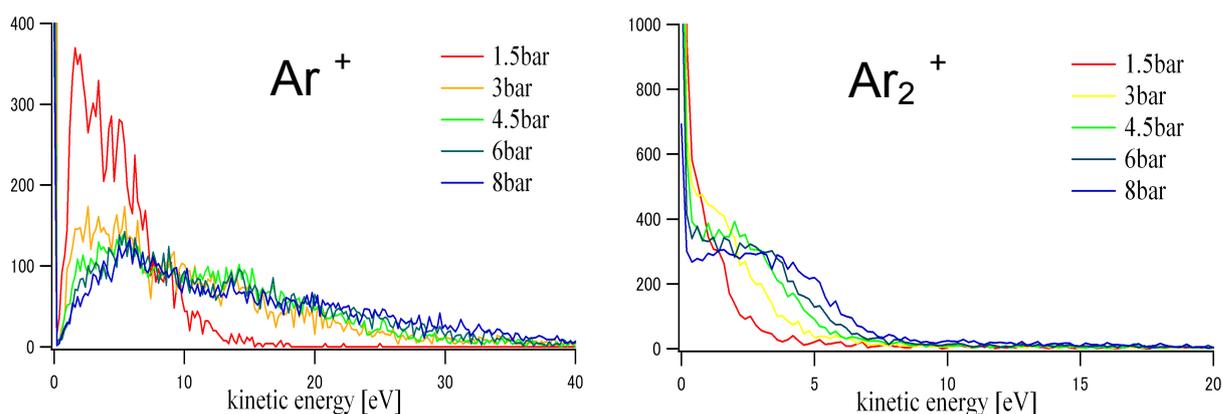


図2 Ar クラスターから生成された Ar<sup>+</sup>と Ar<sub>2</sub><sup>+</sup>イオンの運動量の試料ガス圧依存性。

- [1] H. Wabnitz *et al.*, Nature 420, 482 (2002).
- [2] I. Georgescu *et al.*, Phys. Rev. A 76, 043203 (2007).
- [3] T. Laarmann *et al.* Phys. Rev Lett. 92, 143401 (2004).
- [4] T. Shintake *et al.*, Nature Photonics (2008) in print