

1P013

## X線自由電子レーザーによる希ガスクラスターのナノプラズマ形成

(東北大・多元研<sup>1</sup>, 理研・放射光科学総合研究センター<sup>2</sup>, 京大・院理<sup>3</sup>,  
Lund Univ.<sup>4</sup>, Imperial Univ.<sup>5</sup>, 広大・院理<sup>6</sup>, Synchrotron SOLIEL<sup>7</sup>,  
Uppsala Univ.<sup>8</sup>, JASRI<sup>9</sup>)

立花 徹也<sup>1</sup>, 福澤 宏宣<sup>1,2</sup>, 本村 幸治<sup>1</sup>, 永谷 清信<sup>2,3</sup>, Johnsson Per<sup>4</sup>, Siano Marco<sup>5</sup>,  
和田 真一<sup>2,6</sup>, Mondal Subhendu<sup>1</sup>, 木村 美紅<sup>1</sup>, 伊藤 雄太<sup>1</sup>, 酒井 司<sup>3</sup>, 松波 健司<sup>3</sup>,  
林下 弘憲<sup>6</sup>, 梶川 隼平<sup>6</sup>, Liu XiaoJing<sup>7</sup>, Robert Emmanuel<sup>7</sup>, Miron Catalin<sup>7</sup>,  
Feifel Raimund<sup>8</sup>, 登野 健介<sup>9</sup>, 富樫 格<sup>9</sup>, 犬伏 雄一<sup>2</sup>, 佐藤 堯洋<sup>2</sup>, 片山 哲夫<sup>9</sup>,  
初井 宇記<sup>2</sup>, 亀島 敬<sup>9</sup>, 矢橋 牧名<sup>2</sup>, 八尾 誠<sup>3</sup>, 上田 潔<sup>1,2</sup>

### Nano-plasma formation in rare-gas clusters by the X-ray free-electron laser

(IMRAM, Tohoku Univ.<sup>1</sup>, RSC<sup>2</sup>, Kyoto Univ.<sup>3</sup>, Lund Univ.<sup>4</sup>, Imperial Univ.<sup>5</sup>,  
Hiroshima Univ.<sup>6</sup>, Synchrotron SOLIEL<sup>7</sup>, Uppsala Univ.<sup>8</sup>, JASRI<sup>9</sup>)

Tetsuya Tachibana<sup>1</sup>, Hironobu Fukuzawa<sup>1,2</sup>, Koji Motomura<sup>1</sup>, Kiyonobu Nagaya<sup>2,3</sup>,  
Per Johnsson<sup>4</sup>, Marco Siano<sup>5</sup>, Shin-ichi Wada<sup>2,6</sup>, Subhendu Mondal<sup>1</sup>, Miku Kimura<sup>1</sup>,  
Yuta Ito<sup>1</sup>, Tsukasa Sakai<sup>3</sup>, Kenji Matsunami<sup>3</sup>, Hironori Hayashita<sup>6</sup>, Jumpei Kajikawa<sup>6</sup>,  
XiaoJing Liu<sup>7</sup>, Emmanuel Robert<sup>7</sup>, Catalin Miron<sup>7</sup>, Raimund Feifel<sup>8</sup>, Kensuke Tono<sup>9</sup>,  
Tadashi Togashi<sup>9</sup>, Yuichi Inubushi<sup>2</sup>, Takahiro Sato<sup>2</sup>, Tetsuo Katayama<sup>9</sup>,  
Takaki Hatsui<sup>2</sup>, Takashi Kameshima<sup>9</sup>, Makina Yabashi<sup>2</sup>, Makoto Yao<sup>3</sup>, Kiyoshi Ueda<sup>1,2</sup>

多数の原子から構成されるクラスターでは、イオン化に際して原子では見られない現象が期待される。例えば Wabnitz らはキセノンクラスターに波長 98 nm の真空紫外領域の自由電子レーザー (FEL) を照射し、キセノン原子のイオン化では見られない多価イオン生成を見出した [1]。本研究グループでも理研播磨研究所の SCSS 試験加速器から得られる極紫外 FEL を用いて、希ガスクラスターの研究を行い、クラスターから放出された多数の電子・イオンによるナノプラズマ形成といった、クラスター特有の現象を観測している [2, 3, 4]。

本研究では、X 線領域でのクラスターの多光子光イオン化ダイナミクスの研究を目的として、本年 3 月よりユーザー運転が開始された X 線自由電子レーザー (XFEL) 施設 SACLA [5] で実験を行った。SACLA から得られる XFEL パルスを集光して希ガスクラスターに照射し、放出される電子を Velocity Map Imaging (VMI) 型分光計により観測した。特に、高エネルギーの X 線光子の多光子吸収によるナノプラズマ生成の有無とその振る舞いに着目する。

実験は SACLA の BL3, EH3 で行った。図 1 に実験装置概略図を示す。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実験チャンバーに導入した。集光点において XFEL 光はパルス超音速分子線として導入されたクラスタービームと交差する。用いた VMI 型分光計には蛍光板付きマイクロチャンネルプレート (MCP) が備え付けてあり、CCD カメラによって検出イメージを撮影した。検出できる電子の最大エネルギーは約 900 eV である。プラズマ中の電子温度を反映する高エネルギー領域にまで広がる電子を観測するため、高エネルギーに対応可能なように設計した。反応領域を通過した XFEL 光はベリリウム窓を通して大気中に導き出され、PIN フォトダイオードで検出して光強度データを得た。用いた光のエネルギーは 5 keV および 5.5 keV である。標的希ガスクラスターはクラスターサイズが 100~1000 のアルゴンクラ

スターと 100~40000 のキセノンクラスターである。測定された電子エネルギー分布は、ナノプラズマ形成を示唆するものであった。

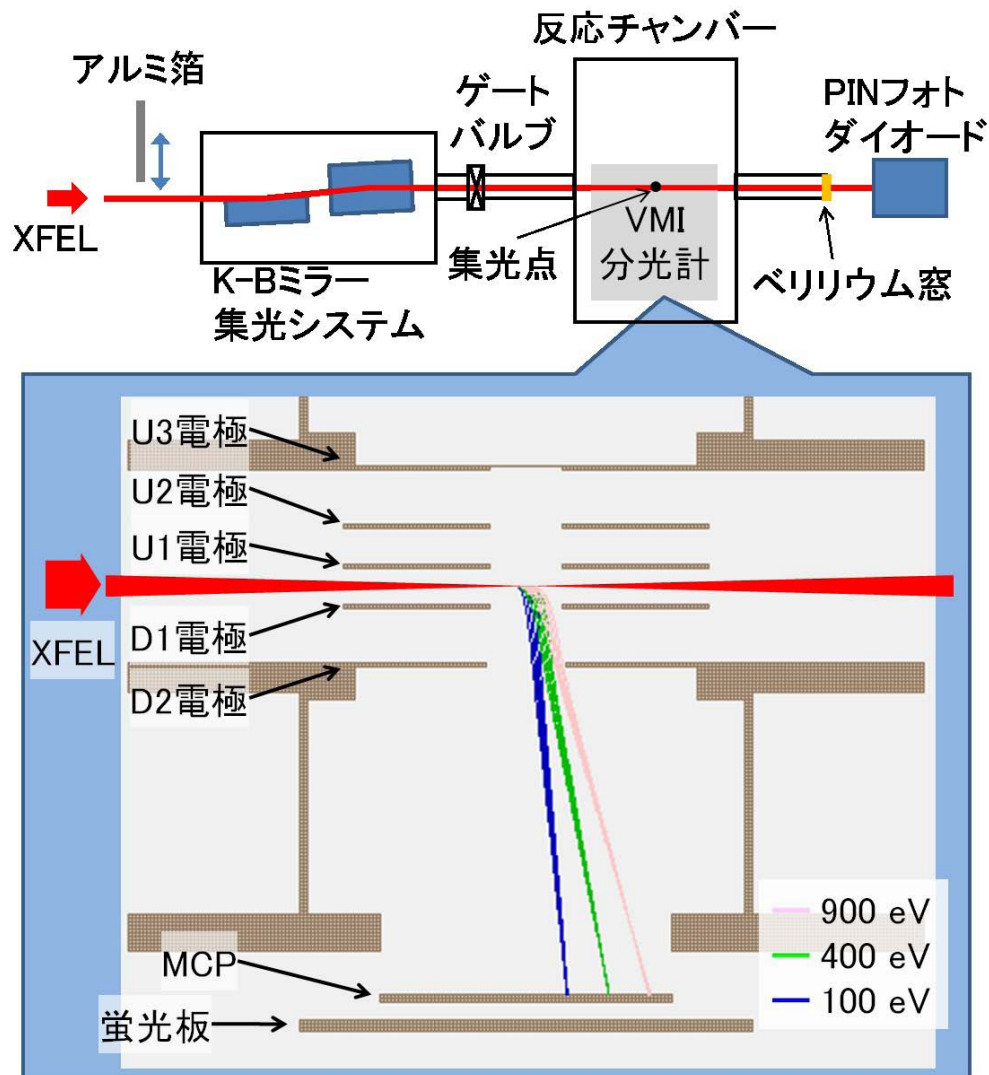


図 1. 実験装置の概略図. VMI 分光計の概略図には 100, 400, 900 eV の電子軌道シミュレーションの結果も示した.

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] H. Wabnitz *et al.*, Nature **420**, 482 (2002).
- [2] H. Fukuzawa *et al.*, Phys. Rev. A **79**, 031201(R) (2009).
- [3] H. Iwayama *et al.*, J. Phys. B **42**, 134019 (2009).
- [4] H. Iwayama *et al.*, J. Phys. B **43**, 161001 (2010).
- [5] T. Ishikawa *et al.*, Nature Photonics **6**, 540 (2012).