

クラスターターゲットから発生するレーザー加速イオンの高精度計測

The precise measurement of laser-accelerated ions from cluster-gas target

神大院海事¹, 東大院工², 量研機構関西³ ○金崎 真聡¹, 神野 智史², 榊 泰直³, 近藤 公伯³,
小田 啓二¹, 山内 知也¹, 福田 祐仁³

Kobe Univ.¹, The Univ. of Tokyo², QST-KPSI³, °Masato Kanasaki¹, Satoshi Jinno², Hironao Sakaki³,
Kiminori Kondo³, Keiji Oda¹, Tomoya Yamauchi¹, Yuji Fukuda³

E-mail: kanasaki@maritime.kobe-u.ac.jp

【はじめに】

近年、レーザー駆動による粒子線がん治療用等の小型加速器の開発を目的として、高強度レーザーを用いたイオン加速実験が世界各地の高強度レーザー施設にて盛んに行われている。我々のグループでは、固体ターゲットに比べて加速効率の高いクラスターターゲットを用いたイオン加速実験を行っている。高強度レーザーとクラスターターゲットとの相互作用によって発生するイオンは、クーロン爆発によって等方的に加速される低エネルギー成分 (<数 MeV/n) に加え、高速電子に起因する磁気双極子渦の運動によってレーザー進行方向に加速される高エネルギー成分 (≧数 MeV/n) が存在する¹⁾。これまで、高エネルギー成分に着目した計測手法を考案し、世界最大級のエネルギーである 50 MeV/n の He イオンを検出した²⁾。本研究では、加速メカニズムの解明を目的とし、低エネルギー成分に着目したイオン計測体系を構築し、クラスターターゲットから発生するイオンのエネルギースペクトル及び空間分布を計測した。

【結果と考察】

量子科学技術研究開発機構関西光科学研究所の高強度レーザー J-KAREN (1 J, 40 fs) を、H₂ を背景ガスとする CO₂ クラスターに集光し、イオン加速実験を行った。磁場を用いたスペクトロメータにおいて、CR-39 の設置場所を最適化することで、背景ガスに起因するプロトンとクラスターを構成する炭素/酸素イオンを分離して計測を行った。その後、CR-39 上に形成されるエッチピットに対してエッチングと顕微鏡観察を繰り返す多段階エッチング法を適用しエネルギースペクトルを得た。その結果、プロトンと炭素/酸素イオンの最大エネルギーはそれぞれ、 1.6 ± 0.1 MeV と 1.1 ± 0.1 MeV/n であった³⁾。一方で、イオンの空間分布の計測では、集光点を囲むように CR-39 を配置し、レーザー光を 3 ショット積算した後にエッチング処理を行った。レーザー進行方向に設置した CR-39 には、エッチピットの空間分布に粗密があり、レーザー軸上にはイオンが密集していた。一方で、レーザー進行方向に対して 45 度及び 90 度の方向には、エッチピットの粗密は観測されなかった⁴⁾。本研究で実施したエネルギースペクトル及び空間分布の高精度計測は、イオンの加速メカニズムを考察する上で重要な情報となり得た。発表では、プロトン及び炭素/酸素イオンの加速メカニズムについても言及する。

1) Y. Fukuda *et al.*, Phys. Rev. Lett. **103** (2009) 165002.

2) M. Kanasaki *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 056401; Y. Fukuda *et al.*, Radiat. Meas. **50** (2013) 92.

3) M. Kanasaki *et al.*, Plasma Phys. Control. Fusion **58**, 034013 (2016).

4) M. Kanasaki *et al.*, Radiat. Meas. **83**, 12 (2015).