

レーザーアブレーション型クラスター源における
直接生成イオンフラックスの背景ガス流依存性

Dependence of Pre-charged Ion Flux from a Laser Ablation
Cluster Source on Background Gas Stream Conditions

神内拓真, 長谷川純

Takuma JINNAI, Jun HASEGAWA,

東京工業大学

Tokyo Institute of Technology

現在, 誘導加速マイクロトロンを用いたクラスターイオンの高エネルギー加速が検討されている.*¹ 我々は, 加速器への供給を前提にレーザーアブレーションを用いたクラスター生成技術の開発を行っている. クラスタービームを加速器に供給するには, 中性クラスター粒子を電離する必要があるが, 一般にはこの電離過程はクラスター解離過程と競合するため, クラスタービーム供給量が制限される可能性がある. 一方, クラスター源から供給されるクラスタービーム中には, 中性の粒子のほか, アブレーションで直接生成されるイオンも含まれている可能性がある. このようなクラスターイオンの生成量 (フラックス) とクラスター源における動作条件 (背景ガス圧力, アブレーションレーザー照射タイミング, レーザー照射強度) との相関はこれまで明らかでなかった. 本研究の目的は, ファラデーカップを用いた総イオン電流計測, および OpenFOAM®を用いた滞留室内部の Al 蒸気挙動の数値解析を行うことでこれを明らかにすることである. また, 蒸着実験で得られた蒸着痕写真の輝度分布と, 数値計算結果との比較を行い, 滞留室内部の流体現象についても議論する.

実験配置を Fig.1 に示す. レーザーアブレーションクラスター源では, アルミニウム標的に Nd:YAG レーザーを照射し, 生成したプラズマを高圧の背景ヘリウムガスで閉じ込めながら冷却し, クラスターを生成する. これを背景ガスの噴流によって加速し, 下流に輸送することでクラスタービームとして取り出す. イオン電流計測はスキマー直後に設置されたファラデーカップを用いて行った. また, 蒸着実験ではノズル出口直後に設置されたスライドガラスにクラスタービームを蒸着させた. また, さらに後方に設置された

TOFMS により, 直接生成イオンの質量分析を行った. Fig.2(a) はアブレーションレーザー照射タイミングを変えた場合のイオンフラックスの時間波形である. レーザー照射のタイミングによってピークフラックスが異なっており, 輸送効率を最適にするような照射タイミングが存在することがわかった. Fig.2(b) は滞留室およびノズル内部の Al 蒸気挙動の数値解析結果である. Al 蒸気はビーム軸に対し非対称な分布を持ち, ノズル中心から偏った壁付近に多く輸送されることがわかった.

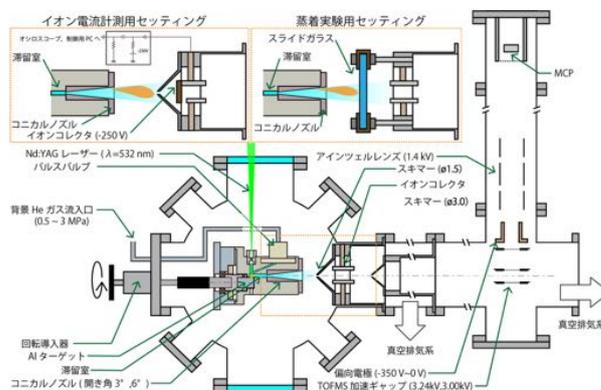


Fig. 1: 実験配置.

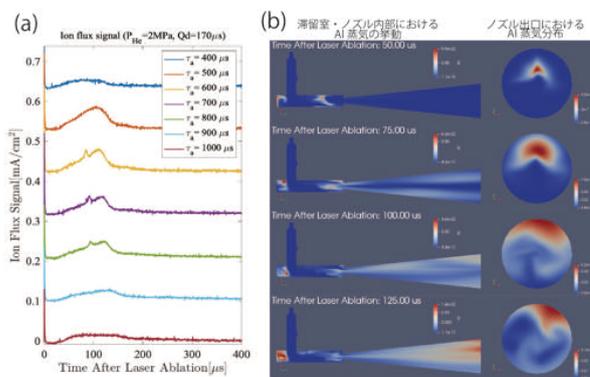


Fig. 2: (a) 典型的なイオン電流計測結果. (b) OpenFOAM®による滞留室内部における Al 蒸気挙動の数値計算結果.

*¹ Ken Takayama et al; "A Racetrack-shape Fixed Field Induction Accelerator for Giant Cluster Ions"; (2015)