

クライオ標的のレーザーアブレーションによる基板損傷軽減に関する研究 Study on mitigation of substrate damage in laser ablation of cryogenic targets

松原直暉¹, 長谷川純¹, 高橋一匡², 田村潤³, 堀岡一彦¹, 高山健⁴
Naoki Matsubara¹, Jun Hasegawa¹, Kazumasa Takahashi², Jun Tamura³
Kazuhiko Horioka¹, Ken Takayama⁴

1 東工大, 2 長岡技術大, 3JAEA, 4KEK
1Tokyo Tech, 2Nagaoka Univ, 3JAEA, 4KEK

レーザーイオン源に氷結気体標的を適用することで、高電離炭素イオンを高効率で供給可能で、標的寿命に由来する連続運転時間の制約がない重粒子線治療加速器システム用のレーザーイオン源を実現することを目指している。これまでの原理実証実験において、銅基板上に形成した固体 CO₂ 層に Nd:YAG レーザーを照射することで、高電離炭素イオンを含むプラズマの生成を確認した [1]。その一方で、固体 CO₂ 層のアブレーションに伴い銅基板の表面にも損傷が残ることが分かった [1]。この損傷は、レーザー照射後に再生されるクライオ標的表面の平滑性に影響し、レーザーアブレーションにより生成されるプラズマの再現性を悪化させ、寿命を制限する恐れがある。そこで本研究では、レーザー照射により基板損傷が生じる機構を詳細に調べ、レーザー照射条件の最適化や固体 CO₂ 層の厚み変化、材質の選定等を行うことで基板損傷の生じないクライオ標的を開発することを目的とする。クライオ標的のレーザーアブレーションがその場観測可能な実験装置の設計・製作を行なった。実験装置を Fig. 1 に示す。真空チャンバー上段にクライオ標的、レーザー入射窓があり、下段にはイオン計測用のファラデーカップが設置されている。CO₂ ガスはマスフローコントローラーを介して下段から供給される。固体 CO₂ 層の厚みを測定するために、レーザー変位センサとカメラ撮影の 2 つの手法を用いた。また、ハイスピードカメラを用いて、固体 CO₂ 層のレーザーアブレーションおよび、破碎の様子を観察した。その結果を Fig. 2 に示す。発表では、固体 CO₂ 層の厚みを変化させた場合や金

属基板の硬度を変化させた場合でそれぞれ結果を比較し、アブレーションの金属基板損傷への影響を定量的に評価する。また、金属基板損傷がアブレーション過程によるものなのか、圧縮力による塑性変形によるものなのかについても議論する。

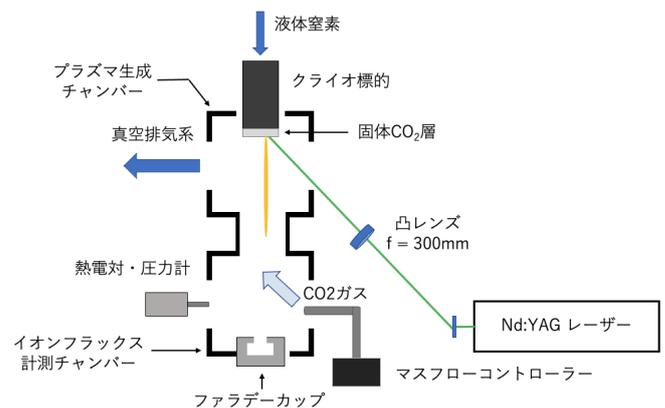


Fig. 1: 実験配置

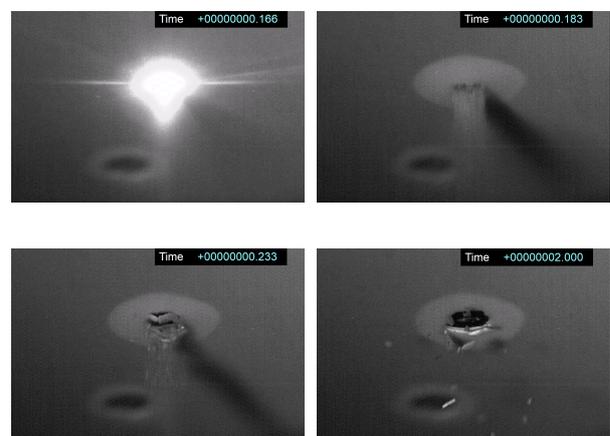


Fig. 2: アブレーションによる破碎の様子

[1] 井上湧次, "クライオ標的を用いたレーザーイオン源の炭素イオン供給特性", 学士論文, 東工大 (2022)