

kW級ICP放電型水素負イオン源における
C12A7エレクトライド表面近傍のプラズマ特性
Plasma characteristics near C12A7 electride surface
in negative hydrogen ion source with kW-class ICP discharge

清水星弥¹, 中野治久^{2,3}, 斎藤健二^{2,4}, 笹尾真実子⁵, 和田元⁵, 尾藤圭太⁵, 安藤晃¹
S. Shimizu¹, H. Nakano^{2,3}, K. Saito^{2,4}, M. Sasao⁵, M. Wada⁵, K. Bito⁵, A. Ando¹

¹東北大, ²核融合研, ³名古屋大, ⁴総研大, ⁵同志社大
¹Tohoku Univ., ²NIFS., ³Nagoya Univ., ⁴SOKENDAI., ⁵Doshisha Univ.

核融合炉の中性粒子ビーム入射装置や、原子核・素粒子物理学や物質・生命科学用の大型加速器、および医療用加速器においてセシウム (Cs) を用いない水素負イオン源の開発が求められている。Cs添加型水素負イオン源では、Csによって仕事関数が下げられたイオン源プラズマに面する金属電極 (プラズマグリッド電極 (PG)) 表面において、水素原子・正イオンから水素負イオン (H⁻) を生成 (表面生成) している。Cs被覆金属に匹敵する低仕事を持ち、なおかつ化学的・熱的に安定で加工性にも優れる日本発の機能性材料、C12A7エレクトライド (C12A7:e) がある。これまでに、数10 W級ECRイオン源においてC12A7:eのH⁻生成効果が確認されている[1]。本研究では、C12A7:eを用いた水素負イオン源の大電流化に向けた基礎研究として、放電電力1.2 kW (13.56 MHz) の誘導結合プラズマ (ICP) 源を製作し (図1)、先行研究に比べて高放電電力下でのH⁻生成を検証することが目的である。

ICP源は内径40 mmの石英管に巻いたコイルにより放電を行う。下流にはPGを模した試料台を設置してある。試料台近傍で 10^{16} m^{-3} 以上の高密度プラズマを得るためにリング型ネオジウム磁石によるコイル軸に沿った磁場を形成した。試料台に設置したC12A7:e表面で生成されたH⁻の崩壊を抑制するためには、試料台近傍の電子温度を $\sim 1 \text{ eV}$ まで低下させる必要がある。そこで、試料台とコイルの間にネオジウム磁石を用いて横磁場 (フィルタ磁場) を生成した。

試料台にSUS304とC12A7:eのそれぞれにおいて、試料台近傍の静電プローブ計測を行った (図2)。この際試料台と装置は絶縁されており、試料台はフローティングである。イオン飽和電流 I_{is} はイオン密度すなわちプラズマ密度に比例する。一方、H⁻密度が増加すると準中性条件を満たすように電子密度が減少するため、電子飽和電流 I_{es} は I_{is} に比べて相対的に減少する。SUS304とC12A7:eでの飽和電流比 I_{es}/I_{is} を比べると、C12A7:eの方が I_{es}/I_{is} が小さい。これは、kW級放電電力を用いた本ICP源において、C12A7:e表面でH⁻が生成されている傍証である。

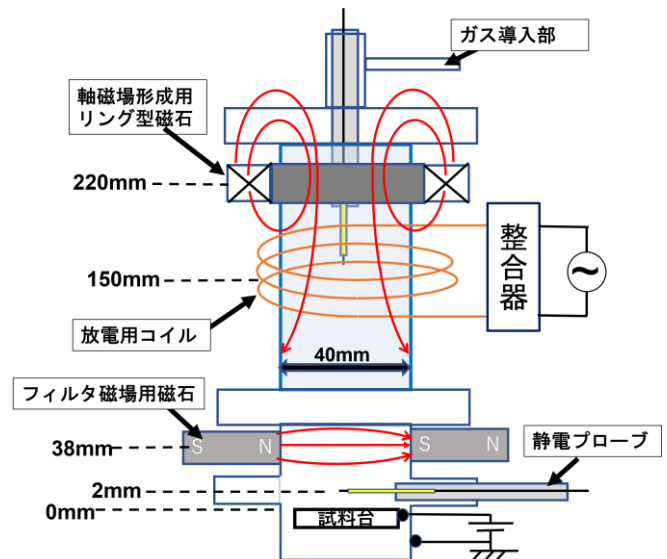


図1. 誘導結合プラズマ(ICP)源の概略図

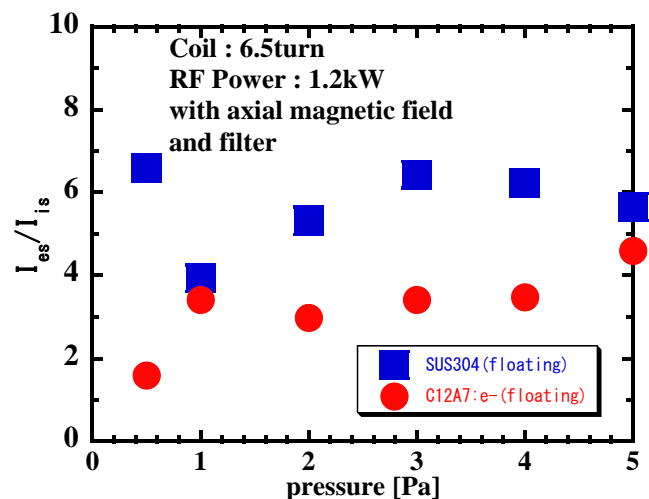


図2. SUS304 と C12A7:e使用時の試料台近傍における静電プローブの飽和電流比

[1] T. Eguchi *et al.*, Rev. Sci. Instrum. 91, 013508 (2020).