

磁化シートプラズマを用いた非Cs型負イオン源の随伴電子低減特性 Characteristics of co-extracted electrons reduction for the Cs-free negative ion source using magnetized sheet plasma

五家大我¹、大沼龍一¹、神永啓希¹、瀧本壽来生^{1,2}、利根川昭¹、
佐藤浩之助^{3,4}、河村和孝¹
T. Goka¹, R. Onuma¹, H. Kaminaga¹, T. Takimoto^{1,2}, A. Tonegawa¹,
K. N. Sato^{3,4}, K. Kawamura¹

¹ 東海大、² 学振特別研究員PD、³ 東京理科大、⁴ 中部電力

¹ Tokai university, ² JSPS Research Fellow (PD), ³ Tokyo University of Science,

⁴ Chubu electric Power Co. Inc.

現在、ITERなどの核融合装置のプラズマ加熱方法として負イオンを用いた中性粒子ビーム(NNBI)加熱がある。このNNBI装置に用いられる負イオン源では、セシウム(Cs)を添加する表面生成法により高密度の負イオン生成が可能である。しかし、Cs蒸気導入に伴うメンテナンスや絶縁破壊などの課題が多く、長時間運転を行う原型炉では、非Cs型負イオン源が必要とされている。

本研究室では、シートプラズマ生成装置(TPDsheet-U) (図1)を用いて、体積生成法による非Cs型負イオン源の開発を行っている[1]。しかし体積生成法を用いた負イオン源では、負イオンビームを引き出す際に大量の随伴電子が引き出されるため、引き出し電極(EG)への熱負荷が大きいために課題となっている。この課題を解決するため、SMF(Soft Magnetic material plate for Filter)を利用した随伴電子の分離機構を考案した[2]。SMFを引き出し孔近傍の電極に設置することで局部的に湾曲させた磁力線に電子を捕捉し、随伴電子電流を低減させることができる(図2)。従来までに放電電流50 Aでの随伴電子電流密度を最大で15 mA/cm²から1.3 mA/cm²に減少させることに成功している[2]。今回は、引き出し電極(PG)とSMFの間に銅スペーサーを設置することにより、SMFによるフィルター磁場分布が、随伴電子電流密度に与える影響を評価し、最適なSMFの配置を決定することを目的とする。

本実験では、(i)引き出し孔近傍にSMFのみを設置した場合、(ii)SMFとその内側にスペーサーを設置した場合、(iii)何も設置していない場合の3種類の実験を行った。(i)ではSMFの厚さを0.2, 2.0mm、(ii)ではスペーサーの厚さを0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.8mmと変化させ、引出し電流密度への影響を調べた。放電電流80 A、ガス圧力0.3 Paの条件において、随伴電子電流密度の特性は、銅スペー

サーの厚さ0.5mmを最小値とした下に凸の放物線が確認された。厚さ0.2 mmのSMFと0.5 mmのスペーサーを設置することで、随伴電子電流密度 J_e が6.74 mA/cm²から2.45 mA/cm²と減少する一方、負イオン電流密度 I_H は5.18 mA/cm²から4.85 mA/cm²とわずかな減少にとどまった。この時、随伴電子電流に対する負イオン電流比 I_e / I_H は0.51となった。以上の結果から、PG周辺の磁場分布を変化させることは、高い負イオン電流密度を維持しながら、随伴電子電流を低減させることに有効であることを明らかにした。

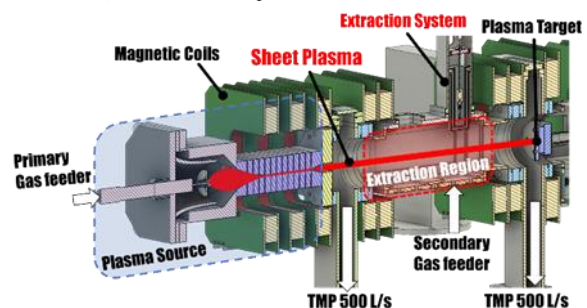


図1 シートプラズマ生成装置TPDsheet-U断面図

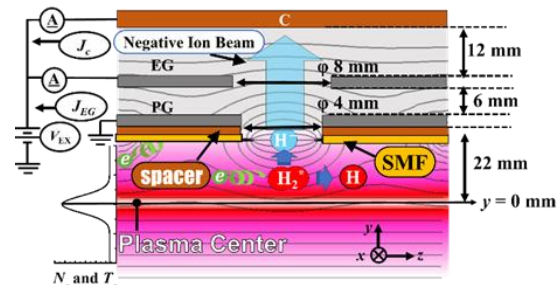


図2. 引き出し電極と分離機構SMFの概略図

- [1] A. Tonegawa *et al.*, Nucl. Fusion **61** (2021) 106030.
[2] H. Kaminaga, *et al.*, Fus. eng. des. **168** (2021) 112676.