

直線型装置TPDsheet-Uにおける高温・高密度プラズマの生成とその非接触化 Generating detached plasma from high-temperature and -density plasma in the linear plasma device TPDsheet-U

瀧本壽来生^{1,2}, 岡田尚徳¹, 利根川昭¹, 佐藤浩之助^{3,4}, 河村和孝¹

Toshikio Takimoto^{1,2}, Naonori Okada¹,

Akira Tonegawa¹, Kohnosuke Sato^{3,4}, Kazutaka 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 Univ., ² JSPS Research Fellow (PD), ³ Tokyo Univ. Sci., ⁴ Chubu Electric Co. Inc.

ダイバータへの熱負荷に対する対策として、非接触プラズマが研究され、現在では原型炉で要求されるさらなる熱除去能力のために、先進磁場配位が研究されている。これらの研究は、トーラス装置において、その有用性を証明する成果が報告されているが、詳細な計測や物理機構の解明、シミュレーションとの橋渡しには、直線型プラズマ装置での基礎研究が重要である。本研究室の直線型ダイバータ模擬装置TPDsheet-U [1]は、ダイバータと同様のシート形状の高密度プラズマが生成可能な装置である。本装置では、水素プラズマにおいて非接触プラズマを定常的に生成可能であるため、非接触プラズマの詳細な計測と磁場などの条件の変更が容易に可能であるという利点を有しており、これまでに非接触プラズマと先進磁場配位に関する研究において成果をあげてきた[2-4]。

しかし、核融合装置におけるダイバータプラズマに対して、本装置を含む直線型装置のプラズマは、一部パラメータにおいてその域に到達していない。特に電子密度とイオン温度は、非接触プラズマの生成に寄与するパラメータであり、核融合装置と直線型装置の間で非接触プラズマの生成に違いが生じる要因の一つと考えられる。そこで我々は、ダイバータ熱負荷低減策である非接触プラズマと先進磁場配位に関する研究を進めるとともに、本装置の電子密度とイオン温度を向上させるための第二陽極の設置とイオンサイクロトロン共鳴加熱を計画している。今回の発表では、原型炉での使用を主として研究が進められている先進磁場配位を模擬した湾曲発散磁場における非接触プラズマの生成実験と、改修計画の全容および準備状況と今後の展望について報告する。

実験では、湾曲発散磁場下での非接触プラズマ生成が磁場の発散領域よりも上流の領域で始まり、放射フロントも同様に上流部に形成されていることがICCD等による可視光計測から確認された(図1(b))。これは、非接触化に十分なプラズマ密度が磁場発散領域より上流に限られたため

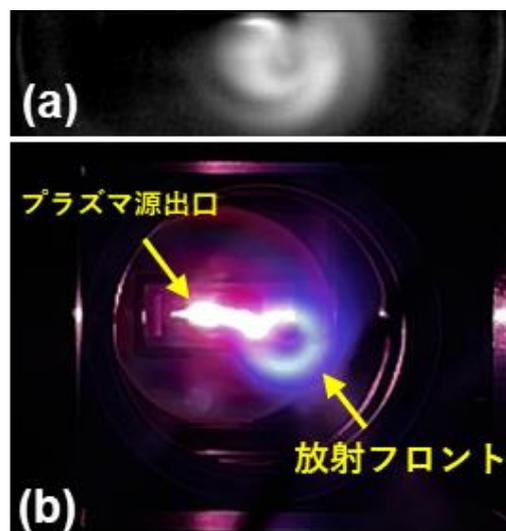


図1. TPDsheet-Uにおいて生成した非接触プラズマにおける放射フロントの写真。(a)は高速度カメラによる放射フロント付近のプラズマ発光部の様子。反時計方向に回転している様が捉えられている。(b)は同様に放射フロントを捉えた通常のカメラによる写真(実験条件は異なる)。プラズマ源から放射フロントまでの距離はおよそ0.9mである。

と考えられる。また、放射フロントの周辺からプラズマが回転(10~20 kHz)しながら下流に流出している様子が、高速度カメラにより観測された(図1(a))。先行研究[5]より、この回転はExBドリフトにより駆動されることが考えられる。この現象によって、プラズマが周辺に分散されることにより、熱負荷の広域化が期待される。今後の装置改修による密度の向上により、終端部方向に放射フロントが移動することや、熱負荷の広域化への効果に変化することが予想される。

[1] A. Tonegawa *et al.*, 2021 Nucl. Fusion **61** 106030.

[2] T. Takimoto *et al.*, 2017 Fusion Eng. Des. **124** 235-238.

[3] T. Takimoto *et al.*, 2019 Nucl. Mater. Energy. **19** 352-357.

[4] T. Takimoto *et al.*, 2019 PFR **14** 2405113 (3pp.).

[5] H. Miyamatsu *et al.*, 2020 J. Advanced Sci. **32** 32105.