

小型プラズマフォーカス装置で生成した高速プラズマ流の進展およびプラズマパラメータの計測 Measurement of fast plasma flow evolution and plasma parameters driven by plasma focus device

小口拓哉, 松山隼, 重田宗明, 竹崎太智, 佐々木徹^a, 伊藤弘昭
T. Oguchi, J. Matsuyama, M. Shigeta, T. Takezaki, T. Sasaki^a, H. Ito
富山大学, ^a長岡技術科学大学
University of Toyama, ^aNagaoka University of Technology

宇宙空間には宇宙線と呼ばれる高エネルギー粒子が飛び回っており、その特徴は最大エネルギーが 10^{20} eV に到達すること、そして非熱的なエネルギー分布関数を持つことである。宇宙線の生成機構として、無衝突衝撃波が挙げられているが、詳細な物理過程は明らかにされていない [1]。この物理過程を解明するため、実験室で無衝突衝撃波を再現し、観測する実験室宇宙物理が精力的に行われている。実験室での無衝突衝撃波の再現には、希薄ガス中での高速プラズマ流の生成が必要である。我々はプラズマフォーカス装置 (PF) を用いたパルスパワー放電による高速プラズマ流の生成を提案している [2,3]。PF装置は高繰り返しで無衝突プラズマの生成が可能であるが、希薄ガス中での放電プラズマの生成は、PFの一般的な流体力学的モデルが適用されず、内部のプラズマ挙動や生成されたプラズマ流の特性が不明瞭である。そのため、PF電極内部でのプラズマの生成過程、および生成されたプラズマ流のパラメータ評価が必要である。本研究ではPF装置で駆動された高速プラズマ流の評価のため、光ファイバーでのプラズマ挙動の観測と、ファラデーカップ (FC) によるイオン電流計測を行った。

図1にPF装置構成の概要図を示す。PF装置はアノード電極とカソード電極、およびインシュ

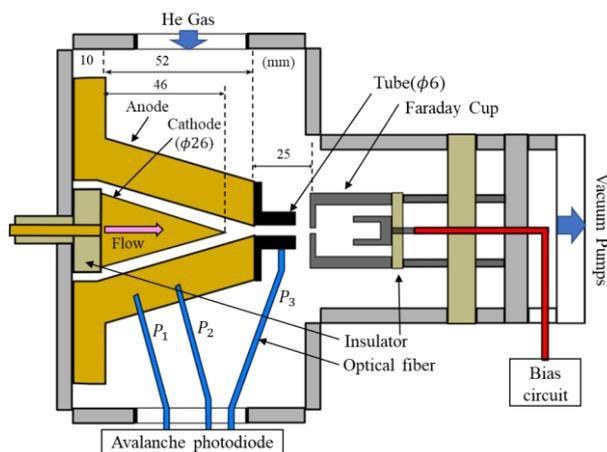


図1 小型プラズマフォーカス装置の概要図

レーターにより構成され、放電時の大電流と電流自身の自己磁場によるローレンツ力で電極軸方向にプラズマシートが加速される。電極先端ではピンチ効果によりプラズマが圧縮され、高温・高密度の熱プラズマが生成される。本研究ではコーン型のカソード電極と六本の柱状型のアノード電極を使用した。また、アノード先端に内径 6 mm の絶縁体チューブを設置し、生成されたプラズマをガイドすることで、プラズマ流を駆動する。電極内部のプラズマ挙動を観測するため、3本の光ファイバー ($P_1 \sim P_3$) をカソードの底面からそれぞれ 10, 30, 67 mm の位置に設置し、観測されたプラズマ自発光をフォトダイオード (S8664-10K) で検出した。また、アノード先端から 25 mm の位置に FC を設置し、イオン電流を計測した。充電電圧 -12.5 kV、コンデンサバンク $7.7 \mu\text{F}$ とし、He ガス 0.5 Pa 雰囲気中で放電した結果、PF装置には最大 -68 kA、周期 $7.5 \mu\text{s}$ の放電電流が流れていることが分かった。また、光ファイバーによるプラズマ自発光計測の結果から、プラズマシートは時間とともにカソード先端まで進展し、FC に飛来することが示された。 $P_1 \sim P_3$ の出力最大値の時間差から Time of Flight (TOF) 法によりプラズマ流速を算出した。TOF 法より、電極内部のプラズマ流速は約 25 km/s、電極から射出されたプラズマの流速は約 15 km/s であった。また、FC で観測されたイオン電流波形から TOF 法で求められた流速は約 13 km/s であった。これらの結果から、PF で生成されたプラズマ流はプラズマ加速過程とピンチ過程で異なる流速で電極軸上を進展していることが明らかとなった。また、FC で検出されたイオン電流はピンチ過程後に射出されたプラズマ流であることが示された。

- [1] Y. Sakawa, *et al.*, J. Plasma Fusion Res. **92**, pp. 73-77 (2016).
[2] T. Sasaki, *et al.*, JPS Conf. Proc. **1**, 015096 (2014).
[3] T. Takezaki, *et al.*, Phys. Plasmas **23**, 062904 (2016).