

## 小型プラズマフォーカス装置での プラズマ進展速度のガス圧依存性

加藤 青吾・小口 拓哉・松山 準・竹崎 太智・伊藤 弘昭（富山大学）

### 1. はじめに

宇宙空間では宇宙線という高エネルギー粒子が観測されているが、詳細なエネルギー増加過程は明らかにされていない。宇宙線の生成・エネルギー増加機構を理解するために、宇宙空間のプラズマと似たプラズマを実験室で生成することが要求されている。実験室で宇宙空間のプラズマを再現するためには、高速なプラズマ流の生成が必要となる。

本研究ではパルスパワー放電によるプラズマフォーカス技術を利用することで、実験室で高速プラズマ流を生成する手法を提案する。プラズマフォーカスでは、同軸上に配置された内部電極と外部電極間で沿面放電を起こし、電極間にプラズマシートを形成する。放電電流と電流自身が誘起する磁場とのローレンツ力によって、プラズマシートは軸上に運動を始め、先端に近づきながら中心方向に収縮する。先端に到達したプラズマシートは強いピンチ現象を起こし、内電極先端に高エネルギー密度プラズマが生成される。プラズマフォーカスではローレンツ力によりプラズマを加速・圧縮するため、電極内部でのプラズマの動的挙動がプラズマ流速を決定する [1]。本実験では宇宙プラズマとの相似則を満たすため、低圧力領域でのプラズマフォーカスの動作が必要となる。しかし、低圧領域ではパッシュンの法則が適用されないため、電極内での放電箇所や電流経路の生成が安定せず、プラズマ流の再現性が低いという課題がある [2]。そのため、低圧領域で再現性よくプラズマフォーカス装置を動作するには、プラズマフォーカス電極内部でのプラズマ挙動を評価する必要がある。

本研究では電極内部でのプラズマ挙動について計測が容易な柱状型電極を用いたプラズマフォーカス装置を構築し、光ファイバーを用いたプラズマ自発光計測により電極内部でのプラズマ進展速度を評価した。

### 2. 実験装置

図 1 に本研究でのプラズマフォーカス装置の構成を示す。装置はパルスパワー発生回路、プラズマフォーカス用の真鍮製電極、真空系統と流入する雰囲気ガス系統、および放電電流やプラズマ流の計測系統で構成される。雰囲気ガス種を He とし、真空容器内のガス圧を 0.5~50 Pa の範囲で調整した。コンデンサの容量を 1.1  $\mu\text{F}$ 、充電電圧を 27 kV として、ピーク電流 50 kA、周期 2.4  $\mu\text{s}$  のパルス電流をプラズマフォーカス電極に投入した。プラズマの自発光を計測する光ファイバー (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>) は柱状型カソードの軸方向に対して 20mm の間隔を空けて設置された。プラズマシートが軸方向を移動し、光ファイバーを通過した時のプラズマ自発光をアバランシェフォトダイオード (APD) により計測した。

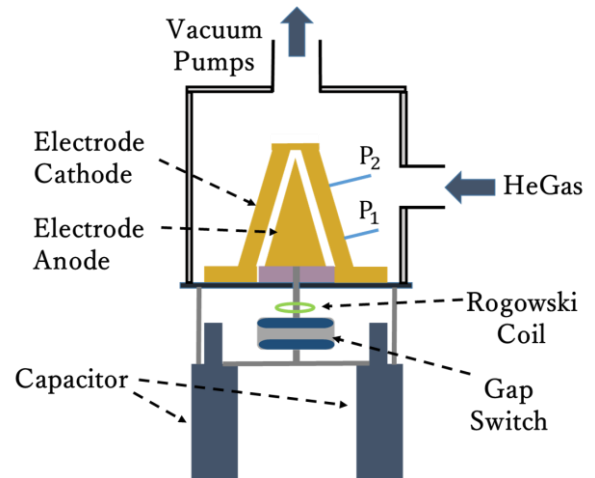


図 1 実験装置の概略図

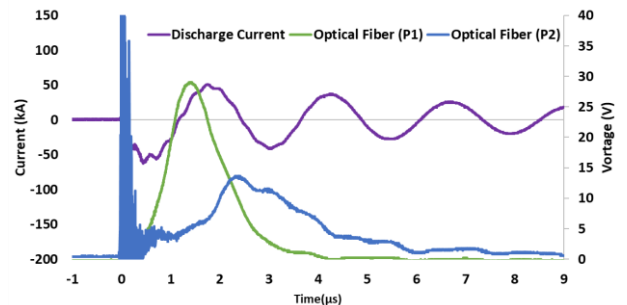


図 2 電極内部のプラズマ自発光の計測結果

### 3. 実験結果

図 2 に電極内部でのプラズマ自発光計測の結果を示す。この時の雰囲気ガス圧は 1 Pa である。図 2 はログスキューコイルで計測した放電電流波形、および各ファイバーでの APD 出力電圧波形を示す。図 2 より、軸方向下側のファイバー (P<sub>1</sub>) と軸方向上側のファイバー (P<sub>2</sub>) との信号ピークの時間差は 0.97  $\mu\text{s}$ 、ファイバー距離は 20 mm であるため、プラズマシートの進展速度は 20.6 km/s と算出できる。本実験ではガス圧を 0.5~50 Pa の範囲で調整し、雰囲気ガス圧に対するプラズマシート進展速度を評価した。実験結果の詳細や考察は発表にて報告する。

### 参考文献

- [1] J. Larour, *et al.*, "Optimization of an electromagnetic generator for strong shocks in low pressure gas", *High Energy Density Phys.* **17**, 129–134 (2015).
- [2] T. Takezaki, *et al.*, "Accelerated ions from pulsed-power-driven fast plasma flow in perpendicular magnetic field", *Phys. Plasmas* **23**, 062904 (2016).