

O-43

## 放電パルス制御によるガンスフェロマックの生成効率の向上

### Dependency of a formation efficiency of Gun Spheromak on discharge pulse length

○ 藤田侑希<sup>1</sup>, 山崎翠<sup>1</sup>, 高津幹夫<sup>2</sup>, 板垣宏知<sup>3</sup>, 浅井朋彦<sup>4</sup>, 平野洋一<sup>4</sup>, 小口治久<sup>5</sup>  
 \*Fujita Yuki<sup>1</sup>, Yamazaki Midori<sup>1</sup>, Takatu Mikio<sup>2</sup>, Itagaki Hiroto<sup>3</sup>, Asai Tomohiko<sup>4</sup>,  
 Hirano Yoichi<sup>4</sup>, Koguchi Haruhisa<sup>5</sup>

Abstract: Improvement of formation efficiency of gun spheromak plasma by control of discharge pulse form has been conducted. The gun spheromak is generated by a magnetized coaxial plasma gun and ejected into an axial guide field region. Then the spheromak travels along the guide field and lose particle and magnetic flux inventory. To evaluate formation efficiency, the transport efficiency of magnetic helicity during translation process of spheromak has been measured. Global magnetic profile and its time evolution has been measured spatially arranged magnetic probe array.

#### 1. はじめに

核融合炉心プラズマへの高効率な燃料粒子及び磁気ヘリシティ供給法の確立を目的として、磁化同軸ガンを用いたスフェロマックプラズマの移送実験を行っている。通常スフェロマック入射実験では、金属製ドリフト管を用いたものが一般的であるが、本実験装置では対象となるトラス容器との絶縁や不純物混入量の低減、また、外部からのプラズマパラメータ制御の可能性から、垂直磁場を印加した誘電体管中へスフェロマックを移送させることを試みている。

準直流放電及び周波数50kHzでの繰り返し放電にて生成されたスフェロマックプラズマを、垂直磁場領域に射出・移送する実験において、磁化同軸プラズマガンに引加する放電パルス長を短くした場合、プラズモイドの電子温度や電離効率の上昇、方位角方向への回転速度の上昇、および放電管内での大域的安定性の向上などの効果が観測された。逆に放電パルス長を長くした場合では、ガンからの電流パスが切れることなく供給され続けるため高いエネルギーを維持することが観測されている。このことを踏まえ、放電パルス長の違いによるプラズモイドの生成効率の違いを検証することで、粒子、磁気ヘリシティの輸送に最適な実験条件を見出すことを目的としている。

今回は、放電管壁面に方位角方向に設置された磁気プローブなどにより、スフェロマックの大域的振る舞いを観測することで、磁気ヘリシティの輸送効率と放電パルス長の依存性を検証した。

#### 2. 実験装置・原理

##### (1) 磁化同軸ガン

本実験で使用した磁化同軸プラズマガンおよび実験装置の概略図をFigure 1に示す。本装置はスフェロマックを生成する磁化同軸プラズマガン、移送・保持領域となる放電管及び外部垂直磁場コイル、ガス導入・排気系から構成されている。ガン本体は外径20[mm]の内部電極と内径40[mm]の外部電極で構成されている。外部電極の周りには磁化磁場コイルが巻かれており、これによりバイアス磁場が印加される。外部電極に取り付けられている12箇所のポートのうち、本実験では $z = -6$ [cm]に設置された上下2箇所ポートから、プラズマ生成用のヘリウムガスを注入する。ガンの電極間に電圧を印加することで絶縁破壊が生じ、プラズマが生成され、電流とトロイダル磁場の間に生じるローレンツ力により、プラズマはガン前方に射出される。このとき、バイアス磁場による電磁誘導でトロイダル電流が駆動されトロイダル磁場が誘起される。ガンから射出されたプラズモイドの後方で磁気再結合が起こり、閉じた磁場配位であるスフェロマックが形成される。

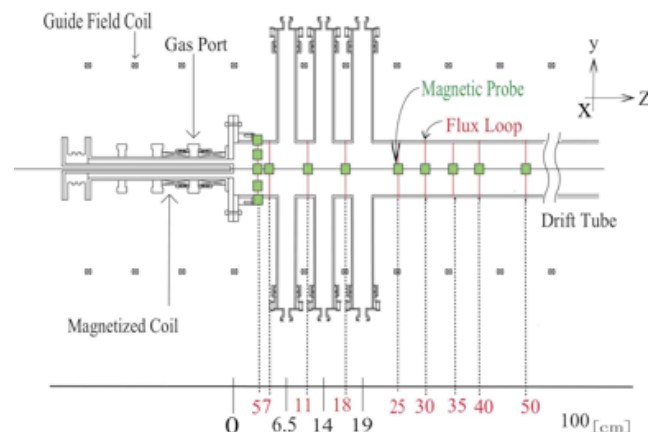


Figure 1. Schematic diagram of experimental setup.

1 : 日本大学・院・物理, 2 : 日本大学・学部・物理, 3 : 東京大学・院・物理, 4 : 日本大学・教員・物理, 5 : 産総研

(2) 垂直磁場領域

一般的にスフェロマックプラズマを始めとした磁場閉じ込めプラズマは金属容器内に保持される。これは、磁束保持容器(Flux conserver)としてはたたく金属容器壁に誘起される渦電流により圧力平衡が維持しプラズモイドを移送するためである。これに対して本装置では、対象となるトーラス容器との絶縁や不純物混入量の低減、また、外部からのプラズマパラメータ制御の可能性から金属容器ではなく絶縁体放電管を使用している。このため、スフェロマックプラズマのトロイダル磁場に対して垂直方向に磁場を印加し径方向の圧力平衡を維持している。この外部垂直磁場コイルは 1 段 26 巻を 7[mm]間隔で配置したソレノイド状になっており、スフェロマックの生成・保持時間に対して準定常的になるような垂直磁場を生成している。

(3) トランス結合放電回路

Figure 2に放電電流波形を示す。本装置の最大の特徴はトランス結合放電回路の使用による放電電流の整形である。これにより準直流放電および周波数50kHzの繰り返し放電の放電パルス長の異なる 2 種類のプラズマを生成することができる。一般的な磁化同軸プラズマガンによるプラズマの生成にはコンデンサー放電が用いられるが、スフェロマックの合体やヘリシティ供給面で考えたとき、トランス結合回路を使用することで、同極性のプラズマを連続して生成することが出来る。

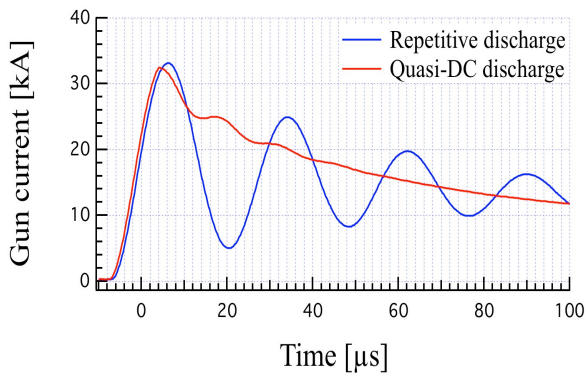


Figure 2. Time evolution of gun current.

3. 実験結果

垂直磁場領域における、磁化同軸プラズマガンのプラズマ生成時のインピーダンスの時間変化をFigure 3, 4に示す。準直流放電ではインピーダンスの変化がほぼないの

に対し繰り返し放電では 1 発目と 2 発目のパルスの谷の部分にかけて急峻な変化を生じている。これは繰り返し放電においては電流経路のつなぎ代わりが起きているものと推測され、最初のパルスで作られたプラズマは電極と切り離され孤立化していると推定される。

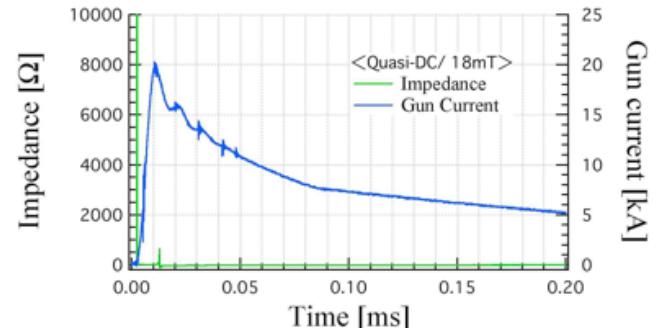


Figure 3. Time evolution of Impedance (Quasi-DC discharge).

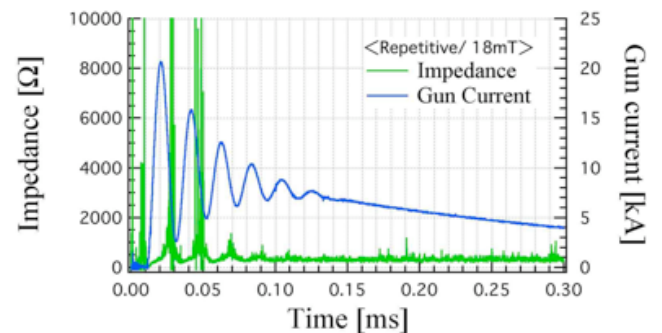


Figure 4. Time evolution of impedance (Repetitive discharge).

4. まとめ

放電パルス長の違いによるインピーダンスの時間変化より、繰り返しパルス放電では孤立した磁場構造が形成されていることがわかった。今後、この磁場構造の違いとプラズマの生成効率の依存性を評価する計画である。

また、外部磁場の形状を変化させることによっておこるスフェロマックの生成効率の違いや、粒子、磁気ヘリシティの輸送効率の変化についても検証を進める。