

新藤友里¹, 大西裕馬¹, 小林大地¹, 浅井朋彦¹, 井通暁², 小口治久³
 SHINDO Yuri¹, ONISHI Yuma¹, KOBAYASHI Daichi¹, ASAI Tomohiko¹,
 INOMOTO Michiaki², KOGUCHI Haruhisa³

¹日大理工, ²東大, ³産総研
¹Nihon Univ., ²Univ. Tokyo, ³AIST

1. 背景・目的

回転磁場 (Rotating Magnetic Field : RMF) は, 柱状のプラズマに方位角方向の電子電流を駆動する手法である^[1]. 主に電子を加速することでプラズマを維持するため, 低イオン温度特性を持つ定常プラズマ源の実現が期待され, 特に単色性が重要な計測用ビームプローブへの適用を目指して研究を進めている. この方式では, プラズマの生成・維持, および閉じ込め磁場の形成を, RMF形成用の多極アンテナおよびインバータ電源のみで行うことが可能であり, シンプルでコンパクトな定常プラズマ源を実現することが期待される.

多くの場合, RMFによるプラズマ生成では2相4極アンテナが用いられる^[2]. 小型のプラズマ源を構成する場合, 2相4極アンテナでは対向するインダクタンスのカップリングにより位相差の精密な制御が困難であったことから, 制御性の向上のため3相3極アンテナを提案した. 3相3極アンテナによる実験では, 電源により制限されるまでの約2秒間, 定常的にプラズマを生成することに成功した. 3相3極アンテナでは, 径方向の発散磁場による電流駆動により, チェンバー壁付近の電子が主に加速される. そこで, 本研究では3相6極アンテナによりプラズマを生成, トロイダル電流を駆動することで, 閉じ込めやプラズマ生成効率の向上を試みる (図1).

2. 研究概要

(1) 式のように, イオンサイクロトロン周波数 ω_{ci} よりも十分に高い周波数でRMFを印加すると, 電子だけが選択的にRMFに捕捉され, プラズマ柱にトロイダル方向の電子電流 j_θ が駆動される.

$$\omega_{ci} < \omega_{RMF} \ll \omega_{ce} \quad (1)$$

ここで ω_{ce} は電子サイクロトロン周波数, ω_{RMF} はRMF周波数である.

また, RMFにより駆動された電子電流の外部に軸方向定常磁場を印加することで, 径方向の圧力平衡を維持し, 磁場反転配位 (Field-Reversed Configuration : FRC)^[3]様の磁力線構造を形成できると期待される. このFRC様の磁場配位によりプラズマの閉じ込めを向上し, プラズマ源としての生成可能なパラメータ領域の拡大を目指す.

3. 装置概要

実験装置の概要を図2に示す. RMFアンテナは, 直径70 mm, 長さ700 mmの透明石英製真空容器の外側に設置し, 外部磁場印加のためのヘルムホルツコイルを設置した. 動作ガスはアルゴンを用いた.

4. 研究結果

3相6極アンテナによって生成されるプラズマの特性を評価するため, 光学計測等を試みた. 3相6極アンテナを用

いたRMF印加時のプラズマの発光スペクトルについて, 同じ入力電力で各アンテナを同位相で駆動し振動磁場を印加した場合と比較した. これらのケースにおけるアンテナ電流の周波数は, 約300 kHzである. RMF印加時では, 振動磁場の場合と比較してAr I (750.4 nm, 763.5 nm) やAr II (419.9 nm) の強度が増加することが観測された (図3). 放射光強度や内部磁場構造, 密度・温度の時間発展を観測し, 閉じた磁場構造の形成とプラズマ性能の相関について検証を進める.

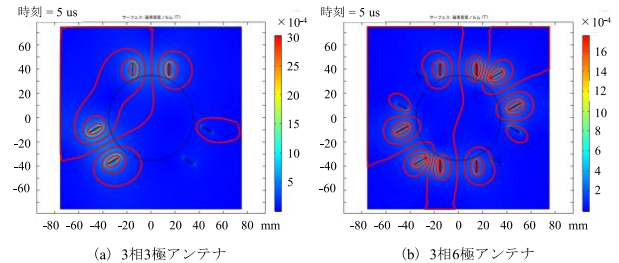


図1 形成される回転磁場構造の極数依存性

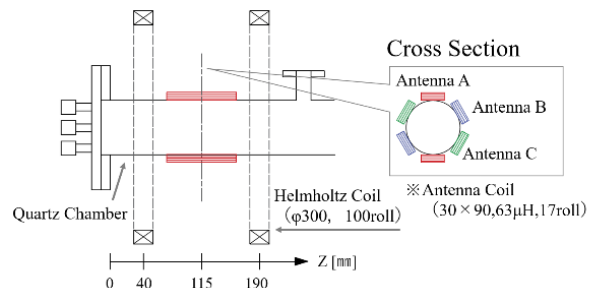


図2 実験装置概要

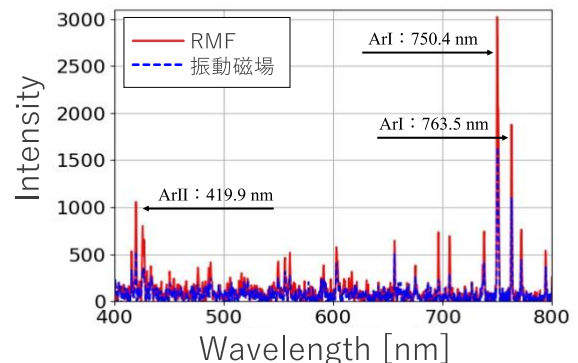


図3 生成されたプラズマの発光スペクトル

5. 参考文献

- [1] H. A. Blevin et al., *Nuclear Fusion Supplement* **1**, 55, (1962).
- [2] T. Kondo et al., *J. Appl. Phys.* **114**, 113303 (2013).
- [3] A. L. Hoffman et al., *Fusion Science and Technology* **41**, 92 (2002).