

# 球状RFP装置RELAXプラズマの高速ガスパフによる高密度化 High-speed gas injection to spherical RFP RELAX to attain high-density regime

石井豪, 政宗貞男, 三瓶明希夫, 比村治彦, 田中裕之, 西村香苗, 上羽涼太,  
小寺良典, 秋山毅志<sup>1</sup>, 水内亨<sup>2</sup>

Go ISHII, Sadao MASAMUNE, Akio SANPEI, Haruhiko HIMURA, et al.

京都工芸繊維大学, 核融合研<sup>1</sup>, 京都大学<sup>2</sup>  
Kyoto Institute of Technology, NIFS.<sup>1</sup>, Kyoto University<sup>2</sup>

逆磁場ピンチ(RFP)は、核融合装置におけるプラズマの環状磁場閉じ込め方式の1つであり、弱い外部トロイダル磁場で、高温・高ベータプラズマの閉じ込めが可能である。RELAXはアスペクト比(大半径  $R_0 = 508$  mm、小半径  $a = 250$  mm、 $A = R_0/a$ )が2のRFP実験装置であり、我々は、RFPの幾何学的形状の最適化研究の一環として、低アスペクト比RFP配位の特長を詳細に調べている。特に、 $A = 2$ の低アスペクト比RFP配位では、RELAXでは、 $\beta_p \sim 0.3$ の領域でブートストラップ電流割合 $\sim 30\%$ となる新古典平衡が存在する可能性が指摘されており、磁気面が十分に形成された配位で $\beta_p \sim 0.3$ を達成することが目標の1つである。

RELAXでは、トロイダル磁場の反転が浅い領域で軸対称RFPからヘリカルRFP配位への遷移が観測されている[2]。ヘリカルRFP配位では軟X線放射強度がヘリカルコア領域で増大するため、圧力の高いヘリカルコアが形成されていると考えられる[3]。このヘリカルRFP配位は、充填圧力が比較的高い領域で得られやすく、従って、電流立ち上がりフェーズでトロイダル磁束の消費が大きい。ヘリカルRFPの高性能化のためには大電流( $I_p \sim 100$  kA)で長時間維持が必要であり、そのために低圧力での電流立ち上げ(磁束節約)と高速ガスパフによる密度上昇および磁場反転制御を組み合わせた運転シナリオの確立が必要である[4]。

一方、特に深い反転領域においては、磁場揺動レベルが低下して軟X線放射強度が増大する[5]。このとき、ORBITコードを用いた磁力線の構造解析によれば、軸対称コア領域に閉じた磁気面群が形成される。この放電では、線平均電子密度は初期に最大値をとった後、パンプアウト現象が起こる[6]。高密度放電を達成するためには高速ガスパフによる粒子補給が必要である。

2つの放電領域におけるRELAXプラズマの高性能化を進めるために、高速電磁弁とラバールノ

ズルを模擬したノズルからなる高速ガスパフシステムを設計製作し、実験を開始した。今回、電磁弁出口でマッハ1の窒息流となるチョーク現象が起こると仮定して、末広部としてコーン型のノズルを設計した。ガス入射速度の測定を行ったところ、設計値2060 m/sに対して、最高入射速度は1700 m/sが得られた。今後電磁弁出口に先細部も加えることにより改善できると考えている。

現状のノズルでガス入射実験を行った。図1は電磁弁の高圧側ガス圧0.5 MPa、バルブ開時間400  $\mu$ sでRELAXプラズマのフラットトップ電流フェーズ初期に入射したときの、接線ポートから高速カメラで撮像した可視光画像である。強い発光部分はガス入射に伴う $H_\alpha$ 線発光によるものであり、時間発展から、プラズマへのガスの侵入長が80 mm程度であることが分かる。実験のガス速度に対するプラズマ中への侵入長の計算値70 mmとほぼ一致している。

[1] A. Sanpei et al., J. Phys. Soc. Jpn. **78**, 013501(2009). [2] K. Oki et al., Plasma Fus.Res. **7**, 1402028 (2012). [3] T. Onchi et al., J. Phys. Soc. Jpn. **80**, 114501 (2011). [4] S. Masamune et al., IEA-RFP Workshop, Madison, (2011). [5] R. Ikezoe et al., Plasma Phys. Control. Fusion. **18**, 056119 (2011). [6] M. Sugihara et al., Plasma Fus.Res. **5**, S2028 (2010).

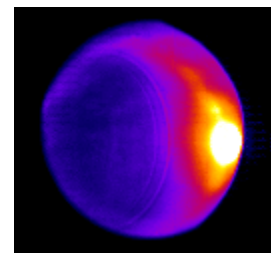


図1: 赤道面上外側ポートから高速ガス入射時(図右側)の接線ポートから見た $H_\alpha$ 可視光画像