

ガスパフによるRELAXプラズマの高密度化 Gas puffing for achieving higher density regime in RELAX RFP

吉岡 聡志¹, 政宗 貞男¹, 正道 有¹, 高原 令¹, 石田 裕¹, 三瓶 明希夫¹,
比村 治彦¹, 秋山 毅志²

Satoshi Yoshioka¹, Sadao Masamune¹, Yu Masamichi¹, Ryo Takahara¹, Yu Ishida¹, et al.

¹京都工芸繊維大学, ²核融合科学研究所

¹KIT, ²NIFS

逆磁場ピンチ (RFP) 配位は弱い外部磁場で高ベータプラズマ閉じ込めが可能であり, 高効率の核融合炉心プラズマ候補の1つである. また, RFPのアスペクト比を下げるとブートストラップ電流割合が増大することも指摘されている [1].

RELAX [2] は主半径 $R=0.5$ m, 小半径 $a=0.25$ m, アスペクト比 $A=2$ の低アスペクト比 RFP 実験装置である. 真空容器は厚さ 4 mm の SS 製で導体シェルはない. 真空容器の磁場浸透時間 (~ 1 ms) が放電時間 (> 3 ms) よりも短いので, 64 個のサドルコイルアレイを装着してフィードバック制御により $m=1/n=2$ 抵抗性壁不安定性を安定化している [2]. これまでに到達したプラズマパラメータはプラズマ電流 I_p が 40~120 kA, 中心電子温度 T_e が 40~200 eV, 線平均電子密度 n_e が $10^{18}\sim 10^{19}$ m⁻³ の領域にある. 真空容器中心の電子温度と電子密度は YAG レーザートムソン散乱装置により測定し, 線平均電子密度の測定には 140GHz マイクロ波干渉計を用いている.

生成された RFP プラズマの性能指標の1つとして, ベータ値 (プラズマ圧力/磁気圧力) がある. RELAX では真空容器中心の電子ポロイダルベータ値 $\beta_{pe}=n_e(0)k_B T_e(0)/(B_0^2(a)/2\mu_0)$ (RFP 配位では電子の全ベータ値にほぼ等しい) が 10%を越える値を達成している [3]. ただし, 燃料ガスを

あらかじめ容器に導入した後にプラズマを生成するため高密度放電が困難であり, 規格化密度 n_e/n_G が 0.3 以下の領域での運転に限られていた.

高電流領域で高密度放電を行うために高速電磁弁とノズル構造を組み合わせた超音速ガスパフ系を開発し, ガス流速測定結果を報告した [4]. 低い充填ガス圧で放電初期のポロイダル磁束消費を節約して高い電流を達成し, 高速ガスパフにより高密度化を図るシナリオを描いている.

図 1 に $I_p\sim 60$ kA のプラズマにガスパフを行った場合の放電波形の例を示す. 電流フラットトップフェーズの電子密度が 2-3 倍に増加する. このプラズマ電流領域でガスパフを行った結果, 図 2 のように規格化密度の領域は $n_e/n_G > 0.3$ に拡大したが, 電子ポロイダルベータ値の増加には至っていない. このプラズマ電流領域では電子密度の緩和振動現象, ガスパフによる粒子閉じ込め特性の変化などが観測されており, これらの結果を議論する.

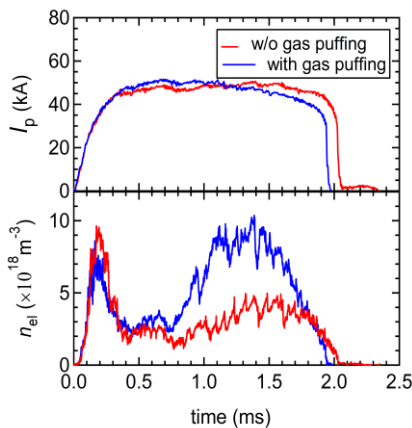


図 1. ガスパフありなしのプラズマ電流 I_p と電子密度 n_e の時間発展の比較

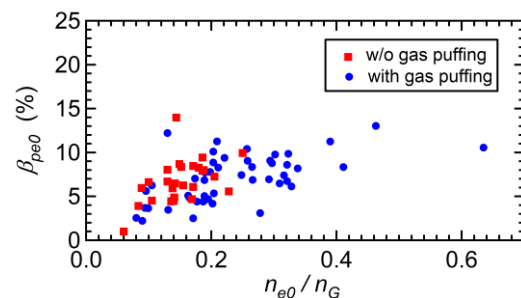


図2. 電子ポロイダルベータ値 β_{pe} の密度依存性

謝辞

この研究は NIFS Collaboration Program NIFS14KOAP028 の支援を受けています.

引用文献

- [1] S. Shiina et al, Phys. Plasmas 12, 080702 (2005).
- [2] S. Masamune et al., J. Phys. Soc. Jpn. 76 (No.12), 123501 (2007)
- [3] R. Ueba et al., PFR 5, S1302009 (2014).
- [4] S. Yoshioka et al., Plasma Conference (2017).