

超高密度プラズマ準定常維持におけるグローバル粒子バランスの評価

Global particle balance in quasi-steady state discharge with super-high-density plasma

本島巖、坂本隆一、増崎貴、小林政弘、森崎友宏、宮澤順一、山田弘司、
LHD実験グループ

G. Motojima, R. Sakamoto, S. Masuzaki, M. Kobayashi, T. Morisaki, J. Miyazawa, H. Yamada and
LHD experiment group

核融合科学研究所
NIFS

LHD ではこれまでに固体水素ペレット入射による超高密度プラズマの準定常維持が5秒以上達成できている。しかしながら、放電後半につれて、周辺密度増加による中心密度の減少、および壁排気効率が減少したことを示唆する結果が得られており、高密度維持に向けて周辺密度（粒子リサイクリング）制御が重要となっている。高密度維持に必要な周辺密度条件を調べるため、今サイクルでは、ダイバータのバッフル構造化・クライオポンプによる能動排気を用意している。本研究では実験サイクル間で粒子バランスを比較し、バッフル構造化・能動排気が周辺密度に与える影響を調べる。

2009年度実験（13 サイクル）より、固体水素ペレット入射装置を10連発から20連発に改造し、超高密度プラズマの準定常維持が可能となった。2011年度実験(15 サイクル)まで、過去3年間にわたり、準定常維持実験を行っており、以下の結果を得ている。なお、加熱条件は接線NBI入射(6-10 MW)で、密度フィードバック信号として、CO₂ レーザ干渉計もしくはプラズマ制動放射を用いており、一定の線平均電子密度になるような制御を行っている。

1. 放電前半ではプラズマ中心で $4 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$ を超える超高密度プラズマが達成できているが、放電後半ではペレットの入射間隔が長くなるとともに、中心電子密度が減少する。一方で、周辺の電子密度が上昇する(図1(a)-(c)に放電波形を示す)。
2. 式(1)に示すような粒子バランス解析を行った結果、放電後半になるにつれ、壁排気がペレット全粒子供給数の70%程度で飽和し、後半フェーズでは前半フェーズに比べて壁排気効率が減少していることが分かった(図1(d))。超高密度プラズマ維持のためには、周辺排気性能を維持することが重要となる。

$$\int \Gamma_{\text{pellet}} dt = N_{\text{plasma}} + N_{\text{neutral}} + N_{\text{wall}} + \int \Gamma_{\text{exhaust}} dt \quad (1)$$

2010年度(14 サイクル)には、内側ダイバータ部を全周の20%をバッフル構造化し、バッフル板によってリサイクリング粒子をダイバータ部で積極的に圧縮

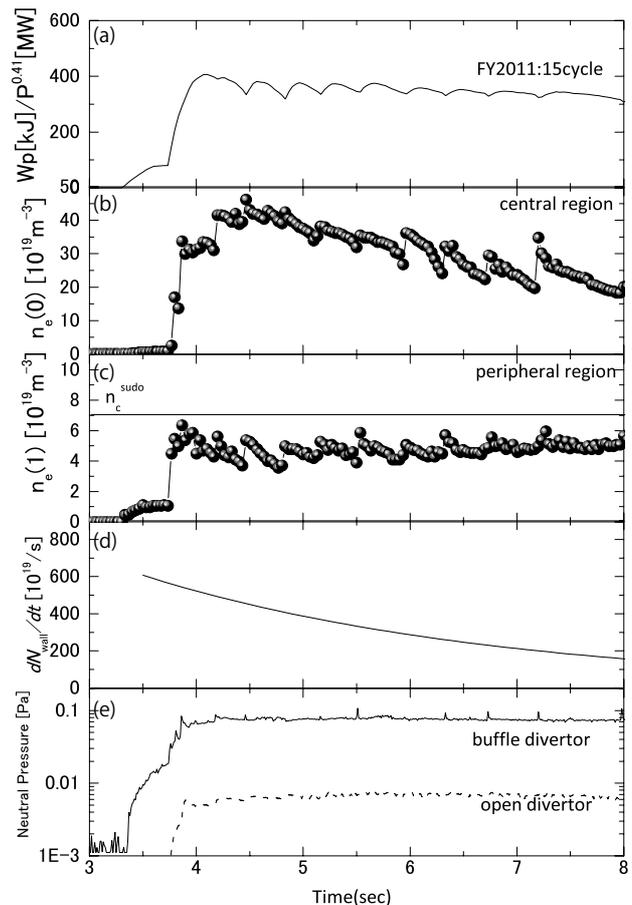


図1 超高密度プラズマ準定常放電波形。(a)蓄積エネルギー(加熱パワーで規格化)、(b)中心電子密度、(c)周辺電子密度、(d)壁排気効率、(e)ダイバータ部の中性粒子圧力。

させ、開いたダイバータ部に比べて一桁以上高い中性粒子圧力を得ており(図1(e))、周辺粒子制御の閉じ込め性能改善、高温プラズマ生成、長時間放電への効果を調べている。さらに、2012年度はバッフル構造をトラス内側部の80%、ダイバータ能動排気(0.7 Pam^3/s)をトラス内側部の10%に設置し、実験を開始した。本講演では、ダイバータ排気を超高密度プラズマ放電に適用し、これまでの超高密度放電との粒子バランスを比較し、バッフル構造化および能動排気が粒子バランスに与える影響について発表する。