

## 24P-3F-04

### LHDの高ベータ放電の安定特性に対する圧力非等方度の影響 Effect of Pressure anisotropy on stability performance of LHD high beta discharges

渡邊清政<sup>1)</sup>、關良輔<sup>1)</sup>、武村勇輝<sup>1)</sup>、鈴木康浩<sup>2)</sup>、榑原悟<sup>1)</sup>、長壁正樹<sup>1)</sup>、奴賀秀男<sup>1)</sup>、山口裕之<sup>1)</sup>、小川国大<sup>1)</sup>、磯部光孝<sup>1)</sup>  
WATANABE Kiyomasa<sup>1),2)</sup>, SEKI Ryousuke<sup>1)</sup>, TAKEMURA Yuki<sup>1)</sup> et al.

1)核融合研、2)広島大先進理工  
1)NIFS, 2)Hiroshima univ.

LHD では、平均 5% の高ベータ放電がコラプスなどを起こさずに安定的に達成されている。高ベータが達成された放電は、理論的には周辺領域で、MHD 不安定性の発生が予測(理想交換型不安定性の局所安定性指標であるメルシエ条件より)されている配位である(コア領域は理想交換型不安定性が安定と予測)[1]。実際、参考文献[2]では、3次元フル MHD 方程式に基づき圧力駆動型不安定性の非線形飽和過程が評価されており、磁気レイノルズ数  $S \sim 10^5$  の時、周辺付近で高  $n$  のバルーニングモードが現れ、その後中心部の圧力勾配のコラプスが引き起こされることを予測した。また、高ベータ実験とほぼ同条件の  $S \sim 10^6$  でも、時間的にはゆっくりであるがコラプスを予測している。また、高ベータ放電の理想交換型不安定性の解析では、ポロイダルモード数が  $m=5$  以上のモードも不安定と仮定すると、到達できる圧力勾配が実験値をかなり下回ることが示されており[3]、 $m=5$  以上のモードによる圧力の崩壊が何らかの原因で抑制されているなど、LHD で達成された 5% 近辺の高ベータ放電が何故安定に維持できているのか、ということが課題となっていた。

上記の課題を説明する候補の一つが、プラズマ圧力の非等方性である。LHD の高ベータ放電は、低磁場、比較的低密度で接線 NBI により加熱されている。この条件では、接線入射された NBI に起因する高エネルギー粒子の閉じ込め性能は熱化プラズマのそれに比較して相対的に高く、総蓄積エネルギーに対するビームエネルギーの割合は 30% を超えると見積もられている[4]。さらに、接線 NBI 起因のビーム成分はその多くが接線方向の圧力を持っていると考えられているため、高ベータ LHD プラズマは非等方圧力を持つと考えられている。一方、圧力が非等方な場合、圧力駆動型不安定性の線形成長率が減少することが予測されている[5, 6]。

図 1 は、LHD の反磁性ループで計測した体積平均ベータ値 4.8% の放電における横長断面の赤道面上の、磁力線に平行方向、垂直方向の圧力分布を示している。添え字の beam と th はそれぞれ圧力のビーム成分と熱化成分を示しており、前者は NBI に起因したビーム圧力の計算結果で、

後者は、 $T_i=T_e$  と  $Z_{\text{eff}}=2.5$  を仮定し、干渉計とトムソン計測による電子密度、温度計測結果から評価した。この放電では、磁場に平行方向、反平行方向、垂直方向の NBI が入射されているが、磁場が 0.425T と低いので、垂直 NBI の閉じ込め特性は悪く、ビーム成分は磁力線方向の成分が非常に大きい。また、磁力線方向のビーム成分は中心付近で熱化成分に比べてもかなり大きいと予想されている。

現在、この非等方圧力分布を非等方圧力に対応した 3次元 MHD 平衡コード ANIMEC[6] に適用し、LHD の高ベータ放電の MHD 平衡の評価を進めているところである。年会ではその進捗状況と得られた MHD 平衡に基づく安定性解析手法についての展望について報告する。

- [1] K.Y.Watanabe et al., 2005 Nucl. Fusion 45 1247.
- [2] M.Sato et al., 2017 Nucl. Fusion 57 126023.
- [3] M.Sato et al., 22nd IAEA Fusion Energy Conf., Geneva(Switzerland), Oct. 2008, TH/P9-18.
- [4] K.Y.Watanabe et al., in Proc. of Joint Conf. of 17th ITC and 16th ISHWS, Toki, 2007, 15-19 Oct. 2007, I-13.
- [5] J. Todoroki, 2002 J. Plasma Fusion Res. 78, 287.
- [6] W.A.Cooper et al., 2006 Fusion Sci. Technol. 50, 245.

