

LHDプラズマの高温度化とプラズマ性能最適化 Extension of high temperature plasma operation regime and the performance optimization in the LHD

高橋裕己^{1,2}, 向井清史^{1,2}, 小林達哉^{1,2}, 村上定義³, 江尻晶⁴, 中野治久^{1,2}, 大舘暁^{1,4},
小林政弘^{1,2}, 居田克巳^{1,2}, 吉沼幹朗¹, 山口裕之¹, 關良輔^{1,2}, 本島巖^{1,2}, 山田一博¹,
大石鉄太郎^{1,2}, 川本靖子¹, 後藤基志^{1,2}, 坂本隆一^{1,2}, 田中謙治¹, 仲田資季^{1,2}, 長壁正樹^{1,2},
森崎友宏^{1,2}, LHD実験グループ¹

H. Takahashi^{1,2}, K. Mukai^{1,2}, T. Kobayashi^{1,2}, S. Murakami³, A. Ejiri⁴, et al.

¹核融合研, ²総研大, ³京都大学, ⁴東京大学
¹NIFS, ²SOKENDAI, ³Kyoto Univ., ⁴Univ. Tokyo

将来の核融合炉では、アルファ粒子による電子加熱が支配的になるため、イオン温度と電子温度の両方が高いプラズマによって核融合反応が維持されると考えられている。したがって、核融合プラズマの閉じ込め特性を理解するためには、イオン温度と電子温度の両方が高いプラズマを実現し、その熱閉じ込め特性を明らかにする必要がある。

これまでに様々な装置において、イオンの熱閉じ込め特性に対する T_e/T_i の影響やECRHの影響が調べられてきた。LHDにおいても、高 T_i プラズマにECRHを重畳すると T_e/T_i の増加に伴って、イオン熱輸送が劣化することが分かっている [1]。本発表では、LHD重水素実験での、大電力のNBIとECRHを用いたオペレーションにおいて、高エネルギーイオン駆動交換型不安定性 (EIC) 抑制と、 T_e/T_i 制御によって実現された、高 T_i と高 T_e の同時達成領域拡大の成果を示す。

EICのモード幅は T_e の増加に伴って減少するため、ECRHによる T_e の増加がEIC抑制に有効である [2]。一方、ECRHによって、 T_e/T_i が増加するとITGモードが不安定化し、イオン熱閉じ込めが劣化する[3]。図1に高 T_i プラズマにおける $r_{\text{eff}} = 0.1$ mでの規格化イオン温度勾配 R/L_{Ti} の T_e/T_i 依存性を示す。図より、 T_e/T_i が0.7を超えると、H, Dいずれの場合においても、 R/L_{Ti} が急激に低下することがわかる。この結果は、 T_i と T_e が同時に高いプラズマを実現するためには、 T_e/T_i を適度な値に制御する必要性を示している。

図2に2019年度までに得られたLHDにおける高温度領域の拡大のまとめを示す。軽水素期の実験に比べて、重水素実験において、より良好な熱閉じ込め特性が得られ、運転領域を大き

く拡大することに成功した。

本発表では、さらに、電子系ITBを伴う閉じ込め改善プラズマの準定常保持や、電子系ITBプラズマとデタッチメントの両立など、高温度プラズマの性能統合・最適化の成果を紹介する。

- [1] Takahashi H. et al 2017 Nucl. Fusion **57** 086029.
[2] Du X.D. et al 2017 Phys. Rev. Lett. **118** 125001.
[3] Nakata M. et al 2016 Plasma Phys. Control. Fusion **58** 074008.

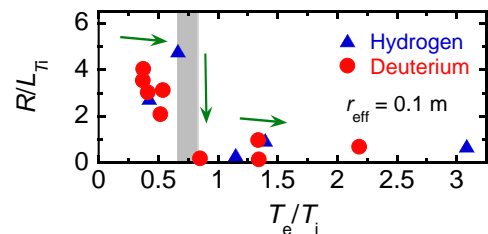


図 1: $r_{\text{eff}} = 0.1$ m における R/L_{Ti} の T_e/T_i 依存性

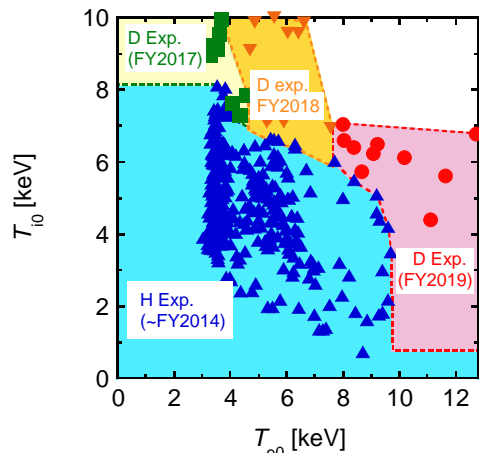


図 2: LHD の高温度領域拡大のまとめ