

多点接続フラックスチューブを有する LHDダイバータにおける不純物ガス入射時の熱流減少過程 Heat flux reduction by impurity seeding in the LHD divertor with multi flux tube

林 祐貴^{1,2}, 小林 政弘^{1,2}, 増崎 貴^{1,2}, 向井 清史^{1,2}, 村瀬 尊則¹
Y. Hayashi^{1,2}, M. Kobayashi^{1,2}, S. Masuzaki^{1,2}, K. Mukai^{1,2}, T. Murase¹

¹核融合研, ²総研大
¹NIFS, ²SOKENDAI

ITERでは、不純物ガスを用いた放射損失増大によりダイバータ熱負荷を低減させる予定である。一方で、ELM抑制のため外部共鳴擾動磁場(RMP)の印加も検討されている。RMP印加によりダイバータ板上の磁力線構造は変化し、各ポロイダル断面においてダイバータの熱流束は複数のピークを持つ。EMC3-EIRENEを用いた数値シミュレーションにより、熱流束ピークごとに不純物ガス入射による影響は異なることが指摘されている[1]。周辺に統計的磁場領域を有する大型ヘリカル装置(LHD)では、ダイバータ板へ複数の長い磁力線が接続されていることから、本質的に熱流束も複数のピークを持つ。磁力線分布の構造がダイバータアレイに沿って不均一である点も、RMPを印加したITERのダイバータ環境と類似していると考えられる。本研究では、ITERのRMP環境を模擬するため、複数のフラックスチューブが接続するLHDダイバータにおいて、熱流束ピークごとの不純物ガス入射効果を明らかにする。

図1(a)は磁気軸 $R_{ax} = 3.6$ m、磁場強度 $B_t = 2.75$ TのLHD標準配位において、ダイバータ板に接続する磁力線長 L_c 分布を示している。図1(b)および(c)は不純物ガス(Ne)入射あり/なしにおける、サーモグラフィーを用いて計測したダイバータの熱流束分布である。図1(b)はNBI加熱パワー $P_{heat} \sim 8$ MW、(c)は $P_{heat} \sim 4$ MWである。 P_{heat} が異なると周辺の電子温度 T_e が変化し、ダイバータのフットプリントが影響を受けることがわかっている[2]。高 P_{heat} (図1(b))において、 $Y \sim 80$ mm付近に現れるストライクラインはNe入射によって大きく減衰している。しかし、 $Y < 50$ mmの広範なピークはNe入射によって上昇しており、熱負荷減少の効果は得られていない。一方、低 P_{heat} (図1(c))において、 $Y < 50$ mmの広範なピークはNe入射によって減衰しており、高 P_{heat} の条

件と異なる傾向を示している。ダイバータ板上の広範ピーク位置から磁力線を追跡すると、最外殻磁気面(LCFS)に近い位置まで磁力線が接続していることがわかった。広範ピークの熱流束を低減させるためには、不純物ガスであるNeがLCFS付近まで侵入しなければならない。しかし、高 P_{heat} 放電では周辺の T_e が高くNeの侵入長が短くなり、熱流束減少の効果を得られなかったと考えられる。

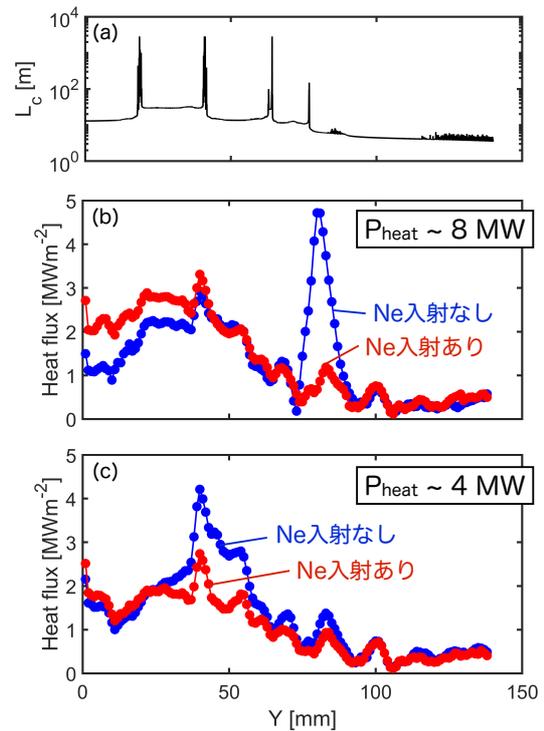


図1 LHD ダイバータ板上の(a)磁力線接続長 L_c , (b)および(c)熱流束分布

[1] H. Frerichs, *et al.*, Nucl. Fusion **61** (2021) 126027.

[2] S. Masuzaki, *et al.*, Contrib. Plasma Phys. **50** (2010) 629.