

LHD における周辺輸送シミュレーションと実験データの解釈

小林政弘

核融合科学研究所

核融合実験装置における周辺・ダイバータプラズマ輸送を理解するために輸送シミュレーション研究が行われている[1,2]。実験データとシミュレーション結果を比較することにより、プラズマ（および中性粒子）輸送の理解を深めるとともに、将来装置の設計にむけての予測を行うことが目的である。周辺・ダイバータプラズマ輸送は粒子、運動量、エネルギーの輸送が不純物、中性粒子の原子・分子過程、壁との相互作用、磁場形状を介在して結合する複雑な非線形システムであり、多くの物理過程は未解明である。本講演では、輸送シミュレーションと実験データを比較することによって得られる新たな知見、および課題について述べる。特に、トーラス方向の軸対称性が崩れた場合に現れる磁場構造の 3 次元効果について紹介する。

3 次元的な磁場構造によって磁力線を横切る方向の輸送が促進され、結果としてダイバータプラズマの密度(n_{down})・温度(T_{down})に影響を与える。これは運動量損失効果として解釈されており、上流の密度(n_{up})・温度(T_{up})との関係として、軸対称(2D)の場合、 $n_{down} \propto n_{up}^3$ 、 $T_{down} \propto n_{up}^2$ から非軸対称(3D)の場合 $n_{down} \propto n_{up}^1$ 、 $T_{down} \propto n_{up}^{-1}$ へと変化することが確認された。装置横断的な比較を行い、図1のようなパラメータ領域（右上の白い領域）で3次元効果が現れることが明らかになった[1]。

その他の 3 次元効果として、ストキャスティックな磁場領域における外向きのプラズマフローの促進により、不純物が効果的に遮蔽されるというシミュレーションの予測がある[3,4,5]。これについては、不純物からの発光強度の比較において図2に示すように実験結果はシミュレーションと定性的な一致を見せている[3]。しかし、定量的には実験結果(CV)が約 10 分の 1 減少するのに対して、シミュレーションでの減少は 3 分の 1 程度であり、食い違いが生じている[3]。最近の不純物の発光分布やフロー速度の計測とシミュレーションとの比較では、さらに明らかな違いが観測されており、不純物の壁からの発生機構、不純物の輸送モデルの見直しが必要であることを示唆している。

このほか、デタッチメント時の実験とシミュレーションとの比較についても紹介しながら、現状の周辺プラズマの輸送モデルを用いての実験データの解釈と限界、今後の取り組むべき課題について述べる。

- [1] M. Kobayashi et al., Nucl. Fusion **55** (2015) 104021.
- [2] G. Kawamura et al., Contrib. Plasma Phys. **54** (2014) 437.
- [3] M. Kobayashi et al., Nucl. Fusion **53** (2013) 033011.
- [4] M.B. Chowdhuri et al., Phys. Plasmas **16** (2009) 062502.
- [5] S. Morita et al., Nucl. Fusion **53** (2013) 093017.

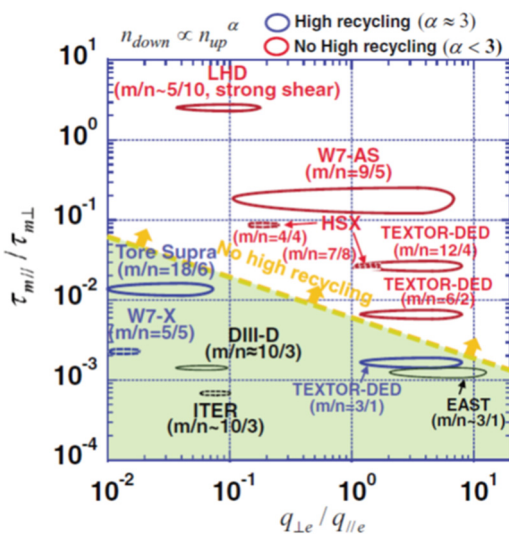


図3：装置間比較による磁場の3次元効果がダイバータの n_e , T_e に現れるパラメータ領域（右上の白い領域）。[1]

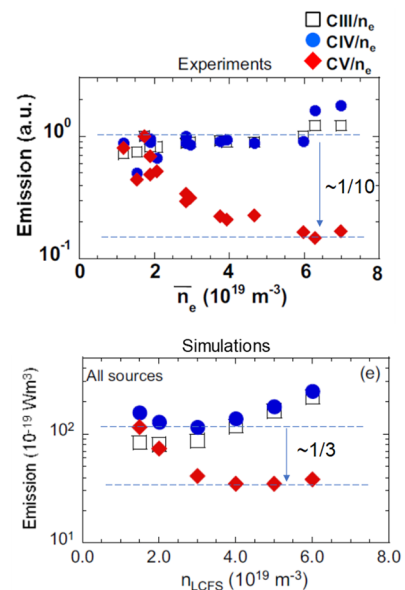


図2：不純物からの発光強度の比較による遮蔽効果の確認。[3]