

SI-3

ヘリカル装置における周辺熱・粒子制御とコアプラズマ閉じ込め Effect of Edge Heat and Particle Control on Core Plasma Confinement in Helical Devices

森崎友宏¹, LHD実験グループ¹
Tomohiro MORISAKI¹ and LHD Experiment Group¹

核融合科学研究所¹
National Institute for Fusion Science¹

ヘリカル系やトカマク等、トーラス装置におけるコアプラズマの閉じ込めは、プラズマ周辺部における熱・粒子輸送の影響を受けることが分かっている。さらに周辺プラズマは、その外側、つまり真空容器壁との間に存在する中性粒子や不純物の挙動に大きく左右されることも良く知られた事実である。しかしこのような知見は、逆手に取ることによって「周辺プラズマから真空容器壁(プラズマ対向壁)に至る領域を制御することによって、コアプラズマの閉じ込め性能を向上させる可能性がある」ことを示唆している。

本シンポジウムでは、核融合研の大型ヘリカル装置(LHD)において最近行われた、いくつかの「積極的」な周辺制御実験の例を紹介するとともに、その展望について議論する。積極的な周辺制御の手法として過去には、リミターによって直接周辺プラズマに“触れる”制御が行われてきたが、将来の核融合炉に適用することは不可能である。LHDにおける周辺制御は、ヘリオトロン配位の特徴である「ストキヤスティック層」を利用し「非接触」で行うものである。

ストキヤスティック層における磁力線は、もはや閉じた磁気面構造をなしておらず、径方向に酔歩を繰り返す、いわゆる「乱れた」状態となっている。しかし磁力線の接続長は依然として長いままで、磁力線の軌道は磁気面の「記憶」を残しており、プラズマはストキヤスティック領域独特の挙動を示す。最近の研究で、ストキヤスティック層のプラズマが、周辺のみならず、コアプラズマの安定閉じ込めに重要な役割を果たすことが、ヘリカル系のみならずトカマク装置でも明らかになってきた。

ストキヤスティック層の特性は、ストキヤスティックの「度合い」と「厚さ」で決定される。これらの値は以

下に示す要因で変化する。

- ① 磁気軸位置や断面形状等の磁場配位
- ② プラズマの圧力(ベータ値)
- ③ 外部摂動磁場

このうち②は、ある意味「プラズマ任せ」であるが、①と③は外部コイルによって「積極的な」制御が可能である。特に③は、閉じ込め性能と強くリンクしている磁場配位と無関係に、周辺磁場構造をストキヤスティックすることが可能であるため、自由度が大きく、適用範囲の大きな制御法と言える。外部摂動磁場は、真空容器内部または外部に設置した共鳴摂動磁場(RMP)コイルによって印加する。LHDには、真空容器外(装置上部および下部)に20個のRMPコイルが設置されており、今回はRMPコイルを用いて行った以下の実験結果を中心に紹介する。

- (1) SDC(超高密度)プラズマにRMPを印加することによる周辺部の粒子が吐き出し(ポンプアウト)と圧力勾配の急峻化 [1].
- (2) RMPを用いた放射分布制御による放射ダイバータ放電の安定維持 [2].
- (3) RMP印加による、周辺局在化モード(ELM)の安定化 [3].

ここで(2)は、ストキヤスティック領域に浮かぶ磁気島が大きく関係していることを指摘しておく。これらの実験結果は、現在整備が進んでいるLHDの閉構造ダイバータと組み合わせることによって、効果的な周辺制御ツールになることが期待されている。

参考論文

- [1] T. Morisaki, et al., Proc. IAEA-FEC2010, EX/1-5.
- [2] M. Kobayashi, et al., IAEA-FEC2012, EX/4-4.
- [3] K. Toi, et al., Proc. IAEA-FEC2012, EX/P4-10.