

LHDにおける周辺・ダイバータプラズマ、及びプラズマ・対向壁間相互作用研究

核融合研 増崎 貴、LHD実験グループ

大型ヘリカル装置(LHD)において現在進められている、周辺・ダイバータプラズマ、及びプラズマ・対向壁間相互作用研究の概要を報告する。

LHDは大半径3.9m、平均小半径0.65mのヘリオトロン型装置であり、ヘリカル極数2、ヘリカル周期数10のヘリカルコイル、及び3対のポロイダルコイルにより閉じ込め磁場を形成する。閉じ込め磁場形成にプラズマ電流を必要としないことから、安定な定常プラズマ生成の観点から有利である。1998年春から実験を開始し、これまでに5回の実験期間を終えている。

ヘリオトロン型磁場配位の特徴として、複雑な周辺磁場構造と自然に備わるダイバータ構造が挙げられる。トカマク配位とは異なりLHDには明確なセパラトリクスが存在せず、周辺部には自然に存在する磁気島が重なり合って統計的磁気面領域が形成されている。この領域の磁力線は開いており、X点(これも明確ではない)を経てダイバータ板に接続する。したがってこの領域は、磁場構造は大きく異なっているが、トカマク配位のスクレイプ・オフ層に相当する。LHDには2つのX点が存在し、トカマク配位のダブルヌルダイバータと同様に合計4本のダイバータレグがある。ダイバータレグの磁力線構造は、周辺部の統計的磁気面領域の磁力線構造を反映し、複雑である。また、X点からダイバータへ至る間ではポロイダル磁場成分がトロイダル磁場成分よりも強く、そのためLHDではX点からダイバータ板までの磁力線長が2.3m程度と非常に短い。現在は複雑な磁場構造をもつ周辺部からダイバータへの熱・粒子輸送の理解を目的として研究を進めており、近い将来、この自然に備わるダイバータ構造を利用した熱・粒子制御を行うことを計画している。

プラズマ・対向壁間相互作用研究については、特に壁コンディショニングを中心に報告する。LHDのプラズマ真空容器は、超伝導コイルであるヘリカル及びポロイダルコイルへの熱侵入を防ぐために温度上限が95(コイル励磁中は75)とされている。そのため、LHDでは大型トカマク装置で通常行われている高温ベーキングができない。現在壁コンディショニングは、95でのベーキングと、グロー放電洗浄及びチタンコーティングにより行われている。質量分析器を用いた残留ガス計測によれば、実験開始から40~60実験日程度で軽不純物レベルは底を打つ。プラズマ対向壁は主としてステンレス鋼(SUS316)であり、ダイバータ板と一部機器の保護板に等方性黒鉛が使用されている。面積比では金属壁の割合が非常に大きく、放射損失はほとんど金属で決まっていると考えている。ただし、放射崩壊に至る密度限界は軽不純物による周辺部での放射が影響すると考えられるため、上記壁コンディショニングの進展によりこの密度限界は上昇する。今年度の実験においては、ジボランガスを用いたポロニゼーションが行われた。軽不純物のゲッタ及び金属へ着表面へのボロン膜形成により、放射損失を低減することが目的である。

発表では、上述の事項について、さらに詳しく報告する。