

LHD 実験週間報告

2月8日～2月10日 (第16週)

第 23 サイクル実験の第 16 週は、ダイバータ熱負荷低減のシナリオ構築などを行いました。

磁場閉じ込め核融合炉の容器内には、磁力線に沿ってプラズマとともに流れ出てくる不純物を受け止めるためのダイバータと呼ばれる受熱板が設置されます。ダイバータが受ける熱負荷は極めて大きく、核融合プラズマの場合は、 1 m^2 あたり 10 万 kW もの熱の流入が想定されます。このため、高い耐熱性能を持つダイバータ材料の開発に加えて、ダイバータへの熱負荷を低減させるシナリオ構築が、核融合研究の最も重要な課題の一つです。LHD でもダイバータへの熱負荷を低減させ、その状態を安定に維持することを目的とした不純物ガスの入射実験が行われています。不純物イオンはプラズマが持つエネルギーを吸収し、輻射によって放出する性質を持っています。この性質を利用することで周辺プラズマの温度を低く抑え、ダイバータへの熱負荷を低減する「非接触プラズマ」という状態を実現できます。今回の実験では不純物ガスとしてネオンとアルゴンを用い、プラズマから放出された光の強さに応じて不純物ガスの導入量を自動調整する「フィードバック制御」を適用することで、非接触ダイバータの安定維持を試みました。その結果、不純物ガスを導入しない場合と比べてダイバータ板付近のプラズマ温度を低いレベルに抑えつつ、その状態を 3 秒以上維持することができました。また、不純物イオンの発光の空間分布がわかる分光データも取得しました。今後、不純物イオンの挙動解明とフィードバック制御の最適化を総合的に進展させ、より効果的な熱負荷低減シナリオの確立を目指します。

このように、不純物イオンは輻射によってプラズマのエネルギーを放出するため、プラズマ周辺部に滞在している限りにおいては、ダイバータへの熱負荷を低減させる効果的な役割を果たします。一方で、プラズマ中心部では、核融合反応を起こすために高温のプラズマが要求されます。不純物が蓄積すると大きな輻射による温度の低下、さらには、燃料の希釈が起きますので、不純物はコア領域から排出する必要があります。このため、高温のコアプラズマの維持と、ダイバータへの熱負荷低減の両立には、不純物をプラズマ周辺からダイバータ領域にいかに局在させるかが鍵となります。今回の実験ではプラズマ周辺部に磁気島を作り、さらに、マイクロ波でプラズマを追加熱した時に、不純物の挙動がどのように変化するかを調べました。それにより、磁気島がプラズマの周辺部において不純物の侵入を妨げる役割を果たし、プラズマ中心部での不純物蓄積を抑制していることを示唆する結果が得られました。

その他、不純物パウダー落下装置を用いた粒子制御実験や乱流抑制実験、プラズマ中の不純物輸送のイオン化エネルギー依存性を調べる実験、高エネルギー粒子がプラズマ中の電位や乱流に与える影響を調べる実験などを行いました。

高橋裕己