

GAMMA10におけるダイバータ模擬実験に向けたICRF波動加熱実験

池添竜也, 齋藤裕希, 飯村拓真
筑波大学プラズマ研究センター

大型タンデムミラー装置GAMMA10では、中期計画として境界プラズマの研究を行うためのダイバータ模擬実験を大別して二つ計画している。一つはGAMMA10のエンド部に可動型ダイバータボックスを導入し、端損失粒子束・熱流束を活用して、プラズマ壁相互作用等の研究を行う計画（“E-divertor”）であり、現在予備的な実験が進行中である。もう一つは、セントラル部の両サイドに設置されている極小磁場配位（アンカー部）の一つをヌル点を有する磁気ダイバータ配位に変更する計画（“A-divertor”）である。極小磁場配位は装置全体のMHD安定性の確保を担っているため、A-divertorではMHD安定性の劣化が懸念される。本研究では残る一つの極小磁場配位におけるプラズマの加熱を強化し、十分なMHD安定性を確保すること、またダイバータ研究で有用となる幅広いプラズマパラメータおよびその制御性の獲得を目的として、ICRF加熱に関する実験を二つ行った。

GAMMA10には3系統のICRF加熱システムが整備されており、通常のプラズマの生成と加熱には2系統が用いられる。もう一つのシステムを用いてこれまでアンカー部のプラズマ加熱の増強実験が行われてきたが、アンテナの波動励起効率が悪いことが問題であった。三次元波動伝播解析コード（TASK/WF）を用いた計算により、アンカー部の複雑な磁場形状における波動放射抵抗が計算され、アンテナ形状、設置位置が放射抵抗に重要であることが確かめられた。計算結果を反映させて、設置可能な範囲内で最適な位置に新アンテナを設置した。アンテナ形状はその位置におけるプラズマ形状に沿わせるようにし、また従来片側であったのをプラズマを挟むように両側に変更した。この新しいアンテナを用いた実験において、波動励起効率の3倍近い改善、アンカー部反磁性量の50%近い増加を確認した。

アンカー部とセントラル部のアンテナに同一周波数の波動を励起させ、それらを積極的に干渉させる実験を行った。二つの波動間の位相差を変えることで、波動の伝搬が変わり、プラズマパラメータに様々な影響が観測された。ある位相ではセントラル部とアンカー部の密度が大きく上昇し、端損失粒子束が増加した。この位相における実験は既に予備的なE-divertor実験において活用されている。セントラル部の東西両側に設置されているアンカー部のアンテナと共鳴層の配置はセントラル側に対して東西で異なっている。この東西で同様の波動干渉実験を行い、その結果を比較することで、密度が上昇する位相では波動エネルギーが共鳴層側へと効率よく伝わっていることが示唆された。また密度上昇と逆の位相においては、プラズマ維持が困難となるが、セントラル部の電子温度が上昇する結果が得られた。この電子加熱機構の解明を目指して計測器の拡充を進めている。さらに、A-divertorの模擬として片側のアンカー部プラズマ加熱のみでプラズマを立ち上げる実験を行った。波動干渉手法を用いて効率よくアンカー部を加熱することにより、通常と同程度の密度、8割程度の反磁性量を有するプラズマの生成・維持に成功した。講演ではダイバータ模擬実験に向けて最近実施した上述のICRF加熱実験の詳細について報告する。