

可動 ECRH アンテナによる GAMMA 10 ミラープラズマの加熱特性

青木瞳、飯泉英昭、近藤秀幸、太田真雄
今井剛、假家強、南龍太郎 GAMMA 10 グループ
筑波大学 プラズマ研究センター

背景と目的

プラズマ研究センターのプラズマ閉じ込め装置 GAMMA 10 では、電子温度がイオン温度と比べて低いため、電子ドラッグによる高温イオンから低温電子への熱輸送が大きく、イオン温度の上昇を妨げる。これを防ぐために電子サイクロトロン共鳴加熱 (ECRH) による電子加熱を行うことで、イオン加熱効率の上昇、さらにプラズマ性能の向上が期待できる。

GAMMA 10 の ECRH では、電磁波を電子と共鳴する位置に入射するために、二枚の反射鏡を用いたアンテナを使用して集光させたビーム状の電磁波を入射している。このアンテナは固定されていたため、電子加熱のための電磁波吸収位置の調整ができなかったが、アンテナの可動化により吸収位置の最適化や実験条件に応じた入射ができる。セントラル部の ECRH アンテナは導波管直近の M1、真空容器底面にある M2 の二枚の反射鏡で構成される。この反射鏡 M1 を可動させたときや、偏波による X モードの割合を変化させたときの、電子から放射される軟 X 線 (SX) の強度やプラズマの蓄積エネルギー (DM) などの変化を調べ、ミラープラズマの加熱特性を調べた。

低電力測定

入射位置を上下に移動する場合は M1(図 1) を上下に移動し、水平方向に可動させるために M1 を回転させる装置を設計・製作した。これを用いてプラズマ実験を行うが、その前に、この装置の動作や性能を確認するため GAMMA 10 配位を模擬した低電力測定を行った。その結果、M1 の回転角に対する水平方向の吸収位置移動量は、M1 可動範囲 $-30^\circ \sim +30^\circ$ で水平方向へ最大約 9mm の可動が確認され、これは電磁界分布の計算結果に 10% 以内の誤差で一致し、水平可動性能の確認ができた。

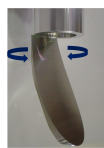


図 1 M1

プラズマ実験

図 2 は M1 の回転角に対する DM, SX の変化量のグラフである。

SX は ECRH 入射時に ECRH なしのと比べて上昇し、ECRH 入射時のみを見ると中央付近でやや上昇がみられる。

DM は中央 (0°) で最も増加し、ECRH なしと比較しても 0° のときのみ増大していることがわかった。

また、偏波 X モードの割合を変えたときの SX, DM の実験結果で

X モード 100% が最適な設定であると確認できた。SX 強度の径方向分布 (図 3) から、最適な設定である X モード 100% ではほぼ軸対称に加熱されている (図 3(a)) が、0% では分布が中心軸より南側に偏っている (図 3(b))。0% では、DM も大きく減少した。このことから、非軸対称な電子加熱がイオンの損失に大きく影響している可能性があり、同時に計測した周辺部のイオン損失の増大も確認されている。

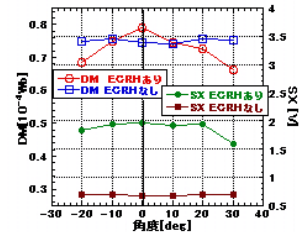


図 2 DM, SX の変化

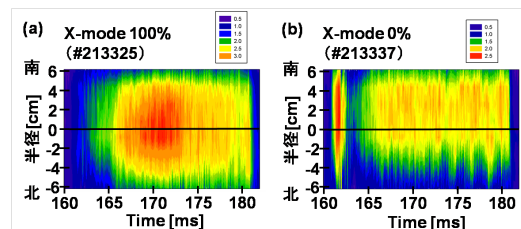


図 3 SX 分布 (a)X モード 100% (b)X モード 0%

まとめと今後の課題

水平方向可動時には真空容器軸中心に対応する水平位置 (0°)、X モードでは 100% において最も良い加熱ができた。しかし、M1 回転時の ECRH による電子加熱は DM の結果より加熱の効果があまり見られず、イオンのエネルギーが減少していることがわかる。DM の減少が見られる X モード 0% や、M1 を大きく回転した時では電子加熱に非軸対称が見られ、径方向のイオン損失を増大させる電位の非軸対称を誘起している可能性が考えられるため、さらに詳しい計測が必要である。また、現在のアンテナ系の電磁波の伝送効率は 70% であり、共鳴層で吸収されないパワーやアンテナからもれたパワーが非軸対称加熱を引き起こしていると考えられることから、M1 を拡大するなどミラー系を見直し、伝送効率を上げるような設計も今後行う。