

東京大学大学院新領域創成科学研究科
複雑理工学専攻

平成24年度

修士論文

TST-2における非誘導立ち上げプラズマの電子密度
のパラメータ依存性及び電子密度分布計測

2013年1月提出
指導教員 高瀬 雄一

47116115 加藤 邦彦

要旨

トカマク型プラズマ閉じ込め装置では、定常的にプラズマ中に電流を流さなくてはならないが、トランスの原理を用いた誘導法によるプラズマ立ち上げでは定常的に電流を流すことはできない。従って、例えば高周波波動を使った非誘導法によるプラズマ立ち上げ及び定常維持が必要不可欠である。特にトカマク装置で高い電流駆動効率を実証している低域混成波は、ITER（国際熱核融合実験炉）でも利用される予定である。しかし、低域混成波による電流駆動には密度限界が存在し、この密度以上になると、電流駆動効率が急激に悪くなる。従って、プラズマ密度制御は、低域混成波による高い電流駆動効率を定常的に維持するには不可欠である。本研究では、50 GHz のマイクロ波干渉計を用いて、TST-2 球状トカマクの運転パラメータであるプラズマ電流、トロイダル磁場強度、初期充填ガス圧の3つのパラメータに対して電子密度の依存性を求めた。また、9つの測定経路（ $R = 280 \text{ mm}, 390 \text{ mm}, 470 \text{ mm}, 520 \text{ mm}, 600 \text{ mm}, Z = 0 \text{ mm}, -220 \text{ mm}, 200 \text{ mm}, 220 \text{ mm}$ ）に沿った線積分電子密度を測定し、電子密度の空間分布を求めた。

電子密度のパラメータ依存性を調べる実験から、トロイダル磁場強度とは明確な相関は見られず、プラズマ電流と初期充填ガス圧に関しては $\bar{n}_e \propto I_p^{0.59} P_{\text{fill}}^{0.45}$ という依存性を持つことがわかった。したがって、高密度プラズマを生成するためには大きなプラズマ電流を流し、かつプラズマがつぶれてしまわない程度に十分ガスを充填させればよいことがわかった。電子密度分布計測については、速波励起用コムラインアンテナ（周波数 200 MHz）を用いて立ち上げたプラズマでは、プラズマ電流が 6 kA の時に中心で $1.7 \times 10^{17} [\text{m}^{-3}]$ の密度を持ち、周辺部で急な密度勾配を有すること、電子サイクロトロン波（周波数 8.2 GHz）を用いて立ち上げたプラズマでは、プラズマ電流が 3 kA の時、中心で $8.0 \times 10^{17} [\text{m}^{-3}]$ の密度を持ち、 $\rho \geq 0.6$ のプラズマ周辺部領域で均一に低い密度分布を持つこと、遅波励起用グリルアンテナ（周波数 200 MHz）を用いて立ち上げたプラズマでは、プラズマ電流が 5 kA の時に中心で $1.3 \times 10^{17} [\text{m}^{-3}]$ の密度を持ち、 $\rho \geq 0.6$ の領域で均一に低い密度分布を持つことがわかった。これらの結果から、プラズマ電流の値がある程度大きくないと密度分布はプラズマ周辺部で低くなることが示唆され、プラズマ電流の値を大きくすることが重要であることがわかった。