

東京大学 大学院新領域創成科学研究科
基盤科学研究系 先端エネルギー工学専攻
2011年3月修了 修士論文要旨

外部コイル・合体法による球状トカマク生成と電源開発

学生証番号 47096054 氏名 阿部 圭太
(指導教員 小野 靖 教授)

Key Words : spherical tokamak, high β , double null merging, plasma heating, electric double layer capacitor

エネルギー問題を抱える現代社会において、核融合発電の実用化に向けた研究が世界中で行われている。核融合研究は国際協力で現在建設が進められている大型核融合炉ITERに代表されるように、磁場閉じ込め式核融合プラズマ(トカマク)が主流であり、その中でもアスペクト比(大半径/小半径)が小さい球状トカマク(ST)が注目されている。

球状トカマク(ST) 実験装置University of Tokyo Spherical Tokamak(UTST) は、プラズマ合体装置TS-3、TS-4 において、単位磁気圧当たりの熱圧力(β 値)が50%以上のST 生成に成功したことを受けて新たに建設された実験装置である。UTSTは、真空容器外に設置された磁場コイルのみでST を生成するため、TS-3、TS-4よりも実用炉に近い条件でのST生成と合体加熱が計画されている。UTSTは、プラズマ立ち上げ方法として外部コイルのみによるDouble Null Merging (DNM) 法と呼ばれるプラズマ合体生成方法を初めて実証する(内部コイルによるDNM 法は英国のMAST によって実証されている)。DNM法とは、UTSTの上下に設置されている4つのポロイダル磁場(PF)コイルを用いて、上下に2つSTを生成し、真空容器中央で2つのSTを合体させ、磁気リコネクションによるイオン加熱により、高 β なSTを生成できる方法である。これまでの研究で、このDNM 法によるST 合体立ち上げに成功しており、プラズマ電流は最大50kA程度を記録している。また、センターソレノイド(CS)コイルによる電流駆動を加えると、プラズマ電流は最大170kA程度を記録している。UTST装置には、DNM法によって生成される高 β ST を加熱・維持するために、中性粒子ビーム(Neutral Beam:NB)入射加熱装置や高周波(Radio Frequency:RF)加熱装置が設置されている。

本研究では、UTST におけるプラズマ合体実験における磁気リコネクションの進展、及びプラズマ合体加熱を磁気プローブにより計測した。磁気リコネクション時におけるプラズマ圧力や加熱パワーの算出や、リコネクション速度のトロイダル磁場依存性等を確認することを目的とする。今年度より、加速コイル用の電源の改良によりプラズマの合体タイミングの調整が可能になったことや、CS コイル電源の改良により、オーム加熱がより強くできるようになったため、プラズマ電流は最大190kA程度に達した。また、現在プラズマ性能が電源によって制約されているUTST 装置に必要とされるフライホイール型発電機と同等の電源を安価に導入するため、電気二重層キャパシタ(以下EDLC)型電源を開発した。EDLC は、高い静電容量と半永久的な充放電が可能であることから、電力貯蔵装置として電車や電気自動車、太陽光発電等の効率的な電力システムへの応用が期待されている。本研究では、EDLC を準定常パルスコイル用電源として応用した。平衡磁場(以下EF)コイルは、トカマク等のトロイダルプラズマのフープ力を抑えるための外部垂直磁場を作り出すために用いられ、コイル電流の時間変動を極力小さくする必要がある。このため、従来はフライホイール型発電機が用いられてきたが、EDLC によりコンデンサ電源の静電容量を数F へ増加させれば、従来のフライホイール型発電機が担ってきた秒を越える長パルス幅の電流駆動に適用できる可能性があり、大幅な低コスト化、省スペース化が実現できる。UTSTの新しいEFコイル用に開発しているが、電源実験として一先ず本研究室のプラズマ合体装置TS-3のEFコイル用に電源設計を行い、放電テストを行った。