

トムソン散乱を用いた磁気リコネクションの 電子加速・加熱計測用分光器の開発

学生証番号 47-166087 氏名 兼田 泰志
(指導教員 小野 靖 教授)

Key Words: Nuclear fusion, Spherical tokamak, Magnetic reconnection,
Plasma merging, Thomson scattering measurement

火力発電や原子力発電に代わる次世代の大出力基幹エネルギーとして、燃料が無尽蔵で安全性に優れた核融合発電が注目されており、核融合炉に関する研究が現在盛んに行われている。

炉の機構としては、トーラス形プラズマを螺旋状に巻きつく磁場によって閉じ込めるトカマク方式が有力視されている。

従来のトカマクでは中心ソレノイド (CS) による誘導電流でプラズマの初期加熱を行っていたのに対し、小型で閉じ込め効率 (β 値) の高い球状トカマク (ST) ではトーラス中空部が狭く CS コイルの設置が困難となるため、初期加熱には別の方法を用いなければならず、本研究室では磁気リコネクション現象によるプラズマ加熱を利用したプラズマ合体法について検討している。

磁気リコネクション現象によるプラズマ加熱機構は完全には解明されておらず、数値シミュレーション等による理論的検証と並行して大型装置による実験的検証が求められている。本研究室では、プラズマ合体法の核融合炉への応用を視野に入れて、プラズマ合体装置によりそのプラズマ加熱機構を各種計測系を用いて検証している。

本研究では、プラズマ中の電子のエネルギー増加、すなわち電子加速と電子加熱について、Nd:YAG レーザによる非協同トムソン散乱計測法での検証を試みた。従来の非協同トムソン散乱計測法では電子温度・密度の測定のみが行われていたが、トムソン散乱の前方散乱光と後方散乱光の分光スペクトルを同時に詳細に計測してそのドップラーシフトを求めることで、電子温度・密度に加えて電子速度異方性、すなわち電子の非熱的速度の測定も可能となる、新たなトムソン散乱計測システムを設計した。

さらに、前方・後方散乱光の分光スペクトルの詳細計測のため、分光チャンネル数を4チャンネルに増やした新型分光器の開発を行った。従来式3チャンネル分光器の構造を起点に、ch3用干渉フィルタからの反射光をミラーを用いて同一干渉フィルタへと垂直に再入射させることで、干渉フィルタの透過波長の角度依存性により ch1, ch2, ch3 とは異なる波長の散乱光信号を ch4 として検出できるようにした。これにより、高価な干渉フィルタを追加することなく分光チャンネル数を増やすことができ、また、垂直入射は干渉フィルタでの透過損失が小さくなるため ch4 でも十分な APD 信号が得られた。

この新型分光器でパルス幅 10 ns の Nd:YAG レーザからの散乱光の分光検出が可能であることを確かめるため、TS-3U 用のレーザ系・集光系を構築し、実際にレーザを入射して大気圧のラマン散乱光を発生させ、この新型分光器により波長方向で4チャンネルのラマン散乱計測を行うことに成功した。