

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
令和3年(2021年)3月修了 修士論文要旨

ガイド磁場リコネクションのプラズマ加熱現象の探針プローブ計測

学生証番号 47196079 氏名 藤川 紘旭
(指導教員 小野 靖 教授)

Key Words : Fusion, Tokamak, Potential, Langmuir probe

近年,脱炭素社会の実現に向けた取り組みが精力的に進められている.太陽光や風力をはじめとした新しいエネルギー源も注目されている.核融合エネルギーもその一つである.核融合反応とは,原子核同士の融合によって新たな核種が生成されるような反応を指す.この際の質量欠損に起因するエネルギーを核融合エネルギーと呼ぶ.DT核融合反応を実用化するにあたっては,1億度以上の高温プラズマを高い密度の状態で維持させる必要がある.プラズマは,固体,液体,気体,(超臨界流体)の3態に次ぐ第4の状態とも呼ばれ,正の電荷をもつイオンと負の電荷をもつ電子の2つに乖離し,激しく運動し導電性が高い状態になっている.主な閉じ込め方式としては慣性閉じ込め方式と磁場閉じ込め方式がある.手法としては,ヘリカル型と呼ばれる磁場生成用コイル自体を曲げる方式のものと,トカマク型と呼ばれるプラズマ中にトーラス方向の電流を流す方式のもの,スフェロマック型と呼ばれる外部方向垂直磁場のみを印加し,プラズマ中の電流が形成する磁場を利用して閉じ込めを行うスフェロマック,プラズマ中の電流が作る磁場のみを利用して閉じ込めを行うFRCと呼ばれる形式も存在している.これらの形式のうち,現状最も研究成果を挙げているとされているものはトカマク形式である.磁気リコネクションは,本研究室が提案しているプラズマ立ち上げ手法である.磁気リコネクションにおけるアウトフロー領域でのイオン加熱,加速機構の検証を目的とした実験は,弊研究室のTS-6(詳細な仕様は後述)や,プリンストン大学のMRXで行われている.このうちMRXにおいても数々の実験が精力的になされており,磁気リコネクションにおける各種現象が明らかになりつつある.しかしこれらの実験の多くはゼロガイド磁場リコネクションでの実験となっている.またガイド磁場リコネクションも,2017年にMRXで実験が行われたことに加え,シミュレーションも併せて行われているが,イオン加速・加熱現象を明らかにしきつたと断言するには疑問符をつけざるを得ないのが現状である.そこで

本研究では,ガイド磁場リコネクションにおけるイオンの加速,加熱現象の実験的解明に向けた取り組みの一つとして,プラズマの合体面内の電場に着目して浮遊電位計測を行った.本研究では,磁気リコネクションにおけるイオンの加速・加熱機構を解明するための取り組みの一つとして,静電プローブを用いた浮遊電位計測を行った.具体的な取り組みとして,先行研究で作成されたボルテージフォロアを用いた21ch浮遊電位計測系に対して全体的に大幅な改設計を行い,冗長性及び機械的信頼性を劇的に向上させた.また,計測の電的信頼性向上のための取り組みの第一歩として,分圧抵抗及び全接地抵抗に関する考察を行い,先行研究で採用されていた分圧抵抗について検証を行った.全接地抵抗の絶対値が浮遊電位計測にて非常に大きな影響を与えることを明らかにした.またこれにより,現行の全接地抵抗の妥当性を確認し,最適な抵抗値の設定に成功した.

また,今回製作した計測系を使用して四重極電位のガイド磁場極性依存性を確認した.さらに,イオンドップラー計測と同時に計測を行い,イオン温度と浮遊電位の比較を行うことで浮遊電位がつくる電場によってイオンが加速されるとするHall効果を実際に観測することに成功した.

今後の課題としては,全接地抵抗の下限値の把握があげられる.今回の研究では下限値に対して十分な検討が行えたと断言することはかならずしもできず,今後の展開が待たれるところである.