

主 論 文 要 旨

報告番号	㊦ 乙 第	号	氏 名	星野 一生
主 論 文 題 目 :				
トカマクにおける境界層プラズマ流の構造と重金属不純物輸送に関する研究				
(内容の要旨)				
<p>トカマク型核融合装置では、炉心から流出した高エネルギープラズマは磁力線に沿って輸送され、ダイバータ板で処理される。炉心とダイバータ板をつなぐ境界層プラズマの流れの構造と、固体壁（ダイバータ板）から発生する不純物の輸送過程の理解は、ダイバータ板にかかる熱負荷・粒子負荷低減や高性能炉心プラズマ維持の観点から、将来の核融合炉実現にとって必須の課題である。そこで、本研究では、境界層プラズマの流れの構造、及び固体壁で発生する不純物、特にタングステンのような重金属不純物のプラズマ中の輸送過程を明らかにすることを目的とする。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景と目的について述べている。</p> <p>第2章は、以下で用いる2次元境界層シミュレーションコードの物理モデルについて説明している。このモデルの特徴は、プラズマ流体に対するドリフト効果を考慮し、かつ中性粒子輸送に対して運動論的粒子モデルを適用している点である。</p> <p>第3章では、まずドリフト効果を無視して境界層プラズマ流の基本特性について検討している。ダイバータプラズマが低温になると、プラズマがダイバータ板まで到達しなくなるデタッチメント現象が出現する。JT-60U等の大型トカマク実験では、このデタッチメントに伴いダイバータ領域に高速な流れが発生することが観測されている。数値シミュレーションによる詳細な解析を行い、高速プラズマ流の発生原因を明確に示すとともに、ダイバータ部分の幾何形状が高速流の径方向分布に及ぼす影響を明らかにした。</p> <p>第4章では、第3章で検討した基本的な境界層プラズマ流の構造に対して、さらにドリフト効果を考慮し、流れの構造を詳細に解析している。実験において境界層中間領域で観測される流れの逆流現象を、ドリフトを考慮することで数値シミュレーションにより再現した。このような逆流現象の発生原因を、シミュレーション結果と解析的理論とを用いて詳細に検討した。その結果、ドリフトにより駆動される磁力線方向のイオン粒子束がその原因であることを明らかにした。また、炭素不純物の輸送過程に対するドリフトの影響についても解析し、不純物を上流へと輸送する流れがドリフトにより形成されることを明らかにした。</p> <p>第5章は、重金属不純物輸送解析コード IMPGYRO のモデルについて説明している。タングステンのような重金属を扱う場合、ラーマー半径が大きいため、従来の炭素不純物の輸送解析に用いられてきた巡回中心近似の適用が難しい。そのため、トカマク実形状・実磁場配位において運動方程式を直接解くことで巡回軌道を正確に考慮することができる IMPGYRO コードを開発した。加えて、IMPGYRO コードでは、不純物輸送過程に対して重要となる、背景プラズマとのクーロン衝突、多価電離・再結合過程、セルフスパッタリングをモデル化し考慮している。</p> <p>第6章は、IMPGYRO コードを用いて、前章までで議論した境界層プラズマの流れが不純物輸送に与える影響を解析している。特に、第3章で説明したデタッチメントに伴う高速流が、タングステン不純物をダイバータ領域にとどめる摩擦力として有効に働くことを明らかにした。また、固体壁へ戻ってきた不純物粒子の入射角を調べたところ、磁力線の入射角を中心に広く分布していた。この分布と垂直入射を仮定した場合とセルフスパッタリング率を比較した。垂直入射では121%であったセルフスパッタリング率は、得られた角度分布を用いることで7%と大幅に減少し、角度分布を正しく求めることが不純物発生量を見積もる上で重要であることを示した。</p> <p>第7章は結論であり、本研究の成果をまとめている。</p>				
				以上