

中性粒子ビームによる磁場反転配位の 安定化と捕捉粒子計測

学生証番号 47116085 氏名 梅澤俊之
(指導教員 小野 靖 教授)

Key Words: Field-Reversed Configuration, Neutral Beam Injection, Faraday Cup

1 内容梗概

トラスプラズマ合体実験装置 TS-4 を用いて、磁場反転配位プラズマへの中性粒子ビーム入射実験とファラデーカップ型ビーム電流計測器による捕捉粒子計測を行った。磁場反転配位プラズマのエネルギーの損失量と比較して入射した中性粒子ビームのエネルギー量が非常に少ないことを導き、中性粒子ビーム入射による磁場反転配位プラズマの維持の原因が加熱ではなく運動論的効果による安定化であることが示唆された。また、プラズマの安定化に寄与するのは入射した中性粒子ビームのパワーではなくトラップされた中性粒子ビームのパワーであるという観点から、捕捉された中性粒子ビームによるイオン電流を計測した。

2 本研究の目的

本研究の目的は、電力系統に連系することを想定し経済性を重視した磁場反転配位プラズマが将来の核融合炉に繋がるよう、磁場反転配位プラズマの最大の問題点である安定性の低さを克服することである。その手段として中世粒子ビームを用い、その安定化効果がどのような理由に基づくかを研究する。また、どのような中性粒子ビームが磁場反転配位プラズマの安定化に適切に寄与するかを異なる入射パワーの中性粒子ビームを磁場反転配位プラズマに入射することで調査し、ファラデーカップ型ビーム電流計測器によって磁場反転配位プラズマに捕捉された中性粒子ビームのビーム電流を計測する。

3 ArFRC への NB 入射実験

ArFRC に中性粒子ビームを入射した場合としなかった場合におけるプラズマの磁気エネルギーと熱エネルギーの和 E の損失と中性粒子ビーム入射パワーの時間変化を比較すると 0.3MW 程度の中性粒子ビームによって最大で 3MW 程度プラズマエネルギーの損失が抑制されていることが分かる。中性粒子ビームによる加熱効果であれば中性粒子ビームの入力エネルギー程度の損失低減にとどまるはずであり、そうでないということは長寿命化の原因が中性粒子ビーム入射によるプラズマの安定性の改善によるものであることが示唆される。

また 15kV、18A のビームを ArFRC に入射した場合と 10kV、20A のビームを ArFRC に入射した場合における ArFRC の磁気エネルギーと熱エネルギーの和 E の損失の時間変化を比較するとパワーでは 15kV、18A のビームは 10kV、20A のビームより 35% 大きいにもかかわらずエネルギー損失の低減効果は同程度である。これは荷電交換反応断面積の違いによって理解される。これより入射するビームパワーだけでなくトラップされたビームパワーの計測も重要だと考えられる。

4 ファラデーカップ型ビーム電流計測器による捕捉粒子計測

ファラデーカップ型ビーム電流計測器では普通、グリッド間に電圧を印加することで低エネルギーの荷電粒子や二次電子を制御するが、本研究では高密度プラズマ中に浸すため電圧は印加していない。中性粒子ビーム入射位置である $r=600\text{mm}$ に設置したファラデーカップによるビーム電流計測結果、および 550、575、625、650mm に設置した場合のファラデーカップの信号を計測すると $r=600\text{mm}$ にピークするような信号が観測された。

5 結論

以上より入射した中性粒子ビームのパワーと磁場反転配位プラズマの総エネルギーの損失を比較、検討することにより中性粒子ビームによる磁場反転配位プラズマの維持時間の伸長が、一般的な中性粒子ビームの用途である加熱ではなく運動論的効果による $n=1$ トロイダルモードの安定化によるものであることを示した。また異なるパワーの中性粒子ビームを入射しても同じ程度の損失低減効果になる場合があることを示し、中性粒子ビームの評価として入射したビームのパワーではなく、トラップされたビームのパワーを用いるべきことが示唆された。最後にファラデーカップ型ビーム電流計測器を用い、中性粒子ビームの入射位置である $r=600\text{mm}$ とその近傍において中性粒子ビームが荷電交換反応を起こして生じたとみられるビーム電流を計測し、また $r=600\text{mm}$ から 50mm 以上離れた地点ではビーム電流が計測されないことを示した。