

Title	中性粒子ビーム入射による磁場反転配位(FRC)プラズマの閉じ込め特性改善に関する研究
Author(s)	浅井, 朋彦
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/675
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	浅井 朋彦		
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第 16997 号		
学位授与年月日	平成14年3月25日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻		
学位論文名	中性粒子ビーム入射による磁場反転配位 (FRC) プラズマの閉じ込め特性改善に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 後藤 誠一		
	(副査) 教授 八木 厚志 教授 高井 義造 教授 岩崎 裕 助教授 大中幸三郎		

論文内容の要旨

本研究は、加熱や閉じ込め特性の改善を目的とした中性粒子ビーム (NB) 入射を世界で初めて磁場反転配位 (Field-Reversed Configuration : FRC) プラズマに適用し、またその効果について、実験と数値計算の手法を用いて検証したものである。

第1章を諸論とし、本研究の背景および目的を述べた。また、本研究の対象である FRC プラズマの概要を示した。

本研究を遂行するに当たり、ビーム入射の対象となった FRC プラズマ、及びその生成・保持装置においても幾つかの工夫が要求された。第2章において本研究で用いた実験装置、FIX (FRC injection experiment) 装置について解説した。また、NB 入射によるプラズマパラメータの応答を観測するための各種測定装置に関してもこの章で解説した。

第3章で本研究の中心的実験方法である NB 入射実験について概説し、使用した中性粒子ビーム源について説明した。この中性粒子ビーム源は、中性粒子ビーム入射を FRC へ適用するために工夫がなされた。生成される NB に対して行った性能試験の結果もこの章に示した。

FRC プラズマはトカマクなどのシステムに比べ高ベータ、すなわち閉じ込め磁場が小さいという特徴を持つ。従って配位内におけるビーム粒子の振る舞いを把握することは困難である。さらに FRC は計測器などによる擾乱に非常に弱く、直接的にビーム粒子を計測することは難しい。そこで本研究では粒子軌道を数値的に追跡することで、FRC 配位中における高速ビームイオンの振る舞いを推定した。この結果を第4章に示した。

第5章では、NB 入射を行った FRC プラズマにおいて観測された閉じ込め改善と、それにもなう配位持続時間の伸長に関してその実験結果を示した。

第6章では、閉じ込め改善の物理機構について、NBI による電子加熱の効果に注目し検証を行った。FRC の拡散係数 D が電子温度の $3/2$ 乗に逆比例するというモデルを与え、これより推定した粒子閉じ込め時間が、実験的に得られた結果とよい一致を見せることを示した。

第7章では、FRC プラズマの巨視的揺動が、NB 入射によって抑制される可能性を指摘し、その効果を実験的に検証した。

最後に第8章を総括とし、本研究によって得られた結論についてまとめた。

論文審査の結果の要旨

超長期的基幹エネルギー源開発としての核融合研究は、環境適合性と経済性を協調させうる、ヘリウム3を主燃料とした炉心プラズマを必要としており、その有力な候補としてFRCプラズマが挙げられている。本論文は、このFRCプラズマ研究を格段に進展させるため、大容量の中性粒子ビーム入射法をFRCプラズマに初めて適用した実験結果についてまとめたものであり、主な成果を要約すると以下のとおりである。

- (1)FRCプラズマの形状や特性に適合した中性粒子ビーム入射系の改良を行い、幾何学的収束効果による狭小窓のビーム伝送系を実現している。
- (2)FRCプラズマ内に入射され電離した高速粒子の複雑な運動挙動を数値計算コードにより推定し、ファンビーム状の入射粒子群が外部ミラー磁場効果との組み合わせにより有効にトラップされることを初めて明らかにしている。
- (3)プラズマ損失パワーの約10分の1にしかない300KW 14KeVの中性粒子ビーム入射により、FRCプラズマの閉じ込め特性が大きく改善され、配位持続時間が2倍以上に伸長されうることが初めて明らかにしている。
- (4)閉じ込め改善の物理機構を説明するため、中性粒子ビームの入射による電子加熱の効果に注目し、プラズマ粒子の拡散係数が電子温度の $3/2$ 乗に逆比例するというモデルを提案し、粒子閉じ込め時間の伸長率がモデルによる推定値と実験値とでよい一致を示すことを明らかにし、FRCプラズマへの中性粒子ビーム入射が今後の研究に極めて有効であることを示している。
- (5)中性粒子ビーム入射による別の効果として、FRCプラズマに内在する巨視的揺動が抑制されることを実験により明らかにしている。

以上のように、本論文は、中性粒子ビーム入射法をFRCプラズマ研究に適用できることを初めて示し、プラズマの閉じ込め特性が大きく改善されることを明らかにしたものであり、応用物理学、とくにプラズマ理工学、核融合学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。