

別紙1-1

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 波場 泰昭

論 文 題 目 負イオンビーム集束性に関する研究

論文審査担当者

主 査	名古屋大学大学院理学研究科	客員准教授		
		博士 (理学)	永岡	賢一
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授		
		博士 (理学)	渡邊	智彦
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	教授		
		博士 (工学)	谷山	智康
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授		
		理学博士	南部	保貞
委 員	名古屋大学大学院理学研究科	准教授		
		博士 (理学)	居波	賢二

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

高エネルギー加速器などの学術研究分野から医療分野にもその応用が広がる水素負イオンビームは、負イオン源と呼ばれる装置でプラズマ中の水素負イオンを静電加速して生成される。磁場閉じ込め核融合研究分野では、現在建設中の国際熱核融合実験炉 (ITER) 用の高周波 (RF) 負イオン源の開発が行われている。近年、ITER 用 RF 負イオン源のビーム集束性が ITER の仕様と比べて、3 倍以上悪いことが明らかになり、その解決が求められた。

プラズマからイオンビームを引き出す場合は、ビーム領域とプラズマ領域の界面 (メニスカスと呼ばれる) がビーム光学系の初段のレンズ効果を担うと考えられている。表面生成型負イオン源のメニスカス周辺領域では、電子ビーム除去のための磁場が存在すること、及び負イオン生成領域が隣接することによる負イオン流束の不均一性等、負イオン源特有の性質があるが、それらのビーム集束に与える影響は明らかにされていない。そのため、ITER 用 RF 負イオン源のビーム集束性を改善する目処が得られていなかった。申請者は、良好な集束性を実現している直流放電負イオン源の単一孔から引き出される負イオンビームの集束特性を詳細に調べ、表面生成型負イオン源のビーム集束性の劣化メカニズムの解明に挑んだ。

申請者は、プラズマ生成のための RF 電場が、メニスカスに与える影響に着目した。イオン源プラズマの時間変動に対するビーム集束性の応答を調べるために、高時間分解能を有する高速ビーム計測器を開発した。イオン源内プラズマと負イオンビームレットの同時計測により、ビームレット幅の変動の観測に成功し、さらに、ビーム軸も変動することを発見した。このことから、イオン源プラズマの変動に、メニスカスが応答することによるビーム集束性の劣化が起こることを指摘した。

次に、申請者は、ペッパーポット型位相空間計測器を開発した。これを用いた負イオンビームの位相空間 (ビーム進行方向に垂直な方向の位置と速度の空間) 構造の計測とその詳細な解析により、負イオンビームレットは、3つのガウスビームから構成されることを発見した。さらに、ビーム集束性を変化させたときの3つのガウスビームの変化を解析し、それぞれのガウスビーム成分の垂直方向の広がりだけでなく、ビーム軸の互いに逆向きの移動がビームレット全体の集束性を劣化させることを明らかにした。

以上の成果は、表面生成型負イオンビーム集束性を悪化させる要因を実験的に示し、従来考えられてきた負イオンビーム集束性の概念を大きく修正するものであり、高く評価される。ITER 用 RF 負イオン源開発研究現場でもメニスカス安定性を調べる実験提案が採択され、RF 負イオン源のビーム集束性改善へ大きな貢献が期待される。よって申請者は、博士 (理学) を授与されるに相応しいと認められる。