

# 主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	櫻林 徹
主 論 文 題 名			
水素負イオン源プラズマにおける負イオン輸送過程に関する研究			
(内容の要旨)			
<p>中性粒子ビーム入射 (NBI) 加熱装置は、磁気閉じ込め核融合プラズマの加熱という重要な役割を担う。近年、中性化効率の高い負イオンを用いた NBI 装置が注目を集めている。大電流かつ収束性の良い負イオンビームを得るためには、負イオン源プラズマ中で生成された負イオンの実空間及び速度空間における輸送過程の理解が必須の課題となる。本論文は、負イオン源プラズマ中での負イオン輸送過程の理解を主目的とする。モンテカルロ法を用いた負イオン輸送モデルおよび PIC (Particle-In-Cell) 法を用いた静電プラズマ粒子モデルを負イオン源プラズマに適用し、負イオン源プラズマを制御する各種磁場の影響を考慮した数値シミュレーションから負イオン粒子輸送及びエネルギー輸送を支配する機構を論じている。</p> <p>第1章は序論であり、負イオン源研究における本研究の位置付け、意義および目的を述べている。</p> <p>第2章では、本研究で用いた負イオン輸送モデルおよび静電プラズマ粒子モデルについて水素負イオン源プラズマを対象とした数値モデルの構築法とその特徴、優位性について論じている。また、具体的な計算手法について述べている。</p> <p>第3章では、タンデム型負イオン源においてプラズマ電極表面で生成された負イオンの輸送過程を、負イオン輸送モデルを適用し、論じている。従来の研究が、実空間での輸送過程の解明に重点が置かれているのに対して、本論文では表面生成された負イオンのエネルギー緩和の効果を取り入れ、速度空間における輸送過程についても詳細に調べている。その結果、表面生成された負イオンは、表面近傍に形成されるシース電位によって 3~5eV 程度にまで加速を受けるが、背景プラズマ内を輸送中に、クーロン衝突を受け、正イオン温度 (0.5~1eV 程度) にまで緩和される。これは負イオン輸送モデルが、ビーム収束性の向上に重要な負イオンのエネルギー分布の解析、特に負イオン温度の定量評価に有用なツールとなり得ることを示唆している。</p> <p>第4章では、解析対象をアーク放電型負イオン源 Camembert III とし、負イオン輸送モデルをこれに適用している。大型負イオン源での負イオン密度の増大によって生成効率の増大はもちろん低ガス圧下における負イオンの損失機構の理解と低減が望まれる。Camembert III の実幾何形状およびプラズマ閉じ込め用多極カスプ磁場配位等を忠実に再現し、低ガス圧下 (1mTorr, 3mTorr) における体積生成負イオンの損失過程をそれぞれ調べ比較している。1 mTorr 程度のガス圧下では、体積生成した負イオンは、カスプ磁場に捕われるため磁力線方向の容器壁への輸送損失過程が支配的となることを明らかにした。これは、実験と同様な傾向を示し、負イオン輸送モデルが、大型・低ガス圧負イオン源の解析に有用であることを示唆している。さらには、表面生成負イオンについて引き出しに効果的な生成点は、容器上面、下面壁であることを明らかにした。</p> <p>第5、6章では、負イオンの引き出し増大に対する弱磁場及び電子拡散の影響について静電プラズマ粒子モデルを用いて調べている。電子の拡散を考慮しない場合、弱磁場により電子は磁化されるが、イオンは、ほとんど影響を受けない。このダイナミクスの相違により、正イオンに2つの反対の流れが形成され電位空間分布に顕著な正のピークが生じる。この電位構造の変化により、多くの負イオンが電子に代わり引き出し孔方向へと移動する。さらに磁場に垂直方向の電子拡散を考慮した場合、電位空間分布のピークの大きさは小さくなる。しかしながらピーク位置は PG 近傍の領域へと移動する。このため、負イオンの引き出しは電子拡散を考慮しない場合と同様に増加する。負イオン引き出し増大のメカニズムは、弱磁場における電子と正・負イオンのダイナミクスの相違によって生じた電位構造の変化、すなわち PG 近傍に生じる電位空間分布における正のピークの存在によって説明できることを明らかにした。これらの結果は、引き出し孔近傍に存在する磁場を積極的に制御することが負イオン引き出し電流の増大に有効となることを示唆している。</p> <p>第7章は結論であり、本研究の成果をまとめたものである。</p> <p>以上を総括すると、本論文は負イオン源プラズマにおける負イオン輸送過程の物理機構を詳細に調べたものであり、本論文によって得られた知見は、引き出し電流の大電流化及び負イオンビーム収束性の向上にとって有効な指針を与えるものとなる。</p>			
以上			