

氏 名 (本 籍)	梶 原 健 (茨 城 県)		
学 位 の 種 類	博 士 (理 学)		
学 位 記 番 号	博 甲 第 2,059 号		
学位授与年月日	平 成 11 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
学 位 論 文 題 目	Study of Current Circulation through an End Plate Associated with Electron Cyclotron Resonance Heating in the GAMMA 10 Tandem Mirror (タンデムミラーガンマ10における電子加熱時のエンドプレートを介した電流循環の研究)		
主 査	筑波大学教授	理学博士	谷 津 潔
副 査	筑波大学助教授	理学博士	石 井 亀 男
副 査	筑波大学助教授	理学博士	斉 藤 輝 雄
副 査	京都大学教授	理学博士	際 本 泰 士

## 論 文 の 内 容 の 要 旨

本論文はタンデムミラー型プラズマ閉じ込め装置ガンマ10において、装置端部への電流と径方向電流との関係から、電位形成とプラズマ閉じ込めを考察したものである。同装置には両端部に、端損失プラズマを受ける金属板が真空容器とは電氣的に独立した浮遊電位に設置されており、これをエンドプレートと呼んでいる。エンドプレートの電位と、エンドプレートからミラースロート部（端部の最大ミラー磁場部）の間の電位分布は、タンデムミラー中の電位形成機構とプラズマ閉じ込めに密接に関連しており、ガンマ10の重要研究課題として従来から研究されてきた。これまでに、エンドプレートからの二次電子放出を電位形成機構に含めることにより、電位分布の定性的説明は完成されているが、定量的には実験値との違いが残されていた。また、エンドプレートからの二次電子放出を抑制する実験において、エンドプレートに到達する端損失電子束が期待したほど減少しないという問題もあった。

本論文は、従来考慮されていなかった電流要素を考慮に入れて、これまでの理論を補うことにより、理論値と実験値の差を少なくできることを示した。次に、この結果の自然の発展として、プラズマ閉じ込め電位形成部（プラグ・バリアー部）における径方向電流の存在を予想し、実測と巧みなデータ解析からこの予想を実証した。この結果は、ガンマ10におけるプラズマ閉じ込めについても、新たな知見を加えたものである。

具体的には、第一に、エンドプレートから放出される二次電子について、ミラースロート手前での磁場による反射等、その特性を詳しく解析し、エンドプレート上の電子電流の過剰分を明らかにした。そして、このことを考慮すると、実験と理論のずれが大きく改善されることを示した。さらに、この過剰電子電流を補う電流の起源を考察している。一つは、エンドプレートへのプラズマの流入は、従来その前面からのみと考えられていたが、エンドプレートには測定用、あるいは他の用途で孔がけられており、孔を通して入り込むプラズマがもとになってエンドプレート背後にも密度の薄いプラズマが生成されて、プレート背後からのプラズマ流入があること、二つ目として、エンドプレート前面領域での中性ガスの電離を考慮に入れる必要性を指摘し、これらを起源とする電流を評価して、過剰電子電流の約3分の1が説明できることを示した。

第二に、プラグ・バリアー部におけるプラズマの径方向損失電流を測定し、イオン電流が電子電流より大きいことを示した。これは径方向へのイオン損失を意味している。この電子電流の少ない分は磁場に拘束されて径方向に動けず、磁力線に沿ってエンドプレートに流入していると考え、この分が上に示したエンドプレートへの過

剰電子電流の元になっているのかどうかを詳しく解析した。その結果確かに、プラグ・バリアー部における径方向イオン電流と、エンドプレートへの過剰電子電流には直線的な強い相関があり、上の考えの正しいことを示した。さらに、径方向イオン電流にはプラズマ閉じ込め領域である中央部とアンカー部に起源を持つ成分もあることを明らかにした。このことは、中央部とアンカー部から流出するイオン流のうち、無視できない割合のイオンがプラグ・バリアー部で径方向に損失していることを意味する。このような径方向イオン損失を示したのはガンマ10において初めてのことである。

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文はタンデムミラー装置端部への損失粒子束のバランスと電位形成を、理論計算とともに実測に基づいて詳しく論じている。タンデムミラーでは、プラズマ閉じ込め電位の形成と、粒子輸送とは密接に結びついていることと、イオンの径方向損失を初めて示した。本研究は、タンデムミラーによるプラズマ閉じ込めの研究に寄与するばかりでなく、新たな研究の方向を示したことで高く評価される。なお、提出された論文内容の一部は、査読のある学術雑誌にすでに掲載されている。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。