

|         |                                       |
|---------|---------------------------------------|
| 氏 名     | 山 本 新<br>やま もと しん                     |
| 学位の種類   | 工 学 博 士                               |
| 学位記番号   | 論 工 博 第 1214 号                        |
| 学位授与の日付 | 昭 和 54 年 7 月 23 日                     |
| 学位授与の要件 | 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当               |
| 学位論文題目  | DIVA (JFT-2a) 装置に於ける軸対称ダイバータに関する実験的研究 |

論文調査委員 (主 査) 教 授 宇 尾 光 治 教 授 上 之 園 親 佐 教 授 飯 吉 厚 夫

### 論 文 内 容 の 要 旨

近年制御核融合をめざした研究はめざましい発展を遂げ、5年以内に臨界条件を満たすプラズマが生成される見込みである。プラズマ・パラメータが改善され、高温プラズマが発生されるにつれて、プラズマ中の不純物量を減らして、プラズマからの放射損失を可能な限り小さく抑える事は必要不可欠となる。この問題の有力な解決方法としてダイバータが提案され研究されてきたわけであるが、本論文は軸対称ダイバータ付きトカマク装置である DIVA (JFT-2a) を用いてなされたダイバータ実験について論じたものである。

第1章は序論であって、本研究の目的および意義が述べられている。トカマクにおける不純物問題およびその除去方法の一つとして考えられているダイバータ装置に関する事柄について述べられ、本論文の背景としてトカマク装置およびトカマク・プラズマの平衡と安定性について述べ、ダイバータがセパラトリックスに沿って形成される事が示されている。

第2章では、DIVA装置と実験に用いられた測定手段が述べられている。ダイバータ作用が行われるスクレイプ・オフ層についての詳しい説明がなされ、この部分と主プラズマとの関係が述べられている。通常よく用いられる測定法（レーザ散乱、マイクロ波、プローブ等）を駆使するとともに、スクレイプ・オフ層の存在を直接的に示す逃走電子を利用した測定法は注目に値する。ダイバータ層を流れる粒子束、エネルギー束の測定に関しても工夫の跡が見られる。

第3章では、ダイバータ配位についての議論が行われている。まず、プラズマ周辺部に存在する高エネルギー電子流の軌道が2次的に観測されて、セパラトリックス付きトカマク配位がポロイダル断面内で明らかにされるとともに、ダイバータ配位の存在条件も実験的に求められている。ここでは、ダイバータ配位が安定に存在し得るかどうかという観点に立って議論が進められ、高速度写真による観測をはじめとして、熱流束、粒子束が二次的に調べられ、ダイバータ磁場配位の実験的解明が行われている。

第4章では、不純物を除去する効果、即ちダイバータ効果についての議論が行われている。まずセパラトリックス付きトカマク・プラズマ内部の磁気流体的性質と、通常のトカマクのプラズマ内部に発生する

磁気流体的性質の比較を行うため、負スパイク発生時にポロイダル磁場に現われる $m=2$ プリカーサ振動および内部モードである鋸歯状波振動について調べられている。この結果、これらの磁気流体的性質において、セパトリックス付きトカマクは通常のトカマクと本質的に相違がない事が明らかになった。イオン温度と電子密度についてもこの観点から調べられ、トカマク装置で既に確立されているスケーリング則に、ダイバータ付きトカマクも従う事が明らかにされている。ダイバータ作用とその効果については、最も重点的に調べられ、不純物密度とそれによる輻射損失のダイバータによる軽減効果が実験的に証明された。ダイバータはエネルギーの閉じ込め時間を長くするという重要な実験結果が得られた。これらの結果に対して、その機構を理解するための物理的な考察と実験が詳しく行われ、主プラズマ中の熱拡散係数は、ダイバータの有無で変化がなく、輻射損失の軽減効果がエネルギー閉じ込めの改善に大きく寄与している事が明らかにされている。

第5章は結論である。第3章、第4章で得られた結果が端的にまとめられている。軸対称装置であるトカマクに軸対称なダイバータを世界で初めて取り付けけた DIVA 装置において、ダイバータが非常に有効に働いている事が実験的に示されたわけで、今後設計、製作される大型装置に対し、多くの示唆を与えることになるものと言える。

## 論文審査の結果の要旨

制御された核融合反応の実現を目ざした研究の一環として、核融合炉に閉じ込められたプラズマ中の不純物の減少と反応生成物である灰( $\alpha$ 粒子)の排出を目的としたダイバータの開発及びその有効性の研究は、特に重要な部分を占めている。本論文は、軸対称装置であるトカマクに初めて取り付けられた軸対称ダイバータの特性を DIVA (JFT-2a) 装置を用いて、ダイバータ付トカマク配位及びダイバータを働かさない通常のトカマク配位での両者について、広範囲の放電条件にわたって主プラズマのプラズマ・パラメータや不純物による輻射損失を比較し、トカマクにおけるダイバータの有効性について詳細に論じたものであり、得られた主な結果は次のようである。

1. ダイバータ・フープコイル電流の存在の下で主プラズマに生じる位置不安定性についての実験を行い、プラズマをとりまくシェルの存在及び外部垂直磁場が大きな役割をする事を示し、安定なダイバータ・フープコイルと電流プラズマ電流との電流比の範囲を決定した。
2. ダイバータを働かせた場合のプラズマの中心のイオン温度はアルツモビッチのスケーリング則に、最大線平均密度は村上のスケーリング則に従い、エネルギー閉じ込め時間はアルカトル則に従う事を明らかにし、ダイバータの存在による悪影響がない事を示した。
3. ダイバータを働かさない場合は、プラズマ境界での安全係数  $q_a$  が 3.5 までのプラズマ電流しか安定に流せなかったが、ダイバータを働かせる事により、更に大きな電流を流す事ができ、 $q_a$  を 2.6 まで下げる事ができた。
4. ダイバータは、プラズマと壁との相互作用を軽減させ、第1壁からの不純物の発生を減少させるとともに、壁から流入する不純物に対し期待通りの遮蔽効果を有している。ダイバータ部から主プラズマ部への不純物の逆流は小さかった。従って、ダイバータを用いる事により不純物による輻射損失を、ダイバ

ータを働かさない場合に比較して  $1/2$  ないし  $1/4$  に軽減す事ができた。るダイバータを用いて不純物による輻射損失を減少させると、電子温度の空間分布をプラズマの径方向に、電子温度の高い平坦な温度分布にする事ができる。これは、プラズマの保持するエネルギーの総量が大きくなる事を意味し、エネルギー閉じ込め時間をダイバータを働かせない場合の  $2.5$  倍にする事ができた。軸対称ダイバータが主プラズマの輸送過程に悪影響を与えず、全体的に見るとエネルギー閉じ込め性能を改善している事は特に注目すべき点である。

以上、要するに本論文は、ダイバータ付トカマクの特性を実験的に研究し、その有効性を検証したものであり、学術上、實際上寄与するところが少ない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。