



Title	トカマクにおける低域混成波帯加熱と電流駆動に関する研究
Author(s)	今井, 剛
Citation	大阪大学, 1990, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/37514">https://hdl.handle.net/11094/37514</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	いま 今	い 井	つよし 剛
学位の種類	工	学	博 士
学位記番号	第	9 2 2 9	号
学位授与の日付	平成 2 年 4 月 26 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	トカマクにおける低域混成波帯加熱と電流駆動に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教授 横山 昌弘		
	教授 石村 勉	教授 渡辺 健二	教授 井澤 靖和
	教授 三間 罔興	教授 青木 亮三	教授 権田 俊一
	教授 中井 貞雄	教授 三宅 正宣	教授 西原 功修

## 論文内容の要旨

本論文は著者が日本原子力研究所において約 1 4 年にわたって行ったトカマクにおける低域混成波帯加熱と電流駆動に関する研究成果をまとめたもので全 8 章から構成されている。

第 1 章ではこの研究の背景となるトカマク型核融合装置について研究の現状及びトカマクにおける加熱及び電流駆動の必要性について述べ、本研究の位置付けを行い、さらに本研究の目的と意義を明らかにしている。

第 2 章では低域混成波の励起、伝搬、吸収に関する特性について述べ、本研究の理論的背景を示している。

第 3 章では小型トカマクの JFT-2 で行った低域混成波による加熱実験結果に関して、低域混成波加熱の有効性を実証し、さらに、結合系(波をプラズマ中に励起するためのアンテナ)の改良研究による効率の改善結果について示すとともに効率低下の要因となるプラズマ表面でのパラメトリック不安定性の特性を明らかにしている。

第 4 章では、JFT-2 におけるトカマクで初めての非誘導電流駆動の実証実験結果を示している。

第 5 章では、JFT-2 での加熱電流駆動研究から得られたデータベースを基に行った新開発の JT-60 用低域混成波加熱装置の設計と開発の概要及び装置の目的、特性に即した技術の開発成果について示している。

第 6 章では、開発した装置を用い、JT-60 トカマクで行った 2 MA 級の電流駆動等の大電流駆動技術の研究及び結合系やプラズマの配位等の改良による定常化に不可欠な電流駆動の高効率化研究の成果について示すとともに、電流分布制御機能を利用したトカマクの閉じ込め改善研究について示している。

第7章では、JT-60トカマクでの加熱実験について電子加熱、イオン加熱、中性粒子ビーム入射(NBI)加熱との組み合わせ加熱について加熱効率の改善法について明らかにしている。

第8章では、本研究で得られた第2章から第7章までの結果を総括し、本論文の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

プラズマ理工学及び核融合工学の立場からみてトカマクのプラズマ加熱と電流駆動の研究は、この方面の分野で最も中心的な課題の1つである。

本論文ではJFT-2及びJT-60トカマクでの低域混成波による加熱と電流駆動の実験及び関連技術の開発研究を通じて得られた成果について考察を加えたもので多くの新知見を含んでいるが要約すると、

- (1) JFT-2トカマクにおける実験により低域混成波帯の高周波を用いて正確な位相制御と結合系での放電制御による不純物放出低減化によりイオン加熱が可能であることを明確にすると共に、 $N_{H1}$ スペクトルを最適化することにより加熱効率の改善が得られることを明らかにしている。
- (2) イオン加熱の密度領域においてはプラズマの周辺部でイオンサイクロトロン高周波と低域混成波へ崩壊するパラメトリック不安定性が励起されること、それに伴い加熱効率の低下が生じることがわかりこのパラメトリック不安定性の抑制が加熱効率の向上につながることを明らかにしている。
- (3) 低密度領域において電子のランダウ減衰による電子加熱が可能であることを明らかにすると共に、一方向にのみ低域混成波を励起することにより、トカマクにおいて波動による電流駆動が可能であることを初めて実験的に明らかにしている。
- (4) JFT-2の実験データベースを基に、JT-60用低域混成波加熱電流駆動装置の開発研究からJT-60プラズマに対して2GHz帯、24MW、10秒の装置の開発の必要性を明らかにしている。
- (5) 1MWクライストロンの開発において出力空洞及び出力窓における放電の抑制が重要であること、またその抑制手法を明確にし、1MWクライストロンの開発に成功している。また耐反射性能を調べることにより高反射条件でのクライストロンの運転領域を明確にし、サーキュレーターのないシステムの現実性を与えている。
- (6) 結合系開発研究においてトカマク近くの真空中での大電力伝送と高周波特有の放電の存在を明らかにし、これらの抑制が不可欠であること及びその抑制手法を明確にしている。
- (7) サーキュレーターのない大電力クライストロンシステムに必要な機器を明確にし、その開発を行うと共に24MWの大電力クライストロンシステムがサーキュレーターなしで安定に運転できることを明らかにしている。
- (8) 低域混成波電流駆動により炉心規模に近い2MAの非誘導電流駆動が可能であることを明らかにし、又電流駆動積を従来の研究から約1桁上昇させ、 $1.25 \times 10^{19} \text{MAm}^{-2}$ を得ることができ、トカマク定常化の実現性の展望を大きくひらいている。
- (9) トカマク定常化に不可欠な電流駆動効率の向上研究において従来の2倍以上の $\eta_{CD} = 3.4 \times 10^{19} \text{m}^{-2}$

A/Wを得ている。

- (10) 低域混成波電流駆動により電流分布の平坦化が可能なことを明確にして、NBI加熱時の閉じ込めを改善できることを明らかにすると共に鋸歯状振動の安定化が可能なことを実験的に明らかにしている。
- (11) 電子加熱領域で高パワー時に現れるパラメトリック不安定性を高 $I_p$ 化で抑制し、効率の向上が可能であることを明らかにしている。
- (12) ベレット入射によりガスパフよりピークの高い密度を実現しイオン加熱領域で周辺でのパラメトリック不安定性を抑制し、高効率で中心加熱が可能であることを明らかにしている。
- (13) 中性粒子ビームと低域混成波加熱とによって中心領域でのビームイオンの加速によりテイルイオンの蓄積エネルギーを増大させ、加熱効率を改善している。

以上に述べたように本論文はトカマクプラズマに対して低域混成波が加熱及び電流駆動の手段として極めて有効に機能する多くの重要な新知見を含み、プラズマ理工学、核融合工学に寄与する所が大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。