



Title	スフェロマクの閉じ込め, その抵抗性減衰過程に関する実験的研究
Author(s)	永田, 正義
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/1619">https://hdl.handle.net/11094/1619</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	なが	た	まさ	よし
	永	田	正	義
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	7	2	90号
学位授与の日付	昭和61年3月25日			
学位授与の要件	工学研究科 電磁エネルギー工学専攻 学位規則第5条第1項該当			
学位論文題目	スフェロマクの閉じ込め、その抵抗性減衰過程に関する実験的研究			
論文審査委員	(主査) 教授 渡辺 健二			
	教授 石村 勉	教授 三間 圀興	教授 山中千代衛	
	教授 横山 昌弘	教授 山中 龍彦	教授 中井 貞雄	
	教授 井澤 靖和	教授 三宅 正宣	教授 権田 俊一	

## 論文内容の要旨

本論文は、磁界閉じ込め核融合の新方式の一つであるコンパクトトーラス (CT) 研究において、同軸プラズマガン方式によって生成されたスフェロマク配位プラズマの閉じ込め特性の改善と、抵抗性減衰過程に現れる特徴的な物理現象の解明を行って得た研究成果をまとめたものであり、以下の7章から構成されている。

第1章は緒論であり、核融合研究及びCT研究の現状を述べ、CT研究の重要性と本研究の目的を記述している。

第2章では、本実験的研究を行うに当たり、必要とされるスフェロマクの平衡と安定性に関する物理的基礎概念及び第6章において実験結果の考察に用いる電流ピーキングモデルの考え方を明確にしている。

第3章では、同軸プラズマガン方式によるスフェロマク・プラズマ生成機構、CTCC-I実験装置及び不純物抑制実験について述べている。不純物抑制実験として、フラックス・コンサーバー (FC) 内壁にチタンコーティングを施すことにより、低Z不純物による輻射損失が軽減され、プラズマ閉じ込めの著しい改善が成され、その成果について詳細に説明が加えられている。

第4章では、ベータ値の上昇と共に発生し始めたプラズマの急激な崩壊現象を磁気シャアの強化によって安定化することを目的として、FCの中心対称軸に中心導体を挿入する方法を採用し、安定な高ベータ平衡が達成されることを見い出している。これによって長寿命のプラズマ閉じ込めが再現性良く得られる事を見出し、それについて記述している。

第5章では、スフェロマクの抵抗性減衰過程に注目し、磁界、分光、平均電子密度、軟X線輻射の空

間分布測定を行い、その減衰過程におけるプラズマの緩和的特徴を明らかにしている。

第6章では、第5章で得られた実験結果に基づいて、準平衡を仮定した電流ピーキングモデルを用いて平衡配位の時間的发展を解析している。さらに、零次元時間発展輻射モデル計算によって、軟X線輻射信号や不純物スペクトル線強度に観測される鋸歯状波形の解析を行っている。その結果、抵抗性減衰過程に現れる電磁流体力学的不安定性は、プラズマ抵抗の空間的非一様性によって生じる電流の中心部への集中が原因であることを明らかにし、併せて、その不安定性により生じる緩和現象の過程において、磁気ヘリシティの保存性と磁束変換の存在及び粒子の異常輸送の閉じ込めへの影響等について考察している。

第7章では、各章で得られた研究結果をまとめ、本研究を総括し結論を述べている。

### 論文の審査結果の要旨

磁界閉じ込め核融合研究の現在の焦点は、臨界プラズマ条件の実験的検証、即ち実験室における炉心状態プラズマの実現にあり、現在、最も進展しているトカマク方式によって数年以内にこの目標が達成されるまでに至っている。しかし、この段階は核融合実用炉の実現という大目標に向けての第一の峠を越えたというにすぎず、なお数多くの問題を克服していかなければならない。スフェロマク研究は、長年蓄積されて来たプラズマ技術を応用して、予想されるトカマク核融合炉の複雑構造という問題点を抜本的に改良するため、トラスコイルを用いなくて、トカマク類似配位を持つ高性能炉心プラズマを新しく生成することを目的としており、近年急速に進展して来ている。本論文は、スフェロマク・プラズマの閉じ込め特性について、その改善と基礎的性質の理解のために、新しく観測された物理現象、特にスフェロマクの抵抗性減衰過程における緩和的振舞いに関する実験研究の成果をまとめたもので、得られた成果を要約すると次の通りである。

- (1) 不純物対策としてチタンコーティング法が採用され、初期実験でのスフェロマクに支配的であった不純物輻射損失の大幅な減少及び壁からの中性水素粒子の流入の抑制等がなされ、これに伴って電子温度の上昇、1 ms 近い長寿命スフェロマク・プラズマの生成が実現されている。
- (2) プラズマは電子温度上昇に伴って電磁流体力学的に不安定となり、平衡配位の急激な崩壊現象が頻繁に観測されるようになった。閉じ込めの安定性向上の一方法として中心導体をフラックスコンサーバーに導入し、これによる崩壊現象の抑制効果を見つけ出した。さらに中心導体径の大きさとその時に形成される磁界配位の磁気シャーとの関係を示し、その安定化効果を明らかにしている。
- (3) スフェロマクの特徴はプラズマ自身の内部電流による閉じ込め磁界の形成にあるが、その磁界はプラズマの抵抗によって減衰するため、平衡配位は時間と共に変化し、初めの安定配位からずれていく。そのずれの大きさがある敷居値を越えた時、不安定性が励起され一種の緩和現象が発生する。このことを実験的に初めて見つけ出した。さらに、この一連の現象について磁界、分光、電子密度、軟X線等の詳細な測定を行い、プラズマ電流、密度の磁気軸近傍への集中化が不安定性発生の原因となって

いること、これに続く不安定性発生が逆にプラズマ電流、密度の平坦化を引き起こし、再び安定配位に戻していることを明らかにしている。

- (4) 軟X線及びイオン・スペクトル線の輻射強度信号に見られる鋸歯状波形について、平衡配位の時間発展及び間欠的緩和現象との関連を零次元時間発展輻射モデルによって計算し、測定された物理現象を説明している。
- (5) スフェロマク配位プラズマの時間的发展に伴って間欠的に発生する緩和現象に関する大局的考察をさらに行っている。準平衡状態を仮定し、電流の空間分布の時間変化に対応する平衡配位を解析的に求め、緩和現象に伴うスフェロマクの全磁界エネルギーの変化、トロイダル磁界とポロイダル磁界の間の磁束変換及び磁気ヘリシティの保存性について考察し、これらの現象がプラズマの自己調節作用に基づくものとして理解し得ることを示している。

以上のようにスフェロマク閉じ込め実験において、明らかにされたスフェロマクの閉じ込め、その抵抗性減衰過程に関する本論文の知見は、核融合工学及びプラズマ物理学の分野に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。