

Title	核融合炉用超電導磁石材料の中性子照射損傷に関する基礎研究
Author(s)	林内, 賀洋
Citation	大阪大学, 1984, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/1684">https://hdl.handle.net/11094/1684</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

氏名・(本籍)	はやし 林	うち 内	よし 賀	ひろ 洋
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	6 4 6 2	号	
学位授与の日付	昭和 59 年 3 月 24 日			
学位授与の要件	工学研究科 原子力工学専攻 学位規則第 5 条第 1 項該当			
学位論文題目	核融合炉用超電導磁石材料の中性子照射損傷に関する基礎研究			
論文審査委員	(主査) 教授 岡田 東一			
	教授 住田 健二	教授 関谷 全	教授 三宅 正宣	
	教授 井本 正介			

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、磁場閉じ込めの核融合炉用超電導磁石材料の高速中性子照射におけるカスケード効果並びに核融合炉中性子スペクトル効果の理論的解析を行い遮蔽設計に対する有用な知見をまとめたものであり、7章からなっている。

第1章では、超電導磁石材料の中性子照射損傷に関する一般の問題を概説しこれに対する本研究の位置づけ、並びに目的について述べている。

第2章では、高速中性子照射損傷による欠陥生成過程を、損傷の2領域モデルを用いて解析し、又、残留抵抗の増加に対する核融合炉中性子のスペクトル効果を調べている。核融合中性子場のように10~14MeVの割合が多い中性子束の照射を受ける場合では、核分裂炉照射データに対して補正が必要であること、並びに中性子ストリーミングに対する遮蔽が重要であることを指摘している。

第3章前半では、絶縁体のイオン照射損傷について考察している。イオンのエネルギーが非常に大きい場合、従来の2体衝突に基づくカスケード損傷以外に、原子の集団運動励起に基づく衝撃波損傷も可能であることを明らかにし、 $\gamma$ 線照射、あるいは核分裂炉照射実験では、有機絶縁材料等の軽元素材の核融合炉照射損傷を十分模倣できないことを指摘している。本章の後半では、生成欠陥の基本的な性質の一つである空孔の生成エネルギーについて考察している。空孔生成の液体モデルを導入し、金属、イオン結晶等の空孔生成エネルギーを融点等のマクロな物性値から見積もる一般式を誘導している。

第4章では、高磁場用化合物系超電導体の臨界温度 $T_c$ 及び臨界電流 $J_c$ の劣化の核融合中性子のスペクトル効果を、核分裂炉照射データを使って予測する簡単な方法を提案している。モデルスペクトルを用いた数値計算の結果 $T_c$ 、 $J_c$ の劣化は中性子スペクトルに敏感であることが判り、遮蔽設計において、中

中性子エネルギースペクトルの場所的不均一性，中性子ストリーミング等を考慮することの重要性を述べている。

第5章では，複合超電導体の安定性に対する核融合炉中性子照射効果について調べている。銅安定化 Nb<sub>3</sub>Sn の安定化条件に与える中性子照射効果，中性子スペクトル効果を解析した結果，Maddock の安定化条件を満たすように最適化された銅の量，並びに最適化された輸送電流が，照射量並びに中性子スペクトルによって敏感に変わることが予測され，遮蔽設計において磁石の安定性に対する核融合中性子照射効果を考慮することの重要性を示している。

第6章では，2章～5章で得られた結果を総括的にまとめている。

第7章では，本研究で得られた結論を列記している。

### 論文の審査結果の要旨

核融合開発において，超電導磁石は鍵となる技術といわれており，磁気閉じ込め方式の炉では，エネルギーバランスの見地からその要素技術は不可欠であるといえる。本論文では，このような超電導磁石が放射線にさらされた場合に起こる問題を，主として材料物性的な見地から取り上げて研究し，多くの知見をえているがそれらを要約すると次の如くである。

- (1) 安定化材としての良電気伝導体である銅に対する中性子照射による電気抵抗の増加を一つのモデルを用いて解析し，14MeV 中性子の効果を明らかにしている。
- (2) 高速中性子照射による欠陥生成過程を記述する新しいモデルを提案し，従来のモデルでは，説明が困難であった抵抗増加率の非線型性を統一的に説明している。
- (3) このモデルを基にして，残留抵抗の増加に対する核融合炉中性子スペクトル効果を調べた結果，核融合中性子（14MeV 近傍）の割合が多い中性子束の照射では14MeV 中性子を殆ど含まない場合に比べて，残留抵抗の増加速度が数倍早くなることが明らかになり，中性子ストリーミングに対する遮蔽の重要性を明らかにしている。
- (4) カスケード効果を定量化する微視的パラメータを決定している。
- (5) 絶縁材料の空孔の生成エネルギーを融点などのマクロな物性値から見積もる式を提案している。
- (6) 高磁場用超電導体の臨界温度 $T_c$ ，臨電電流 $J_c$ の劣化に対する中性子スペクトル効果を，核分裂炉照射結果を用いて予測する方法を示している。
- (7) A-15型電導体に対する $T_c$ の劣化は，14MeVの割合が100%のものは0%のものに比して，最大で一桁程度加速されることを予測している。
- (8) 複合超電導体に対する安定化の問題をMaddockの理論を適用して論じ，銅の量と安定化された輸送が照射量と中性子スペクトルに敏感に変わることが理論的に予測している。

以上のように本研究で得られた成果は核融合工学，ならびに超電導工学に寄与する所大である。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。