



Title	核融合のための大型超伝導磁石の冷却安定性及び放射線照射効果：浸漬冷却型コイルに対する評価
Author(s)	岩本，晃史
Citation	大阪大学，1998，博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40987
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	いわもと あきふみ 岩 本 晃 史
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 3 5 2 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 1 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	核融合のための大型超伝導磁石の冷却安定性及び放射線照射効果 —浸漬冷却型コイルに対する評価—
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 岡田 東一 (副査) 教 授 山本 幸佳 教 授 飯田 敏行

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、核融合炉として必要な特性である定常的なプラズマ閉じ込めの容易なヘリカルコイルを研究対象とし、特にコイル導体間の絶縁用スペーサーに起因する安定性への影響に注目して、大型超伝導磁石の冷却安定性及び放射線照射効果に関する研究を行っている。論文は次の 6 章から構成されている。

第 1 章では研究対象としてヘリカルコイルを選択した経緯及びその強磁場化のための課題として核融合のための大型超伝導磁石の冷却安定性、化合物系超伝導線材の応力/歪効果、安定性の放射線照射効果に関して研究を行う必要性と意義を述べ、本研究の目的を示している。

第 2 章ではヘリカルコイルに代表される複雑な形状の浸漬冷却大型超伝導磁石の安定性解析に適用するための熱伝達測定及びその評価手法の確立を行い、その結果をもとにヘリカルコイルの安定性の解析的評価を行っている。その結果、導体の回復電流を低下させないコイルの設計指針として冷却チャンネル幅 3 mm 以上、表面処理面積率 75% 以上という条件を明らかにしている。さらに回復電流を最も変化させる表面処理面積率の効果に対し、任意の条件に対する回復電流の解析手法の確立を行っている。

第 3 章では超伝導磁石の強磁場化の手法の 1 例である、NbTi 線材を適用したコイルに対する超流動ヘリウム冷却の検討を行っている。それにより超流動ヘリウム冷却の場合に生じる大型超伝導磁石特有の回復電流を低下させる要因を明らかにしている。さらに超流動ヘリウム冷却により LHD ヘリカルコイルの 4.3 T までの強磁場化が可能なことを解析的に示している。

第 4 章では小型超伝導磁石に対し 3 MGy まで放射線照射実験を行い、安定性をトレーニング特性により評価を行っている。その結果より強磁場化の後に問題となる放射線照射により大型超伝導磁石内の擾乱発生源の予測を行い、今後の大型超伝導磁石の設計指針及び運転時の監視項目を示している。

第 5 章では大型超伝導磁石の強磁場化の手法として化合物系超伝導線材のヘリカル型コイルへの適用の可能性を検討している。応力/歪効果の改善のために CuNb により補強安定化を行った Nb₃Sn 線材を開発し、その線材により 330 MPa の応力まで臨界電流を維持することができることを示している。それにより核融合のための大型超伝導磁石の強

磁場化の方法として化合物系の超伝導体の適用の可能性を示している。

第6章では以上の結果より得られた核融合のために大型超伝導磁石の冷却安定性及び放射線照射効果に関する新たな知見を総括し、本論文の結論としている。

論文審査の結果の要旨

核融合装置の発展に伴いプラズマの定常的な閉じ込めが要求され、その実用のためには、プラズマ閉じ込め特性の向上、長期的な安定性、高い信頼性を実現させなければならない。そのためには定常的な閉じ込めの容易なヘリカル型装置に代表される複雑な形状の大型超伝導磁石の冷却安定性、化合物系超伝導線材の応力/歪効果、安定性の放射線照射効果に対する検討は必要不可欠である。本論文では以上の課題に対し、絶縁材料に関する安定性への影響に注目して、詳細な実験及び解析により検討した研究をまとめたもので、その成果は以下のように要約できる。

- 1) 熱伝達測定の詳細な実験を基礎として、ヘリカルコイルに代表される核融合のための複雑な形状の大型超伝導磁石の冷却安定性の評価手法を確立している。その結果、導体の回復電流を低下させない浸漬冷却型大型超伝導磁石の条件として冷却チャンネル幅 3 mm 以上、その導体の表面処理面積率として 75% 以上を維持しなければならないという設計指針を明らかにしている。さらに任意の表面処理面積率に対する回復電流の評価手法を確立している。
- 2) 大型超伝導磁石を超流動ヘリウム冷却した場合の冷却安定性の解析手法の確立を行い、大型超伝導磁石特有の超流動ヘリウム冷却に関する問題を解析的に明らかにしている。その結果、冷却安定性を考える場合、超流動ヘリウムの熱伝導を考慮した評価が必要であることを明らかにしている。またその手法を用いて NbTi 線を適用したヘリカルコイルの中心磁場 4.3 T の強磁場化が超流動ヘリウム冷却により可能なことを解析的に示している。
- 3) 放射線照射による安定性への影響を小型の模擬コイルを用いて実験的に評価し、浸漬冷却型大型超伝導磁石に対する安定性の放射線照射効果の考察を行っている。その結果、絶縁材料と導体間の強度劣化による“導体の動き”が安定性を低下させる原因であることを明らかにしている。さらに、核融合のための大型超伝導磁石への放射線照射に対する絶縁材料の設計指針を示している。
- 4) 核融合のための大型超伝導磁石の強磁場化の課題に対し、ヘリカル型コイルを評価対象として化合物系の超伝導材料の適用の検討を行っている。その結果、ヘリカルコイル形状に対し 330 MPa の応力まで臨界電流特性を維持することができる線材の開発に成功している。これはヘリカルコイルの中心磁場 3 T 時に導体に加わる応力とほぼ等しく、化合物系超伝導体の大型超伝導磁石への適用の可能性を示している。

以上のように本論文はヘリカルコイルに代表される核融合のための複雑な形状の浸漬冷却型大型超伝導磁石の冷却安定性の評価手法の確立及び安定性の放射線照射効果の研究を行い、さらに強磁場化の検討を行っている。核融合炉の実現に向けて超伝導磁石の立場から検討を行ったもので核融合工学並びに低温工学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。