

【基盤研究(S)】

大区分C



研究課題名 高温超伝導線材・導体・コイル巻線の評価技術の 体系化と高信頼性マグネットへの展開

九州大学・大学院システム情報科学研究院・教授

きす たかのぶ
木須 隆暢

研究課題番号：19H05617 研究者番号：00221911

キーワード：高温超伝導線材、導体、コイル、マグネット、電気電子材料工学

【研究の背景・目的】

高温超伝導体は、従来材料にくらべ飛躍的に高い臨界温度と臨界磁界を有しており、超高磁界マグネットや簡便な冷却システムによる超伝導応用を拓くものとして期待されている。しかしながら、長尺線材の局所不均一性やマグネット巻線時の不安定性が顕在化しており、超伝導機器の可設計性の確立と、安定性・信頼性の向上が喫緊の課題となっている。

超伝導線材開発の難しさは、線材そのものは実用材料として km 級の長尺性を有しながら、その電磁気的性能は、ナノサイズの微細欠陥の制御（人工ピン止め点の導入）によってメゾスコピックスケールにおける量子化磁束挙動を如何にコントロールできるかに強く依存しており、本質的にマルチスケールの組織制御が求められる点にある。

本研究は、申請者等が開発した超伝導線材、導体、コイルの欠陥検出や電流輸送特性評価手法を体系化すると共に、これまで独立に進められてきた線材、導体、コイルの開発を融合し、ロバスト性の飛躍的向上と低コスト化、さらに高信頼性マグネットを実現するための線材性能の向上と導体化・コイル化技術の確立を目的とする。

【研究の方法】

(1) 高速磁気顕微観察と AI の融合による超伝導線材・導体・コイル評価技術の革新：申請者らが開発した図 1 に示すリール式高速磁気顕微鏡をはじめとする先進的評価技術を AI の導入によって更に高度化すると共に、得られた結果を線材製造プロセス、巻線技術へフィードバックし、線材均一性の向上と巻線技術の確立へと導く。また、線材の空間的な臨界電流分布を考慮した電流輸送特性の高精度なモデリングによって、導体、マグネット設計のための基盤を確立する。

(2) 新しい導体構造の提案によるロバスト性の向上：ロバスト性の向上と低コスト化を実現するための導体構造を確立する。並行して、導体化のための具体的な製造プロセスを検討し、試作によって、提案する導体構造の有効性を検証する

(3) 新規導体を用いたコイル化のための要素技術の確立：前項に述べた導体を用いてコイル化した際の電磁特性について解析を行うと共に、コイル巻線時の健全性について、(1)で開発する高度診断技術を用いて評価を行い、巻線技術にフィードバックすることによってコイル化技術を確立する。

(4) 小型マグネットの試作評価：前項までの結果をもとに小型マグネットを試作し、高温超伝導マグネ



図 1. リール式高速磁気顕微鏡

ットの信頼性・安定性・低損失性の向上を実証する。

【期待される成果と意義】

高温超伝導線材のポテンシャルを最大限に発揮したマグネットの実現により、従来技術では困難な、高磁界かつ高速変動磁界の利用が可能となり、加速器用高磁場マグネット、非接触給電（大電力を扱える高 Q 値コイルへの応用）、超伝導回転機（コンパクト・軽量で大出力）など電気エネルギー応用や電磁システムに関する革新的機器の開発と学術分野の進展に貢献できる。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・木須隆暢、「発見から 30 年を迎えた銅酸化物高温超伝導体—線材開発とパワー応用の進展—（総合報告）」、応用物理、Vol. 85, No. 5, pp. 377-388, 2016.05.
- ・K. Higashikawa, D. Uetsuhara, M. Inoue, S. Fujita, Y. Iijima, T. Kiss, “Characterization of Local Critical Current Distribution in Multifilamentary Coated Conductor Based on Reel-to-Reel Scanning Hall-Probe Microscopy”, *IEEE Tran. Appl. Supercond.*, Vol. 27, No. 4, 6603004, 2017.06.

【研究期間と研究経費】

令和元年度—令和 5 年度
153,800 千円

【ホームページ等】

<http://super.ees.kyushu-u.ac.jp/>
kiss@sc.kyushu-u.ac.jp