

未来社会創造事業 探索加速型  
「地球規模課題である低炭素社会の実現」領域  
年次報告書(探索研究期間)

令和元年度採択研究開発代表者

[研究開発代表者名:雨宮 尚之]

[国立大学法人 京都大学大学院工学研究科・教授]

[研究開発課題名:低交流損失と高ロバスト性を両立させる高温超伝導技術]

実施期間 : 令和4年4月1日～令和5年3月31日

## §1. 研究開発実施体制

(1) 研究開発代表者グループ(国立大学法人京都大学)

① 研究開発代表者:雨宮 尚之 (京都大学大学院工学研究科、教授)

② 研究項目

A. SCSC ケーブルによる POC「低交流損失と高ロバスト性の両立」の実現見通しの見極め

A-1. SCSC ケーブルによる交流損失低減効果の検証

A-2. SCSC ケーブルにおけるロバスト性向上効果の検証

B. 低交流損失と高ロバスト性の両立設計を可能とする大規模数値解析技術の構築

B-1. 交流損失評価のための数値電磁界解析の大規模化

B-2. ロバスト性評価のための熱-電磁界連成解析技術の構築

C. 応用の基盤構築と社会実装に向けた検討

C-1. 長尺導体試作

C-2. コイル・応用機器の検討

## §2. 研究開発成果の概要

高温超伝導線は電気機器の高効率化・軽量化・コンパクト化に役立ち、カーボンニュートラルに貢献する。本研究開発は、交流で用いたときに発生する交流損失の低減と常伝導転移に対するロバスト性を両立できる高温超伝導導体の実現を目的とするものである。薄膜高温超伝導線をマルチフィラメント化して交流損失を低減し、銅を複合することによりロバスト性を高め、さらに、スパイラル形状に巻くことによりフィラメント間の電磁結合を抑制する SCSC ケーブルと呼ばれる超伝導導体の研究開発を進めている。

層数及びピッチ長の異なる多層スパイラル導体の磁化損失を測定し、層数の増加に伴って結合時定数が増加する一方で、結合損失の大きさを決める形状因子は小さくなることを明らかにした。また、マルチフィラメント線一本あたりのヒステリシス損失と結合損失のいずれも、層数およびスパイラルのピッチ長に対する依存性をもたないことを明らかにした。さらに、SCSC ケーブルを対象としてクエンチ・保護特性評価を行い、フィラメント間の分流によって安定性が向上していることを示す結果が得られた。また、CORC 導体と SCSC ケーブルでは保護特性はほぼ変わらないことを数値解析によって確認した。

これまでに構築された大規模数値電磁界解析の高速化に向けた検討を進めるとともに、これを発展させ、交流磁界下で交流電流を通電している場合に発生する層間偏流を考慮に入れた交流損失評価を可能にした。また、層間偏流が発生している場合においても、SCSC ケーブル全体の損失は増加しないことを示した。さらに、マルチフィラメント線と銅コアの構造を考慮した多層 SCSC ケーブルを対象とした熱-連成解析技術の構築に成功した。

リール・トゥ・リール式ケーブル作製機を構築し、導体長尺化技術の課題検証を進めた。また、SCSC ケーブルで巻いたコイルの応用可能性がある機器や、その機器に応用する場合のコイル概念に関する検討を行った。

【代表的な原著論文情報】

- [1] N. Amemiya, Y. Sogabe, M. Shigemasa, T. Sobue, T. Hirano, S. Yamano, and H. Sakamoto, "Magnetization Loss and Current Transport Characteristics of SCSC Cables With Metal Cores," *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol. 33, no. 5, Art no. 4701507, 2023.
- [2] M. Shigemasa, Y. Sogabe, A. Takahashi and N. Amemiya, "Impact of number of layers on magnetization losses of spiral copper-plated multifilament coated conductors," *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol. 33, no. 5, Art no. 5901406, 2023.
- [3] Y. Sogabe, Y. Ezaki, and N. Amemiya, "Influence of Non-Uniform Current Distribution Among Layers on AC Loss Characteristics of Multilayer Spiral Copper-Plated Striated Coated-Conductor Cables," *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol. 33, no. 5, Art no. 5900505, 2023.