

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
終了報告書（探索研究）

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]

[所属: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:令和元年 11 月 1 日～令和 6 年 3 月 31 日

§1. 研究実施体制

(1) 研究開発代表者グループ(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) 古河電気工業グループ(その他の参画機関)

① 研究担当者: 中崎 竜介他

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

(3) SuperPower グループ(その他の参画機関)

① 研究担当者: 坂本 久樹他

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

(4) 北海道大学グループ(その他の参画機関)

① 研究担当者: 岩下 武史

② 研究項目

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

§2. 研究開発成果の概要

高温超伝導技術を応用した高効率・コンパクト・高機能な電気機器によるカーボンニュートラルな未来社会実現に向けて、高温超伝導集合導体 SCSC ケーブルにより、交流損失低減とロバスト性向上の同時実現を図ることが本研究開発の目的である。そのため、SCSC ケーブルによる交流損失低減効果の検証、SCSC ケーブルにおけるロバスト性向上効果の検証、交流損失評価のための数値電磁界解析の大規模化、ロバスト性評価のための熱-電磁界連成解析技術の構築、長尺導体試作、コイル・応用機器の検討を実施した。交流損失低減効果の検証については、実用ケーブルに近い 4 層 SCSC ケーブルにて、既存の薄膜高温超伝導線に比べて 10 分の 1 水準まで交流損失を低減できることを実験的に示したほか、結合時定数の 44 μs までの低減を達成した。ロバスト性向上効果の検証に関しては、銅層・銅コアのクエンチ抑制・保護効果を解明し、銅複合マルチフィラメント線材のクエンチ・保護実験結果に基づき、200 A/mm² の電流密度で 3 kA の電流を通電している SCSC ケーブル

ケーブルの保護可能性を示した。また、これらの実験と比較する理論解析を行うために、交流損失評価やロバスト性評価のための数値解析技術を構築した。さらに、長尺導体試作のためにケーブル作製機を用いた長尺ケーブル作製技術を構築し、これにより作製した 6 層ケーブルで 1 kA_{peak} の交流通電に成功したほか、5 m 以上の長尺ケーブル作製に成功した。また、国内外の動向調査、ユーザとして想定される民間企業へのヒアリングなどを行い、カーボンニュートラルに寄与し得る SCSC ケーブル応用機器について検討し、検討した応用可能性のある機器から、それらの巻線の特徴や要求される仕様を抽出した。

【代表的な原著論文情報】

- 1) N. Amemiya *et al.*, *Supercond. Sci. Technol.* **35**(2022)025003, doi: 10.1088/1361-6668/ac3f9c
- 2) M. Shigemasa *et al.*, *IEEE Trans. Appl. Supercond.* **32**(2022)8200806,
doi: 10.1109/TASC.2022.3170865
- 3) N. Amemiya *et al.*, *IEEE Trans. Appl. Supercond.* **33**(2023)4701507,
doi: 10.1109/TASC.2023.3251305