

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)

令和元年度 研究開発年次報告書

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]

[京都大学大学院工学研究科所属・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 2 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

§2. 研究開発実施の概要

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

探索研究に着手するにあたり、実用 SCSC ケーブルの概念設計を行い、それをもとに、探索研究段階で試作すべき SCSC ケーブルの設計を行った。さらに、直線状マルチフィラメント線の交流損失特性評価、単層 SCSC ケーブルの交流損失特性評価のために必要な、2019 年度から 2020 年度前半にかけて調達するマルチフィラメント線の詳細仕様を決定した。

研究開発の比較的早い時期における実験のためには、必ずしも長尺のケーブルは必要ではない。そこで、500 mm 以下の短尺の SCSC ケーブルを小回りよく作製するための簡易ケーブル作製機を設計し、その組み立てを行った。

ロバスト性向上効果の検証の第一歩として、モノフィラメント線を用いた SCSC ケーブルと類似の構造の導体である CORC ケーブルのクエンチ実験に向けて、保有する伝導冷却テストスタンドで実験するための試験治具の整備などを行った。

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

交流損失評価の数値電磁界解析の大規模化のために、まず、計算プログラムへの階層型行列法の適用を行った。これにより、計算の格段の高速化・省メモリ化が期待できる。このプログラムで、現実的な有限長の SCSC ケーブルの電磁界解析は可能である(有限長モデル)。しかし、無限長の SCSC ケーブルの交流損失値を求めたいケースも多々あるので、これを近似的に可能にする周期境界条件を適用したモデル(周期性考慮モデル)を構築し、階層型行列法を適用した解析の実行に不可欠である H 行列が生成可能であることを確認した。

銅分流層複合マルチフィラメント線の熱-電磁界連成解析技術の構築に向けて数値解析において考慮すべき要素を見極めた。線幅方向・長手方向の温度分布を考慮可能な二次元モデルを構築していくこととし、銅分流層複合マルチフィラメント線の厚さ方向に平均した温度依存物性値の使用、局所的ジュール発熱と液体・気体による冷却効果の考慮といったモデル開発方針を決定した。

論文発表:

- [1] Y. Sogabe, Y. Mizobata, and N. Amemiya, "Coupling time constants and ac loss characteristics of spiral copper-plated striated coated-conductor cables (SCSC cables)," *Superconductor Science and Technology*, Vol. 33, No. 5, Art. No. 055008, 2020.