

二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年4月1日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]

九州大学・システム情報科学研究院

[職・氏名]

教授・木須 隆暢

[課題番号]

JPJSBP 120227717

1. 事業名 相手国: インド (振興会対応機関: DST) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 第2世代高温超伝導テープ線材を用いたマグネット用高ロバストコイルに関する統合研究

(英文) Integrated research on robust HTS coil development for magnet applications utilizing

2nd generation high temperature superconducting tape

3. 共同研究実施期間 2022年6月1日 ~ 2024年3月31日 (1年10ヶ月)【延長前】 年 月 日 ~ 年 月 日 (年 ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

Indian Institute of Technology, Kharagpur • Assistant Professor •

GOUR Abhay Singh

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額		1,900,000 円
内訳	1年度目執行経費	950,000 円
	2年度目執行経費	950,000 円
	3年度目執行経費	- 円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	3名
相手国側参加者等	4名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	1	0	0(0)
2年度目	1	0	2(2)
3年度目			()

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

本共同研究プロジェクトは、磁界下における特性に優れ、第2世代の高温超伝導材料(2G HTS)と呼称される希土類系酸化物高温超伝導線材を用いたマグネット応用に関して、それぞれ評価技術とシステム開発に関する相補的な技術を有する日本側、インド側チームの連携によって、電磁システムの基盤となる 2G HTS 線材を用いたコイルの性能と信頼性を飛躍的に向上しようとするものである。

初年度には、日本側代表者の木須がインド側機関 IIT Kharagpur 校を訪問し、低温工学・超伝導分野のインドで最も歴史のある国内会議(NSCS)において、本共同研究の中核をなす 2G HTS 線材とコイルの特性評価技術に関する基調講演を行うとともに、インド全国より参集した若手研究者と学生を対象とした本分野の伝統あるスクールの講師を、インド側著名研究者らと共に務めた。

二年度には、インド側より GOUR 代表者ら 2 名が日本側チームを訪問し、2G HTS 要素コイルならびに低抵抗接合試料の特性評価に関する共同実験を行った。その後、日本側代表者木須が再びインド側を訪問し、得られた測定結果に関する議論を行うとともに、IIT Kharagpur 校低温工学センターにおける教員と大学院学生を対象としたセミナーの実施、ならびに今後の連携について関連教員との意見交換を行った。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

2G HTS 線材の半田低抵抗接合において、一軸引張応力試験の結果、接合部位は素線を凌駕する強度を有しており、素線の限界強度を超えても接合部位は健全性を維持していることを明らかとした。また、2G HTS 線材を用いた電磁システム応用の基盤となるダブルパンケーキコイルの試作・評価結果により、コイル化に伴う劣化のない健全性を確認した。さらに、2G HTS 素線の低温・高磁界下を含む臨界電流特性の評価により、高温側の特性を基に、コイルの実応用環境下の特性を推定する手法を確立するとともに、実際にコイルの試作に用いられる 2G HTS 素線を対象に測定を行い、具体的なスケールパラメータを実測により求めた。このことにより、液体窒素中の簡便な素線の特性評価を基に、低温・高磁界中を含む実応用環境下での特性を反映したコイルの設計が可能となった。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

2G HTS 素線の低抵抗半田接合と引張強度試験技術、ならびにダブルパンケーキコイルの巻線技術を有するインド側チームと、素線の極低温・高磁界下の特性を含む特性評価技術ならびにコイル内の特性低下部位の高分解能な検出技術を有する日本側チームとの連携によって、接合箇所の電磁氣的・機械的特性は素線の強度を凌駕する十分な性能を有していることを明らかとするともに、コイル巻線時に特性劣化は生じていないことを確認した。さらに、インド側では評価が困難な、極低温・高磁界下の素線の臨界電流特性を日本側で計測・評価するとともに高温側の特性との比較により、スケール則を定量的に示し、マグネット設計のために必要となる線材の電流輸送特性を得た。このことにより、2G HTS 線材を用いたマグネット作製のための素線の接合とコイル化という要素技術とともに、低温・高磁界下を含む実用環境下での特性を反映した設計を可能とした。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

2G HTS 線材の実用環境下の特性把握、高強度低抵抗接合技術、要素コイルの作製技術の開発など、2G

HTS 線材を用いたマグネット応用のための基盤技術について大きな進展が得られたことから、インド国内で開発ニーズの高い、液体ヘリウムを必要としない MRI や電力系統への再生可能エネルギー大量導入の際に必要な高温超伝導磁気エネルギー貯蔵装置 (SMES) の開発など、今後の医療、エネルギー分野への貢献が期待できる。

(5) 若手研究者養成への貢献 (若手研究者養成への取組、成果)

若手研究者ならびに学生を対象としたセミナーをインド側で 2 回、日本側で 1 回実施した。また、インド側の参加メンバーである博士課程学生 2 名の研究の進捗に関する意見交換とアドバイスをを行った。

- ・ 日本側代表者による The 28th National Symposium on Cryogenics & Superconductivity の際のスクールでの Tutorial 講演, IIT Kharagpur, India, Oct. 18, 2022:
T. Kiss (KU), “Fundamentals of High-temperature Superconducting Tapes and Their Energy Applications”, Tutorial Lecture,
- ・ インド側メンバーによる九大でのセミナー, Kyushu Univ. Sept. 28, 2023:
T. S. Datta (IIT), “Indigenous Effort to Develop MRI Magnet and Related R&D in India”
Abhay Singh Gour (IIT), “Design & Development of HTS Power Cable & Glimpse of India’s First HTS Cable”
- ・ 日本側代表者による IIT Kharagpur 校低温工学センターでのセミナー講演, IIT Kharagpur, March 19, 2024:
T. Kiss (KU), “Recent Progress and Future Prospects of High T_c Superconducting Wires Developments and Their Energy Applications”, Seminar at Indian Institute of Technology

(6) 将来発展可能性 (本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

インドは GDP が 2025 年には日本を上回る見通しになるなど、社会経済、産業、科学技術における進展が著しい。低温工学・超伝導関連技術についても、MRI に代表される先進医療分野や、脱炭素化のための基盤技術としてエネルギー、輸送分野で高温超伝導に対するニーズが今後飛躍的に増大することが予想される。本事業の実施により、直接の共同研究先である IIT Kharagpur 校のみならず、インド国内の低温工学・超伝導分野の第一線級の研究者等との交流の機会を得ることができた。また、若手研究者、学生に対しても九州大学の低温工学・超伝導研究に関する認知度が大きく向上したことから、今後多様な共同研究に展開する可能性が広がったといえる。なお、IIT Kharagpur 校低温工学センターと九州大学超伝導システム科学研究センター間の交流協定締結について協議中である。

(7) その他 (上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例: 大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

該当なし