

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02132

研究課題名（和文）革新的超伝導機器の実現の鍵となる長尺高温超伝導線材の電流輸送特性の統一モデル化

研究課題名（英文）Modeling of Current Transport Properties of Long HTS Tapes as a Key to Realization of Innovative Superconducting Applications

研究代表者

東川 甲平 (Higashikawa, Kohei)

九州大学・システム情報科学研究所・准教授

研究者番号：40599651

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：高温超伝導線材の開発進展により、超伝導機器の飛躍的な高磁界化や冷却負荷低減の可能性が生まれ、低温超伝導線材が支えてきた超伝導機器応用に大きなブレークスルーがもたらされようとしている。一方、高温超伝導線材における電流輸送特性は、広範な応用範囲を網羅できるような統一的理解とモデル化が難しく、定量的な機器設計に重大な課題を抱えている。そこで本研究では、従来の計測技術では困難であった（1）低電界領域の電流輸送特性・（2）高電界領域の電流輸送特性・（3）長尺線材の磁界・磁界印可角度依存性の取得を通じて上記モデル化に取り組み、特にエネルギー貯蔵機能を有する超伝導ケーブルの設計や過渡現象の評価に適用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、長尺高温超伝導線材の電流輸送特性の統一的理解に取り組み、導体や機器の設計に適用可能なモデルを提出するところに独創性と特長を有する。他の研究では本質的な材料の特性と工学的な空間均一性の切り分けをせず、物理的な背景に基づかず、相当に簡略化されかつ限られた条件下のみで有効な近似モデルを用いて機器設計や性能評価が行われるが、本研究では世界を先導する線材評価技術と理論的なバックグラウンドを駆使し、長尺高温超伝導線材の電流輸送特性はどのように支配されているのかという学術的な疑問を解き明かし、導体・機器設計に適用可能な定量評価式まで提出できる体制を整え、高温超伝導機器応用展開の基盤技術とした。

研究成果の概要（英文）：The development of high-temperature superconducting (HTS) wires has been expected to bring about a breakthrough in the application of superconducting devices which has been supported by low-temperature superconducting (LTS) wires. On the other hand, the current transport properties of HTS wires have been difficult to understand and model in a unified manner to cover a wide range of applications, and quantitative device design has still been a serious challenge. In this study, we have attempted to model the above by obtaining (1) current transport properties in low electric field region, (2) current transport properties in high electric field region, and (3) magnetic field and its angle dependence of long wires, which have been difficult with conventional measurement techniques, and applied them to the design and evaluation of transient phenomena of superconducting cables with energy storage functionality in particular.

研究分野：超伝導工学

キーワード：高温超伝導線材

1. 研究開始当初の背景

高温超伝導線材は、従来の金属系低温超伝導線材とは大きく異なる性質とその応用範囲の広さから、機器設計に不可欠となる電流輸送特性の評価と定量記述に大きな課題を抱えている。具体的には、まずゼロ抵抗状態と抵抗状態の境界が明確ではないことである。金属系低温超伝導線材では、ゼロ抵抗状態で流すことができる電流密度が臨界電流密度として厳格に定められ、機器設計はその値を目安に行えばよいが、高温超伝導線材に関しては、上記境界が明確ではなく、また応用上問題のない超低抵抗領域まで利用できる可能性があることから、臨界電流密度という閾値のみではなく、電流輸送特性（電流密度-電界特性）そのものを設計に反映させねばならない。また、金属系低温超伝導線材では、運転温度がほぼ4Kに限られており、典型的な発生可能磁界の限界も定まっているので、その温度と磁界に対応する臨界電流密度に基づいて機器設計が可能となるが、高温超伝導線材に関しては、温度や磁界に関する選択肢が極めて広く、また電力応用では高い電界範囲まで利用することも期待されることから、広い電界範囲の上記電流輸送特性を温度と磁界の関数として考慮せねばならない。さらに、機器の製作には数百メートル以上の線材が必要になるが、金属系超伝導線材に関しては空間均一性が優れておりこれを考慮する必要はないが、特に希土類系高温超伝導線材に関しては、フラクタル的な空間不均一性が見られており、上記を長さ方向のスケールにわたって拡張するあるいは標準化することが大きな鍵となっている。実際に、試作された長尺線材を用いた電磁石の焼損が相次いでおり、そのような空間不均一性に由来するものと考えられている。すなわち、高温超伝導線材の電流輸送特性は、電界範囲・温度・磁界・空間スケールで複雑に変化するが、その評価とモデル化が高温超伝導応用展開の鍵を握っている。

2. 研究の目的

そこで本研究の目的は、革新的超伝導機器の実現の鍵となる長尺高温超伝導線材の電流輸送特性の評価とモデル化である。申請者らのグループが先端に行く長尺高温超伝導線材の評価技術を拡張することによって同線材の電流輸送特性を広範な電界・温度・磁界条件で取得するとともに、こちらも実績のある物理モデルに基づく定量評価式を拡張することによって上記特性を統一的に記述可能なモデルを構築する。これにより高温超伝導機器設計のための基盤理論が提出されることになる。具体的には以下の項目に取り組む。

- A. 低電界領域の材料の電流輸送特性の取得とモデル化
- B. 高電界領域の材料の電流輸送特性の取得とモデル化
- C. 長尺線材の空間均一性の評価とモデル化

3. 研究の方法

上記の項目に対してそれぞれ以下の手法を採用した。

A. 低電界領域の材料の電流輸送特性の取得とモデル化：本項目に関しては、通常の計測手法である四端子法では、電界感度の問題から計測ができない。一方、磁気顕微法によれば、試料内に

空間不均一性が存在しても、材料の本質的な電流輸送特性を低電界領域まで評価できる。そこで本研究では、外部磁界（5 T まで）が印加可能であり、試料の温度（4~100 K）も制御可能な走査型ホール素子顕微鏡を用い、試料表面の磁界分布とその時間変化を取得することによって、それぞれ Biot-Savart の法則と Faraday の法則から試料内の電流密度と電界を評価した。

B. 高電界領域の材料の電流輸送特性の取得とモデル化：超伝導線材は、通電電流の増加に対して電圧が指数関数的に発生するため、通常の電流源を用いた計測手法では、突如の発熱により線材が焼損してしまう可能性がある。すなわち、本項目に関しては、通常の実験では発熱の問題から計測が困難である。そこで本研究では、リアルタイムデジタルシミュレータを用いて試料に加わる電圧が一定となるように 50 マイクロ秒ごと印加電流を制御する手法により、高電界領域の特性を評価した。

C. 長尺線材の空間均一性の評価とモデル化：長尺線材の搬送機構・磁界印可マグネット・磁気顕微鏡を組み合わせたシステムにより、高温超伝導線材の磁界中の臨界電流特性の空間分布の連続計測を試みた。

4. 研究成果

上記の項目に対してそれぞれ以下の成果得られた。

A. 低電界領域の材料の電流輸送特性の取得とモデル化：通常の実験では電圧感度の観点から困難な 10^{-11} V/m という低電界領域の電流輸送特性を取得することに成功した。また、flux annealing 法の適用によりさらに 10^{-12} V/m 以下の特性まで取得することに成功した。このような領域の特性の取得によって flux flow 領域のみならず flux creep の影響のある領域を明らかとすることに成功し、電流輸送特性のモデル化にその知見を適用した。

B. 高電界領域の材料の電流輸送特性の取得とモデル化：通常の実験では焼損に至るような 1 V/m を超える高電界領域の電流輸送特性を取得することに成功した（図 2 参照）。

C. 長尺線材の空間均一性の評価とモデル化：広く用いられている長尺線材の評価手法である TapeStar™ では困難なテスラ級の磁界中臨界電流の長手方向分布を取得することに成功した。また、特に高温超伝導線材では異方性の観点から重要となる異なる磁界印可角度に対する評価にも世界で初めて成功した（図 1 参照）。

以上によって、広い電界範囲における高温超伝導線材の電流輸送特性の温度・磁界・磁界印可角度依存性をモデル化し、長尺線材の長手方向依存性については超伝導層の有効断面積の変化によって記述できることが、評価対象とした線材（PLD 法による RE-123 線材）に関しては明らかとなった。これは、本質的な材料の特性と工学的な空間均一性の切り分けを可能とした画期的な成果である。これらの知見を超伝導ケーブルの過電流通電時の過渡特性評価に適用し（図 2 参照）、非線形な電流輸送特性による限流効果と温度上昇による限流効果を切り分けることにも成功し、機器設計に極めて有効に機能することを明らかとした。また、エネルギー貯蔵機能を有する超伝導ケーブルの設計にも適用し、設計通りに機能することを確認した。

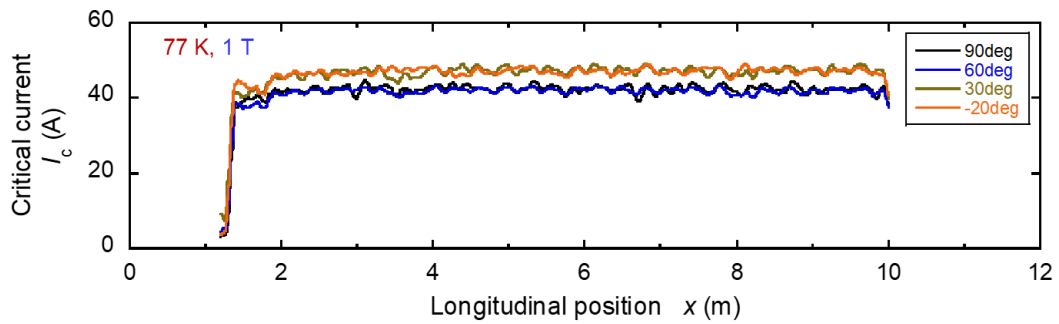


図1 長尺線材の評価に適用可能な磁界中リール式連続磁化計測システムによる
4 mm 幅 RE-123 線材の磁界中臨界電流の長手方向分布の評価結果
(テスラ級磁界中の評価は当時では本システムのみで可能であり
磁界印可角度依存性の評価は現時点でも世界で唯一)

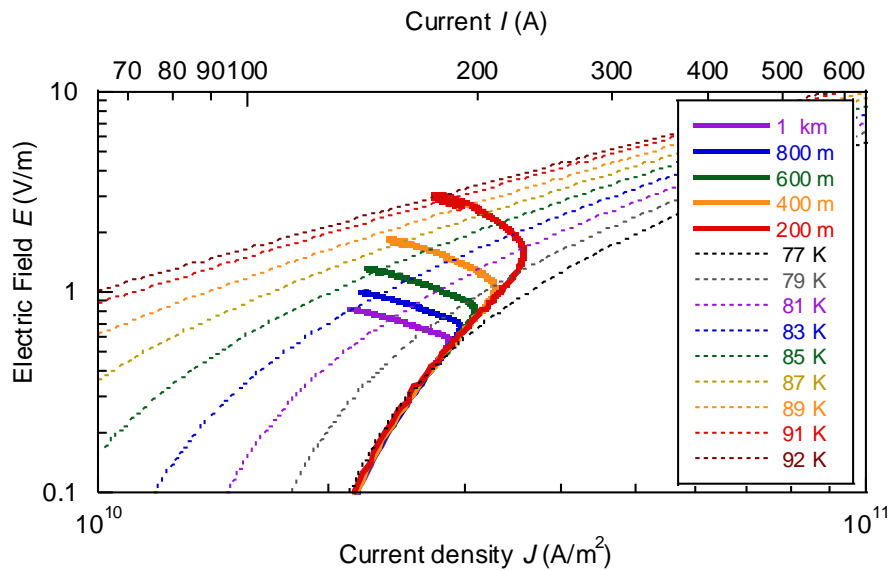


図2 モデル化した RE-123 線材の電流輸送特性（点線：温度依存性）と
超伝導ケーブルを想定した過電流通電時の履歴（実線：使用線材長依存性）
(高電界領域までのモデル化に成功したことにより電力系統事故時における
電圧を分担するために必要な超伝導線材の必要使用長と
温度上昇との関係を明らかとすることに成功)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Zeyu Wu, Kohei Higashikawa, Takanobu Kiss	4. 巻 33
2. 論文標題 Continuous Measurement on Electric-Field Versus Current-Density Characteristics of REBCO Coated Conductors in the Electric-Field Window From 10 - 2 Down to 10 - 11 V/m	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 6601705
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2023.3258375	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kohei Higashikawa, Akihito Ide, Wenhao Bian, Takanobu Kiss	4. 巻 33
2. 論文標題 Development of Superconducting Cable With Energy Storage Function and Evaluation of its Functionality in DC Microgrid With Renewable Energy Sources	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 5400405
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2023.3243566	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kohei Higashikawa, Wenhao Bian, Takanobu Kiss, S. M. Muyeen	4. 巻 33
2. 論文標題 Energy Efficiency Improvement of Renewable-Rich DC Microgrids by SMES Cables	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 5700205
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2023.3349361	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Zeyu Wu, Kohei Higashikawa, Kazutaka Imamura, Takanobu Kiss	4. 巻 32
2. 論文標題 Scaling Behavior of Induced Electric Field in Cuprate Superconducting Tapes During Magnetization Relaxation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 9000505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2022.3146818	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zeyu Wu, Takanobu Kiss, Shan Tian, Sohki Kishikawa, Kohei Higashikawa, Yoshinori Yanagisawa, Jun-Ichi Shimoyama	4. 巻 32
2. 論文標題 Measurement of In-Field E-J Characteristics in Multi-Filamentary Bi-2223 Tapes at Ultra-Low Electric-Field Down to Around 10-13 V/m	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 6400305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2022.3160972	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 東川 甲平, 木須 隆暢	4. 巻 57
2. 論文標題 再生可能エネルギーの大量利用に向けたエネルギー貯蔵機能付き超伝導ケーブルとそれを用いた電力システムの提案	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 低温工学	6. 最初と最後の頁 343-348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2221/jcsj.57.343	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kohei Higashikawa, Tatsuhiro Kaneshige, Kohei Tokuyama, Kazutaka Imamura, Kenji Suzuki, Masaru Tomita, Takanobu Kiss	4. 巻 31
2. 論文標題 Diagnostic Method for Monitoring Core Position and Strand Failure in DC Superconducting Cable	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 5400404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2021.3065993	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Zeyu Wu, Kohei Higashikawa, Kazutaka Imamura, Zhongtang Xu, Yanwei Ma, Takanobu Kiss	4. 巻 31
2. 論文標題 Characterization of Spatial Distribution of Local Critical Current Density in a Co-doped BaFe2As2 Film Based on Magnetic Microscopy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 7300304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2021.3059988	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kohei Higashikawa, Masayoshi Inoue, Shujun Ye, Akiyoshi Matsumoto, Hiroaki Kumakura, Ryuji Yoshida, Takeharu Kato, Takato Machi, Akira Ibi, Teruo Izumi, Takanobu Kiss	4. 巻 33
2. 論文標題 Scanning Hall-probe microscopy for site-specific observation of microstructure in superconducting wires and tapes for the clarification of their performance bottlenecks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Superconductor Science and Technology	6. 最初と最後の頁 64005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6668/ab89ef	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kohei Higashikawa, Naohiro Numata, Kohei Hisajima, Takumi Suzuki, Takanobu Kiss	4. 巻 30
2. 論文標題 Measurement and Analysis on Local Magnetization Properties of RE-123 Coated Conductor With DC Transport Current and External Magnetic Field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Applied Superconductivity	6. 最初と最後の頁 4701605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TASC.2020.2974859	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計31件 (うち招待講演 11件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 東川 甲平, 辺 文浩, 木須 隆暢
2. 発表標題 SMESケーブルを用いた直流マイクログリッドによる再生可能エネルギー利用効率の向上
3. 学会等名 2023年度春季第105回 低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 東川 甲平
2. 発表標題 [Invited] 電力貯蔵機能付き電力輸送ケーブルの開発
3. 学会等名 NEDO新技術先導研究プログラムRFI情報提供者によるVIPワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kohei Higashikawa
2. 発表標題 [Invited] Development of Superconducting Power Cable with Energy Storage Function
3. 学会等名 Mongolia-Japan Joint Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kohei Higashikawa, Wenhao Bian, Takanobu Kiss
2. 発表標題 Energy efficiency improvement of renewable-rich DC microgrids by SMES cables
3. 学会等名 16th European Conference on Applied Superconductivity (EUCAS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 東川 甲平
2. 発表標題 [Invited] 超伝導電力機器のHILSIに関する活用事例
3. 学会等名 RTDS日本ユーザグループミーティング (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kohei Higashikawa, Takanobu Kiss
2. 発表標題 [Special Invited] Function of Energy Storage to Realize a DC Power System Utilizing Large Scale Renewable Energy Sources
3. 学会等名 The 11th Asian Conference on Applied Superconductivity and Cryogenics / 3rd Asian International Cryogenic Materials Conference(ACASC-Asian ICMC 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kohei Higashikawa, Zeuy Wu, Takanobu Kiss
2. 発表標題 Stability Improvement of REBCO Coated Conductor against Overcurrent by FFDS Architecture
3. 学会等名 The 36th International Symposium on Superconductivity (ISS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kohei Higashikawa, Zeuy Wu, Takanobu Kiss
2. 発表標題 [Invited] Development of Superconducting Cable with Energy Storage Function for Mass Utilization Society of Renewable Energy
3. 学会等名 The 36th International Symposium on Superconductivity (ISS2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 東川 甲平, 辺 文浩, 木須 隆暢
2. 発表標題 SMESケーブルを用いた直流マイクログリッドの最適電源構成に関する検討
3. 学会等名 2023年度秋季第106回低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 東川 甲平
2. 発表標題 [Invited] 超伝導電力システム応用に関する研究紹介
3. 学会等名 低温工学・超電導学会 第9回若手の会勉強会 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 東川 甲平, 佐藤 暢星, 井手 暁仁, 辺 文浩, 木須 隆暢
2. 発表標題 再生可能エネルギーの大量利用の鍵となるエネルギー貯蔵機能を有する超伝導ケーブルの可能性 (3)
3. 学会等名 2022年度春季低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 呉 澤宇, 田中 佑斗, 東川 甲平, 木須 隆暢
2. 発表標題 REBCO高温超伝導テープ線材の4.2 K高磁界中の連続Ic測定
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東川 甲平, 木須 隆暢
2. 発表標題 高温超伝導線材とその電力システム応用に関するシミュレーション
3. 学会等名 低温工学・超電導学会 令和4年度東北・北海道支部/第2回材料研究会 合同研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kohei Higashikawa, Yosei Sato, Akihito Ide, Wenhao Bian, Takanobu Kiss
2. 発表標題 Development of superconducting cable with energy storage function and evaluation of its functionality in DC microgrid with renewable energy sources
3. 学会等名 2022 The Applied Superconductivity Conference (ASC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zeyu Wu, Kohei Higashikawa, Takanobu Kiss
2. 発表標題 Continuous Measurement on Electric-field versus Current-density Characteristics in the Electric-field Window from 10^{-2} down to 10^{-11} V/m
3. 学会等名 2022 The Applied Superconductivity Conference (ASC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuto Tanaka, Zeyu Wu, Kohei Higashikawa, Takanobu Kiss
2. 発表標題 Continuous measurement of critical current of rare earth-based high-temperature superconducting tape under cryogenic and in-field operation conditions
3. 学会等名 The 7th Asian Applied Physics Conference (Asian-APC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 呉 澤宇, 岸川 創紀, 東川 甲平, 木須 隆暢
2. 発表標題 ホール素子磁気顕微法に基づいた広い電界領域 10^{-5} ~ 10^{-11} V/mに亘る電界電流特性計測
3. 学会等名 2022年度秋季低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東川 甲平, 井手 暁仁, 辺 文浩, 木須 隆暢
2. 発表標題 再生可能エネルギーの大量利用の鍵となるエネルギー貯蔵機能を有する超伝導ケーブルの可能性 (4)
3. 学会等名 2022年度秋季低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 東川 甲平
2. 発表標題 再生可能エネルギーの主力電源化の鍵となるエネルギー貯蔵機能付き超伝導ケーブルの開発
3. 学会等名 応用物理学会超伝導分科会第66回研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 呉 澤宇, 田中 佑斗, 東川 甲平, 木須 隆暢
2. 発表標題 リール式磁気顕微鏡を用いたダイナミック磁化測定による長尺REBCOテープ線材の局所電界 電流密度特性の連続測定に関する検討
3. 学会等名 2023年第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Zeyu Wu, Takanobu Kiss, Kohei Higashikawa
2. 発表標題 Scaling Behavior of Induced Electric Field in Cuprate Superconducting Tapes During Magnetization Relaxation
3. 学会等名 The 15th European Conference on Applied Superconductivity (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 呉 澤宇, 東川 甲平, 木須 隆暢
2. 発表標題 銅酸化物高温超伝導テープ線材の磁化緩和に伴う誘導電界のスケール特性に関する検討
3. 学会等名 2021年第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 HIGASHIKAWA, Kohei; KANNO, Takafumi; NOGATA, Shuya; SATO, Yosei; KISS, Takanobu
2. 発表標題 Development of DC Superconducting Cable with Magnetic Energy Storage Function for Compensating Power Fluctuation from Renewable Energy Sources
3. 学会等名 27th International Conference on Magnet Technology (MT27) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 WU, Zeyu; KISS, Takanobu; TIAN, Shan; KISHIKAWA, Sohki; HIGASHIKAWA, Kohei; YANAGISAWA, Yoshinori; SHIMOYAMA, Jun-ichi
2. 発表標題 Measurement and Analyses of In-field Critical Currents in Multi-Filamentally Bi-2223 Tapes at Ultra-Low Electric-Field Criterion Down to at around 10^{-13} V/m
3. 学会等名 27th International Conference on Magnet Technology (MT27) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 呉 澤宇、東川 甲平、木須 隆暢
2. 発表標題 ホール素子を用いたRE-123高温超伝導テープ線材の初期磁化緩和計測による電界計測レンジの拡大
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東川 甲平
2. 発表標題 再生可能エネルギー大量導入に向けたエネルギー貯蔵機能を有する超伝導ケーブルの可能性
3. 学会等名 ASCOTセミナー (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 東川 甲平
2. 発表標題 基礎講座「高温超伝導材料」
3. 学会等名 低温工学・超電導学会 2020年度第2回冷凍部会例会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 東川 甲平
2. 発表標題 エネルギー貯蔵機能を有する超伝導ケーブルの開発と冷却技術への期待
3. 学会等名 低温工学・超電導学会 2020年度第1回超電導応用における循環冷却システム調査研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohei Higashikawa, Takafumi Kanno, Shuya Nogata, Takano bu Kiss
2. 発表標題 Compensation for output power fluctuation from renewable energies by DC superconducting cable with energy storage function
3. 学会等名 2020 Applied Superconductivity Conference (ASC2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鬼塚 雄大, 木須 隆暢, 吳 澤宇, 東川 甲平, 町 敬人, 衣斐 顕, 和泉 輝郎
2. 発表標題 長尺高温超伝導線材の臨界電流評価手法の比較検討
3. 学会等名 2020年度秋季低温工学・超電導学会研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 呉 澤宇、東川 甲平、木須 隆暢
2. 発表標題 希土類系高温超伝導テープ線材における磁化緩和特性の磁気顕微測定と形状効果に関する考察
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 超伝導ケーブル及び電力輸送システム	発明者 東川甲平	権利者 九州大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/027364	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 超伝導ケーブル及び電力輸送システム	発明者 東川甲平	権利者 九州大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-120933	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関