

2023 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	三浦正志
研究機関名	成蹊大学
所属部署名	理工学部
役職名	教授
研究課題名	新材料設計指針により対破壊電流密度に挑む
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

### 研究成果の概要

超伝導技術は、SDGs や Society5.0 社会への貢献が期待されている。しかし、超伝導の応用上重要な臨界電流密度は、量子化磁束の運動の影響を受け理論限界である対破壊電流密度の 5～10%程度である。本研究では、臨界電流密度の理論モデル、磁束ピン止め点導入技術、磁束の熱擾乱抑制技術、キャリア・ひずみ制御技術を融合し、新しい材料設計指針により臨界電流密度を対破壊電流密度に近づけることを目指す。

2023 年度は、鉄系超伝導材料  $LrFeAsO$  の臨界電流密度を対破壊電流密度に近づける新材料設計指針を確立するため、(1)O サイトの H 置換による高キャリア技術の確立、(2) コヒーレンス長( $\xi$ )と磁場侵入長( $\lambda$ )などの基本物性評価、(3) 磁束ピン止め点導入技術の確立を行った。その結果、(1)に関しては、O サイトを一般的に置換している F ではなく H に置き換え、より高 H ドープが可能となり広範囲で高い  $T_c$  を得ることに成功した。(2)に関しては、 $\xi$  を東北大の高磁場を用いて評価した上部臨界磁場から算出し、 $\lambda$  をマイクロ波表面インピーダンスによる共振周波数から算出した。(3) に関しては、高キャリア注入  $LrFeAsO$  薄膜に磁束ピン止め点を導入する方法としてプロトン照射による欠陥導入を試みた。

以上のことにより創製した  $LrFeAsO$  薄膜は、新材料設計指針である熱力学パラメータ制御と磁束ピン止め点導入の融合に成功した。この結果、本研究で創製した  $LrFeAsO$  薄膜は、液体ヘリウム温度下で鉄系超伝導体として、世界最高の臨界電流密度を達成した。また、25 テスラの高磁場下においても、4.2K において銅酸化物  $REBa_2Cu_3O_{7-y}$  薄膜に匹敵する鉄系超伝導として世界最高の磁場中臨界電流密度を達成した。また、 $LrFeAsO$  に限らず他の  $REBa_2Cu_3O_{7-y}$ 、 $BaFe_2(As_{1-x}P_x)_2$ 、 $FeSe_{1-x}Te_x$  に対しても本指針を適用し幅広い超伝導材料の臨界電流密度向上に成功し、種類の異なる超伝導材料への有効性を確認した。