

**2022 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	2022 年 4 月 1 日～2023 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。

2022 年度は、気相法であるパルスレーザー蒸着(PLD)法及び液相反応法である有機金属分解(MOD)法を用いて銅酸化物超伝導薄膜を作製し、磁束ピン止め点導入およびキャリア制御により臨界電流密度向上を試みた。また、PLD 法を用いて鉄系超伝導薄膜を作製し磁束ピン止め点導入およびキャリア制御により臨界電流密度向上を試みた。いずれの材料においても特性向上に成功した。

特に、独自 MOD 法を用いて  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  超伝導相にひずみを与えずかつ結晶性低下を最小限に抑えることにより高密度な  $\text{BaHfO}_3$  ナノ粒子を磁束ピン止め点として導入することに成功した。また、酸素雰囲気下熱処理を制御することで  $\text{BaHfO}_3$  導入 Y123 薄膜線材のキャリア密度向上に成功した。この結果、本研究で創製した  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  薄膜線材は、液体ヘリウム温度下で対破壊電流密度の 32.4%である世界最高の超伝導臨界電流密度  $150 \text{ MA/cm}^2$  を達成した。また、18 テスラの高磁場下においても、すべての超伝導材料の中で最も高い超伝導臨界電流密度を得ることに成功した。これらの成果は、英国科学誌 Nature 系の専門誌「NPG Asia Materials」に掲載された。また、本指針により鉄系超伝導材料  $\text{BaFe}_2(\text{As}_{1-x}\text{P}_x)_2(\text{Ba}122:\text{P})$  薄膜においても世界最高級の超伝導臨界電流密度を達成し、種類の異なる超伝導材料への有効性を確認した。