

# 平成 29 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」

## 調査研究報告書(公開版)

### 【研究題目】

走査 SQUID 顕微鏡による超伝導ニオブ加速空洞の表面抵抗の起源の解明

### 【整理番号】

T K17-026

### 【代表機関】

高エネルギー加速器研究機構

### 【調査研究代表者（氏名、連絡先 TEL & Mail）】

氏名：梅森 健成 TEL：(PS)4733 Mail：kensei.umemori@kek.jp

### 【TIA 内連携機関：連携機関代表者】

物質・材料研究機構：立木実

### 【TIA 外連携機関】

なし

### 【報告書作成者】

梅森 健成

### 【報告書作成年月日】

2018 年 3 月 29 日

### 【連携推進（具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等）】

- ・ 不定期ではあるが、年間 3～4 回の打合せの場を設け、実験結果についての議論、今後の方針の確認、お互いの情報交換を行った。
- ・ 高エネルギー加速器研究機構と物質・材料研究機構との間での共同研究契約を締結し、今後より幅広くニオブ材料の研究を進めていくうえでの環境整備が進んだ。

### 【調査研究内容（実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果）】

走査 SQUID 顕微鏡を用いたニオブ表面における磁束捕捉の様子の観察を行った。ニオブサンプルは、超伝導空洞の製造に用いている多結晶ニオブ板から切り出し、超伝導空洞の場合と同様に電解研磨や熱処理を施したものをを用いた。

液体ヘリウムを用いて冷却し何度か測定を行った。ニオブに捕獲された磁束量子を観察する事はできたが、再現性が良くないなどの問題が生じ、系統的なデータを取得するためには、サンプルの最適化の必要性が認識された。その結果を受けて、単結晶ニオブ板からサンプルを切り出し、平面度を確保するために機械研磨にて表面を鏡面仕上げする方法を取る事とした。現在、新しいサンプルを用意し次回の測定に備えて準備を進めているところである。

また、超伝導空洞を用いた磁束排除の研究も進めた。5 台の単セル空洞を用いて、750 度～900 度の異なる温度での熱処理を行った。さらに冷却時においては、ソレノイドコイルを用いて磁場の制御を行い、ヒーターを用いて温度勾配を変化させながら、磁束排除の実験を行った。

その結果、高い温度で熱処理した空洞の方が磁束排除をしやすい事、大きな温度勾配を付けた方が磁束排除を効率的に行える事がわかった。また、同じ会社から購入したニオブ材であってもロッドが異なると磁束排除の様子が大きく異なる事がある事も確認された。

このように効率的に磁束排除を行える条件が見つかり、さらに捕捉される磁場の大きさを変え、る事で空洞の Q 値が影響を受ける様子も確認され、ニオブ製超伝導空洞における磁束捕捉/排除の理解が進んだ。

超伝導空洞を用いた磁束排除の研究結果は、2018年2月にイタリア・ミラノで行われた超伝導空洞関連の会議である TTC workshop にて報告された。

【今後の活動予定】

今年度は走査 SQUID 顕微鏡を用いた磁束量子の観測、ならびに超伝導空洞の冷却試験の際に様々な条件における磁束排除の系統的データの取得を行った。NIMS には走査 SQUID 顕微鏡に限らず様々な分析装置があり、ニオブ材料の表面分析に非常に有用である。

現在のニオブ製超伝導空洞の高性能化に関しては、冷却時の磁束排除の効率化に加えて、窒素ドーピング、窒素インフュージョンと呼ばれるニオブ表面の窒素処理の有用性が認められている。来年度は、磁束排除の研究に加えて、ニオブ材料の成分分析や超伝導ギャップ関数の測定、ニオブ粒界の観察など、ニオブ表面の分析をより幅広く進め、超伝導空洞の高性能化へと繋げていく予定である。

新たな資金獲得に向けて、「ニオブ製超伝導空洞の高加速勾配と高 Q 値の実現に向けた開発研究」という研究課題で基盤研究 (B) に申請を行っている。

以上