

京都大学教育研究振興財団助成事業  
成 果 報 告 書

2022年 4月 28日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団

会 長 藤 洋 作 様

所 属 部 局 大学院工学研究科

職 名 助教

氏 名 曾我部 友輔

助 成 の 種 類	令和 3 年度 ・ 研究活動推進助成			
申請時の科研費 研究 課 題 名	高磁界加速器電磁石実現に向けたCORC導体の分流を考慮した遮蔽電流 解析手法の創出			
上記以外で助成金 を 充 当 した 研 究 内 容				
助成金充当に関 わる共同研究者	(所属・職名・氏名)			
発表学会文献等	(この研究成果を発表した学会・文献等) 第102回低温工学・超電導学会研究発表会(予定)			
成 果 の 概 要	研究内容・研究成果・今後の見通しなどについて、簡略に、A4版・和文で作成し、 添付して下さい。(タイトルは「成果の概要／報告者名」)			
会 計 報 告	交付を受けた助成金額	900,000	円	
	使用した助成金額	900,000	円	
	返納すべき助成金額	0	円	
	助成金の使途内訳	費 目	金 額	
		物品費	689,502	
		旅費・学会参加費	209,244	
人件費・謝金		0		
その他	1,254			
当財団の助成に つ い て	(今回の助成に対する感想、今後の助成に望むこと等お書き下さい。助成事業の参考にさせていただきます。) 大変ありがたい助成をいただきまして、誠にありがとうございました。 科研費の取得に失敗した研究課題を途切れさせることなく、発展させることが可能であったことは、今後の研究活動のために非常に有意義な助成でした。			

## 1. 研究内容

CORC 導体は、損失なく電流を通電可能である高温超伝導線を、円断面の銅コアを中心に螺旋状に複数層巻き付けた構造をもっている。このような導体に電流を通電する場合、表皮効果と類似の電磁現象により、電流が各層に均一に流れないことが懸念される。また、高温超伝導線はその構造上扁平なテープ形状をとるため、高温超伝導線幅広面内に、遮蔽電流と呼ばれる、電磁石設計時には想定されていない電流成分が誘起される。遮蔽電流は付加的磁界を発生し、この付加的磁界は電磁石の発生磁界の精度を悪化させる要因となるため、電磁石設計段階での遮蔽電流の精密な評価技術が必要とされている。遮蔽電流は高温超伝導線に流れる電流値に強く依存するため、実際の CORC 導体を構成する各層に誘起される遮蔽電流は異なる分布をとることが想定される。また、各層に流れる遮蔽電流同士の磁氣的相互作用も存在するため、現実の CORC 導体における遮蔽電流及びその遮蔽電流によって発生する付加的磁界も極めて複雑な特性を示す。

本研究では、CORC 導体の分流を考慮した遮蔽電流解析を可能にするために必要となる、CORC 導体の電気回路モデル化に取り組んだ。また、この電気回路モデルを使用し、実際の CORC 導体における遮蔽電流解析を行った。

## 2. 研究成果

将来の高磁界加速器実現の鍵とされる CORC 導体の電気回路モデルの構築に着手した。このモデルでは、遮蔽電流解析を行う前段階として、CORC 導体を構成する高温超伝導線が螺旋状に三次元的にまかれている形状や高温超伝導線の非線形な導電特性、CORC 導体端部における接続抵抗などの要素が考慮される。このモデルによって、加速器用電磁石で用いられる運転パターンで CORC 導体に通電した場合の電流の時間変化を入力として与えた場合、CORC 導体を構成する各高温超伝導線にどのように電流が流れるかを明らかにすることが可能になる。

このモデルを用い、CORC 導体を対象とした遮蔽電流解析を実施した。各層に 2 本の超伝導線が巻かれており、それが 3 層巻かれている CORC 導体を対象とした。このとき、中央の 2 層目は、他の 2 層とは逆向きに巻かれている。このような CORC 導体に電流を流す場合、2 層目に電流が集中して流れる分流現象が確認された。このとき、2 層目は超伝導線の臨界電流を超えるほどの分流が生じるため、2 層目に誘導される遮蔽電流は他の層と大きく異なる分布をとることが確認された。

## 3. 今後の見通し

構築した電気回路モデルにより、CORC 導体における分流現象を評価することが可能になり、CORC 導体や、類似のスパイラル形状をもつ高温超伝導導体を電磁石に応用した場合の遮蔽電流解析や交流損失解析等につながると考えられる。これらの解析技術は電磁石の成立性を評価する上で必須であり、高温超伝導応用をさらに進める足掛かりとなると言える。