

「希土類系高温超電導コイルの劣化対策」調査専門委員会

設置趣意書

超電導機器技術委員会

1. 目的

超電導技術は、エネルギーシステムの高効率化・環境適合、新技術の創生など社会への貢献が見込まれ、電力・エネルギー機器、産業応用機器、理化学機器、医療・福祉機器などへの幅広い応用が期待されるキーテクノロジーの一つである。近年、経済性や応用性の観点から、高温超電導技術の利用が超電導応用機器開発の中心となっている。最近では、希土類系高温超電導線材の市販化に伴い、同線材を利用した機器開発が盛んになってきた。特に、“No-insulation”（無絶縁）巻線技術と呼ばれるコイル保護技術とその派生巻線技術が、希土類系高温超電導コイルの開発を加速している。ここでは、これらの保護技術を総称して「非絶縁技術」と呼ぶ。

過去の調査（「第2世代のイットリウム系高温超電導線材の調査専門委員会」H25/4～H27/3、「次世代高温超電導線材のコイル化技術調査専門委員会」H27/7～H29/6）以後に、次の課題が明らかになった。それらは、（1）コイル励磁中に、線材に生じる遮蔽電流と磁場との相互作用で生じる線材応力によるコイル特性の劣化に関する評価手法の確立（2）クエンチ時の非絶縁コイルの保護技術の確立、である。今後の希土類系高温超電導コイルの応用機器開発において、これらの課題は重要であり、更なる調査の深耕が必要である。さらに、（3）希土類系高温超電導線材を集合導体化した大電流導体（ケーブル）の開発も重要課題であり、例えばマサチューセッツ工科大学では小型化核融合用マグネットの開発において、集合導体に40kAの大電流を流し、20テスラの発生に成功している。本調査専門委員会は、国内における希土類系超電導コイルの劣化対策のための技術開発へ貢献できるように、これらの技術課題の現状と対策の調査および世界各国でのコイル開発状況の調査を行なうことを目的とする。

2. 背景および内外機関における調査活動

希土類系高温超電導技術を適用した応用機器の開発は、国内外の産官学共同研究プロジェクトが中心的な役割を担い、実用化を目指した研究開発が行われている。我が国では、NEDOの「イットリウム系超電導電力機器技術開発」やJSTの「戦略的イノベーション創出推進プログラム（Sイノベ）」、「先端的低炭素化技術開発（ALCA）」等で進められてきた。現在は、「未来社会創造事業（MIRAI）」が進められている。また、欧米や韓国、中国でも応用機器開発が積極的に行われている。

前記した過去の調査専門委員会では、（1）イットリウム系高温超電導線材の短線試料レベルでの応力による劣化特性、（2）非絶縁コイルのコイル単体レベルでの安定性の検討、（3）遮蔽電流磁場シミュレーションの確立と遮蔽電流磁場のメカニズムや対策、（4）国内外のコイル開発状況などについて、調査が行われてきた。当時は、希土類系高温超電導コイルの基礎的検討が主に行われていたが、その後、国内外機関において実機スケールの応用機器開発へと研究・開発目標が移行してきた。それと共に、新たな課題が見つかった。

この分野の最大級の国際会議である Applied Superconductivity Conference 2020 (ASC 2020; web開催)および 27th International Conference on Magnet Technology (MT-27; 博多および web開催)でも、高温超電導コイルのセッションにおいて、応用機器開発の事例とともに、数多くの遮蔽電流や応力、線

材・コイル劣化に関する研究成果が発表され、議論されている。世界中で、希土類系高温超電導コイルの劣化について深刻な問題として認知されてきているが、その対策は確立していない。

3. 調査検討事項

本調査専門委員会では、希土類系高温超電導コイル化技術について、主に次の項目の調査を実施する。

(1) 希土類系高温超電導線材に生じる遮蔽電流と磁場との相互作用により生じる過剰応力の定量的評価とそれがコイルの特性劣化に及ぼす影響：希土類系高温超電導線材は電氣的・機械的特性に優れているが、テープ状であるためにコイル励磁中に大きな遮蔽電流が生じる。この電流とコイル磁場との相互作用による過剰な応力がコイルの特性劣化に及ぼす影響を検討する。過剰応力によるコイル劣化のメカニズムと、その定量的評価のための解析手法、抑制法について、研究開発動向の調査を行う。

(2) 非絶縁希土類系高温超電導コイルの保護技術の問題点と対策：コイルがクエンチした場合、高温超電導コイルは焼損を生じやすい。非絶縁線材をコイルに巻けばクエンチ時の焼損が避けられ、コイル保護が容易になることが小型の要素コイルによる基礎実験を通じて明らかになっている。しかし、最近、実用化を目指した実機スケールの試作コイルにおいて、非絶縁コイルがクエンチ時に焼損する事故例が報告されている。そのため、クエンチの伝播現象とターン間の接触抵抗の関係の調査を行うことで、焼損事故の要因を絞り込み、より安定性の高い非絶縁コイルの設計手法について調査と検討を実施する。

(3) 大規模コイルのための希土類系高温超電導線材の集合導体による大電流化：大規模コイルのための希土類系高温超電導線材を重ね合わせた集合導体において、熱特性や機械特性を考慮した種々の大電流集合導体が提案されている。これらの大電流集合導体特性（安定性や劣化特性）や、コイル保護能力などを明らかにし、大規模コイルに適した大電流集合導体の調査と検討を行う。

(4) その他、関連事項

4. 予想される効果

高温超電導応用機器の実用化に必要な不可欠な希土類高温超電導コイル化技術の研究動向を把握し、実用化に必要な不可欠な技術課題を明らかにすることで、同コイル化技術の確立に向けた、今後の技術開発の方向性が明らかになる。

なお、得られた成果は適切に技術報告や講習会、フォーラム開催に反映させる。

5. 調査期間

令和3年（2021年）12月～令和5年（2023年）11月（2年間）

7. 活動予定

委員会を4回／年、研究会またはフォーラムを1回／2年

8. 成果報告の形態

技術報告をもって報告とする。