

次世代高温超電導線材の コイル化技術

次世代高温超電導線材のコイル化技術調査専門委員会編

目 次

1. はじめに	3	4. 高温超電導コイルの保護技術	16
2. 次世代高温超電導線材の技術動向	4	4.1 REBCO コイルの劣化モードと焼損事例	16
2.1 高強度 Bi2223 線材とコイル技術	4	4.2 無絶縁巻線技術の開発状況	18
2.2 REBCO 線材の細線化・導体化技術	7	4.3 異常検出	20
2.3 Bi2212 線材	9	4.4 高温超電導コイルの保護に関する考え方	23
2.4 高温超電導線材の超電導接合技術	10	5. おわりに	28
3. 遮蔽電流磁場解析技術の動向	11		
3.1 遮蔽電流磁場	11		
3.2 遮蔽電流磁場解析技術	11		

次世代高温超電導線材のコイル化技術 調査専門委員会委員

委員長 前田 秀明(理化学研究所)
幹事 古瀬 充穂(産業技術総合研究所)
幹事補佐 柳澤 吉紀(理化学研究所)
委員 和久田 毅(日立製作所)
飯島 康裕(フジクラ)
石山 敦士(早稲田大学)
植田 浩史(岡山大学)
加藤 武志(住友電気工業)

委員 戸坂 泰造(東芝)
長屋 重夫(中部電力)
西島 元(物質・材料研究機構)
野口 聡(北海道大学)
福井 聡(新潟大学)
福島 徹(古河電気工業)
山田 穰(芝浦工業大学)
横山 彰一(三菱電機)

1. はじめに

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高い貢献が見込まれ、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ている。近年、経済性や応用性の観点から、安価な液体窒素中でも使用できる高温超電導コイルが超電導応用機器開発の中心になってきた。この分野では、第1世代のビスマス系高温超電導線材 (Bi-2223) の利用が主であったが、最近の第2世代のイットリウム系高温超電導線材の市販化に伴い、同線材によるコイル開発が盛んにおこなわれ始めた。一方、近年、両線材について、機械的な特性と電磁的な特性を両立させるような改良が試みられている。この種の次世代高温超電導線材とそのコイル化技術については、技術的な成熟度の問題もあり、十分な技術調査が実施されておらず調査の必要がある。また、過去の技術調査委員会「イットリウム系高温超電導コイル化技術調査専門委員会 (平成24年~26年、委員長：前田秀明)」が技術調査報告書⁽¹⁾をまとめていく過程において、線材の遮蔽電流の解析技術及び熱暴走時のコイル保護技術については、研究開発が発展途上にあるために、必ずしも十分な技術調査が実施できておらず、更なる調査の深耕が必要である。

以上のような観点から、電気学会電力・エネルギー部門超電導機器技術委員会では、平成27年7月に「次世代高温超電導線材のコイル化技術調査専門委員会 (委員長：前田秀明)」を設立し、2年間に亘る技術調査活動を実施した。調査項目は、(1)次世代高温超電導線材とそのコイル化技術、(2)遮蔽電流磁場の解析技術、(3)高温超電導コイルの保護技術である。調査委員会では、超電導線材メーカー・超電導機器メーカー・大学・国研からの委員が、3つのチームを組み、各チーム・リーダーの強いリーダーシップのもとで、調査にあたった。本技術報告書は、この調査結果をまとめたものである。

第2章では、次世代高温超電導線材とコイル化技術について調査結果を述べた。従来のBi-2223線材は、遮蔽電流磁場などの電磁特性には優れているが、機械特性には課題があった。この欠点を克服する為に開発された高強度Bi-2223線材についてコイル化技術と併せて述べた。一方、イットリウム系高温超電導線材 (REBCO 線材) は機械的特性には優れているが、電磁的な特性には課題がある。電磁的特性の改善の為に多芯化した次世代線材や、加速器や核融合炉に向けた大電流化次世代線材について述べた。最後に、技術的な進展が著しいBi-2212線材、および高温超電導線材の超電導接合技術について述べた。現状の技術の最先端をよくまとめることができたものと考えている。

第3章では遮蔽電流磁場の解析技術をまとめた。最初には遮蔽電流磁場の解析技術の基礎的なアプローチ法をまとめ、次にコイルが大型化する場合に必要な近似的な解析手

法や簡易計算法についてまとめた。更に、異常横磁場効果を利用した手法や、Y系線材のマルチフィラメント化による遮蔽電流磁場の低減法について述べた。解析と実験との対比にも言及した。これまで遮蔽電流磁場の解析法を体系的にまとめた例はなく、貴重な成果であると自負している。

第4章は高温超電導コイルの熱暴走時の保護に関わる調査結果をまとめたものである。この分野は学会内でも知見が十分にまとまっておらず、取りまとめには難しい点が多かった。ここでは保護技術を体系化する上で、(1)熱暴走の要因である線材の局所的な劣化とジュール発熱、(2)常電導転移の検知、(3)コイル保護回路や常電導伝播などについて調査した。更に、最近注目されている無絶縁巻き線方式についても多面的な調査を行った。現在進行形の技術領域をまとめるのは容易ではないが、比較的スッキリした形でまとめることができたのではないかと考えている。

参考文献

- (1) 電気学会技術報告「イットリウム系高温超電導マグネット技術の研究開発動向」第1375号(2016年)。