

25T 無冷媒超伝導マグネットの初期性能試験

1st performance test of the 25T Cryogen-free Superconducting Magnet

東北大学¹, 東芝², °淡路 智¹, 小黑英俊¹, 渡邊和雄¹,

宮崎寛史², 戸坂泰造², 花井哲², 井岡茂²

Tohoku Univ.¹, Toshiba.²: °Satoshi Awaji¹, Hidetoshi Oguro¹, Kazuo Watanabe¹, Hiroshi Miyazaki²,

Taizo Tosaka², Satoshi Hanai², Shigeru Ioka²

E-mail: awaji@imr.tohoku.ac.jp

1. はじめに

高温超伝導材料発見から 30 年が経過し線材開発が進んだ結果、現在各所で高温超伝導マグネット開発が進行している。東北大学金属材料研究所強磁場センターでも、2013 年から 25 T 無冷媒超伝導マグネット(25 T-CSM)開発を始め、本年建設及び設置が完了した。本講演では、初期性能試験の結果について報告する。

2. 25T 無冷媒超伝導マグネット概要

25T-CSM は、NbTi 外層コイル、高強度 Nb₃Sn 中層コイル、高温超伝導(HTS)内層コイルによって構成され、金属系低温超伝導コイル (LTS コイル: NbTi 外層コイルと Nb₃Sn 中層コイル) と HTS コイルがそれぞれ別電源で運転される設計である。LTS コイルで 14 T, HTS で 11 T を発生させることで、52 mm 室温ボアに 25 T を発生させる。冷却系も LTS 系統と HTS 系統に分割され、それぞれ 2 台の GM-JT 冷凍機と 2 台の 4K-GM 冷凍機で冷却される。LTS コイルと HTS コイルが熱的に独立となっており、HTS コイルの温度上昇を許容できる冷却構造となっている。また、LTS コイルは Nb₃Sn, NbTi 双方ともラザフォード導体を用い、特に Nb₃Sn は高強度の CuNb 補強 Nb₃Sn 素線を採用することで、高電磁力に耐えうる構造となっている[2]。また内挿 HTS コイルとしては、希土類系 REBa₂Cu₃O_y(Gd123)コイル及び Bi₂Sr₂Ca₂Cu₃O_y (Bi2223)コイルの 2 つのコイルを作製した。



Fig.1 photograph of the 25T-CSM installed at the HFLSM

3. コイル性能試験結果

LTS コイルは、撚り線構造を有するラザフォード導体を用いているため、トレーニングクエンチが想定されたが結果的にはトレーニング無しで 14 T に到達した[3]。一方で、初期励磁時には多くのスパイクノイズが発生し、高磁場領域で急激な温度上昇が観測された。このことから、クエンチに達しない程度の微小な素線の動きやエポキシのクラックが発生し、コイル内部に貯まったひずみエネルギーがクエンチエネルギーに到達しない程度で消費されたものと考えられる。

Gd123 コイルは、バックアップ無しの単体試験では、131.4 A で 10.15 T の磁場発生に成功した。このとき電流からの換算値は、10.5 T であるが Gd123 テープ自身の遮蔽電流により約 0.4 T の差が生じることが分かった。さらに 14 T のバックアップ磁場中でテストを行った結果、約 24 T で Gd123 コイルが熱暴走を起こしてクエンチが発生した。これは Gd123 内に生じた部分的な劣化が原因と考えられる。

Bi2223 コイルの単体試験では、204.8 A で計算磁場で 11.60T, 実測値で 11.48 T を発生に成功した。さらにバックアップ 14 T 中で、組み合わせ磁場 24.57 T (実測値) の磁場発生にも成功した。この時の計算磁場と実測磁場の差は約 0.1 T であることを確認した。

4. まとめ

高温超伝導内層コイルを用いた 25 T 無冷媒超伝導マグネット開発を実施、最高で 24.57 T の発生に成功した。本マグネットは 2016 年 4 月より共同利用に供される予定となっている。

References

- [1] S. Awaji *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond. 24 (2014) 4302005(4pp).
- [2] M. Sugimoto *et al.*, IEEE Trans. Appl. Supercond., 25 (2015) 6000605 (4pp).
- [3] H. Oguro *et al.*, Abstracts of CSSJ Conference, Vol. 92 (2015) 3A-p03.