

高温超電導コイルを使用した永久電流 1.3 GHz (30.5 T) NMR マグネットの開発

Development of a persistent-mode 1.3 GHz (30.5 T) NMR magnet using HTS coils

理研 BDR¹ ◯柳澤 吉紀¹

RIKEN Center for Biosystems Dynamics Research¹ ◯Yoshinori Yanagisawa¹

E-mail: yoshinori.yanagisawa@riken.jp

著者を含む日本の共同研究チームは、JST 未来社会創造事業において 2017 年より 10 年度に渡るプロジェクトとして、次世代最高磁場 1.3 GHz (30.5 T) NMR マグネットの開発を開始した[1]。同プロジェクト内で別途開発される NMR 計測技術と組み合わせ、アルツハイマー型認知症に関わるアミロイド β タンパク質など様々な試料の分析に使用される予定である。Figure 1 と Table 1 に示すように、このマグネットは、HTS (REBCO/Bi-2223)内層コイルと、LTS (NbTi/Nb₃Sn)外層コイルから構成され、液体ヘリウム冷却される。永久電流モード運転およびクエンチ保護の観点から、全てのコイルは直列に接続され、単一の永久電流回路とする。HTS 線材はテープ形状であるため、コイルにするためにパンケーキ巻が採用されることが多い。一方、本マグネットは、永久電流モード運転のために、多数のコイル端末線を上部空間に引き出して超電導接合・低抵抗接合[2],[3],[4]で繋ぐ必要があるため、これに適したレイヤー巻 (らせん巻のソレノイド) を採用する。マグネット開発における主要な技術課題としては (1) HTS 線材の接合を実装した永久電流運転技術[5]、(2) 30 T 級超高磁場下における強い電磁力に対する HTS 内層コイルの機械補強技術、(3) テープ形状の HTS 線材に誘導される遮蔽電流が磁場精度と応力に与える影響の予測と制御[6]、(4) LTS/HTS 組み合わせコイル系におけるクエンチ保護[7]がある。本講演では、マグネット開発の状況を紹介する。

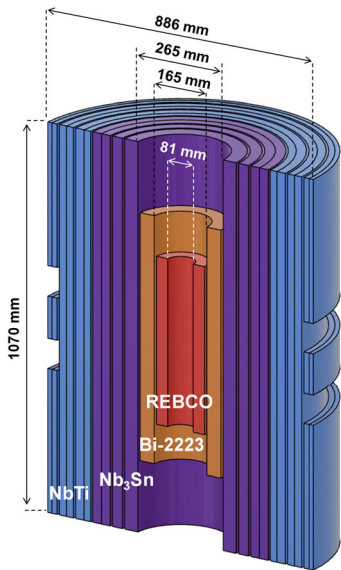


Fig. 1 The configuration of the coils in a persistent-mode 1.3 GHz (30.5 T) NMR magnet

Table 1 Parameters of the 1.3 GHz NMR magnet (tentative)

Unit		
Operating temperature	K	4.2 (liquid helium)
Operating current	A	231
Inductance	H	988
Stored energy	MJ	26.4
Total weight of superconductors	ton	3.9
Radial distance of 5 gauss line	m	9.9
HTS inner coil	-	REBCO
HTS middle coil	-	Bi-2223
Coil winding current density	REBCO / Bi-2223	A/mm ² 205 / 137
Magnetic field contribution	HTS (REBCO+Bi-2223) / LTS	T 15.7 (8.7+7.0) / 15.1
Conductor length for coil winding	REBCO / Bi-2223 / LTS	km 5.2 / 11 / 154
Number of joints	REBCO – REBCO	17
	Bi-2223 – Bi-2223	30–45
	REBCO – LTS	Several
	Bi-2223 – LTS	Several

謝辞：本研究は、JST 未来社会創造事業 JPMJMI17A2 の助成を受けて実施されたものである。

参考文献：[1] Maeda et al., IEEE TAS 29 (2019) 4602409, [2] Ohki et al., SuST 30 (2017) 115017, [3] Takeda et al 2019 APEX 12 (2019) 023003, [4] Banno et al, SuST 32 (2020) 053001, [5] Yanagisawa et al. SuST 34 (2021) 115006, [6] Ueda et al, accepted for publication in SuST, [7] Suetomi et al SuST 34 (2021) 064003