

Mini-RT 用高温超伝導磁気浮上コイルの工学設計

Engineering design of magnetically levitated high-temperature superconducting coil for Mini-RT

核融合研, 東大高温プラズマ研究センター^A ○三戸利行, 柳 長門, 小川雄一^A, 森川惇二^A, 九州大学^B, 富士電機^C, クライオバック^D 岩熊成卓^B, 上出俊夫^C, 能瀬眞一^C, 伊藤郁夫^C, 福居滋夫^D

○Toshiyuki Mito, Nagato Yanagi, Yuichi Ogawa^A, Junji Morikawa^A, Masataka Iwakuma^B, Toshio Uede^C, Sinichi Nose^C, Ikuo Ito^C, Sigeo Fukui^D

National Institute for Fusion Science (NIFS), The Univ. of Tokyo^A, Kyushu University^B, Fuji Electric Co. ^C, Cryovac Co. ^D
e-mail: mito@nifs.ac.jp

1. はじめに

東京大学高温プラズマ研究センターでは、核融合科学研究所及び九州大学との共同で、ダイポール磁場を利用した先進的高ベータプラズマ閉じこめ装置 Mini-RT の設計・建設を進めている。同装置の特徴として永久電流モードで運転した超伝導磁気浮上コイルを用い、プラズマ真空容器中での長時間の浮上及びプラズマ実験が計画されている。プラズマ実験装置としての取り扱いを容易にするため、超伝導浮上コイルには Bi2223 高温超伝導テープを用い、永久電流モード・寒冷供給なしの状態、比熱による 8 時間以上の浮上を可能にする設計がなされている。限られた空間での断熱構造を含む機器構成及び配置の最適化、温度及び電流負荷率が変化する使用条件下での高温超伝導コイルの特性評価など、同装置の工学設計について説明する。

2. Mini-RT の構成

Mini-RT の構成を Fig. 1 に示す。内径 800mm のプラズマ真空容器中に、中心直径 300mm の超伝導磁気浮上コイルが設置される。真空容器上部に設置される引き上げコイルで磁気浮上コイルを浮上させ位置制御を行う。また、真空容器外部に設置されるサドルコイルで浮上コイルのチルトやスライディングの制御を行う。

3. 超伝導磁気浮上コイル

超伝導磁気浮上コイルの諸元を Table 1 に、断面構造を Fig. 2 に示す。真鍮の巻き枠に Bi2223 テープを 435 ターンソレノイド巻きした浮上コイルは、厚さ 3mm のステンレス製コイル真空容器中に輻射シールドと共に設置される。磁気浮上したプラズマ実験中は冷媒の供給ができないため、コイル及び輻射シールドの固体比熱によって、8 時間後の温度上昇を 40K 以下にする設計となっており、コイル及びシールドへの熱負荷は、それぞれ 0.2W 及び 0.78W 以下に厳しく制限される。コイルはプラズマ実験終了後に真空容器下部のメンテナンス位置に降ろし、着脱式のトランスファチューブを接続して 20K まで再冷却される。

Table 1. Specifications of a superconducting levitation coil

Major/Minor radius	150 mm / 28 mm
Magnetomotive force	50 kA
Superconductor	Bi2223 tape
Operating current	115 A
Operating temperature	20 K – 40 K
Critical current at 77 K, s. f.	108 A
Stored energy	600 J
Coil inductance	0.09 H
Maximum magnetic field	Bx: 0.72 T, By: 0.93 T
Total weight	20 kg
Current decay time constant τ	245 hr at 20 K

永久電流スイッチ (PCS) や冷媒導入部の逆止弁及び着脱式の電流リードコネクタなどを配置するため、コイル真空容器中の空間は非常に限られており、各部品の開発から始める必要があった。

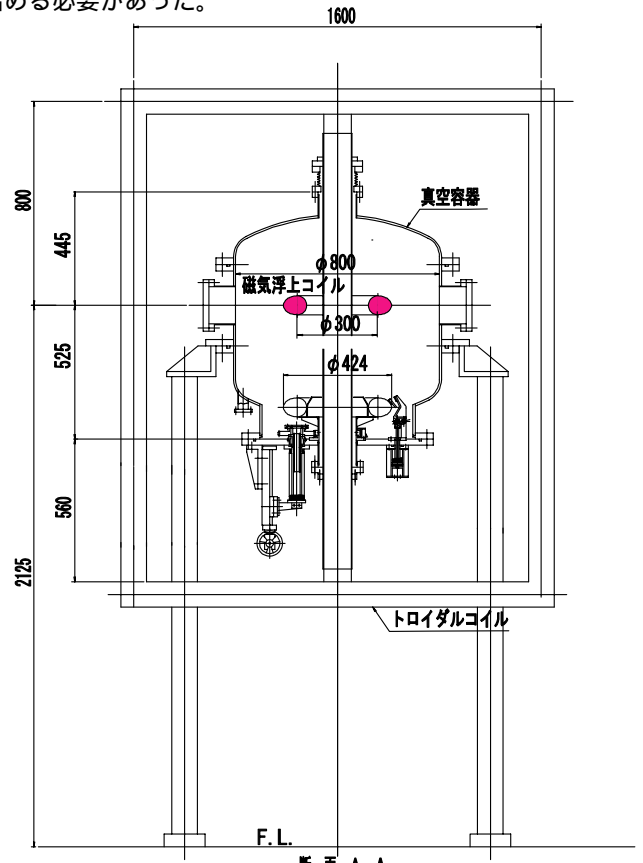


Fig. 1 Sectional drawing of Mini-RT

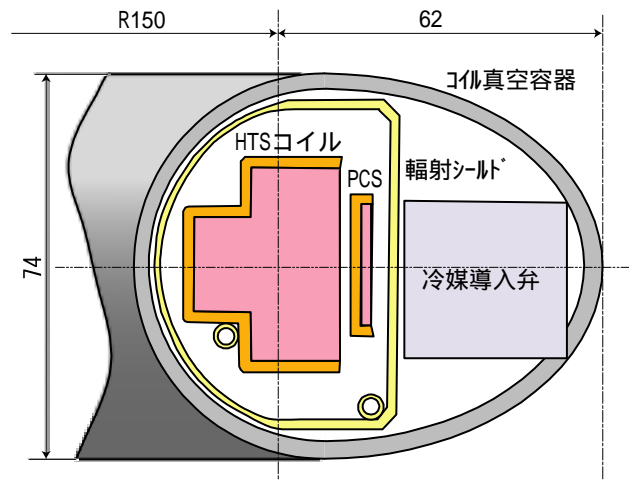


Fig. 2 Sectional drawing of superconducting levitation coil