

## Pilot GAMMA PDX SC 用超伝導コイルの製造 Production of superconducting magnet for Pilot GAMMA PDX SC

今村寿郎<sup>A)</sup>, 沖津茂樹<sup>A)</sup>, 古閑康則<sup>A)</sup>, 木戸修一<sup>A)</sup>, 南龍太郎<sup>B)</sup>, 假家強<sup>B)</sup>, 坂本瑞樹<sup>B)</sup>

Toshiro Imamura<sup>A)</sup>, Shigeki Okitsu<sup>A)</sup>, Yasunori Koga<sup>A)</sup>, Shuichi Kido<sup>A)</sup>,

Ryutaro Minami<sup>B)</sup>, Tsuyoshi Kariya<sup>B)</sup>, Mizuki Sakamoto<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup>日立製作所, <sup>B)</sup>筑波大学プラズマ研究センター

<sup>A)</sup>Hitachi,Ltd. , <sup>B)</sup>Plasma Research Center,Univ.Tsukuba

### 1. はじめに

筑波大学プラズマ研究センター殿(以下、筑波大学殿)では、核融合原型炉へ向けた研究として、ダイバータプラズマ模擬実験を含む境界プラズマ研究の質的向上・高度化のため、高密度・定常運転可能なパイロット装置を建設している。本超伝導コイルはその基幹となる機器である。本コイルでは、液体ヘリウムなどの冷媒を必要としない極低温冷凍機1台による伝導冷却方式を採用しており、定格運転時にコイル中心で1.5Tの磁場を発生可能である。また、日立における伝導冷却コイルとしては最大級(室温ボア径φ900mm)であるため、コイル全体を効率よく冷却するなどの課題があったが、熱伝導材の選定や伝熱構造を工夫し、運転に十分な冷却を達成した。

本報では、本コイルの設計・製作及び試験結果について報告する。

### 2. 装置概要

本コイルの仕様と外観をそれぞれ Table1, Fig.1 に示す。本コイルにおける筑波大学殿の主なご要求事項は、磁場プロファイルの再現、簡便な運転操作及び励消磁時間各 60 分以内の3項目であった。

筑波大学殿でご検討された磁場プロファイルを再現するために、ご支給導体の寸法や冷却時の熱収縮によるコイル中心の移動を考慮して、コイル形状や配置及び組立方法の検討を行った。

また、1日の実験スケジュールの中で励消磁を完了させるため、コイルの励消磁操作が簡便な電源駆動方式を採用した。この方式は、コイルへの電流導入部が電源と常時接続される構造のため、電流リードは、室温系からコイル温度系への伝導熱経路及びジュール発熱源となる。このことから、電流リードには、入熱量を抑制した材質や形状を選定した。冷却においては、液体ヘリウムなどの冷媒が不要な小型冷凍機1台による伝導冷却方式を採用することで、運用の簡素化を図った。

励消磁時間について、本コイルのような比較的大型の超伝導コイルでは、掃引速度に応じた AC ロスによる発熱によってコイル温度が上昇し、超伝導状態の喪失に至るといった懸念があった。そのため、熱伝導率の高い高純度アルミニウム製の伝熱バスをコイルの周囲に設けることで、励消磁過程においても冷却に十分な余裕を持たせる構造とした。

### 3. 試験結果

定格通電時におけるコイル中心軸上の磁場測定結果と計算値を Fig.2 に示す。コイル中心から 0.75m の範囲において、測定値と計算値との偏差が 1%未満であり、良好な一致を示すことを確認した。また、励消磁時間各 60 分も含めた長時間定格通電試験におけるコイル系の最高温度は 4K 以下(定格通電時の飽和温度は約 3.3K)であり、運転に十分な余裕を持って冷却できていることを確認した。

### 4. まとめ

筑波大学殿の次期装置向けに、室温ボア径φ900mmの伝導冷却方式超伝導コイルを設計・製作した。コイル中心軸上の磁場測定から、測定値と計算値との偏差が1%未満であり、良好な一致を示すことを確認した。また、励消磁時間各60分も含めた長時間定格通電試験では、運転に十分な冷却を達成したことを確認した。

Table1 Parameters of the superconducting magnet.

Superconducting wire type	Monolithic,NbTi/Cu
Cu/NbTi ratio	4.3
Dimensions(insulated)	1.7 mm × 1.1 mm
Magnet	
Number of Turns	5,854
Rated current	236.3 A
Central magnetic field	1.5 T
Maximum field in winding	3.6 T
Stored energy	1.4 MJ
Inductance	50.1 H
Total wight	1.9 t

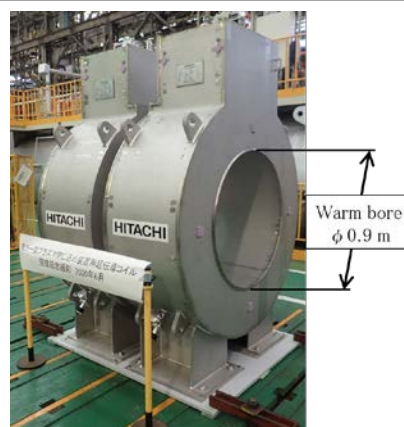


Fig.1 Completion of the superconducting magnets(2sets).

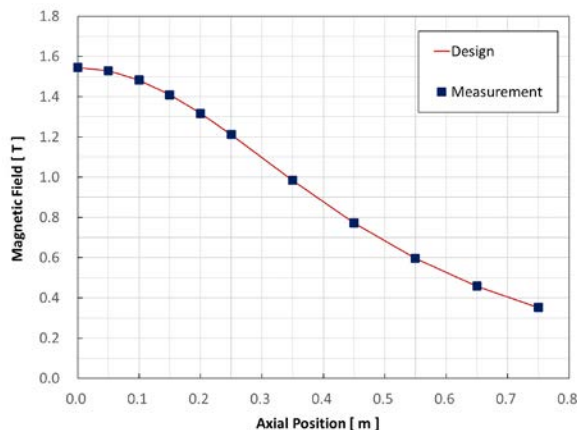


Fig.2 Magnetic field measurement in comparison with calculation.