

研究室紹介

量子科学技術研究開発機構 ITER プロジェクト部 超伝導磁石開発グループ Superconducting Magnet Technology Group, Department of ITER project, QST

1. 研究室スタッフ

小泉徳潔、中平昌隆、松井邦浩、河野勝己、佐藤和義、井口将秀、梶谷秀樹、尾関秀将、櫻井武尊、諏訪友音、竹林圭哉、他

2. 研究の概要

量子科学技術研究開発機構(量研機構)超伝導磁石開発グループは、1978年に超伝導磁石開発研究室として発足し、以降、核融合炉実現に向けて、大型で高磁場かつ大電流の超伝導マグネットの研究開発に取り組んできました。現在は、国際協力の下で実施している国際熱核融合実験炉(ITER)計画に参加して、トカマク型核融合炉であるITERの主要機器であるトロイダル磁場(TF)コイルと中心ソレノイド(CS)用導体の調達を、国内及び国外の製作メーカーと協力して行っています。これらの調達においては、高性能 Nb₃Sn 素線の開発、低温において優れた機械特性を持つステンレス鋼の開発等の核融合炉用材料の開発から、Nb₃Sn 素線を用いた900 m級のケーブルインコンジット(CIC)導体(図1)の製作や総重量300 tのTFコイル(図2)の製作という世界的にも経験の無い規模の開発も行っており、大型超伝導コイルに関する幅広い研究開発を行っています。

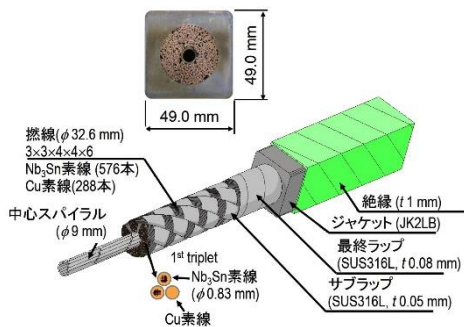


図 1. ITER CS 導体

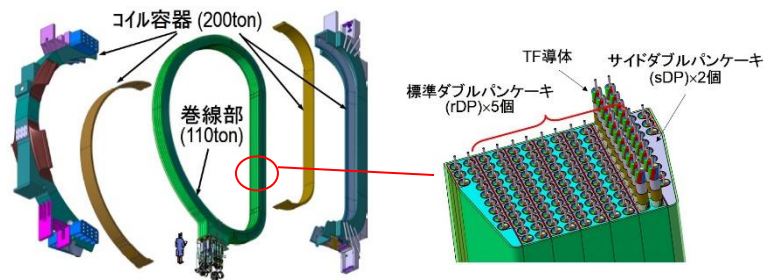


図 2. ITER TF コイルの構成(左)、TF コイル巻線部の断面(右)

3. 特徴ある装置

当グループは、大型超伝導コイルの研究開発のための多数の実験設備を保有しています。代表的な試験装置として、CIC 導体を用いた大型超伝導コイルであるCSモデルコイル(図3)があります。CSモデルコイルは、そのボア内に直径1.5 mのソレノイド状の試験サンプルを挿入することができ、外部磁場13 T、通電電流70 kAの条件において試験サンプルの超伝導性能の評価試験を実施することができる世界最大の大型超伝導導体用の実験設備です。その他にも、臨界電流のひずみ依存性を測定する装置、4 Kにおける

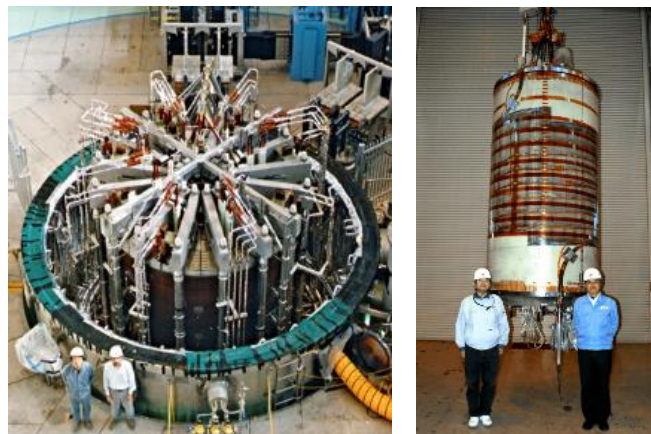


図 3. (左)中心ソレノイド・モデルコイルと(右)ソレノイド状の試験サンプル

引張試験、破壊靱性試験、亀裂進展試験のための機械特性評価装置も保有しています。

4. 最近の成果

これまでに多くの大型超伝導コイルを開発しており、最近では ITER 用 TF コイルと CS 導体の製作を実施しています。TF コイルの巻線部(図 2)は 7 個のダブルパンケーキから構成されます。各ダブルパンケーキの製作では、超伝導導体を D 形状に巻く巻線作業において $\pm 0.01\%$ の精度での導体長の管理、超伝導生成熱処理では 650°C において $\pm 5^{\circ}\text{C}$ での温度管理等の高い製作精度が要求されるため、実規模の試作を実施して製作方法を確立しました。これまでに、TF コイル第 1 号機に使用する巻線部の対地絶縁及び樹脂含浸を完了しており、今後、計測素子や冷却配管を取り付けて、巻線部の製作を完了する予定です。一方、巻線部を収めるコイル容器(図 2)の製作では、巻線部との一体化作業や TF コイルのトカマク内への据え付け時の公差の観点から、全長 16.5 m のコイル容器に対して約 2 mm の製作精度が要求されています。このような高精度での製作を達成するため、実規模での試作を実施して溶接条件や製作方法を確立しました。これに基づき、コイル容器の製作に着手し、第 1 号機のコイル容器について、4 分割されたコイル容器の溶接開先の精度を確認するための仮組試験等の最終検査に合格し、2017 年 12 月に製作を完了しました(図 4)。さらに、量研機構は 49 本全ての CS 導体の調達責任を有しています。2009 年 12 月に CS 導体の製作に着手し、短尺導体を用いた性能評価試験を実施して ITER の要求性能を満足することを確認した後に CS 導体の量産を進め、2017 年 9 月に最後の CS 導体の製作を完了しました。このように、最長 918 m の CIC 導体を 49 本も量産したことは世界的にも前例がなく、ITER 計画だけでなく大型超伝導コイルの研究開発においても大きな成果といえます。



図 4. 製作を完了したコイル容器第 1 号機

5. 連絡先・ホームページアドレスなど

〒311-0193 茨城県那珂市向山 801-1 那珂核融合研究所
量子科学技術研究開発機構 ITER プロジェクト部 超伝導磁石グループ
小泉 徳潔
TEL 029-270-7540
<http://www.fusion.qst.go.jp/>