

---

**自然科学研究機構 核融合科学研究所**  
**「核融合工学研究プロジェクト」超伝導マグネット & 低温・電源タスク**  
**Superconducting Magnet Task and Cryogenics /**  
**Power Supply Task, Fusion Engineering Research Project,**  
**National Institute for Fusion Science, National Institutes of Natural Sciences**

---

(1) 研究グループのスタッフ

【超伝導マグネットタスク】三戸利行、今川信作、高畑一也、柳 長門、田村 仁、菱沼良光、尾花哲浩

【低温・電源タスク】岩本晃史、山田修一、力石浩孝、濱口真司、高田 卓

(2) 研究グループの簡単な紹介

核融合科学研究所(NIFS)では、2010年より「核融合工学研究プロジェクト」が立ち上がり、ヘリカル型核融合炉FFHRの実現をめざした設計と各コンポーネントの技術開発を鋭意進めています。このプロジェクトには13のタスクがあり、その中に「超伝導マグネットタスク」と「低温・電源タスク」があります。この二つのタスクが緊密に協力することで、FFHRの超伝導マグネット、および、低温システム・電源システムの設計とR&Dに取り組んでいます。両タスクのスタッフは、NIFSにおいて本プロジェクトと並行して遂行されている「大型ヘリカル装置(LHD)計画プロジェクト」の超伝導・低温グループが兼任しています。当研究グループは、1989年にNIFSが発足した当時に組織されてから26年となり、この間、LHDの超伝導マグネット、および、低温システム・電源システムの開発、設計、建設、運転、維持、アップグレードを担当してきました。併せて、大学共同利用機関として、超伝導応用・低温工学に関する数多くの共同研究も行ってきました。当研究グループには、総合研究大学院大学の大学院生やCOE研究員も在籍しています。また、LHDの運転・保守をはじめとして、NIFS技術部制御技術課のメンバーによる技術協力も受けながら研究を遂行しています。さらに、当グループからは、ITER機構、および、日本原子力研究開発機構においてITER、および、JT-60SAのマグネットや低温システムの研究開発と製作に活躍している研究者を多数輩出しています。

(3) 特徴ある装置

当研究グループが主に研究活動を行っているNIFSの「超伝導マグネット研究棟」(図1)は、LHDの超伝導マグネットと低温・電源システムの開発のために1990年に岐阜県土岐市にあるNIFSのキャンパス内で最初に作られた建物(当初は「低温実験棟」の名称)です。ここでは、主に、核融合炉用マグネットを対象とした大型超伝導導体やコイル、および、低温・電源システムの開発研究を目的として以下の装置群を備えています。

- ・ ヘリウム液化冷凍機  
液化能力 250 L/h、冷凍能力 600 W@4.5 K  
1990年より稼働、2014年:コールドボックス、主圧縮機、制御系を更新、温度可変(4-50 K)ヘリウム供給可能  
2015年4月より再稼働
- ・ 大型導体試験装置(図2左)  
9 Tスプリットコイル、サンプル電流 75 kA  
1990年より稼働、数多くの大型導体試験を実施
- ・ 大口径高磁場導体試験装置(図2中)  
13 Tソレノイドコイル(口径700 mm)、サンプル電流 50 kA、温度可変(4-50 K)  
2015年4月現在、稼働のための準備中
- ・ 強制冷却導体試験装置(図2右)  
超臨界ヘリウム強制冷却コイル試験用の真空容器、30 kA電流リード
- ・ 剛性試験装置  
極低温環境下で最大 500 tonまでの機械試験を行うことが可能
- ・ 中型導体試験装置  
8 T スプリットコイル、サンプル電流 30 kA

- その他の各種装置

小型導体試験装置(9 T & 14 T, 30 kA)、超流動ヘリウム試験装置(1.8 K)、伝導冷却コイル開発用大型試験装置、ヒートパイプ冷却試験装置、熱伝導率測定装置、ガラスデューワー、低放射化線材( $V_3Ga$ ,  $MgB_2$ )開発用装置(総合工学実験棟)など

- 大電流直流電源

75 kA, 30 kA, 6 kA, 2.4 kA, 1 kA

#### (4) これまでの成果、最近のトピックス

上述のように、当研究グループは、LHDの超伝導マグネットシステム、低温・電源システムの開発から研究をスタートし、1990年代前半にヘリカルコイル用浸漬冷却方式アルミニウム安定化 NbTi 導体、および、トロイダルコイル用強制冷却方式ケーブルインコンジット(CIC)型 NbTi 導体の開発を完了させ、1998年にLHDを完成させました。その後は、LHDの安定な運転とアップグレードに努め、特に低温システムは18年間の平均稼働率として99%を達成しています。現在はこれらの実績をもとに、将来のヘリカル型核融合炉 FFHR の巨大マグネットに用いるための大電流導体の開発研究や先進/高信頼の低温・電源システムの開発研究を進めています。導体については、NIFS オリジナルとして、低温超伝導線材を用いた間接冷却方式の100 kA級導体、および、高温超伝導線材を用いた100 kA級導体を開発しています。前者については、 $Nb_3Sn$  線材をITERに使われているものより高電流化・高強度化するとともに、リアクト&ワインド方式で巻線のできる間接冷却導体の開発に挑戦しています。また、後者については、ガス冷却方式のREBCO線材単純積層型 STARS 導体を提案し、プロトタイプ試験の結果、100 kAの大電流を1時間に渡って安定に流すことにも成功しました。これは、東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻との共同研究により進めているものです。一方、ヘリカル型核融合炉用の導体開発と並行してトカマク型の国際熱核融合実験炉 ITER、および、「幅広いアプローチ」(Broader Approach; BA)で建設されているJT-60SA装置への研究協力も行っており、これを通じてCIC導体技術のさらなる向上を図っています。具体的には、ITERのトロイダル磁場コイル用導体(定格電流68 kA)の接続部試験やJT-60SAの中心ソレノイドコイル用導体(定格電流20 kA)と平衡磁場コイル用導体(定格電流20 kA)の臨界電流測定、安定性試験、接続部試験などを行っています。特に、JT-60SAへの協力については、今後、中心ソレノイドコイル実機の1モジュールについてNIFSの強制冷却導体試験装置を用いて大規模な試験を行うことを計画しています。



図1 NIFS超伝導マグネット研究棟の主実験室

(5) 連絡先、ホームページアドレス等

〒509-5229 岐阜県土岐市下石町322-6

自然科学研究機構 核融合科学研究所

ヘリカル研究部 装置工学・応用物理研究系

柳 長門(文責)

e-mail: yanagi@LHD.nifs.ac.jp

URL: <http://www.nifs.ac.jp/>

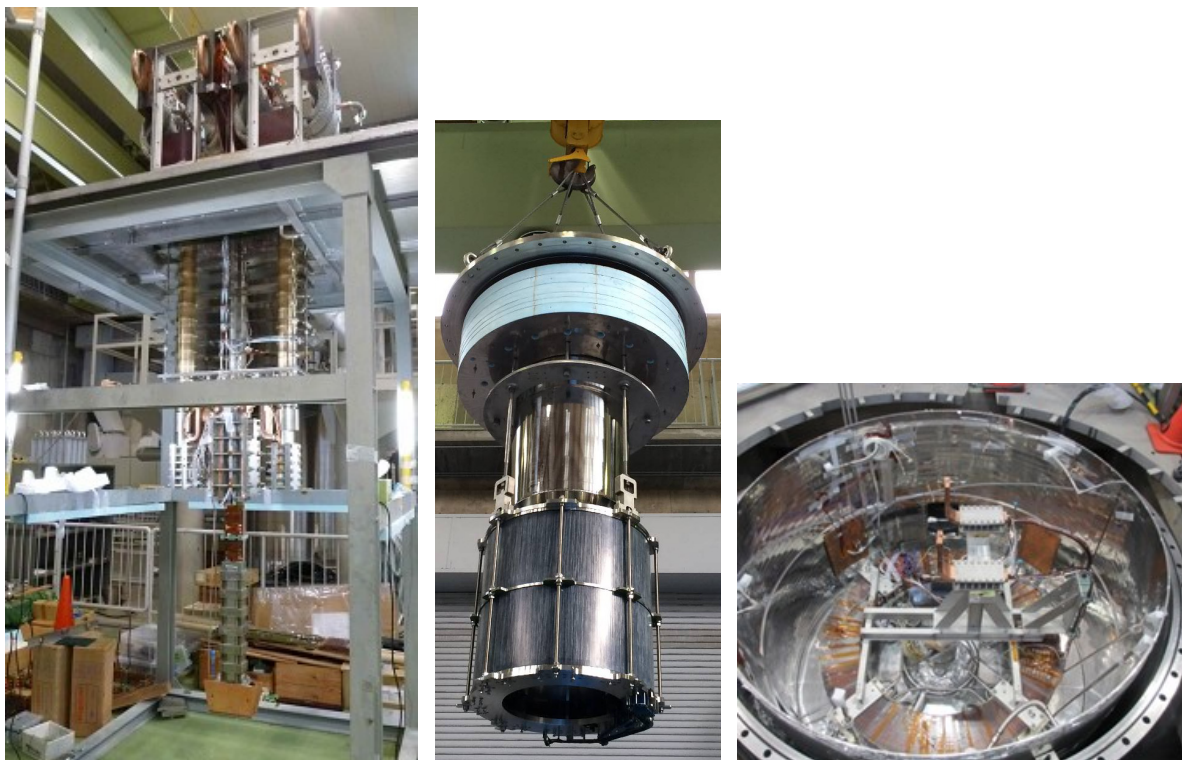


図2 NIFS超伝導マグネット研究棟の代表的な試験装置 左：大型導体試験装置（写真は100 kA電流リードと大型導体サンプル）、中：大口径高磁場導体試験装置（写真は13 Tソレノイドコイル）、右：強制冷却導体試験装置（写真はJT-60SA中心ソレノイドコイルの開発用モデルコイル）