

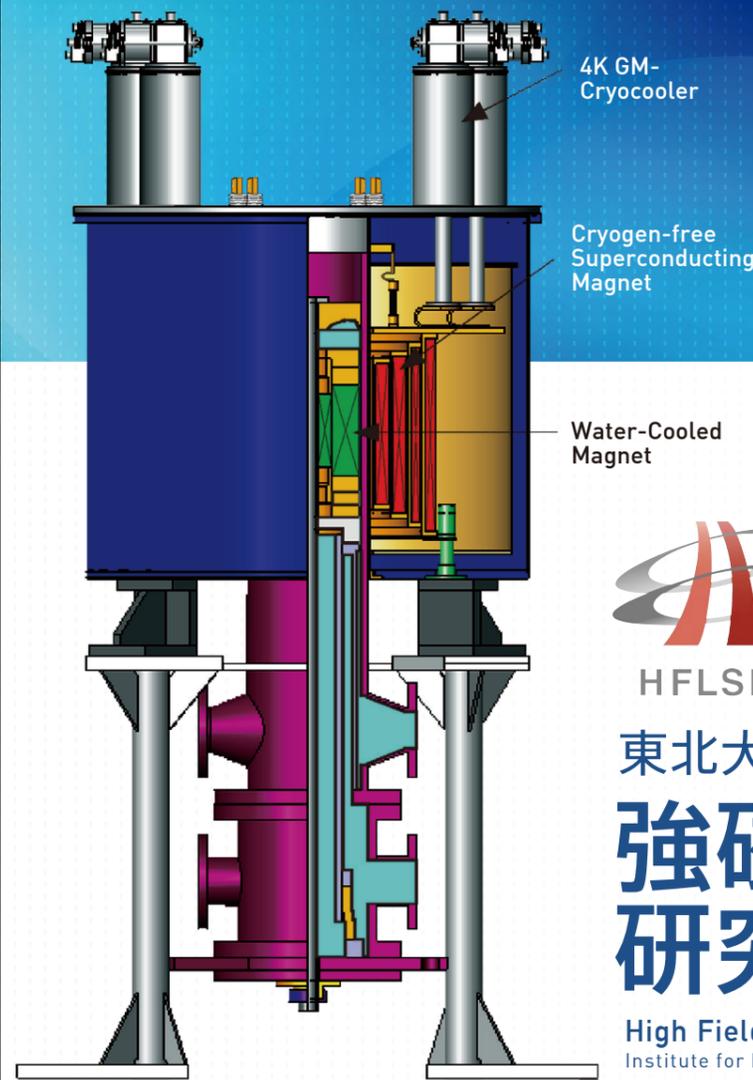


東北大学金属材料研究所
**強磁場超伝導材料
 研究センター**

〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目1番1号
 TEL. 022-215-2147 FAX. 022-215-2149
 E-mail. hflsm-imr@grp.tohoku.ac.jp
<http://www.hflsm.imr.tohoku.ac.jp/>

交通アクセス

- ▶ 仙台空港から仙台駅まで電車で約25分
- ▶ 仙台駅 (JR) 西口より徒歩約15分
- ▶ 青葉通一番町駅 (仙台市地下鉄東西線) 南1口より徒歩約10分



HFLSM

東北大学金属材料研究所
**強磁場超伝導材料
 研究センター**

High Field Laboratory for Superconducting Materials
 Institute for Materials Research, Tohoku University



HFLSM





High Field Laboratory for Superconducting Materials

強磁場超伝導材料研究センターは、物質・材料研究の世界的拠点である金属材料研究所の附属施設として、磁性体、超伝導体をはじめとした革新的な物質・材料の基礎ならびに応用研究の拠点として活動しています。その中心的な設備として、世界的にも6カ所にしかないハイブリッドマグネットと世界的にもユニークな無冷媒超伝導マグネットおよび超伝導マグネット群と強磁場環境下で物質・材料研究を行うための様々な実験装置を備え、大学共同利用を中心として、内外のユーザーの共同利用に供しています。

センターの前身である超伝導材料開発施設は、核融合炉開発研究の一翼を担う研究施設として金属材料研究所に1981年度に開設されました。強磁場施設の中心を担うハイブリッドマグネットは、外側の超伝導マグネットと内側の常伝導マグネットとを組み合わせ、それぞれのマグネット単独では発生できない非常に強い磁場を発生する装置です。超伝導部分の蓄積エネルギーは約20 MJ(メガ・ジュール)、水冷磁石部分の消費電力は8 MWです。このハイブリッドマグネットは1986年には31.1 T(テスラ)という当時の世界最高の定常磁場を記録しました。さらに2005年には世界に先駆けて28 Tの無冷媒ハイブリッドマグネットの運転に成功しました。

本センターでは、運転時間に制約のない高品質の定常強磁場発生装置として、世界的に見てもユニークな無冷媒超伝導マグネットの開発にも長年取り組んでおり、2004年には18 T無冷媒超伝導マグネット(その後20 Tへ改造)、2015年には25 Tの無冷媒超伝導マグネットの開発に成功しています。

沿革

- 1916 東北帝国大学臨時理化学研究所第2部発足
- 1922 金属材料研究所設置
- 1939 カピッツア型パルスマグネット設置(5 msのパルス磁場27.3 T)
- 1959 ビッター型マグネット設置(旧強磁場室)(電力3.5 MW、冷却水量60 m³/h、磁場10 T)
- 1972 道川爆縮極強磁場実験所設置(磁束濃縮によるパルス磁場100 T)
- 1977 ビッター型マグネット用冷却水システム改良(流量130 m³/h、磁場12.5 T)
- 1981 **超伝導材料開発施設設置(第1世代)**
- 1982 16.5 T超伝導マグネット設置
水冷マグネット用電源及び冷却システム設置(電力8 MW、冷却水量350 m³/h)
- 1983 ハイブリッドマグネット20T-HM完成(磁場20.5 T)
- 1984 ハイブリッドマグネット23T-HM完成(磁場23.2 T)
- 1986 ハイブリッドマグネット31T-HM完成(磁場31.1 T)



31T-HM



4T-CSM



15T-CSM

- 1987 金属材料研究所を全国共同利用研究所に改組、英文名称を Institute for Materials Research へ
- 1991 **強磁場超伝導材料研究センターへ改組(第2世代)**
- 1992 世界初の無冷媒超伝導マグネットの実用化に成功(磁場4 T)
- 1998 15 T無冷媒超伝導マグネットの開発に成功
- 2001 **強磁場超伝導材料研究センター改組(第3世代)**
- 2003 世界初の無冷媒ハイブリッドマグネットの開発に成功(磁場22.7 T)
- 2004 18 T無冷媒超伝導マグネットの開発に成功(2012 20 Tへ改造)
- 2005 28 T無冷媒ハイブリッドマグネットの開発に成功(磁場27.5 T)
- 2011 ハイブリッド電源の更新、100 ppmの高精度化を達成
- 2016 25 T無冷媒超伝導マグネット導入、24.6 Tの世界記録を達成
- 2020 25T無冷媒超伝導マグネット、25.1 Tの世界記録更新
- 2022 25 T無冷媒超伝導マグネット運転日数が1000日に到達
- 2025 ハイブリッドマグネット運転終了



20T-CSM



28T-CSM

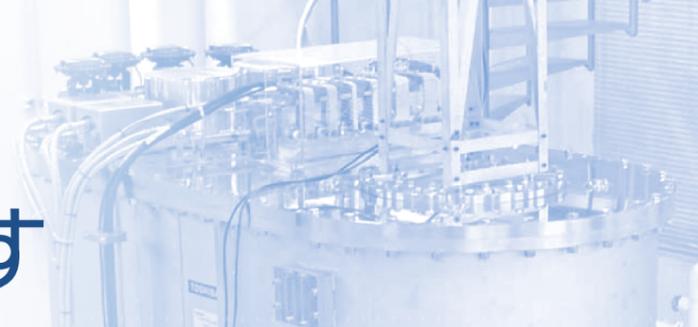


25T-CSM



強磁場超伝導材料研究センターは 世界最先端の強磁場利用

研究を推進します

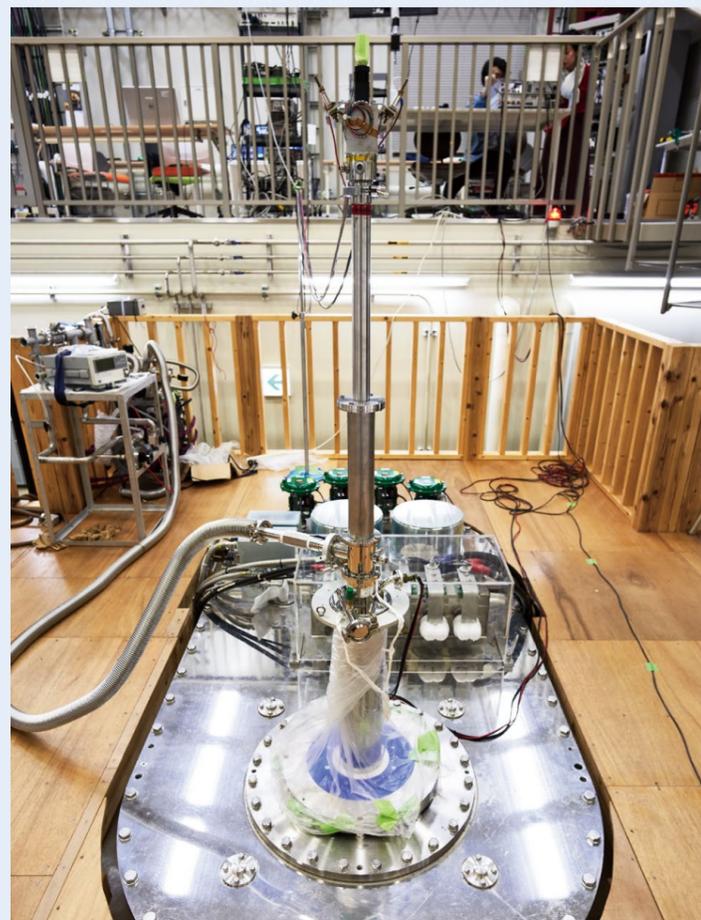


強磁場超伝導材料研究センターの研究

最近の研究成果から

1 強磁場を利用した材料科学

無冷媒超伝導マグネットによって可能になった、安定で長時間利用可能な強磁場環境を利用して、磁場配向、磁気浮上、磁場中熱処理をはじめとする強磁場を利用した新しい材料プロセスの開発とそれを利用した新規材料創製の研究を行っています。



2 極限環境を用いた新物理現象発見

強磁場は物質の新しいかたちを引き出す強力な外部環境です。ハイブリッドマグネットや25 T無冷媒超伝導マグネットによる高品質の強磁場環境を、20 mKの極低温、2.5 GPaの高圧環境、あるいは1200 °Cの高温と組み合わせることで、世界屈指の多重極限環境を実現し、新しい物理現象の発見を目指します。

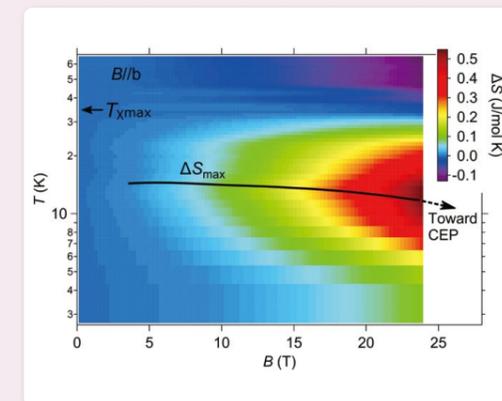
3 強磁場発生技術の開拓

当センターは、独自開発した高強度超伝導線材と無冷媒超伝導マグネット技術により無冷媒ハイブリッドマグネットや25 T無冷媒超伝導マグネットの開発に世界で初めて成功しました。これらの技術をさらに発展させ30 T級の超伝導マグネットの開発とハイブリッドマグネットの強磁場化に向けた技術開発を進めています。

1 強磁場下における非従来型超伝導の研究

非従来型超伝導体 UTe_2 の磁場温度相図を25テスラ無冷媒型超伝導磁石を用いた精密な測定から明らかにしました。 b 軸方向に強磁場を印加した場合、臨界終点(CEP)に向かってエントロピーの増大が見られ、量子臨界メタ磁性揺らぎが超伝導を増強することを示唆しています。強磁場センターでは、極めて低ノイズかつ長時間の安定運転が可能な強磁場マグネットとさまざまな先端測定プローブを組み合わせ、世界的に最も優れた強磁場実験環境を提供しています。

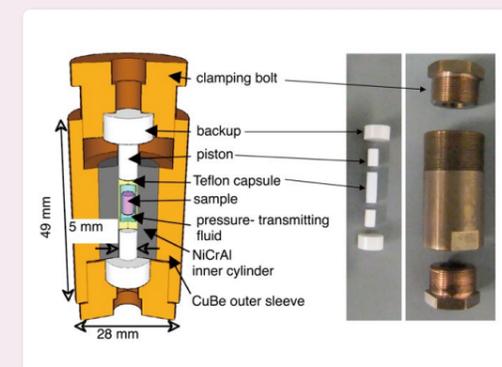
H. Sakai et al., Phys. Rev. Lett. **130** (2023) 196002.
Y. Tokiwa et al., Phys. Rev. B **109** (2024) L140502.



2 2.5 GPa-25 T 高圧強磁場 ESR 測定による新奇なシングレット状態の検証

神戸大グループによって開発されたピストンに電磁波を透過するジルコニアを用いた特別な高圧セルと25テスラ無冷媒超伝導磁石を組み合わせることにより、最高2.5 GPaにおいて強磁場高圧ESR測定を行うことが可能になりました。最初の応用例として直交スピンドイマー系 $SrCu_2(BO_3)_2$ が取り上げられ、その圧力誘起による量子相転移の検証に成功しました。

T. Sakurai et al., J. Magn. Reson. **296** (2018) 1.
K. Y. Povanov et al., Nat. commun. **15** (2024) 2295.



3 無冷媒型超伝導磁石の開発

我々は独自の開発技術によって、無冷媒型超伝導磁石の52mm室温ボアにおいて25.1 Tの磁場発生に成功しました。高強度 $Bi2223$ 高温超伝導線材からなる内層コイルと Cu/Nd ラザフォード線材による中層コイルおよび、 $NbTi$ 製外層コイルを組み合わせたこの磁石は、実験ユーザーのため高品質、超安定な強磁場を長時間に渉って発生可能です。

さらに40テスラ級の無冷媒型超伝導磁石の開発に向けた33テスラ無冷媒型超伝導磁石の設置が文部科学省の2020年ロードマップによって支持され、2024年には高温超伝導インサートを除くシステムの設置が完了しました。

K. Takahashi et al., IEEE Transactions on Applied Superconductivity **34** (2024) 4601905.
S. Awaji et al., IEEE Transactions on Applied Superconductivity **35** (2025) 4300406.



強磁場超伝導材料研究センターの共同利用

(2010-2025年度)

民間企業との共同研究

14企業

- 住友重機械工業(株)
- 古河電気工業(株)
- (株)東芝
- 中部電力(株)
- (株)ケーヒン
- (株)フジクラ
- (公財)鉄道総合技術研究所
- 大同特殊鋼(株)
- 日本製鉄(株)
- Faraday Factory Japan (LLC)
- SWCC co. Ltd.
- SuNAM co. Ltd.
- Shanghai Superconductor Technology co. Ltd.

国立研究開発法人 研究所等

8研究所

- (共)核融合科学研究所
- (共)高エネルギー加速器研究機構
- (国研)宇宙航空研究開発機構
- (国研)産業技術総合研究所
- (国研)日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センター
- (国研)物質・材料研究機構
- (国研)理化学研究所
- (国研)分子科学研究所

外国研究機関との共同研究

14研究機関

- Institute of Metallurgy and Materials Science, RAS
- Max Planck Institute for Solid State Physics
- 安東大学
- 中国科学院電工研究所
- 国立台湾師範大学
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf
- Durham University
- Massachusetts Institute of Technology
- Universitas Indonesia
- The University of Manchester
- 増田大学校
- 中央大学校 (他2機関)

他大学

57大学

- 弘前大学
- 北海道大学
- 岩手大学
- 上智大学
- 鹿児島大学
- 福島県立医科大学
- 東海大学
- 京都大学
- 九州大学
- 名古屋大学
- 日本大学
- 龍谷大学
- 慶應義塾大学
- 静岡理科大学
- 首都大学
- 徳島大学
- 東京大学
- 東北学院大学
- (他39大学)

強磁場超伝導材料研究センター

定常強磁場の共同利用研究

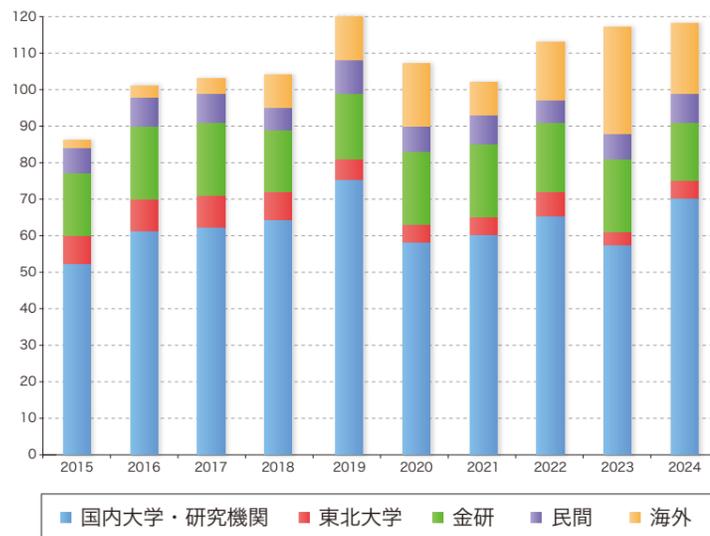
東北大学

5部局

- 理学研究科
- 工学研究科
- 材料科学高等研究機構
- 極低温科学センター
- 金属材料研究所

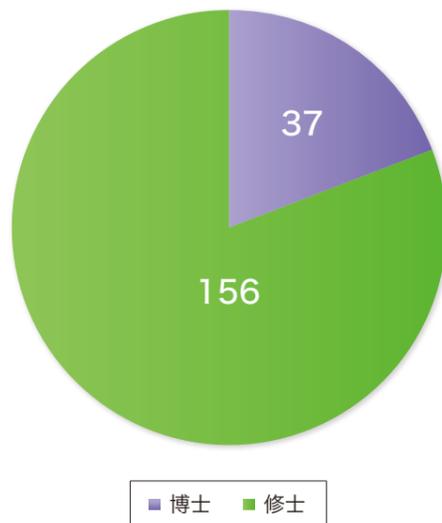
共同利用研究課題の採択件数

(2015-2024年度)



学位取得件数

(2015-2024年度)



強磁場超伝導材料研究センターのマグネットと実験設備

マグネット	20T-SM	18T-SM	15T-SM	25T-CSM	15T-CSM	10T-CSM	11T-CSM	8T-CSM	6T-CSM	5T-CSSM
有効口径(mm)	52	52	52	52	52	100	52	220	220	52×10
常用磁場(T)	20	18	15	25	15	10	11	8	6	5
装置										
磁気浮上				●						
熱処理(1200°C)				●	●	●				
X線回折										●
比熱	●	●	●	●						
熱伝導		●	●							
示差熱分析				●	●	●				
極低温	³ He冷凍機	●	●	●	●					
	希釈冷凍機	●								
超音波			●	●						
輸送特性	抵抗	●	●	●	●					
	二軸回転	●	●	●	●	●				
臨界電流	●	●	●	●				●		
電気化学				●	●			●	●	
分光(近赤外-紫外)		●	●	●						
NMR	●			●	●	●				
ESR	●	●	●	●	●	●				
誘電率	●	●	●	●						
磁化	試料振動法				●	●				
	引き抜き法	●	●							
	交流法			●	●	●	●			
磁化(高温)	試料振動法				●	●	●	●		

最近のプレス・リリースとニュース

世界最高の超伝導臨界電流密度を有する薄膜線材を創製 -液体ヘリウム沸点温度(-269°C)で150 MA/cm²を達成-

<https://www.imr.tohoku.ac.jp/ja/news/results/detail---id-1467.html>

文献: M. Miura et al., NPG Asia Materials **14** (2022) 85.

新・超伝導状態: ウラン系超伝導体の超純良単結晶で発見 -磁場によって性格を変える超伝導-

<https://www.imr.tohoku.ac.jp/ja/news/results/detail---id-1514.html>

文献: H. Sakai et al., Physical Review Letters **130** (2023) 196002.

かごめ格子のスピエンタングルメントによって安定化する1/9磁化プラトー

<https://www.nature.com/articles/s41567-023-02318-7>

文献: S. Jeon et al., Nature Physics **20** (2024) 435.