

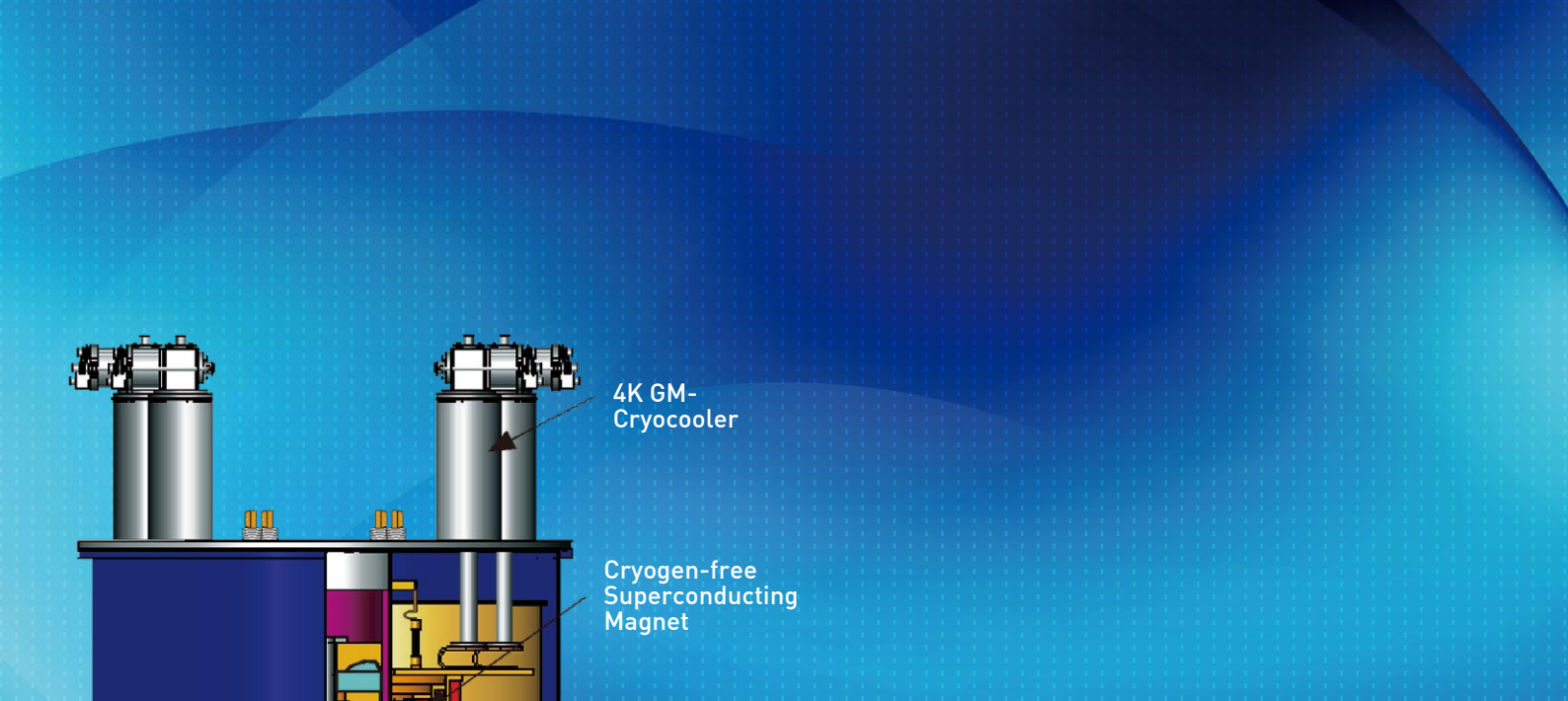


東北大学金属材料研究所
**強磁場超伝導材料
研究センター**

〒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.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



4K GM-
Cryocooler

Cryogen-free
Superconducting
Magnet

Water-Cooled
Magnet



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)



31T-HM



4T-CSM



15T-CSM

- 1986 ハイブリッドマグネット31T-HM完成(磁場31.1 T)
- 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
- 2019 25 T無冷媒超伝導マグネット運転日数が400日に到達



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

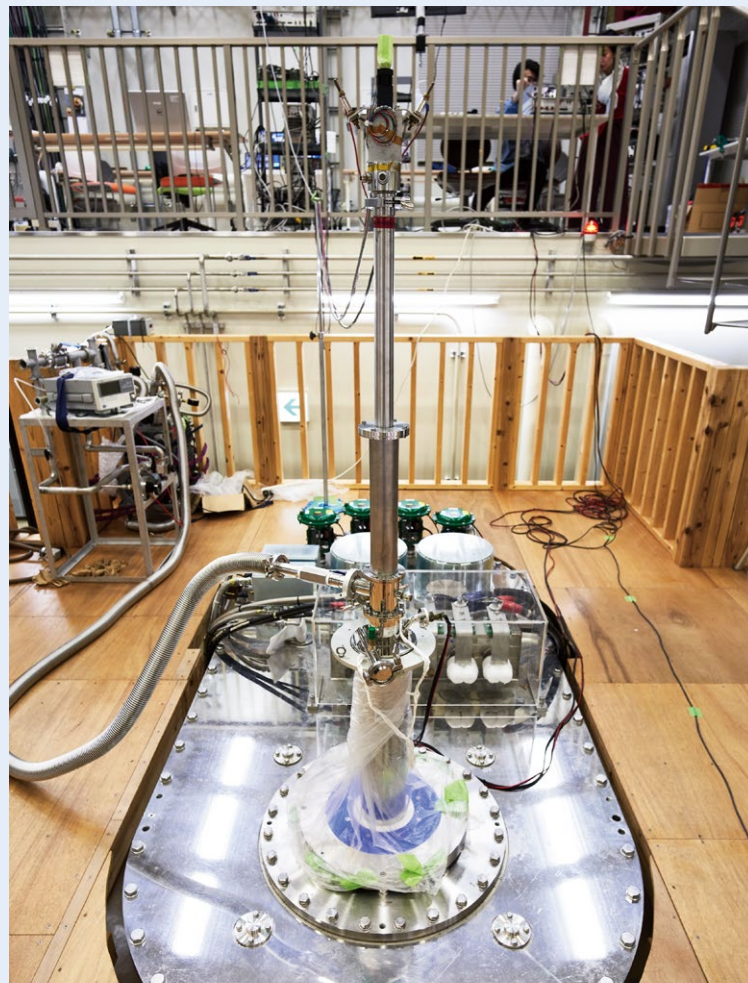
研究を推進します

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。

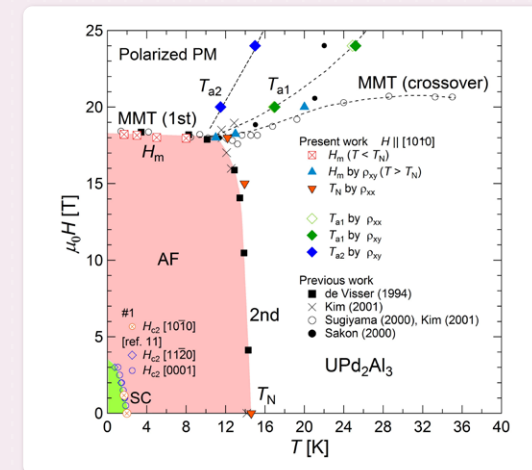
3 強磁場発生技術の 開拓

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 重い電子系反強磁性超伝導体 UPd_2Al_3 の 強磁場メタ磁性転移による Hall 抵抗の異常

重い電子系反強磁性超伝導体 UPd_2Al_3 のメタ磁性転移磁場18 T付近でのHall抵抗及び磁気抵抗測定から、11 K付近に磁気揺らぎが増強される三重臨界点を観測しました。さらに、高磁場で電子が重い有効質量を保ったまま、一次相転移のメタ磁性転移の周りでフェルミ面の変化を伴うクロスオーバーがあることをHall抵抗によって明らかにしました。

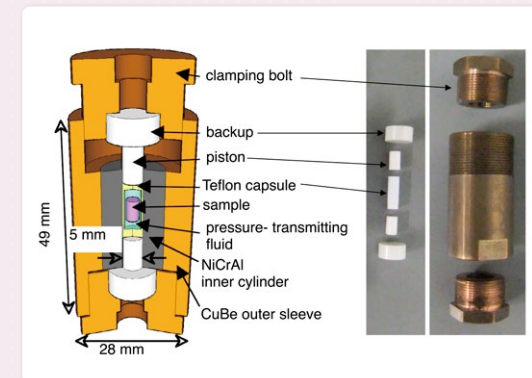
東北大学・金研：清水 悠晴 他



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 $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ 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。

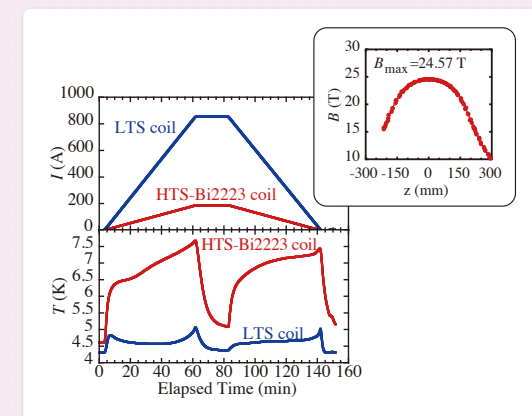
神戸大学・研究基盤センター：櫻井 敬博 他
T. Sakurai et al., J. Magn. Reson. **296** (2018) 1.



3 25 T 無冷媒超伝導マグネットの開発

無冷媒超伝導マグネットでは世界最高となる24.6 Tを52 mmの室温空間に発生することに成功しました。本マグネットは、高強度 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$ 高温超伝導内層コイル、高強度 $\text{CuNb}/\text{Nb}_3\text{Sn}$ ラザフォード中層コイル、 NbTi ラザフォード導体外層コイルからなり、冷凍機によって冷却されます。長時間の安定な強磁場を発生できる特徴があります。

東北大学・金研：淡路 智 他
S. Awaji et al., Supercond. Sci. Techn. **30** (2017) 065001.



強磁場超伝導材料研究センターの共同利用

(2009－2019年度)

民間企業との共同研究

12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
- 日立電線(株)
- (公財)鉄道総合技術研究所
- (公財)国際超電導産業技術研究センター
- 大同特殊鋼(株)
- 新日鐵住金(株)
- SuperOx Japan LLC

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

12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

他大学

56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38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

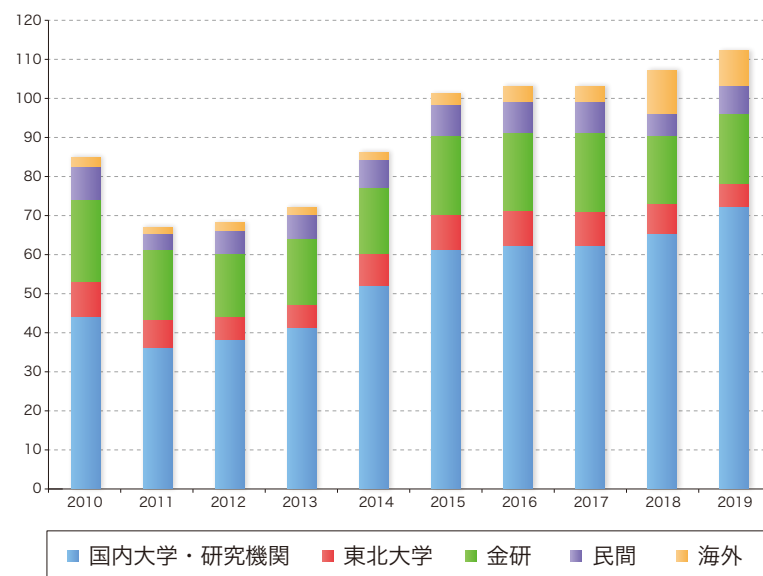
東北大学

5部局

- 理学研究科
- 工学研究科
- 原子分子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

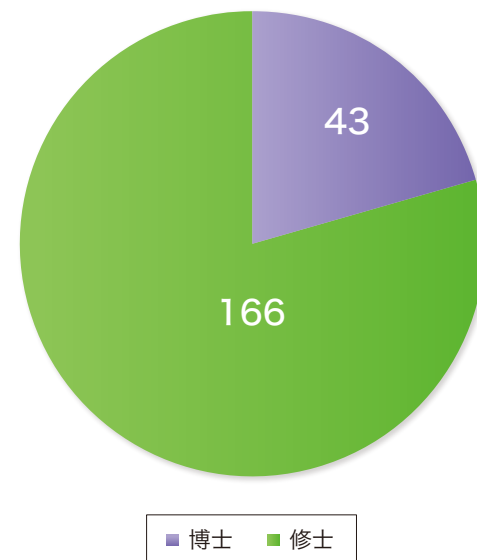
共同利用研究課題の採択件数

(2010－2019年度)



学位取得件数

(2008－2018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	31T-HM	28T-HM	28T-CHM	25T-CHM	20T-SM	18T-SM	15T-SM	25T-CSM	20T-CSM	15T-CSM	10T-CSM	11T-CSM	8T-CSM	6T-CSM	5T-CSSM
有効口径(mm)	32	52	32	52	52	52	52	52	52	52	100	52	220	220	52×10
常用磁場(T)	30	27	27	24	20	18	15	25	20	15	10	11	8	6	5
装 置															
磁気浮上		●		●				●							
熱処理(1200℃)		●		●				●	●	●	●				
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

球状カゴメ物質の特徴的な低エネルギー励起が明らかに —幾何学的フラストレーションが作る非自明な量子状態の解明—

<http://www.imr.tohoku.ac.jp/ja/news/results/detail---id-1094.html>

文献: T. Kihara et al., Physical Review B **99** (2019) 064430.

磁気のない金属からナノ薄膜磁石を作ること成功 —超高集積不揮発性磁気メモリを実現するための材料開発に新しい視点—

http://www.tohoku.ac.jp/japanese/press_181205_05_mizukami_web.pdf

文献: K. Suzuki et al., ACS Applied Materials and Interface **10** (2018) 43305.

磁気構造のトポロジーを用いた熱から電気への高効率変換技術 —固体中の磁気モノポールのゆらぎが生み出す巨大熱電効果—

http://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressimg/tohokuuniv-press20180129_01web.pdf

文献: Y. Fujishiro et al., Nature Communications **9** (2018) 408.