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

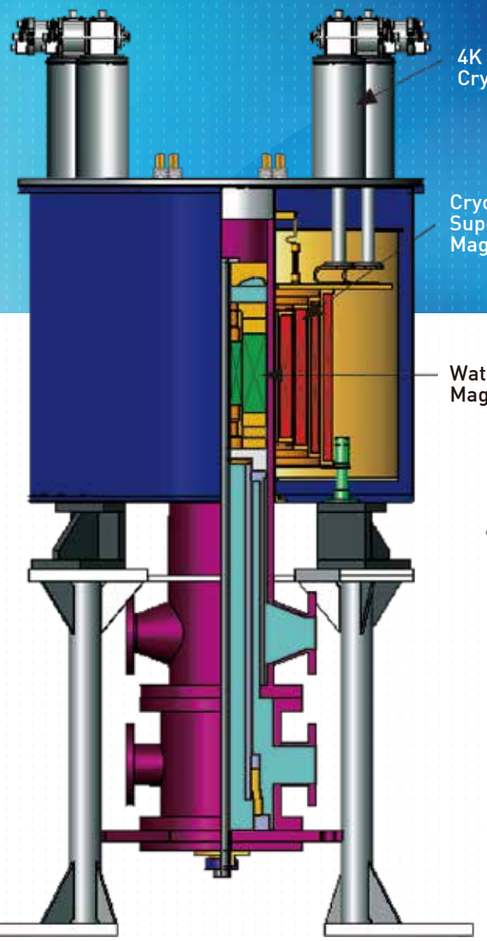
〒980-8577 仙台市青葉区片平二丁目1番1号
TEL. 022-215-2147 FAX. 022-215-2149
E-mail. hflsm@imr.tohoku.ac.jp
http://www.hflsm.imr.tohoku.ac.jp/

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

このパンフレットは環境に配慮した「水なし印刷」により印刷しております。

環境にやさしい植物油インキ「VEGETABLE OIL INK」で印刷しております。



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

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	**超電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(HM-3)完成(磁場20.5 T)
1984	ハイブリッドマグネット(HM-2)完成(磁場23.2 T)

20T-CSM

28T-CHM

25T-CSM

31T-HM

4T-CSM

15T-CSM

1986	ハイブリッドマグネット(HM-1)完成(現 31T-HM) (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

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て、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。

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

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、15 GPaの高圧環境、あるいは1200 ℃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

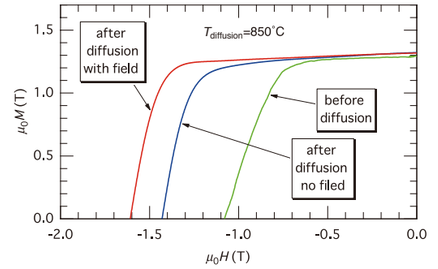
　当センターは、独自開発した高強度超伝導線材と無冷媒超伝導マグネット技術により無冷媒ハイブリッドマグネットや25 T無冷媒超伝導マグネットの開発に世界で初めて成功しました。これらの技術をさらに発展させ30 T級の超伝導マグネットの開発とハイブリッドマグネットの強磁場化に向けた技術開発を進めています。

最近の研究成果から

1 ネオジム系磁石の強勾配磁場中熱処理による保磁力向上

　山形大学のグループは、ネオジム系焼結マグネットに対し超伝導マグネットを利用した強勾配磁場中で粒界拡散熱処理を行い、保磁力が向上することを確認しました。これは、強磁場を用いる事でDyを深部の粒界まで拡散出来る事を意味し、新しい熱処理法として注目されています。

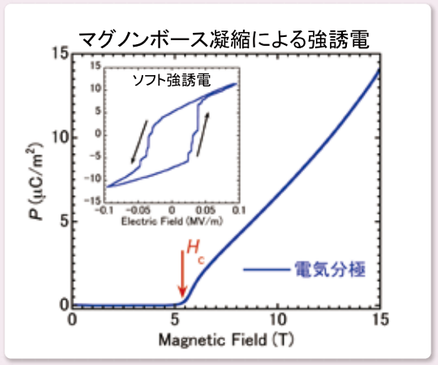
山形大・工：加藤 宏朗 他
H. Kato *et al.*, J. Jpn. Inst. Metals **76** (2012) 72.



2 磁気励起子のボース凝縮による磁場誘起強誘電

　量子ダイマー系において、磁場誘起のマグノンのボース・アインシュタイン（BE）凝縮により強誘電性が発生することを見出しました。この強誘電は、BE凝縮による対称性の変化と量子ダイマーが持つベクトルカイラリティによる普遍的な現象であり、今後の関連研究への波及が期待されています。

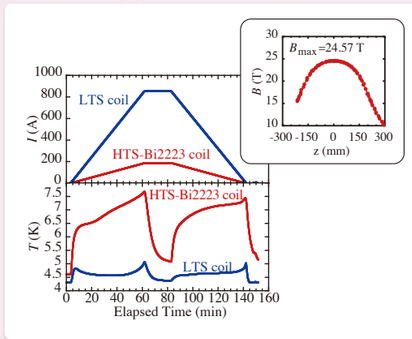
東北大学・金研：木村 尚次郎 他
S. Kimura *et al.*, Nat. Commun. **7** (2016) 128806.



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$Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_y$高温超伝導内層コイル、高強度CuNb/Nb_3Sn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. *submitted*.



強磁場超伝導材料研究センターの共同利用

（2009－2016年度）

民間企業との共同研究

9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

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
- 埼玉県産業技術総合センター

外国研究機関との共同研究

5研究機関

- Institute of Metallurgy and Materials Science, RAS
- Max Planck Institute for Solid State Physics
- 安東大學
- 中国科学院電工研究所
- 国立台湾師範大学

他大学

54大学

- 弘前大学
- 北海道大学
- 岩手大学
- 上智大学
- 鹿児島大学
- 京都大学
- 九州大学
- 名古屋大学
- 日本大学
- 龍谷大学
- 静岡理工科大学
- 首都大学
- 徳島大学
- 東京大学

(他40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

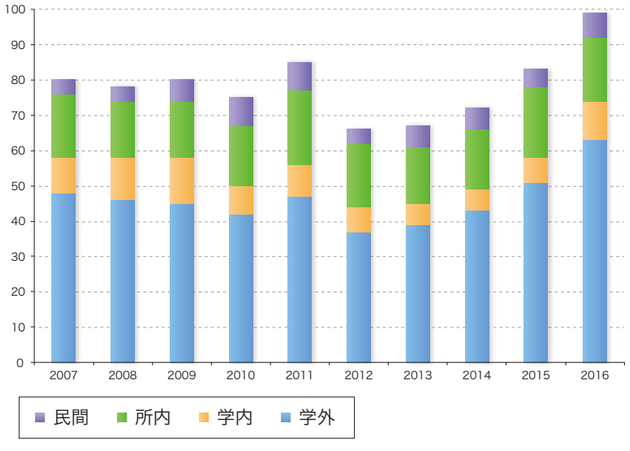
東北大学

7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
- 多元物質研究所
- 極低温科学センター
- 未来科学技術共同研究センター
- 金属材料研究所

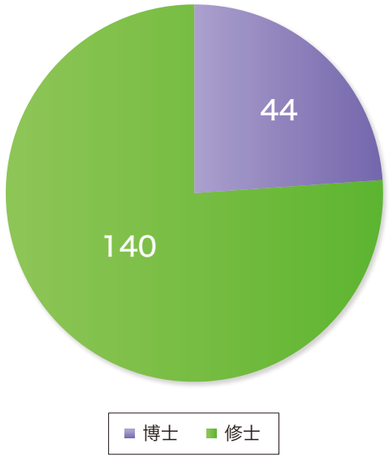
共同利用研究課題の採択件数

（2007－2016年度）



学位取得件数

（2006－2015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	24	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		●		●	●	●	●								
極低温	希釈冷凍機			●	●	●										
超音波				●	●											
輸送特性	抵　抗		●		●	●	●	●	●							
輸送特性	ホール効果		●		●	●	●		●							
臨界電流		●	●	●	●	●	●	●	●	●				●		
電気化学									●	●	●			●	●	
分光(近赤外-紫外)		●	●	●	●		●	●								
NMR		●	●	●	●	●			●	●						
ESR						●	●	●								
磁化	試料振動法	●	●	●	●				●	●	●					
磁化	引き抜き法		●			●	●									
磁化	交　流　法		●		●			●			●	●				
磁化(高温)	試料振動法								●	●	●	●	●			

最近のプレス・リリースから

質量ゼロのディラック電子の流れを制御できる新しい磁石を発見 －超高速スピントロニクス応用への新機軸－

http://www.imr.tohoku.ac.jp/ja/info/results/2016/0127.pdf

文献：H. Masuda et *al.*, Science Advances **2** (2016) e150117.

希土類系高温超伝導線材の結晶軸を揃えて発現機構にせまる！ －超伝導転移温度が最大となる最適結晶構造を予測－

http://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressimg/tohokuuniv-press_20150624_03web.pdf

文献：S. Awaji *et al.*, Scientific Reports **5** (2015) 11156.

鉄原子42個からなるカゴ状磁性分子の合成に成功 －巨大分子磁石の世界記録を樹立－

http://www.tohoku.ac.jp/japanese/newimg/pressimg/tohokuuniv-press20141225_02web.pdf

文献：Y. Shiota *et al.*, Nature Communications **6** (2015) 5955.