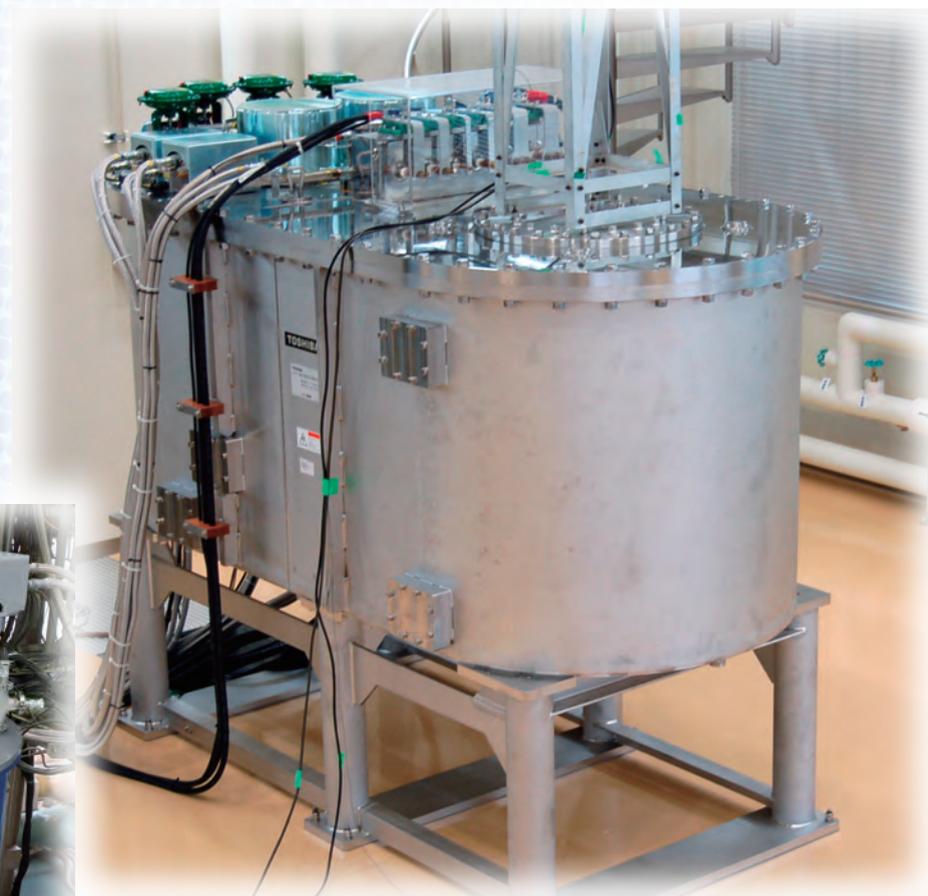


Selected Topics in 2023 Research Highlight at HFLSM



28T-CHM



25T-CSM



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

< FRONT COVER EXPOSITION >

**Cryogen-Free 28 T Hybrid Magnet and
25 T Cryogen-Free Superconducting Magnet**

The world's first 28 T cryogen-free hybrid magnet developed by the HFLSM. The inner double Bitter type water-cooled resistive magnet generates 19.0 T in a room temperature experimental bore of 32 mm with the electric power of 7.2 MW. The outer cryogen-free superconducting magnet generates 9.0 T in a 360 mm room temperature bore. The cryogen-free superconducting magnet generates 25.1 T in 52 mm room temperature bore by the combination of metallic and high- T_c superconductors.

◆◆◆ Preface ◆◆◆

This booklet reports the highlights of researches and the new improvements during FY2023 conducted at HFLSM: High Field Laboratory for Superconducting Materials at Sendai. HFLSM has been developed numbers of new magnet technologies including cryogen-free hybrid magnet and cryogen-free superconducting magnets beyond 20 T. The unique 25 T cryogen-free superconducting magnet (25T-CSM) has been operational for user program and has attracted many users. The 25T-CSM is back to normal operation in March 2024, although it had a cold leak in the cryostat. In addition, the 33T-CSM system without a 19T HTS insert was installed in the main building in March 2024. The 33T-CSM will be opened in 2027 in combination with the 19T HTS insert, which is under construction.

We hope that the booklet helps you to see the overview of our activities and stimulate future research collaborations with domestic and overseas users in HFLSM and in the High Magnetic Field Co-laboratory of Japan.

12 December 2024

Satoshi Awaji

Director of HFLSM

Selected Topics in 2023 – Research Highlight at HFLSM

- Progress of 33T Cryogen-free Superconducting Magnet 1
S. Awaji¹, A. Badel², Y. Takewa³, M. Sugimoto⁴, M. Daibo⁵ *et al.*
¹IMR, Tohoku Univ., ²CNRS, ³Toshiba Energy Systems, ⁴Furukawa Electric, ⁵Fujikura
- Excess Heat Production of the Pair Annihilation of Ionic Vacancies in a Copper Redox Reaction using a Double Bipolar MHD Electrode 2
M. Miura¹, A. Sugiyama², Y. Oshikiri³, R. Morimoto⁴, I. Mogi⁵, M. Miura⁶, Y. Yamauchi⁷ and R. Aogaki⁸
¹Tohoku Polytechnic College, ²Yoshino Denka Kogyo, Inc., ³Yamagata College of Industry and Technology, ⁴SAITEC, ⁵IMR, Tohoku Univ., ⁶Polytechnic Center Kimitsu, ⁷Nagoya Univ., ⁸Polytechnic Univ.
- Combination of Thermodynamic and Pinning Optimization Routes for Enhancing the Critical Current Density 3
M. Miura^{1,2,3}, S. Eley⁴, K. Iida⁵, K. Hanzawa⁶, J. Matsumoto⁶, H. Hiramatsu^{6,7}, Y. Ogimoto¹, T. Suzuki¹, T. Kobayashi⁸, T. Ozaki⁹, H. Kurokawa¹⁰, N. Sekiya¹¹, R. Yoshida¹², T. Kato¹², T. Okada¹³, H. Okazaki¹⁴, T. Yamaki¹⁴, J. Hänisch¹⁵, S. Awaji¹³, A. Maeda⁸, B. Maiorov² and H. Hosono^{7,16}
¹Seikei Univ., ²Los Alamos National Lab., ³JST-FOREST, ⁴Univ. of Washington, ⁵Nihon Univ., ⁶MSL, Tokyo Institute of Tech., ⁷MDXES, Tokyo Institute of Tech., ⁸The Univ. of Tokyo, ⁹Kwansei Gakuin Univ., ¹⁰Yokohama National Univ., ¹¹Univ. of Yamanashi, ¹²NRL, JFCC, ¹³IMR, Tohoku Univ., ¹⁴QST, ¹⁵Karlsruhe Institute of Tech., ¹⁶NIMS
- Pd₂MnGa Metamagnetic Shape Memory Alloy with Low Dissipation Energy 4
T. Ito^{1,2}, X. Xu^{1,3}, A. Miyake^{4,5}, Y. Kinoshita⁴, M. Nagasako⁵, K. akahashi⁵, T. Omori¹, M. Tokunaga⁴ and R. Kainuma¹
¹Dept. of Mat. Sci., Tohoku Univ., ²J-PARC Center, JAEA, ³OAS, Tohoku Univ., ⁴ISSP, Univ. Tokyo, ⁵IMR, Tohoku Univ.
- Reinforcement of Superconductivity by Quantum-Critical Fluctuations of Metamagnetism in UTe₂ ... 5
Y. Tokiwa¹, P. Opletal¹, H. Sakai¹, S. Kambe¹, E. Yamamoto¹, M. Kimata², S. Awaji², T. Sasaki², D. Aoki², Y. Haga¹ and Y. Tokunaga¹
¹ASRC, JAEA, ²IMR, Tohoku Univ.
- Magnetoluminescence of a Carbazole-Containing Diradical 6
A. Mizuno¹, R. Matsuoka¹, S. Kimura², K. Ochiai³ and T. Kusamoto^{1,4}
¹Dept. of Eng. Sci., Osaka Univ., ²IMR, Tohoku Univ., ³SOKENDAI, ⁴JST-FOREST

Pressure-Tuned Quantum Criticality in the Large-D Antiferromagnet DTN 7

K. Yu. Povarov¹, D. E. Graf², A. Hauspurg¹, S. Zherlitsyn¹, J. Wosnitza^{1,3}, T. Sakurai⁴, H. Ohta⁶,
S. Kimura⁶, H. Nojiri⁶, V. O. Garlea⁷, A. Zheludev⁸, A. Paduan-Filho⁹, M. Nicklas¹⁰ and
S. A. Zvyagin¹

¹Dresden High Magnetic Field Laboratory (HLD-EMFL), HZDR, ²National High Magnetic Field
Laboratory, FSU, ³IFMP, TU Dresden, ⁴RFCST, Kobe Univ., ⁵MPRC and GSS, Kobe Univ.,
⁶IMR, Tohoku Univ., ⁷NSD, Oak Ridge National Laboratory, ⁸LSSP, ETH Zürich,
⁹IdF, Universidade de São Paulo, ¹⁰MPI CPfS

Landau Level Splitting near the Quantum Limit in EuMnBi₂ 8

H. Sakai¹, J. Shiogai², S. Kimura², S. Awaji², A. Tsukazaki² *et al.*

¹IMR, Tohoku Univ., ²Institute of Elec. Eng., Chinese Acad. Scis.

Selected Topics in 2023 – Research Highlight at HFLSM

- 33T 無冷媒超伝導マグネットの進捗 ----- 1
淡路 智¹, バデル アーノー¹, 武輪 裕之¹, 杉本 昌弘², 大保 雅載² 他
¹東北大金研, ²CNRS, ³東芝エネルギーシステムズ, ⁴古河電工, ⁵フジクラ
- 二重 MHD 電極を用いた銅の酸化還元反応における
イオン空孔の対消滅による過剰熱生成 ----- 2
三浦 誠¹, 杉山 敦史¹, 押切 剛伸¹, 森本 良一¹, 茂木 巖⁴, 三浦 美紀⁵,
山内 悠輔⁶, 青柿 良一⁹
¹東北能開大, ²吉野電化工業, ³山形産技短大, ⁴S A I T E C, ⁵東北大金研,
⁶ポリテク君津, ⁷名古屋大, ⁸職業大
- 新材料設計指針により飛躍的に向上した超伝導薄膜の臨界電流密度 ----- 3
三浦 正志^{1,2,3}, ELEY Serena⁴, 飯田 和昌⁵, 半沢 幸太⁶, 松本 惇平⁶, 平松 秀典^{6,7},
大木元 勇貴¹, 鈴木 匠¹, 小林 友輝¹, 尾崎 壽紀¹, 黒川 穂高¹, 關谷 尚人¹,
吉田 竜視¹, 加藤 丈晴¹, 岡田 達典¹, 岡崎 宏之¹, 八巻 徹也¹, HÄNISCH Jens¹,
淡路 智¹, 前田 京剛¹, MAIOROV Boris¹, 細野 秀雄¹
¹成蹊大, ²ロスアラモス国研, ³JST-FOREST, ⁴ワシントン大, ⁵日大, ⁶東工大 MSL,
⁷東工大 MDXES, ⁸東大総合文化, ⁹関西学院大, ¹⁰横国大, ¹¹山梨大, ¹²JFCC,
¹³東北大金研, ¹⁴QST, ¹⁵カールスルーエ工科大, ¹⁶NIMS
- 散逸エネルギーの低い Pd₂MnGa メタ磁性形状記憶合金 ----- 4
伊東 達矢^{1,2}, 許 焜^{1,3}, 三宅 厚志^{4,5}, 木下 雄斗⁴, 長迫 実⁵, 高橋 弘紀⁵,
大森 俊洋¹, 徳永 将史⁴, 貝沼 亮介¹
¹東北大工, ²原子力機構 J-PARC, ³東北大高等研, ⁴東大物性研, ⁵東北大金研
- UTe₂ におけるメタ磁性量子臨界揺らぎによる超伝導の増強 ----- 5
常盤 欣文¹, Opletal Petr¹, 酒井 宏典¹, 神戸 振作¹, 山本 悦嗣¹, 木俣 基²,
淡路 智², 佐々木 孝彦², 青木 大², 芳賀 芳範¹, 徳永 陽¹
¹原子力機構先端セ, ²東北大金研

カルバゾール含有ジラジカルが示す発光の磁場効果 ----- 6

水野 麻人¹, 松岡 亮太¹, 木村 尚次郎², 落合 奎介³, 草本 哲郎^{1,4}

¹ 阪大基礎工, ² 東北大金研, ³ 総研大, ⁴ JST 創発

Pressure-tuned quantum criticality in the large-D antiferromagnet DTN ----- 7

K. Yu. Povarov¹, D. E. Graf², A. Hauspurg¹, S. Zherlitsyn¹, J. Wosnitza^{1,3}, T. Sakurai⁴, H. Ohta⁶,
S. Kimura⁶, H. Nojiri⁶, V. O. Garlea⁷, A. Zheludev⁸, A. Paduan-Filho⁹, M. Nicklas¹⁰ and
S. A. Zvyagin¹

¹ Dresden High Magnetic Field Laboratory (HLD-EMFL), HZDR, ² National High Magnetic Field
Laboratory, FSU, ³ IFMP, TU Dresden, ⁴ RFCST, Kobe Univ., ⁵ MPRC and GSS, Kobe Univ.,
⁶ IMR, Tohoku Univ., ⁷ NSD, Oak Ridge National Laboratory, ⁸ LSSP, ETH Zürich,
⁹ IdF, Universidade de São Paulo, ¹⁰ MPI CPfS

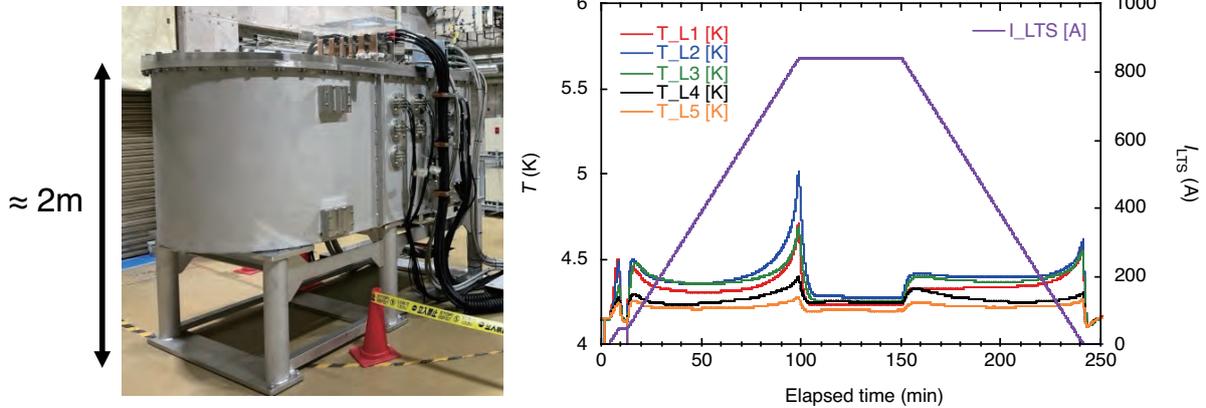
磁性ディラック金属 EuMnBi₂ の量子極限近傍でのランダウ準位分裂 ----- 8

酒井 英明¹, 塩貝 純一², 木村 尚次郎², 淡路 智², 塚崎 敦² 他

¹ 阪大理, ² 東北大金研

Progress of 33T Cryogen-free Superconducting Magnet

33T 無冷媒超伝導マグネットの進捗



A 33T cryogen-free superconducting magnet (33T-CSM) is under construction at HFLSM. The 33T-CSM consists of a $\phi 68$ mm-19 T REBCO (HTS) insert and a $\phi 320$ mm-14 T CuNb/Nb₃Sn and NbTi Rutherford (LTS) magnets. The 33T-CSM system has been installed without the HTS insert in March 2024 (Left figure). The advanced high strength CuNb/Nb₃Sn strands specifically developed for the 33T-CSM project, enabling high stress design with about 275 MPa in the Nb₃Sn coil at 14 T. The initial cooling is about 7.3 days from room temperature. The test of the 14 T LTS magnet was successfully completed up to 839 A with the nominal maximum electromagnetic stress of 275 MPa after one training quench (Right figure). The construction of the REBCO insert will be completed in 2027.

S. Awaji¹, A. Badel², Y. Takewa³, M. Sugimoto⁴, M. Daibo⁵ *et al.*

¹ IMR, Tohoku Univ., ² CNRS, ³ Toshiba Energy Systems, ⁴ Furukawa Electric, ⁵ Fujikura

Reference: S. Awaji *et al.*, “Progress of 33T cryogen-free superconducting magnet project at HFLSM”, IEEE TAS, in press.

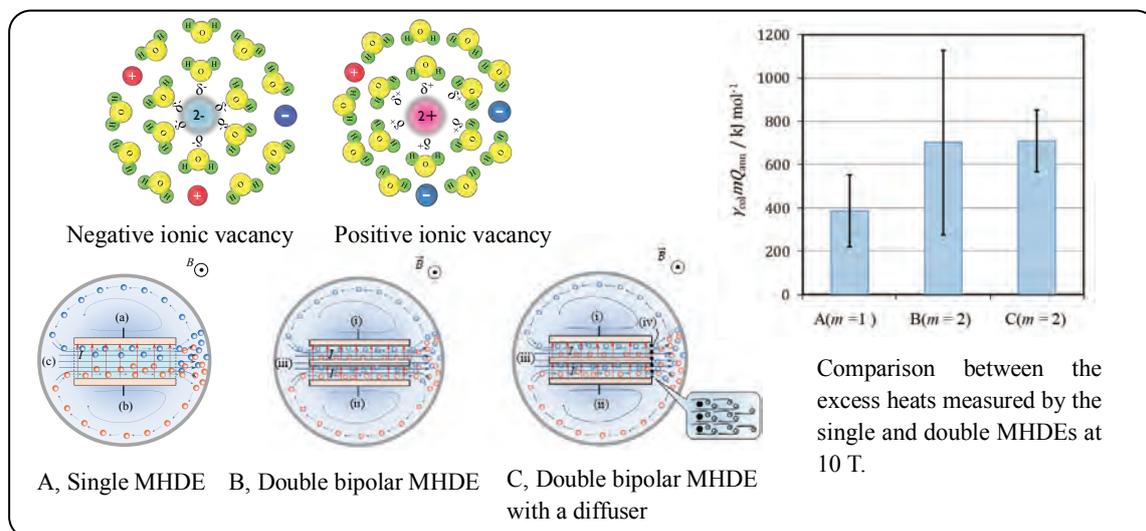
強磁場センターでは 33T 無冷媒超伝導マグネット(33T-CSM)が予算化され、その建設が進んでいる。33T-CSM は $\phi 68$ mm- 19 T REBCO 内挿コイルと $\phi 320$ mm- 14T CuNb/Nb₃Sn および NbTi ラザフォード (LTS) コイルで構成される。今回は機械的強度を向上させた新たな CuNb/Nb₃Sn 素線を開発し、これにより 275 MPa という高電磁力設計が実現した。2023 年度末には高温超伝導を除く 14T 低温超伝導コイルを含む全システムの設置が完了した(左図)。室温から運転温度である約 4.2K までの冷却時間は約 7.3 日となった。LTS マグネットは、1 回のトレーニングクエンチを経た後、設計応力までの通電に成功した(右図)。高温超伝導インサートの設計はすでに終了しており、2027年頃に 33T の磁場を発生する予定である。

淡路 智¹, バデル アーノー², 武輪裕之³, 杉本昌弘⁴, 大保雅哉⁵ 他

¹ 東北大金研, ² CNRS, ³ 東芝エネルギーシステムズ, ⁴ 古河電工, ⁵ フジクラ

Excess Heat Production of the Pair Annihilation of Ionic Vacancies in a Copper Redox Reaction using a Double Bipolar MHD Electrode

二重 MHD 電極を用いた銅の酸化還元反応におけるイオン空孔の対消滅による過剰熱生成



Using a copper double bipolar magnetohydrodynamic electrode (MHDE) that generates twice the ionic vacancies as a single MHDE, excess heat of 702 kJ mol^{-1} at 10 T was achieved in copper redox reactions about double that of a single MHDE at the same field (387 kJ mol^{-1}). This suggests that multi-channel MHDEs could yield even higher excess heat. Ionic vacancies conserve momentum and charge during electron transfer, storing solvation energy, which releases as heat upon annihilation. With a diffuser, the double MHDE produced $710 \pm 144 \text{ kJ mol}^{-1}$, confirming the reproducibility and stability of the measurements at higher magnetic fields.

M. Miura¹, A. Sugiyama², Y. Oshikiri³, R. Morimoto⁴, I. Mogi⁵, M. Miura⁶, Y. Yamauchi⁷, R. Aogaki⁸

¹Tohoku Polytechnic College, ²Yoshino Denka Kogyo, Inc., ³Yamagata College of Industry and Technology, ⁴SAITEC, ⁵IMR, Tohoku Univ., ⁶Polytechnic Center Kimitsu,

⁷Nagoya Univ., ⁸Polytechnic Univ.

Reference: M. Miura *et al.*, “Excess Heat Production of the Pair Annihilation of Ionic Vacancies in a Copper Redox Reaction using a Double Bipolar MHD Electrode”, *Sci. Rep.* **14** (2023) 1424.

銅の二重 MHD 電極(MHDE)を使用することで、単一 MHDE の約 2 倍のイオン空孔が生成され、10 T での銅の酸化還元反応で 702 kJ mol^{-1} の過剰熱が得られた。これは単一 MHDE の 387 kJ mol^{-1} の約 2 倍であり、多重 MHDE でさらに多くの過剰熱が得られる可能性を示唆している。イオン空孔は、電子移動時に運動量と電荷を保存し、対消滅によって蓄えたエネルギーを熱として放出する。ディフューザー付きの二重 MHDE は $710 \pm 144 \text{ kJ mol}^{-1}$ を生成し、高磁場での測定の安定性が確認された。

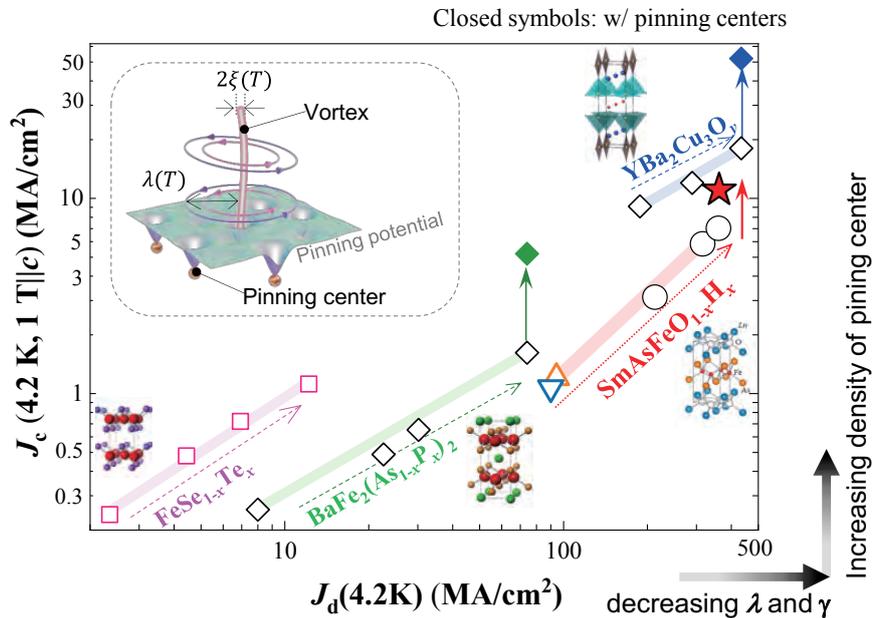
三浦誠¹, 杉山敦史², 押切剛伸³, 森本良一⁴, 茂木巖⁵, 三浦美紀⁶, 山内悠輔⁷, 青柿良一⁸

¹東北能開大,²吉野電化工業,³山形産技短大,⁴SAITEC,⁵東北大金研,⁶ポリテク君津,

⁷名古屋大,⁸職業大

Combination of Thermodynamic and Pinning Optimization Routes for Enhancing the Critical Current Density

新材料設計指針により飛躍的に向上した超伝導薄膜の臨界電流密度



Using a combined approach of tuning depairing current density J_d by controlling coherence length ξ and the penetration depth λ through the tuning of the carrier density and enhancing flux pinning, we significantly boost critical current density J_c in cuprates and several iron-based superconductors.

M. Miura^{1,2,3}, S. Eley⁴, K. Iida⁵, K. Hanzawa⁶, J. Matsumoto⁶, H. Hiramatsu^{6,7}, Y. Ogimoto¹, T. Suzuki¹, T. Kobayashi⁸, T. Ozaki⁹, H. Kurokawa¹⁰, N. Sekiya¹¹, R. Yoshida¹², T. Kato¹², T. Okada¹³, H. Okazaki¹⁴, T. Yamaki¹⁴, J. Hänisch¹⁵, S. Awaji¹³, A. Maeda⁸, B. Maiorov² and H. Hosono^{7,16}

¹ Seikei Univ., ² Los Alamos National Lab., ³ JST-FOREST, ⁴ Univ. of Washington, ⁵ Nihon Univ., ⁶ MSL, Tokyo Institute of Tech., ⁷ MDXES, Tokyo Institute of Tech., ⁸ The Univ. of Tokyo, ⁹ Kwansai Gakuin Univ., ¹⁰ Yokohama National Univ., ¹¹ Univ. of Yamanashi, ¹² NRL, JFCC, ¹³ IMR, Tohoku Univ., ¹⁴ QST, ¹⁵ Karlsruhe Institute of Tech., ¹⁶ NIMS

Reference: M. Miura, *et al.*, *Nature Materials* **23** (2024) 1370–1378.

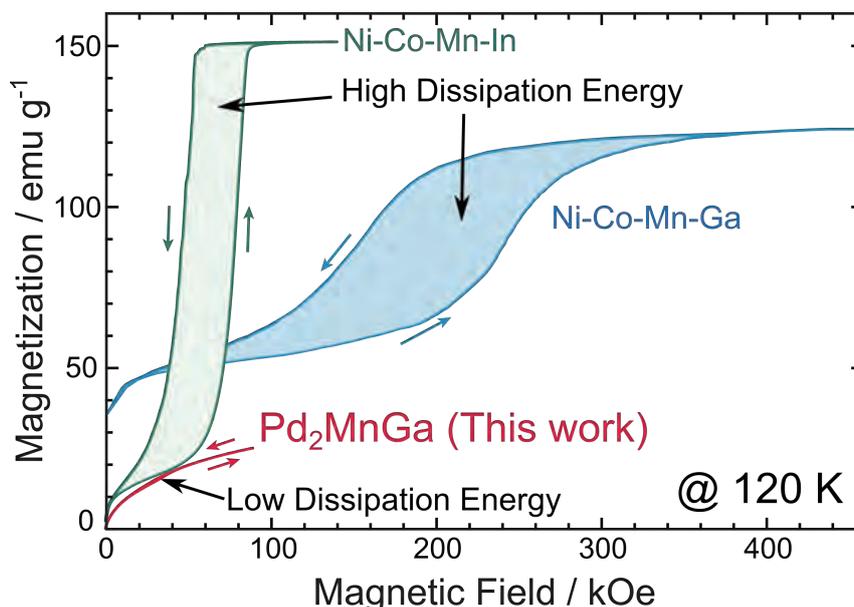
新材料設計指針である熱力学的アプローチと磁束ピン止め点導入技術の融合により、幅広い超伝導材料の磁場中臨界電流密度 J_c 特性を飛躍的に向上させることに成功した。

三浦 正志^{1,2,3}, ELEY Serena⁴, 飯田 和昌⁵, 半沢 幸太⁶, 松本 惇平⁶, 平松 秀典^{6,7}, 大木元 勇貴¹, 鈴木 匠¹, 小林 友輝⁸, 尾崎 壽紀⁹, 黒川 穂高¹⁰, 關谷 尚人¹¹, 吉田 竜視¹², 加藤 丈晴¹², 岡田 達典¹³, 岡崎 宏之¹⁴, 八巻 徹也¹⁴, HÄNISCH Jens¹⁵, 淡路 智¹³, 前田 京剛⁸, MAIOROV Boris², 細野 秀雄^{7,16}

¹ 成蹊大, ² ロスアラモス国研, ³ JST-FOREST, ⁴ ワシントン大, ⁵ 日大, ⁶ 東工大 MSL, ⁷ 東工大 MDXES, ⁸ 東大総合文化, ⁹ 関西学院大, ¹⁰ 横国大, ¹¹ 山梨大, ¹² JFCC, ¹³ 東北大金研, ¹⁴ QST, ¹⁵ カールスルーエ工科大, ¹⁶ NIMS

Pd₂MnGa Metamagnetic Shape Memory Alloy with Low Dissipation Energy

散逸エネルギーの低い Pd₂MnGa メタ磁性形状記憶合金



For a metamagnetic shape memory alloy (MMSMA), the shape memory effect (SME) can be realized by the application of a magnetic field. This process is much faster than conventional SME driven by the change of temperature, thus the MMSMAs are promising as high-speed actuators. However, conventional MMSMAs suffer from a relatively high dissipation energy during the phase transformation. We developed a new Pd₂MnGa Heusler alloy, where the magnetic-field-induced phase transition can be obtained below about 120 K. The dissipation energy of Pd₂MnGa is lowered to only about 1/100 when compared to existing MMSMAs. Furthermore, the Pd₂MnGa alloy exhibits giant magnetostriction over 2500 ppm, showing the application possibility as magnetic sensors and actuators at low temperatures.

T. Ito^{1,2}, X. Xu^{1,3*}, A. Miyake^{4,5}, Y. Kinoshita⁴, M. Nagasako⁵, K. Takahashi⁵, T. Omori¹, M. Tokunaga⁴, and R. Kainuma¹

¹ Dept. of Mat. Sci., Tohoku Univ., ² J-PARC Center, JAEA, ³ OAS, Tohoku Univ.,

⁴ ISSP, Univ. Tokyo, ⁵ IMR, Tohoku Univ.

Reference: T. Ito *et al.*, "Pd₂MnGa Metamagnetic Shape Memory Alloy with Small Energy Loss", *Adv. Sci.* **10** (2023) 2207779.

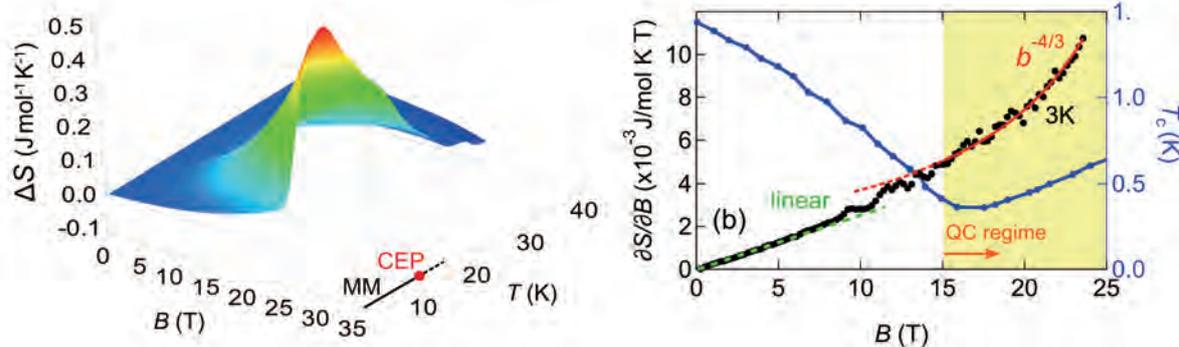
メタ磁性形状記憶合金(MMSMA)は磁場駆動で形状記憶効果が発現し、温度駆動より高速のため、アクチュエーターとしての応用が期待される。しかし、通常の MMSMA は磁場駆動時に大きな散逸エネルギーが生じてしまう。新たに開発した Pd₂MnGa ホイスラー合金は約 120 K 以下の低温で磁場誘起相変態が生じるが、その散逸エネルギーは通常 MMSMA の約 1/100 程度と極めて小さい。さらに、低温では 2500 ppm を超える巨大磁歪を示し、極低温領域におけるアクチュエーターや磁歪材料としての応用が期待される。

伊東達矢^{1,2}, 許 晶^{1,3*}, 三宅厚志^{4,5}, 木下雄斗⁴, 長迫 実⁵, 高橋弘紀⁵, 大森俊洋¹, 徳永将史⁴, 貝沼亮介¹

¹ 東北大工, ² 原子力機構 J-PARC, ³ 東北大高等研, ⁴ 東大物性研, ⁵ 東北大金研

Reinforcement of Superconductivity by Quantum-critical Fluctuations of Metamagnetism in UTe_2

UTe_2 におけるメタ磁性量子臨界揺らぎによる超伝導の増強



In the spin-triplet superconductor, UTe_2 , a metamagnetic (MM) transition occurs at 34.7 T for the field along b -axis, evolving into a crossover above the critical endpoint (CEP) at 12 K. Entropy analysis reveals an enhancement toward the CEP, consistent with theories of a metamagnetic quantum critical endpoint. The overlap between the quantum-critical (QC) regime and the field region where superconductivity is enhanced suggests that QC MM fluctuations reinforce superconductivity.

Y. Tokiwa¹, P. Opletal¹, H. Sakai¹, S. Kambe¹, E. Yamamoto¹, M. Kimata², S. Awaji², T. Sasaki²,
D. Aoki², Y. Haga¹, and Y. Tokunaga¹
¹ASRC, JAEA, ²IMR, Tohoku Univ.

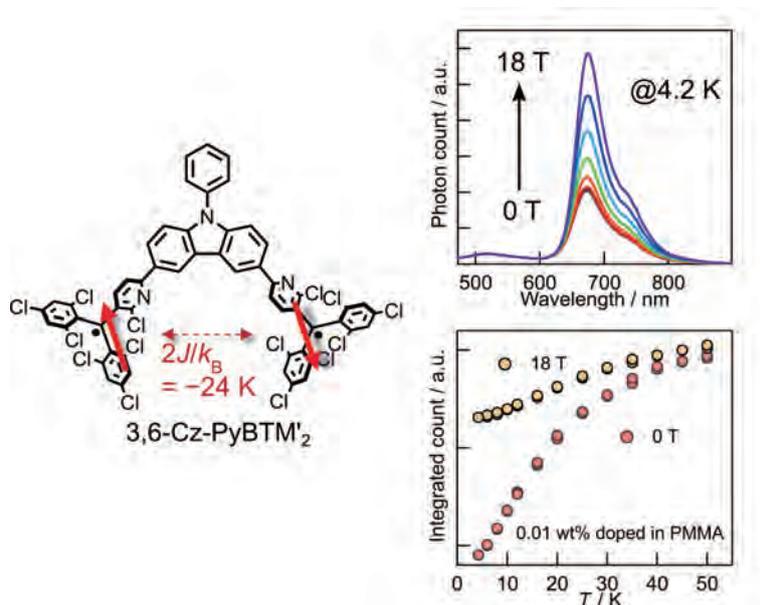
Reference: Y. Tokiwa, et. al., “Reinforcement of superconductivity by quantum-critical fluctuations of metamagnetism in UTe_2 ”, Phys. Rev. B **109**, (2024) L140502.

スピン3重項超伝導体 UTe_2 において、 b 軸方向の磁場 34.7 Tでメタ磁性 (MM) 転移が発生し、臨界終点 (CEP) の 12K 以上ではクロスオーバーに移行する。エントロピーの解析により、CEPに向けてエントロピーが増大することが示され、その磁場依存性はメタ磁性量子臨界終点の理論と一致している。量子臨界 (QC) 領域と超伝導が強化される磁場領域の一致は、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る。

常盤欣文¹, Opletal Petr¹, 酒井宏典¹, 神戸振作¹, 山本悦嗣¹, 木俣基², 淡路智²,
佐々木孝彦², 青木大², 芳賀芳範¹, 徳永陽¹
¹原子力機構先端セ, ²東北大金研

Magnetoluminescence of a Carbazole-Containing Diradical

カルbazool含有ジラジカルが示す発光の磁場効果



Organic diradicals possessing open-shell electronic structures exhibit unique optical properties based on the correlation between spin states and luminescence. In this study, we investigated the magnetic-field- and temperature-dependences of luminescence spectra for a carbazole-containing diradical, 3,6-Cz-PyBTM'2, doped in PMMA (0.01 wt%). The emission intensity of this PMMA sample at 4.2 K increased with increasing applied magnetic field of up to 18 T. Furthermore, thermally-activated emission of the diradical was suppressed under applying magnetic fields. These results indicate that the magnetic-field- and temperature-dependent emissions of the diradical are correlated with its intramolecular magnetic interaction in the ground state.

A. Mizuno¹, R. Matsuoka¹, S. Kimura², K. Ochiai³, T. Kusamoto^{1,4}

¹ Dept. of Eng. Sci., Osaka Univ., ² IMR, Tohoku Univ., ³ SOKENDAI, ⁴ JST-FOREST

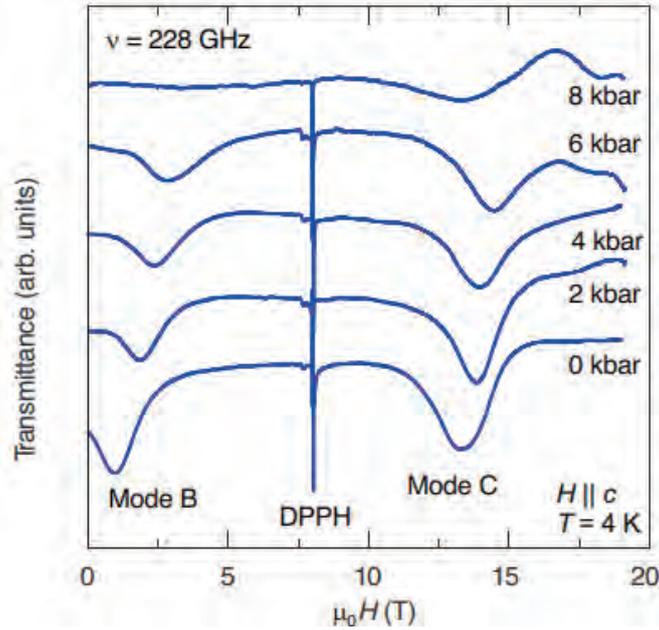
Reference: A. Mizuno *et al.*, “Spin-Correlated Luminescence of a Carbazole-Containing Diradical Emitter: Single-Molecule Magnetoluminescence and Thermally Activated Emission”, *J. Am. Chem. Soc.* **146** (2024) 18470.

開殻電子構造を有する発光性ジラジカルは、スピン状態と発光が相関した特異な光物性を示す。本研究では、カルbazool含有ジラジカル 3,6-Cz-PyBTM'2(0.01 wt% PMMA 分散体)における発光スペクトルの磁場・温度依存性を調べた。このPMMA 試料の4.2 Kにおける発光強度は磁場印加に伴い、18 T まで増加し続けた。更に、同試料が示す熱活性発光は、磁場印加下で抑制されることがわかった。これらの結果から、本ジラジカルの磁場・温度依存発光がその基底状態における分子内磁気相互作用と相関することが明らかとなった。

水野 麻人¹, 松岡 亮太¹, 木村 尚次郎², 落合 奎介³, 草本 哲郎^{1,4}

¹ 阪大基礎工, ² 東北大金研, ³ 総研大, ⁴ JST 創発

Pressure-Tuned Quantum Criticality in the Large-D Antiferromagnet DTN



Employing hydrostatic pressure in combination with high-field electron spin resonance (ESR) spectroscopy, ultrasound, a.c. susceptibility, and powder neutron-diffraction techniques, we demonstrate the possibility of driving the tetragonal easy-plane quantum antiferromagnet $\text{NiCl}_2 \cdot 4\text{SC}(\text{NH}_2)_2$ (aka DTN) from the gapped disordered to a magnetically ordered phase. This transition is accompanied by the spin-gap closure at about 4.2 kbar and characterized by $z=1$ critical exponents, determined by the quasi-linear low-energy dispersion of spin excitations. Selected ESR spectra of DTN taken at a frequency of 228 GHz at a temperature of 4 K at different pressures are shown in Figure. Our experimental observations are supported by DMRG calculations, allowing us to quantitatively describe the pressure-driven evolution of critical fields and spin-Hamiltonian parameters in DTN.

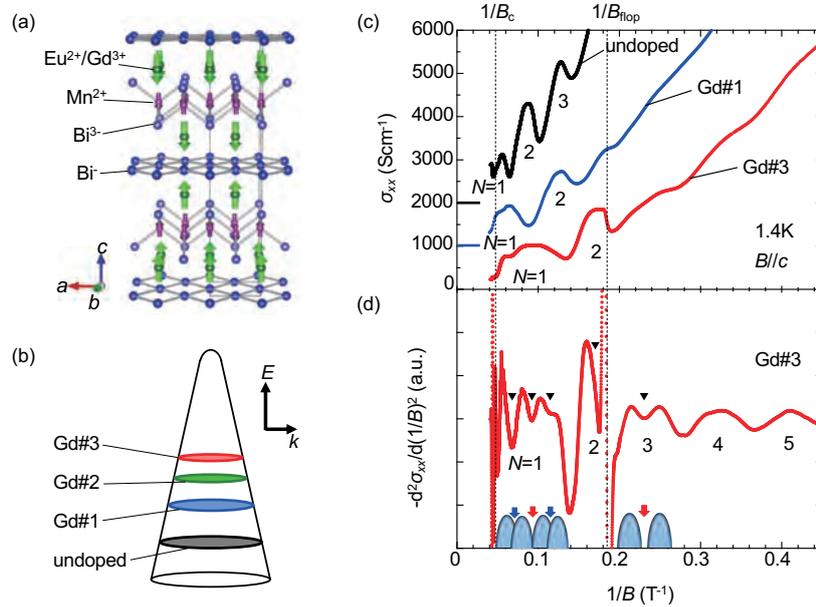
¹ K. Yu. Povarov, ² D. E. Graf, ¹ A. Hauspurg, ¹ S. Zherlitsyn, ^{1,3} J. Wosnitza, ⁴ T. Sakurai, ⁵ H. Ohta, ⁶ S. Kimura, ⁶ H. Nojiri, ⁷ V. O. Garlea, ⁸ A. Zheludev, ⁹ A. Paduan-Filho, ¹⁰ M. Nicklas, and ¹ S. A. Zvyagin

¹ Dresden High Magnetic Field Laboratory (HLD-EMFL), HZDR, ² National High Magnetic Field Laboratory, FSU, ³ IFMP, TU Dresden, ⁴ RFCST, Kobe University, ⁵ MPRC and GSS, Kobe University, ⁶ IMR, Tohoku University, ⁷ NSD, Oak Ridge National Laboratory, ⁸ LSSP, ETH Zürich, ⁹ IdF, Universidade de São Paulo, ¹⁰ MPI CPfS.

Reference: K. Yu. Povarov *et al.*, “Pressure-tuned quantum criticality in the large-D antiferromagnet DTN”, *Nature Commun.* **15** (2024) 2295.

Landau Level Splitting near the Quantum Limit in EuMnBi₂

磁性ディラック金属 EuMnBi₂ の量子極限近傍でのランダウ準位分裂



EuMnBi₂ has a layered structure with Bi layers containing Dirac fermions and magnetic insulating layers with Eu (Fig. a). In this material, a giant magnetoresistance effect was observed owing to the exchange interaction between the Dirac fermions and localised Eu spins. To clarify the importance of the electron-electron interaction at low carrier concentrations, we studied the Landau level splitting in single crystals with the Fermi energy tuned near the Dirac point by partial chemical substitution (Fig. b). Detailed quantum oscillation measurements at the High Field Laboratory for Superconducting Materials (Fig. c) revealed a multiple Landau level splitting in the lowest-carrier-concentration crystal (Fig. d), probably due to spin and valley polarisation resulting from many-body effects at high fields.

H. Sakai¹, J. Shiojiri², S. Kimura², S. Awaji², A. Tsukazaki² *et al.*

¹ Dept. of Phys., Osaka Univ., ² IMR, Tohoku Univ.

Reference: H. Sakai *et al.*, “Variation of Landau level splitting in the Fermi-level-controlled Dirac metals”, *Phys. Rev. B.* **108** (2023) 115142.

層状磁性体 EuMnBi₂ は、ディラック電子を有する Bi 層と、Eu を含む磁性絶縁層の積層構造を有する (図 a)。本物質で観測される巨大磁気抵抗効果は、ディラック電子と局在スピン (Eu) の間の交換相互作用に起因するが、キャリア濃度が低い場合、電子間相互作用も重要となり得る。そこで本研究では、元素の部分置換 (Eu²⁺→Gd³⁺) により、フェルミレベルをディラック点近傍で制御した単結晶群において (図b)、ランダウ準位の分裂構造を調べた。強磁場超伝導材料研究センターでの詳細な量子振動の測定により (図 c)、最低キャリア濃度の結晶 (Gd#3) では、ランダウ準位が 4 つに分裂することが見出され (図 d)、スピン分裂に加え、強磁場中の多体効果によるバレー分裂が示唆された。

酒井英明¹, 塩貝純一², 木村尚次郎², 淡路智², 塚崎敦² 他

¹ 阪大理, ² 東北大金研

