

◆◆◆ **Preface** ◆◆◆

This booklet reports the highlights and the new improvements during FY2015 performed in the High Field Laboratory for Superconducting Materials: HFLSM at Sendai. HFLSM has been developed numbers of new magnets technologies including cryogen free hybrid magnet and cryogen-free superconducting magnets generating magnetic fields above 20 T. Such cryogen-free superconducting magnets surely offer long-term stable and high-quality steady fields for users. HFLSM offers varieties of hybrid and superconducting magnets for researches in materials science, physics, applied superconductivity, chemistry and other pure and inter-disciplinary sciences performed in steady magnetic fields.

The reports in this booklet are selected from the 72 subjects performed at the HFLSM as the user proposals supported by the inter-university research cooperation network. We hope that the booklet help you to see the overview our activities and stimulate the related research collaborations with domestic and oversea users in HFLSM and in the High Magnetic Field Co-laboratory of Japan.

July. 1st, 2016
Hiroyuki Nojiri
Director of HFLSM

Selected Topics in 2015 Annual Report at Sendai

Non-Fermi Liquid Like Electronic Transport Around the Nematic Quantum Critical Point in FeSe	1
Y. Tanabe ¹ , T. Urata ¹ , K. K. Huynh ² , H. Oguro ³ , K. Watanabe ³ and K. Tanigaki ^{1,2}	
¹ Dept. of Phys., Tohoku University	
² WPI-AIMR, Tohoku University	
³ IMR, Tohoku University	
Evaluation of Superconducting Properties in High Magnetic Fields and Low Temperatures of RE-Ba-Cu-O Films with Self-organized Artificial Pinning Centers on Oriented-oxide-buffered Metal Tapes	2
Y. Ichino ¹ , Y. Yoshida ² , S. Miura ² , K. Sugihara ² , Y. Tsuchiya ³ and S. Awaji ³	
¹ EcoTopia Sci. Inst., Nagoya University	
² Dept. of Energy Engg. Sci., Nagoya University	
³ IMR, Tohoku University	
Clarification of Flux Pinning Mechanisms of Precisely Chemical Composition Controlled High-Temperature Superconductors with Low Anisotropy	3
J. Shimoyama ¹ , Y. Setoyama ² , Y. Minakata ² , K. Matsumoto ² and S. Awaji ³	
¹ Dept. of Phys. and Math., Aoyama Gakuin University	
² Dept. of Appl. Chem., The University of Tokyo	
³ IMR, Tohoku University	
NMR Study of the Novel High-field Phase in Volborthite	4
M. Yoshida ¹ , T. Sasaki ² , H. Ishikawa ¹ and Z. Hiroi ¹	
¹ ISSP, The University of Tokyo	
² IMR, Tohoku University	
Critical Current Characteristics under Pure-bending Strains of Pre-bent Nb-rod-method Cu-Nb/Nb ₃ Sn Strands	5
M. Sugimoto ¹ , H. Tsubouchi ¹ , K. Katayama ¹ , S. Endoh ¹ , A. Takagi ¹ , H. Shimizu ¹ , K. Watanabe ² , S. Awaji ² and H. Oguro ²	
¹ Furukawa Electric Co., Ltd.	
² IMR, Tohoku University	

High-field NMR Study of $\text{PrT}_2\text{Al}_{20}$ ($T = \text{Nb, Ta}$)	6
H. Tou ¹ , T. Kubo ¹ , H. Matsuno ¹ , H. Kotegawa ¹ , Y. Ihara ² , T. Goto ³ and T. Sasaki ⁴	
¹ Dept. of Phys., Kobe University	
² Dept. of Phys., Hokkaido University	
³ Phys. Div., Sophia University	
⁴ IMR, Tohoku University	
Selection Rule of the Direct Transition in the Spin Gap System KCuCl_3	7
S. Kimura ¹ , K. Watanabe ¹ , M. Hagiwara ² and H. Tanaka ³	
¹ IMR, Tohoku University	
² AHMF, Osaka University	
³ Dept. of Phys., Tokyo Institute of Technology	
Anion Ordering in the Field-induced Spin-density Wave Transitions of Quasi-one-dimensional Organic Conductor $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$	8
T. Minamitate ¹ , N. Matsunaga ² , K. Nomura ² and T. Sasaki ³	
¹ Graduate School of Science, Hokkaido University	
² Faculty of Science, Hokkaido University	
³ IMR, Tohoku University	
Lifetime of Ionic Vacancy Measured by Cyclotron MHD Electrode under a Vertical High Magnetic Fields	9
Y. Oshikiri ¹ , A. Sugaiyama ² , M. Miura ³ , R. Aogaki ⁴ and I. Mogi ⁵	
¹ Yamagata College of Industry and Technology	
² Waseda University	
³ Hokkaido Polytechnic College	
⁴ Polytechnic University	
⁵ IMR, Tohoku University	
Development of a High-speed Calorimeter Working at Low Temperatures and High Magnetic Fields	10
T. Kihara ¹ , Y. Kohama ² and M. Tokunaga ²	
¹ IMR, Tohoku University	
² ISSP, The University of Tokyo	

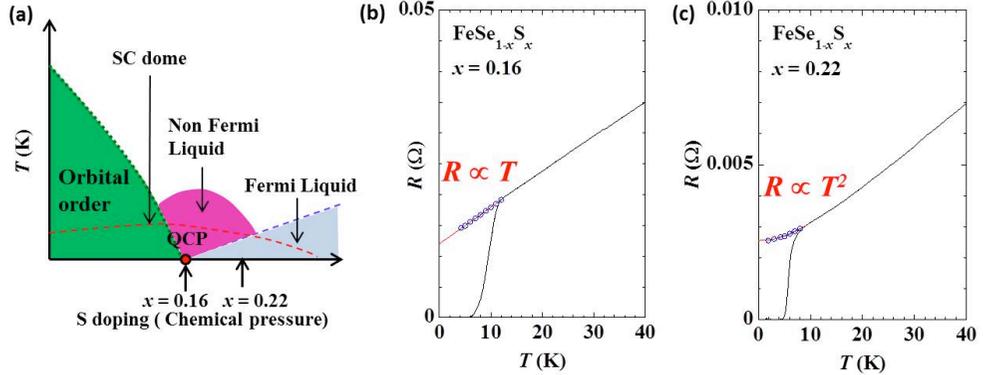
Selected Topics in 2015 Annual Report at Sendai

- FeSe の軌道秩序量子臨界点近傍における非フェルミ流体的な輸送現象 ----- 1
田邊 洋一¹, 浦田 隆広¹, Huynh Kim Khuong², 小黒 英俊³, 渡辺 和雄³,
谷垣 勝己^{1,2}
¹東北大学大学院理学研究科
²東北大学 WPI-AIMR
³東北大学金属材料研究所
- 配向中間層付金属基板上に作製した自己組織化人工ピンニングセンターを持つ
RE-Ba-Cu-O 超伝導薄膜の強磁場・低温中における超伝導特性評価 ----- 2
一野 祐亮¹, 吉田 隆¹, 三浦 俊², 杉原 和樹², 土屋 雄司³, 淡路 智³
¹名古屋大学エコトピア科学研究所
²名古屋大学大学院工学研究科
³東北大学金属材料研究所
- 精密化学組成制御した低異方性高温超伝導体のピンニング機構解明 ----- 3
下山 淳一¹, 瀬戸山 結衣², 南方 仁孝², 松本 和也², 淡路 智³
¹青山学院大学理工学部
²東京大学大学院工学系研究科
³東北大学金属材料研究所
- ボルボサイト強磁場新奇相の NMR による研究 ----- 4
吉田 誠¹, 佐々木 孝彦², 石川 孟¹, 広井 善二¹
¹東京大学物性研究所
²東北大学金属材料研究所
- 事前曲げ歪が印加された Nb ロッド法 Cu-Nb/Nb₃Sn 素線の純粋曲歪下の
臨界電流特性 ----- 5
杉本 昌弘¹, 坪内 宏和¹, 片山 功多¹, 遠藤 壮¹, 高木 亮¹, 清水 仁司¹,
渡辺 和雄², 淡路 智², 小黒 英俊²
¹古河電気工業株式会社
²東北大学金属材料研究所

PrT ₂ Al ₂₀ (T = Nb, Ta) の強磁場 NMR による基底状態の研究 -----	6
藤 秀樹 ¹ , 久保 徹郎 ¹ , 松野 治貴 ¹ , 小手川 恒 ¹ , 井原 慶彦 ² , 後藤 貴行 ³ , 佐々木 孝彦 ⁴	
¹ 神戸大大学院理学研究科	
² 北海道大学大学院理学研究科	
³ 上智大学大学院理工学研究科	
⁴ 東北大学金属材料研究所	
スピンギャップ系 KCuCl ₃ における直接遷移の選択則 -----	7
木村 尚次郎 ¹ , 渡辺 和雄 ¹ , 萩原 政幸 ² , 田中 秀数 ³	
¹ 東北大学金属材料研究所	
² 大阪大学先端強磁場科学研究センター	
³ 東京工業大学大学院理工学研究科	
擬一次元有機導体(TMTSF) ₂ ClO ₄ の磁場誘起スピン密度波転移における アニオン秩序化 -----	8
南館 孝亮 ¹ , 松永 悟明 ² , 野村 一成 ² , 佐々木 孝彦 ³	
¹ 北海道大学大学院理学院	
² 北海道大学大学院理学研究院,	
³ 東北大学金属材料研究所	
高磁場下におけるイオン空孔寿命の測定 -----	9
押切 剛伸 ¹ , 杉山 敦史 ² , 三浦 誠 ³ , 青柿 良一 ⁴ , 茂木 巖 ⁵	
¹ 山形県立産業技術短期大学校	
² 早稲田大学	
³ 北海道職業能力開発大学校	
⁴ 職業能力開発総合大学校	
⁵ 東北大学金属材料研究所	
低温・強磁場下で動作する高速比熱測定装置の開発 -----	10
木原 工 ¹ , 小濱 芳允 ² , 徳永 将史 ²	
¹ 東北大学金属材料研究所	
² 東京大学物性研究所	

Non-Fermi Liquid Like Electronic Transport Around the Nematic Quantum Critical Point in FeSe

FeSe の軌道秩序量子臨界点近傍における非フェルミ流体的な輸送現象



Electronic transport phenomena around of nonmagnetic nematic quantum critical point (QCP) were investigated in $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$. Robust T -linear resistivity were found in $x=0.16$ vicinity of QCP whereas it was changed to the quadratic curves at $x=0.22$, being consistent with the crossover from non-Fermi liquid to Fermi liquid. Present results demonstrate dramatic influence of the nematic fluctuation in the transport properties of FeSe, implying the importance of the orbital fluctuation to understand the physics in Fe-based superconductor.

Y. Tanabe¹, T. Urata¹, K. K. Huynh², H. Oguro³, K. Watanabe³, K. Tanigaki^{1,2}

¹Dept. of Phys., Tohoku University, ²WPI-AIMR, Tohoku University

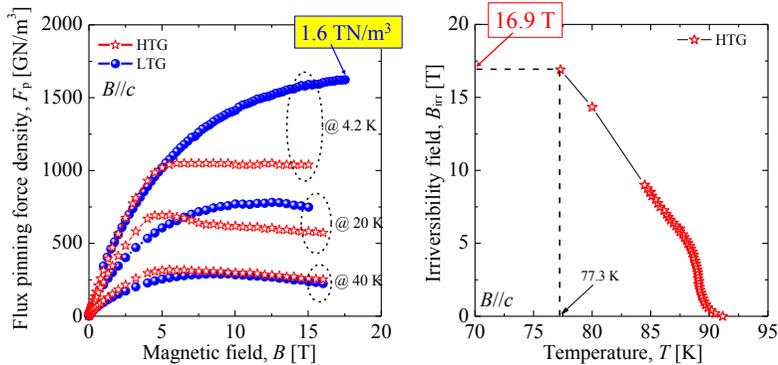
³IMR, Tohoku University

我々は $\text{FeSe}_{1-x}\text{S}_x$ の非磁性のネマティック量子臨界点近傍における電子輸送現象を磁場中輸送特性から明らかにした。量子臨界点近傍では 40K 以下の広い温度領域で非フェルミ流体的な温度に線形な電気抵抗の振る舞いを観測する一方で、よりオーバードープ領域の $x=0.22$ においてはフェルミ流体的な振る舞いに変化することを観測した。この結果は、量子臨界点近傍においてネマティック揺らぎ(軌道揺らぎ)が物性に強く影響していることを示しており、鉄系超伝導体の物性の理解における軌道揺らぎの重要性を強く示唆する結果である。

田邊洋一¹, 浦田隆広¹, Huynh Kim Khuong², 小黒英俊³, 渡辺和雄³, 谷垣勝己^{1,2}

¹東北大学大学院理学研究科, ²東北大学 WPI-AIMR, ³東北大学金属材料研究所

**Evaluation of Superconducting Properties in High Magnetic Fields and
Low Temperatures of RE-Ba-Cu-O Films with Self-organized
Artificial Pinning Centers on Oriented-oxide-buffered Metal Tapes**
配向中間層付金属基板上に作製した自己組織化人工ピンニングセンターを持つ
RE-Ba-Cu-O 超伝導薄膜の強磁場・低温中における超伝導特性評価



A 3.8 vol.%BaHfO₃-doped SmBa₂Cu₃O_y (SmBCO) film was deposited at relatively low growth temperature by using a seed layer as the template (LTG). The LTG samples exhibited high flux pinning force of 1.6 TN/m³ at 4.2 K which is one of the highest values in the world as of now. On the other hand, a BHO+SmBCO film which was deposited at high growth temperature (HTG) showed high irreversibility field of 16.9 T at 77.3 K. These results are useful for developments of high performance REBCO coated conductors.

Y. Ichino¹, Y. Yoshida², S. Miura², K. Sugihara², Y. Tsuchiya³, S. Awaji³

¹ EcoTopia Sci. Inst., Nagoya University, ² Dept. of Energy Engg. Sci., Nagoya University, ³ IMR, Tohoku University

Reference: S. Miura, *et al.*, APL Mater. 4 (2016) 016102.

テンプレートとなるシード層を用いることで比較的低温で 3.8 vol.%の BaHfO₃を添加した SmBa₂Cu₃O_y (SmBCO) 薄膜 (LTG) を成膜した。従来の成膜温度で作製した BHO+SmBCO 薄膜 (HTG) と比較して低温で高い巨視的ピン力 1.6 TN/m³ を示した。これは世界最高クラスの値である。一方で HTG 試料は 77.3 K で 16.9 T と高い不可逆磁場を示した。これらの結果は高性能な REBCO 線材を開発する上で有用である。

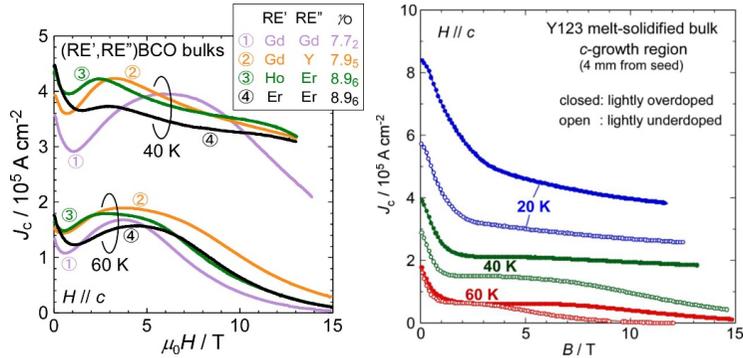
一野 祐亮¹, 吉田 隆¹, 三浦 俊², 杉原 和樹², 土屋 雄司³, 淡路 智³

¹名古屋大学エコトピア科学研究所, ²名古屋大学大学院工学研究科,

³東北大学金属材料研究所

Clarification of Flux Pinning Mechanisms of Precisely Chemical Composition Controlled High-Temperature Superconductors with Low Anisotropy

精密化学組成制御した低異方性高温超伝導体のピンニング機構解明



For development of REBCO bulk superconductors with high field trapping properties, optimization of chemical composition for achieving high critical current density (J_c) at 20-60 K under high magnetic field has been attempted. Our recent study revealed that REBCO bulks with small RE^{3+} ions, such as Y, Ho and Er, maintain high J_c up to high fields at the middle temperature range (e.g. $\sim 3 \times 10^5$ A cm^{-2} at 40 K in 12 T) due to suppressed RE/Ba substitution levels. In addition, carrier slightly-underdoped YBCO bulks showed drastically deteriorated J_c also at low temperatures. This suggests that introduction of sufficient oxygen into inner parts of bulks is crucially important for fabrication of strong REBCO bulk magnets.

J. Shimoyama¹, Y. Setoyama², Y. Minakata², K. Matsumoto², S. Awaji³

¹ Dept. of Phys. and Math., Aoyama Gakuin Univ.

² Dept. of Appl. Chem., the Univ. of Tokyo, ³ IMR, Tohoku University

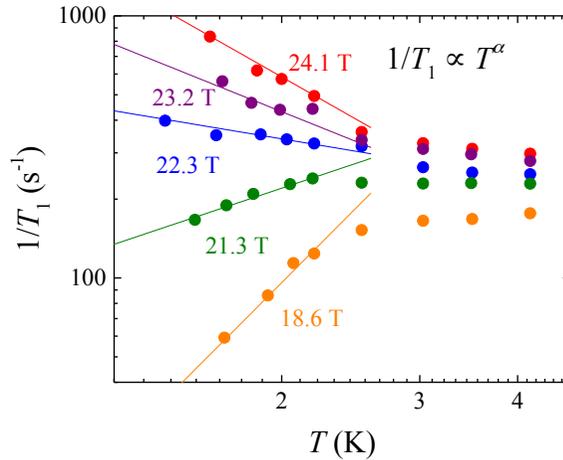
高捕捉磁場 REBCO 超伝導バルクの開発を目的とし、20-60 K、高磁場までの J_c を改善する化学組成の最適化を進めている。最近の研究から、イオン半径が小さい RE^{3+} イオンを含む REBCO バルクは RE/Ba 置換が小さい効果により、中温域では高磁場まで高い J_c を維持することが明らかになった。このほか、キャリアの弱いアンダードーパ状態の YBCO バルクは、高温域だけでなく、低温でも J_c が大きく低下することを確認した。バルク内部まで十分に酸素を導入することが、REBCO バルクの強力磁石作成において、極めて重要であることを確定する結果といえる。

下山淳一¹, 瀬戸山結衣², 南方仁孝², 松本和也², 淡路智³

¹ 青山学院大学理工学部, ² 東京大学大学院工学系研究科, ³ 東北大学金属材料研究所

NMR Study of the Novel High-field Phase in Volborthite

ボルボサイト強磁場新奇相の NMR による研究



The frustrated magnet volborthite $[\text{Cu}_3\text{V}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ exhibits a novel magnetic phase (phase N) at 23–26 T, which may be regarded as a spin nematic phase. In this study, we have performed high field ^{51}V NMR measurements of volborthite in the magnetic field range of 18–24 T by using the hybrid magnet. Figure shows the T -dependences of the nuclear spin-lattice relaxation rate $1/T_1$ at the various magnetic fields. As shown by the solid lines, $1/T_1$ shows power-law-like T -dependence $1/T_1 \propto T^\alpha$ below 2.5 K. Remarkably, α becomes negative above 22 T, where the component of phase N appears in the NMR spectra. The spin echo-decay rate $1/T_2$ is also unusually large in phase N. These results indicate unusual slow fluctuations, supporting that an exotic spin state is realized in phase N.

M. Yoshida¹, T. Sasaki², H. Ishikawa¹, Z. Hiroi¹

¹ ISSP, University of Tokyo, ² IMR, Tohoku University

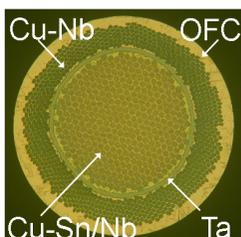
フラストレート磁性体ボルボサイト $\text{Cu}_3\text{V}_2\text{O}_7(\text{OH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ は 23–26 テスラの磁場領域で奇妙な磁気相(相 N)を示す。それがスピネマティック相であることが期待されている。我々はハイブリッドマグネットで 18–24 T の領域を ^{51}V NMR 測定で調べた。図に様々な磁場における核磁気緩和率 $1/T_1$ の温度依存性を示す。実線で示すように、2.5 K 以下で $1/T_1$ はべき的な温度依存性 $1/T_1 \propto T^\alpha$ を示した。22 T を境に α が正の振る舞いから負の振る舞いに変化した。この磁場は低温で相 N が観測され始める磁場と一致する。スピンエコー減衰率 $1/T_2$ も相 N では非常に大きな値を示す。これらの結果は、相 N においておそいスピンゆらぎを持つ異常な磁気状態が実現していることを示唆する。

吉田 誠¹, 佐々木孝彦², 石川 孟¹, 広井善二¹

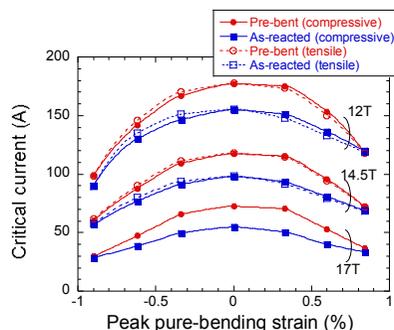
¹ 東京大学物性研究所, ² 東北大学金属材料研究所

Critical Current Characteristics under Pure-bending Strains of Pre-bent Nb-rod-method Cu-Nb/Nb₃Sn Strands

事前曲げ歪が印加された Nb ロッド法 Cu-Nb/Nb₃Sn 素線の 純粋曲歪下の臨界電流特性



Cross-section of Cu-Nb/Nb₃Sn strand



I_c characteristics of Cu-Nb/Nb₃Sn strand under pure-bending strains.

Nb-rod-method Cu-Nb reinforced Nb₃Sn (Cu-Nb/Nb₃Sn) wires have been successfully developed for commercialization of the React-and-Wind (R&W) processed Nb₃Sn coils. Critical current (I_c) measurements of the pre-bent Cu-Nb/Nb₃Sn strands (with pre-bending at $\pm 0.5\%$ repeated ten times) and the as-reacted (without pre-bending) strands were carried out under applied pure-bending strains in the -0.9% to $+0.84\%$ range at 11–17 T, 4.2 K. As a result, the pre-bent strand showed no deterioration of I_c under the pure-bending strains in the -0.5% to $+0.5\%$ range and had larger I_c than that of as-reacted strand at no pure-bending strain.

M. Sugimoto¹, H. Tsubouchi¹, K. Katayama¹, S. Endoh¹, A. Takagi¹, H. Shimizu¹,
K. Watanabe², S. Awaji², and H. Oguro²

¹ Furukawa Electric Co., Ltd., ² Institute for Materials Research, Tohoku University

Reference: M. Sugimoto, *et al.*, IEEE Trans. Appl. Super., **26** (2016) 8402205.

Nb ロッド法 Cu-Nb 強化 Nb₃Sn (Cu-Nb/Nb₃Sn)線材を、リアクト・アンド・ワインド(R&W)法で製作する Nb₃Sn コイルの商品化のために開発した。事前曲げ歪($\pm 0.5\%$ 、繰り返し 10 回)を印加した Cu-Nb/Nb₃Sn 素線と熱処理直後(事前曲げ歪印加無し)の素線の臨界電流(I_c)測定を、純粋曲げ歪 $-0.9\% \sim +0.84\%$ を印加した状態で 11~17T、4.2K で実施した。その結果、事前曲げ歪を印加した素線の I_c は、 -0.5% から $+0.5\%$ の範囲において低下が無く、熱処理直後の素線の純粋曲げ歪が無い状態の I_c よりも大きい値であった。

杉本 昌弘¹, 坪内 宏和¹, 片山 功多¹, 遠藤 壮¹, 高木 亮¹, 清水 仁司¹,
渡辺 和雄², 淡路 智², 小黒 英俊²

¹ 古河電気工業株式会社, ² 東北大学金属材料研究所

High-field NMR Study of $\text{PrT}_2\text{Al}_{20}$ ($T = \text{Nb, Ta}$)

$\text{PrT}_2\text{Al}_{20}$ ($T = \text{Nb, Ta}$) の強磁場 NMR による基底状態の研究

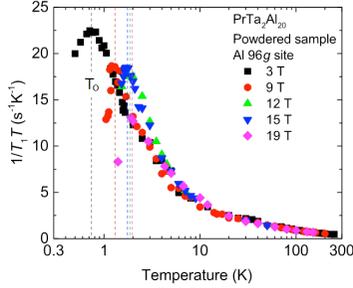


Figure 1. Temperature dependence of $1/T_1T$

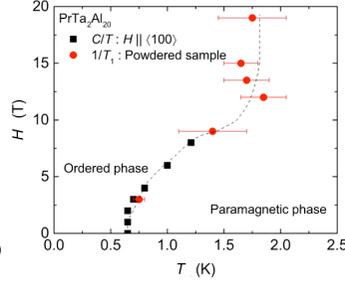


Figure 2. H vs. T phase diagram

Pr-based compound $\text{PrT}_2\text{Al}_{20}$, whose crystal electric ground state is of a non-magnetic Γ_3 state, shows exotic ground states, such as a non-Fermi liquid state, multipole ordered state, etc. The single-crystal $\text{PrNb}_2\text{Al}_{20}$ and poly-crystal $\text{PrTa}_2\text{Al}_{20}$ were prepared by Dr. R. Higashinaka et al., Tokyo Metropolitan University. ^{93}Nb - and ^{27}Al -Nuclear Magnetic Resonance (NMR) measurements have been carried out for a single-crystal $\text{PrNb}_2\text{Al}_{20}$ and poly-crystal $\text{PrTa}_2\text{Al}_{20}$. Figure 1 shows ^{27}Al -NMR spin-lattice relaxation rate divided by temperature, $1/T_1T$, of $\text{PrTa}_2\text{Al}_{20}$ obtained at various magnetic fields. $1/T_1T$ has a peak structure around T_0 . Magnetic field H versus T_0 phase diagram is displayed in Fig. 2. This result indicates that $\text{PrTa}_2\text{Al}_{20}$ occurs a quadrupole or a higher-order multipole ordering at low temperatures.

H. Tou¹, T. Kubo¹, H. Matsuno¹, H. Kotegawa¹, Y. Ihara², T. Goto³, and T. Sasaki⁴

¹Dept. of Phys., Kobe University, ²Dept. of Phys., Hokkaido University,

³Phys. Div., Sophia University, ⁴IMR, Tohoku University

結晶場基底状態は Γ_3 非磁性二重項状態をとる Pr 化合物 $\text{PrT}_2\text{Al}_{20}$ は低温で四極子秩序や非フェルミ流体的振る舞いなどを示す。首都大学東京の東中隆二助教等により作成された単結晶 $\text{PrNb}_2\text{Al}_{20}$ および多結晶 $\text{PrTa}_2\text{Al}_{20}$ について ^{93}Nb -, ^{27}Al NMR 実験を行った。図1は $\text{PrTa}_2\text{Al}_{20}$ の Al-NMR スピン格子緩和率を温度で割った $1/T_1T$ の様々な磁場中での温度依存性をしめす。低温において相転移に伴うピークが T_0 で見られ、このピークをプロットしたものが図2の磁場-温度相図である。相図から、 $\text{PrTa}_2\text{Al}_{20}$ の低温異常は四極子もしくは高次多極子秩序であることを示唆する。

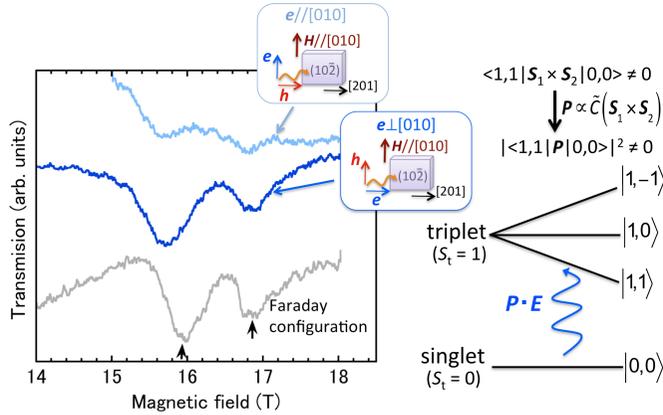
藤秀樹¹, 久保徹郎¹, 松野治貴¹, 小手川恒¹, 井原慶彦², 後藤貴行³, 佐々木孝彦⁴

¹神戸大学院理学研究科, ²北海道大学大学院理学研究科,

³上智大学大学院理工学研究科, ⁴東北大学金属材料研究所

Selection Rule of the Direct Transition in the Spin Gap System KCuCl_3

スピングャップ系 KCuCl_3 における直接遷移の選択則



The direct transition between the singlet and triplet states, observed by the electron spin resonance (ESR) measurement, is useful to investigate quantum energy levels of spin gap systems. However, the direct transition is forbidden in principle for usual magnetic dipole transition, and thus the reason of the observation is still under the debate. We have recently proposed that the direct transition can be induced by the spin-driven electric polarization, which depends on the vector spin chirality. To confirm our proposal, we have measured the ESR signal of the direct transition in the spin gap system KCuCl_3 by illuminating polarized electromagnetic wave. The experimental result, that the stronger ESR signal is observed when the oscillating electric field is applied perpendicular to $[010]$, demonstrated that the direct transition in KCuCl_3 is mainly induced by an electric component of the electromagnetic wave.

S. Kimura¹, K. Watanabe¹, M. Hagiwara², H. Tanaka³

¹ IMR, Tohoku University, ² AHMF, Osaka University

³ Dept. of Phys., Tokyo Institute of Technology

スピンスingレット状態からトリプレット状態への光学遷移(直接遷移)は、スピングャップ系のエネルギー構造の磁場依存性を解明する上で有効な手段である。しかし直接遷移は原則的には禁制でその観測機構の詳細はまだ解明されていない。我々はベクトルスピнкаイラティの揺らぎに由来する電気双極子遷移による直接遷移の観測機構を提案している。これを検証するため行ったスピングャップ系 KCuCl_3 の偏光を用いた ESR 測定の結果は、この物質の直接遷移が主に $[010]$ に垂直な振動電場によって引き起こされていることを示唆している。

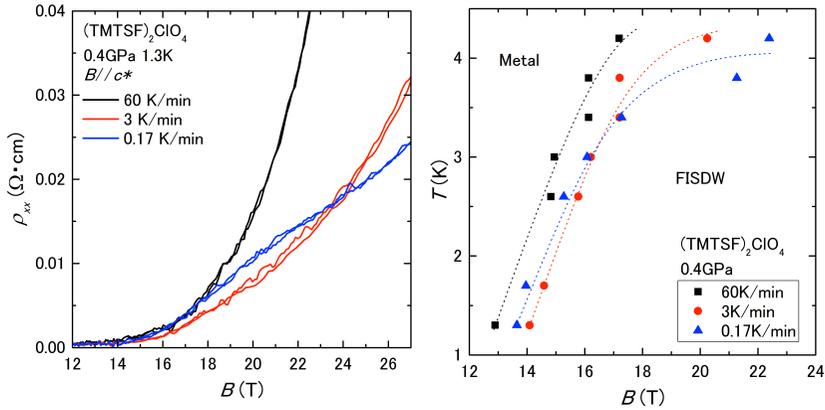
木村尚次郎¹, 渡辺和雄¹, 萩原政幸², 田中秀数³

¹ 東北大学金属材料研究所, ² 大阪大学先端強磁場科学研究センター,

³ 東京工業大学大学院理工学研究科

Anion Ordering in the Field-induced Spin-density Wave Transitions of Quasi-one-dimensional Organic Conductor $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$

擬一次元有機導体 $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ の 磁場誘起スピン密度波転移におけるアニオン秩序化



Transport measurements in the metallic and the field-induced spin-density-wave (FISDW) state in $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$, which has the superlattice due to the anion ordering (AO), were conducted for various cooling rates under magnetic fields. With increasing cooling rate, the metal-FISDW transition field slightly increased and rapidly decreased above 3.0 K/min. This result can be explained by the change of the FISDW wave vector due to the decrease of the AO potential.

T. Minamitate¹, N. Matsunaga², K. Nomura², T. Sasaki³

¹ Graduate School of Science, Hokkaido University

² Faculty of Science, Hokkaido University

³ IMR, Tohoku University

アニオン秩序化(AO)による長周期構造を持つ $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ の金属相および磁場誘起スピン密度波相(FISDW)における輸送現象の冷却速度依存性を強磁場下において測定した。その結果、3K以下ではFISDW転移磁場が冷却速度の増大に伴って一度増大し、その後減少に転じることが明らかになった。これは、急冷によるAOポテンシャルの縮小により、安定となるFISDW波数が変化したためと考えられる。

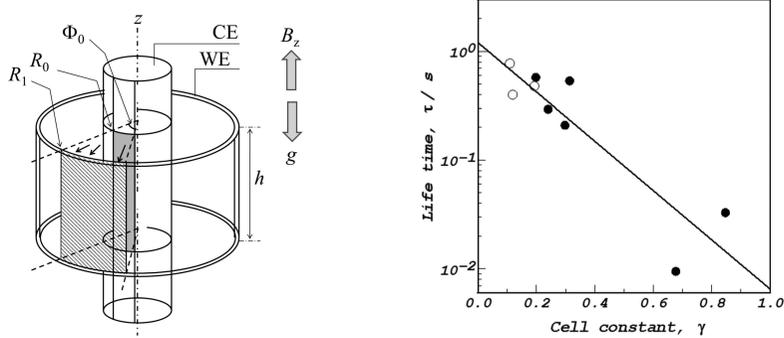
南館 孝亮¹, 松永 悟明², 野村 一成², 佐々木 孝彦³

¹北海道大学大学院理学院, ²北海道大学大学院理学研究院,

³東北大学金属材料研究所

Lifetime of Ionic Vacancy Measured by Cyclotron MHD Electrode under a Vertical High Magnetic Fields

高磁場下におけるイオン空孔寿命の測定



The lifetimes of ionic vacancies created in electrochemical reaction have been measured by means of cyclotron magnetohydrodynamic electrode (left figure), which is composed of coaxial cylinders partly exposed as electrodes and placed vertically in an electrolytic solution under a vertical magnetic field, so that induced Lorentz force makes ionic vacancies circulate together with the solution along the circumferences.

At low magnetic fields, due to low velocities, ionic vacancies once created become extinct on the way of returning, whereas at high magnetic fields, in enhanced velocities, they can come back to their initial birthplaces. Detecting the difference between these two states, we can measure the lifetime of ionic vacancy. The lifetimes of ionic vacancies created in the oxidation and reduction are the same, and the intrinsic lifetime is 1.25 s (right figure), and the formation time of nanobubble from the collision of ionic vacancies is 6.5 ms.

Y. Oshikiri¹, A. Sugaiyama², M. Miura³, R. Aogaki⁴, I. Mogi⁵

¹ Yamagata College of Industry and Technology, ² Waseda University,

³ Hokkaido Polytechnic College, ⁴ Polytechnic University, ⁵ IMR, Tohoku University

Reference: A. Sugiyama, *et al.*, *Sci. Rep.*, Vol. 6, Art. No. 19795, 2016.

電極反応時に溶液側に形成されるイオン空孔が、どの程度の時間まで存在可能であるかの知見は、電極反応へのイオン空孔の影響を考えるために必要である。イオン空孔は、等エントロピー粒子として扱われ、溶液粘性を著しく低下させる性質を持つ。今回、サイクロトロン電極(左図)を用い、この粘性への効果を利用することで、イオン空孔寿命の測定に成功した。代表的な酸化還元反応においては、自然寿命 1.25s を確認した(右図)。凡そ 1s の寿命は電子移動時間 10^{-15} s に比べ異常に長く、今結果によって、イオン空孔による電極反応制御が補足された。

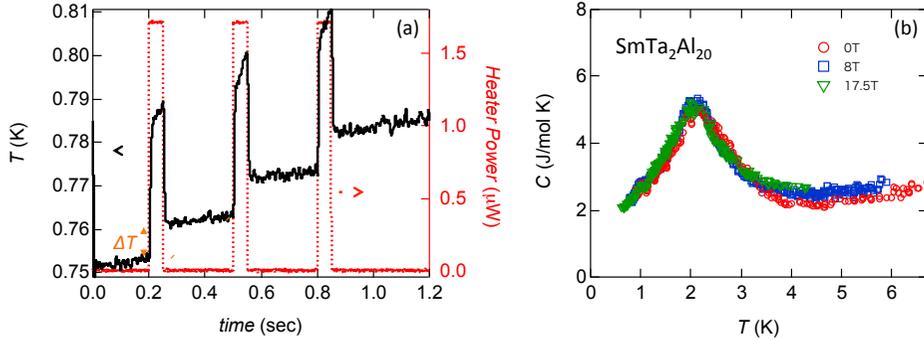
押切 剛伸¹, 杉山 敦史², 三浦 誠³, 青柿 良一⁴, 茂木 巖⁵

¹ 山形県立産業技術短期大学校, ² 早稲田大学, ³ 北海道職業能力開発大学校,

⁴ 職業能力開発総合大学校, ⁵ 東北大学金属材料研究所

Development of a High-speed Calorimeter Working at Low Temperatures and High Magnetic Fields

低温・強磁場下で動作する高速比熱測定装置の開発



We developed a high-speed calorimeter working at low temperatures and high magnetic fields. Figure (a) shows the time variation of the sample temperature caused by application of the 50 ms heat pulses. Heat capacity was estimated from the applied heat and the temperature difference between before and after the heat pulse (ΔT). In this measurement, the time required for measuring a heat capacity datum is about 200 ms. The rapid heat-pulse measurements on Cu detected the heat capacity without the delayed contribution of the nuclear spins, which weakly couple with the lattice system at low temperatures and magnetic fields. In addition, the present experimental technique can obtain the temperature dependences of the heat capacity shown in Fig. (b) in a very shorter time than relaxation method, which is advantageous to use in the hybrid magnet combining resistive and superconducting magnets.

T. Kihara¹, Y. Kohama², M. Tokunaga²

¹ IMR, Tohoku University, ² ISSP, The University of Tokyo

高速で比熱を測定する手法を開発した。図(a)は断熱条件下で試料に50msのヒートパルスを与えたときの試料温度の時間変化である。ヒートパルス前後の温度差(ΔT)から200ms程度の短い時間スケールで比熱を見積もることができる。これを利用して、低温・強磁場下において核比熱と電子比熱とを緩和時間の違いを使って分離できることを、テスト試料 Cu を用いた実験で示した。また本測定系は、緩和法に比べ非常に短時間で図(b)に示すようなデータセットが得られるので、マシンタイムの限られているハイブリッドマグネットを使った実験への応用も期待できる。

木原 工¹, 小濱 芳允², 徳永 将史²

¹ 東北大学金属材料研究所, ² 東京大学物性研究所