

機関番号：12608

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2008～2010

課題番号：20684016

研究課題名(和文) 圧力誘起非従来型超伝導体における超伝導対称性および異常金属状態の研究

研究課題名(英文) Study of superconducting symmetry and anomalous metallic state in pressure-induced unconventional superconductors

研究代表者

井澤 公一 (IZAWA KOICHI)

東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号：90302637

研究成果の概要(和文)：

非従来型超伝導体における超伝導対称性および異常な常伝導金属状態の統一的な理解を目的とし、多重極限下における熱輸送係数および比熱測定により準粒子低エネルギー励起を調べた。その結果、鉄ヒ素系超伝導体、 d 電子系マルチギャップ超伝導体、 β 型パイロクロア超伝導体、および多重超伝導相をもつ超伝導体における準粒子励起構造を明らかにすることができた。また Yb 化合物における異常な金属状態についてもその量子臨界性に関する新たな知見を得ることに成功した。

研究成果の概要(英文)：

In order to understand superconducting symmetry and anomalous metallic state of unconventional superconductors, we studied the low-energy excitation of quasi-particles (QPs) by the thermal transport and specific heat measurements. As the results, we clarified the low energy QP excitation structure of iron pnictides, d -electron multi-gap superconductor, β -pyrochlore superconductor, and multicomponent superconductor. We also get new information on the quantum criticality in the anomalous metallic state of Yb compounds.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	16,600,000	4,980,000	21,580,000
2009年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	20,400,000	6,120,000	26,520,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・物性 II

キーワード：超伝導・密度波，超伝導対称性，量子臨界性

1. 研究開始当初の背景

これまでセリウム化合物，ウラン化合物などにおいて、非従来型超伝導と呼ばれる従来の超伝導をよく説明してきた BCS 理論では説明困難な超伝導が数多く発見されている。特にここ最近の非従来型超伝導の発見はめざましく、スピン三重項超伝導、時間反転対

称性の破れた超伝導、空間反転対称性の破れた超伝導、多重超伝導など、エキゾチックな超伝導が数多く見つかっている。このような従来では考えられないような超伝導状態、さらには発現機構をめぐってこれまで数多くの研究が精力的になされてきた。しかしながらこれらの超伝導対称性が従来型とは異なる

ることが示唆されているものの、その具体的な状態は明らかにはされてはいなかった。これは、幅広い物質に適用可能な超伝導対称性を直接的に見る方法がほとんどなかったことが原因であり、そのような実験手法の開発、およびその手法による超伝導対称性の解明が渴望されていた。

一方、これら非従来型超伝導体の多くは、反強磁性、強磁性などの秩序状態が圧力、磁場などのパラメータにより抑制され消失する点、いわゆる量子臨界点をもつことが知られている。そして興味深いことはその量子臨界点付近において非フェルミ液体と呼ばれる異常な量子状態が出現し、非従来型超伝導は、そのような異常量子状態をさらに低温に下げたときに発現することである。このことから非従来型超伝導は、このような秩序状態の揺らぎを媒介として実現している可能性が議論され、超伝導発現機構の理解にこの量子臨界点付近の低エネルギー励起構造の理解が極めて重要であると考えられている。そこで多くの研究者により量子臨界点付近の電子状態が調べられてきた。その研究の多くは、比熱、電気抵抗率、磁化率などの温度依存性に基づいて議論されていたが、評価する温度域により結果が異なることがあるなどの問題点があり、更なる理解には異なる視点からの研究が必要であった。

2. 研究の目的

本研究では非従来型超伝導体における超伝導対称性と常伝導状態に置ける異常な量子状態がどのように関係しているのかを明らかにすることで超伝導発現機構に関する知見を得るため、超伝導状態における準粒子励起構造、および常伝導状態で見られる異常な量子状態での低エネルギー励起構造、の両アプローチから電子状態を理解することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では非従来型超伝導体に対し、大きく分けて、(1)超伝導状態における準粒子低エネルギー構造の研究、および(2)常伝導状態における電子の低エネルギー構造の研究、の2つの研究を平行して進めた。

まず、従来の実験手法の問題点を解決した新たな実験手法として、ダイヤモンドアンビルセル(DAC)を用いたマイクロボロメータの開発、および結晶方位に対し任意の方向に磁場を精密に印加することのできる磁場回転機構の構築、を行う。そしてこれらを用いて非従来型超伝導体に対し、比熱、熱伝導率、熱伝係数などの物理量を極低温、高磁場、高圧などの極限環境下において系統的に調べ、超伝導状態および常伝導状態それぞれにおける準粒子(電子)低エネルギー励起構造の

詳細を明らかにしてゆく。

4. 研究成果

本研究で得られた成果は大きく以下の7つに分けられる。

(1)DAC を用いたマイクロボロメータおよび磁場回転機構の開発

高圧下での比熱測定を行うため、DAC セルを用いたボロメータの開発を行った。DAC セル本体の材質に熱処理したBe-Cuを用いることでセルの強度を上げ、キュレット 1 mm のダイヤモンドを使用することで、約 10 GPa の圧力発生が可能となった。静水圧性の高い測定を行うため、液化アルゴンを圧力媒体として封入するための装置も製作した。これにより、10 GPa 程度の超高压下における比熱測定が可能となった。

熱伝導率、比熱の磁場方向依存性の測定を行うための磁場回転機構を構築した。磁場回転機構には超伝導マグネットを2つ垂直に組み合わせ鉛直面内で磁場を回転させることのできるベクトルマグネットにこのベクトルマグネットを備え付けたデュア本体を垂直軸周りに回転できるメカニカルローターを組み合わせることにより、1/500 度の精度で任意方向に磁場を印加することが可能となった。

これらのシステムにより非従来型超伝導体の準粒子励起構造を調べる実験が極低温、強磁場、高圧下においても可能となった。このような幅広い極限環境下において角度回転の実験を行うことのできるシステムは国内外を見てもほとんど例はない。

(2)鉄ヒ素系超伝導体 Co-doped BaFe₂As₂ の準粒子励起構造の解明

超伝導状態の準粒子低エネルギー励起および超伝導ギャップ構造の研究として、鉄ヒ素系超伝導体 Co-doped BaFe₂As₂ の極低温高磁場下の熱伝導率および熱ホール伝導率の測定を行った。熱伝導率および熱ホール伝導率はともに超伝導転移温度以下で増大することが分かった。これは従来の超伝導体で見られる振る舞いとは異なり、超伝導転移温度以下で準粒子の平均自由行程が増大していることを示している。このことは常伝導状態での電子輸送に非弾性散乱が重要であることを示唆している。また熱伝導率と熱ホール伝導率を組み合わせることにより見積もった非局在準粒子状態密度が磁場に対しほとんど変化していないことが分かった。これは超伝導ギャップが等方的であることを示唆しており、銅酸化物高温超伝導体の超伝導ギャップ構造とは異なることが明らかとなった。さらに、低温の極限で熱伝導率に温度に比例した成分が存在することが明らかとな

った。これらの結果は、超伝導対称性が理論的に提案されている S_{\pm} 波対であることと矛盾しないことを示している。

(3) d 電子系マルチギャップ超伝導体 $\text{Lu}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ における準粒子励起構造の解明

バンドごとに超伝導ギャップの大きさの異なるマルチギャップ超伝導は、 MgB_2 を初めとした従来型超伝導に限らず、 f 電子系などの強相関係における非従来型超伝導でも見られる普遍的な現象であり、鉄砒素系超伝導体で議論されているように超伝導発現機構を理解する上でもしばしば重要となる。しかしこのマルチギャップ超伝導は、弱相関係とは対照的に、強相関係ではその強い電子相関が電子状態を複雑化させているためほとんど理解されていなかった。

そこで本研究では中程度の電子相関の強さをもつ d 電子系マルチギャップ超伝導体 $\text{Lu}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ に注目し、その磁場中熱伝導率を測定した。その結果、低磁場における熱伝導率が従来のマルチギャップ超伝導体のそれと比べ遥かに大きいことを見いだした。そして2ギャップモデルによる解析からそれぞれの超伝導ギャップの磁場依存性を初めて明らかにした。さらにはこの物質のマルチギャップ超伝導を理解するには各バンドのギャップの大きさだけでなく d 電子に起因したバンドごとに異なる有効質量も考えなければならないことを見いだした。

このように本研究により中程度の電子相関がある場合のマルチギャップ超伝導の理解が進んだことは、今後の強相関電子系における超伝導の理解を進める上での重要な貢献となったと考えられる。

(4) β 型パイロクロア酸化物超伝導体における超伝導発現に対する非調和性の役割

β 型パイロクロア化合物の圧力下磁場中比熱の精密測定を行い、 KOs_2O_6 、 RbOs_2O_6 および CsOs_2O_6 における熱力学的な温度-磁場-圧力相図を構築することに成功した。その結果、3つあるパイロクロア超伝導体のいずれもほぼ同じ格子体積で転移温度の1次転移的な消失があり、さらにその高圧側で別の超伝導が現れることを明らかにした。さらに圧力下での比熱のとびを評価しその結果から圧力により電子格子結合定数が3つの物質を通して上昇することを明らかにした。

また、各物質における上部臨界磁場を精密に調べ、それから各物質における有効質量を見積もった。さらにこの有効質量からも電子格子結合定数の圧力依存性を求め、比熱のとびから得られた結果と矛盾し無いことを確認した。このことはこの系を通して圧力は弱結合から強結合に変化させる効果があることを示している。

さらに超伝導転移温度、および電子格子結合定数を用い、フォノン周波数の評価も行った。その結果、圧力によりフォノン周波数は減少することが明らかとなった。このフォノンの周波数はこの系特有の非調和格子振動の周波数に対応しているという他の研究結果を踏まえると、本研究で見られたフォノン周波数の減少は、圧力により非調和性が増強していると結論づけることができる。この結果は、この系におけるそれまでの非調和性の理解とは異なるものであり、この系での超伝導状態の理解のための重要な情報を与えることが出来た。そしてこれらの結果を踏まえると、一見、系統性のないこの系での超伝導転移温度の圧力依存性が、圧力による非調和性の増強で統一的に説明できることを指摘した。これによりこの系における超伝導発現に対する非調和性の役割をより具体的に示すことができた。

一方、低温構造解析の実験により圧力下での結晶構造の詳細も調べた。その結果、この系共通の現象としてほぼ同じ格子体積で一次の構造相転移が起こること、そして同じ体積で超伝導転移温度にとびが起こることを見いだした。これらの結果から、圧力相図における超伝導転移温度の不連続なとびは1次の構造相転移に伴う電子状態の変化に由来する可能性が高いことを明らかにすることができた。

これらの結果は非調和格子振動が存在する特異な超伝導の発現機構の理解に重要な情報を与えている。

(5) 重い電子系超伝導体 $\beta\text{-YbAlB}_4$ における量子臨界性

量子臨界点近傍にある重い電子系超伝導体 YbAlB_4 の熱伝導率、ゼーベック係数およびネルンスト係数を極低温・磁場中で測定し、量子臨界点近傍の電子状態を調べた。その結果、熱伝導率、ゼーベック係数、ネルンスト係数が量子臨界点近傍で低温に向かって異常な振舞いを示すことを見いだした。これはこの系のもつ量子臨界性に由来する異常であると考えられる。

さらに本研究では、ゼーベック係数と比熱の比 q を用いて量子臨界性を整理するという新たな解析方法を試みた。その結果、 YbAlB_4 における q は低温まで1のオーダーの値でほぼ一定であることが明らかとなった。これは同様に量子臨界点近傍にあると考えられている重い電子系超伝導体 CeCoIn_5 の q が低温に向かって減少するという振る舞いとは大きく異なることがわかった。さらに理論的な予測をふまえると、この結果は、 YbAlB_4 において秩序ベクトルが $Q = 0$ であるような揺らぎがその電子状態形成に重要である可能性が高いことを示唆している。これは次に述

べる同様の量子臨界 Yb 化合物 YbRh_2Si_2 のそれとは大きく異なることもわかった。

このように本研究は両物質における量子臨界性を考える上での重要な情報を提供することができたと考えている。

(6) 重い電子系量子臨界物質 YbRh_2Si_2 の量子臨界性

量子臨界点近傍にある強相関電子系 YbRh_2Si_2 に対しても熱伝導率、ゼーベック係数およびネルンスト係数の測定を極低温・磁場中で行い、その電子状態を調べた。この YbRh_2Si_2 の量子臨界性については国内外の研究者により活発な議論が行われ、Kondo break down や local QCP といった非従来型の量子臨界性をもつ異常な金属状態の可能性が指摘されてきた。そこで本研究ではこの物質の量子臨界性を明らかにすべく、特に $\beta\text{-YbAlB}_4$ と同様にゼーベック係数と比熱の比 q に注目した。その結果、 YbRh_2Si_2 では温度低下とともにもともと 1 のオーダーであった q が量子臨界点の付近のみ大きく減少することを見いだした。これはこの物質においては秩序ベクトルが $Q \neq 0$ という揺らぎが重要であることを示している。これは上で述べた YbAlB_4 とことなるだけでなく、この物質に対して提案されている Kondo break down および local QCP のいずれのモデルとも矛盾しており、これまでの議論の再考の必要性を示す結果である。

このように本研究で試みたゼーベック係数と比熱の比 q による議論は、量子臨界性の分類に関して新たな情報を得る方法としてかなり有効であることがわかった。したがって、この分類を様々な量子臨界物質に対し系統的に行えば、それらの異常な電子状態の理解がさらに進展することが大いに期待される。

(7) 重い電子系超伝導体 UPt_3 の超伝導対称性の解明

重い電子系超伝導体 UPt_3 は奇パリティの多重超伝導相をもつ非従来型超伝導体である。これまで多くの研究によりその超伝導対称性が議論され有力な候補が提案されているが、直接的に実験で確認はされておらず、その理解が渴望されていた。そこで本研究では、熱伝導率の磁場方向依存性の実験を行い、超伝導ギャップ対称性に関する重要な結果を得ることに成功した。その結果、 UPt_3 ではこれまで有力だと考えられていた対称性とは異なる対称性が実現している可能性が高いことを明らかにした。現在、この結果については発表準備を進めている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

1. Y. Machida, S. Sakai, K. Izawa, H. Okuyama, and T. Watanabe, Enhanced quasiparticle heat conduction of the multigap superconductor $\text{Lu}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$, Phys Rev. Lett. **106**, 107002-1~107002-4 (2011). 査読有.
2. Y. Machida, C. Ogura, K. Izawa, K. Kuga and S. Nakatsuji, Low-temperature thermal transport coefficients of heavy fermion $\beta\text{-YbAlB}_4$, Journal of Physics: Conference Series, **273**, 012005-1~012005-4 (2011). 査読有.
3. T. Isono, D. Iguchi, Y. Machida, K. Izawa, B. Salce, J. Flouquet, H. Ogusu, J. Yamaura, and Z. Hiroi, Pressure effect on the superconductivity of β -pyrochlore oxides, Journal of Physics: Conference Series, **273**, 012076-1~012076-4 (2011). 査読有.
4. Y. Machida, K. Tomokuni, T. Isono, K. Izawa, Y. Nakajima, T. Tamegai, Thermal conductivity tensor of single crystalline Co-doped BaFe_2As_2 , Physica E, **43**, 714-717 (2011). 査読有.
5. T. Isono, D. Iguchi, Y. Machida, K. Izawa, B. Salce, J. Flouquet, H. Ogusu, J. Yamaura, Z. Hiroi, Low-temperature specific heat of the β -pyrochlore oxide superconductors under high pressure, Physica E, **43**, 726-729 (2011). 査読有.
6. Y. Machida, K. Tomokuni, T. Isono, K. Izawa, Y. Nakajima, T. Tamegai, Thermal transport studies on Co-doped BaFe_2As_2 , Physica C, **470**, S478-S479 (2010). 査読有.
7. T. Isono, D. Iguchi, Y. Machida, K. Izawa, B. Salce, J. Flouquet, H. Ogusu, J. Yamaura, Z. Hiroi, Low temperature specific heat of the β -pyrochlore superconductors under high pressure, Physica C, **470**, S721-S722 (2010). 査読有.
8. Y. Machida, K. Tomokuni, T. Isono, K. Izawa, Y. Nakajima, T. Tamegai, Possible Sign-Reversing s-Wave Superconductivity in Co-Doped BaFe_2As_2 Proved by Thermal Transport Measurements, J. Phys. Soc. Jpn., **78**, 073705-1~073705-4 (2009). 査読有.
9. JI. Yamaura, Z. Hiroi, K. Tsuda, K. Izawa, Y. Ohishi, S. Tsutsui, Re-examination of the crystal structure of the beta-pyrochlore oxide superconductor KOs_2O_6 by X-ray and convergent-beam electron diffraction analyses, Solid State Communications, **149**, 31-34, (2009). 査読有.

10. Y Nakajima, T. Shibauchi, H. Shishido, H. Nakai, K. Behnia, K. Izawa, M. Hedo, Y. Uwatoko, T. Matsumoto, R. Settai, Y. Onuki, H. Kontani, Y. Matsuda, Non-Fermi liquid behavior in the magnetotransport of quasi two-dimensional heavy Fermion compounds CeMIn_5 , *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, **69**, 3261-3264 (2008). 査読有.
11. A. Banerjee, B. Fauque, K. Izawa, A. Miyake, I. Sheikin, J. Flouquet, B. Lenoir, K. Behnia Transport anomalies across the quantum limit in semimetallic $\text{Bi}_{0.96}\text{Sb}_{0.04}$, *Phys. Rev. B*, **78**, 161103-1 ~ 161103-4, (2008). 査読有.

[学会発表] (計 23 件)

1. 町田洋, 伊藤淳史, 宗義尚, 井澤公一, 芳賀芳範, 山本悦嗣, 木村憲彰, 大貫惇睦, 熱伝導率でみた UPt_3 の超伝導ギャップ構造, 日本物理学会第 66 回年次大会, 2011 年 3 月 25 日, 新潟大学.
2. 磯野貴之, 原悠太, 井口大輔, 町田洋, 井澤公一, 筒井智嗣, 大石泰生, B. Salce, J. Flouquet, 小楠寛貴, 山浦淳一, 広井善二, β 型ハイロクロア酸化物の圧力下における結晶構造と超伝導特性, 日本物理学会第 65 回秋季大会, 2010 年 9 月 25 日, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス.
3. 町田洋, 小椋千花子, 井澤公一, 久我健太郎, 中辻知, 熱伝導率からみた重い電子系 $\beta\text{-YbAlB}_4$ の量子臨界性, 日本物理学会第 65 回秋季大会, 2010 年 9 月 23 日, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス.
4. 友國恒介, 町田洋, 井澤公一, G. Lapertot, G. Knebel, J-P. Brison, J. Flouquet, 重い電子系化合物 YbRh_2Si_2 の熱電係数と量子臨界性, 日本物理学会第 65 回秋季大会, 2010 年 9 月 23 日, 大阪府立大学中百舌鳥キャンパス.
5. Y. Machida, C. Ogura, K. Izawa, K. Kuga and S. Nakatsuji, Thermoelectric coefficients of the quantum critical $\beta\text{-YbAlB}_4$, International Conference on Heavy Electrons 2010, Sept. 17-20, 2010, Tokyo.
6. D. Iguchi, T. Isono, Y. Machida, K. Izawa, B. Salce, J. Flouquet, H. Ogusu, J.-I. Yamaura, and Z. Hiroi, Pressure dependence of upper critical field in β -pyrochlore oxides, International Conference on Heavy Electrons 2010, Sept. 17-20, 2010, Tokyo.
7. T. Isono, D. Iguchi, Y. Machida, K. Izawa, B. Salce, J. Flouquet, H. Ogusu, J.-I. Yamaura, and Z. Hiroi, Crystal structure and superconductivity of β -pyrochlore oxides under high pressure,

- International Conference on Heavy Electrons 2010, Sept. 17-20, 2010, Tokyo.
8. K. Tomokuni, Y. Machida, K. Izawa, G. Lapertot, G. Knebel, J-P. Brison, J. Flouquet, Thermal transport properties and quantum criticality of heavy fermion YbRh_2Si_2 , International Conference on Heavy Electrons 2010, Sept. 17-20, 2010, Tokyo.
9. K. Izawa, K. Tomokuni, Y. Machida, G. Lapertot, G. Knebel, J.-P. Brison and J. Flouquet, Quantum criticality of YbRh_2Si_2 and related compounds studied by thermal conductivity and thermoelectric coefficients, The 2010 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems, June 27-July 2, 2010, Santa Fe, NM, USA.
10. Y. Machida, C. Ogura, K. Izawa, K. Kuga and S. Nakatsuji, Low-temperature thermal transport coefficients of heavy fermion $\beta\text{-YbAlB}_4$, The 2010 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems, June 27-July 2, 2010, Santa Fe, NM, USA.
11. T. Isono, D. Iguchi, Y. Machida, K. Izawa, B. Salce, J. Flouquet, H. Ogusu, J.-I. Yamaura, and Z. Hiroi, Pressure effect on the superconductivity of β -pyrochlore oxides, The 2010 International Conference on Strongly Correlated Electron Systems, June 27-July 2, 2010, Santa Fe, NM, USA.
12. K. Izawa, Probing quantum criticality in strongly correlated electron systems by transport coefficients, International Workshop: The New Generation in Strongly Correlated Electron Systems 2010, June 20-25, 2010, Lanzarote, Spain.
13. 町田洋, 小椋千花子, 井澤公一, 久我健太郎, 中辻知, 重い電子系 $\beta\text{-YbAlB}_4$ の低温熱輸送係数, 日本物理学会第 65 回年次大会, 2010 年 3 月 21 日, 岡山大学.
14. 友國恒介, 町田洋, 井澤公一, G. Lapertot, J-P. Brison, J. Flouquet, 重い電子系化合物 YbRh_2Si_2 の量子臨界点近傍における熱輸送特性, 日本物理学会第 65 回年次大会, 2010 年 3 月 21 日, 岡山大学.
15. 井口大輔, 磯野貴之, 町田洋, 井澤公一, 小楠寛貴, 山浦淳一, 廣井善二, β 型パイロクロア酸化物 RbOs_2O_6 の上部臨界磁場の圧力依存性, 日本物理学会第 65 回年次大会, 2010 年 3 月 21 日, 岡山大学.
16. 酒井翔, 町田洋, 井澤公一, 渡辺忠孝, 奥山浩朗, 熱伝導率でみたマルチギャップ超伝導体 $\text{Lu}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ の準粒子低エネルギー励起, 日本物理学会第 65 回年次大会, 2010 年

3月20日, 岡山大学.

17. 町田洋, 酒井翔, 井澤公一, 渡辺忠孝, 奥山浩朗, 鉄珪化物超伝導体 $\text{Lu}_2\text{Fe}_3\text{Si}_5$ の熱伝導率, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 2009 年 9 月 28 日, 熊本大学.

18. 小椋千花子, 町田洋, 井澤公一, 久我健太郎, 富田崇弘, 中辻知, 熱輸送係数測定による $\beta\text{-YbAlB}_4$ の量子臨界性, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 2009 年 9 月 28 日, 熊本大学.

19. 磯野貴之, 井口大輔, 町田洋, 井澤公二, B. Salce, J. Flouquet, 小楠寛貴, 山浦淳一, 広井善二, β 型パイロクロア酸化物超伝導体の高圧下における低温比熱, 日本物理学会 2009 年秋季大会, 2009 年 9 月 27 日, 熊本大学.

20. Y. Machida, K. Tomokuni, K. Izawa, Y. Nakajima, T. Tamegai, Thermal Transport Studies on Co-doped BaFe_2As_2 , 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity, 7 Feb.-12 Feb. 2009, Tokyo.

21. T. Isono, D. Iguchi, Y. Machida, K. Izawa, B. Sales, J. Flouquet, J. Yamaura, Z. Hiroi, Low Temperature Specific Heat of the beta-Pyrochlore Superconductors under High Pressure, 9th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity, 7 Feb.-12 Feb. 2009, Tokyo.

22. 町田洋, 友國恒介, 磯野貴之, 井澤公二, 仲島康行, 為ヶ井強, 鉄砒素系超伝導体 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{As}_2$ の熱伝導率, 日本物理学会第 64 回年次大会, 2009 年 3 月 27 日, 立教大学.

23. 井澤公一, K. Behnia, I. Sheikin, 陰山洋, J. Flouquet, 強磁場下における $\text{SrCu}_2(\text{BO}_3)_2$ の異常な熱輸送, 日本物理学会 2008 年秋季大会, 2008 年 9 月 20 日, 岩手大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井澤 公一 (IZAWA KOICHI)

東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号: 90302637