

北陸先端科学技術大学院大学 研究室レポート

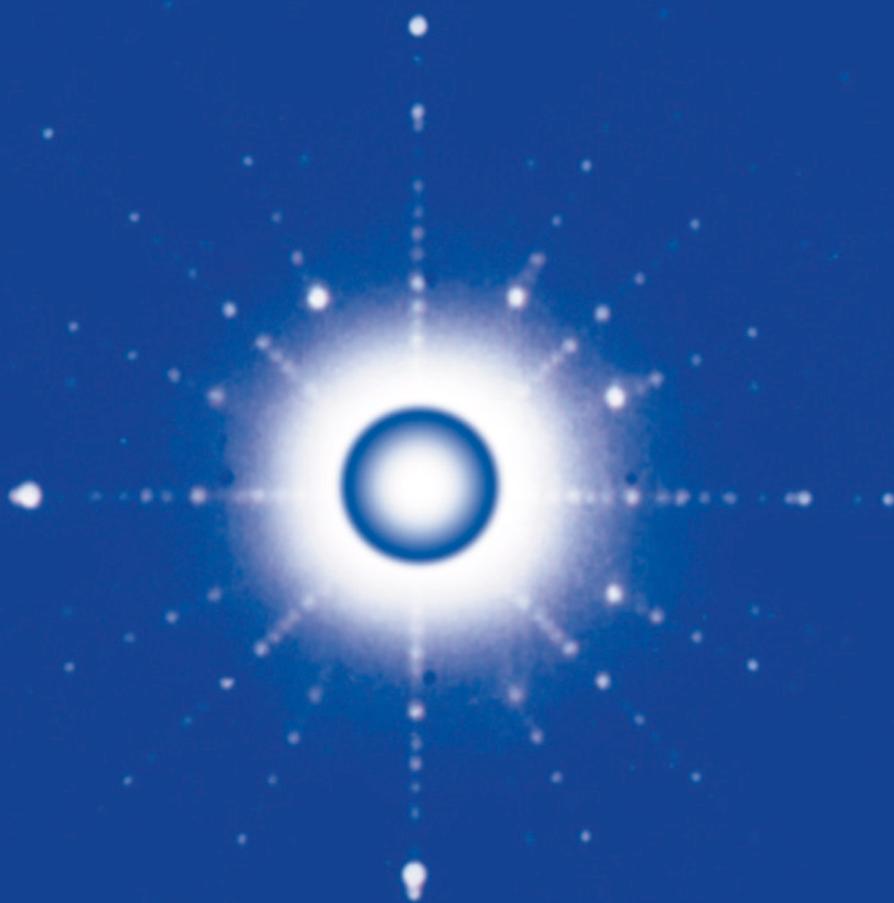
JAISTAR

Japan Advanced Institute of Science and Technology, Announcement of Researchers

Materials
Science

材料科学研究科
岩崎 研究室

高性能機能性材料の物性と創製 電子輸送現象からのアプローチ



科学技術のフロンティアを拓く

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY
1990

北陸先端科学技術大学院大学

北陸先端科学技術大学院大学
材料科学研究科 岩崎 研究室

高性能機能性材料の物性と創製 電子輸送現象からのアプローチ

CO₂削減が世界的な課題となっている今
実験手法開発を含む基礎的な物性研究から
高性能なエネルギー関連材料の創製に挑戦する。



School of
Materials Science
Iwasaki
Laboratory

エネルギー問題への 寄与を目指して

2005年2月に京都議定書が発効したことにより、日本は2012年までに現実的に14%のCO₂削減の義務を負うこととなった。環境保全の問題とも関連して地球規模で必要性が叫ばれているのがエネルギーの有効利用である。岩崎秀夫助教授は新時代のエネルギー技術である熱電変換技術の研究を通して、この課題に挑む研究者である。岩崎助教授のバックグラウンドは超伝導の基礎物性にある。学生時代から超伝導に取り組み、当時成功例がなかった反強磁性超伝導体の単結晶育成や、磁性と超伝導の相関に起因する物性の解明などの成果をあげたが、超伝導転移温度が8Kという世界であったため、応用とはほとんど無縁の研究であった。JAISTに着任後、これまでの知識と実験技術を活かし、同時に研究成果を社会へと還元できる分野である熱電変換の研究に携わるようになった。現在は材料科学科の複数の研究室と企業からなる熱電材料関係の共同研究プロジェクトにも参画している。

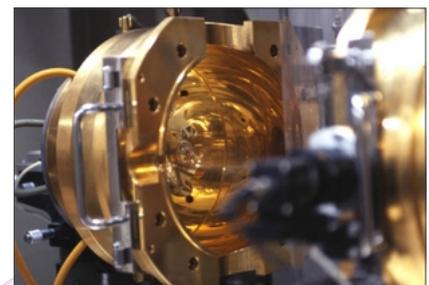
現時点で、石油燃料に替わるものとして有力視されているのは燃料電池と太陽光発電である。しかし近年多くの研究者が熱電変換の研究の第一線に加わったことで分野が活性化し、熱電変換の効率も太陽電池のそれに迫るところまで到達している。JAISTにおいてもさまざまな分野の研究者が集まり、刺激しあうことで新しい技術や手法の萌芽ともいえるアイデアが生まれている。

実験手法、装置の 開発からスタート

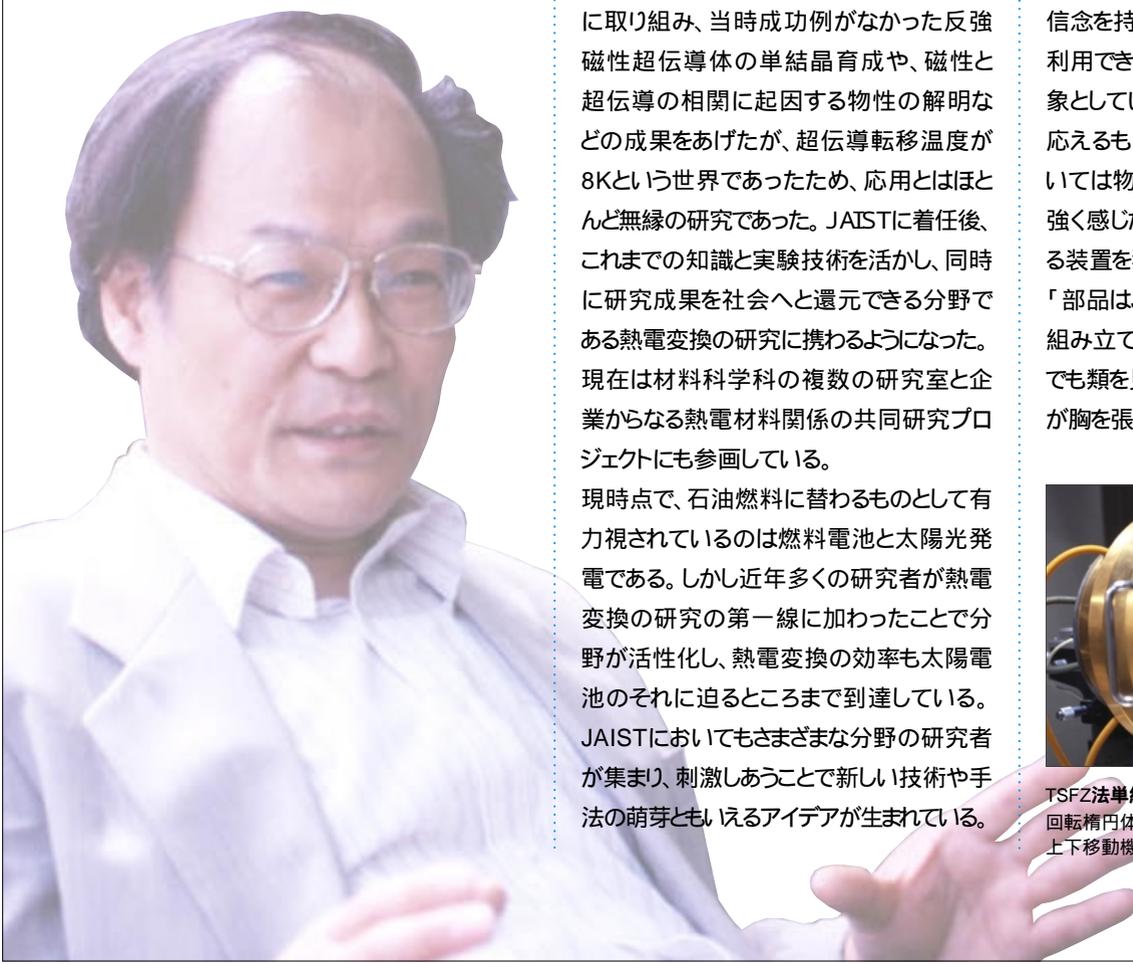
「基本的にはエネルギー関連材料の物性をきちんと理解し、いろんな現象の物理的な意味を明確にすることがベース。そこから何か新しい機能を持つ材料の創製につなげていきたい」と語る岩崎助教授。研究室では新しい熱電物性の評価法の開発を柱として、高効率な性能を示す材料開発を行っている。

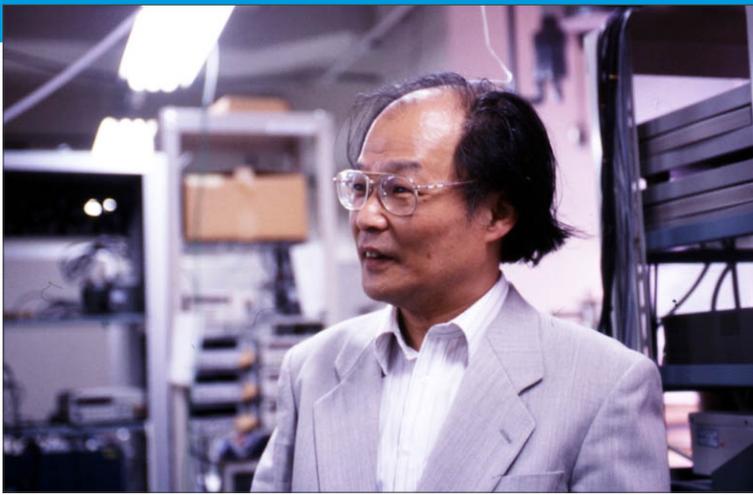
助教授は実験系の研究者として、実験手法や装置の開発にも力を入れるべきとの信念を持っている。もちろん市販の装置も利用できるが、ある程度広いユーザーを対象としているため必ずしも個々のニーズに応えるものではない。特に熱電材料については物性評価手法の確立の必要性を強く感じたことから、Herman法を原理とする装置を独自に開発した。

「部品はJAISTの工作棟で作製し、自分で組み立てた、腕と粘りで作った装置。世界でも類を見ないほど高性能です」と助教授が胸を張って紹介するこの実験装置は、



TSFZ法単結晶育成装置の単結晶育成部
回転円体のミラーを使って赤外線装置中心に集め、
上下移動機構を使って単結晶が育成される。





17T - 超伝導マグネット
超伝導線からなるソレノイドコイルを液体ヘリウムに浸けた状態で強い磁場を発生する。液体ヘリウムデューワーは床に掘られたピット内に納められている

試料内を流れる熱流の測定、試料内に生じた温度分布の測定などにおいて、従来の熱電材料の評価装置を凌ぐ精度を示している。非平衡 - 非線形定常状態はこの装置を用いることで初めて見つかった新規熱電現象であり、熱電材料の高性能化に結びつくと期待される。最近では学外にもこの装置の存在が知られるようになり、企業から次々と問い合わせや測定依頼が寄せられている。

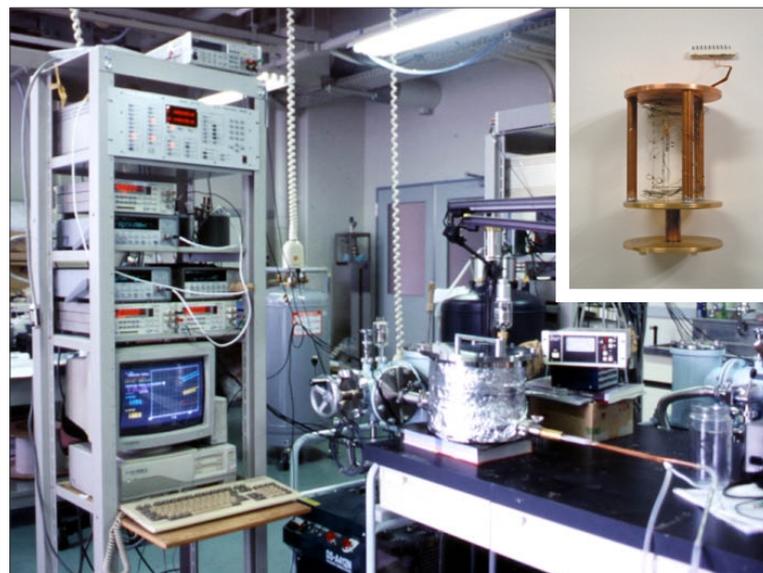
超伝導の基礎研究から 応用へ

岩崎助教授が長年研究を続けている超伝導についても、高温超伝導が発見されたことにより応用の面での展望が出てきている。超伝導体はジュール熱が出ないため電力の輸送に有効であるとされる。現状では発電所から各家庭に電力を輸送する間にジュール熱が発生し、半分以上のエネルギーが放出されている。仮に超伝導体のケーブルで発電所と家庭をつなぐことができれば、ジュール熱なしで100%電力を持っ

てくることが可能になる。可能になる。ただし、実用化への道筋はそれほど容易なことではない。そこでは必然的に現れる磁場中での性質の理解が要求される。つまり磁場中で超伝導体内に侵入する渦系の集団的な振る舞いを明らかにすることが実用上極めて重要なものとなる。渦系が何らかの駆動力によって運動をはじめると、超伝導体内部には電気抵抗が出てしまうからである。酸化物超伝導体には、見る方向によって物性が全然違って見えるという異方性という性質があり、岩崎助教授は、この異方性という性質を研究の基本において超伝導体内で多様な形で発現する磁束系(渦系系)の性質の研究に取り組んでいる。研究室では日々単結晶の育成と実験を繰

り返し、研究を進めている。実験技術、手法を身につけ発展させていくことは学生にとって重要なことだが、最近ではメーカーから提供される便利な測定装置が多く出回り、測定の原理を知らなくてもキーボードを叩くだけでデータを得ることができる。しかし岩崎助教授は実験装置をブラックボックスにはしてはいけないと警鐘を鳴らし、学生にこう説いている。

「研究のスピードが日々速くなっている今だからこそ、装置の基本原理や物理量の測定手法についても常に問題意識を持つ姿勢を大切にしてほしい」。



研究室で開発された熱電物性測定装置。性能指数ZT、素子内の温度分布、熱流のほか種々熱電物性が評価できる。右上はこの装置の心臓部となる試料ホルダー。

Research Interests

北陸先端科学技術大学院大学 材料科学研究科

助教授 **岩崎 秀夫**

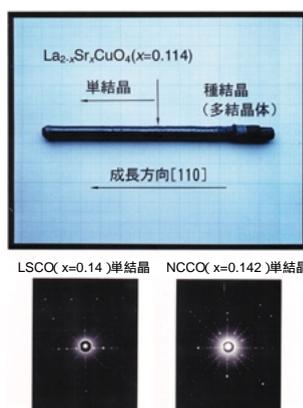
Associate Professor Hideo Iwasaki

岩崎研究室 材料科学棟IV TEL:0761-51-1571 FAX:0761-51-1575
<http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/dendo/iwasaki-lab/index.html>
 E-mail hideo@jaist.ac.jp

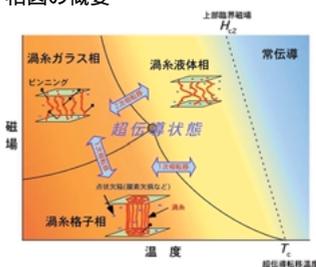
主な研究テーマ

1) 高温酸化物超伝導体における渦糸状態

酸化物超伝導体は、従来型の超伝導体よりも超伝導転移温度が飛躍的に高い物質群で基礎物理の問題とともに応用の点からも注目されている。磁場中に置かれた超伝導体の試料内には、磁束が量子化された形で侵入し渦糸状態が形成される。渦糸系がどのような性質を持つかは、超伝導研究の中の重要なテーマになっている。結晶をどの方向から見るかによって違った物性を示す性質(異方性)をキーパラメータとして、渦糸のピンニング効果、渦糸間の相互作用、熱エネルギーの影響を考慮しながら、渦糸系の振る舞いを調べている。この種の研究では、良質の単結晶が要求され、研究室ではTraveling Solvent Floating Zone (TSFZ)法により単結晶の育成を行っている。ごく最近の具体的なテーマは、磁場と超伝導を担う伝導面が平行な条件でのジョセフソン磁束系の磁束ピンニングや相転移に関する研究などが挙げられる。

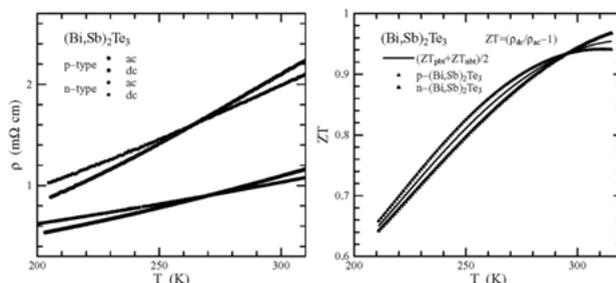


TSFZ法で育成された $\text{La}_{1.886}\text{Sr}_{0.114}\text{CuO}_4$ 単結晶。育成を開始してから数cm程スキャン後単結晶となる。下図は、単結晶のc軸方向から見た背面ラウエ写真。右図は磁束系の相図の概要



2) 熱電エネルギー変換の高効率化

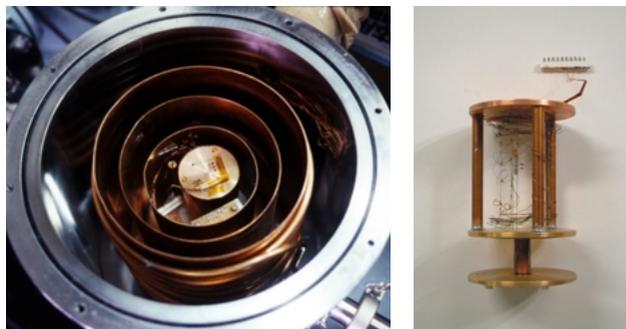
熱電半導体では、高いエネルギー変換効率化のために大きなゼーベック係数を持ち、電気は良く通すが熱は余り伝えない物質が要求され、これを指針として材料開発が行われている。本研究室では、電気抵抗測定のみで熱電材料の性能指数を評価できる装置(Harman法)、及びこの手法を幅広い熱電物性評価へと発展させた装置などの開発を行いながら熱電物性研究を進めている。この手法の優位性を最大限に生かした詳細な実験を進める過程で新規熱電現象(非平衡-非線形定常状態)を確認することが出来た。それに留まらず、発見した新規熱電現象を使った新規な熱電変換材料開発という従来の流れとは異なる切り口からの試みを進めている。またこの現象の物理的な意味を明らかにし、それに基づいた実用分野への応用が現在進行中である。



Harman法によって測定されたBi-Te系のp型、n型素子の電気抵抗の温度依存性と、そのデータから求められる性能指数ZTの温度依存性

3) 材料物性に関する実験手法の開発

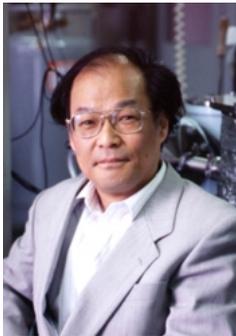
機能性材料における物性研究では、様々な角度から物性を詳細に調べることが必要不可欠である。また、情報を得たい物理量をどういった実験方法で収集するかについては、各研究者は常に考えねばならないことである。そのために今までに行われてこなかった実験手段と装置の開発が必要となり特に熱電変換の研究ではこれを柱にすえて研究を展開している。上記2)で述べた熱電材料の性能評価装置の開発はその典型的な例で、装置開発が非平衡-非線形定常状態といった新規熱電現象の発見へとつながった。現在、様々な熱電材料物性の同時測定、熱流や素子内温度分布の評価などに関する装置開発を精力的に進めている。



使用装置 強磁場超伝導マグネット、SQUID磁束計 (MPMS)、物理物性測定装置 (PPMS)、赤外線加熱単結晶製造装置、ヘリコンスパッター装置、ホットプレス試料作成装置、熱電性能評価装置

キーワード 酸化物高温超伝導、渦糸状態の物理、熱電エネルギー変換

Faculty Profile



北陸先端科学技術大学院大学 材料科学研究科

助教授 岩崎 秀夫

Associate Professor Hideo Iwasaki

< 学位 >

北海道大学理学部物理学科(1977)、東北大学理学研究科修士(1981)、東北大学理学研究科(1984)

< 職歴 >

東北大学金属材料研究所助手 (1984)、カリフォルニア大学サンディエゴ校(文部省在外研究員 X 1989-1990)、北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科助教授 (1994-)

岩崎研究室 材料科学棟IV TEL:0761-51-1571 FAX:0761-51-1575

http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/dendo/iwasaki-lab/index.html E-mail hideo@jaist.ac.jp

専門

低温固体物性、超伝導物性、熱電材料物性

主な研究課題

酸化物超伝導体の混合状態

酸化物超伝導体の混合状態では、磁束(渦糸)に与えられる熱エネルギーの効果系の次元性、ピンニングや磁束間の相互作用と関連しつつ、複雑な振る舞いを示す。良質の単結晶を用い、比熱、磁化、電気抵抗などの測定から混合状態におけるアブリコソフ磁束系、ジョセフソン磁束系の性質を調べ、混合状態の本質の解明を目指す。

熱電エネルギー変換材料の物性

熱電変換技術は、環境保全、省エネルギーの点から重要性が認識されている分野である。熱電物性の精密測定の装置開発とともに、種々熱電材料が示す熱電現象の本質を基礎物理的な立場から明らかにし、高い変換効率を現現する材料の開発を目指す。

磁性超伝導体における磁性と超伝導の相関

超伝導体内にある磁性イオンは、磁性スピンと超伝導電子対間に働く交換相互作用を介して強く超伝導を抑制する。また、超伝導の磁気遮蔽効果によって磁性スピン間の相互作用は弱められる。このような相互作用に基づき磁性超伝導体に特徴的に現われる現象を調べ、磁性と超伝導の相関を単結晶を用いた実験から明らかにする。

主な著書・論文・講演発表

- In-plane Anisotropy in the Resistivity in 60K-YBCO Single Crystal under Magnetic Field, Tomoyuki Naito, Seiya Haraguchi, Tadasi Suzuki, Hideo Iwasaki, Takahiko Sasaki, Terukazu Nishizaki, Kenji Shibata, and Norio Kobayashi, *Physica C* 362 (2001) 310-313
- Fourfold Symmetric Anisotropy in the CuO Planes of 60K-YBa₂Cu₃O₇ Single Crystals, Tomoyuki Naito, Seiya Haraguchi, Hideo Iwasaki, Takahiko Sasaki, Terukazu Nishizaki, Kenji Shibata, and Norio Kobayashi, *Phys. Rev. B* 63 (2001) 172506-172509
- Single Crystal Growth and Improvement of the Superconductivity in Nd_{1-x}Pr_xBa₂Cu₃O_y System, Yukitoshi Fujita, Tadashi Suzuki, and Hideo Iwasaki, *Jpn. J. Appl. Phys.* 40 (2001) 4874-4875
- Observation of the Vortex Lattice Phase Transition in the Specific Heat in La_{0.86}Sr_{0.14}CuO₄ Single Crystal, Hideo Iwasaki, Tatsuhiko Chigira, Tomoyuki Naito, Sin-ichi Moriyama, Yoshihiro Iwasa, Terukazu Nishizaki, and Norio Kobayashi, *Physica C* 366 (2001) 129-134
- In-plane Anisotropy of Nd_{1.86}Ce_{0.14}CuO₄ Single Crystal in Magnetic Fields, Seiya Haraguchi, Tomoyuki Naito, Hideo Iwasaki, T. Sasaki, and Norio Kobayashi, *Physica C* 378-381 (2002) 265-269
- Annealing Effect to the Superconductivity in Nd_{1-x}Pr_xBa₂Cu₃O_y Single Crystal, Yukitoshi Fujita, Tadashi Suzuki, and Hideo Iwasaki, *Physica C* 378-381 (2002) 517-522
- Absence of In-plane Anisotropy in Nd_{2-x}Ce_xCuO₄ Single Crystal, Hideo Iwasaki, Seiya Haraguchi, Tadashi Suzuki, Tomoyuki Naito, T. Sasaki, and Norio Kobayashi, *Physica C* 382 (2002) 283-290
- Evaluation of the Figure of Merit on Thermoelectric Materials by Harman Method, Hideo Iwasaki, Mikio Koyano, and Hidenobu Hori, *Jpn. J. Appl. Phys.* 41 (2002) 6606-6609
- Anomalous In-plane Anisotropy of the Resistivity on Single Crystalline 60-K YBa₂Cu₃O_{7-d} in High Magnetic Fields, Tomoyuki Naito, Seiya Haraguchi, Hideo Iwasaki, Terukazu Nishizaki, Kenji Shibata, and Norio Kobayashi, *Physica C* 388-389 (2003) 333-334
- Growth of Nd_{1-x}Pr_xBa₂Cu₃O_y Single Crystals by Travelling Solvent Floation Zone Method, Yukitoshi Fujita, Sadakazu Sugisaki, and Hideo Iwasaki, *Physica C* 388-389 (2003) 393-394
- Four-fold Symmetry of 90 K YBCO Single Crystals in Magnetic Fields, Seiya

Haraguchi, Y. Kawabata, Tomoyuki Naito, Hideo Iwasaki, Terukazu Nishizaki, and Norio Kobayashi, *Physica C* 388-389 (2003) 415-416

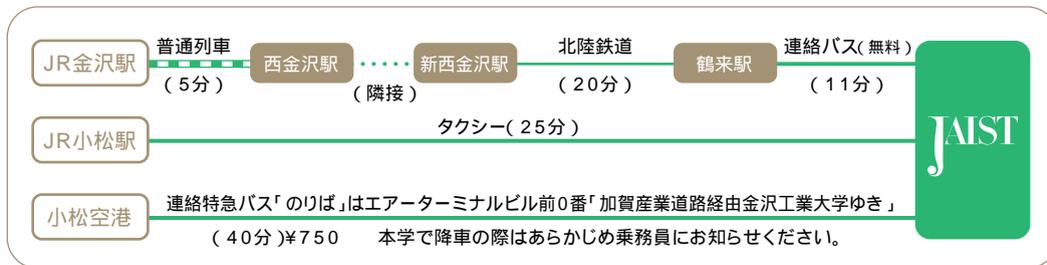
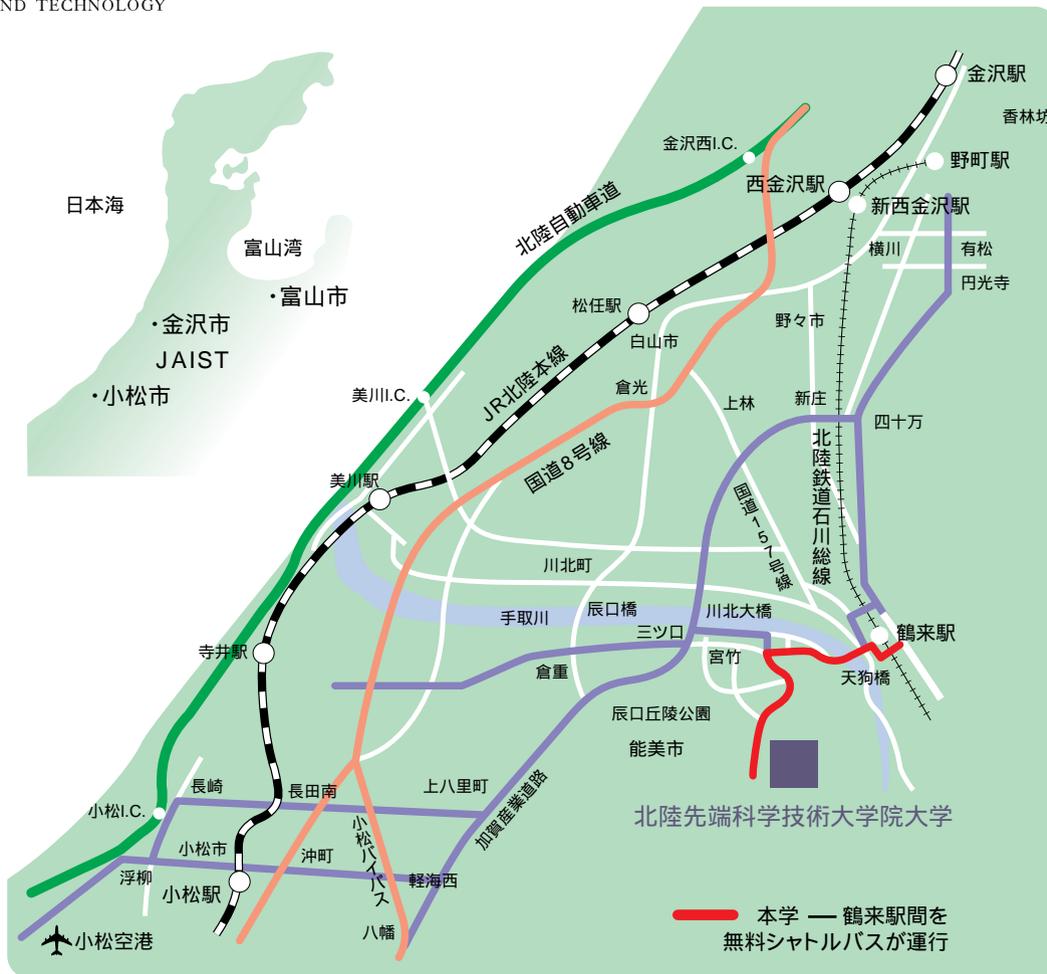
- Vortex Glass Transition of the Josephson Vortex System in LSCO Crystals, Hideo Iwasaki, Yuya Kawabata, Tomoyuki Naito, Yukitoshi Fujita, Seiya Haraguchi, Takahiko Sasaki, and Norio Kobayashi, *Physica C* 388-389 (2003) 735-736
- Dynamics of Vortex Motion in High-Tc Superconductor La_{1.86}Sr_{0.14}CuO₄, Minoru Sasaki, Hideo Iwasaki, Akimasa Ohnishi, Yoshiaki Isobe, Nozomu Asaka, Masahiko Hayashi, and Hiromiti Ebisawa, *Physica C* 388-389 (2003) 763-764
- Evaluation of the Figure of Merit of Thermoelectric Modules by Harman Method, Hideo Iwasaki, Sinya Yokoyama, Tadasi Tsukui, Mikio Koyano, and Hidenobu Hori, *Jpn. J. Appl. Phys.* 42 (2003) 3707-3708
- Effect of Ba doping on Physical Properties of La-Ca-Mn-O Thin Films, N. H. Hong, Shouzou Imai, Joe Sakai, and Hideo Iwasaki, *J. Phys.: Condens. Matter* 15 (2003) 1921-1934
- ハーマン法による熱電材料の物性測定、岩崎 秀夫、小矢野 幹夫、堀 秀信 固体物理 38 (2003) 871-879
- Vortex Slush Regime in the Josephson Vortex Phase Diagram of 60-K Single Crystals, Tomoyuki Naito, Hideo Iwasaki, Terukazu Nishizaki, and Norio Kobayashi, *Phys. Rev. B* 68 (2003) 224516-1-6
- Control of the Figure of Merit by the Anti-site Defect in Thermoelectric Materials (Bi,Sb)₂Te₃, Hideo Iwasaki, Akihiro Ohishi, T. Kajihara, and Seijiro Sano, *Jpn. J. Appl. Phys.* 42 (2003) 5477-5479
- Non-equilibrium and Non-linear Stationary State in Thermoelectric Materials, Hideo Iwasaki, Mikio Koyano, Yasuhisa Yamamura, and Hidenobu Hori, *Solid State Communications* 130 (2004) 507-510
- Control of Carrier Concentration in n-type Hot-pressed Bi_{1.8}Sb_{0.2}Te₃ Alloys, Hee-Joong Im, Dong-Hwan Kim, J. Seung-Sun Ahn, Hideo Iwasaki, Seijiro Sano, Koo-Chul Je, and Tadaaki Mitani, *Jpn. J. Appl. Phys.* 43 (2004) 3548-3551
- Anomalous Vortex Liquid-to-glass Transition in Twinned YBa₂Cu₃O_{7-d}, Tomoyuki Naito, Hideo Iwasaki, Terukazu Nishizaki, and Norio Kobayashi *Phys. Rev. B* 70 (2004) 014515
- Vortex phase transition under tilted magnetic fields in 90-K YBa₂Cu₃O_{7-d} single crystals, Tomoyuki Naito, Seiya Haraguchi, Hideo Iwasaki, Terukazu Nishizaki, and Norio Kobayashi: *Physica C* 412-414 (2004)502-505.
- 第51回応用物理関係連合講演会(2004年3月28-31日、東京工科大学)
- 交流電流により誘起された熱電材料における熱流測定、岩崎 秀夫、小矢野 幹夫、山村 泰久、堀 秀信
- 熱電材料の性能指数評価におけるサイズ依存性、岩崎 秀夫、小矢野 幹夫、山村 泰久、堀 秀信
- 共沈法を用いたBi₂Te₃微粒子の製造におけるpHの影響、D-H Kim, H-E Im, K-C Je, 岩崎 秀夫、三谷 忠興
- 日本物理学会第57回年次大会(2002年3月24-27日、立命館大学)
- Nd123におけるNdサイトへの不純物置換効果、藤田 行俊、杉崎 陽一、岩崎 秀夫
- 高磁場下における60K相YBCOの電気抵抗率面内異方性、内藤 智之、原口 征也、岩崎 秀夫、西崎 照和、柴田 憲治、小林 典男

国際貢献・国内貢献等

- 文部省在外研究員 (1989)

共同研究の希望テーマ

- 高性能なエネルギー関連材料の物性と創製
- 実験手法開発を含む基礎的な物性研究から高機能性材料の創製



JAPAN ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

国立大学法人 北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292 石川県能美市旭台1-1 TEL:0761-51-1111(代表)
<http://www.jaist.ac.jp/index-jp.html>

産学連携に関するお問い合わせ

先端科学技術研究調査センター

TEL 0761-51-1070 FAX 0761-51-1944

E-mail ricenter@jaist.ac.jp HPアドレス <http://www.jaist.ac.jp/ricenter/index.html>

学術協力課 連携推進室 産学連携係

TEL 0761-51-1906 FAX 0761-51-1919 E-mail renkei@jaist.ac.jp

平成18年度4月より、材料科学研究科は「マテリアルサイエンス研究科」に名称変更する予定です。

岩崎研究室

TEL:0761-51-1571 FAX:0761-51-1575

<http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/dendo/iwasaki-lab/index.html> E-mail hideo@jaist.ac.jp