

JAISTAR

Japan Advanced Institute of Science and Technology, Announcement of Researchers

Materials
Science

材料科学研究科
栗栖 研究室

純良試料育成による新規熱電物質探索と
極限条件下の価数揺動状態

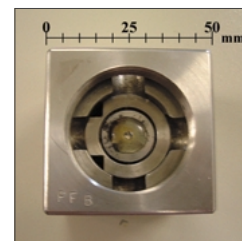
北陸先端科学技術大学院大学

材料科学研究科 栗栖 研究室 ● ● ●

純良試料育成による新規熱電物質探索と 極限条件下の価数揺動状態。

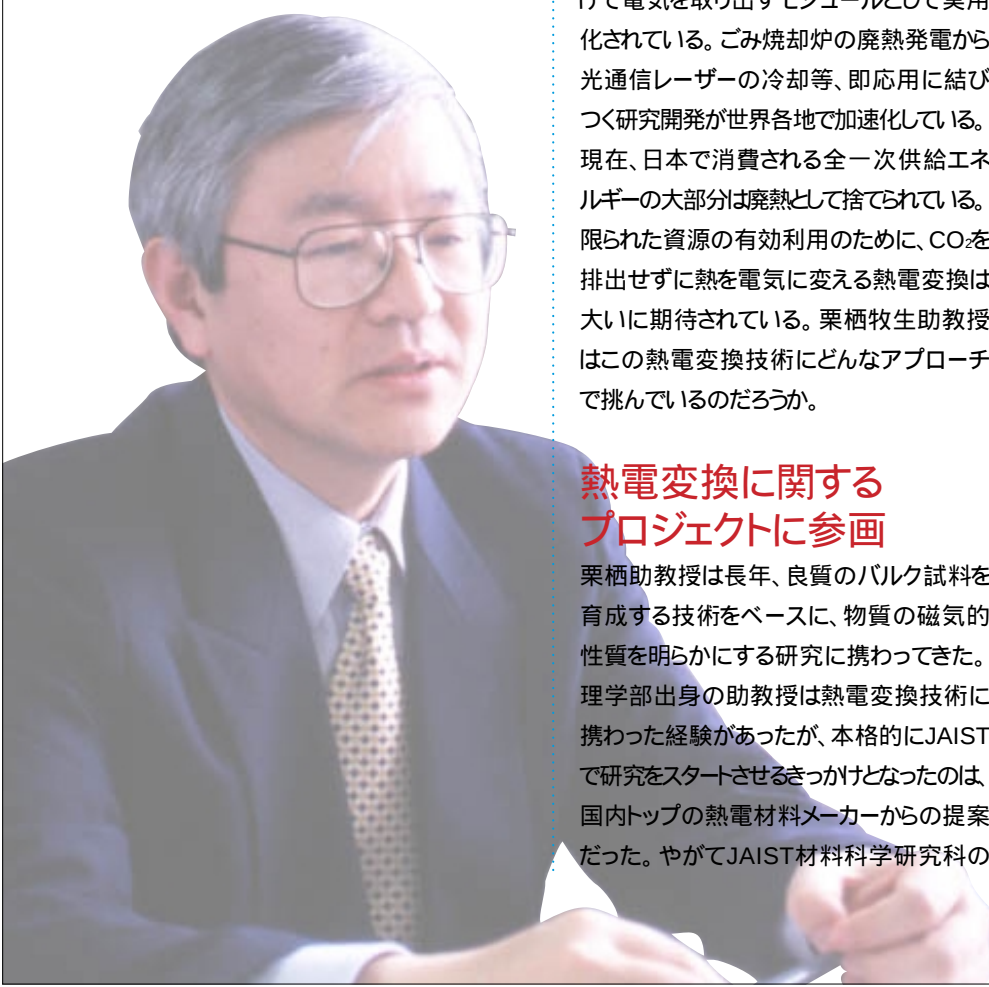
基礎物性研究に欠かすことのできない良質バルク試料の育成をベースに
新規熱電物質の創製と

極限条件下での物性測定に取り組む。



School of
Materials Science

Kurisu
Laboratory

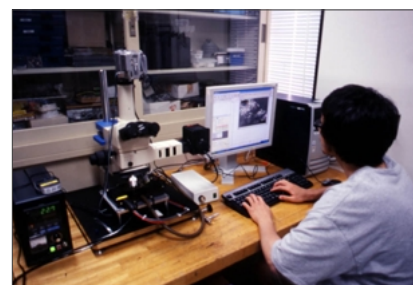


エネルギー問題解決に 寄与する熱電変換技術

2種類の異なる金属または半導体で回路を構成し2つの接点を異なる温度に保った場合、回路に熱起電力が生じる。逆に、電流を流した場合、2つの接点で発熱・吸熱が起こる。これらの熱電現象は19世紀から知られており、熱電変換技術の研究の歴史は長い。熱電変換による冷蔵庫は良く知られているが、他にも体温で発電して動かせる腕時計、自動車のマフラーに貼り付けて電気を取り出すモジュールとして実用化されている。ごみ焼却炉の廃熱発電から光通信レーザーの冷却等、即応用に結びつく研究開発が世界各地で加速化している。現在、日本で消費される全一次供給エネルギーの大部分は廃熱として捨てられている。限られた資源の有効利用のために、CO₂を排出せずに熱を電気に変える熱電変換は大いに期待されている。栗栖牧生助教授はこの熱電変換技術にどんなアプローチで挑んでいるのだろうか。

熱電変換に関する プロジェクトに参画

栗栖助教授は長年、良質のバルク試料を育成する技術をベースに、物質の磁気的性質を明らかにする研究に携わってきた。理学部出身の助教授は熱電変換技術に携わった経験があったが、本格的にJAISTで研究をスタートさせるきっかけとなったのは、国内トップの熱電材料メーカーからの提案だった。やがてJAIST材料科学研究科の



温度上昇にともなう金属組織を観察できる「高温金属顕微鏡」

7研究室が集結するプロジェクトが始動した。熱電変換技術は狭い分野であり、各国との連携を深めることが重要だと語る栗栖助教授は、プロジェクト発足後すぐに熱電研究のメッカであるロシアのサンクトペテルブルクの研究所の視察を敢行した。以来イギリス、ドイツ、ベトナム、韓国の大学を訪問する、あるいは研究者や学生を招くなど、精力的に世界の研究機関との交流を行っている。留学生の受け入れにも積極的で、研究室内はグローバルな活気に満ちている。

低温で使える熱電物質

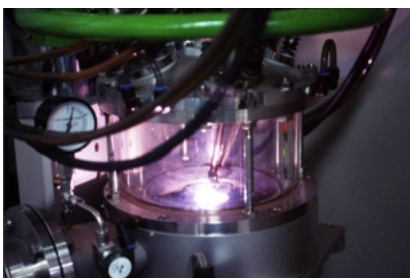
栗栖研究室では低温で使える熱電材料の探索をテーマに掲げている。熱電材料は通常、室温以上で使用され、変換効率も温度が高いほど良くなる。これに対して室温以下、あるいは体温で利用できる素子を創製することができれば、熱電変換はもっと身近なものになる。低温における熱電物質の探索は研究例が極めて少ないが、栗栖研究室ではすでに企業と共同で、室温以下で使える熱電物質について特許を申請しており、実用化が期待される。



栗栖助教授がねらうのは低温発電・冷凍である。たとえば液体窒素はガスとして使う際に周りから熱をもらって気体になっている。室温と液体窒素で温度差が200 程度あり、その温度差を利用して発電が可能だ。またもっと身近な天然ガスも使う際に液体から気体にする。そのときの温度差を利用すれば同様に発電が可能である。

耐熱性、耐酸化性に着目

実用化レベルで熱電素子・モジュールを考えると、300 から500 の温度下で利用されている。大きな問題となりうるのが熱電素子を含めたモジュールの耐熱性や耐酸化性である。熱電変換器は機械的稼働部がないため、長寿命、メンテナンス性に優れていると言われるが、耐熱性、耐酸化性という大敵の存在がある。栗栖研究室では将来的に期待される複数の熱電材料についてこれらの耐性を調べる実験を行っており、その中のいくつかはある温度を超えると急に酸化することを発見した。今後も高温顕微鏡などを駆使してさらなる実験を重ね、高温での耐性への提言につなげていく。



良質単結晶の育成に欠かせない「アーク溶解炉」

極限条件下の物性測定

栗栖助教授は新規熱電物質の創製というテーマの傍ら、長年継続している極限条件下の固体物性研究にも余念がない。ひとつは試料に高圧力をかけられるダイヤモンドアンビルセルを用いた特異な現象の観測である。研究室ではこれを兵庫県播磨の放射光施設SPring-8に持ち込み測定を行っている。試料作成が困難であること、測定が技術的に難しいことから系統的な実験例が極めて少ない研究であるが、助教授は自らの実験結果に「今後100年くらい残るデータになると思います」と自信をのぞかせる。

もうひとつは用いた低温・強磁場・高圧力下における中性子線回折実験であり、物質内部の磁気構造を調べるものである。実験は東大物性研中性子散乱施設、京

大原子炉実験所、高エネルギー研究機構の施設を利用して行っている。

いずれの実験においても国内の先端施設を活用しており、研究室の学生にとって良い刺激となっている。

独立の大学院大学であるJAISTではさまざまな知識や技術、発想を持った学生が集まっている。栗栖助教授自身も学ぶことが多く、「JAISTは何か新しいことを始めるには最適な環境」と語る。



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 栗栖 牧生

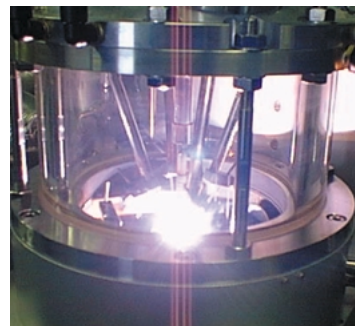
Associate Professor Makio Kurisu

栗栖研究室 材料科学棟III TEL:0761-51-1541 FAX:0761-51-1545
http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/kyokugen/kurisu.lab/kurisu_lab.html
E-mail kurisu@jaist.ac.jp

主な研究テーマ

1)新規熱電物質の創製

熱電発電技術はエネルギー資源の枯渇問題、地球規模の環境問題の解決に寄与できる技術として期待され、近年世界的にも研究開発活動が急速に活発化しています。本研究では、これまで研究例が極めて少ない低温における熱電発電材料の探索を遂行すると同時に、未利用熱エネルギーの最も効率的な活用が期待できる500 前後の中温領域における高性能熱電発電材料の探索、実用レベルにおけるモジュールの耐熱性、耐酸化性の向上を目指した研究を実施します。

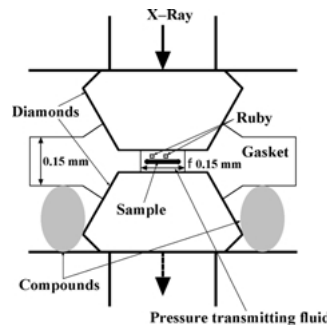


アーク溶解炉

良質単結晶をCzchralski法、ブリッジマン法、帯溶融法、傾斜凝固法により育成します。テトラアーク炉は、アルゴン雰囲気下においてアーク放電して試料を溶解します。主に高融点試料の作製とCzchralski法による単結晶の育成に用います。

2)低温高圧力下のXANES測定による希土類イオンの価数揺動

希土類金属およびその金属間化合物の磁性はよく局在した4f電子状態によって記述されますが、閉殻に近いCeイオンやYbイオンを含む合金・化合物中では、近藤効果、価数揺動、重い電子状態といった特異現象が観測されることが知られています。Ybを含む試料はその作製が困難であること、さらに測定手段の技術的困難によって実験研究が制限を受けているため系統的な研究例が極めて少ないのが現状です。本研究では、高輝度・高エネルギー分解能を有する放射光施設(SPring-8)に高い発生圧力が得られるダイヤモンドアンビルセルを持ち込み、金属・化合物中のYbイオンの価数状態を超高圧力下におけるX線吸収端の微細構造(XANES)測定によって直接決定します。



XRD&XANES測定用ダイヤモンドアンビル超高压発生装置

極限条件下(高圧力、強磁場、極低温)において物質の磁気的、電気的、熱的特性を調べることにより、その物質の基底状態および励起状態を解明することが可能となります。さらに圧力または磁場誘起による新しい基底状態や相転移(超伝導相、金属-絶縁体転移など)が出現することが期待できます。

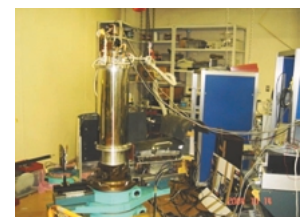
図は超高圧力下におけるX線回折(XRD)、X線吸収微細構造(XANES)を調べるために用いるダイヤモンドアンビル圧力発生装置です。SPring-8放射光施設に持ち込み実験します。

3)希土類金属間化合物の極限条件下の磁気構造

希土類金属および金属間化合物はその希土類イオンの種類、結晶構造によって、さらに温度、磁場、圧力に敏感に対応して種々の磁気構造をとります。本研究では、低温、強磁場、高圧力下における中性子線回折実験からその磁気構造決定因子を探ります。実験は東大物性研中性子散乱施設、京大原子炉実験所、高エネルギー研究機構の施設を利用して行います。



日本原子力研究所原子炉(JRR-M3)



中性子線回折装置

使用装置 アーク溶解炉、傾斜凝固炉、高周波炉、金属顕微鏡、EPMA、X線回折装置、XAFS、中性子回折装置、PPMS熱電評価装置、熱圧力分析装置、SQUID磁力計

キーワード 良質試料育成、熱電物質、極限条件下の希土類磁性

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 栗栖 牧生

Associate Professor Makio Kurisu

< 学位 >

広島大学理学士 (1978)、広島大学理学修士 (1981)、
広島大学理学博士 (1987)

< 職歴 >

広島大学理学部助手 (1983)、岩手大学工学部助教授
(1989)、北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究
科助教授 (1993-)

栗栖研究室 材料科学棟III TEL:0761-51-1541 FAX:0761-51-1545
http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/kyokugen/kurisu.lab/kurisu_lab.html
E-mail kurisu@jaist.ac.jp

専門

固体物性

主な研究課題

新規熱電素子の探索

新規熱電変換材料の探索および基礎物性評価

遷移金属間化合物の窒化物の合成と物性評価

新機能を有する窒化物の高温高圧力下における合成とその物性評価

低温高圧力物性研究

10万気圧以上の超高圧力下および極低温下という極限条件下における合金・金属間化合物の磁気的性質、電気的性質、熱的性質および構造特性に関する研究。各種の低温高圧力物性測定装置の開発

中性子線磁気物理学

中性子線回折を手段とした希土類金属間化合物の長周期磁気構造

主な著書・論文・講演発表

- Thermoelectric properties of (Zn_{1-x}Cdx)4Sb₃ below room temperature, Go Nakamoto, Takeshi Souma, Masasuke Yamaba, and Makio Kurisu, J. Alloys and Compounds, 377, 59-65, (2004)
- The Valence State of Yb Metal under High Pressure Determined by XANES Measurement up to 34.6 GPa, A.Fuse, G.Nakamoto, M.Kurisu, N.Ishimatsu and H.Tanida, J. Alloys and Compounds, 376, 34-37, (2004)
- High thermoelectric performance at low temperature of p-Bi_{1.8}Sb_{0.2}Te_{3.0} grown by the gradient freeze method from Te rich melt, Ngo Thu Huong, Yusuke Setou, Go Nakamoto, Makio Kurisu, Takeshi Kajihara, Hiroyuki Mizukami, and Seiji Sano, J. Alloys and Compounds, 368, 44-50, (2004)
- Spin reorientation in Er_{1-x}YCo₁₀Mo₂ and ErCo_{10-y}Ni_yMo₂ compounds, N.H.Luong, N.Chau, N.D.Dung, M.Kurisu, and G.Nakamoto, J. Magn. and Magn. Mater., 262, 479-484, (2003)
- Low-temperature thermoelectric properties of α - and β -Zn₄Sb₃ bulk crystals prepared by a gradient freeze method and a spark plasma sintering method, Takeshi Souma, Go Nakamoto and Makio Kurisu, J. Alloys and Compounds, 340, 275-280, (2002)
- Neutron diffraction study on the Heusler compound Co_{1.50}TiSn and its nitrogenation products, Tatsuhito Nobata, Go Nakamoto, Makio Kurisu, Yoshikazu Makihara, Kenji Ohoyama and Masayoshi Ohashi, J. Alloys and Compounds, 347, 86-90, (2002)
- Specific heats of PrNiSn and NdNiSn, M. Kurisu, R. Hara, G. Nakamoto, Y. Andoh, S. Kawano and D. Schmitt, Physica B, 312-313, 861, (2002)
- Incommensurate magnetic Structure of HoNiSn, M.Kurisu, G.Nakamoto, T.Nobata, R.Hara, Y.Andoh, and S.Kawano, J. Phys. Soc. Jpn., 70, Suppl. A, 218, (2001)
- Metamagnetic transition in Nd₇Ni₃, T.Tsutaoka, T.Tokunaga, H.Kadomatsu, X.Xu, S. Kawano, Y.Andoh, G.Nakamoto, and M.Kurisu, J. Phys.Soc. Jpn., 69, 1850, (2000)
- ZAFS Study on Nitrogenation of CoTiSn, T. Nobata, G. Nakamoto, M. Kurisu, Y. Makihara, T. Tokuyoshi, and I. Nakai, Jpn. J. Appl. Phys., 38, Suppl. 38-1, 429-432, (1999)
- Thermoelectric Properties of Zn₄+xSb₃-x Compounds, Go Nakamoto, Noriyuki Akai, and Makio Kurisu, 23rd International Conference on Thermoelectrics, 2004, Jul.25-29.
- Magnetic and Transport Properties of Ho₇Rh₃, T.Tsutaoka, Y.Nishiume, T.Tokunaga, Y.Nakamori, Y.Andoh, S.Kawano, G.Nakamoto, and M.Kurisu, International Symposium on Advanced Magnetic Materials, Halon Bay/Vietnam, 2002/10/2-4.

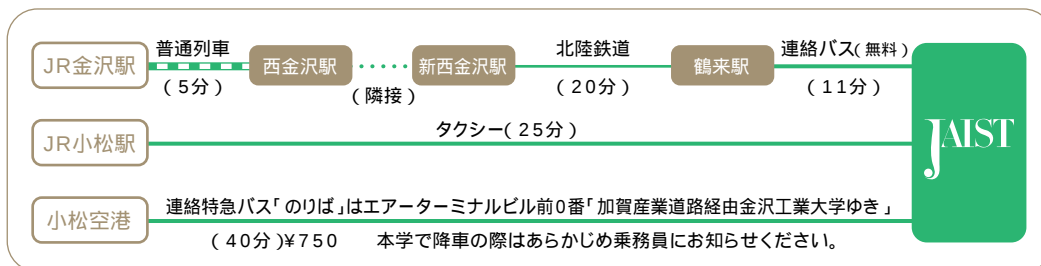
- Magnetic Structure of HoPdSn, Y. Andoh, M.Kurisu, G. Nakamoto, T. Tsutaoka, Y. Makihara, T. Kosugi, and S. Kawano, International Symposium on Advanced Magnetic Materials, Halon Bay/Vietnam, 2002/10/2-4
- Magnetic properties of a SmNiSn single crystal, M.Kurisu, and Y.Andoh, International Symposium on Advanced Magnetic Materials, Halon Bay/Vietnam, 2002/10/2-4
- Formation of AlB₂- and ThSi₂-type structure in Ce(Cu_xGey)₂ system, G.Nakamoto, T.Hagiuda, and M.Kurisu, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems, 2001.8.6-10
- Incommensurate Magnetic Structure of HoNiSn, M. Kurisu, G. Nakamoto, Y. Andoh, T. Tsutaoka, and S. Kawano, International Symposium on Advanced Science Research, 2001.6.13-15
- Magnetic Structures of Tb₇Rh₃, T. Tsutaoka, T. Tokunaga, YAndoh, S. Kawano, M. Kurisu and G. Nakamoto, International Symposium on Advanced Science Research, 2001.6.13-15
- Low temperature transport properties of Zn₄Sb₃ bulk crystal grown by gradient freeze method, T.Souma, G.Nakamoto, and M.Kurisu, International Conference on Thermoelectrics, 2001.6.8-11.
- Structural and magnetic properties of RInAu₂ (R=La, Ce, Pr and Nd) at high pressure, M. Kurisu, A. Fuse, T. Nobata, and G. Nakamoto, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems, 1999.8.24-28
- GF法により作製したZn₄+xSb₃-xの組成分析, 中本剛, Do Thi Kim Anh, 赤井法幸, 栗栖牧生, 応用物理学会, 2005.4.1.
- α -及び β -Zn₄Sb₃化合物の異方的熱電特性II, 中本剛, 佐々木弘幸, NGO Thu Huong, 栗栖 牧生, 応用物理学会, 2003/03/29
- RPdSn(R=Tb, Ho)化合物単結晶の強磁場下の磁気構造, 安藤 由和, 栗栖 牧生, 中本 剛, 薦岡 孝則, 川野 眞治, 日本物理学会, 2003/03/29
- (Bi,Sb)₂Te₃+ δ 化合物の単結晶育成と低温熱電特性, NGO Thu Huong, 瀬藤 佑介, 中本 剛, 栗栖 牧生, 梶原 健, 水上 裕之, 佐野 精二郎, 応用物理学会, 2002.9.24
- YbPdGe, YbPtGe化合物の磁性, 真下 雅行, 中本 剛, 栗栖 牧生, 日本物理学会, 2002.3.24
- Zn₄Sb₃における構造相転移, 相馬 岳, 中本 剛, 栗栖 牧生, 加藤 健一, 高田 昌樹, 日本物理学会, 2002.3.24
- Zn₄Sb₃の電気抵抗率および熱電能の圧力依存, 田中哲史, 中本 剛, 栗栖 牧生, 日本物理学会, 2002.3.24
- (Bi, Sb)₂Te₃の低温熱電特性, 瀬藤 佑介, NGO Thu Huong, 中本 剛, 栗栖 牧生, 梶原 健, 水上 裕之, 佐野 精二郎, 日本物理学会, 2002.3.24
- α -および β -Zn₄Sb₃の低温熱電特性, 相馬 岳, 中本 剛, 栗栖 牧生, 日本物理学会, 2001.9.18

国際貢献・国内貢献等

- 日本物理学会, 1978 -
- 応用物理学会, 2001 -
- 国際研究集会派遣研究員 (1991)
- 文部省在外研究員 (1998)

共同研究の希望テーマ

- 固体物性 磁性
- 固体物質と各種ガスとの高温下における反応



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。

栗栖研究室

TEL:0761-51-1541 FAX:0761-51-1545 E-mail kurisu@jaist.ac.jp
http://www.jaist.ac.jp/ms/labs/kyokugen/kurisu.lab/kurisu_lab.html