

目 次

1. あいさつ(巻頭言)

低温センター長 住山 昭彦	1
---------------	---

2. 寄稿 (研究ノート)

・ほ乳動物細胞における DNA 複製制御 西谷 秀男	3
・低温マイクロ SQUID 磁束計の開発 山口 明	11
・兵庫県立大学でのf電子系化合物の研究 Gabriel Pristas	18

3. 寒剤を用いた研究業績 24

・ 電磁物性学	25
・ 電子物性学	28
・ 量子物性学	31
・ 光物性学	33
・ 構造物性学	35
・ 極限状態物性	38
・ 機能性物質学Ⅱ	44
・ 生体物質構造学Ⅱ	47
・ 工学部	52

4. 寒剤利用状況 55

5. 平成 21 年度に行なった修理 56

6. 低温センター関係行事 57

7. 教育への活用 59

8. テクノから 63

9. 編集後記 64

1. あいさつ(巻頭言)



低温センター長 住山 昭彦

低温センターのセンター長の大任を拝しまして、早くも2年目を迎えました。この間、教員・学生の皆様のご協力、並びに大学本部・キャンパス事務職員の皆様のご支援により、業務を大過なく遂行できましたことを、この場をお借りしてお礼申し上げます。本センターだよりも4号を数えますが、センターの活動内容、寒剤ユーザーの研究成果に加え、幾人かの先生方には興味深い研究内容についての御解説をお願いしておりますので、低温センターの、縁の下の力持ちとして様々な研究を支えるという役割をご理解頂くためにも、どうか御一読をお願い致します。

さて、企業社会ではいわゆる「団塊の世代」の大量退職に際して、これまでに蓄積されてきた様々な技術の継承の必要性が叫ばれておりますが、大学の研究の場においても同様の必要性を感じておられる方が多いのではないのでしょうか。私が携わって参りました低温実験の世界でも、研究室毎に独自の技術が蓄積されており、私も学生時代にそれを教えて頂いたことを記憶しております。かつて、マニュアルのない手作りの実験装置が主体の時代には、独特のコツ、ノウハウがしきたりのように継承されていたと思いますが、最近のように、システムとして実験装置を購入する時代となって、そういった明文化されていない技術の継承がおろそかになることを危惧されている方も多いと思います。

実は、私は昭和58年の大阪大学低温センターだよりで、「私の使っている接着剤」というアンケート結果をまとめたもののコピーを手元に置いており、今でも時折参考にしております。現在では何か情報を得ようとする、とりあえずインターネットで検索するという癖がついてしまっていますが、特殊な技術・ノウハウは公開されていることが少なく、古い時代のものは尚更見つけることが難しいため、今でもこの記事には重宝しております。さすがに30年近

く経ちますと、現在では販売されていない製品も出てきていますが、極低温下での接着という限られた技術に関しても、様々な分野で貴重なノウハウが蓄積されていることに、感心させられます。本センターだよりでも、今後は、低温実験に関する有用な技術情報を皆様に発信できたらと考えておりますので、御要望等がございましたら是非お知らせ下さい。また、センターでは、寒剤を利用した実験の進展に少しでも貢献ができればと考えておりますので、低温実験に関する御質問、御相談もお気軽にセンターのスタッフまでお知らせ下されば幸いです。

ところで、本年は、低温物理の世界においては、超伝導現象が1911年にオネネスにより初めて発見されてから100年目となる記念の年でした。特に、この発見が、同じくオネネスによる1908年のヘリウム液化の成功によりもたらされたものであることは、技術の革新と科学の進歩が切っても切れない関係であることを如実に示しております。さらなる技術革新により、現代では、100年前とは比べようのないほど多くの研究者が寒剤の液体窒素、液体ヘリウムを利用できるようになり、膨大な研究成果が得られていますが、私どもの低温センターもその一端を支えていることに誇りと喜びを感じております。

今後も、センターの円滑な運営に向けて、皆様のご協力をよろしくお願い致します。

平成23年12月10日

2. 寄稿（研究ノート）

生体情報学 II 講座

教授 西谷秀男

ほ乳動物細胞における DNA 複製制御

1. 研究概要

細胞がその構成物質を倍加し分裂して増殖する過程を細胞周期と言います。この過程で特に大切なのは、遺伝情報を正しく娘細胞に伝えることです。細胞周期には、遺伝情報を担う DNA (染色体) を複製する時期 (S 期) と 2 個の娘細胞に分配し分裂する時期 (M 期)、さらに複製準備期 (G1 期) と分裂準備期 (G2 期) があります。G1 期→S 期→G2 期→M 期からなる 1 連の過程が細胞周期で、この周期が 1 回行なわれると細胞は 2 個に増えます。それぞれの細胞は、栄養状態や紫外線照射などたえず内外の状況に応答して、正確に細胞周期の開始や進行を行なっています。そして、遺伝情報を担う DNA は S 期で複製されますが、その複製は“1 回だけ”で、何度も複製されることはありません。また、少しの領域でも複製されずに残されることもありません。そして、倍加した DNA は、M 期で 2 個の細胞に“均等”に分配されます (ヒト細胞では 46 本の DNA (染色体ともいう) が複製され 92 本になり、M 期で 46 本ずつ 2 個の細胞に分配される)。もし細胞周期において、複製が終了しないうちに M 期に進行したり、あるいは再複製が起こったりすると、染色体分配や遺伝子数の異常が生じ、細胞死・発生異常あるいは細胞のがん化を引き起こすと予想されます。このようなことが発生しないように、細胞は複製や分配を行なう装置に加え、細胞周期の諸過程を正確に遂行する制御機構を持っています。我々は、染色体の複製を“一回のみ”に制御する機構 (ライセンス化制御) の解明に主眼をおき、主にライセンス化因子 Cdt1 の機能解析を通してこの課題に取り組んでいます。

動物細胞を用いた研究と液体窒素；

使用していない大切な細胞は液体窒素中で“眠らせています”

細胞周期の研究の基本は、1 つ 1 つの細胞がどのようにして遺伝情報を担う DNA を複製し (2 倍にし)、生まれてくる 2 個の細胞に分配するのか、その分子機構と制御機構を明らかにすることです。細胞周期の研究に大きく寄与したのが、モデル生物として使われてきた酵母です。細胞周期の進行やその制御に関わる遺伝子に変異をもつ変異株を論理的に解析し、さらに遺伝子をクローニングしてその産物を同定することにより重要な発見が次々となされてきました。分裂酵母の解析より CDK を発見された Paul

Nurse 博士や出芽酵母の解析よりチェックポイント制御機構を明らかにされた Lee Hartwell 博士の研究結果は、酵母の細胞周期に限られたものではなく私たちヒト細胞における細胞周期においても普遍的に共通した機構であることが証明され、2001 年度のノーベル生理医学賞の受賞対象となりました。その成果は、異常な細胞増殖を特徴とするがん細胞の研究のベースともなっています。私たちも、酵母で得られた研究成果を取り入れて、ヒト細胞での細胞増殖機構、特に、遺伝情報が正しく維持される仕組みの研究を行っています。

さて、酵母を使って研究を行っているラボでは、変異株や遺伝子改変された株など数千種類の酵母株を維持しています。それらの株を常に培養しているのではなく、多くの株は必要ときだけ利用できるように保存しています。保存方法は、液体培地で酵母を培養し、10%グリセロールを加えた後チューブに入れ、 -80°C で凍結保存しています。我々が使っている培養細胞もヒトを始めマウス、ハムスターなどのほ乳動物細胞や昆虫の細胞など各種あります。さらにヒト由来の細胞も使用目的・研究目的に応じて多数あり、また、研究を進める過程で遺伝子を導入して作製した細胞が何百株と出来上がってきます。これらの細胞も酵母細胞と同様に凍結保存(普段、10%DMSO を加えた液体培地にて)していますが、 -80°C では、数ヶ月すると多くの細胞は死んでしま



図 1 液体窒素による細胞の凍結保存と培養の様子

います。そこで、長期の保存のため液体窒素中にて保存します。10年以上液体窒素中にて保存していた細胞も液体窒素から取り出すと、元気に増殖を開始します。図1aの写真は、液体窒素の入った細胞保存用タンクで、その中に細胞保存用チューブが入ったボックスを入れています(図1.a から c)。液体窒素中で“眠らせていた”細胞を“起こす”際は、37℃ のウォーターバスにてチューブを暖めて解凍します(図1.d)。解凍後、培養液の入ったシャーレの中に移すと細胞は元気に増殖を始めます(図1.e)。通常細胞は、庫内温度37℃、CO₂ 濃度5%、湿度100%のインキュベーターで培養しています(図1.f, g)。

2. 細胞周期において DNA (染色体) は一度だけ複製される

先に述べましたが、細胞周期において染色体の複製を一度のみに制御する機構は、“染色体複製のライセンス化制御”と呼ばれています。染色体の複製開始点は、G1 期のみライセンス化されて複製開始可能な状態になりますが、S 期が始まった後は、ライセンス化が抑制されることにより、一度複製された領域は再度複製されないようになっています。複製開始点に DNA 二重らせんを巻き戻すヘリカーゼ MCM2-7 が結合して(ロードされて)、ライセンス化されます。この過程において Cdc6 と Cdt1 が必須です(図2.G1 期)。我々は、これらの因子を高発現すると過剰複製が起ることを、酵母を用いて初めて明らかにしました。すなわち、MCM2-7 の染色体へのローディングを制御することが、再複製の防止のキーポイントになります。我々は、その後ヒト Cdt1 をクローニングし、ほ乳類細胞におけるライセンス化の制御機構の解明を行ってきました。そして、Cdt1 は S 期開始後、ユビキチン化されてプロテアソームで速やかに分解されるこ

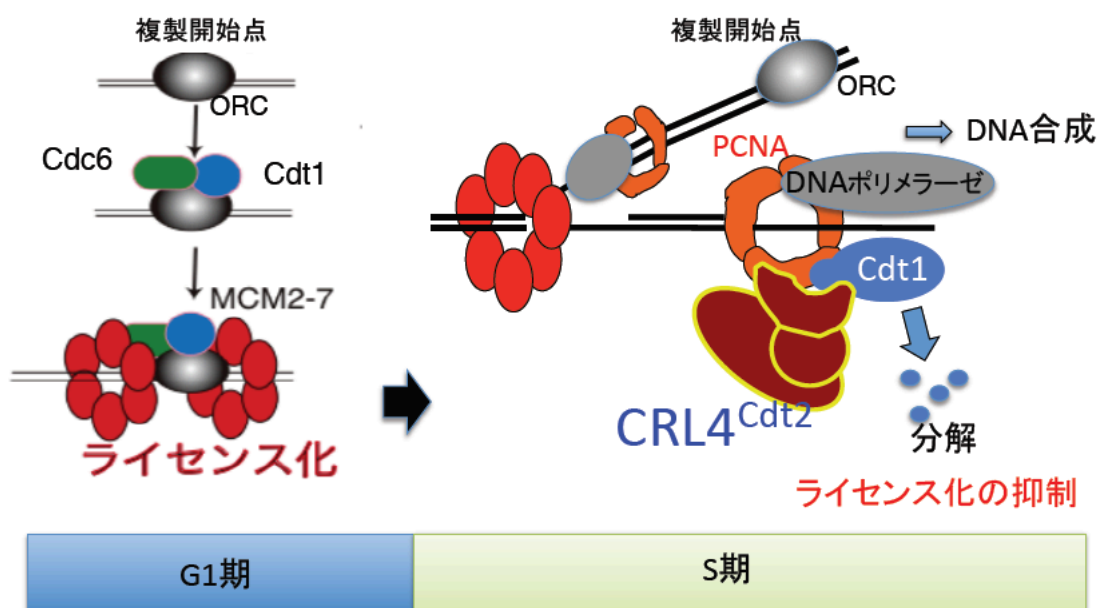


図2 ライセンス化因子 Cdt1 の働きと分解の模式図

とを発見しました. 不要になったタンパク質や異常な形のタンパク質は, 選択的にユビキチンタンパク質が付加されて, プロテアーゼを含む巨大なタンパク質複合体プロテアソームで分解されます. 従って, Cdt1 タンパク質は G1 期には存在しますが, S 期が始まって G2 期(あるいは M 期)までは存在しません. S 期が開始した後, MCM2-7 は2重らせん

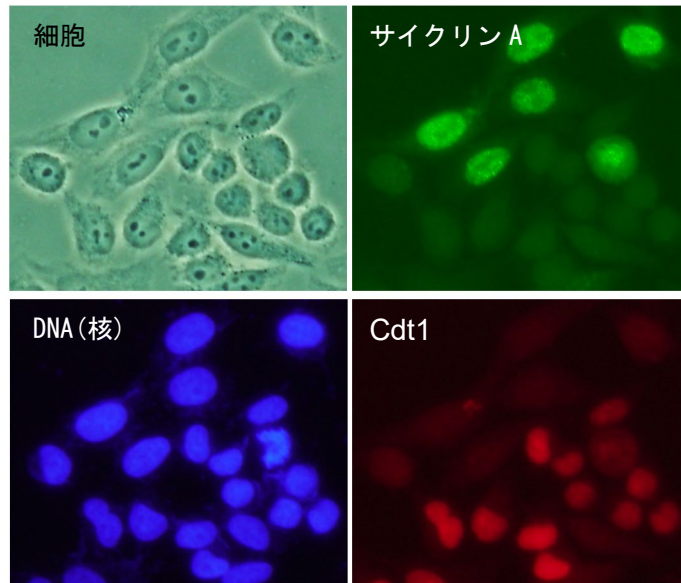


図3. Cdt1 は G1 期細胞の核に存在 (森野公之君撮影)

をほどこしながら複製開始点から移動して行き, さらに Cdt1 が無くなれば複製開始点は再度ライセンス化されることはありません. 実際に, 細胞を Cdt1 抗体で染色すると G1 期の細胞だけが染色されます. 図3では, 左上の写真のように10数個の細胞が観察されます. これらの細胞の DNA をヘキストで染色すると核が青く検出されます. これらの細胞のうち, 核が赤く染色された細胞が Cdt1 を発現している G1 期の細胞です. 続いて, S 期から M 期初期まで存在するサイクリン A と比較して観察すると, サイクリン A を発現している細胞 (核がグリーンに染色) では Cdt1 が存在していないことが分かります. すなわち, Cdt1 は S 期になると分解されています. よって, 複製開始点は再度ライセンス化されることはありません.

3. 複製の開始とカップルして CRL4-Cdt2 が Cdt1 の分解をもたらす

Cdt1 がユビキチン-プロテアソーム系で分解されることは分かりましたが, 次に1)どのようなユビキチン化酵素(ユビキチンリガーゼ)が関わっているのか, 2) Cdt1 タンパク質のどの部位が認識されて分解のシグナルになっているのかという点を解決しなくてはなりません. そこで, Cdt1 のいろいろな部位を発現する細胞株を作成して解析すると, Cdt1 の N 末に分解に必要な領域が2カ所見つかりました. 一つは, アミノ酸配列から予想されたユビキチンリガーゼ CRL1-Skp2 によって認識される領域(アミノ酸21から100)です. もう一つは, Cdt1 の N 末端10アミノ酸部位にありました. この部位のアミノ酸配列は, カエル の Cdt1 タンパク質まで非常に良く保存されていました. 実は, この部位は PCNA 結合部位であることが分かりました. PCNA タンパク質は, 元々 DNA ポリメ

ラーゼが DNA 上で効率よく DNA 複製を行なうための補助因子として見つかった因子ですが、その後、DNA に結合して複製や修復のみならず染色体形成にあずかる数十種にも及ぶタンパク質の働きを制御することが分かってきました。これらのタンパク質には、Q-x-x-(L/V/I/M)-x-x-(F/Y)-(F/Y) という PCNA 結合配列 (PIP-box; PCNA interacting protein-box) が存在します。

Cdt1 が PCNA に結合することが分解に必要であることが分かりましたが、ではどのようなユビキチンリガーゼが関わるのでしょうか？線虫やハエの実験から Cul4-DDB1(CRL4 と呼ばれる)が、Cdt1 の分解に関与することが分かっていたので調べてみると、まさに CRL4 が PCNA 結合部位を介した分解に関わっていることが分かりました。Cdt1 の分解に関する研究はいろんなラボで行なわれて、競争に負けそうになりましたが、なんとか PCNA を介した CRL4 系と CDK に依存した CRL1-Skp2 系の2種類のユビキチンリガーゼが独立に機能して Cdt1 の分解制御に関わっていることを示すことができました。しかし、その後すぐに Cdt2 が CRL4 のサブユニットとして (CRL4-Cdt2), Cdt1 の認識に関わることを報告されました。(Cdt1 と Cdt2 は、元々分裂酵母において転写因子 Cdc10 によって転写される遺伝子として同定されたものです)

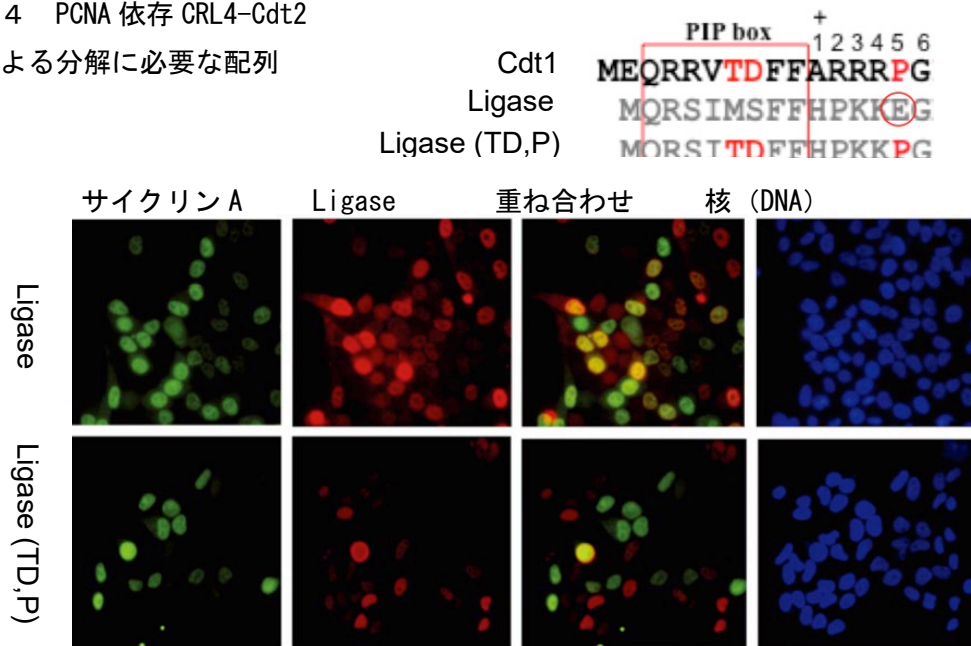
この PCNA を介した Cdt1 の分解は、非常に合理的なシステムです(図1)。Cdt1 は G1 期において複製のライセンス化のために必要ですが、S 期開始後は再複製の抑制のためその機能は抑制されなければなりません。S 期が開始すると PCNA が染色体 DNA にロードされて複製が進行します。それと同時に、Cdt1 を分解して再複製を防ぐ仕組みは、とても理にかなったものです。実は、似たような制御系は、大腸菌の染色体複製においても見つかっています。

4. Cdt1 の分解に必要な配列 PIP-degron の解剖

では、どうして数10種類も存在する PCNA 結合タンパク質の中から Cdt1 は選択的に分解されるのでしょうか？逆に、PCNA 結合タンパク質が非選択的に分解されてしまうと、正確な染色体の複製や形成ができなくなってしまう。私たちは、p21 と呼ばれる PCNA と結合し S 期に分解されるタンパク質に注目し解析したところ、Cdt1 同様に CRL4-Cdt2 によって分解されることが分かりました。p21 も PIP-box をもち、この部位を別のアミノ酸に変異すると PCNA との結合が無くなり分解されなくなりますが、さらに PIP-ボックスより C 末側3アミノ酸部位から KRR と塩基性アミノ酸クラスターがあり、ここに変異を導入すると分解されなくなることが分かりました。Cdt1 では C 末側2番目から RRR と塩基性アミノ酸クラスターが存在します(図5参照)。Cdt1 でも同様に、PIP ボックスに加えて3番目 R と4番目 R が必要であることが分かりました。更にいろいろな PCNA 結合タンパク質の PIP ボックス周辺を調べてみると DNAligase(リガーゼ)にも3, 4番目の部位に KK の配列が存在しすることが分かりましたが、DNA リガーゼは

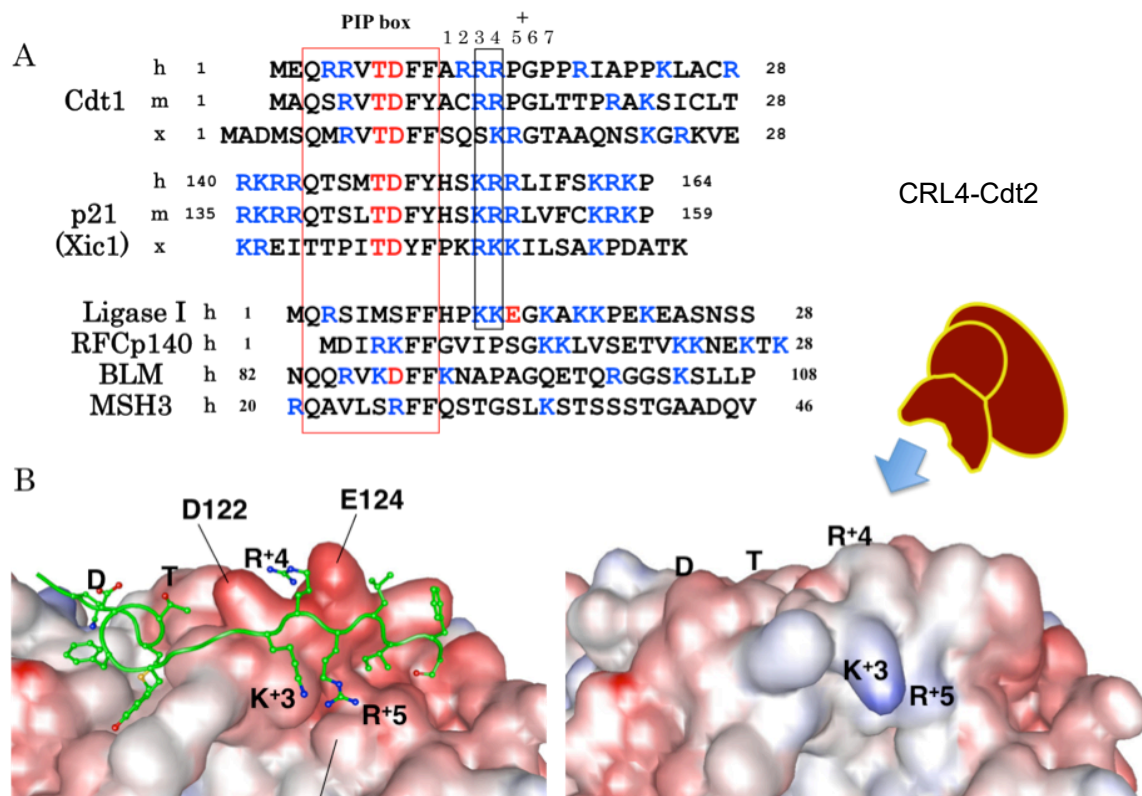
図4 PCNA 依存 CRL4-Cdt2

による分解に必要な配列



分解されません(図4.Ligase(赤く染色)は、サイクリン A を発現している S 期の細胞でも分解されずに存在しています。従って、緑に染色されたサイクリン A と重ね合わせると黄色—橙色になります)。そこで、Cdt1 と DNA リガーゼで PIP ボックス前後を入れ替えた間の子(キメラ体)を作成して、分解に必要なアミノ酸を調べて行きました。その結果、PIP ボックス内に存在するアミノ酸配列 TD が必要であること、さらに DNA リガーゼでは KK の次に E という酸性アミノ酸があり、このアミノ酸が阻害的に働くことが分かりました。そして、DNA リガーゼにおいて、TD 置換と E を非酸性アミノ酸(A あるいは P)に置換すると見事、分解されるようになりました(図4. Lidase (TD, P)はサイクリン A 発現細胞では分解されている)。

従って、CRL4-Cdt2 によって分解を受けるタンパク質 Cdt1 や p21 は、PCNA 結合配列に加えて、その配列内部に TD 配列をそして C 末側に塩基性アミノ酸を持った特殊な配列 PIP-degron (degron;タンパク質に存在する分解 destruction に関わるアミノ酸配列)を持つことが分かりました。この結果をもとに、結晶構造解析のデータを用いて PCNA と p21 の PIP-degron の結合部位の表面電荷を調べてみると、TD 部位による負電荷部位と塩基性アミノ酸配列による正電荷部位が作り出されることが分かります(図5)。このような領域を CRL4 が Cdt2 を介して認識しているのではないかと考えています。



D29 図5 PIP-degron の構造のモデル

5. おわりに

遺伝情報が維持されるためには、DNA が正確に一度だけ複製され倍加することが基本です。我々は、その制御の中でも複製のライセンス化因子 Cdt1 の機能が細胞周期において厳密に制御されていることを見だし、特に、S 期開始後の分解機構の解析を行ってきました。DNA 複製とともに機能する CRL4-Cdt2 は、まだまだどのように制御され機能しているのか不明な点が数多くあります。G1 期に PCNA は存在するのに Cdt1 は分解されません。どうして PCNA が染色体に結合すると、Cdt1 は CRL4-Cdt2 によって分解されるようになるのでしょうか？この分解系は、S 期のみならず G1 期でも細胞が紫外線などの DNA 損傷を受けた場合にも起こります。この分解は何のために行なわれるのか？一方 M 期が終わると、Cdt1 が機能して次のサイクルの複製のためのライセンス化が必要となります。この時期になると Cdt1 の分解に対して安定化する機構が存在するのかもしれません。まだまだ、未解決の重要な課題が残っています。

図4と図5は、21年度修士卒業の道下雅人君が中心に行なった研究成果で、図5の表面電荷解析は樋口研の小森博文助教の協力によるものです(参考論文 Michishita

et al. 2011). この研究においても, Cdt1 や DNA リガーゼの PIP ボックス内および周辺の変異体, さらに両者のキメラ体とその変異体などを発現する 20 種類以上の新たな細胞株が作成されました. これらの株も, 現在, 液体窒素タンクの中で“眠っており”, 次の研究に利用されるのを待っています.

参考文献

(兵庫県立大学生命理学研究科での論文)

Nishitani H, Shiomi Y, Iida H, Michishita M, Takami T, Tsurimoto T.

CDK inhibitor p21 is degraded by a PCNA coupled Cul4-DDB1Cdt2 pathway during S phase and after UV irradiation. J Biol Chem. 283(43):29045-29052, 2008

Ishii T, Shiomi Y, Takami T, Murakami Y, Ohnishi N, Nishitani H. Proliferating cell nuclear antigen-dependent rapid recruitment of Cdt1 and CRL4Cdt2 at DNA-damaged sites after UV irradiation in HeLa cells. J Biol Chem. 285 : 41993-42000, 2010

Michishita M, Morimoto A, Ishii T, Komori H, Shiomi Y, Higuchi Y, Nishitani H.

Positively charged residues located downstream of PIP box, together with TD amino acids within PIP box, are important for CRL4(Cdt2) -mediated proteolysis.

Genes Cells. 16(1):12-22, 2011

研究ノート 2

物質理学研究科 電子物性学講座
准教授 山口 明

低温マイクロ SQUID 磁束計の開発

(1) 微小磁性体

磁性体(磁石)は古くからよく知られた機能性マテリアルのひとつであり、現代においても電化製品の中に日常的に用いられている。南北を指す方位磁針としての用途から始まって、現代ではパソコンや磁気カードなどの記憶媒体としての使われているというのが思い浮かぶ。

記憶媒体としての磁性体の役割は光ディスクや半導体メモリデバイスの登場に伴ってやや薄れたような気もするが、ハードディスクなどの分野ではまだまだ大きなウエイトを占めており、磁気記録容量の高密度化の努力が続けられている。すなわち、より小さな磁性体を用いて情報を蓄積できないか、という命題である。

応用面におけるその重要性はもちろんのこと、“物質理学研究”の立場からみても、磁性体を究極的に小さくしていったときに、どのような現象が観測されるかには興味を持たれる。マクロな大きさの磁性体を示す性質に対し、マイクロな大きさの磁性体特有な現象は何であろうか。マイクロな大きさの物質の性質を扱うときは通常、量子力学の効果を取り入れることが必要になるが、マクロからマイクロへの移り変わりにおいて、量子力学的効果はどのように現れてくるのだろうか。

実は歴史的に見ると、マイクロな磁性体に関する研究は古くから行われている。“ナノテクノロジー”という言葉が初めて使われるずっと以前に、ナノメートルのサイズの磁性微粒子に関する研究がされている。そういう意味では、ナノテクノロジーの先駆けといっても良いかもしれない。最初に思い起こされるのは、ネールによる超常磁性体の研究が有名かもしれない。ナノメートルスケールの強磁性微粒子の統計的な性質を議論した研究である。熱的な揺らぎによって、マクロな大きさに観測されていた磁化曲線におけるヒステリシスが消滅し、磁化カーブはランジュバン関数で表される曲線に従う。強磁性微粒子一つ一つがあたかも、巨大な常磁性スピンのように振る舞うことから“超”常磁性(=Super-paramagnetism)と命名された。

時代を経て現代に目を移すと、磁性体微粒子の研究は確実に進化している。微粒子集合体の統計的な性質を議論する立場から、ひとつひとつの微粒子の性質をダイレクトに観察し、そのマイクロな磁化挙動を観察できる時代が到来した。MFM (Magnetic Force Microscopy) 測定、磁気光学効果測定、そして本稿で述べる超伝導量子干渉素子(=Superconducting Quantum Interference Device; SQUID)による微小領域磁性の直接観測手法の発展により、マイクロな磁性微粒子1つの中で、スピンのように振る舞うのかが明らかにされつつある。

(2) マイクロ SQUID

SQUID はその名の通り、超伝導体の量子干渉効果を利用した磁束検出デバイスであり、図1に示すように、超伝導薄膜のリングにジョセフソン接合あるいは弱接合と呼ばれる超伝導性が弱い部分を加工した形をしている。ジョセフソン接合が1か所のものを rf-SQUID と呼び、2 か所のものを dc-SQUID と言う。ここでは説明を弱接合からなる dc-SQUID に限るものとして、以下、弱接合 dc-SQUID を SQUID と呼ぶことにする。

SQUID が磁束を検出するメカニズムは以下のようなものである。

超伝導リングに外部から超伝導電流を流そうとすると、弱接合部分では超伝導性が弱いため、ある臨界電流 ($=I_c$) 以上で超伝導状態が壊れ、有限の電圧を生じる電流が流れ始める。図2(a) は外部から電流 I を流していった際、 I_c 以上で有限の電圧 V が出る様子であり、 I_c の大きさは概ね弱結合の形や大きさなどの性質で決まっている。さらに重要な点は、 I_c の大きさが SQUID リングを貫く磁束の周期関数で変調を受けることである。図 2(b)にリングを貫く磁場を人為的に変化させたときに、臨界電流 I_c が変調を受けていく様子を示す。変調の磁束の周期は、磁束量子

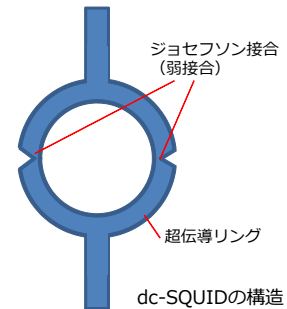


図 1 SQUID 素子

(Φ_0) に対応しており、SQUID では磁束の変化を Φ_0 単位で測定することができる。外部磁場のシールドなどをしっかりとるなどの工夫をこらした SQUID 素子を用いれば、磁化感度にして最高 10^{-17} emu の磁束計を得ることが可能だと報告されており、これは他の磁束検出法と比べても最高レベルである。

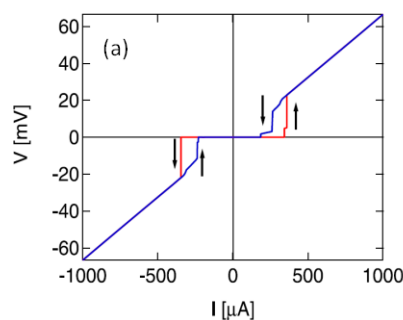
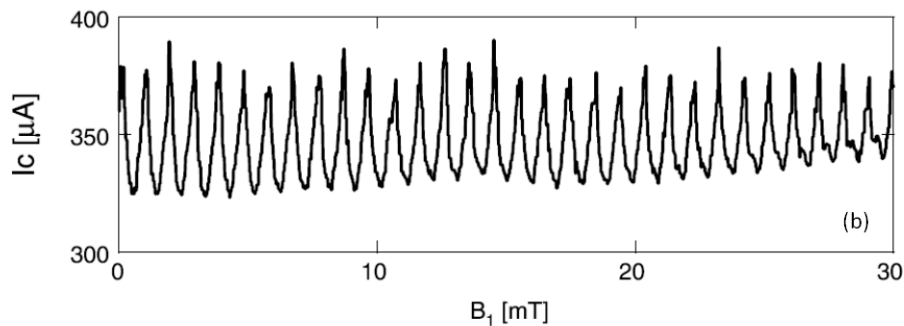


図 2 (a) SQUID の電流 I - 電圧 V 曲線。図中の矢印は電流増加と減少の際に観測される臨界電流値のヒステリシスを表す。ヒステリシスの有無は素子に依存する。(b) SQUID 超伝導リングに垂直な磁場 B_1 を印加した際に観測される臨界電流 I_c の変調。変調の周期はリングを貫く磁束が量子磁束 Φ_0 変化したことに対応している。



本研究で開発している SQUID は、リングサイズが $\sim\mu\text{m}\times\sim\mu\text{m}$ のスケールを持つ微小リングから構成されており、我々はこれをマイクロ SQUID と呼んでいる。現在使用しているニオブを超伝導体として使ったマイクロ SQUID では、リングサイズ $1\times1\mu\text{m}^2$ 、弱結合の部分の”くびれ”は $100\sim300\text{nm}$ の幅に加工されており、ナノ SQUID の領域に入りつつある。微細加工は産業技術総合研究所の柏谷グループのご協力を頂き FIB (= Focused Ion Beam etching) 装置を使って、ニオブ薄膜から直接削り出す方法で行っている。この方法の利点は、素子 1 個単位で、弱結合の構造をコントロールできることであり、測定する対象に合わせて素子をカスタマイズできることである。

マイクロ SQUID を使って、微小磁性体の磁化を測定する際には図3のようにマイクロ SQUID の脇に試料をマウントし、試料から発せられる磁束の変化をマイクロ SQUID によって計測、磁化に変換する。磁化した試料が作る磁場の強さは、磁化の強さに比例するが、距離の 3 乗に反比例して小さくなるので、試料をどれだけマイクロ SQUID 素子に近づけられるかが測定感度を決める重要なポイントとなる。ところで、通常用いられている SQUID を使った磁束計では、SQUID 素子は、試料からずっと離れた位置に置かれていて、試料の磁化検出では、超伝導線で巻かれたコイルが用いられている。このコイルはフラックストランスフォーマーとも呼ばれ、試料から生じる磁束をコイルによってとらえ、SQUID 素子まで転送する役割を担う。フラックストランスフォーマーの巻数を調整することにより、信号を増幅できるのが強みだが、いろいろな形状の試料を簡便に測れるようにするため、大きなコイルが用いられていてノイズの影響を受けやすい。このため、測定感度は SQUID 素子が本来もっている能力よりも総合的に低く抑えられてしまっている場合が多いようである。

これに対してマイクロ SQUID では、微小試料を測るために特化されており、微小試料から生じる磁場をピンポイントで測る最少の超伝導リングの大きさをしており、その他の外来磁場によるノイズの影響を受けにくくなっている。

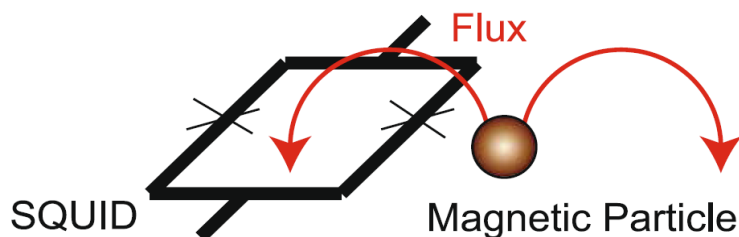


図 3 マイクロ SQUID により磁性微粒子 (Magnetic Particle) の磁化の検出。磁化に比例して発生する磁束 (Flux) を SQUID により検出する。

(3) 実験

実際の実験は以下のような流れで行われる。

I. 試料マウント

試料をマイクロ SQUID 素子に配置する作業である。測定感度を決める大事な作業であるので、慎重に行われる。グリースをマイクロ SQUID 素子近傍の試料を設置したい場所に少量塗ったあと、試料を乗せ近づけていく。実体顕微鏡や、最高 5000 倍の倍率のデジタルマイクロスコープで適宜観察しながら、手作業、3 軸の XYZ ステージに取り付けた細針の自作マニピュレータを使って、マイクロ SQUID と試料の間の距離が、大体数十 μm から数 μm になるようにする(図4)。最近出版された論文などの記述を見ると、このような作業は、キッキング法、スウィーピング法などの名称で体系化されつつあるようである。マイクロマニピュレーションはナノテクノロジーの重要な技術の一つであるので、我々もより良い方法がないか随時検討している。例えば最近では、極限状態物性学講座の赤浜教授のご指導の下、高倍率の大型ディスプレイ付き実体顕微鏡とタングステン針を使った XYZ マニピュレータを組み合わせた装置を使わせていただき、極めて制御よく試料を動かすことができることを教えていただいたりして、研鑽を重ねている。

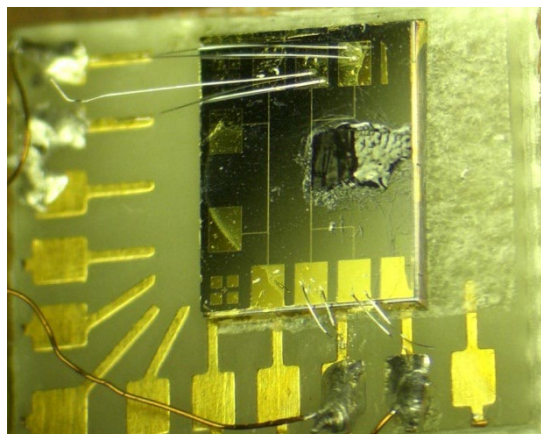


図 4 (左)実体顕微鏡を観察しながら試料をマウントする様子。(右) マウント例。試料は Mn12 単分子磁石クラスターの単結晶。中央部の黒い四角い物体が試料。マイクロ SQUID はその左横の上下に伸びている線上の中央に成形されている。

II. 3 軸マグネットプローブへの取り付け

試料をマウントしたマイクロ SQUID は SQUID 台に取り付けられ、3 軸超伝導磁石を備えた低温プローブに取り付けられる。3 軸超伝導磁石は、試料とマイクロ SQUID にベクトル状に磁場を印加させるために作られていて、ソレノイド型1つ、ヘルムホルツ型2つの 3 つのコイルからなる(図5)。各々のコイルによる最大印加磁場は、約 10,000 Oe, 1,000 Oe

1,000 Oe となっている。ちなみに、コイルは超伝導線を買って自分たちの手で巻いた自作のもので、兵庫県立大に赴任して来て学生と一緒に作成した、思い入れのあるものである。低温プローブは3軸超伝導磁石をセットしても外径 50mm に収まる非常にコンパクトに作られていて、次に述べるようにヘリウムベッセルに直接挿入できるディップスティックタイプの低温プローブである。

III. 低温プローブの冷却

低温プローブをヘリウム温度に冷却する。低温プローブの中は真空引きされたあと、熱交換ガスとしてヘリウムガスを少量注入する。3軸超伝導マグネットの熱容量が大きいこともあり、いきなり液体ヘリウムに漬けることは効率的でないので、液体窒素による予備冷却作業(1時間ぐらい)の後、液体ヘリウムベッセルに挿入される。液体ヘリウムベッセルは口径 50mm の 100L タイプのものを使用している。ヘリウムベッセルに挿入後、間もなく低温プローブの温度計はヘリウム温度 4.2K を指すが、念のため数十分待ってよく冷却したのち実験を始める。液体ヘリウムの蒸発量は1日 5L 程度で、最長 2 週間程度連続して実験できる。

IV. 測定

マイクロ SQUID の測定は基本的に電流 I を流して素子に発生する電圧 V を読み取る 4 端子法の原理に基づいて行われる。これは、兵庫県立大学理学部では、3 回生の学生実験でも行われるスタンダードな方法であり、学生にとっても理解しやすい方法だろう。電流を徐々に増やしていき、突然電圧が発生する際の臨界電流値を読み取るのだが、連続的周期的にのこぎり状の電流を加えて発生する電圧のタイミングをユニバーサルカウンターという装置で読み取るタイムインターバル法を主に使用している。その他に臨界電流を少し超える一定電流を印加して、その際に生じる電圧の変化を読み取る方法などがある。測定時間がかかるのが難点で、温度一定で、印加する磁場を変えていき臨界電流の変化が磁場に対してどう変化するかを見る磁束カウンティングの方法を使うと、1回の磁場挿引で半日から 1 日程度かかる。現在、この時間を短くすることを課題に装置の改良に取り組んでいる。

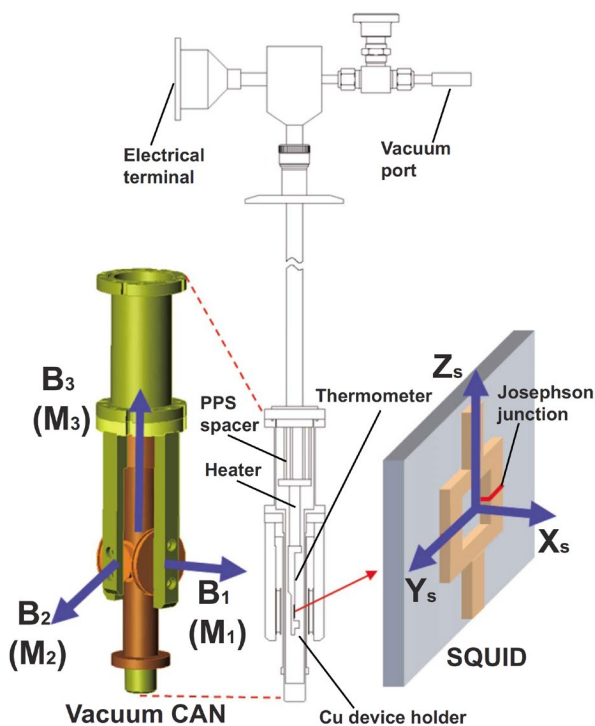


図 5 3 軸超伝導磁石付き低温プローブ. 3 つの超伝導コイルに B_1, B_2, B_3 の直交する磁場を印加することができる。

(4) 測定例

ここで示すのは実際に測定によって得られた磁化曲線で、例として標準試料であるタンタルの超伝導臨界磁場を観測した様子を示す。大きさ $350 \times 350 \times 100 \mu\text{m}^3$ のタンタル薄片をマイクロ SQUID 素子に対して図6(a)のように配置した。図6(a)の上下の方向にソレノイドコイルによって磁場を掛けていくと、SQUID 超伝導リング面が磁場に完全に平行ではないために、臨界電流値が変化していく(図6(b))。印加磁場 B と SQUID 面が成す角を θ とすれば、SQUID リングを貫く磁場は $B_s = B \times \sin\theta$ となり、印加磁場に比例して変化するはずである。ところが、マイクロ SQUID 近傍に置かれたタンタル薄片が臨界磁場以下で超伝導状態に転移すると、マイスナー効果による完全反磁性のために磁化 $M(<0)$ に比例する大きさの磁場を余分に発生するようになる。マイクロ SQUID はこれに対応して、印加磁場に対して、周期的に変化する臨界電流値から急激に変化する成分を検知するようになる(図6(b)中央)。解析では、傾きからくる成分と試料が発する磁化を分離することにより、試料の磁化 M の印加磁場に対する変化を求めることができる。図 6(c)がそのようにして求めた磁化曲線で、超伝導臨界磁場と、臨界磁場以下でのマイスナー効果による完全反磁性を測定することができた。これまでの測定では、このほかに強磁性微結晶、単分子磁石とよばれる金属錯体の結晶、強磁性転移が知られている重い電子系化合物の微結晶などの磁化曲線の測定を試みている。

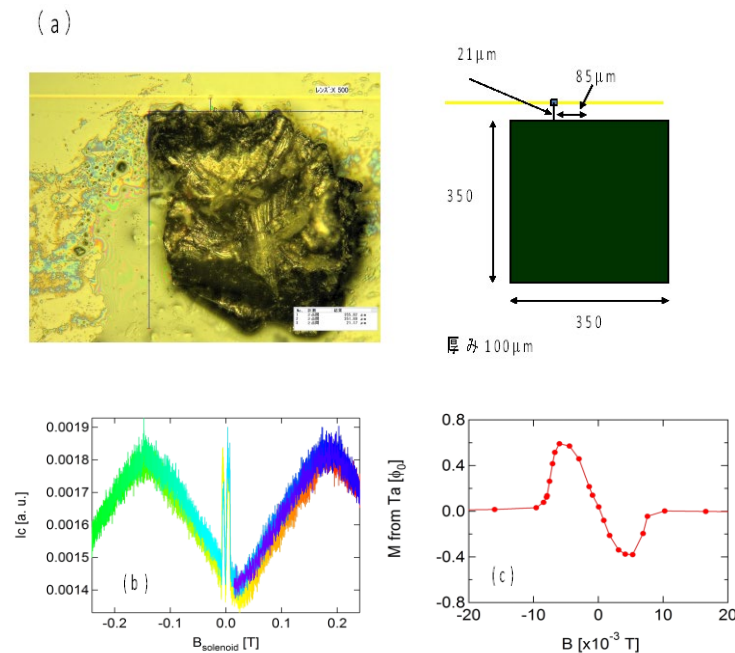


図 6 タンタル試料の測定の様子. (a)マウントされた試料のデジタルマイクロスコープによる写真(左)とマイクロ SQUID に対する配置の模式図(右). (b)臨界電流 I_c の外部磁場による変調. 中央 0 T 付近の急激な立ち上がりがタンタルの反磁性磁化による I_c の変化. (c)臨界電流の変化からタンタルの完全反磁性の寄与を抽出したもの. 約 8mT 付近に臨界磁場が認められる.

(5) 謝辞

本研究は、筆者が前任地にいるときから始めたものであるが、産総研との共同研究によりニオブベースのマイクロ SQUID 素子の開発に本格的に着手したのは、兵庫県立大学に赴任してからである。低温実験が円滑に行えているのは、低温センターが日々寒剤を供給してくださるお蔭であり心からの謝意を述べたい。また、本研究は、様々な人との共同研究である。素子を提供して下さっている産業技術総合研究所柏谷聡博士、柏谷裕美博士、松本哲郎博士、SQUID 素子の基盤へのワイヤーボンディングの装置を貸していただいている高度産業技術センターの松井真二教授、試料マウント方法に関してアドバイス頂いた理学部赤浜裕一教授に感謝申し上げます。また、一緒に研究を行っている電子物性学講座の住山昭彦教授、本山岳博士、研究室学生の谷礼王馬氏、和田雅人氏、杉元伸弥氏、中野裕仁氏のご協力なしには、研究を遂行することはできませんでした。ありがとうございます。

研究ノート 3



Gabriel Pristas

Slovak Academy of Sciences, Kosice, Slovakia.

2009.5-2011.4 兵庫県立大学客員研究員

(学術振興会外国人特別研究員)

兵庫県立大学でのf電子系化合物の研究

Dr. Gabriel Pristas performed his postdoctoral fellowship in Japan from 10th of May 2009 till 9th of May 2011. In next, he will describe his experience with research at the University of Hyogo.

My host researcher was Prof. T. Kohara leader of Electro-physics laboratory at the Graduate School of Material Science, University of Hyogo, Kouto, Japan. The main purpose of my research was study of localized-delocalized transition in samarium and ytterbium based heavy Fermion compounds. We concentrate on ¹¹B-NMR investigation of the intermediate valence narrow-gap semiconductor SmB₆ at ambient pressure and at high pressures and/or high magnetic fields between about 1.6 K and 250 K. I had conducted research under supervision of Prof. T. Kohara and Associate Prof. T. Mito and I appreciate also help of Assistant Prof. T. Koyama during stay at the University of Hyogo.

Recently, the study of the localized-delocalized phase transition in multi-*f* electron systems has been a topic of intensive study and controversy because of many fascinating physical properties in the vicinity of the phase boundary, for example exotic superconductivities, non-Fermi liquid behavior, and so on. The most studied systems were compounds containing Ce ion. Ce-based compounds are characteristic by single 4*f*¹ states for Ce³⁺. We decided to study system with 4*f*⁵ (Sm³⁺) electronic configuration. Main purpose of our study was the

^{11}B -NMR investigation of the intermediate valence semiconductor SmB_6 at ambient pressure as well as under high pressure and high magnetic field in temperature range from about 1.5 K up to 200 K. The narrow gap semiconductor SmB_6 belongs to the class of strongly correlated electron systems called Kondo insulators. In these systems the interactions between localized electrons (usually $4f$ electrons of rare earth elements) and conduction electrons play an important role in opening a narrow energy gap at the Fermi level. One of the most intensively studied Kondo insulators is SmB_6 . The ground state of samarium (Sm) ions is intermediate valence state with the valence at room temperature ~ 2.6 resulting from mixture of Sm^{2+} ($4f^6$) and Sm^{3+} ($4f^5$) configurations in a ratio of 0.4 to 0.6. The valence shows a tendency to decrease with decreasing temperature (2.53 at 4.2 K). The results of XPS and X-ray absorption experiments have shown that the valence fluctuation rate is around 10^7 MHz. The temperature dependence of magnetic susceptibility of SmB_6 reveals a Curie-Weiss-like dependence for temperature higher than 100 K indicative of local-moment behaviour and Pauli-like spin susceptibility for the lowest temperatures due to a non-magnetic configuration for $T \rightarrow 0$. From characteristic transport properties of SmB_6 , one can recognize several regimes of electron kinetics in different temperature regions below room temperature. At high temperatures above ~ 70 K, the resistivity is in order of 10^{-3} – 10^{-4} $\Omega \text{ cm}$, whereas the resistivity increases by factor of 10^4 in temperature range between 70 and 15 K. The increase of resistivity is governed by opening of an insulating energy gap $E_g \sim 10 - 20$ meV. Between 15 and 5 K, a second activation energy $E_d \sim 3 - 5$ meV, which is associated with in-gap states, is observed. Below 5 K, the resistivity saturates, indicating a small conducting channel within the gap.

It is known that application of pressure affects the insulating gap of SmB_6 . With increasing pressure, the gap is closed and SmB_6 becomes metallic at critical value of pressure. The pressure induces a transition from nonmagnetic Sm^{2+} state with angular momentum $J = 0$ to magnetic Sm^{3+} state with $J = 5/2$. Since recent studies revealed that an insulator-metal transition is intimately connected with a long-range magnetic order a pressure-induced nonmagnetic-magnetic transition has renewed interest of this compound. The critical pressure P_c so far reported from different experiments under pressure was distributed over a wide range between 40 and 100 kbar. About this problem, Derr and coworkers have carried out the transport measurement under hydrostatic pressure and indicated the insulating state vanishes at $P_c = 100$ kbar, where homogeneous long range magnetic order appears.

To our knowledge there is no report on the high-pressure NMR investigation of SmB_6 up to now. Therefore in order to obtain detailed information about magnetic

properties of SmB₆ under pressure, we have carried out ¹¹B-NMR measurements under pressure. The NMR technique under pressure is very well developed at the University of Hyogo.

Main experimental method for studying of SmB₆ was the ¹¹B-NMR investigation in temperature range from about 1.6 K to 250 K, in applied various magnetic field and at ambient pressure as well as high pressure. Measurements of NMR under pressure are not trivial because of many technical difficulties and also time consumptions. Experiments above 3GPa are very limited due to very small experimental space and for such case we need sample with very strong NMR signal. In case of SmB₆ the ¹¹B-NMR gives very strong signal. Single crystals of SmB₆ have been prepared using the floating zone melting technique. The ratio of resistivity between 4.2 K and room temperature is higher than 10⁴. In order to increase penetration of radio frequency signal into the sample we crushed the single crystal sample into fine powder for NMR experiments. ¹¹B-NMR measurements have been carried out using a standard spin-echo technique with a phase-coherent pulsed spectrometer. Nuclear spin-lattice relaxation time T_1 was measured in the temperature range from 1.6 K to 250 K. The measurements under pressure up to 25.5 kbar were carried out in a piston-cylinder type pressure cell. As a pressure-transmitting medium, we used Daphne oil 7373 at 16.5 kbar and polyethylsiloxane (PES) at 25.5 kbar. The pressure was calibrated by measuring the superconducting transition of a tin wire.

Measurements under pressure up to 25.5 kbar were carried out in a piston-cylinder type pressure cell. We used several pressure cells and tried to achieve maximum possible pressure for given pressure cell. Many times the pressurizing was unsuccessful due to different technical limits. Finally we succeeded in maximum pressure of 25.5 kbar.

Experiments at higher pressure were performed using modified Bridgman pressure cell. Usually the Bridgman pressure cell has very small experimental volume and is not suitable for NMR experiments. In our case, we used modified Bridgman anvil cell patented by Dr. Takeshita from National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba (Patent number US 7,487,710). Assembling of pressure cell has been carried out at Chiba University in laboratory of Prof. Y. Kohori and Dr. H. Fukazawa. We tried to apply pressure above 4 GPa what is impossible in case of piston-cylinder pressure cell. We used WC as well as ceramic anvils. The advantage of the ceramic anvils is that its well nonmagnetic character does not disturb homogeneity of magnetic field. The NMR coil was less than 1 mm in diameter made from 0.05 mm thin copper wire. The powder of SmB₆ was mixed with glycerine and put into coil. As pressure medium we used glycerine which is liquid up to about 5 GPa.

Experiments have been performed in glass cryostats as well as metallic cryostats. Static magnetic field has been generated using highly homogeneous electromagnet in case of glass cryostat and in the case of metallic cryostat was used superconducting magnet cooled by liquid helium. All cryoliquids (liquid nitrogen, liquid helium) were provided by Cryocentre of Hyogo University.

During my stay I took part in several conferences in Japan and one international conference in Slovakia. I met many Japanese researchers working in issue of strongly correlated electron systems. I discuss with experimental physicists (Prof. Kohori, Dr. Fukazawa, Dr. Takeshita) interested in NMR and high pressure research as well as theoretical physics (Prof. Harima, Prof. Miyake). I visited many laboratories and get lot of experience. After my stay in Japan I will continue in cooperation with host researcher. We will continue in the same problematic of strongly correlated electron systems. We would like to apply also for bilateral project between Japan and Slovakia. After my returning to Slovakia I won the competition organized by Slovak Academy of Sciences for young post doctoral researchers and I got a position for next 4 years at the Institute of Experimental Physics, Slovak Academy of Sciences in Kosice, Slovakia. I will work as a researcher in new laboratory for high pressure physics. I had studied the high pressure technique during my stay in Japan and due to that I am now ready to perform such kind of experiments in our lab in Slovakia. In July 2011 I was awarded by award of president of Slovak republic for young scientists. I really appreciate cooperation with Dr. T. Mito who introduced me into high pressure experimental technique. I also appreciate help of Assistant Prof. T. Koyama during my stay at the University of Hyogo.



Filling of glass cryostat with liquid nitrogen
(Hyogo University, Japan).



Location of Slovakia is in the central Europe.



Helium Liquefier Linde Model 1410 in cryogenic centre of Department of Low Temperature Physics, Slovak Academy of Sciences, Kosice, Slovakia.



Cryostat in laboratory for high pressure physics. Lowest temperature achieved with mini dilution refrigerator (MINIFRIDGE) is 50 mK



Transport Dewar vessels for liquid Helium (Slovakia).

3. 寒 剤 を 用 い た 研 究 実 績

2010 年度

国内外学会等

1. T. Koyama, M Abe, T Mito, K Ueda, T Kohara, H.S. Suzuki (物材機構), NMR studies of half-Heusler type compounds YbPtSb and LuPtSb, International Conference on Heavy Electrons, September, 2010 (Tokyo).
2. T. Koyama, M Abe, T Mito, K Ueda, T Kohara, H.S. Suzuki (物材機構), NMR study of half-Heusler compound YbPtSb, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems, June, 2010 (Santa Fe, USA).
3. 小山岳秀・阿部真依子・水戸 毅・上田光一・小原孝夫・鈴木博之 (物材機構): Half-Heusler 型 RPtSb (R=Yb, Lu) の NMR, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (熊本大学, 2010).
4. 中川原圭太郎・水戸 毅・石田卓磨・小山岳秀・上田光一・小原孝夫・松林和幸 (東大物性研)・才賀裕太 (東大物性研)・上床美也 (東大物性研): 重い電子系 YbCo₂Zn₂₀ の磁場依存性-⁵⁹Co-NQR/NMR, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (熊本大学, 2010).
5. 阿部真依子・小山岳秀・水戸 毅・上田光一・小原孝夫・鈴木博之 (物材機構): YbPtSb の ¹⁹⁵Pt -NMR 緩和率, 日本物理学会 第 66 回年次大会 (新潟大学, 2010).
6. 中川原圭太郎・水戸 毅・石田卓磨・小山岳秀・上田光一・小原孝夫・松林和幸 (東大物性研)・才賀裕太 (広大先進セ)・上床美也 (東大物性研): ⁵⁹Co-NMR/NQR による重い電子系 YbCo₂Zn₂₀ の低温磁性, 日本物理学会 第 66 回年次大会 (新潟大学, 2010).
7. 上田光一・本山 岳・小原孝夫: 2 相共存している CePt₃Si 中の low Tc 相の NMR II, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (熊本大学, 2010).
8. 水戸 毅・服部 翠・本山 岳・小山岳秀・上田光一・小原孝夫・横山 淳 (茨城大理)・網塚 浩 (北大理): URu₂Si₂ 隠れた秩序の NMR/NQR 測定による再検証, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (熊本大学, 2010).
9. 神戸振作 (原子力機構先端基礎)・中堂博之 (原子力機構先端基礎)・徳永 陽 (原子力機構先端基礎)・小山岳秀・酒井宏典 (原子力機構先端基礎)・伊藤 孝 (原子力機構先端基礎)・二宮和彦 (原子力機構先端基礎)・髭本 亘 (原子力機構先端基礎)・竹坂智明 (高知大理)・西岡 孝 (高知大理)・三宅康博 (KEK 物構研): CeRu₂Al₁₀ の μ SR, 日本物理学会 2010 年秋季大会 (熊本大学, 2010).

10. 石田卓磨・水戸 毅・小山岳秀・上田光一・小原孝夫・國森敬介(広大院先端)・世良正文(広大院先端)・伊賀文俊(広大院先端): CeB_6 の高圧下 ^{11}B -NMR による研究, 日本物理学会 第 66 回年次大会(新潟大学, 2010).
11. 服部 翠・水戸 毅・井上耕也・本山 岳・境 秀樹・小山岳秀・上田光一・小原孝夫・横山 淳(茨城大理)・網塚 浩(北大理): URu_2Si_2 における NMR/NQR 測定による対称性の検証, 日本物理学会 第 66 回年次大会(新潟大学, 2010).
12. 阿部真依子・小山岳秀・山本 卓・本山 岳・上田光一・水戸 毅・小原孝夫: 単結晶 PrPd_2Al_3 の ^{27}Al -NMR, 日本物理学会 第 66 回年次大会(新潟大学, 2010).
13. Gabriel Pristáš(Slovak Academy of Sciences), Takeshi Mito, Takao Kohara, Slavomír Gabáni(Slovak Academy of Sciences), Marián Reiffers(Slovak Academy of Sciences), Karol Flachbart(Slovak Academy of Sciences), Nao Takeshita(産総研), Natalia Shitsevalova(National Academy of Sciences of Ukraine), Pressure-Induced Suppression of Energy Gap in the Kondo Insulator SmB_6 Studied by ^{11}B -NMR, International Conference on Heavy Electrons, September, 2010 (Tokyo).
14. 西山功兵・水戸 毅・鯨井幸臣・小山岳秀・上田光一・小原孝夫・竹内一博・坪 広樹・山田順一・A. Kornilov(P.N. Lebedev Phys. Inst.)・V.M. Pudalov(P.N. Lebedev Phys. Inst.)・J.S. Qualls(Sonoma State Univ.): 擬一次元有機導体 $(\text{TMTSF})_2\text{X}$ の ^{77}Se -NMR による研究 II, 日本物理学会 2010 年秋季大会(熊本大学, 2010).
15. 上田光一・小原孝夫・Y. Singh(TIFR)・S. Ramakrishnan(TIFR): CDW 転移と超伝導が共存する $\text{Lu}_5\text{Ir}_4\text{Si}_{10}$ 系の NMR 測定, 日本物理学会 2010 年秋季大会(熊本大学, 2010).

発表論文

1. T. Koyama, M. Abe, T. Mito, K. Ueda, T. Kohara, and H. S. Suzuki(物材機構), NMR study in the half-Heusler type compound YbPtSb , J. Phys. Conference. Series **273** 012040 1-4 (2011).
2. k. Ueda, T. Koyama, T. Kohara, Nuclear magnetic resonance study of some Ce-based superconductors with noncentrosymmetric crystal structure, Journal of Applied Physics **107** 09E139 1-3 (2010).
3. S. Kambe(原子力機構先端基礎), H. Chudo(原子力機構先端基礎), Y. Tokunaga(原子力機構先端基礎), T. Koyama, H. Sakai(原子力機構先端基礎), T.U. Ito(原子力機構先端基礎), K. Ninomiya(原子力機構先端基礎), W. Higemoto(原子力機構先端基礎), T. Takesaka(高知大理), T. Nishioka(高知大理), and Y. Miyake(KEK 物構研), Evidence for Appearance of an Internal Field in the Ordered State of $\text{CeRu}_2\text{Al}_{10}$ by $\mu^+\text{SR}$, J. Phys. Soc. Jpn., **79** 053708 1-3 (2010).

4. T. Koyama, K. Kanda, G. Motoyama, K. Ueda, T. Mito, T. Kohara and H. Nakamura, ^{103}Rh NMR investigation of the superconductor $\text{Rh}_{17}\text{S}_{15}$, *Physica C* 470 Supplement 1 S734-S735 (2010).
5. T. Koyama, K. Kanda, G. Motoyama, T. Mito, K. Ueda, T. Kohara, H. Nakamura (京大院工), and H. Harima, Electron Correlations in the Superconductor $\text{Rh}^{17}\text{S}^{15}$ Studied by ^{103}Rh NMR and Specific Heat Measurements, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **79** 114723 1-5 (2010).
6. T. Koyama, H. Nakamura (京大院工), T. Kohara, and Y. Takahashi, Magnetization Process of Narrow-Gap Semiconductor FeSb_2 , *J. Phys. Soc. Jpn.*, **79** 093704 1-4 (2010).
7. G. Pristáš (Slovak Academy of Sciences), T. Mito, T. Kohara, S. Gabáni (Slovak Academy of Sciences), M. Reiffers (Slovak Academy of Sciences), K. Flachbart (Slovak Academy of Sciences), N. Takeshita (産総研), N. Shitsevalova (National Academy of Sciences of Ukraine), ^{11}B -NMR Study of SmB_6 under Pressure, *Acta Phys. Polo. A* **118**, 895 (2011).
8. T. Koyama, K. Kanda, G. Motoyama, T. Mito, K. Ueda, T. Kohara, H. Nakamura (京大院工), H. Harima, Electron Correlations in Superconductor $\text{Rh}_{17}\text{S}_{15}$ Studied by ^{103}Rh NMR and Specific Heat Measurements, *J. Phys. Soc. Jpn.*, **79** 114723 1-5 (2010)
9. T. Koyama, K. Kanda, K. Ueda, T. Mito, T. Kohara, H. Nakamura (京大院工), ^{103}Rh -NMR studies in the superconductor $\text{Rh}_{17}\text{S}_{15}$, *Journal of Physics: Conference Series* **200** 012095-1-4 (2010).

2010 年度

国内外学会等

1. A. Sumiyama, N. Ikeda, Y. Aoki, G. Motoyama, A. Yamaguchi, T. Yasuda(阪大), R. Settai(阪大), and Y. Onuki(阪大): Josephson effect of heavy-fermion superconductors measured in a 3-axes magnetometer, International Conference on Heavy Electrons 2010 (東京, 2010).
2. 池田奈央子・青木義弘・本山岳・山口明・住山昭彦・安田敬(阪大)・摂待力生(阪大)・大貫惇睦(阪大): 3軸磁化測定系の開発とジョセフソン効果測定への応用 II, 日本物理学会秋季大会(大阪, 2010).
3. 住山昭彦・青木義弘・池田奈央子・本山岳・山口明・安田敬(阪大)・摂待力生(阪大)・大貫惇睦(阪大): 空間反転対称性のない超伝導体 CePt_3Si , LaPt_3Si のジョセフソン効果, 「対称性の破れた凝縮系におけるトポロジカル量子現象」第1回領域研究会(京都, 2010).
4. 住山昭彦・池田奈央子・郷地順・本山岳・山口明・木村憲彰(東北大)・山本悦嗣(原子力機構)・芳賀芳範(原子力機構)・大貫惇睦(阪大): 重い電子系超伝導体 UPt_3 のジョセフソン効果, 日本物理学会第 66 回年次大会(新潟, 2011).
5. 村川智(慶応大)・山口明・荒井美穂(東工大)・和才将大(東工大)・青木悠樹(東大)・石本英彦(東大)・野村竜司(東工大)・奥田雄一(東工大): 強磁場中における超流動 ^3He の横波音響応答 IV, 日本物理学会秋季大会(大阪, 2010).
6. 山口明: Spin current manipulation in superfluid $\text{He}_3\text{-A1}$ phase, 日本物理学会第 66 回年次大会(新潟, 2010).
7. 和田雅人・山口明・松本哲郎(産総研)・柏谷裕美(産総研)・武田啓司(東大)・本山岳・柏谷聡(産総研)・大越慎一(東大)・住山昭彦: 低温マイクロ SQUID 磁束計による Mn_{12} クラスターの磁化量子トンネリングの測定, 日本物理学会秋季大会(大阪, 2010).
8. M. Shiotsuki, G. Motoyama, Y. Oda, A. Yamaguchi, A. Sumiyama, T. Takeuchi(阪大), T. Yasuda(阪大), R. Settai(阪大), and Y. Onuki(阪大): Specific heat of poly- and single-crystalline LaPt_3Si under magnetic fields, International Conference on Heavy Electrons 2010 (東京, 2010).
9. 塩月聖博・本山岳・小田祺景・住山昭彦: TiCo の超伝導と磁気余効, 日本物理学会秋季大会(大阪, 2010).
10. 境秀樹・川端綾美・本山岳・山口明・住山昭彦: PrNi_2Ge_2 の単結晶育成と低温物性, 日本物理学会秋季大会(大阪, 2010).

11. 上田光一・本山岳・小原孝夫: 2相共存している CePt_3Si 中の low T_c 相の NMR II, 日本物理学会秋季大会(大阪, 2010).
12. 塩月聖博・本山岳・小田祺景・山口明・住山昭彦・竹内徹也(阪大)・安田敬(阪大)・摂待力生(阪大)・大貫惇睦(阪大): LaPt_3Si 多結晶および単結晶の磁場中比熱測定 II, 日本物理学会秋季大会(大阪, 2010).
13. 水戸毅・服部翠・本山岳・小山岳秀・上田光一・小原孝夫・横山淳(茨城大)・網塚浩(北大): URu_2Si_2 隠れた秩序の NMR/NQR 測定による再検証, 日本物理学会秋季大会(大阪, 2010).
14. 本山岳: URu_2Si_2 における隠れた秩序相の局在性・遍歴性, 大洗研究会(茨城, 2010).
15. 小泉昭久・本山岳・久保康則(日大)・伊藤真義(JASRI)・櫻井吉晴(JASRI): 重い電子系化合物 CeRu_2Si_2 におけるコンプトンプロファイルの温度変化測定, 日本物理学会第 66 回年次大会(新潟, 2011).
16. 塩月聖博・本山岳・小田祺景・山口明・住山昭彦・竹内徹也(阪大)・安田敬(阪大)・摂待力生(阪大)・大貫惇睦(阪大): LaPt_3Si の磁場中磁化率測定, 日本物理学会第 66 回年次大会(新潟, 2011).
17. 服部翠・水戸毅・井上耕也・本山岳・境秀樹・小山岳秀・上田光一・小原孝夫・横山淳(茨城大)・網塚浩(北大): URu_2Si_2 における NMR/NQR 測定による対称性の検証, 日本物理学会第 66 回年次大会(新潟, 2011).
18. 酒井佳央・本山岳・小貫龍一・山口明・住山昭彦: URu_2Si_2 における圧力下点接合分光測定, 日本物理学会第 66 回年次大会(新潟, 2011).
19. 阿部真依子・小山岳秀・山本卓・本山岳・上田光一・水戸毅・小原孝夫: 単結晶 PrPd_2Al_3 の ^{27}Al -NMR, 日本物理学会第 66 回年次大会(新潟, 2011).

発表論文

1. A. Sumiyama, Y. Tsuji, N. Ikeda, Y. Oda, H. Shishido(京大), R. Settai(阪大), Y. Onuki(阪大): Comparison of Josephson effect of heavy-fermion superconductor CeTIn_5 ($T = \text{Co, Ir}$), *Physica C* **470** (2010) S577.
2. Y. Aoki, A. Sumiyama, M. Shiotsuki, G. Motoyama, A. Yamaguchi, Y. Oda, T. Yasuda(阪大), R. Settai(阪大), and Y. Onuki(阪大): Josephson Effect between Noncentrosymmetric LaPt_3Si and a Conventional Superconductor, *J. Phys. Soc. Jpn.* **79** (2010) 124707.
3. A. Sumiyama, N. Miyakawa, Y. Ushida, G. Motoyama, A. Yamaguchi, Y. Oda: Magnetic-field modulation of the Josephson effect between polycrystalline CeCu_2Si_2 and Al, *J. Physics: Conference Series* **273** (2011) 012086.
4. Y. Aoki, A. Sumiyama, G. Motoyama, Y. Oda, T. Yasuda(阪大), R. Settai(阪大), Y. Onuki(阪大): Meissner effect of heavy-fermion superconductor CePt_3Si under pressure, *Physica C* **470** (2010) S554.

5. Y. Aoki, A. Sumiyama, G. Motoyama, A. Yamaguchi, Y. Oda, T. Yasuda(阪大), R. Settai(阪大), and Y. Onuki(阪大): Origin of High-Tc Inclusion in Noncentrosymmetric Superconductor CePt₃Si, J. Phys. Soc. Jpn. **80** (2011) 065001.
6. Y. Aoki(東工大), A. Yamaguchi, K. Suzuki(東大), H. Ishimoto(東大) and H. Kojima(Rutgers 大): Spin fluid dynamics observed by magnetic fountain effect and mechanical spin pumping effect in the ferromagnetic superfluid He-3 A1 phase, Phys. Rev. B **82**(2010) 054527.
7. A. Yamaguchi, M. Wada, R. Tani, K. Takeda(東大), T. Matsumoto(産総研), H. Kashiwaya(産総研), G. Motoyama, S. Kashiwaya(産総研), S. Ohkoshi(東大) and A. Sumiyama: An Operation Circuit of a Micro-SQUID Magnetometer below 1 K, Journal of Low Temperature Physics **162**(2011) 748 .
8. D. Okai, R. Nagai, G. Motoyama, T. Fukami, T. Yamasaki, Y. Yokoyama, H. M. Kimura, A. Inoue: Superconducting property of Zr-Co and Zr-Co-Al alloys fabricated by rapid solidification, Physica C **470** (2010) 1048.
9. T. Koyama, K. Kanda, G. Motoyama, K. Ueda, T. Mito, T. Kohara, H. Nakamura(京大): ¹⁰³Rh NMR investigation of the superconductor Rh₁₇S₁₅, Physica C **470** (2010) S734.
10. T. Koyama, K. Kanda, G. Motoyama, T. Mito, K. Ueda, T. Kohara, H. Nakamura(京大), and H. Harima(神戸大): Electron Correlations in Superconductor Rh₁₇S₁₅ Studied by ¹⁰³Rh NMR and Specific Heat Measurements, J. Phys. Soc. Jpn **79** (2010) 114723.
11. G. Motoyama, H. Sakai, A. Yamaguchi, A. Sumiyama, Y. Oda: Anisotropy of magnetic susceptibility of URu₂Si₂ under pressure, J. Physics: Conference Series **273** (2011) 012080.
12. A. Koizumi, G. Motoyama, Y. Kubo(日大), T. Tanaka(日大), M. Itou(JASRI), Y. Sakurai(JASRI): f Electron contribution to the change of electronic structure in CeRu₂Si₂ with temperature: a Compton scattering study, Phys. Rev. Lett. **106** (2011) 136401.
13. T. Matsushita(名大), N. Hamaguchi(名大), K. Shimizu(名大), N. Wada(名大), W. Fujita(名大), K. Awaga(名大), A. Yamaguchi, and H. Ishimoto(東大): Quantum Spin State and Magnetization Plateaus in an S=1 Kagomé Heisenberg Antiferromagnet, J. Phys. Soc. Jpn. **79**(2010) 093701.

2010 年度

国内外学会等

16. 池田修悟・依田芳卓(JASRI)・大石泰生(JASRI)・張小威(KEK)・小林寿夫:「複合極限環境下 ^{151}Eu 核共鳴前方散乱による EuFe_2As_2 の電子状態研究」, 日本物理学会 2010 年春季大会(岡山大 2010 年 3 月).
17. 小林寿夫・池田修悟・依田芳卓(JASRI)・中村博樹(原子力機構)・町田昌彦(原子力機構):「 AFe_2As_2 ($\text{A}=\text{Sr}, \text{Eu}$) の ^{57}Fe 核共鳴非弾性散乱による格子振動 II」, 日本物理学会 2010 年春季大会(岡山大 2010 年 3 月).
18. 筒井智嗣(JASRI)・山浦淳一(東大物性研)・小楠寛貴(東大物性研)・池田修悟・高原忠司・山岡慎吾・小林寿夫・今井康彦(JASRI)・依田芳卓(JASRI)・廣井善二(東大物性研):「 β -パイロクロア化合物の ^{189}Os 核共鳴非弾性散乱」, 日本物理学会 2010 年春季大会(岡山大 2010 年 3 月).
19. 池田修悟・吉田和樹・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI)・張小威(KEK)・依田芳卓(JASRI)・小林寿夫:「複合極限環境下 ^{57}Fe 及び ^{151}Eu 核共鳴前方散乱による EuFe_2As_2 の電子状態研究」, 日本物理学会 2010 年秋季大会(阪府大 2010 年 9 月).
20. 小林寿夫:「新たな展開を迎えたメスバウアー・核共鳴散乱分光法—最先端物性研究のプロープとして—: 強相関係の超高压下量子物性のプロープとして」日本物理学会 2010 年秋季大会(阪府大 2010 年 9 月).
21. 池田修悟・和氣剛(京大理)・寺澤慎祐(京大理)・中村裕之(京大理)・小林寿夫:「Co 置換系 $(\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x})_3\text{Mo}_3\text{N}$ の ^{57}Fe 核メスバウアー測定」, 日本物理学会 2010 年秋季大会(阪府大 2010 年 9 月)水戸毅:重い電子系 Yb 化合物, 磁性分光研究会 ~X 線分光学による物質科学へのアプローチ~(広島大学, 2009).
22. 小泉昭久:「コンプトン散乱の進展」, 日本物理学会 2010 年秋季大会(阪府大 2010 年 9 月).
23. 池田修悟:「 EuFe_2As_2 における ^{151}Eu メスバウアー測定」, 大洗研究会(東京 2010 年 11 月).
24. 伊藤真義(JASRI)・小泉昭久・櫻井吉晴(JASRI):「磁気コンプトン散乱によるスピンモーメントのみの磁化曲線測定手法の改良」, 第 24 回日本放射光学会年会(つくば国際会議場 2011 年 1 月).

発表論文

10. T. Waki(京大), S. Terazawa(京大), Y. Tabata(京大), F. Oba(京大), C. Michioka(京大), K. Yoshimura(京大), S. Ikeda, H. Kobayashi, K. Ohoyama(東北大), H. Nakamura(京大): Non-Fermi-Liquid Behavior on an Iron-Based Itinerant Electron Magnet $\text{Fe}_3\text{Mo}_3\text{N}$. J. Phys. Soc. Jpn. **79** 043701-1-4 (2010).
11. N. Sakai, R. Chai-Ngam (Mahasarakham Univ.), A. Koizumi, H. Kobayashi: Experimental Study on Interlayer Magnetic Coupling in Sputtered Al/Fe/Al/Gd Magnetic Multilayer Films: II. Hysteresis curves of X-ray Magnetic Circular Dichroism at the Gd-L3 Edge. J. Phys. Soc. Jpn **79** 064703-1-7(2010).
12. M. Ota(群馬大), M. Itou(JASRI), Y. Sakurai(JASRI), A. Koizumi, H. Sakurai(群馬大): Perpendicular magnetic anisotropy in Co/Pt multilayers studied from a view point of anisotropy of magnetic Compton profiles. Appl. Phys. Lett. **96** 152505(2010).
13. B.L. Ahuja(Sukhadia Univ.), B.K. Sharma(Univ. of Rajasthan) , V. Purvia(Univ. of Rajasthan), S. Tiwari(Sukhadia Univ.), A. Koizumi, T. Nagao, Y. Sakurai(JASRI), N. Sakai: Spin dependent Compton scattering study of magnetic transitions in Ir doped CeFe_2 . J. Appl. Phys. **108** 043902-1-5(2010).
14. A. Koizumi, G. Motoyama, Y. Kubo(日大), T. Tanaka(日大), M. Itou(JASRI), Y. Sakurai(JASRI): f Electron Contribution to the Change of Electronic Structure in CeRu_2Si_2 with Temperature: A Compton Scattering Study. Phys. Rev. Lett. **106** 136401-1-4(2011).

2010 年度

国内外学会等

1. 石川 潔:「アルカリ塩のレーザー核スピン偏極と相転移」日本物理学会第 66 回年次大会 (新潟大学 2011 年 3 月)
2. 長谷川尊之・高木芳弘・中山正昭(大阪市大):「GaAs/AlGaAs 超格子におけるミニバンド状態での特異的な励起子量子ビート」日本物理学会第 66 回年次大会 (新潟大学 2011 年 3 月)
3. 岡崎勇樹・長谷川尊之・高木芳弘:「分子性結晶におけるピコ秒光誘起電磁パルス」日本物理学会第 66 回年次大会 (新潟大学 2011 年 3 月)
4. Takayuki Hasegawa, Yoshihiro Takagi, Hideo Takeuchi(滋賀県大), and Masaaki Nakayama(大阪市大): Intense emission of terahertz electromagnetic wave originating from a surface surge current in an undoped GaAs/n-type GaAs epitaxial layer structure, International Symposium on Bioimaging and Surface Sciences, 26-27 of February 2011.
5. 長谷川尊之:「酸化亜鉛半導体マイクロキャビティにおけるエネルギー構造の精密分光」平成 22 年度兵庫県立大学研究発表会 (兵庫県立大学明石キャンパス 2010 年 12 月)
6. 長谷川尊之・増元真史・高木芳弘:「非縮退発光励起相関法を用いた非線形発光ダイナミクスの時間分解分光」第 21 回光物性研究会 (大阪市立大学 2010 年 12 月)
7. 岡崎勇樹・長谷川尊之・高木芳弘:「ベンジル結晶を用いた光誘起電磁パルスの発生」第 21 回光物性研究会 (大阪市立大学 2010 年 12 月)
8. K. Ishikawa: Optically Polarized Alkali Salt: Novel Hyperpolarized Matter, Seminar at UC, Berkeley (September 2010).
9. 石川 潔:「高偏極アルカリ塩の核スピンドイナミクス」日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪府立大学 2010 年 9 月)
10. 長谷川尊之・増元真史・高木芳弘:「非縮退発光励起相関法による励起状態の超高速分光 II」日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪府立大学 2010 年 9 月)

11. 岡崎勇樹・長谷川尊之・高木芳弘:「ベンジル結晶における光誘起電磁パルスの発生」
日本物理学会 2010 年秋季大会 (大阪府立大学 2010 年 9 月)

発表論文

1. S. Taue (京大), Y. Sugihara (京大), T. Kobayashi (京大), S. Ichihara (キヤノン), K. Ishikawa, and N. Mizutani (キヤノン) : Development of a Highly Sensitive Optically Pumped Atomic Magnetometer for Biomagnetic Field Measurements: A Phantom Study, IEEE Transactions on Magnetism **46**, 3635-3638 (2010).
2. T. Hasegawa, Y. Takagi, and M. Nakayama(大阪市大) : Electric field effects on excitonic quantum beats in a single quantum well embedded in a GaAs/AlAs superlattice, Physical Review B **83**, 205309 1-6 (2011).
3. T. Hasegawa, S. Okamoto(大阪市大), and M. Nakayama(大阪市大) : Upconversion of photoluminescence due to subband resonances in a GaAs/AlAs multiple quantum well structure, Physica E **42**, 2648-2651 (2010).
4. M. Nakayama(大阪市大), T. Hirao(大阪市大), and T. Hasegawa : Photoluminescence properties of exciton-exciton scattering in a GaAs/AlAs multiple quantum well, Physica E **42**, 2644-2647 (2010).

2010 年度

国内外学会等

1. 満身 稔・松尾篤史・脇田三喜正・鳥海幸四郎・羽渕隆文^a・島田賢也^a(^a 広大院理): One-Dimensional Metallic Behavior Observed in Partially Oxidized One-Dimensional Diplatinum Complex, 第 60 回錯体化学討論会(大阪, 2010) 11a-02.
2. 山崎翔太・満身 稔・西谷 崇・鳥海幸四郎・北河康隆^a・ゴルス ナタリア^a・宮崎裕司^a・稲葉 章^a(^a 阪大院理): 一次元ロジウム(I)-セミノナト錯体の構造相転移と強磁性, 第 60 回錯体化学討論会(大阪, 2010) 4B-13
3. 江崎一成・満身稔・鳥海幸四郎: キラル一次元ロジウム(I)-セミノナト錯体の構造と磁性, 第 60 回錯体化学討論会(大阪, 2010) 2PB-13
4. 相賀悠子・満身 稔・鳥海幸四郎・小林義男(理研): スター格子を持つ混合原子価三核鉄(II,III,III)錯体の構造と物性, 第 60 回錯体化学討論会(大阪, 2010) 2PB-15
5. 羽渕隆文^a・満身 稔・島田賢也^b・松尾篤史・脇田三喜正・岩澤英明^b・姜 健^a・林 博和^a・平山大裕^a・生天目博文^b・谷口雅樹^{a,b}(^a 広大院理, ^b 広大放射光セ): 一次元 Pt 錯体の高分解能光電子分光, 日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪, 2010) 24pRE-6
6. 羽渕隆文^a・満身 稔・島田賢也^b・松尾篤史・脇田三喜正・岩澤英明^b・姜 健^a・林 博和^a・平山大裕^a・生天目博文^b・谷口雅樹^{a,b}(^a 広大院理, ^b 広大放射光セ): 一次元 Pt 錯体の高分解能光電子分光, 第 24 回日本放射光学会年会(つくば, 2010) 7B003
7. T. Habuchi,^a M. Mitsumi, K. Shimada,^b H. Iwasawa,^b J. Jiang,^a H. Hayashi,^a D. Hirayama,^a H. Namatame,^b M. Taniguchi^{a,b} (^a 広大院理, ^b 広大放射光セ): One-dimensional Pt Complex $[\text{Pt}_2(\text{MeCS}_2)_4]_2\text{ClO}_4$, The 37th International conference on Vacuum Ultraviolet and X-ray Physics (VUVX2010), (Vancouver, Canada, 2010), 3P069.
8. 北川白馬・小澤芳樹・赤浜裕一・川村春樹・鳥海幸四郎: Structural change and luminescent properties of $[\text{Cu}_4\text{I}_4(\text{PPh}_3)_4]$ under high pressure, 60th Anniversary Conference on Coordination Chemistry in OSAKA(大阪, 2010) 1PI-58.
9. 山中宏晃・山下大輔・満身稔・小澤芳樹・鳥海幸四郎・坂田修身(SPring-8/JASRI): Epitaxial Growth of Halogen-Bridged Mixed-Valence Platinum Complexes and Structure Analysis by X-ray diffraction Method of Crystal Surface, 60th Anniversary Conference on Coordination Chemistry in OSAKA(大阪, 2010) 1PI-68.
10. 山本和矢・小澤芳樹・鳥海幸四郎: メカノクロミズムを示す発光性ハロゲン化銀(I)ポリマー錯体, 第 60 回錯体化学討論会(大阪, 2010) 1PB-13
11. Hiroko Fujioka, Yoshiki Ozawa, and Koshiro Toriumi: Syntheses, structures and

- photoluminescence properties of hexanuclear gold(I)-silver(I) mixed metal complexes, The 10th Conference of the Asian Crystallographic Association (AsCA2010) (Busan, Korea, 2010), MS02-P06.
12. Yoshiki Ozawa, Toru Ishida, Kimihiro Kimura, and Koshiro Toriumi: Single crystal structure analyses of photo-excited states of photoluminescent hexanuclear d¹⁰ metal complexes, The 10th Conference of the Asian Crystallographic Association (AsCA2010) (Busan, Korea, 2010), MS08-P08.
 13. Hiroaki Yamanaka, Daisuke Yamashita, Aki Takazaki, Minoru Mitsumi, Yoshiki Ozawa, Koshiro Toriumi, and Osami Sakata (SPring-8/JASRI): Development for X-ray crystal structure analysis of a surface-shallow layer and its application to the epitaxial crystals of halogen-bridged platinum(II,IV) complexes, The 10th Conference of the Asian Crystallographic Association (AsCA2010) (Busan, Korea, 2010), MS14-P12.
 14. 今川理恵・小澤芳樹・鳥海幸四郎: 銀(I)銅(I)混合金属六核錯体の合成, 結晶構造および発光特性, 2010 年度日本結晶学会年会 (吹田, 2010) OB-I-01
 15. 上田紘平・小澤芳樹・鳥海幸四郎: 結晶中で柔軟に変形する銀(I)六核錯体の構造と発光挙動, 2010 年度日本結晶学会年会 (吹田, 2010) OB-I-02
 16. H. Yamanaka, D. Yamashita, M. Mitsumi, Y. Ozawa, K. Toriumi, and O. Sakata (SPring-8/JASRI): Development for accurate crystal-structure analysis of a surface-shallow layer by X-ray diffraction and its application to the epitaxial crystals of halogen-bridged platinum(II,IV) complexes, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), (Honolulu (USA), 2010). ID# 410.
 17. Y. Ozawa, T. Ishida, K. Toriumi: Direct observation of photo-excited state geometrical change of copper(I) hexanuclear complex by crystallographic studies under photo-illumination, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), (Honolulu (USA), 2010). ID# 1236.
 18. H. Kitagawa, Y. Ozawa, Y. Akahama, H. Kawamura, K. Toriumi: Flexible cubane-like framework in crystalline state: Structure and luminescent properties of [Cu₄I₄(PPh₃)₄], 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2010), (Honolulu (USA), 2010). ID# 1258.
 19. 小澤芳樹・北川白馬・今川理恵・上田紘平・鳥海幸四郎: 結晶中で柔軟に変形する発光性 d¹⁰ 金属多核錯体の構造と物性, 日本化学会第 91 春季年会 (横浜, 2011) 2G6-50
 20. 松本未来^a・小澤芳樹・矢ヶ崎 篤^a (^a 関西学院大院理工): Synthesis and reaction of [H₂Ta₆O₁₉]⁶⁻, and synthesis of decaniobate-supported organorhodium complex, 60th Anniversary Conference on Coordination Chemistry in OSAKA (大阪, 2010) 2PI-28.
 21. 小澤芳樹・胡中彩貴^a・正中崇博^a・矢ヶ崎 篤^a・渡邊真太^b (^a 関西学院大院理工, ^b 名大

ベンチャービジネスラボ): バナドテルル酸アニオンのプロトネーションサイト, 日本化学会第 91 春季年会(横浜, 2011) 1A4-34.

22. 小澤芳樹・松本未来^a・矢ヶ崎 篤^a (^a関西学院大院理工): 有機溶媒中でのイソポリタンタル酸の合成, 日本化学会第 91 春季年会(横浜, 2011) 1A4-36.

発表論文

1. S. Ikeuchi^a, Y. Yamamura^b, Y. Yoshida^a, M. Mitsumi, K. Toriumi, and K. Saito^b (^a阪大院理, ^b筑波大院数理): Calorimetric Study of Correlated Ligand Dynamics in Mixed-Valence MMX Chain Complex [$\{\text{Ni}_2(\text{n-BuCS}_2)_4\}\text{I}$], *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **83**(3), 261-266 (2010).
2. M. Mitsumi, T. Yamashita, Y. Aiga, K. Toriumi, H. Kitagawa,^a T. Mitani,^a and M. Kurmoo^b (^a北陸先端大, ^bUniversité Louis Pasteur): On the Nature of the Multiple Ground States of the MMX Mixed-Valence Chain Compound, $[\text{Pt}^{\text{II/III}}_2(\text{n-PenCS}_2)_4\text{I}]_\infty$, *Inorg. Chem.*, **50**, 4368-4377 (2011).
3. M. Hoshino,^a H. Uekusa,^a S. Ishii,^a T. Otsuka,^a Y. Kaizu,^a Y. Ozawa, and K. Toriumi (^a東工大院理工): Polymorphic Crystal Approach to Changing the Emission of $[\text{AuCl}(\text{PPh}_3)_2]$, Analyzed by Direct Observation of the Photoexcited Structures by X-ray Photocrystallography, *Inorg. Chem.*, **49**, 7257-7266 (2010).
4. H. Kitagawa, Y. Ozawa, and K. Toriumi: Flexibility of cubane-like Cu_4I_4 framework: Temperature dependence of molecular structure and luminescence thermochromism of $[\text{Cu}_4\text{I}_4(\text{PPh}_3)_4]$ in two polymorphic crystalline state, *Chem. Commun.*, **46**, 6302-6304 (2010).
5. M. Hoshino,^a H. Uekusa,^a S. Ishii,^a T. Otsuka,^a Y. Kaizu,^a Y. Ozawa, and K. Toriumi (^a東工大院理工): Polymorphic Crystal Approach to Changing the Emission of $[\text{AuCl}(\text{PPh}_3)_2]$, Analyzed by Direct Observation of the Photoexcited Structures by X-ray Photocrystallography, *Inorg. Chem.*, **49**, 7257-7266 (2010).
6. H. Kitagawa, Y. Ozawa, and K. Toriumi: Flexibility of cubane-like Cu_4I_4 framework: Temperature dependence of molecular structure and luminescence thermochromism of $[\text{Cu}_4\text{I}_4(\text{PPh}_3)_4]$ in two polymorphic crystalline state, *Chem. Commun.*, **46**, 6302-6304 (2010).
7. M. Matsumoto,^a Y. Ozawa, A. Yagasakia (^a関西学院大院理工): Reversible dimerization of decaniobate, *Polyhedron*, **29**, 2196-2201(2010).
8. M. Matsumoto,^a Y. Ozawa and A. Yagasaki^a (^a関西学院大院理工): Which Is The Most Basic Oxygen in $[\text{Ta}_6\text{O}_{19}]^{8-}$? -- Synthesis and Structural Characterization of $[\text{H}_2\text{Ta}_6\text{O}_{19}]^{6-}$, *Inorg. Chem. Commun.*, **14**, 115-117 (2011).

2010 年度

国内外学会等

1. H. Kawamura and Y. Akahama: X-ray diffraction and Raman Scattering Studies of Phase III of Solid Hydrogen, Gordon Research Conference (GRC) on Research at High Pressure (2010 New Hampshire, USA).
2. 諏訪裕理・前川武雄・赤浜裕一・福井宏之・川村春樹・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI)・竹村謙一(NIMS): 第 51 回高圧討論会(2010 年, 仙台市) 固体水素 II-III 相転移の X 線回折とラマン散乱実験.
3. 前川武雄・諏訪裕理・赤浜裕一・福井宏之・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI): 第 51 回高圧討論会(2010 年, 仙台市) 酸素と窒素の二元系の高圧相図と構造研究.
4. 福井宏之: 第 51 回高圧討論会(2010 年, 仙台市) 希ガス媒体による単結晶加圧.
5. 福井宏之・平岡 望(NSRRC): X 線ラマン散乱による MgSiO_3 ガラスの構造変化の観察 日本鉱物科学会 2010 年年会 (島根, 2010).
6. 福井宏之・平岡 望(NSRRC): 超高圧下での X 線ラマン散乱: シリケートガラスの構造変化, 平成 22 年度兵庫県立大学シンポジウム(姫路, 2010).
7. 平郡諭・小林本忠: 希土類金属-黒鉛層間化合物の作製と磁気特性, 第 39 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム(京都, 2010).
8. 藤原佑樹・平郡 諭・小林本忠: アルカリ金属添加ピセン化合物の作製と磁化率, 日本物理学会 2010 年秋季大会(大阪, 2010).
9. 小林本忠: 黒鉛に金属を添加してつくる強磁性体, 兵庫県立大学新技術説明会(東京, 2010).
10. 平郡 諭・小林本忠: 希土類金属黒鉛層間化合物の磁気特性, 第 37 回炭素材料学会年会(姫路, 2010).
11. 佐藤貴彦・平郡 諭・小林本忠: カルシウム窒化硼素層間化合物の作製と X 線回折, 日本物理学会第 66 回年次大会(新潟, 2011).

発表論文

1. Y. Akahama, M. Nishimura, H. Kawamura, N. Hirao(JASRI), Y. Ohishi(JASRI), and K. Takemura(NIMS): Evidence from x-ray diffraction of orientational ordering in phase III of solid hydrogen at pressures up to 183 GPa, Phys. Rev. B, **82** (2010) 060101(R).
2. A. Q. R. Baron (RIKEN), M. Inui (Hiroshima Univ.), E. Ohtani (Tohoku Univ.), H. Fukui, S. Hosokawa (Hiroshima Inst. Tech.), T. Masaki (Shibaura Inst. Tech.), D. Ishikawa (JASRI), T. Sakai (Tohoku Univ.), J. T. Okada (JAXA), S. Tsutsui (JASRI) and H. Uchiyama (JASRI): Atomic Dynamics in Extreme Environments via Inelastic X-Ray Scattering at SPring-8, Synchrotron Radiation News Vol.23, No. 6, 17-25 (2010).
3. S. Heguri, and M. Kobayashi, The Absence of a Metallic Phase in Magnesium Fullerides Mg_xC_{60} ($1 < x \leq 6$), Solid State Commun., **150**, 1489–1492 (2010).

2010 年度

国内外学会等

1. K. Aoki, H. Akutsu, J. Yamada, and S. Nakatsuji: Preparation and Properties of Spin-Carrying Perylene Diimide Derivatives, The 4th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (Osaka, 2009).
2. Y. Shibata, H. Akutsu, J. Yamada, U. Hiremath (Centre for Liquid Crystal Research, Bangalore), C. V. Yelamaggad (Centre for Liquid Crystal Research, Bangalore) and S. Nakatsuji: Preparation and Properties of Spin-Carrying Anthraquinone Derivatives, The 4th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (Osaka, 2009).
3. H. Suzuki, H. Akutsu, J. Yamada, and S. Nakatsuji: Preparation and Properties of New Spin-Carrying Acceptors, The 4th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (Osaka, 2009).
4. S. Nakatsuji, K. Aoki, H. Akutsu, J. Yamada, J. Nishida (Tokyo Institute of Technology), and Y. Yamashita (Tokyo Institute of Technology): Spin-Carrying Perylenediimide Derivatives Exhibiting n-Type FET Properties, 13th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (Luxembourg, 2009).
5. S. Nakatsuji, M. Nobusawa, H. Suzuki, H. Akutsu, and J. Yamada: Preparation and Properties of Spin-Carrying Benzoquinones, The 3rd Japanese-Russian Workshop on Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices (Awaji, 2009).
6. A. Kh. Vorobiev (Moscow State University), N. Chumakova (Moscow State University), A. Bogdanov (Moscow State University), T. Yankova (Moscow State University), and S. Nakatsuji: Molecular alignments, rotation mobility and photo-isomerization of azobenzene substituted nitroxides in LC and polymer media, The 3rd Japanese-Russian Workshop on Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices (Awaji, 2009).
7. K. Aoki, H. Akutsu, J. Yamada, and S. Nakatsuji: Preparation and Properties of Several TEMPO-Carrying Perylenediimides, The 3rd Japanese-Russian Workshop on Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices (Awaji, 2009).

8. H. Suzuki, H. Akutsu, J. Yamada, and S. Nakatsuji: Preparation and Properties of Several TEMPO-Carrying Acceptors, The 3rd Japanese-Russian Workshop on Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices (Awaji, 2009).
9. S. Nakatsuji: Development of Organic Functional Spin Systems, Organisch-Chemisches Kolloquium des Institut, Universität Kiel (Kiel, 2009).
10. S. Nakatsuji: Development of Ferrocene-Containing Conductors and Nitroxide-Based Magnetic Materials, Seminar der Institut für Organische Chemie, Universität Hannover (Hannover, 2009).
11. 中辻慎一: 機能性有機物質をつくる(物質科学の世界, 物質科学研究科編, 第 11 章), 共立出版 (2009), pp 138-152.
12. 中辻慎一: 機能性有機スピン系開発研究の展開, 近畿化学協会エレクトロニクス部会研究会 (大阪, 2009)
13. 中辻慎一: 特異な性質を示す有機化合物の世界, 福崎高校出前講義(福崎, 2009).
14. 青木和徳・坪 広樹・山田順一・中辻慎一・西田純一(東工大)・山下敬郎(東工大): 新規な安定ラジカル置換ペリレンジイミド類の合成と性質, 第 20 回基礎有機化学討論会(群馬, 2009).
15. 芝田宙宣・坪 広樹・山田順一・中辻慎一・U. Hirermath(バンガロール液晶研究センター)・C. Yelamagad(バンガロール液晶研究センター): 長鎖アルコキシおよび安定ラジカル置換アントラキノン類の合成と性質, 第 20 回基礎有機化学討論会(群馬, 2009)
16. 鈴木秀人・坪 広樹・山田順一・中辻慎一: 新規な安定ラジカル置換アクセプター類の合成と性質, 第 20 回基礎有機化学討論会(群馬, 2009).
17. 鈴木秀人・芝田宙宣・信沢光徳・坪 広樹・山田順一・中辻慎一: 数種の安定ラジカル置換キノン類の構造と性質, 第 18 回有機結晶シンポジウム(東京, 2009).
18. 青木和徳・坪 広樹・山田順一・中辻慎一: アリール及び TEMPO 置換ナフタレンジイミド誘導体の合成と性質, 日本化学会第 90 春季年会 (東大阪, 2010).
19. 鈴木秀人・坪 広樹・山田順一・佐藤正春(村田製作所)・中辻慎一: 数種の安定ラジカル置換アクセプター類の構造と機能, 日本化学会第 90 春季年会 (東大阪, 2010).
20. 中川未貴・坪 広樹・山田順一・辛川 誠(阪大)・安蘇芳雄(阪大)・中辻慎一: TEMPO ラジカル及びアゾベンゼン置換ナフタレンジイミド誘導体の合成と性質, 日本化学会第 90 春季年会 (東大阪, 2010).
21. 藤原和也・坪 広樹・山田順一・中辻慎一: 数種のフェロセン含有化合物類の構造と性質, 日本化学会第 90 春季年会 (東大阪, 2010).
22. J. Yamada, K. Miura, S. Shimono, H. Akutsu, S. Nakatsuji: CONTROL OF ELECTRON CORRELATION IN MOLECULAR CONDUCTORS BY DIFFERENCE OF STEREOCHEMISTRY, 13th International Symposium on Novel Aromatic Compounds (ISNA13), Luxembourg, July 19–14 (2009).

23. S. Ichikawa, H. Akutsu, J. Yamada, S. Nakatsuji, H. Mori(東大物性研): Development of the New Organic Donor Ligand Metal Complex with Metallic Behavior, [CuCl_{0.2}Br_{1.3}(pyra-TTF)], 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM 2009), Niseko, Japan, September 12–17 (2009).
24. K. Takeuchi, H. Akutsu, S. Nakatsuji, J. Yamada, K. Kikuchi(首都大院理工): Structural and Physical Properties of Molecular Conductors Derived from Bis(methylthio)-Substituted π -Electron Donors, 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM 2009), Niseko, Japan, September 12–17 (2009).
25. K. Miura, S. Shimon, H. Akutsu, S. Nakatsuji, J. Yamada, K. Kikuchi(首都大院理工): Control of Electron Correlation in Molecular Conductors by Difference of Stereochemistry, 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM 2009), Niseko, Japan, September 12–17 (2009).
26. H. Ito(名大院工), T. Ishihara(名大院工), M. Niwa(名大院工), T. Suzuki(名大院工), S. Onari(名大院工), Y. Tanaka(名大院工), J. Yamada, H. Yamochi(京大院理), G. Saito(名城大): Superconductivity of β -Type Salts under Uniaxial Compression, 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM 2009), Niseko, Japan, September 12–17 (2009).
27. S. Yasuzuka(筑波大院数理), S. Uji(物材機構), H. Satsukawa(物材機構), M. Kimata(物材機構), T. Terashima(物材機構), H. Koga(筑波大院数理), Y. Yamamura(筑波大院数理), K. Saito(筑波大院数理), J. Yamada: Anisotropic Josephson-Vortex Dynamics in Layered Organic Superconductors, 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM 2009), Niseko, Japan, September 12–17 (2009).
28. K. Sugii(東工大院理工), K. Takai(東工大院理工), S. Ichikawa, J. Yamada, T. Enoki(東工大院理工): Magnetotransport of π -d magnetic conductor κ -(BDH-TTP)₂FeBr₄, 3rd International Advanced School: Molecular Switching and Functional Materials, Rennes, France, October 25–28 (2009).
29. H. Koga(筑波大院数理), S. Yasuzuka(筑波大院数理), Y. Yamamura(筑波大院数理), K. Saito(筑波大院数理), S. Uji(物材機構), H. Satsukawa(物材機構), M. Kimata(物材機構), T. Terashima(物材機構), H. Akutsu, J. Yamada: Dimensional crossover and anisotropic Josephson-vortex dynamics in a layered organic superconductor, Symposium on Creation of Functional Materials, Tsukuba, Japan, December 3–4 (2009).
30. 山田順一: 立体化学の違いによる分子性導体の電子相関制御, 新学術領域研究「新分子物質科学」合同班会議(熱海), 6月9,10日(2009).

31. 市川俊・下野智史・坪広樹・山田順一・中辻慎一・菊地耕一(首都大院理工): 立体化学の違いによる分子性導体の電子相関制御, 第3回分子科学討論会 2009(名古屋), 9月21-24日(2009).
32. 伊東裕(名大院工)・丹羽政文(名大院工)・鈴木丈夫(名大院工)・大成誠一郎(名大院工)・田仲由喜夫(名大院工)・山田順一・斉藤軍治(名城大)・矢持秀起(京大院理): β 型有機超伝導体の一軸圧縮効果, 第3回分子科学討論会 2009(名古屋), 9月21-24日(2009).
33. 竹内一博・坪広樹・中辻慎一・山田順一・菊地耕一(首都大院理工): ビス(メチルチオ)基を有するドナーを用いた分子性導体の構造と物性, 第3回分子科学討論会 2009(名古屋), 9月21-24日(2009).
34. 小野雅史(首都大院理工)・小島正幸(首都大院理工)・藤田渉(首都大院理工)・児玉健(首都大院理工)・菊地耕一(首都大院理工)・山田順一: $(\text{BDA-TTP})_2\text{I}_3$ の一軸圧下での非線形伝導, 第3回分子科学討論会 2009(名古屋), 9月21-24日(2009).
35. 杉井かおり(東工大院理工)・高井和之(東工大院理工)・市川俊・山田順一・榎敏明(東工大院理工): 金属性 π -d系物質 κ -(BDH-TTP) $_2\text{FeBr}_4$ の磁気抵抗, 日本物理学会 2009年 秋季大会(熊本), 9月25-28日(2009).
36. 市川俊・下野智史・坪広樹・中辻慎一・山田順一・菊地耕一(首都大院理工): 立体化学の違いによる分子性導体の電子相関制御, 新学術領域研究「新分子物質科学」第2回領域会議(本郷), 10月6,7日(2009).
37. 山田順一・坪広樹・市川俊: ビス(メチルチオ)基を有するドナーを用いた分子性導体の構造と物性, 新学術領域研究「新分子物質科学」第2回領域会議(本郷), 10月6,7日(2009).
38. 三浦弘貴・市川俊・下野智史・坪広樹・中辻慎一・山田順一・菊地耕一(首都大院理工): 立体化学の違いによる分子性導体の電子相関制御, 第18回有機結晶シンポジウム(駒場), 11月9,10日(2009).
39. 竹内一博・坪広樹・中辻慎一・山田順一・菊地耕一(首都大院理工): ビス(メチルチオ)基を有するドナーを用いた分子性導体の構造と物性, 第18回有機結晶シンポジウム(駒場), 11月9,10日(2009).
40. 山田順一: 化学修飾による有機分子性導体の電子相関制御, 平成21年度兵庫県立大学研究発表会(書写), 12月24日(2009).
41. 山田順一: 化学修飾による分子性導体の電子相関制御, 新学術領域研究「新分子物質科学」第3回領域会議(仙台), 1月5-7日(2010).
42. 相澤啓仁(電通大)・黒木和彦(電通大)・市川俊・山田順一: α -[(S,S)-DMDH-TTP] $_2\text{AuI}_2$ の第一原理バンド計算に基づく有効モデルの構築, 日本物理学会第65回年次大会(岡山), 3月20-23日(2010).

43. 白井望(北大院理)・野村一成(北大院理)・松永悟明(北大院理)・市川晃一(北大院理)・山田順一: β -(BDA-TTP)₂AsF₆のSTM分光, 日本物理学会第65回年次大会(岡山), 3月20-23日(2010).
44. 安塚周磨(筑波大院数理)・古賀弘晃(筑波大院数理)・山村泰久(筑波大院数理)・斉藤一弥(筑波大院数理)・宇治進也(物材機構)・寺嶋太一(物材機構)・薩川秀隆(物材機構)・木俣基(物材機構)・坪広樹・山田順一: 層状有機超伝導体 β -(BDA-TTP)₂SbF₆ におけるジョセフソン磁束フロー抵抗, 日本物理学会第65回年次大会(岡山), 3月20-23日(2010).
45. 市川俊・宋華・三浦弘貴・坪広樹・中辻慎一・山田順一: meso-, (±)-, (S,S)-DMDH-TTPのMCl₄塩(M = Fe, Ga)の合成, 構造及び物性, 日本化学会第90春季年会(東大阪市), 3月26-29日(2010).
46. 磯大介(首都大院理工)・大崎邦彦(首都大院理工)・小島正幸(首都大院理工)・笹森幸太(首都大院理工)・菊地耕一(首都大院理工)・藤田渉(首都大院理工)・兒玉健(首都大院理工)・山田順一: 新規ヨウ素ドナーの錯体の構造と物性, 日本化学会第90春季年会(東大阪市), 3月26-29日(2010).
47. 和田淳志・坪広樹・中辻慎一・山田順一: ジメチル基を有するTTF-DT縮環系ドナーの合成と性質, 日本化学会第90春季年会(東大阪市), 3月26-29日(2010).
48. 藤川浩平・竹内一博・市川俊・坪広樹・中辻慎一・山田順一: ビス(メチルチオ)基を用いた分子性導体の電子相関制御, 日本化学会第90春季年会(東大阪市), 3月26-29日(2010).
49. 御田尚美・坪広樹・中辻慎一・山田順一: ビス(メチルチオ)基を有するBEDT-TTF誘導体の合成と性質, 日本化学会第90春季年会(東大阪市), 3月26-29日(2010).
50. K. Kobayashi(青学大理工), M. Kimata(物材機構), H. Satsukawa(物材機構), T. Terashima(物材機構), S. Uji(物材機構), J. Yamada, T. Mitsui(青学大理工): Anomalous Hall Resistance Jump at Lebed's Magic Angles, 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM 2009), Niseko, Japan, September 12-17 (2009).
51. H. Satsukawa(物材機構), M. Kimata(物材機構), A. Harada(物材機構), T. Terashima(物材機構), S. Uji(物材機構), J. Yamada: Upper critical field of layered organic superconductor, (TMTSF)₂ClO₄, 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM 2009), Niseko, Japan, September 12-17 (2009).
52. 宇治進也(物材機構)・木俣基(物材機構)・原田淳之(物材機構)・山田順一・D. Graf(フロリダ州立大)・J. S. Brooks(フロリダ州立大): κ -(BEDT-TTF)₂Cu(NCS)₂の超伝導相におけるFFL状態の探索, 日本物理学会2009年秋季大会(熊本), 9月25-28日(2009).

53. 水戸毅・西山功兵・小山岳秀・上田光一・小原孝夫・山田順一・坏広樹・A. Kornilov(レベデフ物理研究所)・V. M. Pudalov(レベデフ物理研究所)・J. S. Qualls(ソノマ州立大): Se-NMR による(TMTSF)₂X の磁性-非磁性転移の研究, 日本物理学会 2009 年秋季大会(熊本), 9 月 25-28 日(2009).
54. 板谷謹悟(東北大 WPI)・小林慎一郎(東北大 WPI)・坂本謙二(物材機構)・梅田実(長岡技科大工)・山田順一・筒井恭治(㈱リコー)・鳥居昌史(㈱リコー): ナノレベルで制御された有機半導体結晶の製造法と有機電子デバイスへの展開, 2010 年春季第 57 回応用物理学関係連合講演会(平塚), 3 月 17-20 日(2010).
55. H. Akutsu, Organic Conductors with Functional Sulfonate Anions, The Fourth East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials (EAS4) [招待講演] (大阪, 2008)..
56. H. Akutsu, J. Yamada, S. Nakatsuji, and S. S. Turner (Warwick 大, UK), Purely organic magnetic conductors, The 21st Congress of IUCr (国際結晶学会) Satellite Meeting (大阪, 2008).
57. T. Sasai, H. Akutsu, J. Yamada, S. Nakatsuji, and S. S. Turner (Surrey 大, UK), Structures and Properties of Anionic Acceptors and their Charge-Transfer Salts, 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM) (北海道, 2009).
58. L. Martin (Nottingham Trent 大, UK), J. Wallis (Nottingham Trent 大, UK), P. Day (University College London, UK), S. Nakatsuji, J. Yamada, H. Akutsu, and A. Akutsu-Sato, Chiral Conductors From BEDT-TTF and Related Chiral Donor Molecules, 8th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets (ISCOM) (北海道, 2009).
59. H. Akutsu, J. Yamada, S. Nakatsuji, and S. S. Turner (Warwick 大, UK), Purely organic magnetic conductors, The 3rd Japanese-Russian Workshop on Open Shell Compounds and Molecular Spin Devices (淡路, 2009).
60. 機能性スルホ誘導体アニオンとその BEDT-TTF 塩の構造と物性(兵庫県立大院物質理) 坏広樹: 新学術領域研究「分子自由度が拓く新物質科学」物質開発+理論の A5(a)(b)合同班会議(熱海, 2009)
61. 弱いアニオニックアクセプター (Br₂XQ-NHCH₂SO₃⁻, Q = p-benzoquinone, X = Br or Cl) とその電荷移動塩の構造と物性(兵庫県立大院物質理) 笹井貴之, 坏広樹, 山田順一, 中辻慎一: 第 3 回分子科学討論会(名古屋, 2009).
62. 純有機磁性金属 κ-β''-(ET)₂(PO-CONHC₂H₄SO₃) の構造と物性 (PO = 2,2,5,5-tetramethyl-3-pyrrolin-1-oxyl free Radical(兵庫県立大院物質理) 坏広樹, 山下真司, 山田順一, 中辻慎一: 第 3 回分子科学討論会(名古屋, 2009).

63. 純有機磁性金属 $\kappa\text{-}\beta''\text{-(ET)}_2\text{(PO-CONHC}_2\text{H}_4\text{SO}_3\text{)}$ の構造と物性 (PO = 2,2,5,5-tetramethyl-3-pyrrolin-1-oxyl free Radical) (兵庫県立大院物質理) 坏広樹, 山下真司, 山田順一, 中辻慎一: 新学術領域研究「分子自由度が拓く新物質科学」第2回領域会議(東京, 2009).
64. 電子供与性を有する新規アニオン N-Alkylsulfo-phenothiazine (Alkyl = propyl, butyl)とそれを対イオンとする電荷移動錯体の開発 (兵庫県立大院物質理) 小林憲二, 坏広樹, 山田順一, 中辻慎一: 日本化学会第 90 春季年会(東大阪, 2009).
65. アニオニックアクセプター 2-Sulfo-3,5,6-tribromo-1,4-benzoquinone およびその BEDT-TTF 塩の構造と物性 (兵庫県立大院物質理) 阪上祥平, 坏広樹, 山田順一, 中辻慎一: 日本化学会第 90 春季年会(東大阪, 2009).
66. 純有機磁性金属 $\kappa\text{-}\beta''\text{-(ET)}_2\text{(PO-CONHC}_2\text{H}_4\text{SO}_3\text{)}$ の構造と物性 (2) (PO = 2,2,5,5-tetramethyl-3-pyrrolin-1-oxyl free Radical) (兵庫県立大院物質理) 坏広樹, 山下真司, 山田順一, 中辻慎一: 日本化学会第 90 春季年会(東大阪, 2009).

発表論文

1. K. Aoki, H. Akutsu, J. Yamada, S. Nakatsuji, T. Kojima (Tokyo Institute of Technology), and Y. Yamashita (Tokyo Institute of Technology): The First Organic Radical Compounds Exhibiting n-Type FET Properties, *Chemistry Lett.*, **38**, 112-113 (2009).
2. S. Nakatsuji, M. Nobusawa, H. Suzuki, H. Akutsu, and J. Yamada: Spin-Carrying Benzoquinone Derivatives, *J. Org. Chem.*, **74**, 9345-9350 (2009).
3. B. Rahman, H. Akutsu, J. Yamada, K. Ohara (Ehime University), and S. Nakatsuji: New radical salts based on TEMPO-substituted 2,4,6-triphenylpyridinium and transition metal complexes, *Synth. Metals*, **159**, 1123-1130 (2009).
4. K. Nomura(北大院理), R. Muraoka(北大院理), N. Matsunaga(北大院理), K. Ichikawa(北大院理), J. Yamada: Anisotropic superconductivity in b-(BDA-TTP)₂SbF₆: STM spectroscopy, *Physica B*, **404**, 562-564 (2009).
5. T. Konoike(東大物性研), K. Uchida(東大物性研), T. Osada(東大物性研), T. Yamaguchi(物材機構), M. Nishimura(物材機構), T. Terashima(物材機構), S. Uji(物材機構), J. Yamada: Magnetothermal instability in the organic layered superconductor $\kappa\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu(NCS)}_2$, *Phys. Rev. B*, **79**, 054509 (2009).
6. H. Akutsu, J. Yamada, S. Nakatsuji, and S. S. Turner (Surrey 大, UK), New anionic acceptors Br₂XQNHC₂H₄SO₃⁻ [X=Br, Br_yCl_{1-y} (y ≈ 0.5), and Cl; Q=1,4-benzoquinone] and their charge-transfer salts, *CrystEngComm*, **11**, 2588-2592 (2009).
7. 坏広樹, 純有機磁性金属の開発-その1, 兵庫県立理学部低温センターだより, **2**, 9-17 (2009).

2010 年度

国内外学会等

1. Miyuki Sakaguchi, Kyoko Shinzawa-Itoh, Shinya Yoshikawa, Takashi Ogura, Resonance Raman Evidence for Heme-heme interaction in Cytochrome c Oxidase, 第48回日本生物物理学会年会, 平成22年9月20日～22日, 宮城県.
2. Izumi Ishigami, Takeshi Nishigaki, Satoru Nakashima, Kyoko Shinzawa-Itoh, Shinya Yoshikawa, Takashi Ogura, Structural Relaxation of Cytochrome c Oxidase after CO photolysis: Assignment of a Heme Peripheral Raman Mode, 第48回日本生物物理学会年会, 平成22年9月20日～22日, 宮城県.
3. 石丸裕士, 藤井 浩, 小倉尚志, ペルオキシダーゼ反応中間体モデル錯体の共鳴ラマンスペクトル, 第60回錯体化学討論会, 平成22年9月27日～30日, 大阪府.
4. 太農哲朗, 山口 悟, 小倉尚志, 杉本秀樹, 藤枝伸宇, 伊東 忍, 単核銅(II)アルキルペルオキシ錯体の性質に及ぼす配位子の効果, 日本化学会第91春季年会, 平成23年3月29日, 神奈川県.
5. 村上将人, 洪 達超, 末延知義, 山口 悟, 小倉尚志, 福住俊一, 単核ルテニウムヘテロポリタングステン酸錯体を触媒とする水の酸化反応機構, 日本化学会第91春季年会, 平成23年3月29日, 神奈川県.
6. 石上 泉, 西垣 武, 中島 聡, 伊藤新澤恭子, 吉川信也, 小倉尚志, 時間分解共鳴ラマン分光法によるCO光解離後のチトクロムc酸化酵素の構造緩和過程の追跡, 日本化学会第91春季年会, 平成23年3月29日, 神奈川県.
7. 野村高志, 柳澤幸子, 新澤伊藤恭子, 吉川信也, 小倉尚志, リン脂質小胞に再構成したチトクロムc酸化酵素の共鳴ラマン分光, 日本化学会第91春季年会, 平成23年3月29日, 神奈川県.
8. 石丸裕士, 藤井 浩, 小倉 尚志, 高酸化型鉄ポルフィリンの共鳴ラマンスペクトル: 軸配位子の陰性度及び2位の嵩高さがFe=O伸縮振動に及ぼす影響, 日本化学会第91春季年会, 平成23年3月29日, 神奈川県.
9. 西村 龍, 柴田友和, 長尾 聡, 深谷昌史, 太 虎林, 長友重紀, 松尾貴史, 廣田 俊, 鈴木秋弘, 今井清博, 石上 泉, 小倉尚志, 根矢三郎, 山本泰彦, ヘム鉄の電子密度の変化を通したミオグロビンの機能調節機構の解明, 日本化学会第91春季年会, 平成23年3月29日, 神奈川県.

10. 藤枝伸宇,池田拓也,藪田真太郎,柳澤幸子,小倉尚志,伊東 忍, CuA近傍のアミノ酸残基へ部位特異的変異導入をしたチロシナーゼにおけるペルオキシ活性酸素種の特性評価, 日本化学会第91春季年会, 平成23年3月29日, 神奈川県.
11. 藪田真太郎,池田拓也,柳澤幸子,藤枝伸宇,小倉尚志,伊東 忍, CuB近傍のアミノ酸残基へ部位特異的変異を導入したチロシナーゼにおけるペルオキシ活性酸素種の特性評価, 日本化学会第91春季年会, 平成23年3月29日, 神奈川県.
12. Yuko Misumi, Katsuhiro Yoshii, Ikuko Sagami, Hideo Shimada, Teizo Kitagawa and Takashi Ogura, Structural Analysis of Transcriptional Factor NPAS2 by Resonance Raman Spectroscopy, 第48回日本生物物理学会年会, 平成22年9月20日～22日, 宮城県.
13. Minoru Kubo, Satoru Yamaguchi, Masao Mochizuki, Shinua Yoshikawa, Takashi Ogura, Satoru Nakashima, Femtosecond-Laser-Based Highly-Sensitive Time-Resolved IR Spectrometer for Studying Enzyme Reactions under Physiological Conditions, 第48回日本生物物理学会年会, 平成22年9月20日～22日, 宮城県.
14. 久保 稔,山口悟,望月正雄,吉川信也,小倉尚志,中島 聡, 高輝度フェムト秒レーザーを用いた時間分解赤外分光装置の開発, 分子科学討論会2010, 平成22年9月14日～17日, 大阪府.
15. Sachiko Yanagisawa, Hiroshi Sugimoto, Yoshitsugu Shiro and Takashi Ogura, Resonance Raman study on the oxygenated and the ferryl-oxo species of indoleamine 2, 3-dioxygenase, 第48回日本生物物理学会年会, 平成22年9月20日～22日, 宮城県.
16. 柳澤幸子,杉本 宏,城 宜嗣,小倉尚志, CO結合型インドールアミン2,3ジオキシゲナーゼへのTrpの光学異性体依存的相互作用の検出:共鳴ラマン分光法, 日本化学会第91春季年会, 平成23年3月29日, 神奈川県.
17. 柳澤幸子,杉本 宏,城 宜嗣,小倉尚志, インドールアミンジオキシゲナーゼの共鳴ラマンスペクトル, 第37回生体分子科学討論会, 平成22年6月18日～19日, 山口県.
18. Sachiko Yanagisawa, Hiroshi Sugimoto, Yoshitsugu Shiro, and Takashi Ogura, Distinct binding geometries of CO to L-Trp- and D-Trp-bound indoleamine 2, 3-dioxygenase as probed with resonance Raman spectroscopy, Faraday Discussions 148, Spectroscopy, Theory and Mechanisms in Bioinorganic Chemistry, July 5-7, 2010.
19. Sachiko Yanagisawa, Masaki Horitani, Hiroshi Sugimoto, Yoshitsugu Shiro, Evan H. Appelman and Takashi Ogura, Resonance Raman study on the oxygenated and the ferryl-oxo species of indoleamine 2, 3-dioxygenase during catalytic turnover, Faraday Discussions 148, Spectroscopy, Theory and Mechanisms in Bioinorganic Chemistry, July 5-7, 2010.

20. Takashi Ogura, Sachiko Yanagisawa, Norihiro Okada, Masaki Horitani, Hiroshi Sugimoto, Yoshitsugu Shiro and Evan H. Appelman, Resonance Raman Identification of a FeIV=O Type Reaction Intermediate During Indoleamine 2, 3-Dioxygenase Reaction, The XXIIth International Conference on Raman Spectroscopy, August 8-13, 2010.
21. 小倉尚志, インドールアミンジオキシゲナーゼの反応中間体活性部位の構造解析: 共鳴ラマン分光法, 大阪大学蛋白質研究所セミナー: 蛋白質の機能-構造相関解明のための精密構造解析とその方法 ~水素原子から細胞まで~, 平成22年10月6日~7日, 大阪府.
22. Takashi Ogura, Sachiko Yanagisawa, Hiroshi Sugimoto and Yoshitsugu Shiro, Interaction between Substrate and Dioxygen in the Enzyme/Substrate/Dioxygen Ternary Complex of Indoleamine Dioxygenase as Probed with Resonance Raman Spectroscopy, 第48回日本生物物理学会年会, 平成22年9月20日~22日, 宮城県.
23. S. Tuzi, N. Tokuda, K. Kawai, Y. Fukui (National Health Research Institutes, Taiwan), H. Yagisawa; Conformational alterations of the pleckstrin homology domains at the lipid bilayer surface, 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Honolulu 2010).
24. 徳田尚美・八木澤 仁・福井泰久 (National Health Research Institutes, Taiwan)・辻 暁, 固体NMR分光法によるPHドメインの脂質膜表面における構造変化の解析, 第83回日本生化学会大会, 平成22年12月7日~10日, 神戸
25. 徳田尚美・川合克久・八木澤 仁・福井泰久 (National Health Research Institutes, Taiwan)・辻 暁, 固体NMRによる脂質膜表面において誘起されるSWAP-70 PHドメインの構造変化および機能の解析, 第49回NMR討論会, 平成22年11月15日~17日, 東京
26. 上釜奈緒子 (分子研), 辻 暁, 西村勝之 (分子研), 不飽和脂質を含有するバイセルに関する固体NMRを用いた研究, 第49回NMR討論会, 平成22年11月15日~17日, 東京
27. H. Nishikawa (横浜国大), K. Tajima (横浜国大), I. Kawamura (横浜国大), A. Wada (横浜国大), S. Tuzi, A. Naito (横浜国大), Pressure effect on retinal isomerization in bacteriorhodopsin as studied by solid state NMR, 第48回日本生物物理学会年会, 平成22年9月20日~22日, 仙台
28. M. Horigome (横浜国大), I. Kawamura (横浜国大), S. Tuzi, A. Naito (横浜国大), Structural change and dynamics at Tyr residues in Bacteriorhodopsin corresponding to two isomers of retinal as revealed by solid-state NMR, 第48回日本生物物理学会年会, 平成22年9月20日~22日, 仙台

発表論文

1. Nobutaka Fujieda, Takuya Ikeda, Michiaki Murata, Sachiko Yanagisawa, Shigetoshi Aono, Kei Okubo, Satoshi Nagao, Takashi Ogura, Shun Hirota, Shunichi Fukuzumi, Yukihiro Nakamura, Yoji Hata, and Shinobu Itoh, Post-translational His-Cys Cross Linkage Formation in Tyrosinase Induced by Copper(II)-Peroxo Species, *J. Am. Chem. Soc.*, 2011, **133**, 1180–1183.
2. Pal and T. Kitagawa, Differences between two active forms of CO-bound soluble guanylate cyclase in the presence of activators and substrate and their populations revealed by resonance Raman spectroscopy, *Ind. J. Chem.*, 2011, **50A**, 395-400.
3. M. Hiramatsu, M. Lu, Y. Goto, and T. Kitagawa, The β -sheet structure pH dependence of the core fragments of β_2 -microglobulin amyloid fibrils, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 2010, **83**, 495-504.
4. B. Pal and T. Kitagawa, Binding of YC-1/BAY 41-2272 to soluble guanylate cyclase; A new perspective to the mechanism of activation, *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 2010, **397**, 375-379.
5. B. Pal, B., Tanaka, S. Takenaka, and T. Kitagawa, Resonance Raman spectroscopic investigation of structural changes of CO-heme in soluble guanylate cyclase generated by effectors and substrate, *J. Raman Spectrosc.*, 2010, **41**, 1178-1184.
6. Kenichi Kitanishi, Kazuo Kobayashi, Yuriko Kawamura, Izumi Ishigami, Takashi Ogura, Kyosuke Nakajima, Jotaro Igarashi, Atsunari Tanaka, and Toru Shimizu, Important Roles of Tyr43 at the Putative Heme Distal Side in Oxygen Recognition and Stability of the Fe(II)-O₂ Complex of YddV, a Globin-coupled Heme-based Oxygen Sensor Diguanilate Cyclase, *Biochemistry*, 2010, **49**, 10381–10393.
7. Jaeheung Cho, Ritimukta Sarangi, Hye Yeon Kang, Jung Yoon Lee, Minoru Kubo, Takashi Ogura, Edward Solomon and Wonwoo Nam, Synthesis, Structural and Spectroscopic Characterization, and Reactivities of Mononuclear Cobalt(III)-Peroxo Complexes, *J. Am. Chem. Soc.*, 2010, **132**, 16977–16986. Takahiko Kojima, Yuichirou Hirai, Tomoya Ishizuka, Yoshihito Shiota, Kazunari Yoshizawa, Kenichiro Ikemura, Takashi Ogura, and Shunichi Fukuzumi, A Low-Spin Ruthenium(IV)–Oxido Complex : Does the Spin State Have an Impact on the Reactivity?, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2010, **49**, 8449-8453.
8. Sun Hee Kim, Hyejin Park, Mi Sook Seo, Minoru Kubo, Takashi Ogura, Jan Klajn, Daniel T. Gryko, Joan SelverstoneValentine, and Wonwoo Nam, Reversible O-O Bond Cleavage and Formation between Mn(IV)–Peroxo and Mn(V)–Oxo Corroles, *J. Am. Chem. Soc.*, 2010, **132**, 14030–14032.

9. Miyuki Sakaguchi, Kyoko Shinzawa-Itoh, Shinya Yoshikawa and Takashi Ogura, A Resonance Raman Band Assignable to the O–O Stretching Mode in the Resting Oxidized State of Bovine Heart Cytochrome c Oxidase, *J. Bioenergetics and Biomembranes*, 2010, **42**, 241-243.
10. I-11 Yukie Katayama, Kunitoshi Shimokata, Makoto Suematsu, Takashi Ogura, Tomitake Tsukihara, Shinya Yoshikawa and Hideo Shimada, Cell-free synthesis of cytochrome c oxidase, a multicomponent membrane protein, *J. Bioenergetics and Biomembranes*, 2010, **42**, 235-240.
11. T. Tano, Y. Doi, M. Inosako, A. Kunishita, M. Kubo, H. Ishimaru, T. Ogura, H. Sugimoto, and S. Itoh, Nickel(II) Complexes of tpa Ligands with 6-Phenyl Substituents (Ph_ntpa). Structure and H₂O₂-Reactivity, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 2010, **83**, 530-538.
12. Sachiko Yanagisawa, Masaki Horitani, Hiroshi Sugimoto, Yoshitsugu Shiro, Norihiro Okada, and Takashi Ogura, Resonance Raman study on the oxygenated and the ferryl-oxo species of indoleamine 2, 3—dioxygenase during catalytic turnover, *Faraday Disc.*, 2011, **148**, 239 – 247.
13. Sachiko Yanagisawa, Hiroshi Sugimoto, Yoshitsugu Shiro and Takashi Ogura, A Specific Interaction of L-Tryptophan with CO of CO-Bound Indoleamine 2,3-Dioxygenase Identified by Resonance Raman Spectroscopy, *Biochemistry*, 2010, **49**, 10081-10088.

2010 年度

国内外学会等

1. T. Nakamura, H. Matsui, Y. Yamada, M. Tabuchi (Advanced Industrial Science and Technology) and Y. Kobayashi (Central Research Institute of Electric Power Industry) : Open-circuit voltage and Li⁺ diffusion studies on LiFePO₄ olivine cathode, 15th International Meeting on Lithium Batteries, 393 (2010)
2. Tatsuya Nakamura, Y. Shima, Hiroki Matsui, Yoshihiro Yamada, H. Miyauchi (Mitsui Engineering and Ship-building Co, Ltd.), S. Hashimoto (Mitsui Engineering and Ship-building Co, Ltd.), and K. Abe (Mitsui Engineering and Ship-building Co, Ltd.) : Preparation of LiFePO₄/C composite particles with high-rate capability, 15th International Meeting on Lithium Batteries, 394 (2010)
3. N. Kawai, T. Nakamura, Y. Yamada and M. Tabuchi (Advanced Industrial Science and Technology) : Electrochemical and magnetic studies of Cr³⁺ or Co³⁺-substituted Li-Mn-Ni spinel oxides, 15th International Meeting on Lithium Batteries, 593 (2010)
4. K. Nakao, T. Nakamura, Y. Yamada and N. Koshiba (Tanaka Chemical Corporation) : Magnetic Studies on Layered Solid Solution Li_x(Ni_{0.4}Mn_{0.6})_{2-x}O₂, 3rd International Congress on Ceramics, S9A-P008 (2010)
5. S. Masuda, T. Nakamura, Y. Yamada and M. Tabuchi (Advanced Industrial Science and Technology) : Electrochemical Properties of Cathode Composite Prepared Using Carbon Wool Conducting Additive, 3rd International Congress on Ceramics, S9A-P013 (2010)
6. 高原晃里, 古城篤志, 山下 昇, 宮内啓成, 島 裕也, 中村龍哉: グロー放電発光分析法によるリチウムイオン二次電池電極の表面分析, 深さ方向分析, 第 51 回電池討論会, p.78 (2010)
7. 山本真一郎, 中村龍哉, 畠山賢一, 廣瀬 美佳 (松岡瓦産業(株)), 葭内 暁 (東北化工(株)) : いぶし瓦製造法を用いたピラミッド型電磁波吸収体の作製とその特性 (2), 粉体粉末冶金協会講演概要集平成 22 年度春季大会, p.194 (2010)
8. 中村龍哉, 松井裕樹, 山田義博, 田渕光春 (産総研関西センター), 小林 陽 (電力中央研究所) : オリビン正極 Li_xFePO₄ の平衡電位と電気化学反応, 粉体粉末冶金協会講演概要集平成 22 年度春季大会, p.195 (2010)
9. 中村龍哉, 島 裕也, 松井裕樹, 山田義博, 宮内啓成 (三井造船(株)), 橋本聡司 (三井造船(株)), 阿部一雄 (三井造船(株)) : 炭化水素ガス熱分解法を用いた LiFePO₄/C 複合体の

調製と電気化学特性, 粉体粉末冶金協会講演概要集平成 22 年度春季大会, p.196 (2010)

10. 倉橋峻, 中尾基裕, 清田昌宏(ダイネン(株)), 小原学, 豊田紀章, 中村龍哉, 山田義博: 化学的共沈法により合成した MnFe_2O_4 のキャパシタ特性, 粉体粉末冶金協会講演概要集平成 22 年度春季大会, p.37 (2010)
11. 中村龍哉, 増田真一, 山田義博, 奥野徹矢(赤松工業(株)), 赤松政忠(赤松工業(株)): 炭化綿を利用したリチウム電池正極の調製と電気化学特性, 粉体粉末冶金協会講演概要集平成 22 年度秋季大会, p.173 (2010)
12. 中村龍哉, 河合尚樹, 山田義博, 田渕光春(産総研 関西センター): $\text{LiMn}_{1.5-x}(\text{Co}, \text{Cr})_{2x}\text{Ni}_{0.5-x}\text{O}_4$ スピネル酸化物の磁性と電気化学特性, 粉体粉末冶金協会講演概要集平成 22 年度秋季大会, p.174 (2010)
13. 高橋潤, 清田昌宏(ダイネン(株)), 小原学, 中村龍哉, 山田義博: $\text{MnxFe}_{3-x}\text{O}_4$ 電極の動作電位と電気化学キャパシタ特性, 平成 22 年電気学会 基礎・材料・共通部門大会, p.281 (2010)

発表論文

1. Y. Horie, S. Kawashima, Y. Yamada, G.. Obara and T. Nakamura: Magnetic Properties of $\text{Ta}(\text{Fe}_{1-x}\text{Tx})_2$ with $\text{T}=\text{V}, \text{Cr}, \text{Mn}, \text{Co}$ and Ni , Journal of Physics: Conference Series 200, 032078 (2010).
2. H. Matsui, T. Nakamura, Y. Kobayashi (Central Research Institute of Electric Power Industry), M. Tabuchi (Advanced Industrial Science and Technology) and Y. Yamada: Open Circuit Voltage Study on LiFePO_4 Olivine Cathode, Journal of Power Sources, Vol.195, p.6879-6883 (2010).
3. T. Nakamura, H. Matsui, Y. Yamada, M. Tabuchi (Advanced Industrial Science and Technology) and Y. Kobayashi (Central Research Institute of Electric Power Industry): Open Circuit Voltage of Li_xFePO_4 Olivine Cathode and Its Electrochemical Reaction, Journal of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Vol.57, p.725-728 (2010)
4. Tatsuya Nakamura, Y. Shima, Hiroki Matsui, Yoshihiro Yamada, H. Miyauchi (Mitsui Engineering and Ship-building Co, Ltd.), S. Hashimoto (Mitsui Engineering and Ship-building Co, Ltd.), and K. Abe (Mitsui Engineering and Ship-building Co, Ltd.): Synthesis of LiFePO_4/C Composite Particles by Gas-Solid Phase Reaction and Their Electrochemical Properties, Journal of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Vol.57, p.729-733 (2010).

5. S. Yamamoto, T. Nakamura, K. Hatakeyama, S. Yoshiuchi (Touhoku Chemical Industries) and M. Hirose (Matsuoka Roofing Inc) : Preparation and Characterization of Pyramidal-shaped EM-wave Absorbers Produced by Smoked Roof-tile Process, Journal of Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, Vol.58, p.181-185 (2011).
6. S. Yamamoto, T. Nakamura, K. Hatakeyama, S. Yoshiuchi (Touhoku Chemical Industries) and M. Hirose (Matsuoka Roofing Inc) :Evaluation of Pyramidal Absorbers Produced by Roof-tile Smoking Process at Microwave and Millimeter-wave Regions, IEICE Technical Report, EMCJ2011-2, p.7-12 (2011).
7. 三浦誠二, 松岡敬也, 春名佑樹, 小原学, 中村龍哉, 山田義博: Nb[Fe_{1-x}((V_{1-y}Co)_y)_x]₂系の磁性, 日本物理学会講演概要集, 第 65 巻, 第 2 号, p.431 (2010)
8. 春名佑樹, 松岡敬也, 川島俊一, 小原学, 中村龍哉, 山田義博: Ti(Fe-Si)₂ の磁性, 日本物理学会講演概要集, 第 66 巻, 第 1 号, p.495 (2011)

4. 寒剤利用状況

利用講座

液体ヘリウム 物質科学科 5 講座 生命科学科 1 講座

工学部 電気系工学専攻 1 講座

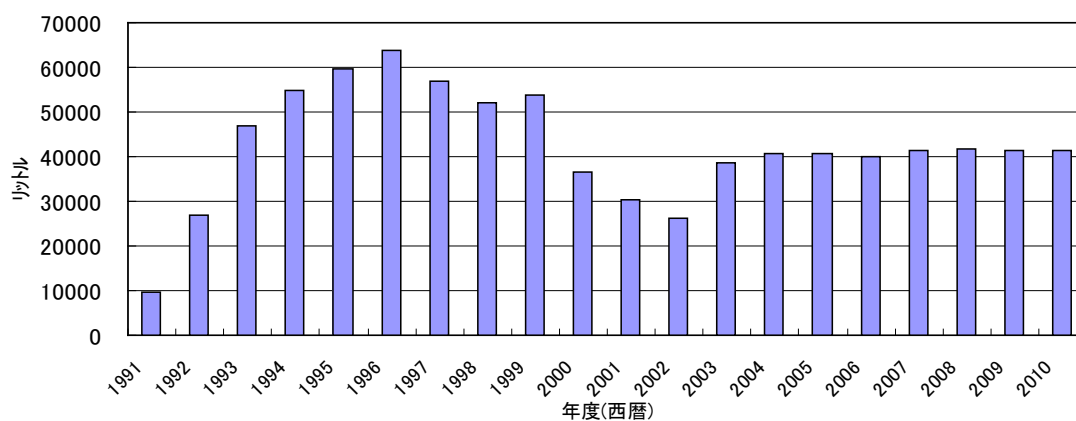
液体窒素 物質科学科 11 講座 生命科学科 12 講座

学部 3 年次学生実験

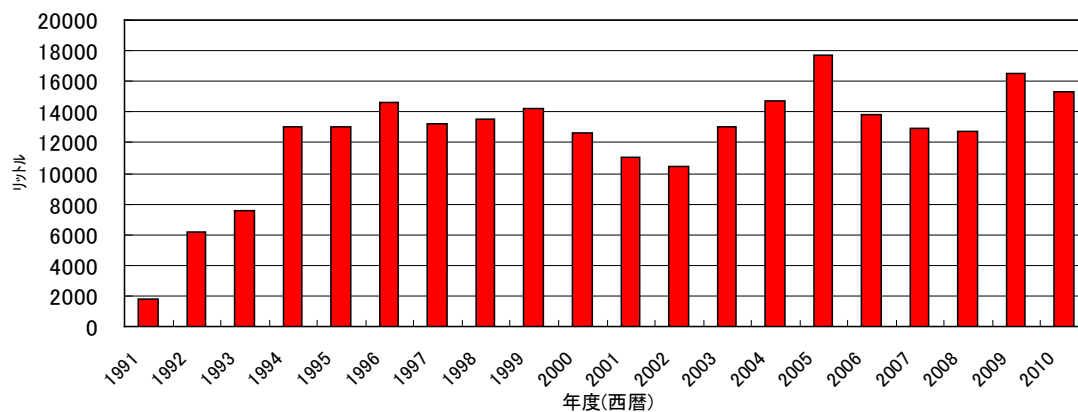
液体ヘリウム, 液体窒素の消費量

近年の液体ヘリウムについて、増減はあるものの年間約 14,000 ℓ が使用されている。液体窒素に関しては、年間約 40,000 ℓ の汲み出しがあり、ヘリウム液化の際の液体窒素の消費を加えると、年間 61,000 ℓ が消費されている

液体窒素 汲出量



液体ヘリウム 汲出量



5. 平成 23 年に行った点検・修理

・ 2011 年 1 月 20 日 ヘリウム液化用チラーの点検

2011 年 1 月 18 日

ヘリウム液化運転の際チラーが起動せず、水抜きをするが直らない。

2011 年 1 月 20 日

点検を行う。チラー異常の原因は、チラーの熱交換器内部が凍結していた事。これをヒーターで暖め続けると配管の詰まりは解消した。近年では稀な寒さとなったので初めてのケースであった。点検の際に凍結防止自動運転の設定を行い、以後凍結は無い。

・ 2011 年 3 月 17 日 ガスバッグの滑車交換

2010 年 12 月 4 日

ヘリウム回収ガスバッグから伸びるワイヤーに繋がれた錘が、回収用圧縮機の自動運転スイッチまで降りず圧縮機の自動運転がなされなかった為、ガスバッグが膨らみきる。ワイヤー4本のうち2本がたるんでいた。

2011 年 3 月 17 日

ガスバッグ上方、ワイヤーが通る滑車4つをそれぞれ交換した。

・ 2011 年 5 月 18 日 液化機の点検

2011 年 4 月

液化機運転の際、液化移行前時点においてタービンが止まるエラーが数回発生。

2011 年 5 月 18 日

点検を行うと、チラーからの水流量が少なくタービンの温度が 90℃以上になることでタービンが自動停止していることが判明。

バルブを操作してチラーからの水流量を増やしチラーの設定を 20℃から 15℃に変更した。

6. 低温センター関係行事

平成 22 年度

2010 年

- | | |
|--------------|---------------------------|
| 4 月 8 日 | ヘリウム回収圧縮機のフレキシブルホース交換 |
| 4 月 13 日 | ヘリウム回収ガスバッグの点検・修理 |
| 4 月 28 日 | 安全講習会 |
| 5 月 10 日 | 低温センター運営委員会 |
| 5 月 26 日 | ヘリウム回収圧縮機フレキシブルホース交換の完成検査 |
| 6 月 12 日 | 液体窒素貯槽定期自主検査 |
| 6 月 14-15 日 | ヘリウム液化設備定期自主検査 |
| 7 月 13 日 | 兵庫県保安検査 |
| 10 月 23-29 日 | 高圧ガス保安活動促進週間 |
| 12 月 4 日 | 液体窒素貯槽定期自主検査 |

2011 年

- | | |
|-------------|----------------------|
| 1 月 20 日 | 冷却用チラーの点検 |
| 3 月 15-16 日 | ヘリウム液化設備低圧部定期自主検査 |
| 3 月 17 日 | ヘリウム回収ガスバッグの滑車交換 |
| 3 月 31 日 | ヘリウム回収圧縮機フレキシブルホース交換 |

平成 23 年度

- 4 月 26 日 ヘリウム回収圧縮機フレキシブルホース交換の完成検査
- 5 月 10 日 安全講習会 講師:低温センター助教 小山
- ① 寒剤の性質と危険防止についての説明
 - ② 液体窒素, 液体ヘリウム容器の取り扱い, 保安に関する訓練
 - ③ 液体窒素, 液体ヘリウムの取り扱いに関する訓練
 - ④ 異常の発見と緊急連絡の方法について
- 5 月 23 日 低温センター運営委員会 (小原, 住山, 山口明, 辻, 坪, 小山)
- ① 2011 年度の低温センター予算について
 - ② 保安管理組織について
 - ③ 緊急時の対応について
 - ④ 2010 年度寒剤使用量についての報告
 - ⑤ 2010 年度の寒剤価格の決定
- 6 月 8 日 液体窒素貯槽定期自主検査
- 6 月 14-15 日 ヘリウム液化設備定期自主検査
- 7 月 12 日 兵庫県保安検査
- 10 月 23-29 日 高圧ガス保安活動促進週間

7. 教育への活用

播磨高原東小学校における SAS 授業

物質理学研究科 電磁物性学講座

水戸 毅

播磨光都キャンパス近隣にある播磨高原東小学校にて行われている SAS (Science Adventure School) を行う機会を与えられ、平成 23 年 2 月 16 日に出張講義を行いました。日頃、液体窒素や液体ヘリウムといった寒材を用いて研究に携わっている者としては、極低温下で生じる現象の面白さを子供達に伝える良い機会と考え、授業のタイトルは「マイナス 200℃の世界 -液体窒素を使った実験-」としました。播磨高原東小学校は各学年一クラスずつの小規模校で、授業を受けた児童は、五年生と六年生を合わせて 36 人、3~4 時限目(合計 90 分)が SAS に割り当てられました。

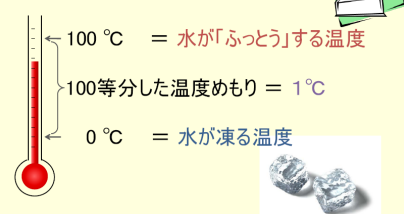
講義の内容は、小学校までに学習する内容(温度、熱、水の状態変化、空気の成分、等)や生活体験を踏まえ、二酸化炭素と酸素を液体窒素によってそれぞれ固化、液化させる実験を中心に進めることにしました。子供達は、授業初めに配布したプリント(次頁参照)の空欄に記入しながら、説明を聞き、また作業を進める形式です。



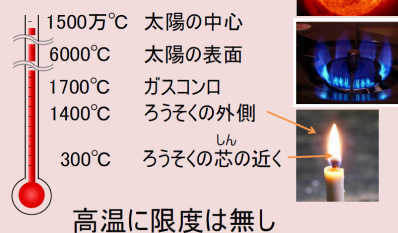
マイナス200℃の世界

-液体窒素を使った実験-

ふだん使っている温度 (摂氏)



高温はどこまで?



低温はどこまで?



年 名前

マイナス 200℃の世界 —液体ちっ素を使った実験—

実験日 平成 年 月 日

1. 温度

ふだん使っている温度とは、水の 度を 0℃、水の 度を 100℃、その 等分した間かくを 1℃としたもの。

2. 高温と低温について知っていること、学んだことを書きましょう。

3. 液体ちっ素とは？

3-1 空気の成分

アルゴン (1.3 %)

(%)

(%)

空気の成分(重さ比較)

3-2 物質の状態変化

物質は温度によって ⇄ ⇄ とそのすがたを変える。

3-3 液体ちっ素の性質

色: _____ 温度: _____

その他、気がついたこと: _____

4. 各自、各班で用意した物を液体ちっ素に入れ、ようすを見てみよう。

◇ 注意: ・液体ちっ素には直接さわらないこと。(手ぶくろ着用！)

・人にかけたり、ふざけたりしないこと。

・液体ちっ素がふっとうしてふき出すので、ゆっくりと入れること。

用意した物: _____

どうになりましたか(理由も考えてみよう): _____

5. 液体ちっ素を使って気体を冷やしてみよう。

◇ 二酸化炭素

気体の二酸化炭素はどうになりましたか(どんなものに変化しましたか)。

◇ 酸素

気体の酸素はどうになりましたか(どんなものに変化しましたか)。

◇ 酸素

酸素の体積はどう変化しましたか。

実験に先立って、「温度」についての復習をし、その発展として「高温」と「低温」について説明をしました(前頁スライド参照)。又、窒素や酸素(空気の成分)や液体窒素について説明を加えた後(次頁スライド参照)、実際に液体窒素をガラスビーカーに入れて見せ、用意した白金薄膜抵抗を用いてその温度(約-195.8℃)を測ったところで1時限目は終了です。

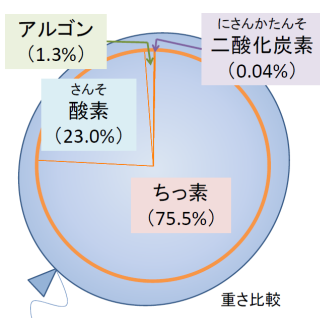
2時限目は、主に4~5人ずつのグループに分かれての実験です。予め準備しておいた容器(百円ショップで購入した細長のビニール袋(雨天時に濡れた傘を入れるもの)の底にビーカーや試験管を装着したもの)の中に、スプレー缶式の二酸化炭素や酸素で気体を充填し、ステンレス容器に入った液体窒素に入れて、変化を観測しました(二酸化炭素は白色の粉末状固体、酸素は青白色の液体に変化)。特に酸素については、ビニール袋の体積

授業用に配布したプリント。日頃受けている授業形式にマッチしたのか、非常に自然体でプリントに記入しながら講義を聞いていました。

液体ちっ素とは？

ちっ素とは、
空気にふくまれる成分の一つ。

まずは空気の成分について考えてみよう。



液体ちっ素とは？

液体の状態にあるちっ素

物質は、温度によって

固体 ⇄ 液体 ⇄ 気体

低い ————— 高い
と変化する。

実験 ～にさんかたんそ二酸化炭素～

実験のコツ

✓ ビニール袋は弱いので、直接液体ちっ素につけない。

観察

➢ 気体の二酸化炭素はどうなりましたか。
(どんなものに変化しましたか。)

ー 実験が終わったらー
ビニールのクリップをはずしておこう。

実験 ～さんそ酸素～

観察

➢ 気体の酸素はどうなりましたか。
(どんなものに変化しましたか。)

➢ できた物のおおよその体積をはかってみよう。

ひとめもりが
1ml だよ。

ー 実験が終わったらー
ビニールのクリップをはずしておこう。

(20 ペットボトル容器の水が丁度入り切る大きさ)と、ビニール袋底の試験管に溜まった液体酸素の量を比較し、液化によって体積が約 1/1000 になることを見積もることができるように工夫しました。多くの子供達は、食品等の保冷に用いるドライアイスと気体の二酸化炭素との関係を知らなかったようです。

これらのまじめ(?)な実験の後、残りの時間で、児童が思い思いに用意した物を冷やしてみる時間を設けました。文房具や植物、卵やミカンといった食品、歯磨き粉、ゴム、綿、ボールなどを、発泡スチロール製のどんぶり容器(これも百円ショップにて購入)に入れた液体窒素で冷やしました。SAS を行うに当たり、幾つもの実験を準備しましたが、子供達にとってはむしろこの時間の方が最も楽しく印象に残るものであったようです。しかし、未知の現象に対して目を輝かせていた子供達の様子は印象的でした。また、液体窒素を用いた実験は、取扱いに注意が必要な点もありますが、比較的簡単な準備で手軽に基礎的かつ重要な科学現象を学べることも再認識しました。



事故もなく、むしろ真剣に話を聞き敏感に反応してくる児童達との授業は、私にとっても新鮮でした。ご協力いただいた播磨高原東小学校の教員の方々、アシスタントを下さった G. Pristas 氏(兵庫県立大学客員研究員、現スロバキア科学アカデミー研究員)に感謝致します。

以下は、後日児童から書いてくれた感想の抜粋。

- 空気の成分比かくで、酸素が割合少ないことにおどろきました。酸素が、青白くなったのにも、おどろきました。
- 高温は限界がない、低温は最低マイナス 273.15℃と分かり、理由も知ってなっとくしました。
- 液体ちっ素は、ひじょうにおもしろかったです。消しゴムやスーパーボールなどを入れて、どうなるか。という事をテーマに、実際やって見ると、凍ったりわれたりして、すごくおもしろかったです。
- 私は、スーパーボールを持って行き実験をしました。予想では、「なにも変わらないかな?」と思っていたけど、結果カッチカチになってしまったのでとってもびっくりしました。
- (以前)見た時は、自分の入れてみたいものは、入れられなかったけど、今回は興味のある物を入れて、実験ができました。だから、予想をたてて、実験で結果を出し、答えを確かめるという感じだったので、自分の考えが確かめられたところも、とてもおもしろかったです。
- 私は、おどろいたことが二つあります。一つは、-273.15 度以下にはならない、という事です。…もう一つは、ティッシュがこもらなかったことです。ぬらしたらがちがちにこおったけれど、ぬらさなかったらこおりもしないししめりもしませんでした。少しひや〜っただけです。
- おどろいた事は空気中にある二酸化炭素からドライアイスが出来ていたという事でした。

8. テクノから

理学部のある播磨光都キャンパスには赤松が多い。残念なことに、ここ数年、マツ材線虫病（松くい虫）による被害が増えている。そのため常緑樹であるにもかかわらず一年中松葉がキャンパス内に落ちている。枯れてしまった松が折れると危ないということで、今年は何本か伐採された。そんな中、低温センターの裏側に生えている赤松の下の方に、松葉とは明らかに違った針状の葉がついていることに最近気づいた。対生で先端は丸く、へら型の葉である。ヤドリギ科の「マツグミ」という名の寄生植物のようだ。日本でマツ材線虫病による被害が少ない頃には珍しい植物ではなかったのだが、松の少なくなってしまった現在では見かけることが少ないようだ。兵庫県ではそうではないのだが、いくつかの都府県でレッドデータ種にされている。これもマツ材線虫病の被害を受けている植物である。春にグミ（茱萸）に似た果実をつけることから「マツグミ」の名が付けられているようだ。夏には赤い花が咲くそうである。今年は花、果実とも見る事がなかったように思う。来年は季節によるマツグミの変化を見ることができるだろう。



低温センターの裏に生えている赤松に寄生したマツグミ。

9. 編集後記

昨年(2010 年)の夏は記録的な猛暑でした。そして、そのあと(1 年前)の冬は非常に寒い日が続きました。標高約 300m の播磨光都キャンパスにある低温センターでもこの厳しい寒さのため今までにないトラブルがいくつか発生しました。

「平成 23 年に行った点検・修理 (p.*)」に詳しく書いてありますが、油水分離機の中で油が凍ったこと、冷却水チラーの中で氷がでたことなどです。室内にもかかわらず、このような凍結が起こり、また、日中でも融けなかったことは驚きでした。それらの設置してある部屋にストーブをもって行き、温める作業により回復しました。

今年の夏にはキャンパス内に鹿が頻繁に現れました。いつも同じ一匹なのですが、昼間に現れて、人に触られても気にする様子はなく、草を食んでいて奈良公園のような光景でした。いつしか来なくなりましたが。

低温センターが供給した寒剤を用いた研究成果の一部と、低温センターの活動を皆様に知っていただくために、今年も「低温センターだより」を発行します。この一年、継続的に安定した寒剤の供給ができたことは、利用者の方々へ低温センターの運営についてのご理解、ご協力をしていただいているためだと考えています。今後とも、関係者の皆様のご協力とご支援をよろしくお願いします。

平成 23 年 12 月 10 日
低温センター 小山岳秀



キャンパス内に来た鹿と。(2011.8.21)