1. あいさつ(巻頭言)

低温センター長

水戸毅.....1

2. 寄稿(研究ノート)

不斉合成反応の開発

杉村高志 藤田守文 下垣実央......3

・トランスジェニック・アフリカツメガエルを用いた再生研究

餅井 真...... 9

3. 寒剤を用いた研究業績 14

·光物性学	15
•電磁物性学	18
·量子物性学	21
・物質反応論Ⅱ	24
·電子物性学	25

4. 地域への貢献	. 27
5. 寒剤利用状況	28
6. 令和2年に行なった点検修理	. 29
7. ヘリウム液化装置の変遷	32
8. 低温センター関係行事	33
9. テクノから	35
10. 編集後記	36

1. あいさつ(巻頭言)



低温センター長 水戸 毅

低温センターは、2021年3月で初代ヘリウム液化機設置から丸30年を迎えま す。このように長きに亘るセンター運営を可能になったのは、歴代のセンター運営 を担ってこられた方々のご尽力とユーザーの皆様のご協力、そして低温センターが 必要だとする絶え間のない強い思いがあってのことです。センターにとって一つの 転換期となる今年度を振り返ってみたいと思います。

本学における2020年度は、新型コロナウイルス感染症対策の一環である緊急 事態宣言と兵庫県からの休業要請により前期授業開始を約1か月間延期する(5 月7日から)という異常事態の中、幕開けしました。その間、学生はキャンパスへの 立ち入りが原則禁止され、教職員にも在宅勤務の要請が出されました。こうした状 況におきまして、当センターでは液体窒素と液体へリウムの汲み出しを原則月・ 水・金曜日とする運営の縮小を行いました。この措置は、6月1日まで(このとき、 既にキャンパスへの入構が許可されていた博士後期課程と博士前期課程2年の 学生に加えて、前期課程1年と学部4年生にも入構許可が拡大されました。)続き ましたが、ユーザーの皆様のご協力のおかげで、本件に関する問い合わせは殆ど なく、無事にやり過ごすことができました。しかし、この期間中の寒剤使用量への影 響は甚大で、4、5月の液体窒素の使用総量は昨年度比で半分弱、液体へリウム にいたっては2割弱にまで落ち込みました。その後、徐々に寒剤使用量は回復しま したが、12月までの使用量累計は両寒剤とも昨年度比8割強にとどまっており、こ の感染症のために教育・研究の一部が滞った様子が伺えます。

2020年度の低温センター運営は、一昨年、昨年度に続き、上田先生と三枝さんが担ってくださいました。上田先生には、前任の小山先生の後、急遽センター業務の兼任をお願いしていた訳ですが、今年度がその最終年度(3年目)となります。老朽化著しいヘリウム液化システムをうまく操り、バルブやセンサーを自前で修理してしまうなど、液体ヘリウムの安定供給のみならず、修理費の削減にも大きく貢献されました。来年度は、4月に着任された山根先生(電子物性学講座)に業務を引継がれる予定です。三枝さんは、持ち前の高い事務処理能力を活かしてセンターの円滑な運営を維持してくださいました。特に、経済産業省から要請された大規模地震対策に関する危害予防規定改訂に関しては、私は全く手が回らず、

殆ど全て三枝さんに対処していただき、大いに助けていただきました。また、通常 業務においても学生さんと仲良くしてくださっています。

昨年度の拙文を読み返しますと、世界的なヘリウム供給不足について記しております。その後、根本的な問題が改善されたという話は、少なくとも私は聞いていませんが、需要と供給の調整がついてきたのか、今年度はほぼ問題なくヘリウムガスの購入ができています。ただし、購入価格は供給危機前に比べて約5割増しです。

次に、更新間近(2021年3月26日工事完了予定)となったヘリウム液化機につ いて触れたいと思います。現在の液化システムは1991年3月に設置され、2007 年と2018年に一部改修がなされたものの、液化機本体は30年に亘り働き続けて います。この間、理学部の学生と教員・研究スタッフ、また学内外の共同利用者を 含めると膨大な数のユーザーに液体ヘリウムを供給してきました。教育・研究への 貢献は絶大で、本学理学部の大きな特色の一つにもなっています。ヘリウム液化 機は、多くの研究機関では10年程度で更新されることが一般的ですが、本学の 液化機(TCF-20型機)は30年経った現在でも立派に動き続けており、その絶大 な費用対効果は当センターの誇りでもあります。設置の際に、小田祺景先生をは じめとするセンター立ち上げにかかわった先生方が長寿命なタービン式液化機導 入を決断されたこと、また、その液化機を歴代の低温センター担当者が大切に使 い続け、大学も維持費を補助し続けたくれたことによって、このTCF-20型機は十 二分の役割を果たすことができたのです。ところで、本更新事業の予算が決まっ たときには全く考えが及ばなかった新型コロナウイルス感染症の影響により、来年 度以降の県と大学の予算状況は厳しいものになると予想されます。つまり、力を出 し切ったTCF-20型機にとって、後継機への引き継ぎのタイミングは今しかなかっ たのではないかと思います。

さて、私がセンター長を務めさせていただいた任期中は、念願の液化機更新や ヘリウム危機などの大きな課題に直面した3年間でしたが、これらの問題に主体的 にかかわることにより大変良い経験をさせていただきました。至らぬ点も多々あり、 また特に総務課の水杉さんをはじめとする事務の方々には多大なるご協力とサ ポートを賜りました。この場をお借りしてお礼申し上げます。来年度からはいちユー ザーとして、センターの活動を盛り上げていく所存です。

2021年1月12日

2. 研究ノート

物質理学研究科 物質反応解析学部門 物質反応論Ⅱ分野 教授 杉村 高志

准教授 藤田 守文

助教 下垣 実央

不斉合成反応の開発

1. はじめに

物質反応論Ⅱ分野では、有機合成反応の開発を行っている。特に、分子のキラリ ティ(掌性)を高度に制御する「不斉合成反応」の開発を主眼において、研究を 推進している。

弊分野の研究を含めて有機化合物などを研究対象にする場合、核磁気共鳴(NMR) 測定装置は、その高使用頻度のため、教育・研究に欠かすことができない。実際、 学生各々が、ほぼ毎日 NMR 測定を行っている。低温センターには、NMR 装置の心 臓部である超電導マグネットを維持していくための液体へリウムの供給および その気化ガスの回収・再液化に際し、多大な貢献をしていただいている。特に、 昨今、ヘリウム不足およびそれに伴う価格急騰に直面していることを鑑みると、 回収ラインを含めた再液化システムを精力的に運用いただいている低温センタ ーの恩恵は計り知れない。



図1. 旧 ECA-600 (左) と新 ECZ-600R (右)

また、当該研究分野でのNMR 測定装置の重要性・必要性をご理解いただき、長年 酷使してきた日本電子 ECA-600 から最新式の ECZ-600R へと NMR 測定装置一式を 昨年更新することができた(図1)。装置の入れ替えに伴う液体へリウムの回収 作業の際にも、低温センターの方々のご協力をいただいた。装置更新にご尽力い ただいた関係者各位へ謝意を申し上げる。

本研究ノートでは、最近我々が行った有機合成反応開発研究を紹介するととも に、その中で NMR 測定の重要性の一端にスポットライトを当てたい。

2. 不斉合成反応開発の意義:キラリティ制御の重要性

生体分子などが例に挙がるように、(1) 有機分子構造が複雑化し、且つ(2) 分子同 士が高度に集積化する場合に、分子のキラリティ(掌性)を高度に制御する必要 が生じる。実際、アミノ酸をはじめとする多くの生体分子は、片方のみの掌性分 子で構成されている。複数の掌性分子の間で結合を形成する、もしくは、集積化 する場合、キラリティの適合・不適合が生じてしまうため、高度な分子集積シス テムを構築する際には、どちら一方のキラリティを選択せざるを得なくなる。

一方、人工的に有機分子を合成する際に、特段の工夫をしなければ、右型と左型 の掌性分子が1対1の混合物(ラセミ混合物)として得られる。分子集積システ ムにおけるキラリティの不適合を避けるためには、「不斉合成反応」によって、 望みの掌性分子のみを合成し、使用する必要がある。

生体分子に限らず、結晶、固体表面への吸着や修飾、分子会合状態、高分子や超 分子など分子集合体を形成する場合に、キラリティ制御が重要になる。不斉炭素 を持たない分子であっても、らせん構造に伴う軸性キラリティや表面吸着など の際に生じる面性キラリティなど、分子集合体の2次構造に特有のキラリティ が関与する。したがって、高度に構造制御された機能性材料の開発において、今 後、キラリティ制御の重要性がより意識されるようになるであろう。

3. 実験方法: NMR 測定を中心に

NMR 装置は、溶液用 5 mm φ のプローブ (ROYAL プローブ HFX)を備えている。通常、 試料を重水素化溶媒に溶かして測定する。溶媒の重水素のシグナルを使って、微 小な磁場変動を補正するためである。

有機化学反応で得られた生成物は、まず混合物の状態で¹H NMR 測定を行う。その後、カラムクロマトグラフィなどで精製・単離し、¹H NMR 測定をし、その化学構造を調べる。立体異性体の中でもジアステレオマーは区別して観測できるので、その比率は¹H NMR で決定する場合が多い。その他、¹³C NMR および COSY, HMQC, HMBC, NOESY などの 2 次元 NMR 測定結果を組み合わせて、化合物の平面構造のみならず立体構造を総合的に判断する。

NMR 以外に、質量分析や赤外吸収スペクトルも併用して分子構造の確認をする。 掌性分子の鏡像異性体(エナンチオマー)比は、キラルカラムを備えたガスクロ マトグラフィーもしくは液体クロマトグラフィーで決定する。その際、化合物の 旋光度も重要な物性値として記録する。

4. キラル超原子価ヨウ素を用いた不斉酸化反応¹

我々は、安価で入手しやすい乳酸を不斉源とするキラル超原子価ヨウ素を開発 し、様々な不斉酸化反応で高いエナンチオ選択性が発現することを見出した。乳 酸側鎖部分は、立体特異的にヨードアレーンに簡便に組み込むことができ、さら に官能基変換によって、反応に応じて高選択性が発現できるよう構造を最適化 することが可能である。そのため、国内外の多くの研究グループによってこの分 子設計を基にして、様々な不斉酸化反応に利用されている。

有用性の高い反応開発を目指して、我々は酸化的な炭素一炭素結合生成反応の 開発に取り組んだ。様々な反応基質構造を検討した結果、基質1を用いると、収 率良く高立体選択的に酸化的アリール化生成物2を得ることができた。 図2に は、キラル超原子価ヨウ素3を用いたときの結果を示す。生成物の単離収率を%y で表し、エナンチオマー過剰率は%ee で表した。例えば、90%ee の時のエナンチ オマー比は95:5 である。



図2. キラル超原子価ヨウ素を用いた不斉酸化的アリール化反応

ここで特筆すべきは、(1)通常、水酸基の保護基として使われるシリルオキシ基: OTBS = OSi (CH₃)₂(C(CH₃)₃)が、酸素の求核反応を促進する効果を示したこと。(2) アミノアリール化生成物 2k-2n は、ヘキサヒドロベンズ[e]インドール骨格を有 しており、選択的な D3 ドーパミン受容体のアゴニストの部分構造となる。これ らの研究成果は、高度な立体制御を達成したことのみにとどまらない。シリルオ キシによるオキシアリール化反応の促進効果は、革新的な反応制御設計を提示 するものであり、アミノアリール化反応は生理活性化合物の不斉合成への展開 が期待される。

これらの反応生成物の構造決定には、NMR 測定が必要不可欠である。学術論文に おいて、そのデータは、通常 Supplementary Material に記載され、基礎固めの データとして裏方の役割を担う。ここでは、上記の研究に関する発表論文に掲載 した膨大な NMR データの中の一部を図3に示す。



図3. NOESY スペクトルによる立体配置決定

図3に示した NOESY スペクトルでは、核オーバーハウザー効果(nOe)を利用して、 空間的に近い距離にあるプロトン核を同定することができる。図中に示した a.b,cの間で nOe が観測されることから、生成物 2a は cis 縮環していることが 分かる。

5. オキセタン反応中間体:アルドール反応の新展開²

アルドール反応は、炭素-炭素結合の形成によって官能基を有する分子骨格を 構築できる基本的かつ有用な化学反応であるため、有機合成反応に広く用いら れている。古典的な酸触媒アルドール反応条件では、逆反応の関与が無視できず、 反応の転化率は生成物の熱力学的安定性に依存する。さらに、脱水反応やそれに 付随する副反応が併発するため、収率良い反応系は限定される。

我々は分子内にフェニル基を組み込んだ反応基質 4 を用いて、古典的酸触媒ア ルドール反応条件に供したところ、分子内アリール化を伴った生成物 5 が収率 良く得られることを見出した。さらにその反応経路を、¹⁸0-同位体標識実験およ び DFT 計算によって精査したところ、オキセタン中間体を経由する経路が合理 的であることが分かった(図4)。¹⁸0 標識したベンズアルデヒドおよびそれを用 いて得られた生成物 5 の ¹³C NMR スペクトルを、それぞれ、図4の a)と c)に示 す。¹⁸0 同位体に直接結合しているカルボニル炭素のみが高磁場シフトしている。 オキセタン中間体を経由していると、生成物 5 のカルボニル酸素が 1/2 の確率 でベンズアルデヒド由来の ¹⁸0 に置き換わる。アルドール反応においてオキセタ ン中間体を経由することは、限られた条件において提唱されていたが、この結果 はオキセタン中間体の普遍性を示唆するものである。今後、この知見を活かした 立体制御アルドール反応の新たな展開が期待できる。

このように、新規合成反応の開発の際には、反応経路に関する検証が重要になる。 同位体標識実験は、反応経路解析のための強力な手法の一つであり、その際に NMR 測定によって標識の位置の同定および定量評価を行うことができる。



図4.¹⁸0-同位体標識を用いたオキセタン中間体の検証:¹³C NMR による¹⁸0 評価

6. 最後に

上記のように、NMR は、有機化合物を研究対象にする際に、必須の分析装置であ る。さらに金属錯体や無機化合物についても NMR 装置は、強力な分析手段にな る。実際、現有の NMR 装置を使って、近隣の企業と一緒になって、ケイ素不純物 の高感度分析やアルミニウム材料の構造-物性相関研究を行っている。一方で、 有機合成を主力とする近隣の企業では、必須の分析装置として自前で NMR を導 入しており、その必要性は非常に高い。

本学理学キャンパスでは、低温センターに隣接して、NMR 装置を運用している。 その強みは、将来必ず訪れるであろう本格的なヘリウム危機の際に顕在化する。 すなわち、NMR の超電導マグネットに必要な液体ヘリウムを回収・再液化しなけ れば、NMR を運用できなくなる時を予見し、備えることが肝要である。ヘリウム は希少な天然資源であると同時に、一旦大気中に放出されると地球外に逃げて しまうので、回収・再利用こそが唯一の持続可能システムとなる。

将来に向けて、低温センターおよび NMR 装置を現状のまま維持していくだけで なく、今まで以上に拡充していくことが望まれる。例えば、本学理学キャンパス において、低温センターを中核とした共同利用機器センターを発展的に整備・拡 充し、近隣の企業とも連携をはかることで、危機管理を含めた地域の発展にもつ ながる。

参考文献

M. Shimogaki, M. Fujita, T. Sugimura: Metal-Free Enantioselective Oxidative Arylation of Alkenes: Hypervalent-Iodine-Promoted Oxidative C–C Bond Formation, *Angew. Chem. Int. Ed.* **55**, 15797–15801 (2016).

T. Kuri, Y. Mizukami, M. Shimogaki, M. Fujita: Oxetane Intermediate during a Direct Aldol Reaction: Stereoselective [5 + 1] Annulation Affording Tetralines, *Org. Lett.* 22, 7613–7616 (2020).

研究ノート

生命理学研究科 細胞機能解析学 部門 細胞制御学 I 分野 准教授 餅井 真

トランスジェニック・アフリカツメガエルを用いた 再生研究

1. はじめに

2020 年度ノーベル化学賞は、ゲノム編集技術の発展に大きく貢献した二人の 女性科学者 Emmanuelle Charpentier と Jennifer A. Doudna が受賞しました。彼女ら は、原核生物が持つ Cas9 と呼ばれるタンパク質と RNA からなる複合体が、その RNA 配列に対応する DNA を正確に切断するということを 2012 年に明らかにしま した(Jinek et al., 2012)。つまり1箇所しか存在しないような配列を狙って染色 体を切断できる酵素を自由にしかも簡単に設計できることが示されました。明 けた 2013 年以降、この CRISPR/Cas9 システムを様々な生物に応用した研究やそ の改良法が怒涛のごとく発表されました。興味対象の遺伝子を生体内で改変す ることは、遺伝子と生命現象を直接結びつけることができる非常に強力な研究 方法ですが、近年までそれが可能な動物はほぼマウスに限られており、それも多 大な労力と財力が必要でした。20年ほど前にオタマジャクシを材料とした再生 研究を始めた私にとっては、まさに夢のような技術でした。イモリやカエルは、 誘導や核移植などの発生研究や再生研究の材料として多くの実績を残していま すが、遺伝学の発展からは取り残されてきました。しかし、Charpentier と Doudna の成果をもとに、現在これらの動物でも CRISPR/Cas9 を利用したゲノム編集が 可能となり、実際私たちも日常的にアフリカツメガエルを使ったゲノム編集実 験をおこなっています。

さかのぼること 1996 年にアフリカツメガエル個体に外来 DNA を導入する方法 (いわゆるトランスジェニック法)が開発されました。現在のゲノム編集技術に は遠くおよびませんが、ついにカエルでも遺伝子改変が可能になったと感激し たものです(Kroll & Amaya, 1996)。本稿では、トランスジェニック・アフリカツ メガエルを利用した再生に関する私たちの研究を紹介します。Kroll と Amaya に よるトランスジェニック法は、両生類ならではと思わせるユニークなものです。 予め調製しておいた精子核に、やはり予め調製しておいた未受精卵抽出液を加 えると、小さく凝縮されていた核が急激に膨潤します。このとき DNA を加える と DNA は核に取り込まれますが、DNA を取り込んだ精子核をさらに未受精卵に移 植することによって、高い効率でトランスジェニック胚が得られるというしく みです。この実験の成否は精子核と未受精卵抽出液の品質にかかっており、これ らの調整には寒剤(液体窒素)が必須です。また、別の実験では、株細胞やハイ ブリドーマの維持、大腸菌コンピテント細胞の調整と維持などに幅広く寒剤を 使用してきました。寒剤の維持管理における低温センターの協力に大変感謝し ています。

2. アフリカツメガエル es1 の発見とトランスジェニック・カエルの作成

両生類は、ほ乳類と比べて一般的に強い再生能力を有します。その違いを生む 要因は複数あると考えられますが、私たちが注目したのは最初のステップです。 通常、皮膚表層である表皮とその下の層(真皮など)との間には分厚い細胞外基 質が存在し、両者の細胞が直接接触することはありません。再生能力の高いイモ リの四肢やオタマジャクシの尾を切断すると、残された部分の表皮が短時間で 傷口を塞ぎ、傷口部分で直下の細胞と直接あるいは分泌因子を介して相互作用 できるようになります。このような表皮は**傷表皮**と呼ばれますが、再生能力の乏 しいほ乳類では傷修復に時間がかかり傷表皮は形成されません。両生類ではこ の傷表皮の直下に付け根側から細胞が移動し、増殖・分化することで再生が進進 行します。再生に必須なシグナル因子が傷表皮から放出されると考えられてい ますが、詳しくはわかっていません。

私たちは、傷表皮の性質を詳しく知ろうと、アフリカツメガエル・オタマジャ クシの尾部再生過程で発現上昇する遺伝子を網羅的に調べ、傷表皮で特に強く 発現する遺伝子 es1 を同定しました(Tazaki *et al.*, 2005, Sugiura *et al.*, 2009)。この 遺伝子は現在、Glutamine Amidotransferase Like Class 1 Domain Containing 3A (gatd3a)と表記されていますが、本稿では、発見時の呼称である es1 とします。 es1 の関連遺伝子は細菌からヒトまで広く存在し、ミトコンドリアの形態形成や ダウン症との関連が示唆されていますが、はっきりとした機能は明らかになっ ていません。アフリカツメガエル es1 は発生過程の胚の様々な組織で発現しま

すが、オタマジャクシに なると一旦その発現が低 下します。尾部を切断す ると、傷口を被う傷表皮 で強く発現上昇し、傷表 皮が特殊化した分厚い構 造 apical epithelial cap (AEC)で維持されること がわかりました。

傷表皮と AEC の形成過程やその性質をより詳しく調べる目的で、es1 の発



図1. es1:egfpトランスジェニック・オタマジャクシ再生尾部(3日後)のコンフォーカル顕微鏡像。DAPIは核染色。es1:EGFP個体ではAEC領域の細胞が蛍光標識される。左が頭部側、上が背側を示す。na,再生脊髄の末端。nc,再生脊索

現を可視化できる蛍光レポーターを発現するトランスジェニック個体の作成を 試みました。ゲノム情報の無い時代なので、まず es1 遺伝子を含むゲノム DNA 断 片をファージライブラリーからクローン化し、配列を決定しました。次に上流配 列とイントロン配列を含む断片と蛍光タンパク質遺伝子 (egfp)を組み合わせた DNA を何通りか作成し、精子核移植を利用した方法で胚を得ました。その結果、 es1 遺伝子上流約 5 kb の配列を含む DNA が導入された胚では、es1 の発現とよ く似たパターンで EGFP の蛍光が観察されました。この胚が成長したオタマジャ クシでは一旦蛍光が消失するのですが、尾部や肢芽を切断すると、数時間後には 切断部分近くの表皮が再び蛍光を発し、さらに傷表皮と AEC で維持されること がわかりました(図 1; Sato *et al.*, 2018)。

EGFP の蛍光が安定して観察されるオタマジャクシを選び、成熟したカエルに まで育て子孫を得ました(世代交代に2年ほどかかります)。この es1:egfp カ エルの子孫オタマジャクシでは、個体ごとの蛍光強度のばらつきがなく、定量的

な解析が可能になりました。例え ば、特定の細胞内シグナル経路を 阻害する薬剤でオタマジャクシを 処理した場合にEGFPの蛍光強度が 変化するかどうかを調べることが できます。その結果、ERK、TGF β 、 ROS の各シグナル阻害剤で処理す ると傷修復時のEGFPの発現上昇が 抑制されることがわかりました (図2)。さらに、これらシグナル経 路が実際に傷修復に必要なことも 確認され、私たちが樹立したトラ ンスジェニック系統が、傷修復や 再生に必要な経路のスクリーニン グに利用できることを示しました (Sato *et al.*, 2018).



2. 傷表皮細胞のトランスクリプトーム解析

傷表皮および AEC から放出されるシグナル分子が再生の開始や進行に重要な役割を担うと考えられており、実際肢芽の再生過程では AEC で発現する繊維芽細胞増殖因子 8 (FGF8)の重要性が強く示唆されてきました。しかし、尾部の再生においても FGF8 が重要なのかどうか、FGF8 以外にはどのような因子が働くのか詳しくはわかっていませんでした。

傷表皮や AEC はとても 微小な組織であり、これ だけを外科的に単離する ことはほぼ不可能です。 そこで私たちは、 es1:egfp オタマジャク シの再生尾部を酵素処理 し単一細胞レベルにまで 解離したうえ、セルソー ターを用いて EGFP 蛍光 の強い細胞を分離しまし た。このようにして尾部 切断直後から一定日数ご とに単離した細胞を材料 にトランスクリプトーム 解析することで、傷表皮 や AEC における遺伝子発 現変化を網羅的に解析し ました。その結果、傷修 復から再生にいたる過程 で数千の遺伝子が発現変 動することが明らかにな



りました。この中には ROS, FGF, Wnt, TGFβ, Notch 等再生に関与することがすで に報告されているシグナルに関するものが含まれていましたが、それ以外にも 新たに多数の遺伝子の関与が示唆されました。さらに、傷表皮や AEC から放出 されると予想される分泌性シグナル因子に注目しても、100 以上の遺伝子が発現 上昇しました。比較的発現量の多いものについて *in situ* ハイブリダイゼーショ ン法で発現組織を確認したところ、これら AEC 因子には、尾部再生と肢芽再生 の両方で発現するものと、尾部再生では発現するが肢芽再生では発現しないも のがありました。また、意外なことに、最も重要な因子と予想されていた FGF8 が尾部の傷表皮/AEC では発現しないこともわかりました(図 4; Okumura *et al.*, 2019)。

4. 今後の展望

今回のトランスクリプトーム解析の結果、当初予想したよりもずっと多くの 分泌性シグナル因子遺伝子が傷表皮やAEC細胞で発現することがわかりました。 これらのうちどれが本当に再生過程で重要な役割を担っているのかを明らかに するためには、ひとつずつそれらの機能を確かめる必要があります。現在いくつ かの候補遺伝子について CRIPSPR/Cas9 を利用した方法で機能解析をおこなっ ています。傷表皮の機能を担う主要な因子の組成が明らかになれば、ほ乳動物の 傷口に人工的な傷表皮を付加することで両生類に近い再生を誘導できるかもし れません。

参考文献

- 1. Jinek M, Chylinski K, Fonfara I, Hauer M, Doudna JA, Charpentier E. (2012) A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity. Science. **337**(6096):816-21.
- Kroll KL, Amaya E. (1996) Transgenic Xenopus embryos from sperm nuclear transplantations reveal FGF signaling requirements during gastrulation. Development. 122(10):3173-83.
- Tazaki A, Kitayama A, Terasaka C, Watanabe K, Ueno N, Mochii M. (2005) Macroarray-based analysis of tail regeneration in *Xenopus laevis* larvae. Dev Dyn. 233(4):1394-404.
- 4. Sugiura T, Tazaki A, Ueno N, Watanabe K, Mochii M. (2009) *Xenopus* Wnt-5a induces an ectopic larval tail at injured site, suggesting a crucial role for noncanonical Wnt signal in tail regeneration. Mech Dev. **126**(1-2):56-67.
- 5. Sato K, Umesono Y, Mochii M. (2018) A transgenic reporter under control of an es1 promoter/enhancer marks wound epidermis and apical epithelial cap during tail regeneration in *Xenopus laevis* tadpole. Dev Biol. **433**(2):404-415.
- Okumura A, Hayashi T, Ebisawa M, Yoshimura M, Sasagawa Y, Nikaido I, Umesono Y, Mochii M. (2019) Cell type-specific transcriptome analysis unveils secreted signaling molecule genes expressed in apical epithelial cap during appendage regeneration. Dev Growth Differ. 61(9):447-456.

3. 寒剤を用いた研究実績

Solid State Photophysics

2016年度

国内外学会等

- Y. Tanaka: Meter-Length Hollow Fiber Optics for X-Ray Beam Trajectory Control, AnalytiX-2019, Singapore, April 12-14 (2019)
- 近藤啓介,西村 渉,鈴木基寛(高輝度光),安田伸広 (高輝度光),福山祥光 (高輝度光),久保田雄也(理研),富樫 格 (理研),長谷川尊之,田中義人:フェ ムト秒パルスX 線励起に対するGaAsの高速近赤外光応答,応用物理学会 2019 年秋季学術講演会(北海道大学2019 年9 月)
- A.A. Abozeed(立命館大), K. Sano (立命館大), K. Terashima (立命館大), A. Yamasaki(甲南大), A. Higashiya(摂南大), H. Fujiwara(阪大), T. Kiss (阪大), A. Sekiyama (阪大), Y. Tanaka, M. Yabashi (理研), K. Tamasaku (理研), T. Ishikawa (理研), S. Masubuchi(東京医科大), S. Imada (立命館大): Electronic States of an Antiferromagnet CeCuSb₂ Studied by Linearly Polarized Hard X-Ray Photoemission Spectroscopy, International Conference on Strongly Correlated Electron Systems 2019 (SCES2019) Okayama, Japan, Sep. 23-28 (2019)
- 近藤啓介, 西村 渉, 鈴木基寛 (高輝度光), 安田伸広 (高輝度光), 福山祥光 (高輝度光), 久保田雄也 (理研), 富樫 格 (理研), 田中義人: XFEL ポンプ・ 光学プローブによるGaAs の高速バンドギャップ収縮の観測, 第33回日本 放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム(ウィンクあいち2020 年 1 月)
- 5. 西村 渉, 岡部純幸, 近藤啓介, 小倉弓枝, 片山哲夫(JASRI), 佐藤尭洋 (SLAC), 久保田雄也 (JASRI), 富樫 格(JASRI), 松田 巌(東大物性研), 田中 義人, 鈴木基寛 (JASRI): XFEL ポンプ-可視光プローブ時間分解磁気顕微鏡 の開発とXFEL 誘起磁気ダイナミクスの解析, 日本物理学会第75回年次大 会(名古屋大学現地開催中止2020年3月)
- 6. 鈴木基寛 (JASRI), 西村 渉, 岡部純幸, 近藤啓介, 小倉弓枝, 片山哲夫 (JASRI), 佐藤尭洋(SLAC), 久保田雄也 (JASRI), 富樫 格 (JASRI), 松田 巌 (東大物性研), 田中義人: XFEL 照射により誘起される希土類鉄ガーネットの超高速磁気ダイナミクス, 日本物理学会第75 回年次大会(名古屋大学現 地開催中止2020 年3月)
- 7. 石川 潔: リチウム原子基底状態の超微細準位CPT共鳴, 日本物理学会 2019 年秋季大会(岐阜大学2019 年9月)

- 8. T. Hasegawa, Y. Okushima, Y. Tanaka: Coexistence dynamics of terahertz wave emissions in a GaAs nanostructured film, The 21st International Conference on Electron Dynamics in Semiconductors, Optoelectronics (EDISON21), Nara, Japan, July 14-19 (2019)
- 9. 丸井雅也, 長谷川尊之, 田中義人: GaAs ナノ構造膜におけるテラヘルツ波 放射の内蔵電場依存性, 第30 回光物性研究会(京都大学2019 年12 月)
- 10. 丸井雅也, 長谷川尊之, 田中義人: GaAs ナノ構造膜の内蔵電場制御による テラヘルツ波放射の制御, 応用物理学会2019 年秋季学術講演会(北海道大 学2019 年9 月)
- 長谷川尊之,奥島雄大,田中義人:光励起分極-格子結合ダイナミクスに基づくサブピコ秒過渡現象からのテラヘルツ波放射,日本物理学会2019 年秋季大会(岐阜大学2019年9月)

発表論文

- 富樫 格(JASRI),田中義人,足立伸一(KEK):試料環境シリーズ(6) 第3 回 「レーザー」パルスレーザーを用いた放射光実験実用編,放射光Vol. 32, No. 6, pp.314-325 (2019)
- 2. 富樫 格 (JASRI), 田中義人, 足立伸一(KEK): 試料環境シリーズ(5) 第3 回 「レーザー」パルスレーザーを用いた放射光実験基礎編, 放射光Vol. 32, No. 5, pp.257-269 (2019)
- 足立伸一 (KEK), 田中義人: 第13 章 光の時間構造を使う, 放射光ビームラ イン光学技術入門 改訂版ISBN978-4-86584-373-6, pp.387-410, 日本放 射光学会 (2019 年8 月)
- K. Yamamoto(物性研), Y. Kubota(JASRI), M. Suzuki (JASRI), Y. Hirata(物性研), K. Carva(Charles大), M. Berritta(Uppsala大), K. Takubo (物性研), Y. Uemura(分 子研), R. Fukaya(高工ネ研), K. Tanaka, W. Nishimura, T. Ohkochi (JASRI), T. Katayama (JASRI), T. Togashi (JASRI), K. Tamasaku(理研), M. Yabashi(理研), Y. Tanaka, T. Seki(東北大), K. Takanashi(東北大), P. Oppeneer (Uppsala大), H. Wadati(物性研): Ultrafast demagnetization of Pt magnetic moment in L10-FePt probed by magnetic circular dichroism at a hard x-ray free electron laser, New J. Phys. 21, 123010 (2019)
- T. Pincelli, R. Cucini, A. Verna, F. Borgatti, M. Oura, K. Tamasaku, H. Osawa, T.L. Lee, C. Schlueter, S. Gunther, C.H. Back, M. Dell 'Angela, P. Orgiani, S. Petrov, F. Sirotti, R. Ciprian, V. Dediu, I. Bergenti, P. Graziosi, F. Miletto Granozio, Y. Tanaka, J. Fujii, G. Rossi, M. Taguchi, G. Panaccione: Transient quantum isolation

and critical behavior in the magnetization dynamics of halfmetallic manganites, Phys. Rev. B, **100**, 045118 (2019)

- K. Kato, Y. Tanaka, M. Yamauchi, K. Ohara, T. Hatsui: A statistical approach to correct X-ray response non-uniformity in microstrip detectors for high-accuracy and high-resolution total scattering measurements, J. Synchrotron Rad. 26, 762-773 (2019)
- 7. K. Ishikawa: Pressure effect on hyperfine CPT resonance of ground-state Li atoms in glass hot-vapor cell, Appl. Phys. B **125**, 112 (2019)
- 8. A. Hatakeyama, T. Kuroda, N. Sekiguchi, K. Ishikawa: Analysis of background gas in an alkali-metal vapor cell coated with paraffin, Appl. Phys. B **125**, 133 (2019)
- R. Yoshikado, T. Hasegawa, Y. Tanaka, S. Tsubota, S. Sato: Photocurrent characteristics of nanostructured thin films consisting of surface-modified silicon nanoparticles, Journal of Physics: Conference Series, J. Phys. Conf. Ser., 1220, 012048 (2019)

Electrophysics

大学院物質理学研究科 物質機能解析部門 電磁物性学

2019年度

国内外学会等

- 吉田章吾,山田陽彦,小山岳秀,中井祐介,上田光一,水戸 毅,北川健太郎(東 大院理),芳賀芳範(原子力機構先端研):高圧下³³S-NMR 測定によるSmS の 圧力誘起非磁性-磁性転移研究II、日本物理学会第75 回年次大会(名古屋大 学)2020 年
- 吉田章吾,山田陽彦,小山岳秀,中井祐介,上田光一,水戸 毅,北川健太郎(東 大理),芳賀芳範(原子力機構先端研):高圧下³³S-NMR 測定によるSmS の圧 力誘起非磁性-磁性転移研究、日本物理学会2019 年秋季大会(岐阜大学) 2019 年
- 出口智子(徳大院工), 川崎 祐(徳大院理工), 岸本 豊(徳大院理工), 中村浩一 (徳大院理工), 水戸 毅, Z. Haque(Jamia Millia Islamia, Indian Inst. of Tech.), L.C.Gupta(Indian Inst. of Tech.), A.K. Ganguli(Indian Inst. of Tech.):BiS₂ 系層状化合物EuFBiS₂のNMRによる研究、日本物理学会2019 年秋季大会(岐阜大学)2019 年
- 4. 田中太知, 宮元慧介, 森 弘希, 中井祐介, 上田光一, 水戸 毅, 伊賀文俊(茨城 大理):CeB₆のゼロ磁場下¹¹B-NQRと弱磁場下¹¹B-NMR による研究II、日本 物理学会2019 年秋季大会(岐阜大学)2019 年
- 5. 中西祥太, 中井祐介, 上田光一, 水戸 毅, 後藤陽介(首都大院理), 水口佳一(首都大院理):NMR, NQR測定を用いたvan der Waals 型層状超伝導体 NaSn₂As₂の研究、日本物理学会第75回年次大会(名古屋大学)2020年
- 6. 田中太知, 中井祐介, 上田光一, 水戸 毅, 伊賀文俊(茨城大理):REB6 (RE=Ce,Sm)における低エネルギー磁気揺らぎ-B-NQR, B-NMR 測定による 研究-、日本物理学会第75 回年次大会(名古屋大学)2020 年
- 藤井拓斗,中井祐介,上田光一,赤浜裕一,水戸毅:圧力誘起ディラック半金属 物質黒リンのNMR測定による研究、日本物理学会2019 年秋季大会(岐阜大学) 2019 年
- 8. 藤井拓斗, 中井祐介, 上田光一, 赤浜裕一, 水戸 毅, 長谷川泰正: 圧力誘起ディ ラック半金属物質黒リンのNMR測定による研究II、日本物理学会第75 回年次大 会(名古屋大学)2020 年

- 9. 岩本海大,藤井拓斗,小山岳秀,白津太助,上田光一,中井祐介,水戸 毅,八 尾浩史(三重大院工):金属ナノ粒子における量子サイズ効果の研究、日本物理 学会2019 年秋季大会(岐阜大学)2019 年
- 10. 上田光一, 中井祐介, 水戸 毅, 小原孝夫: CDWと超伝導を示すLu₅Ir₄Si₁₀の Lu NMR、日本物理学会第75回年次大会(名古屋大学)2020年
- 宮元慧介,坂本真一,森弘希,中井祐介,上田光一,水戸毅, G.Pristas(Slovak. Acad.Sci.), S. Gabani (Slovak. Acad. Sci.), K. Flanchbart (Slovak. Acad. Sci.), N. Shitsevalova (Natl. Acad. Sci. Ukraine): TmB4 が示す複雑な磁気相図のNMR測 定による研究、日本物理学会第75 回年次大会(名古屋大学)2020 年
- 12. 野尻野旭(徳大院工), 安藝将也(徳大院工), 川崎祐(徳大院理工), 岸本豊(徳 大院理工), 中村浩一(徳大院理工), 水戸毅, 八島光晴(阪大院基礎工), 椋田 秀和(阪大院基礎工), 小手川恒(神戸大院理), 菅原仁(神戸大院理):A15型 超伝導体V₃SiのSi-NMRによる研究、日本物理学会2019年秋季大会(岐阜大 学)2019年
- 13. 林大介(首都大理), 客野 遥(神奈川大工), 宮田耕充(首都大理), 中井祐介, 真庭豊(首都大理): 単層カーボンナノチューブ薄膜の熱電物性: 温度依存性、日本物理学会2019 年秋季大会(岐阜大学)2019 年

発表論文

- T. Tanaka, H. Mori, K. Miyamoto, Y. Nakai, K. Ueda, F. Iga (茨城大理), T. Mito: Novel dynamical properties in the zero-field antiferroquadrupole ordered state of CeB₆, JPS Conf. Proc. **30**, 011153 (2020) 1-4
- S. Yoshida, H. Yamada, T. Koyama, Y. Nakai, K. Ueda, T. Mito, K. Kitagawa(東大院理), Y. Haga(原子力機構先端研): Pressure-induced nonmagnetic-magnetic transition in SmS observed by ³³S-NMR, JPS Conf. Proc. **29**, 012008 (2020) 1-4
- T. Fujii, Y. Nakai, Y. Akahama, K. Ueda, T. Mito: Pressure induced evolution of band structure in black phosphorus studied by ³¹P-NMR, Phys. Rev. B 101, 161408 (2020) 1-5
- 4. T. Fujii, Y. Nakai, Y. Akahama, K. Ueda, T. Mito: ³¹P-NMR study of black phosphorus under hydrostatic pressure, JPS Conf. Proc. **30**, 011015 (2020) 1-4
- Y. Nakai, R. Nakanishi, T. Fujii, M. Hirata(東北大金研), K. Oyama(九大理), A.Mitsuda(九大理), K. Ueda, H. Wada(九大理), T. Mito: Development of Low-Energy Fluctuations Toward Structural Transition in YbPd Inferred from ¹⁰⁵Pd NMR, JPS Conf. Proc. **30**, 011140 (2020) 1-4
- 6. K. Kinjo(京大院理), S. Kitagawa(京大院理), Y. Nakai, K. Ishida(京大院理), H. Sugawara(首都大理工), H. Sato(首都大理工): Magnetic Field Effect on s-wave

Superconductor LaRu₄P₁₂ studied by ³¹P-NMR, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 065002 (2019)

- D. Hayashi (首都大理), Y. Nakai, H. Kyakuno (神奈川大工), N. Hongo (首都大理), Y. Miyata(首都大理), K. Yanagi(首都大理), Y. Maniwa(首都大理): Thermoelectric properties of single-wall carbon nanotube networks, Jpn. J. Appl. Phys. 58,075003 (2019)
- D. Hayashi(首都大理), Y. Nakai, H. Kyakuno(神奈川大工), Y. Miyata(首都大理), K. Yanagi(首都大理), Y. Maniwa(首都大理): Temperature dependence of Seebeck coefficient for mixed semiconducting and metallic single-wall carbon nanotube bundles, Appl. Phys. Express 13, 015001 (2020)
- T. Matsuno(東大理/JST ERATO), Y. Nakai, Y. Maniwa(首都大理), M. Someya (東大理/JST ERATO), S. Sato (東大理/JST ERATO), H. Isobe (東大理/JST ERATO) :Regulated Single-Axis Rotations of a Carbonaceous Guest in a van der Waals Complex with an Entropy Cost, Chem. Asian J., 15, 273-278 (2020)

Quantum Magnetism

大学院物質理学研究科 物質機能解析部門 量子物性学

2019年度

国内外学会等

- 1. 北川勇人・小林寿夫・土屋優・池田修悟:K_xFe_{2-y}Se₂の磁場下⁵⁷Fe メスバ ウアー分光による研究、日本物理学会2018年秋季大会(同志社大学2018 年9月)
- 池田修悟・永澤延元・岸本俊二(KEK-PF)・亀掛川卓美(KEK-PF)・河口沙織 (JASRI)・平尾直久(JASRI)・大石泰生(JASRI)・小林寿夫:鉄系超伝導体 AFe₂As₂(A:Sr, Eu)の磁性と超伝導、第59回高圧討論会(岡山理科大学 2018年11月)
- 3. 永田晃太郎・池田修悟・小林寿夫・船守展正(KEK-PF): ⁵⁷Fe 核共鳴前方散 乱法を用いた圧力下のSrFe₂As₂の電子状態研究、日本物理学会第74回年次 大会(九州大学2019年3月)
- 4. 冨田健史・池田修悟・今泉聖司(東北大)・青山拓也(東北大)・今井良宗(東 北大)・大串研也(東北大)・小林寿夫:単結晶BaFe₂X₃ (X=S, Se)の⁵⁷Feメス バウアー分光法による研究、日本物理学会第74回年次大会(九州大学2019 年3月)
- S. Ikeda: Coexistence of superconductivity and antiferromagnetic order in EuFe₂As₂, International Workshop on New Developments and Prospects for the Future of Mössbauer Spectroscopy (Nagoya Japan, 2018)
- 6. S. Ikeda: Magnetic properties of the iron arsenide superconductor EuFe₂As₂ under pressure, International Conference on Magnetism (San Francisco, USA, 2018)
- 北川勇人・大浦桃子・池田修悟・田中良和(理研)・玉作賢治(理研)・増田 亮(京大)・小林康浩(京大)・瀬戸 誠(京大)・依田芳卓(JASRI)・鈴木慎太郎 (東大)・久我健太郎(東大)・中辻 知(東大)・小林寿夫:重い電子系化合物-YbAlB4の低温における磁場下物性II、日本物理学会第74回年次大会(九州 大学2019年3月)
- H. Kobayashi: Synchrotron-Radiation-based ¹⁷⁴Yb Mössbauer spectroscopic studies on valence fluctuating YbAlB₄, Inter. Workshop: Novel Phenomena in Quantum Materials driven by Multipoles and Topology (Kashiwa Japan, April 2018)

- 永澤延元・池田修悟・河口沙織(JASRI)・平尾直久(JASRI)・大石泰生 (JASRI)・平岡 望(JASRI)・浦瀬真人(阪府大)・池野豪一(阪府大)・J.A. Alonso(マドリッド大)・M.J. Martinez-Lope(マドリッド大)・M.M. Abd-Elmeguid(ケルン大)・小林寿夫: 圧力誘起金属-絶縁体転移を示すRNiO₃ (R:希土類)の結晶構造、日本物理学会第74 回年次大会(九州大学2019 年 3月)
- 10. 池田修悟・金子耕士(原研)・川崎卓郎・中尾朗子(原研)・鬼柳亮嗣(原研)・ 大原高志・M.D. Frontzek・H.Cao・望月健生・近藤晃弘(東大)・金道浩一 (東大)・本間佳哉(東北大)・小林寿夫:中性子回折及び¹⁵¹Eu メスバウアー 分光によるEuNiIn4の多段磁気転移の研究、日本物理学会第74回年次大会 (九州大学2019年3月)
- 片山大地・Jumaeda Jatmica(静岡大)・海老原孝雄(静岡大)・松本 紳(筑 波大)・時井真紀(筑波大)・小林寿夫・辻 成希(JASRI)・小泉昭久:コンプ トン散乱測定による重い電子系化合物CeIn3の電子構造の研究、日本物理 学会第74回年次大会(九州大学2019年3月)

発表論文

- S. Ikeda, Y. Tsuchiya, X.-W. Zhang(KEK-PF), S. Kisimoto(KEK-PF), T. Kikegawa (KEK-PF), Y. Yoda(JASRI), H. Nakamura, M. Machida, J.K. Glasbrenner, H. Kobayashi: New antiferromagnetic order with the pressure-induced superconductivity in EuFe₂As₂, Phys. Rev. B **98** (2018) 100502-1-5 (R).
- M. Oura, S. Ikeda, R. Masuda(京大), Y. Kobayashi(京大), M. Seto(京大), Y. Yoda (JASRI), N. Hirao(JASRI), S.I. Kawaguchi(JASRI), Y. Ohishi(JASRI), S. Suzuki (東大), K. Kuga(東大), S. Nakatsuji(東大), H. Kobayashi: Valence fluctuating compound α-YbAlB₄ studied by ¹⁷⁴Yb Mössbauer spectroscopy and X-ray diffraction using synchrotron radiation, Physica B **536** (2018) 162-164.
- M. Oura, N. Nagasawa, S. Ikeda, A. Shimoda(京大), T. Waki(京大), Y. Tabata(京大), H. Nakamura(京大), N. Hiraoka(JASRI), H. Kobayashi: ⁵⁷Fe Mössbauer and Co K_β x-ray emission spectroscopic investigations of La-Co and La substituted strontium hexaferrite. J. Appl. Phys. **123** (2018) 033907-1-6.
- A. Koizumi, Y. Kubo(日大), G. Motoyama(島根大), T. Yamamura(東北大), Y. Sakurai(JASRI): How the Electronic Structure in URu₂Si₂ Changes with Temperature: A High-Resolution Compton Scattering Study. J. Phys. Soc. Jpn. 87 (2018) 064703-1-6.
- 5. A. Koizumi, Y. Kubo(日大), E. Yamamoto(原研), Y. Haga(原研), Y. Sakurai (JASRI): Electronic Structure in Heavy Fermion Compound UPd₂Al₃ through

Directional Compton Profile Measurement. J. Phys. Soc. Jpn. **88** (2019) 034714-1-6

Organic Chemistry

大学院物質理学研究科 物質反応解析学部門 物質反応論II

2019年度

発表論文

- A.A. Choliq, R. Nakae, M. Watanabe, T. Misaki, M. Fujita, Y. Okamoto, T. Sugimura: Enhanced enantioselectivity achieved at low hydrogen pressure for the asymmetric hydrogenation of methyl acetoacetate over a tartaric acid NaBrmodified Raney nickel catalyst: a kinetic study, Bull. Chem. Soc. Jpn. 92, 1175– 1180 (2019)
- T. Sugimura, S. Tomatsuri, M. Fujita, Y. Okamoto: Hydrogen/Deuterium Isotopic Labeling Study of Enantioselective Hydrogenation of (E)-2-Methyl-2-butenoic Acid over a Cinchonidine-modified Pd/C Catalyst, Bull. Chem. Soc. Jpn. 92, 1737–1742 (2019)

Low-Temperature Physics & Superconductivity

大学院物質理学研究科 物質機能解析部門 電子物性学

2019年度

国内外学会等

- 山口明・小谷朋也・本山岳(島根大)・小倉淳嗣・川崎郁斗(原子力機構)・住山 昭彦・山村朝雄(京都大)・白崎謙次(東北大)・郷地順(物性研)・芳賀芳範(原子 力機構):UGe2の超伝導転移温度近傍における電気抵抗の磁場依存性、日本物 理学会2019年秋季大会(岐阜大)、2019
- 篠崎真碩(島根大)・本山岳(島根大)・武藤哲也(島根大)・西郡至誠(島根大)・山 ロ明・藤原賢二(島根大)・三好清貴(島根大)・住山昭彦:Ce₃TiBi₅における電流 誘起磁化の異方性の研究、日本物理学会2019年秋季大会(岐阜大)、2019
- 3. 國中柾希(島根大)・本山 岳(島根大)・武藤哲也(島根大)・西郡至誠(島根大)・三 好清貴(島根大)・藤原賢二(島根大)・住山昭彦・山口 明:点接合分光測定による CeCoIn5の超伝導ギャップの圧力依存性の研究II、日本物理学会2019年秋季 大会(岐阜大)、2019
- 山口明・田中博之・本山岳(島根大)・小倉淳嗣・川崎郁斗(原子力機構)・住山 昭彦・山村朝雄(京都大)・白崎謙次(東北大):強磁性超伝導体UGe₂における交 流磁束侵入、日本物理学会第75回年次大会(名大)、2020
- 5. 篠崎真碩(島根大)・本山岳(島根大)・山口明・田中徹・西郡至誠(島根大)・武 藤哲也(島根大)・藤原賢二(島根大)・三好清貴(島根大)・住山昭彦: Ce₃TiBi₅に おける電流誘起磁化の異方性の研究II、日本物理学会第75回年次大会(名大)、 2020
- 6. 山口 明・小谷朋也・田中博之・住山昭彦・小泉昭久・辻 成希(JASRI)・櫻井吉晴 (JASRI):超流動ヘリウム4のX線コンプトンプロファイル、日本物理学会2019年秋 季大会(岐阜大)、2019
- 和田信雄(名大)・小林利章(電通大)・谷口淳子(電通大)・山口 明・檜枝光憲(東 医歯大)・松下 琢(名大):簡易CMN温度計と小型10mK冷凍機の性能評価、日 本物理学会第75回年次大会(名大)、2020
- 三角勇気(名大)・張中岳(名大)・阿波賀邦夫(名大)・山口明・土射津昌久(奈良 女大)・松下琢(名大)・和田信雄(名大):カゴメ格子磁性体Cu-CAT-1の超低温 物性、日本物理学会2019年秋季大会(岐阜大)、2019
- 9. 三角勇気(名大)・張中 岳(名大)・阿波賀邦夫(名大)・山口 明・土射津昌久(奈良 女大)・松下 琢(名大)・和田信雄(名大):カゴメ格子磁性体Cu-CAT-1の超低温 物性(II)、日本物理学会第75回年次大会(名大)、2020

- 10. 丸本涼太(名大)・松下 琢(名大)・清水康弘(名大)・伊藤正行(名大)・三角勇気(名 大)・張中 岳(名大)・阿波賀邦夫(名大)・山口 明・土射津昌久(奈良女大)・和田 信雄(名大):カゴメ格子磁性体Cu-CAT-1の1H NMR、日本物理学会第75回 年次大会(名大)、2020
- 11. 三角勇気(名大)・張中 岳(名大)・阿波賀邦夫(名大)・山口 明・土射津昌久(奈良 女大)・松下 琢(名大)・和田信雄(名大):導電性2次元MOF Cu-CAT-1の超低 温物性、第13回分子科学討論会(名大)、2019
- 12. 三角勇気(名大)・張中 岳(名大)・阿波賀邦夫(名大)・山口 明・土射津昌久(奈良 女大)・松下 琢(名大)・和田信雄(名大):導電性2次元MOF Cu-CAT-1の超低 温物性、第5回統合物質国内シンポジウム(北大)、2019

発表論文

- M. Shinozaki(島根大), G. Motoyama(島根大), M. Tsubouchi(島根大), M. Sezaki (島根大), J. Gouchi(東大), S. Nishigori(島根大), T. Mutou(島根大), A. Yamaguchi, K. Fujiwara(島根大), K. Miyoshi(島根大), Y. Uwatoko(東大): Magnetoelectric Effect in the Antiferromagnetic Ordered State of Ce₃TiBi₅ with Ce Zig-Zag Chains, J. Phys. Soc. Jpn., 89033703 (2020)
- A. Yamaguchi, T. Kotani, A. Ogura, I. Kawasaki(原子力機構), A. Sumiyama, G. Motoyama(島根大), T. Yamamura(京都大), K. Shirasaki(東北大), J. Gouchi(物性研), Y. Haga(原子力機構): Critical Current Density of the Ferromagnetic Superconductor UGe₂ near the Superconducting Transition Temperature, JPS Conf. Proc., 30011064.(2020)
- A. Sumiyama, R. Nagai, Y. Ishii, Y. Kimura, A. Yamaguchi, G. Motoyama(島根 大), N. Kimura(東北大), E. Yamamoto(原子力機構), Y. Haga(原子力機構), Y. Onuki(琉球大): Magnetic Penetration Depth of UBe₁₃ and UPt₃ Derived by DC Magnetization Measurements, JPS Conf. Proc., 30011067 (2020)
- M. Kuninaka(島根大), G. Motoyama(島根大), K. Miyoshi(島根大), T. Mutou(島 根大), S. Nishigori(島根大), K. Fujiwara(島根大), A. Yamaguchiand, A. Sumiyama: Point-Contact Spectroscopic Study of the Superconducting Gap under Pressure in CeCoIn₅, JPS Conf. Proc., 30011106 (2020)
- M. Shinozaki(島根大), G. Motoyama(島根大), T. Mutou(島根大), S. Nishigori(島 根大), A. Yamaguchi, K. Fujiwara(島根大), K. Miyoshi(島根大), A. Sumiyama: Study for Current-induced Magnetization in Ferrotoroidal Ordered State of Ce₃TiBi₅, JPS Conf. Proc., 30011189 (2020)

4. 地域への貢献

液体窒素を用いて物質を冷やすことで、物質の性質は大きく変化します。この仕 組を理解してもらうとともに、科学への興味をもっていただくため、近隣の小・中学校へ の寒剤の提供や出張授業を行いました。

- 寒剤の提供等
- 令和2年
 - 9月25日 兵庫県立大学付属中学校 液体窒素提供
 - 12月16日 播磨高原東小学校 SAS 授業



(上) 兵庫県立大学付属中学校の授業の様子



(左、右) 播磨高原東小学校の授業の様子

5. 学外との連携

企業や他の大学・研究機関が、本学において行なう研究活動にも寒剤が利用され ています。今後も産学連携など学外との協力、交流の一助としても当センター供給の 寒剤が役立てば幸いです。

6. 寒剤利用状況

1. 利用分野

- ・液体ヘリウム 理学部物質科学科 6 分野
- ・液体窒素 理学部物質科学科 11 分野, 生命科学科 13 分野
 学部3年次学生実験

2. 液体ヘリウム・液体窒素の消費量

近年、液体ヘリウムは年間 9,000ℓ~16,000ℓ が使用されている。液体窒素 に関しては、年間約 30,000ℓ 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 50,000ℓ が消費されている。







6. 令和2年に行なった点検・修理

・2019年5月29日~液化時の窒素消費量が異常に多くなる

4月以降、ヘリウム液化の際に液化機から液化用コンプレッサーヘガスが戻る配管が 真っ白に凍結する事が頻発。それに合わせて、液体窒素の消費量が2~3倍に増加す る事態が発生。平常状態との違いは、ヘリウム貯槽の圧力が0.008MPaほど低い値を 示している。その原因は3重管の詰まりか、ヘリウムラインの詰まりと思われたので、それ ぞれ複数回クリーニングを行なったが改善しなかった。液化機へ液体窒素を供給する バルブを極度に絞る事により、液体窒素の消費量は元通りになる事が判明したので、以 降、バルブの操作のみでしのいでいる。液化効率については顕著な低下はみられていな い。起動時に大量にヘリウム純ガスを消費した時には、ヘリウム貯槽の圧力が正常に 戻った場合もあり、しばらくはこのまま様子を見る。

·2019年11月29日 V510の閉止不完全

液化終了後、かすかにガスが漏れる音がするので場所を調べたら、V510の窒素配管 予冷用のバルブから窒素ガスがわずかに漏れていた。バルブシートが劣化しているよう で、冷間時には完全には閉まらないようだ。温度が上がった状態では、力ずくで閉める 事が出来る。とりあえず現状で放置。もっと酷くなったらバルブ交換を考える。

・2019年12月2~9日コールドボックスの真空引き

液化機入札の下見に来られた日本エア・リキードの技術の人が、液化機の外槽を触っ て「少し冷たい」とおっしゃったので、液化機本体の真空引きを行なった。ターボ分子ポ ンプの真空系の読みで最初は4.1×10⁺¹Paであったが、9日には9.1×10⁻⁴ Paまで下 がった。10日及び24日の「2日目の液化」の際に、これまでは最低温度に達するまで1 時間掛かっていたが、30分に短縮された。

·2020年1月16日 SV223の閉止不良

1月16日の通常の液化運転終了後、液化用コンプレッサーの停止作業中、たまたまへ リウムガス回収用コンプレッサーが動作中で騒音が激しく、液化用コンプレッサーが停 止したか確認出来ない状態だった。つい、液化用コンプレッサーのスイッチを再びON/ OFFして停止させたが、翌日の液化の時の中圧タンクの圧力の変化のパターンが奇妙 な形を示した。液化効率に極端な低下は見られなかったので、その日はそのまま運転を 続け、後日へリウムラインのクリーニングを行なう事になった。1月20日にガスドライヤー の再生を行なうが改善せず、2月10日にへリウムラインの真空引きを行なおうとするが、 へリウムラインが大気圧以下にならず、バルブスタンド辺りで「シュー」と音がする。その 日は作業を中断し配管図を調べると、SV223の閉止不良が疑われた。2月13日の液 化の際、SV223をプラスティックハンマーで叩くと、パターンが改善することもあったが、 完全回復には至らなかった。3月4日に意を決してSV223を分解する事にした。単純な 構造のチェックバルブであるが、バルブの座面に黒っぽくなったグリスがかなりの量付着 していたので、清掃し真空グリスを薄く塗って元通りに組み立てた。翌日にヘリウムライ ンの真空引き作業再開し、無事に真空引きできた。11日からの液化では、液化のパ ターンは正常にもどり、また、立ち上げ時の純ガスの消費も激減した。以前から寒冷期 は純ガスの消費が多かったが、それはSV223が閉止不良を起こしていたせいだと判明 した。昨年度末に純ヘリウムガスのカードル(25本)が入ったので、今年度のヘリウムは これで足りるかもしれない。

・2020年4月21日~5月28日 新型コロナ肺炎流行に依る縮小運用

県からの休業要請に伴い、低温センターの日常業務に当たっている者の在宅勤務を可 能にするために、センターの運営を縮小した。液体窒素と液体へリウムの汲み出しは原 則、月・水・金曜日に行う事となった。6月1日より、修士、卒研生の入構が可能となった ので、縮小運用は終了。

・2020年5月22日 カードル下の窒素配管真空引き

ヘリウム回収用カードルAの定期検査を行なうために搬出したあと、カードルが邪魔で 真空引きが出来なかった窒素の断熱配管の真空引きを行なった。当初1Pa程度の真 空度であった。ターボ分子ポンプを用いて4時間引き続け、8.1×10⁻⁴Paに到達し、真 空引きを終了した。

・2020年6月4~ カードル下の鉄骨交換

ヘリウム回収用カードルAの定期検査を行なうために搬出したあと、カードルが邪魔で 真空引きが出来なかった窒素の断熱配管の真空引きを行なった際、縞鋼板を支える溝 形鋼がボロボロに錆びており、崩壊寸前だった。業者に発注し、溝形鋼を交換した。ま た、縞鋼板も再塗装を行なった。

・2020年7月1日 CE(液体窒素タンク)の再塗装

昨年度からCEの錆びが酷くなって来たので、今年度の予算請求に再塗装費用を要求 してあった。放置すると外殻にピンホールが開きそうな怖れが有った。今回は部分補修 でなく、全面の塗膜を剥いで錆び落しを行なった。

・2020年6月15日~7月10日回収圧縮機の起動不良

6月15日に回収圧縮機が異常停止していたのを発見。異常停止は13日に起こったもよう。その時はリセットしたのち正常に動作した。回収圧縮機のログを解析しようにも、

USBメモリーにログをセーブできなかった。16日、19日、7月1日、6日、7日、9日と再発。小池酸素の木下氏と連絡を取り、電磁開閉器周辺が怪しいとの事。動作を確認すると、QA0201開閉器の可動部の動きが渋い。電源を切った状態で可動部を押し込むと、入ったままになって戻って来ない。そこで開閉器を分解し、こすれている部分を削って動くようにした。まだ少し動きが渋いので、再度削る必要があると思われる。

・2020年12月31日回収圧縮機の起動不良

年末から正月の休みの間、4日以上無点検というのを避けるため、大晦日に高圧ガスの 設備の点検におもむくと、回収圧縮機の警報が鳴っている。「最終段温度異常(低)」と いう表示で、回収圧縮機が起動していない。従って、回収バルーンはパンパンに膨らん で、オイルトラップからへリウムガスがオーバーフローしている状態。リセット作業を繰り返 すが、エラーは消えない。この時は、最終段圧縮シリンダヘッドの温度センサをいじると エラーが消えたので、回収圧縮機を手動で起動して回収。この時点では温度センサの 接触不良等のトラブルだと思っていたが、翌日も発生。翌日は少々センサをいじり回って も回復せず、センサーをドライヤーで暖めて復帰させた。マニュアルを調べると、当初の 回収圧縮機の動作温度は+5℃以上となっており、この条件から外れていたので、起動 しなかったと思われる。咋年度の冬は温暖だったので、この種のトラブルは起きなかった が、この冬は冷え込みがきついため発現した。設置時に下限の温度を-1℃に下げて設 定したと言う事だが、今年は-5℃を下回りかねない冷え込みである。液化機更新のお りに再設定をお願いしようと思っているが、下限温度の更に低温への再設定が困難な場 合もある。そうなると、長期間の監視員不在の時は、ヒーター等で加温する必要があ る。今般のへリウムガスの損失は2.4m³程度と、軽微だった。

7. ヘリウム液化装置の変遷

液化機更新に当たって、装置の変遷を振り返る。 1.液化機及び制御盤



2.液化用圧縮機





3.回収用圧縮機



4.液体ヘリウム容器





回収用圧縮機は2019年3月更新。それ以外は2007年2月更新

8. 低温センター関係行事

令和元年度

2019年

4月24	日 安全講習会	
5月31	日 低温センター道	軍営委員会
6月4-6	日 液化窒素貯槽	・ヘリウム液化設備 定期自主検査
7月 10	日 兵庫県立宝塚	西高等学校見学会
7月 18	日 兵庫県高圧ガス	ス保安協会による保安検査
10月23-29日	日 高圧ガス保安流	舌動促進週間
11月 28	日 防災訓練	
12月 5日	日 液化窒素貯槽	定期自主検査

12月 12日 「技術・人材マッチング交流会」に出展(ポスター発表)

2020年

- 1月 20日 中圧ガスドライヤー再生
- 3月 20日 消防設備点検

令和 2年度

5月18日- ヘリウム回収カードル A・B・C の開放検査

8月24日

- 5月 22日 窒素液化用配管真空引き
- 6月1-3日 ヘリウム液化設備 定期自主検査
- 6月 5日 液化窒素貯槽 定期自主検查
- 6月 19日 低温センター運営委員会(リモート会議)

(水戸 毅,住山昭彦,小林寿夫,石川 潔,山田大智,上田光一)

- ① 2020 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 2019 年度寒剤使用量についての報告

⑤ 2019 年度の寒剤価格の決定

- 7月 1日 液化窒素貯槽塗装工事
- 7月 7日 安全講習会 講師:低温センター保安係員 上田光一
 - 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
- 7月 17日 兵庫県高圧ガス保安協会による保安検査
- 7月 21日 液化機更新説明会
- 9月 3日 ヘリウム汲出用リフター点検
- 9月 10日 液化用圧縮機ダクト取付工事下見
- 10月23-29日 高圧ガス保安活動促進週間
 - 11月 8日 電気設備点検
 - 12月 14日 低温センター入口扉改修工事(更新液化機搬入のため)
 - 12月 15日 液化窒素貯槽 定期自主検查

9. テクノから

今年は新型コロナ肺炎に振り回された1年だった。3月から5月までの間はは卒 研生でも入構不可、後期になってようやく一般学生も入構出来るようになった。前 期の授業や学生実験は全部ネット経由で行なった。そのため、キャンパスは人が 殆どおらず、液体へリウムの供給も激減していた。当初、学生の感染者がすぐに 出ると予想していたが、最初の感染者は12月になってから。そのせいで教員も2日 間入構禁止になったが、意外と皆さん気をつけてくれていたのだと感心する。

今も相変わらずへリウムの供給は少ないそうだが、新型コロナ肺炎のせいで需要 も減っているそうで、注文すれば純ガスのボンベは入ってくるようになった。おかげ で今の所、液化に支障をきたしていない。

今年、久々に小学校への出前授業に行った。これも感染防止に気をつけて、1回の人数を減らして3密を避けた。子供のみならず、先生まで液体窒素を見て興奮してくれるので、行った甲斐があったと思う。話の「つかみ」に以前よく現れた白い鹿を題材にしたが、数年前からとんと見かけなくなった。どこかで元気でいてくれと願うばかりだ。

9月のある日、研究棟の横で日本で最小の蝉であるチッチゼミを拾った。実際に 触るのは生まれて初めてである。写真を撮ったあと、すぐに飛んでいってしまった。

4年前の低温センターだより(9号)で小山さんが書いていた桜の苗が、今年は けっこう花をつけていたので写真に撮った。来年はもっと花が増えてくれるのだろう なあ。



10. 編集後記

本年度前半はかなり暇だったように思う。その反動か、今年の12月はやたらに汲み出 しが多い。引退直前の液化機を毎週酷使しているので、大丈夫かと心配になる。

一方、コロナ禍の最中でも着々と液化機の更新準備は進行している。液化機を 搬入する為に入り口のドアの枠を切断したり、リフターの更新を画策したり。しか し、リフターの見積もりは凄い金額になって、はたして更新出来るかどうか。

来年度は電子物性の山根さんが業務を引き継いでくれる事になっている。今度は 液化機の操作がほとんど自動化するとの事なので、液化作業に慣れるのにも時間 はかからないだろう。

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内 容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 の一年も継続的に安定した寒剤の供給ができたことは、利用者の方々に低温セン 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感謝していま す。今後とも関係者皆様のご協力とご支援をよろしくお願いします。

> 令和2年12月21日 低温センター 上田光一



リフターを見積もり中

兵庫県立大学理学部低温センターだより 第13号 令和2年(2020年)12月

編集責任者	低温センター長 水戸	毅
編集	上田光一・三枝和史	
表 紕 囲	上田光一	

発行 兵庫県立大学理学部低温センター 〒678-1297 兵庫県赤穂郡上郡町光都3-2-1 TEL & FAX 0791-58-0130

表紙:テクノ中央交差点の周りの擬岩