

目 次

はじめに	1
1. 技術・業務報告	
ナノスケール物性研究部門	
	浜田 雅之 2
	飯盛 拓嗣 4
	向井 孝三 6
物質設計評価施設	
設計部	
	福田 毅哉 8
	本山 裕一 10
物質合成・評価部	
	後藤 弘匡 12
	石井 梨恵子 14
	浜根 大輔 16
中性子科学研究施設	
	杉浦 良介 20
極限コヒーレント光科学研究センター	
軌道放射物性研究施設	
	原沢 あゆみ 22

量子物質ナノ構造ラボ

橋本 義昭 2 4

放射線管理室

野澤 清和 2 6

低温液化室

土屋 光、鷺山 玲子、清水 未来 2 8

2. 技術職員研修報告

「2023 年度技術職員研修の開催について（電子顕微鏡グループ）」

浜根 大輔 3 2

技術・業務レポート提出技術職員数 1 5 名
(技術職員総数(元技術職員 含む) 3 0 名)

はじめに

2005年4月に物性研究所技術部が発足してから、今年度で20年目となりました。2024年7月1日現在物性研究所の技術部には技術職員、技術専門職員、技術専門員、上席技術専門員、特任専門職員、学術専門職員の職名で30名の技術系職員が在籍しています。技術職員の活動は、物性研究所の研究・教育活動を円滑に進めていく上で欠くことのできない業務や研究分野独自の特殊技術の開発、維持・管理、さらに教職員・大学院学生及び研究生への技術に関する助言ならびに技術指導、そして全国共同利用研究者等へのサポート業務など多岐にわたっています。

また、東京大学の技術部組織のネットワークの構築のために2012年4月に設立された総合技術本部も12年間のあゆみを進めてきました。2023年度には、東京大学内の技術職員が、技術と情報を共有し、連携する取り組みのより具体的なアクションも始まっています。個々の技術職員が持つ高度で専門的な知識・技術を集約し、全学の技術職員が一体となって様々な課題を解決していく新しいあり方が期待されています。

このようななかで、技術部設立以来毎年刊行を続けている「技術・業務レポート」も、本号で20巻目となります。2023年度は、コロナ禍の制限から脱しつつあり、衛生と安全に気を配りながら、この4年間で得たリモートの技術を存分に活用し、活発な活動を行うことができました。このレポートは、安定した研究・教育環境の維持と創成を担う技術職員として、一年の業務を振り返りまとめたものです。研究基盤に不可欠な日常の業務の確認やその中での気づきと発展、また新しい取り組みへの挑戦、これまでとは異なる体制で企画された研修、新規発見など様々な方面から報告がなされています。これらを共有することで、技術力を高め、先につないでいく必要があると考えています。

今年度も「技術・業務レポート」を執筆していただいた技術職員の皆様に感謝します。また、「技術・業務レポート」の冊子の作成と技術部の運営に多大なご支援とご協力をいただいている廣井所長、松田技術部長をはじめとする物性研究所の関係者の方々にも深く感謝いたします。今後も、皆様からご助言やご指導を賜り、その意見を技術部の運営に役立ててまいりたいと思います。

2024年 9月

技術部委員長：原沢あゆみ
技術部委員：橋本 義昭
：松尾 晶
：伊藤 功
：鷺山 玲子

技術・業務レポート

ナノスケール物性研究部門 飯盛拓嗣

(1) 移設した光電子分光装置の立ち上げ

令和4年度にA162室からA038室に移動させた光電子分光(PES)用の超高真空(UHV)装置の立ち上げを行った[1]。振動により破損しやすいターボ分子ポンプ(TMP)やトランスファーロードは、UHVチャンバーから外して、個別に台車に乗せて移送し、チャンバーは高真空状態で封じ切って移動した。TMPを外したのは、ポンプ等の安全のためでもあったが、装置全体の大きさが小さくなり移動の邪魔になる部分を少なくできることにより、チャンバーを移動させるときにエレベーターや廊下での壁等に接触すること防ぐ利点もあった。

A038室へ移動後、再びトランスファーロードやTMPをUHVチャンバーに取り付け、配電盤からラック及びポンプ等に配線し、ポンプで排気して、チャンバー全体のベークを数日間行い、超高真空状態になるようにした。A162室では、ラックに配置されたコントローラからUHVチャンバーに取り付けられた真空装置や実験装置へのケーブルは、多くが床に配置されたままの状態であった(図1(a))が、安全面やケーブルや装置への不要なテンションを考慮して、高い位置にケーブルラックを作製して、そこに可能な限り電気系統のケーブルを設置するようにした(図1(b))。(循環冷却水のチューブ等は、取り外しの際にチューブ内に残った水が装置にかかる危険性を避けるために、床を通すようにした。)また、真空ゲージや温調器から、シリアル通信でMacやRaspberryPiに接続し、真空度や温度をモニターできるようにし、通信用のケーブルもラックを経由するようにした。共同利用実験開始後も装置の配置が変更により不便になった点の改善も行った。その一つに、PC上の光電子強度表示が見にくいというものがあったので、装置に近いラックの上にモニターを設置して、PC画面をミラーリングして光電子強度が装置を調整しているときも見やすくなるようにした(図1(b)の右上)。

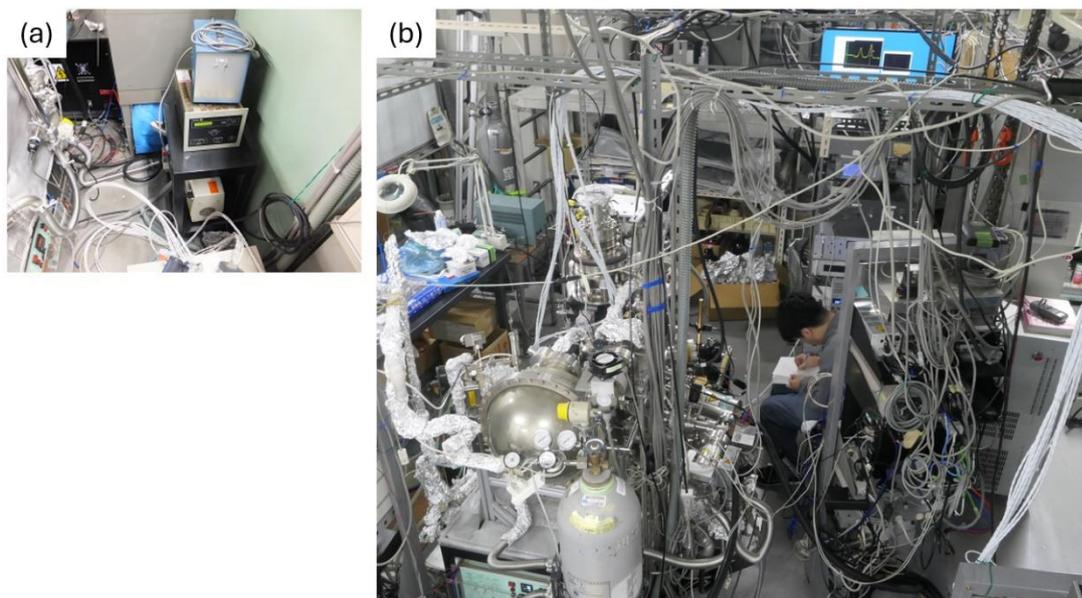


図1 (a) A162室では、排気ダクトやケーブル類がそのまま床に置かれていた。(b) A038室に移設したときに、中二階の高さに合わせてケーブルラックを設置して、ダクトや配線ケーブルを上部に通すようにした。

(2) 共同利用実験など

上記の通り、PES 装置を A038 室に移設したために、A038-PES 装置は最初の 2 か月程度は立ち上げ作業を行い、6 月以降に共同利用実験を行った。前期は、すでに装置を使ったことがあり、この PES 装置にある程度慣れているユーザーに実験をしてもらった。

(a) RES @A038 室 (装置のメンテナンス、光電子分光実験の補助と指導)

所内内部利用(松田(巖)研究室、近藤研究室)

東工大 中辻研究室 (前後期 約 6 週間)

(b) 時間分解 laser-PES @D101 室 (試料準備装置のメンテナンス、共同利用実験の補助)

東工大 一ノ倉(平原研) (前後期 約 4 週間)

(c) フォトンファクトリー BL-02、BL-13 @つくば (放射光 PES 実験)

九州大学 田中研究室 (約 3 週間)

以下に、つくばで行った PES 実験について説明する。

周期的な歪みがかかっているグラフェンでは、電子が歪みによる変調を受けるために擬似的な磁場がかけられている状態と等価になり、この効果を擬磁場と呼ぶ。この効果は数百テスラの磁場に匹敵する効果が発現することが、走査トンネル顕微分光 (STS) を使い示されている [2]。九州大学・田中研究室ではこのような擬磁場の電子状態のマクロレベルな観測を目指して、4H-SiC の m 面 ((1 $\bar{1}$ 00) 面) 上にナノレベルのリップル構造を作製し、そこに数 mm² サイズの単層のグラフェンを転写したリップル・グラフェン試料を作製した [3]。

この試料を大気輸送し、つくばの高エネルギー加速研究機構 (KEK) ・フォトンファクトリー (PF) のビームラインに導入し、放射光光源を用いた ARPES により、グラフェンの電子状態を観測することを試みた。試料である m 面は SiC の 4H 構造に由来する約 1nm の周期構造を持つが、原子間力操作顕微鏡 (AFM) による観測から、10~13nm 程度の規則的な凹凸周期的な構造が観測された。ビームラインでは UHV 中で試料を 1120°C で 10 分間アニールすることで清浄化を行い、室温で角度分解光電子分光 (ARPES) 測定を行った。その結果、m 面の 1nm 周期構造に由来すレプリカバンド以外に、13nm 周期の構造に由来するレプリカバンドと m 面周期方向に伸びたストリーク状のバンド構造を観測したが、STS で見られたランダウレベルを示す電子状態は観測されなかった。これらの電子構造は、基板の周期構造がグラフェンの電子状態に影響を与えているが、マクロには擬磁場の効果が表れるほど強く相互作用していないことを示している [4]。今後は、試料作製方法を工夫するなどして、擬磁場の効果がみられるマクロ試料を作製し ARPES 観測を行うことにより、擬磁場の詳細を明らかにする研究を目指している。

【参考文献】

[1] 飯盛, 東京大学物性研究所 技術・業務レポート, 19, 6 (2023)

[1] Liu, Y. et al., Nat. Nanotechnol. 13, 828 (2018)

[2] 今村ら, 第 84 回応用物理学会秋季学術講演会, 21a-A306-3 (2023)

[3] 飯盛ら, 日本物理学会 2024 年春季大会, 18aJ1-3 (2024)

技術・業務レポート

ナノスケール物性研究部門・吉信研究室 向井孝三

日常業務

ナノスケール物性研究部門吉信研究室に所属し、表面界面物性を測定する装置の開発と超高真空（UHV）装置を用いた実験・研究を行うことを主な業務としている。実験に関しては、実験室的測定と物質構造科学研究所放射光科学研究施設（KEK-PF）で放射光を用いた実験を行った。

ここでは、2023年度に行った主な実験・業務について紹介する。

KEK-PF BL13B において放射光を使った光電子分光測定

吉信研究室では、KEK-PF ビームライン 13B (BL13B) に準常設装置として光電子分光装置を設置し、UHV 条件での放射光を用いた X 線光電子分光測定を行ってきた。また、蒸着用チェンバを備えた BL13B ビームライン常設装置 (SES200) での実験も行なってきた。ここでは、2023 年度に KEK-PF で行なった主な実験を紹介する。

(1) 銅系モデル触媒の雰囲気および超高真空実験

これまで吉信研究室では、銅基板をメタノール合成モデル触媒とし研究を行ってきた。2023 年度では、PdCu 合金および単原子 Pd/Cu 基板の雰囲気光電子分光 (AP-XPS) 測定を KEK-PF BL13-B に常設の慶應大・近藤研究室の装置で行った。実験では、全圧 0.2 Torr の雰囲気中で光電子分光測定を行うと同時に、質量分析計でオペランド観測も行った。なお、本実験は特任研究員（当時）長田渉氏の主導で行われた。

また、KEK-PF BL13-B に設置された吉信研究室の準常設 UHV 装置を用いて銅単結晶基板上でのメトキシ種の吸着状態を X 線光電子分光および X 線吸収端近傍微細構造分光法を用いて調べた。なお、本実験は吉信研究室修士課程 2 年（当時）阪口佳子氏の主導で行われた。

(2) 真空レーザー切断した MoS₂ エッジ面

MoS₂ の触媒反応に大きく寄与するのはエッジ面であると考えられているが、エッジ面のみをプローブすることは難しい。そこで、本研究室では 2021 年度より小林研究室と共同で MoS₂ をベール面に対して垂直にレーザー切断することでエッジ面を作製し、放射光を用いた光電子分光実験を行ってきた。2023 年度では、これまで大気中で行ってきたレーザー切断を真空中で行うことで不純物除去した MoS₂ エッジ面を作製し、SES200 を使い放射光を用いた光電子分光実験を行った。また、加熱変化や CO₂ 等の反応性について調べた。なお、本実験は吉信研究室博士課程 2 年（当時）尾崎文彦氏の主導で行われた。

実験室的測定

銅系モデル触媒として Cu(111) 面でのギ酸分子の反応性について昇温脱離法 (TPD) を用いて調べた。

Cu(111) 面をネオンイオンスパッタリングすることで、表面にステップサイトを作製し、ギ酸分子との反応について TPD を用いて調べた。

昇温プログラムの開発

TPD では単結晶試料を一定の昇温速度で加熱する必要がある。旧来の OS で使用していた制御系を見直すために昇温プログラムの開発を行った。プログラミング言語には無料で利用者も多い Python を選び、Windows 10 PC で制御することとした。

本研究室では電子衝撃加熱法、つまり +200V の試料バイアスを印加したングステンフィラメントからの熱電子を加速することで試料加熱を行っている（図 1）。試料温度は K 型熱電対で測定し、PID 制御によりフィードバックを行い、フィラメント電流を制御することで一定の昇温速度で加熱する。また、投入される電力は試料や試料ホルダーの熱容量に依存するので、試料交換後は PID 制御の再設定が必要になる。フィラメ

ント用直流電源およびデジタルボルトメーターはUSBによりPCと接続する。

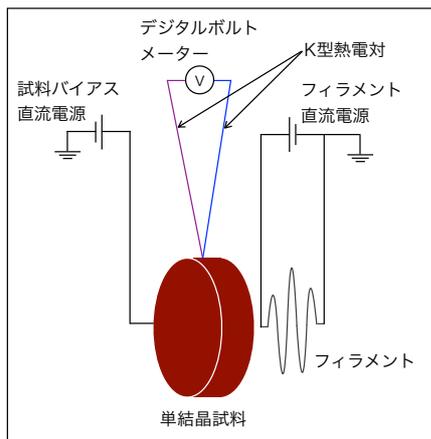


図 1

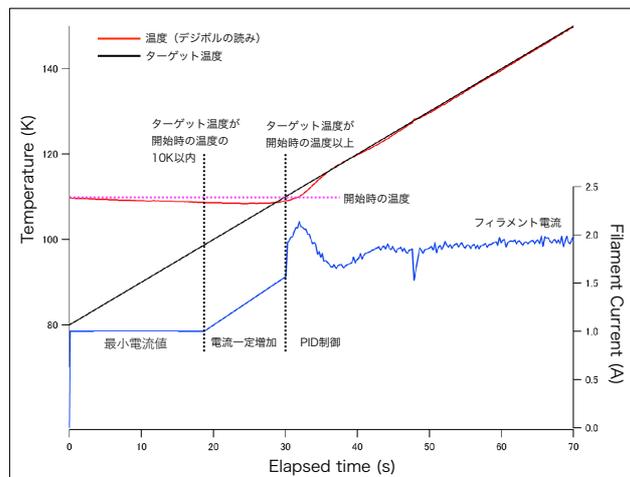


図 2

Cu(111)単結晶 ($\phi = 10\text{mm}$ 、 $t = 1.6\text{mm}$) を用いた場合の加熱開始時の温度と電流の変化の例を図 2 に示す。試料温度の読み (図 2 赤線) とターゲット温度 (プログラム上での設定温度、図 2 黒線) との関係で 3 つの領域に分けてフィラメント電流 (図 2 青線) の制御方法を変えている。まず加熱を開始するとフィラメントに一定の電流を流し、次にターゲット温度が加熱開始時の試料温度の 10K 以内になると電流値を増加させ、さらにターゲット温度が加熱開始時の試料温度を超えると PID 制御によりフィラメント電流を制御するようにした。

昇温プログラムについての詳細と Python コードは、下記 URL に掲載している。

https://yoshinobu.issp.u-tokyo.ac.jp/kozo/Heating_controller/Heating_controller.html

その他

2023 年度は 1 件の共同利用実験で準備やユーザーへの対応 (装置や実際の測定手順などの説明) を行った。

令和5年度 技術・業務レポート

物質設計評価施設 福田 毅哉

令和5年度も、全国共同利用スパコンを運用する物質設計評価施設物質設計部（大型計算機室）と、所の高速ネットワークや基幹サーバ群の管理等を行う情報技術室の職員を兼務している。本レポートでは、大型計算機室の業務のうち「スパコンアクティビティレポート、研究会ビデオ編集、統計データ管理」と、情報技術室の業務から「ストックルーム管理システム、利用者等集計システム」について報告する。

1. 大型計算機室業務（スパコンアクティビティレポート、研究会ビデオ編集、統計データ管理）

スパコンアクティビティレポート

物性研究所が1995年にスーパーコンピュータ共同利用を開始して以来、スパコン共同利用は数多くの研究成果を生み出している。スパコン共同利用は元々来所を前提とせず、全国からリモートで利用されてきた。そのため、新型コロナウイルス感染症で様々な活動の停滞が見られた間にも、影響をあまり受けず、今までと同様に研究成果¹を生み出し続けてきている。

現在は、野口所員が中心となってそれらの成果をまとめて編集が行われており、私は、全国共同利用における成果報告の収集や各種統計情報の作成、関連するユーザ対応を担当した。計算物質科学スーパーコンピュータ共用事業分はスパコン助教の井戸康太さんが担当された。

報告期間中には、令和4年度に行われた研究の成果をまとめたアクティビティレポートの発行を行った。物性研スパコンでどのような研究が行われているのかご興味おありの方は、是非、下記リンクからスパコンアクティビティレポートをご覧ください。

<https://mdcl.issp.u-tokyo.ac.jp/scc/report/result/activity-reports/>

研究会ビデオ編集

毎年春に、前年度の成果を報告するため計算物質科学研究センター（CCMS）と合同でスパコン研究会が開催される。現地参加とリモートのハイブリッドで行われるが、当日参加されない方もいらっしゃるため、映像を編集し、YouTubeで公開している。ビデオ撮影は、CCMSの山崎淳さんをお願いした。また、ビデオ編集は、スパコン担当助教の福田将大さんのご協力をいただいた。

スパコン研究会ページ <https://mdcl.issp.u-tokyo.ac.jp/scc/news/4449>



図1. 映像タイトルなど

¹ 物性研スパコンを利用した研究により、毎年数百の公表論文が出版されている。令和4年度には、15件の博士論文、55件の修士論文も報告された。

スパコン統計データ管理

スパコンは大型施設であり、文部科学省や東大本部などから、稼働状況やユーザ数などの様々な報告を求められる。また、前項でも記したアクティビティレポートやパンフレットなどの出版物にも採択課題数やユーザ数などを掲載しており、それらのデータを一元化して管理する必要がある。同じ「ユーザ数」であっても、それぞれの報告によって対象が異なっていたり述べ人数なのか実数なのかなどの違いがあったりする。そのため、Redmine上に記入要領や担当係等とのやり取りを含め、前提条件やデータ集計手順と集計結果を載せ、関係者が参照できるようにしている。

2. 情報技術室業務（ストックルーム管理システム、利用者等集計システム）

ストックルーム管理システム

過年度に引き続き、予算・決算係と協力し、ストックルーム管理システムの構築・運用を行っている。新型コロナウイルスの拡大防止の観点から、緊急事態宣言が発出される期間もあった。そのようなコロナ禍においてもストックルームはなるべく通常通り運用を続けてきた。コロナ禍以降は、それまでと比較して8割弱の払い出し件数で落ち着いている。利用金額もそれに合わせて減少すると思いきや、近年はロシアとウクライナ間の紛争の影響もあり、値上げされる製品が多く、上昇してきている。（図2）

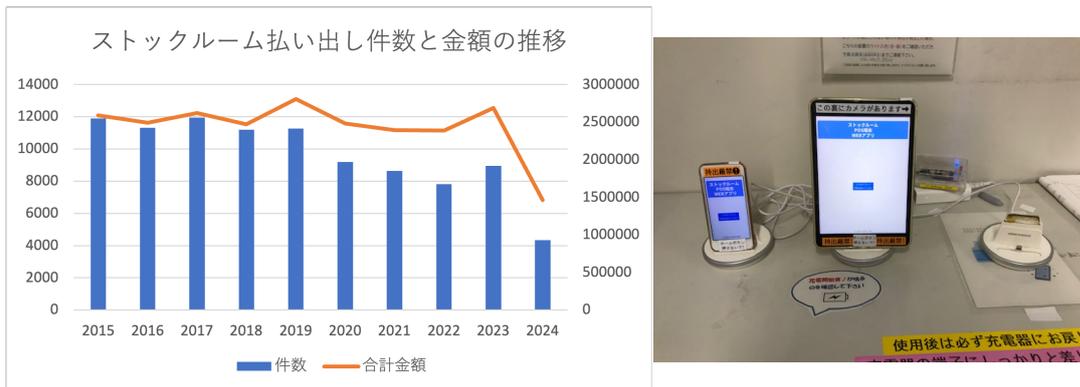


図2. 払い出し件数（左軸）と金額（右軸）の推移（2024年度は6月まで）、端末の様子

利用者等集計システム

統計データ作成で特に手間がかかるのが、ユーザ数を国立大学や私立大学など機関区別に集計することである。以前は手作業で行っていたが、スパコンはユーザが多く非常に苦勞していた。そのため、登録されたメールアドレスから、機関別の人数を自動で集計するサービスを作成し公開している。どなたでも簡単に集計できるため、お試しください。（学内分は、部局単位での集計もします）

tally.issp.u-tokyo.ac.jp/

機関別集計結果	件数
1. 国立大学	100
2. 私立大学	50
3. その他	10
合計	160

図3. 利用者等集計システムの表示サンプル（右2つは集計結果）

技術・業務レポート

物質設計評価施設・大型計算機室 本山裕一

2023 年度は通常業務として、ソフトウェア開発・高度化プロジェクト(project for advancement of software usability in materials science, PASUMS)に従事し、国内の物性ソフトウェアの開発・保守および物性研スーパーコンピューター（スパコン）での提供をした。東大物性研は全国共同利用の一環として、所持しているスパコンを無料で提供することで、日本国内の物性研究者に対して計算ハードウェア面での支援をおこなっている。一方で、ソフトウェア面の支援を行うのが PASUMS であり、主要な物性計算アルゴリズムを実装したソフトウェアの開発・保守・公開の支援をしている。支援するソフトウェアは国内研究者から高度化課題として公募し、共同利用スパコン委員会の審査のもと、年に 1-2 件が採択される。支援したソフトウェアは物性研スパコンにインストールされ、共同利用研究者に供されるほか、オープンソースライセンスのもとで世界の物性コミュニティにむけて公開される。そのほか PASUMS の詳細については、公式サイト(<https://www.pasums.issp.u-tokyo.ac.jp/>) や 2022 年度技術・業務レポートを参照されたい。PASUMS 以外では、大型計算機室の一員としてスパコン運営業務（メール通知や問い合わせ対応など）や、情報技術室の一員としてネットワークなどの所内情報インフラの整備補助や研究会のオンサイト・オンラインハイブリッド開催の支援などを行った。

2023 年度ソフトウェア高度化課題

2023 年度、PASUMS は以下の 2 つの課題を採択し、支援した。

テンソルネットワークに基づく 量子格子系ソルバ TeNeS の有限温度対応

提案者：大久保 毅 (東京大学大学院理学系研究科)

内容：量子格子系ソルバ TeNeS の有限温度・実時間発展機能実装、関連マニュアルの作成など。

公開 URL: <https://www.pasums.issp.u-tokyo.ac.jp/tenes>

ハイスループット計算による 第一原理計算データベース作成ツールの開発

提案者：吉見 一慶 (東京大学物性研究所)

内容：物性研スパコン上での網羅計算ツールスクリプトの開発、第一原理計算ソフトウェア Quantum ESPRESSO, VASP, OpenMX, Akai-KKR の入力ファイル作成支援ツールの開発、関連マニュアルの作成など。

公開 URL: <https://www.pasums.issp.u-tokyo.ac.jp/http-tools>

2023 年度論文発表など

本山の関係している査読付き論文や、登壇した学会・研究会および、講師・TA として参加したソフトウェア講習会は以下の通り。

出版論文 (* はソフトウェア高度化プロジェクトによるソフトウェア論文)

[1] K. Ido, Y. Motoyama, K. Yoshimi, and T. Misawa, “Data Analysis of Ab initio Effective Hamiltonians in Iron-Based Superconductors – Construction of Predictors for Superconducting Critical Temperature”, JPSJ **92**, 064702 (2023).

[2*] S. Kasamatsu, Y. Motoyama, K. Yoshimi, and T. Aoyama, “Configuration sampling in multi-component multi-sublattice systems enabled by ab Initio Configuration Sampling Toolkit (ablCS)”, Science and Technology of Advanced Materials: Methods **3**, 2284128 (2023).

学会・研究会発表

[1] 「AI を活用したソフトウェア開発 ChatGPT と GitHub Copilot の可能性」物性アプリーオープンフォーラム@物性研、2023-04-26

[2] “Sparse modeling analytical continuation of matrix-valued Green’s functions”, CCP2023@神

戸, 2023-08-08

[3] 「第一原理計算サンプリングツール ablCSv2」日本物理学会第78回年次大会@東北大、2023-09-17

[4] “SpM: Sparse Modeling Method/Tool for Analytical Continuation of Imaginary-time Green’s function”, MRM2023/IUMRS-ICA2023@京都, 2023-12-15

[5] “Test Driven Development (TDD) with GitHub Copilot”, MateriAI2023@御殿場, 2024-02-12

[6] 「多軌道系のスパースモデリング解析接続」ISSP 短期研究会「物質科学シミュレーションと先端実験のデータ連携」@物性研、2024-02-19

CCMS ハンズオン講習会（ソフトウェア講習会）

[1] 2023-11-20 TeNeS 講習会（ハイブリッド）

[2] 2024-03-28 2DMAT 講習会（ハイブリッド）

受賞

PASUMS は同じく物性研を中心として運営されている MateriApps プロジェクトとともに、2023 年度 HPCI ソフトウェア賞・普及部門賞の最優秀賞を受賞した。

また、2023 年度 HPCI ソフトウェア賞・開発部門賞において、PASUMS で支援した mVMC が最優秀賞を、HΦが優秀賞をそれぞれ受賞した。

(受賞者リスト: https://www.hpci-c.jp/news/file/20230428_hpci_award.pdf)

(物性研ニュース: <https://www.issp.u-tokyo.ac.jp/maincontents/news2.html?pid=18605>)

技術・業務レポート

物質設計評価施設・高圧合成室 後藤 弘匡

1. はじめに

本年度に行った業務内容は、おおよそ以下の通りである。

- ①高圧合成室内の油圧プレス装置・X線回折装置・ラマン分光装置・工作機械類の保守・整備・管理、研究室の備品の管理・発注。
- ②高温高圧実験で使用する治具や部品類の設計・製作・組立。
- ③共同利用研究者等に対する実験サポート。
- ④その他(廃棄薬品類の処理、研究室内の安全管理等)。

以下では、上記業務内容の中から、幾つかを選んで簡単に紹介する。

2. 共同利用実験用装置の保守/管理

① 微小部 X 線回折装置不具合への対応



図1 真空計(ミニチュアゲージ)



図2 高圧ケーブルの破損

微小部 X 線回折装置は、X 線を全反射コリメータで 30 μ m まで絞って、高圧実験後の小さな回収試料中のさらに微小な領域の分析を行うための装置で、地球科学や新物質合成などの研究を行うユーザーにより利用されており、物質の分析や同定に欠かせない装置である。

今回は、まず、真空が引けなくなる故障が発生した。この原因は二つあり、一つ目は、真空計が故障したために真空度を測ることができず、安全のためにロータリーポンプやターボポンプが自動的にシャットダウンしてしまった事、二つ目は、ロータリーポンプとターボポンプの経年劣化により排気能力が激減した事である。そこで、真空計とロータリーポンプ、及び、ターボポンプの交換を行った。また、操作パネルの液晶画面の輝度が下がり、表示される情報の一部が見えなくなってきていたので、操作パネルの液晶の交換も同時に行った。これにより、装置が正常に動くようになった。

その後、しばらくしてから X 線が出せなくなる症状が出た。この原因は、高圧ケーブルの破損だった。図 2 に示す通り、ケー

ブルの表面が黒く焼け焦げている様子が分かる。経年劣化やケーブルに付いた傷等から放電が起こっ

たため、安全装置が働いてX線が落ちたものと考えられる。高圧ケーブルには高電圧が掛かっている
ので、もし放電した瞬間に装置に触っていた場合は、感電事故につながっていた可能性がある。今回
はそういった事故は起きずに済んだが、今後はケーブル類の定期的な点検も必要であると思われる。

② ガス充填装置の廃棄

ガス充填装置は、ダイヤモンドアンビルセル(以下、DAC と呼ぶ)
と呼ばれる高圧発生装置の極微小な試料室内に反応性、あるいは、
不活性ガスを封入するための装置であり、DAC を使った高圧実験を
行うユーザー、主に地球科学分野や新物質開発分野の研究に数多く
使用され、これらの研究の発展に大きく貢献してきた。

この装置の一部は、柏移転時に新造交換が行われたが、それから
20 年以上経って経年劣化が進んでおり、特にガスを加圧するポンプ
や配管の劣化が激しい。また、この装置は、室外に高圧容器と高圧
ポンプが、室内にそれらを制御する装置がそれぞれ設置されており、
これらは実験室の壁に穴を開けて接続されているため、装置が腐食
してきた昨今は装置の安全性のみならず、壁に開けた穴から虫など
の侵入が見られるなど、実験室内の環境が損なわれてきており、他
の装置の維持や共同利用の推進に影響が出始めてきていた。経年劣
化による事故の防止や実験室の環境を良好に保つ観点から、今回、
廃棄を決定した。



図 3: ガス充填装置の室外機

3. 実験室等で使う治具類の設計や製作

実験に使用するための治具やパーツ類の設計・製図と機械工作を行った。本年度は、マルチアンビル
実験用の微小パーツの製作、所内外の研究者から依頼された部品の製作に関する相談に乗る、機械
工作指導、等を行った。機械加工は、主に、高圧合成室に設置されている中型旋盤、精密ボール盤、
卓上 NC フライス盤、YAG レーザー加工装置、NC フライス盤等を使用した。

4. 共同利用研究者へのサポート

高圧合成室に設置されている各種油圧プレス(KAMATA700 ton、iroha700 ton、CAPRICORN500
ton)や DAC を使った高温高圧実験、微小部 X 線回折装置、及び、高圧その場 X 線回折装置を使った
試料の分析などの高圧実験に関連する共同利用を受け入れ、そのサポートを行った。その他にも、実
験の詳細を相談の上で、研究者の実験内容に合わせて様々な微小部品をカスタマイズして見本を提供
する、あるいは、必要に応じて共同利用研究者と一緒に実験を行う、といった事も行っている。

利用状況としては、所内からは、上床研究室、廣井研究室、電子顕微鏡室、所外では室蘭工業大学、
東北大学、東大理学系研究科、兵庫県立大、久留米工業大学、名古屋大学からの利用実績があった。

5. 所長賞- ISSP 柏賞の受賞

2024 年 3 月に所長賞-ISSP 柏賞を受賞しました。長年に渡る共同利用を通じた技術、及び、研究
支援、更に自ら実験技術開発を行って共同研究を推進する等、物性研究所の共同利用の発展のみなら
ず、高圧力分野全体の発展にも貢献したと認められ、本賞が授与されました。仕事を通して得られた
成果は、関係者の皆様のご支援とご協力があったからこそ達成できたものと考えています。この場を
借りてご協力いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。今後もできる範囲で頑張っていきたいと思っ
ていますので、引き続きご支援いただけますと幸いです。

2023 年度の中性子科学研究施設における業務報告

中性子科学研究施設 杉浦良介

1. はじめに

中性子科学研究施設では、茨城県東海村にある日本原子力研究開発機構（JAEA）が保有する研究用原子炉 JRR-3 から供給される中性子線を利用し、中性子散乱による共同利用実験装置を提供している。また、パルス中性子施設である J-PARC の物質・生命科学実験施設（MLF）においても、共同利用運営を行っている。

2. JRR-3、J-PARC MLF での共同利用支援

JRR-3 は東日本大震災以降停止状態であったが、2021 年 2 月より運転を再開しており、2023 年度の共同利用は 8 月から翌年の 3 月までの 7 サイクル（28 日/1 サイクル）行っている。技術職員の業務としては、特殊な試料環境機器の運転準備、実験時に発生する周辺機器の不具合対応等を行っている。具体的には、人力では運搬できない大型試料環境機器（極低温冷凍機や超電導電磁石等）を天井クレーンにて運搬することやヘリウムガス等の高圧ガスや液体窒素や液体ヘリウム等の寒剤の管理、不具合が生じた機器の修理や代替品の提供である。

また、装置共用の試料環境機器も多く所有しており、利用者の使用予定を取り纏め予定表を作成し、円滑に実験が行えるようにした。昨今ヘリウム価格は高騰しており、液体ヘリウムを使用する冷凍機や超電導電磁石に対しては、極力無駄が少なくなるようにスケジューリングを行った。

特に超電導磁石付き希釈冷凍機は、ヘリウム混合ガスラインのクリーニング等緻密な作業が必要となる。また、立ち上げや維持作業も相当な労力が掛かる。今年度は計 4 課題行い、寒剤（液体窒素や液体ヘリウム）の投入等の実験前準備や希釈冷凍機の冷却作業等を行った。

また MLF の BL12 において高分解能チョッパー分光器（HRC）を、高エネルギー加速器研究機構（KEK）と共同で建設し運営を行っている。技術職員の業務としては、実験試料を交換する際のクレーンによる試料環境機器の運搬作業、極低温（1K 以下）用ヘリウム 3 冷凍機や超電導マグネット等の特殊な試料環境



図 1：耐震補強工事後の JRR-3 全景
（JRR-3 ユーザーズオフィス HP より）



図 2, 3：電磁石付希釈冷凍機
（上：超電導電磁石付冷凍機、
下：希釈冷凍機インサートと電源）

機器の運転準備、実験時に発生する周辺機器やソフトウェアの不具合対応等を行っている。

2023年5月に超電導マグネットを用いた実験を計4課題、延べ26日行っており、寒剤（液体窒素や液体ヘリウム）の投入等の実験前準備や実験期間中の磁場や使用する寒剤の管理等を行った。

3. 装置や機器の整備、高度化

JRR-3 停止期間に、電源設備の更新や1K冷凍機のメンテナンス、ターボ分子ポンプの更新等の装置や機器の整備、高度化を行った。

C1-2 中性子小角散乱装置 (SANS-U) におけるコリメータ槽内のモーター修理のため、コリメータ槽遮蔽体の解体を行った。

T2-2 中性子4軸解析装置 (FONDER) に新たに2次元検出器 (2D-PSD) を導入した。検出器本体へ中性子検出器に必要なヘリウム3ガスを封入しなければならないが、本体にリークがあることが判明した。調査の結果、本体内のOリングの損傷がリークの原因と判断し、Oリングの交換作業を行った。希少で高価なヘリウム3ガスを封入する機器であり、わずかな塵埃も許されないため、JRR-3 ガイドホール内に簡易のクリーンブースを設置し、その中で作業を行った。

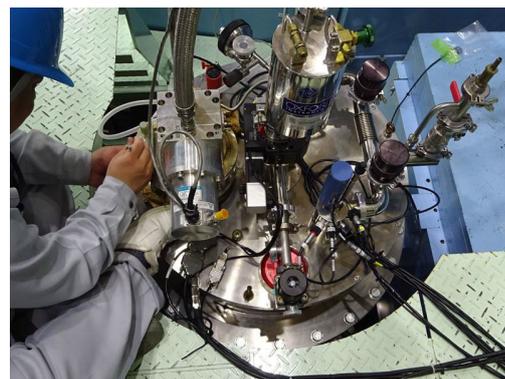


図4：超電導電磁石 (HRC)



図5, 6：SANS-U コリメータ槽解体



図7：2D-PSD



図8, 9：クリーンブースの設置

技術・業務レポート

量子物質ナノ構造ラボ・ナノスケール物性研究部門 橋本義昭

1. 今年度の主な業務

勝本研究室の閉室に伴い、2023 年度は量子物質ナノ構造ラボ(量子ナノラボ:Q-NanoLab)での業務がメインとなった。量子ナノラボは、研究所内外の研究者が新しく合成した物質や量子構造を加工し、素子動作などを調べるための実験装置を提供する所内共通施設として、2022 年 3 月 10 日よりスタートしている。本施設では、構造化・素子化・微細化から先端計測までを物性研究所内で一貫通貫して行うことを中心的なコンセプトとしており、加工や測定のための装置提供のみならず、ユーザーへのアドバイスや講習、加工試料の物性測定や、測定のための仲介なども行う。測定に関して言えば、当施設でも特に量子効果が顕著に現れる低温強磁場環境での電気伝導測定のための装置と技術を提供している。

また量子ナノラボの業務の他に、今年度はナノスケール物性研究部門橋坂研究室の実験室整備や装置の立ち上げ作業をサポートした。

2. 量子ナノラボ

2-1. 量子ナノラボの主な装置

量子ナノラボでは試料の加工や評価のための以下のような装置を所有、管理している。

- ・電子線リソグラフィー装置 (エリオニクス ELS7700)
- ・マスクレス露光装置 (ネオアーク PALET)ーフォトリソグラフィー用
- ・原子層堆積(ALD)装置 (SPLEAD CVD-M36)
- ・抵抗加熱蒸着、電子ビーム蒸着、イオンビームスパッタ蒸着などの各種蒸着装置
- ・ECR イオンエッチング装置 (エリオニクス EIS-200)ードライエッチング用
- ・集束イオンビーム(FIB)加工装置 (FEI Scios)ー現在の管理はナノスケール物性研究部門大谷研究室
- ・原子間力顕微鏡 (Bruker Innova)
- ・レーザー顕微鏡 (キーエンス VK-8500)
- ・酸素プラズマクリーナー (HARRICK PLASMA PDC-32G)
- ・アニール装置 (アルバック理工 MILA3000)
- ・超音波ボンダー (West Bond 7600C)

また、測定に関する以下の装置を提供している。

- ・Oxford トップロード型希釈冷凍機 + 15T マグネット
- ・Air Liquid 希釈冷凍機 + 12T マグネット
- ・GM 冷凍機 + 1T 回転マグネット

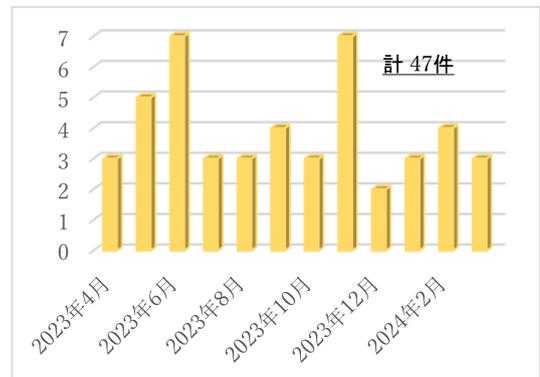


図 1. 加工等に関する相談件数 (2023 年度)

2-2. 加工に関する相談、装置利用者への講習

量子ナノラボでは所内、所外を問わず、試料の微細加工や測定に関する相談、装置の利用希望を随時受け付けている。利用相談は、量子ナノラボのホームページの Q-NanoLab 利用方法から利用相談のページを開き、フォームに概要を記入して送信してもらくと、我々スタッフに連絡が届くようになっている。装置利用を含む加工相談については、対面により詳細な内容を伺い、どのような加工が最善かをスタッフと共により検討してから装置利用に臨んでもらうようにしている。(今年度の相談件数は 47 件(図 1)。)

装置利用に関しては、所内の方は量子ナノラボにユーザー登録を行い、規定の講習(基本的には講師の説明・実演の見学(Step1)と講師の指導の下、自身で操作する(Step2)の 2 段階)を受講することで、各機器を自身で予約して使用できるようになる。また講習を修了した方には講師の資格が付与される。講習も Web ページから申し込むことができ、今のところ申請された方にその都度実施している。講習を受けた学生が卒業しても研究室内で装置の使用方法や技術が引き継げるよう、基本的には学生のみへの講習は行わず、研究室のスタッフにも同行してもらうようにしている。

所外の方が装置利用を希望する場合には、共同利用の申請を行っていただいたうえで講習を実施し、装置利用を認

めている。(今年度の講習実施回数は49回(図2)。)

2-3. 装置利用状況

今年度の量子ナノラボへの新規登録者数は18名。所内利用者は4部門9研究室にわたり、FIB装置を除く共用装置の使用回数合計は507回、利用時間のトータルは2,454時間であった。最も利用率の高い装置は電子線描画装置 ELS7700 であるが、装置トラブルにより2ヶ月間サービスが提供できない時期があったにもかかわらず、使用時間734時間と全体の3割を占める。次いでイオンビームスパッタ蒸着装置(2号機)が559時間と続くが、用途としては主にTi/Auなどの電極材料の蒸着に利用されている。量子ナノラボとして今年度は7件の共同利用を受け入れ、ECRイオンエッチング装置の利用の他、低温強磁場下での電気伝導測定や室温でのホール測定をサポートした。

大谷研究室が管理しているFIB装置については、量子ナノラボに2件の利用希望が寄せられ、取り次ぎを行った。FIB装置の利用状況はトータルで700時間使用されており、外部からも2件の利用があった。

図3にFIBを除く共用装置の2023年度の利用時間の年間推移を示す。これまで利用のなかった研究室からの微細加工に関する問い合わせも増えてきており、実際のナノラボ利用にも結び付いている。更なるラボ利用率の向上を目指していきたい。

2-4. 装置の保守

今年度、当施設の主力である電子線描画装置 ELS7700 に関して、ステージ位置が検出できず描画が実行できないという症状が発生した。ポジション検出に使用しているレーザーの出力不足が原因であったが、新品のレーザーへの交換は予算的に厳しく、メーカーとの交渉の末、新古品との交換で比較的安価に対応することができた。ただ、設置から20年以上経過している装置で、メーカーの方でもメンテナンスできる人員に限られるということで人員調整に難航し、復旧までおよそ2ヶ月かかってしまった点は反省点である。この間ご迷惑をかけてしまったユーザーの方にはお詫びしたい。大型装置の修理にはパーツといえどもそれなりの費用がかかるので、メンテナンスのための費用をプールしておくなど、計画的な運営を行っていくようにしたい。

その他、ロータリーポンプの故障やアニール装置の冷却水ラインの閉塞などのトラブルに対応した。また、しばらく停止していた装置の利用希望があり、再稼働のための整備やユーザー向けマニュアルの作成等を行った。さらに、前年のシールドルーム解体に伴い移設しておいた低温実験装置も運転できるよう立ち上げを行い、共同利用に対応した。

2-5. ナノラボの運営等

発足して2年目となったが、運営上まだ明確に規定していない部分もあるため、少しずつ運営ルールの整備を進めている。併せてユーザーが利用しやすいよう、研究室仕様から共通施設仕様へと実験室の環境も整えている。また、やや特殊な案件として、クリーンルームは大型装置を運転していたこともあって、これまで4スパンとも常時エアコンを運転していたが、研究室閉室に伴い一部の大型装置の運転を停止したことと節電の観点から、厳密な温度管理が必要な描画装置が設置されている1部屋のみを24時間運転とし、他の3部屋については平日22時から翌朝7時までと土日はエアコンを停止するようプログラムを変更したことを付け加えておく。引き続きユーザーが利用しやすい環境を整えていく所存なので、利用上の希望や意見があれば寄せてほしい。

3. その他

総合技術本部本部員(企画調整室室員) (2020.4~2024.3)
第5回東京大学技術発表会実行委員 (開催日 2024.3.18-19)
技術部委員 (2023.4~)

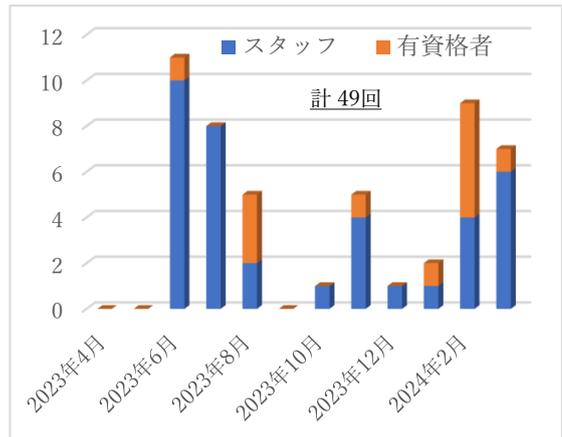


図2. 講習実施状況 (2023年度)

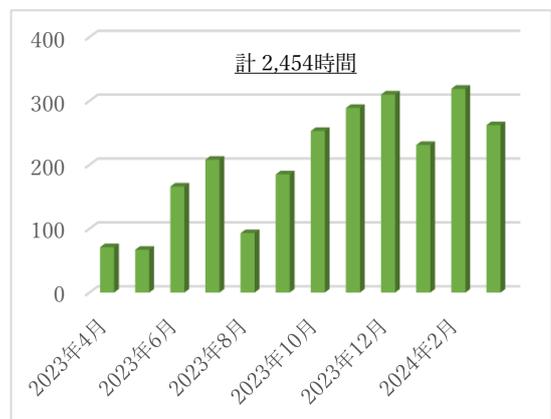


図3. 装置使用時間の年間推移 (2023年度)

令和5年度技術・業務レポート

放射線管理室 野澤清和

日常業務

放射線管理室及び放射線取扱主任者の業務として、放射線障害を防止するために放射線取扱者に対する部局講習等の教育や被ばく状況等の個人管理などを行っている。また、放射線管理室の放射線量測定及び所内のX線装置の登録申請並びにその漏洩線量の測定等を行っている。さらに、これらの管理業務等を行った結果について、監督官庁等に対して各種の届出を行っている。

今年度も全学の放射線管理等についての東京大学全体の会議として、放射線安全懇談会及びエックス線管理ワーキンググループに参加し、全学の放射線管理の現状の把握と共に、東京大学全体での放射線教育及び管理の将来構想について検討している。

通常業務

1. 個人管理

放射線管理室では、毎月放射線取扱者に対して個人線量計の配布と回収を行い、被ばく線量の管理を行っている。令和6年3月現在約200人が放射線取扱者として登録されており、その使用形態も様々である。

2. 法律等に基づく申請、報告等

(1) 「放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律」に基づく手続等

① 令和5年 6月13日 令和4年度放射線管理状況報告書

(2) 「電離放射線障害防止規則」関係

① エックス線装置の定期検査(令和5年6月2日～6月27日)

② 定期検査及び自主検査(令和5年12月1日～令和5年12月28日)

上記の検査を橋本光博氏と共に行っている。

3. 放射線取扱者の教育訓練

(1) 新規放射線取扱者の部局講習

内 容 物性研究所放射線障害予防規定の説明(40分)

放射線業務 安全取り扱いと被ばく(60分)

ビデオ「放射線の人体に与える影響」(20分)

以下、開催した日程を示す。

① 令和5年4月12日、② 令和5年4月24日、③ 令和5年5月10日、

④ 令和5年6月19日、⑤ 令和5年8月4日、⑥ 令和5年11月15日、

⑦令和6年1月17日、⑧令和6年1月31日

(2) 継続放射線取扱者の教育訓練

東京大学アイソトープ総合センター作成の再教育訓練資料(No.41)をネット上で配信し、回答をメールで受け取ることにより、受講を確認した。

内 容 1. 放射線発がんにおける組織炎症の関与についての考察

解説 がんの発生機序について

2. 内部被ばくの防護と線量評価
3. 放射性廃棄物処分に関する国内状況
4. エックス線発生装置の安全管理(2019 年度再教育資料再掲載)

臨時業務

- (1) 環境安全本部の全学放射線安全懇談会にメンバーとして参加
- (2) 環境安全本部の全学エックス線装置管理 WG にメンバーとして参加
- (3) 生産技術研究所柏地区エックス線装置漏洩検査（神子先生と共同）
- (4) 柏Ⅱキャンパスのエックス線装置漏洩線量測定（小林研）
- (5) 物質合成室のグローブボックスの清掃、点検、整備等を石井氏と行なった。
- (6) 第1会議室の有線マイクの増設（所長より要望、大木副事務長と共同）
- (7) 大講義室の無線マイクの増設（大木副事務長と共同）

安全衛生及び全学放射線管理

引き続き、物性研究所安全衛生委員として、委員会への出席している。また、環境安全本部主催の放射線安全懇談会、X線安全管理WG、放射線施設懇談会等に参加した。

柏Ⅱキャンパス安全衛生委員会にX線装置の専門家としてオブザーバー参加した。

技術・業務レポート

低温液化室 土屋 光、鷺山 玲子、清水 未来

1. 寒剤供給関係

令和5年度の寒剤供給状況、液化機の運転状況などを下記の表1、図1、表2に示す。

表1 令和5年度 寒剤供給量

	物 性 研	柏キャンパス内 の物性研以外	合 計
液体ヘリウム	109,786 L (115,194 L)	43,080 L (45,046 L)	152,866 L (160,240 L)
液体窒素	153,920 L (169,080 L)	4,596 L (10,729 L)	158,516 L (179,809 L)

※カッコ内は、令和4年度の供給量

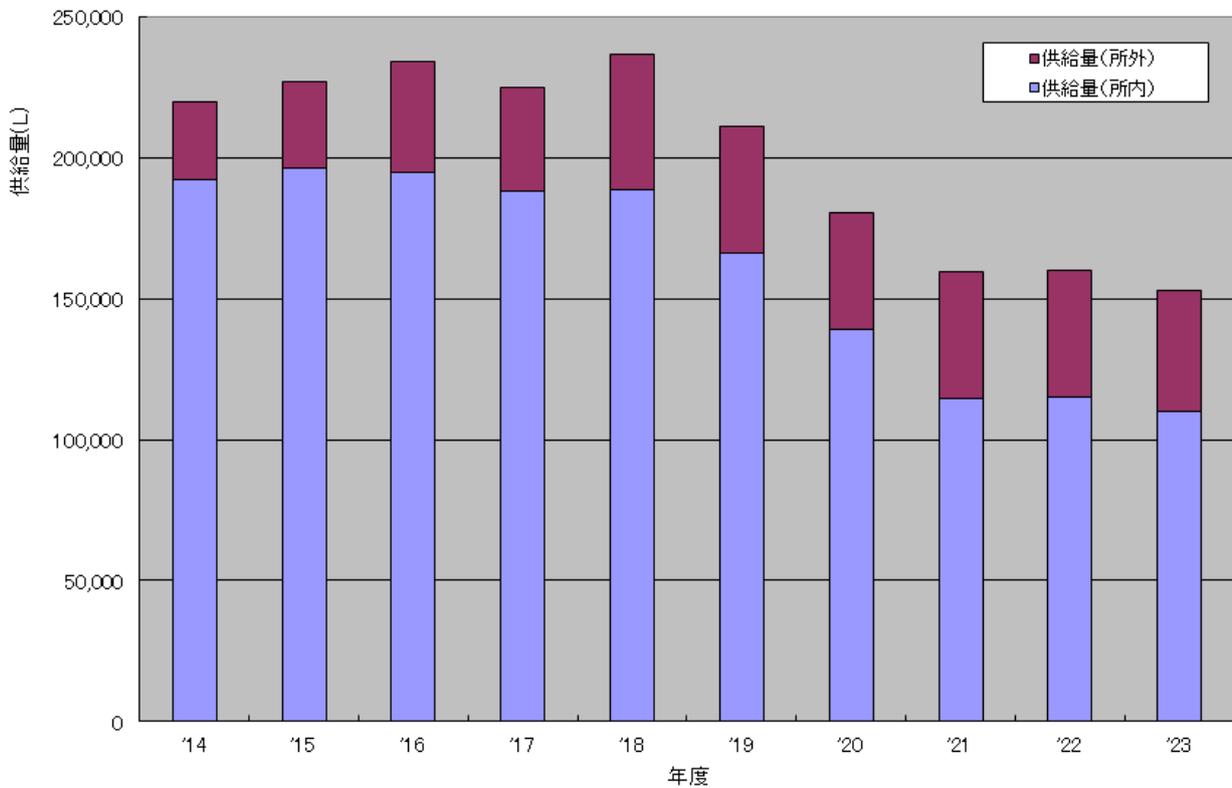


図1. 液体ヘリウム年度別供給量 (供給量=持出量-回収量)

表2 液化時間と供給量

	供 給 量	供給本数	液化時間	液化回数
令和5年度	152,866 L	2,060 本 (2,135 本)	1,407.9 時間	103 回
令和4年度	160,240 L	2,014 本 (2,104 本)	1,451.8 時間	112 回

※カッコ内は汲出本数。運転時間に WarmUp 運転等含まず。

2. 設備関係

[1] 水素混入への対応

LHe 容器の昇温・クリーン化作業を引き続き行うとともに、水素チェック済み LHe 容器の供給を希望する研究室用に、専用の検査器具を使った LHe 容器のチェックを継続して行っている。

○容器の昇温・クリーン化は、59 台完了(全容器の 2 分の 1 程度)。

○2023 年度の LHe 容器の水素チェックは、延べ 360 台ほど行った。

[2] 液化機 1 号機用圧縮機制御盤の更新

液化機システム 1 号機(TCF50 & 前川製圧縮機等)は、柏キャンパス移転当初に導入されたもので、設置から 20 年以上使用されている。使用している中で、様々な不具合が発生し、修理しながら使用してきたが、経年劣化や遠隔監視の導入などを考慮し、圧縮機の制御盤の更新を行った。



図 2. 液化機 1 号機用圧縮機制御盤 (左: 更新前、右: 更新後)

[3] ヘリウムガス回収配管でのトラブル(加温器異常)

大型の液体ヘリウム容器から研究室への供給用小分け容器に充填するシステムの一部に不具合が発生し、ヒーターの異常加熱により断熱材が炭化・発煙した。

原因は、回収ガス加温用のヒーターを制御している温度コントローラーと SSR の故障により、ヒーターの制御が適切に行われなかった為だと思われる。

原因特定後、ヘリウム回収加温器の修理(回路変更含む)及び、ヒーター・温度センサーの交換、断熱材のまき直し等を行った。

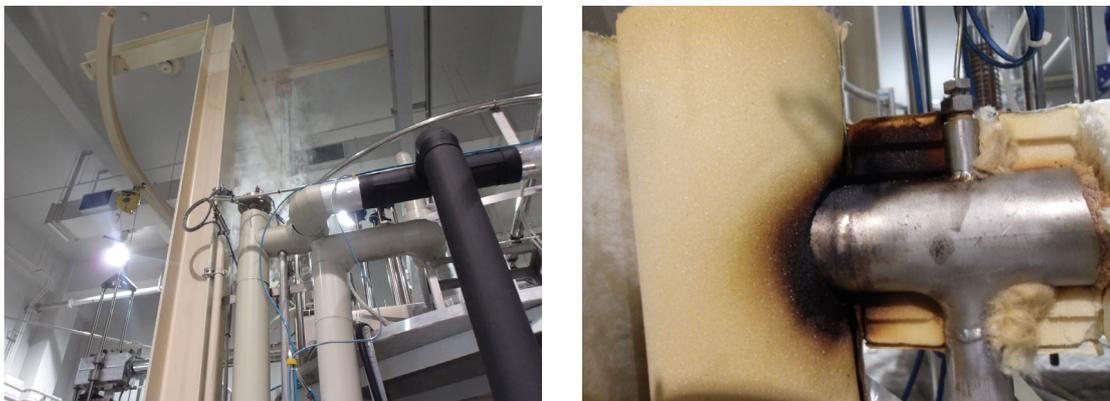


図 3. (左)トラブル発生時(発煙の様子) (右)断熱材の様子

3. 高圧ガス関係

① 定期自主検査など

高圧ガス設備の保安検査前検査（4月）及び定期自主検査（10月）を行った。

- ・4月の定期検査は業者に委託し、圧縮機（液化用、回収用 No.2）のオーバーホール、安全弁・圧力計の交換、各種気密検査、その他必要な検査、CE（液体窒素貯槽）の検査等を行った。
- ・10月の定期検査は液化室員が、液化機、圧縮機、長尺カードルなどの気密検査等を行った。また、業者に依頼し、CEの検査と回収用圧縮機 No.1 のオーバーホールを行った。

② 保安教育および液化室主催講習会等

例年行っている高圧ガス利用講習（新人教育）は、初心者向けの実習を行うので、対面で実施した。また、コロナ禍での感染対策として、定員を30名にしていたものを80名までふやした。

原則、経験者を対象としているオンライン講習も引き続き行っている。

従事者対象の保安教育等を行い、従事者の保安意識向上および知識向上に努めている。

③ 高圧ガスボンベ管理状況の確認

毎月行われている産業医巡視にあわせて行っていた、高圧ガスボンベの管理状況の確認（ボンベの固定状況、使用状況、管理状況（登録データとの照合）など）及び管理指導・取り扱い指導等については、人員不足等の理由により、研究室の責任で登録データとの照合を行うことになった。

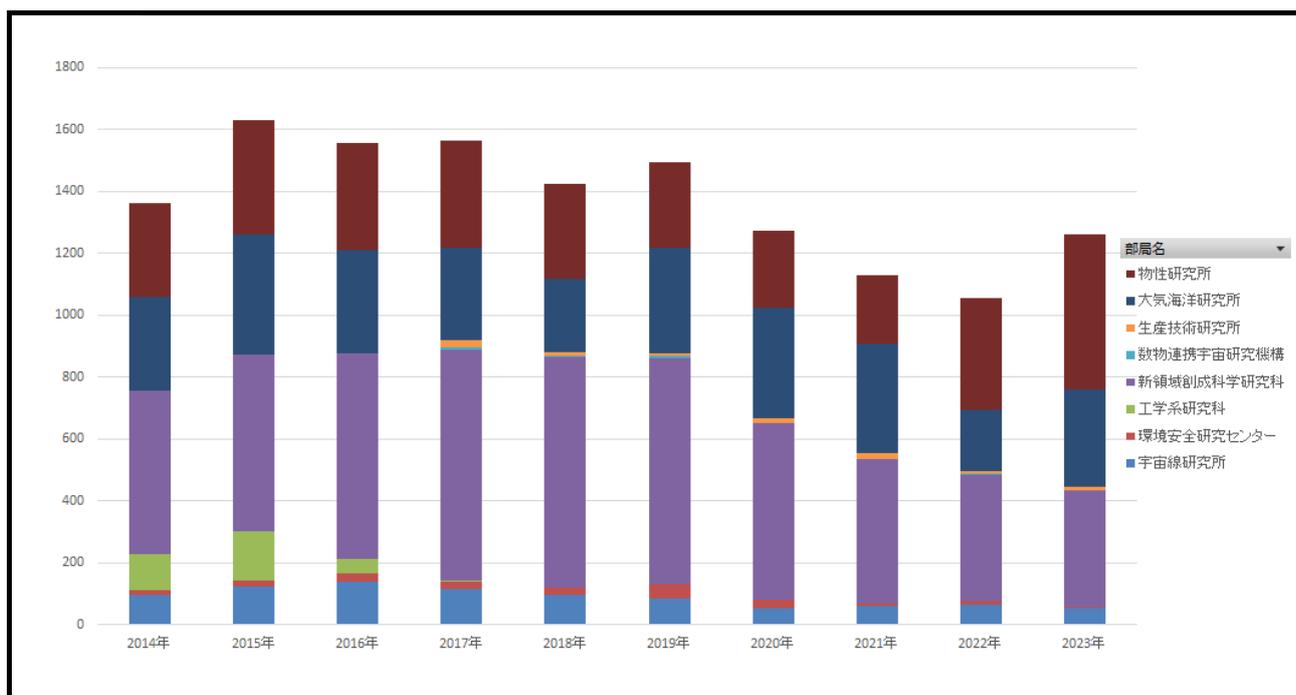


図4. ガスボンベ使用量の推移(年別・管理システム登録数)

④ 法対応など

- ・柏キャンパス内の高圧ガスに係る各種申請・看板整備等を行っている。

4. 広報活動など

ホームページなどを利用した各種情報提供、告知等を行った。

【ヘリウムガスの再液化事業(液化依頼)】

ガス関連企業1社から申請はあったが、実際に再液化を行うことはなかった。

表3 再液化事業実績

年度	申請件数(件)	再液化供給量(L)	供給本数(本)	容器サイズ
2020	1	156	2	100L
2021	5	8,079	49	50L~500L
2022	7	8,997	55	50L~1,000L
2023	1	0	0	---

- ・ガス持込形態：カードル、簡易カードル、バラ瓶、海外容器など
- ・ヘリウムサプライヤーが概ね窓口となり申請が行われた
- ・公的機関のユーザーが液体ヘリウムを入手することができ、セーフティーネットとして機能したと推測

5. 学会・研究会・研修などへの参加、技術職員研修の実施

- ・2023年度低温工学・超伝導学会秋季大会に鷺山が参加・口頭発表を行った。
- ・2023年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会に土屋、鷺山、清水が参加した。また、鷺山が「ヘリウムガス再液化事業概要」と題して口頭発表を行った。
- ・第5回東京大学技術発表会に土屋、鷺山、清水が参加した。
- ・鷺山が、前年度に引き続き低温工学・超伝導学会の環境・安全委員会委員に従事。

6. 2024年度の年間予定

2024年度も第1種製造所として義務づけられている定期検査、保安教育等を行うとともに、寒剤利用者及び作業従事者が安全に高圧ガスを利用できるよう適宜、教育・指導等を行っていく。

また、学会や研究会等へも積極的に参加(発表)し、様々な知識の習得に努める一方、技術や安全に関して、他機関との意見交換や情報共有などを積極的に行っていく予定である。