

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 | | | |
| | 橋本 義昭 | | 2 |
| | 浜田 雅之 | | 4 |
| | 飯盛 拓嗣 | | 6 |
| | 向井 孝三 | | 9 |
| 物質設計評価施設 | | | |
| 設計部 | | | |
| | 矢田 裕行 | 1 1 | |
| | 福田 毅哉 | 1 3 | |
| | 本山 裕一 | 1 5 | |
| 物質合成・評価部 | | | |
| | 後藤 弘匡 | 1 7 | |
| | 石井 梨恵子 | 1 9 | |
| 中性子科学研究施設 | | | |
| | 杉浦 良介 | 2 1 | |
| 国際超強磁場科学研究施設 | | | |
| | 松尾 晶 | 2 3 | |

極限コヒーレント光科学研究センター

金井 輝人 2 5

軌道放射物性研究施設

原沢 あゆみ 2 6

放射線管理室

野澤 清和 2 8

低温液化室

土屋 光、鷺山 玲子、清水 未来 3 0

技術・業務レポート提出技術職員数 1 7名

(技術職員総数(元技術職員 含む) 3 0名)

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

はじめに

2023年度から技術部長の立場となり、技術部委員長から依頼を受け、僭越ながら巻頭言を書かせていただいています。この巻頭言を書いている7月時点で、この3年半ほどの期間の様々な行動制限が世界的にほぼ撤廃され、研究活動もパンデミック以前の水準に概ね戻りました。振り返れば2022年は、いかに以前の生活・行動様式を取り戻すかの手探りの年であった様に思います。以前と異なるのは、引き続き感染予防に留意することに加えて、この約3年間で、期せずしてオンラインコミュニケーションツールが爆発的に普及し、世界中の人と空間を越えて擬似的に出会える様になったこと。IoTやAIの研究も合わせても加速された感があり、情報技術の重要性は益々高くなったと言えます。物性研究所のような理系研究機関において技術の開発・維持・普及促進は言うまでもなく重要ですが、さらに広くは、安定した技術基盤が社会活動全般を支えており、技術水準の発展・向上が豊かな未来社会の創造に欠かせません。

かなり昔の話になりますが、私は学部4年生から博士3年までの6年間に東北大学の金属材料研究所（金研）で過ごし、学部の卒業研究のテーマは装置づくりだったため、院試の終わった夏以降は毎日、金研の附属工場に行き、技術職員の方々に教えてもらいながらフライス盤やボール盤を中心とした機械工作に明け暮れていました。なんでもない素朴な角板部品でも高精度でつくるには気を使う箇所が多々あり、見るのと実際つくるのは大違い。この基本的なことを肌身で感じたことは、その後の自身の研究人生に少なからず影響を及ぼしました。実験では一つの部品の精度で結果の良し悪し（信頼性）が決まり、その腕の良さでこそ見いだせる発見があります。優れた技術は、研究はもちろん人や社会に発展的影響を与え、また、さらには究極の技は芸術的でもあります。

この技術・業務レポートは、技術系職員のみなさまの活動報告がまとめられており、以前のレポートを拝見すると、研究そのもの（物性研究）、技術開発、研究環境整備、トラブルシューティング、共同利用サポート、技術交流（研修や勉強会）、教育、など、極めて多彩です。技術は普及し継承されてこそ、さらなる発展があるため、何らかの形で記録を残すことの意義は大きいです。研究所内での、また、他機関との交流においても、このような活動記録は重要な役割を果たします。是非とも積極的に記事を投稿頂き、今後、ますます充実した技術・業務レポートになっていくことを期待します。

2023年 9月 吉日
物性研究所副所長
技術部長
松田 康弘

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) 旧小森研の装置・設備の移設

ナノスケール物性研究部門で管理していた A162 号室と A164 号室が 2023 年度から機能物性研究グループ・林研究室の実験室として使用することになったため、ナノスケール物性研究部門の実験器具等を A162、A164 号室から地下の A038、A039 号室に移動させ、A162、A164 号室の原状復帰を行った。A164 号室は主に表面光磁気 Kerr 効果 (SMOKE) を測定するための超高真空 (UHV) チャンバーやチタンサファイアレーザー [1] が置かれていたが、SMOKE 用チャンバーは東工大に移設済みである。A164 号室の真空装置等や実験機、戸棚などやレーザー及び除振台を A039 号室へ移設した。A162 号室は光電子分光 (PES) 測定をするための UHV チャンバーと実験で使う簡単な金属部品や電子回路等を作製する機器や材料等を保管していた。PES 装置等を含めて戸棚や机や様々な工具、材料、部品等を A038 号室へ搬入した。PES の UHV 装置は、特に振動を嫌うターボ分子ポンプやサンプルマニピレーターをチャンバーから取り外して、真空に封じきりにして移設を行った。そのため、本館北西側の最寄りのエレベーターを使用して 1 階から地下へ移動ができたために、室外を通過して PES 装置本体を移動させる必要がなくなり、可能な限り振動を与えることなく搬出・搬入ができた。A162、A164 号室の什器や実験装置などを搬出し、実験用の配管やケーブルを取り外した後に、実験室の清掃と床のワックスがけなどを行った。

A038 号室は、名古屋大学に旧小森研 UHV 装置を搬出した際に、配電盤の電源ケーブル等も外してしまっていたので、移設後に A162 号室で使っていた電源ケーブルを取り付けて PES 装置の真空排気を行った。移動による振動等で真空リークが起こることを心配していたが、装置の再組立て後にも、チャンバーの真空漏れは見られず、超高真空で PES チャンバーを立ち上げることができた。配電盤から実験装置のコントローラを取り付けたラックまでの電源ケーブルは、実験室の壁に沿って設置してあるケーブルラックを使用して配線し、ラックのコントローラ装置からチャンバーの実験装置までは手作りのアングルラックを使用して、上部からケーブルを接続するようにした。以前は、装置の近くにケーブル等が床に巻いたままになっていたが、それらの多くを頭上から装置へ接続させることで装置周りの作業環境が安全になった(図 1)。なお、装置の立ち上げと実験室の整理作業は現在も継続中である。

反省点としては、不要なものまで移設し、移設した後に廃棄したり新しく作り直したりして、無駄な手間をかけたことがある。理由としては、PES 装置の共同利用が例年より多く、2 月まで PES 装置が稼働していたので廃棄のための選定する作業が遅れたため、移設準備や作業の開始が遅くなってしまったことによる。また、ケーブルや機器について、移設後のラック等の配置が変わって、以前のものが使えなかったりして廃棄したり作り直すことがあった。

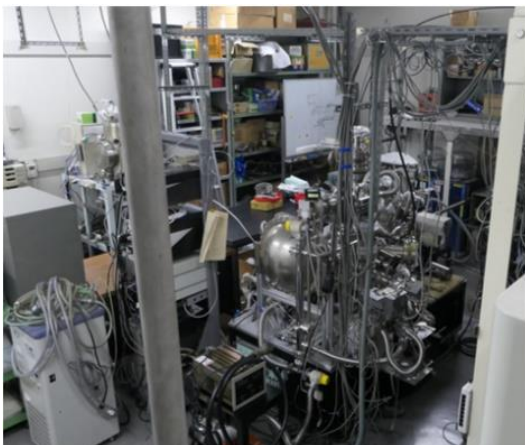


図 1 A039 号室に移設後の PES 装置。電源ケーブルやラックからのコントローラケーブルは、アングルで作成したケーブルラックで頭上を通して、真空及び測定装置に接続している。(2023 年 4 月時点の PES 装置周辺)

移設作業に当たっては、松田(巖)研究室の方々やナノスケール物性研究部門の方々、特に部門主任のリップマー・ミック教授には物品の搬出・搬入や実験室のクリーニング作業をお手伝いいただき、感謝しています。

(2) 共同利用実験(粉末試料の光電子分光測定)

これまでは、主に固体表面、あるいは薄膜試料の角度分解光電子分光 (ARPES) や X 線光電子分光 (XPS) 測定を主に行っていたが、共同研究で触媒粉末試料の XPS 測定を行いたいという依頼があった。PES 装置自体が UHV 環境下で測定するために、粉末試料を測定しことがなかったので、トライ & エラーで試しながら測定を行った。以下では、うまく測定ができなかった事例も含めて記載する。

比較のために、装置の構造と一般的に固体表面試料の PES 測定方法を簡単に記す(図 2)。PES 装置は、エントリー、準備、測定チャンバーの 3 つのチャンバーからなり、エントリーチャンバーと準備チャンバー、準備チャンバーと測定チャンバーの間が各々バルブで隔てられており、バルブを開くことによりチャンバー間の試料の移送が可能になっている。まず、エントリーチャンバーに試料を大気中から導入し、高真空状態まで真空引きをする。その後、準備チャンバーに試料を移して、表面の清浄化(加熱とスパッタリング)や薄膜蒸着を行い、測定チャンバーに試料を移したのちに UHV 状態で測定を行う。また、装置の構造上試料は鉛直に置いた試料ホルダーに固定する必要があるため、粉末試料はそのままでは測定できない。そこで、走査電子顕微鏡の測定で試料固定に用いられる導電性カーボン両面テープ[2]と導電性カーボンペースト[3]による粉末試料固定を試してみた。(その他にも、In などの柔らかい金属箔に粉末に強い圧力で押し付けて固定する手法もある。[4])

まず、試料を導電性カーボンテープ (Cat. No. 731 と Cat. No. 732) で固定することを考え、テープのみをホルダーに張り付けた状態で XPS 測定チャンバーに導入し X 線の照射を試みたが、どちらのテープにおいても X 線を照射し始めた段階で、真空が極端に悪くなったため、測定を中止した。図 3 の写真の下側のテープから、X 線の照射により多くの穴が開いており、テープの成分が揮発したことがわかる。ガスの放出が多いことや成分揮発により粘着性が弱まり粉末試料が多くチャンバー内に落下する危険性があると考えて、カーボンテープの使用は中止した。

そこで、カーボンペースト (EM-Tech 社製 C-30) [3] の XPS 測定を試してみたところ、カーボンテープのような脱ガス等の問題は見られなかった。図 4 の (a) は Ta 箔の短冊の上に、粉末試料を練りこんだカーボンペーストを塗布した写真であり、黒い部分がカーボンペースト+粉末試料である。試料はエントリーチャンバーに導入して脱ガスが収まるまで 1 日待って準備チャンバーに移送して、加熱による清浄化(脱ガス)ができない粉末試料は、 5×10^{-10} Torr 程度になるまで、約 1 日待ってから測定チャンバーに移送し XPS 測定を行った。図 4 の (b) の赤い実線は、(a) の試料の Mg 光源を用いた XPS 測定の結果である。青い点線は、比較のために銅の短冊にカーボンペーストのみをより広い範囲で塗布した試料の XPS 測定結果である。カーボンペーストからは主に C と O のスペクトルのみ(点線)がみられ、実線では基板の Ta のスペクトルと粉末試料中の微弱な Ni のスペクトルがみられるが、広い範囲で試料を塗布すれば、基板からのシグナルはなくなることが分かった。また、このことは練りこんだ試料からは光電子信号が得られなくなりカーボンペーストの外側に露出している試料からのみ試料のシグナルが得られることも示している。そこで、まず、カーボンペーストを基板に塗り粉末試料を全面に十分に振りかけ、上から押し付けて乾燥させたのちに、接着が弱い試料を振り落として試料を準備したところ、粉末試料に含まれる金属成分からのシグナルが実線のスペクトルに比べ数倍大きくなった。

試料準備の視点からカーボンテープとカーボンペーストを比較すると、カーボンペーストは、60°C 程度で 1 時間加熱して固化させるか、加熱ができない試料について室温で 24 時間待つ必要があるため [5]、カーボンテープの簡便さに比べると、取り扱いに煩雑さがあった。また、カーボンペーストは、真空に導入する前に接着の弱い粉末を振り落としても、UHV 中で試料搬送中に粉末の一部が落下することによって真空が悪化したり、バルブに落下してバルブを閉じた際の密閉度を下げってしまうなどの問題があった。

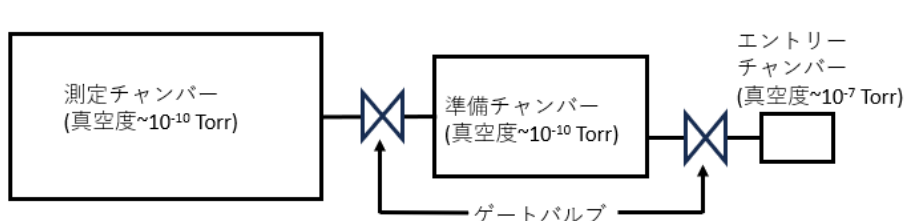


図2 PES装置の模式図。試料の清浄化準備チャンパーと測定を行う測定チャンパーは、UHV環境になっている。

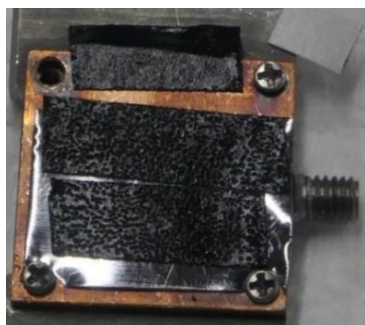


図3 日新EM社製伝導性カーボン両面テープ (Cat. No. 732) を試料ホルダーに固定した写真。下側の2枚がUHV下で弱いX線を照射した後のテープで、多数の気泡のような穴が全面にできている。比較のために上側にテープ(X線を照射していない)を新しく張った。真空上の問題などから、カーボンテープは測定に使用しなかった。

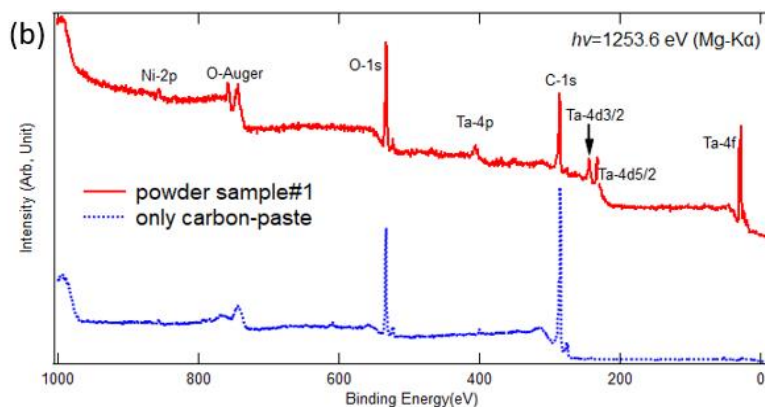
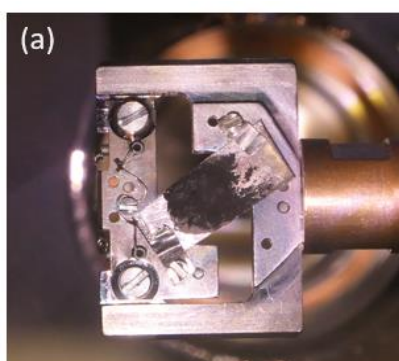


図4 カーボンペーストを使ったXPS測定。(a) 粉末試料をカーボンペーストに練りこんだペーストをTa箔に塗布し、固定した試料の写真。黒い部分が試料とカーボンペースト。(b) XPS測定で得られたスペクトル。赤い実線は(a)の試料を広いエネルギー範囲をXPS測定したスペクトル。試料に含まれるNiのシグナルがみられる。青い点線は、カーボンペーストのみのXPSシグナル。

[参考文献と関連URL]

- [1] スペクトラフィジックス社製 Tsunami 超短パルスチタンサファイア発振器 (<https://www.spectra-physics.com/ja/f/tsunami-ultrafast-oscillator>)
- [2] 日新EM社製 Cat. No. 732, カーボン厚さ: 0.11mm, 基材: アルミ、Cat. No. 731, カーボン厚さ: 0.09mm, 基材: 不織布。日新EM株式会社 (<https://www.nisshin-em.co.jp/>) から購入可能。
- [3] EM-Tec社製 導電性接着剤: C30(ウォーターベース 20%カーボンペースト)。エルミネット株式会社 (<https://www.elminet.co.jp/>) より購入可能。
- [4] 田口ら, 分析化学, **69**, 639 (2020)、中西, 軟X線領域のXAFS測定 (http://www.icc.sk.ritsumeai.ac.jp/xafs_summer2017/data/XAFS_nakanishi1.pdf) (2017年XAFS夏の学校資料)。
- [5] EM-Tec 導電性接着剤技術資料 (<https://www.elminet.co.jp/2015%20Catalogue%201/EM%20Tec%20paint%201904A%20C38%20change3.pdf>)

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・保守管理と超高真空装置を用いた実験・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）や高輝度光科学研究センター大型放射光施設（SPring-8）で放射光を用いた実験を行った。

実験・研究以外の業務として、2022年度は物性研究所技術部委員および技術部運営委員に選任され技術部の活動を行なった。

ここでは、2022年度に行った主な実験・業務について紹介する。

SPring-8 東大アウトステーション BL07LSU での雰囲気光電子分光 (AP-XPS) 装置を用いたオペランド観測

SPring-8 BL07LSU 東大アウトステーションの装置群は、2022年度後期から量子科学技術研究開発機構が建設する高輝度放射光施設ナノテラスへ移設予定のため、雰囲気光電子分光実験は2022年度前期のみとなった。ここでは、私が参加した AP-XPS 装置を用いた主な実験を紹介する。

(1) 二硫化モリブデン (MoS_2) エッジ面での触媒反応

MoS_2 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 MoS_2 を基底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なってきた。水 (H_2O) との反応は水素発生電極や光触媒の観点から重要であると考え、2022年度では、 H_2O 雰囲気中におけるエッジ面あるいは基底面と H_2O との反応性の違いを調べた。なお、本実験は吉信研究室博士課程1年（当時）尾崎文彦氏の主導で行われた。

(2) Cu(111) 清浄面と単原子合金 Cu(111) 面における雰囲気光電子分光

Cu は CO_2 と H_2 からのメタノール合成反応の触媒に用いられており、Cu 単結晶表面をモデル触媒として研究が行われてきた。これまで、吉信研究室では異なる面指数や蒸着する金属種を変えた Cu 表面での CO_2+H_2 の反応について研究してきた。

2022年度では、Pd/Cu(111) 単原子合金表面を作製し、 CO_2+H_2 雰囲気中での AP-XPS 測定と四重極質量分析装置 (QMS) による生成物の観測を行った。また、対照実験として Cu(111) 清浄表面で同様の実験を行なった。なお、本実験は特任研究員長田渉氏の主導で行われた。

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 に準常設装置として光電子分光装置を設置し、超高真空条件下での放射光を用いた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ビームライン常設装置 (SES200) を利用した実験も行なってきた。ここでは、2022年度に KEK-PF で行なった主な実験を紹介する。

(1) コバルト蒸着 MoS_2 エッジ面の電子状態

Co-Mo 硫化物触媒は MoS_2 エッジにみられる活性を向上させることが知られている。そこで、本実験ではレーザー切断によって作製した MoS_2 エッジ面にコバルトを蒸着させ、その電子状態について SES200 を使い放射光を用いた光電子分光で明らかにすることを目的に行なった。また、対照実験として Co 蒸着 MoS_2 ベーサル面での測定も行なった。なお、本実験は吉信研究室博士課程1年（当時）尾崎文彦氏の主導で行われた。

(2) In 蒸着 CuPd 合金表面での反応

CuPd 合金の表面に In を蒸着後、 CO_2 雰囲気あるいは CO_2+H_2 雰囲気に曝し、ガス排気後に SES200 による光

電子分光測定で安定な表面吸着種の観測を試みた。なお、本実験は特任研究員長田渉氏の主導で行われた。

実験で起こったトラブル

高分解能電子エネルギー損失分光 (HREELS) 装置で起きたトラブルについて紹介する。

この装置は、試料の清浄化や分子吸着などを行う準備槽と HREELS 測定用真空槽にゲートバルブにより分離されている。準備槽と測定槽間の試料の移動は、先端にサンプルホルダーを取り付けたトランスファーロッドにより行う。この時、口径が狭くなるゲートバルブや真空槽の壁面にサンプルホルダーが接触しないようにするため、正しい位置でトランスファーロッドを移動する必要がある。昨年度起きたトラブルでは、実験者（学生・博士課程1年）が正しい位置を確認せずに移動行ったことが主原因であった。また、衝突箇所が目視で確認できない場所であったことも一因と考えられる。これらの原因により、サンプルホルダーが測定槽内で衝突し大きく歪曲した。



図 衝突後の歪曲したサンプルホルダー

吉信所員の指導の元、歪曲したサンプルホルダーをトランスファーロッドから解体・分離し、万力などを使って元に近い状態にまで修正した。洗浄後、サンプルホルダーを取り付け、必要な配線などを行ない、真空槽へ再度取り付けた。衝突によるトランスファーロッドの溶接部分のリークも心配されたが、幸いなことに今回の事故でリークはなかった。

再発防止策としては、(1)常にマニュアルで作業手順を確認する、(2)実験を行うときは無理な計画を立てない、(3)体調がすぐれないときや疲労がたまっているときは集中力が低下するので、十分休養をとる、などが考えられる。

その他

2022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。

2022 年度業務レポート

物質設計評価施設 大型計算機室・情報技術室 矢田裕行

スーパーコンピュータの運用を行う物質設計評価施設設計部 大型計算機に所属し、全国共同利用を含む運用業務を行っている。また、物性研所内のネットワークおよびサーバ等の運用を行う情報技術室にも所属し、運用やユーザサポートなどの業務を行っている。2022 年度において、定常的でない業務として関わったものを以下に列挙する。

UTokyo WiFi の整備

情報システム本部の事業により全学で無線 LAN アクセスポイントの整備が行われることとなった。物性研では柏地区および東海分室を対象として整備が行われた。これによって東京大学共通アカウントで使用できる UTokyo WiFi と学外者の利用できる eduroam が、物性研のほとんどの場所で利用できるようになった。

本部との調整および所内柏地区の工事個所の日程調整や開錠など、実務に関しては事務部総務係の佐々木事務職員に全面的に引き受けていただいた。東海分室については、現地で勤務している中性子科学研究施設の浅見技術専門職員に対応をおねがいをした。

柏移転が行われてから 20 年以上が経過している。その間に様々な追加工事が行われていたり、設備の老朽化がみられる場所も存在していた。特に普段立ち入らない区画のケーブルや光ファイバの状況を視認することができたのは大きな収穫であった。今回の工事で得られた情報は、今後の所内ネットワークの運用に役立てていきたい。

また E 棟に関してはシングルモードの光ファイバが敷設されておらず、2022 年度内の工事では暫定的にマルチモードでの接続を行った。シングルモードの敷設および切り替え作業は 2023 年度に入ってから実施されている。

事務部ネットワーク・NAS 更新

事務部大木副事務長の主導によって、2 階事務室のネットワークが全面的に更新された。床下の電源及びネットワーク配線が複数回の増設により錯綜していたものを、すべて新しく敷設し直したものである。またエッジスイッチの更新も行い、不要な設定を排除してネットワーク構成をシンプルなものとした。

これにあわせて、業務用 NAS の更新も行った。従来は事務部の業務用 NAS と所員会など研究部門との情報共有に使用する NAS で別の機材を使用していた。新機材では細かくアカウントの権限を設定できる機種を選定し、両者を統合した。ファイルの所在が一元化されたため用務に応じてアクセス先を変更する必要がなくなるなど、更新後はユーザの業務手順が簡略化された。バックアップについてもスナップショットを従来より細かく取得することができるようになり、データ喪失のリスクを減少させることができた。またスナップショットを保持する期間についても細かく設定を行い、効率よくいろいろな世代のバックアップを保持できるよう心がけた。バックアップデータからの復元を利用者からの要望により何度か実施しているが、以前のシステムより容易かつ早く対応できているように思う。

事務部の VPN についても暫定運用していた機材を停止し、物性研研究部門で使用している VPN と機材を共用するように構成変更を行った。ネットワークと NAS の構成変更とあわせて、個別の機材を用いるよりも効率的な運用を行えるようになった。

研究会・講演会などのハイブリッド開催

2022 年度には感染対策が幾分か緩和され、講演会や研究会などについて現地での参加ができるようになってきた。一方で、オンラインで開催することにより遠隔地からも参加しやすくなる利便性もあるため、ハイブリッドによる開催で両者のよいところをそれぞれ取り入れたいという要望が多くなった。それぞれの研究会・講演会に対して所有物品の貸し出しや現地での設定などの面で協力を行った。

以前より研究会などの臨時的イベントでしばしば利用される物品については情報技術室で保有し、随時貸し出しを行っている。加えて、ハイブリッド開催が行われるようになって新たに必要とされるようになった物品についても必要性の高いものについては増備するように心がけた。

設備の面でもセミナー室、講義室、会議室などで UTokyo WiFi が増設されたほか、ネットワーク設備の補強を行い安定した環境で開催ができるよう整備を行った。

技術部

2019 年度から 2022 年度まで技術部委員として技術部の運営に携わってきた。今年度で任期終了となるため、次に選出された委員に引き継ぎを行った。

総合技術本部からホームページの管理について委嘱を受け、総合技術本部幹事からの指示に基づいてホームページの更新などの実務を担当した。

令和4年度 技術・業務レポート

物質設計評価施設 福田 毅哉

令和4年度も、全国の物性研究者向けの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。残念ながら新型コロナウイルス感染症の収束は見られず、前年度に引き続きオンラインでのコミュニケーションを重視した勤務が継続している。本レポートでは、業務のうち、一般公開委員として関わった「Gather.townを利用した一般公開」と、大型計算機室で担当した「スパコンアクティビティレポート」について報告する。（ストックルームについても書きたかったが、ページが足りないので割愛）

1. Gather.town を利用した一般公開

物性研究所では、毎年秋に一般公開を開催している。私が所属する大型計算機室や情報技術室では、スパコンの見学やドローンを用いたプログラム体験などを行ってきた。

令和4年度は、一般公開委員に任命され、開催形態の検討にも参加することとなった。新型コロナウイルス感染症は未だ収束する兆しを見せず、感染防止の観点からバーチャル空間での開催について議論された。いくつかバーチャル空間を用いたサービスを検討した結果、Gather というコミュニケーションサービスを利用することとなった。そのバーチャル空間の設定と運用を担当した。



Gather とは

左の画像のように、昔ファミコンで遊んだようなドット絵のRPG風マップの中を、アバターで自由に移動して、他のアバターとコミュニケーションをとるwebサービスの名称。zoomのようなビデオ会議の機能も一通り備わっており、バーチャルオフィスとして使われたり、学会や研究会のイベントに用いられたりしている。

図1: Gather 表示例

物性研究所一般公開では、Gatherの設定と運用に以下のような工夫をした。

- ・ 普段の物性研究所一般公開と同様に、本館6階を展示フロアとし、1階の受付を通して6階へ進むようにした。(低層棟などは再現できなかった)
- ・ 会場が広いため、簡単に移動できるワープポイントを複数用意した。
- ・ Gatherの使い方がわかる動画を作成しYouTubeに載せた。(福田将大助教による解説。)
- ・ Gatherの使い方がわかるマニュアルを作成した。
- ・ 使い方がわからない場合は、インフォメーションの場所で大学院生さんに聞けるようにした。
- ・ ライブ配信は、YouTubeでも視聴できるようにした。
- ・ ライブ配信部屋は、その部屋の中のみで声が届くプライベートエリア設定をした。
- ・ 物性研6階には電子ピアノが置いてあるが、Gather会場でもピアノを演奏できるようにした。
- ・ 説明や議論に用いるために、ホワイトボードを設置した。
- ・ 近づいて「X」を押すと、ポスターや映像が見られたり、物性犬をなでたりできるようにした。

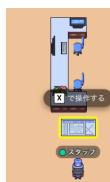


図2: X で操作する



図3: ポスター表示例

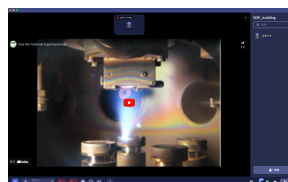


図4: 映像表示例

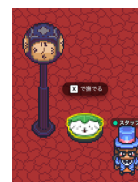


図5: 物性犬をなでる

苦労したのは、以下のような点である。

- ・ポスターや映像などの展示資料が前日の夜まで集まらず、会場の設定に遅くまでかかってしまった。
- ・ライブ配信のリハーサルが、なかなか予定通りに進められなかった。
- ・ライブ配信のスケジュールが詰まっており、次のライブ配信用にリンクを書き換えても、Gatherに反映されるのに少し時間を要するので、間に合うかヤキモキしてしまった。

さまざまなことがあったが、多くの方の協力を得て¹、Gather.town の設定と運用も問題なく行うことができ、一般公開も無事に開催された。みなさまに感謝申し上げます。（反省点を挙げるとすれば、物性研の関係者も、来場者の方々も、もう少しGatherに慣れてもらうことができたら、一般公開をもっと楽しく過ごしてもらうことができたように思われる。次の機会があれば、所内については、セミナーや研究室の集まりで使ってもらえるなど、徐々に慣れてもらえるように取り組みたい。）



図6: 物性研究所本館1階（一部）



図7: 物性研究所本館6階（大型計算機室付近）

2. 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成果を上げている。新型コロナウイルス感染症の拡大により、人々のふれあいが抑制され、共同利用は多大な影響を受けた。しかし、スパコン共同利用は元々リモートで行われているため、その影響を受けにくい。そのため、新型コロナウイルス感染症の時代にもかかわらず、今までと同様に成果を上げ続けている。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、令和4年度には、15件の博士論文、55件の修士論文も生み出されている。

それらの成果をまとめたアクティビティレポートを、毎年発行している。現在は野口所員が中心となって編集が行われており、私は、そこで使用される成果報告の収集や関連するユーザ対応、掲載する各種統計情報の作成を担当²している。報告期間中には、令和3年度に行われた物性研スパコンを用い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。（本レポートが公表される頃には、令和4年度分も公開されている予定である。）

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/>

¹ スパコン助教の福田将大さんには、Gatherの会場デザインや解説動画の作成など多くの面でご協力いただきました。2人でいるいる試すことができたおかげで、なんとか無事に開催できました。ご協力くださり有難うございます。

² 私の担当は、スーパーコンピュータ全国共同利用に関する成果の収集。スーパーコンピュータ共用事業については、スパコン助教の井戸康太さんが担当されている。

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

2022年4月1日付けで物質設計評価施設・大型計算機室の技術専門職員として着任した。現在の主な通常業務は、ソフトウェア開発・高度化プロジェクトに従事し、国内の物性ソフトウェアの開発・保守をおこなうことおよび物性研スパコンでの提供である。ソフトウェア開発・高度化プロジェクト自体は2015年度から始まっていたが、技術・業務レポートに登場するのは初めてのことと思われるので、本稿では日常業務の報告として、本プロジェクトについて紹介したい。

ソフトウェア開発・高度化プロジェクト (PASUMS) について

物性研究所はスーパーコンピュータ (スパコン) を所持し、1995年からは全国共同利用の一環として国内の物性関連研究者に (無料で) 提供してきた。近年のスパコンは非常に多くの計算機 (計算ノード) をネットワークでつなぎ合わせ、並列動作させることで高速化・高性能化を実現しており、物性研スパコンも大規模並列機である (現システム B (ohtaka) ではユーザが最大で同時に $144nodes * 128cores/node = 18432cores$ を利用可能)。提供されているスパコンを実際に研究に用いるためには、何かを計算するためのソフトウェアが必要となる。物性物理分野では研究者個人や研究室などの小規模グループが独自に開発しているケースが多く、開発者が使える時間が多忙化により減るとともに、プログラムの並列化対応や、日々進化する計算手法へのキャッチアップなどへの対応が難しくなっていくこともまた少なくない。また近年は実験研究者が実験結果と理論との比較やデータ解析のためにスパコンを使うことも増えてきており、最先端の理論・手法を実装した、使いやすいソフトウェアが望まれている。

こうした背景をうけ、物性研大型計算機室 (スパコンセンター) では2015年よりソフトウェア開発・高度化プロジェクト (Project for Advancement of Software Usability in Materials Science, PASUMS) をスタートした (<https://www.pasums.issp.u-tokyo.ac.jp/>)。本プロジェクトは学術的・社会的ニーズが高い物質科学計算用ソフトウェアの開発・高度化と公開・広報を支援し、同時に物性研スパコン上で利用者に提供することで、物性物理コミュニティ自体の発展と物性研全国共同利用スパコンユーザー層の拡大を目的とする。支援対象ソフトウェアは全国の大学・国公立研究機関に所属する物性科学研究者 (共同利用スパコンの課題代表者の資格と同様) から公募し、共同利用スパコン委員会による審査を経て、年に1-2件を採択している。

メインとなる高度化内容は既存ソフトウェアのユーザビリティ向上、たとえば入出力方法の整備や、ユーザ向けのドキュメント作成 (マニュアルやチュートリアル作成) である。幅広い模型や物質の様々な物理量を簡単な入力ファイルで計算できるようになる。チュートリアルを作成し、ユーザが具体的な問題を解けるように誘導することで、興味を持ったユーザを取りこぼさないことも重要である。ユーザビリティ向上の他に、並列化や高速化を含めた、新手法・新機能の追加を行うこともある。このプロジェクトでは共同研究が主な目的ではないため、あくまで既存・既知の手法・機能がメインである。

ソフトウェアは一度作れば終わりということではなく、改善やメンテナンスが必要となる。たとえすべての機能をバグなく実装し、完全なインターフェースとマニュアルを備えたとしても、(動作するハードウェア、依存ライブラリなどのソフトウェアの両面ともに) 動作環境のほう日々更新されていくため、残念ながらメンテナンスからは逃れられない。「(プログラムを) 何もいじっていないのに動かなくなった」というのは本当に起きるのである。高度化チームもいつまでもメンテナンスできるわけではない (年々支援ソフトウェアの本数が増えていく) し、課題提案者自身も残念ながら常にエフォートを割けるわけではない (大抵の提案者は偉くなっていく)。そのため、開発コストを減らすこと、および開発できる人を増やすことが大事である。そういった、開発者に優しいソフトウェアを目指すための施策も行っている。有名なものはソフトウェアテストであり、これは「ある入力に対して、予期した出力が返ってくるか」をチェックする。ある入力と望ましい出力 (あるいはある時点で実際に得られた出力) のペアを保存しておき、定期的に行うことで出力を比較することで、ソフトウェアに問題が生じたときにすぐに気付けるようにするものである (回帰テスト)。テストはなにか変更を加えたときにその都度、さらに定期的に行うのが望ましいが、手動でやると確実に実行漏れが生じるため、自動化が望ましい。テスト以外にもドキュメントの公開など、ソフトウェア開発には自動化できる定形作業が多い。PASUMS では特別な事情のない限りは GitHub でソフトウェアを公開しており、GitHub actions をもちいて自動化を行っている。

ソフトウェアの機能がある程度完成した後はソフトウェアを広く公開し、開発グループ以外に使えるようにする。その際のライセンスは基本的に GNU GPLv3 を選択しており、これは自由な改造およびその再配布も (同一ライセンスのもとで) 認めるものであり、改造されたものも同様に計算物性科学コミュニティ

で広く使われることを目指している。もちろん公開しただけで使われるわけではなく、宣伝が必要となる。たとえば、各種学会や研究会でソフトウェアの発表（おもにポスター発表）をおこない、ソフトウェアの概要（解きたい問題など）や実際の使い方を紹介している。また、実際にソフトウェアを触ることで使い方を学ぶソフトウェア講習会（ハンズオン）もそれぞれのソフトウェアで開催している（計算物質科学研究センターと合同開催）。最後に、学術界における評価ではどうしても論文数と引用論文数が重要となる。そのため、プロジェクトでは開発したソフトウェアに関する論文の執筆・投稿も行っている。ソフトウェアを利用した結果が学術論文に含まれる場合には引用をお願いしている。

2022 年度ソフトウェア高度化課題

2022 年度は以下の 2 つの課題を採択し、支援した。

第一原理計算基統計熱力学計算フレームワークの高度化

提案者：笠松 秀輔 (山形大学学術研究院 (理学部主担当))

内容：ニューラルネットワーク法を用いたサンプリング、ポピュレーションアニーリングモンテカルロ法、グランドカノニカルサンプリング機能の実装、マニュアルの作成など。

公開 URL: <https://github.com/issp-center-dev/abics>

ハイスループット計算に向けた有効モデル ソルバーの高度化-波数空間平均場近似と乱雑位相近似

提案者：小林 晃人 (名古屋大学大学院理学研究科)

内容：波数空間平均場近似と乱雑位相近似を用いたソルバーの設計・作成・テスト、マニュアルの作成など。

公開 URL: <https://github.com/issp-center-dev/h-wave>

2022 年度ハンズオン講習会

[1] 2022-04-26 2DMAT 講習会 (オンライン)

[2] 2022-06-20 PHYSBO 講習会 (ハイブリッド)

[3] 2022-06-27 abICS 講習会 (オンライン)

[4] 2022-11-21 HΦ 講習会 (オンライン)

[5] 2022-12-04 DSQSS 講習会 (オンライン)

2022 年度出版論文 (* 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*] [Y. Motoyama](#), R. Tamura, K. Yoshimi, K. Terayama, T. Ueno, and K. Tsuda, “Bayesian optimization package: PHYSBO”, *Comput. Phys. Commun.* **278**, 108405 (2022).

[2*] [Y. Motoyama](#), T. Okubo, K. Yoshimi, S. Morita, T. Kato, and N. Kawashima, “TeNeS: Tensor network solver for quantum lattice systems”, *Comput. Phys. Commun.* **279**, 108437 (2022).

[3*] T. Hanada, [Y. Motoyama](#), K. Yoshimi, and T. Hoshi, “sim-trhepd-rheed – Open-source simulator of total-reflection high-energy positron diffraction (TRHEPD) and reflection high-energy electron diffraction (RHEED)”, *Comput. Phys. Commun.* **277**, 108371 (2022).

[4*] [Y. Motoyama](#), K. Yoshimi, I. Mochizuki, H. Iwamoto, H. Ichinose, and T. Hoshi, “Data-analysis software framework 2DMAT and its application to experimental measurements for two-dimensional material structures”, *Comput. Phys. Commun.* **280**, 108465 (2022).

[5] S. Kasamatsu, [Y. Motoyama](#), K. Yoshimi, U. Matsumoto, A. Kuwabara, and T. Ogawa, “Facilitating ab initio configurational sampling of multicomponent solids using an on-lattice neural network model and active learning”, *J. Chem. Phys.* **157**, 104114 (2022).

[6*] [Y. Motoyama](#), K. Yoshimi, T. Kato, and S. Todo, “MateriApps LIVE! and MateriApps Installer: Environment for starting and scaling up materials science simulations”, *SoftwareX* **20**, 101210 (2022).

[7] H. Watanabe, [Y. Motoyama](#), S. Morita, and N. Kawashima, “Non-monotonic behavior of the binder parameter in the discrete spin systems”, *PTEP* **2023**, 033A02 (2023).

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



図1 水漏れが生じた場所



図2 水漏れの原因になった部品

① 微小部 X 線回折装置からの水漏れ対応

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、図1の場所からの水漏れが発生した。当初は水を流すチューブ部分に亀裂が入ったかと思われたが、よく調べたところ、図2の様なチューブを接続している継手の根元から水が漏れている事が分かった。チューブを刺し直しても水が漏れることから、継手部のホース接続部の経年劣化により、ここから水が漏れていると考えられた。そこで、上記の継手を新しいものと交換してからチューブを接続し直したところ、水漏れがおさまった。

今回は、水漏れを直ぐに発見できたし、漏れていた量もごく微量であったため大事に至らなかったが、もっと大量に水漏れが起こっていたら大きなトラブルに発展していた可能性もある。定期的に水漏れ等のチェックをするように心がけたい。

② 大型 IP-X 線回折装置の修理

大型 IP-X 線装置は、DAC(Diamond Anvil Cell)と組み合わせて、高圧力下における試料の X 線回折パターンを取得するための高圧その場 X 線観察用装置である。

今回は、真空を引いていても勝手にポンプが落ちてしまう現象が発生した。故障箇所の特定のため

に手動で真空を引く操作などを行った
り、各種ドライバのチェックを行ったが、
特に異常は見られなかった。最終的には、
真空度を測定しているセンサーを抜い
て、軽くゴミを飛ばした後に刺し直した
ところ、真空が引けるようになった。恐ら
く、長い間の振動などでセンサー部が緩
んだか、微小ホコリが接続部に挟まった
ため、接触不良になって正しい真空度が
測れず、いつまでも真空度が上がらな
いと判断した装置が安全のため真空系を
シャットダウンした事が原因と考えられる。



図 3: 真空度を測るセンサー

③ SEED(高圧氷作成装置)のバージョンアップ

SEED は、高圧実験のデモンストレーションを行う目的で作られた、簡易的な対向アンビル型高圧発生装置である。今回は、SEED に付いている観察用のカメラが Win7 以降に対応していないため、Win10 に対応した新しいカメラと交換し、更に、全体のオーバーホールを行った。これにより、新しい PC でも使える様になり、利便性が向上した。なお、この SEED は、2023 年 2 月に行われた全学研修「物質合成およびその評価技術」でも使われた。

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、長谷川研究室、徳永研究室、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、名古屋大学からの利用実績があった。

本年度は、共同研究による成果が 3 本の論文になった。

5. 全学技術研修

2023 年 2 月に行われた全学技術職員研修「物質合成およびその評価技術」において、講師を務めた。筆者は、初日の午前中に行われた講義一コマと午後の実習の半分を担当した。午前中は「高圧力下における物質合成技術」と題して、高圧力実験の意義、利点、高圧力発生技術について解説し、さらに、筆者自身が行った実際の実験・研究例についても紹介した。午後の実習では、高圧実験を体験してもらうため、室温高圧で氷を作り、高圧氷の単結晶を作って成長させたり、その高圧氷が水に沈む様子の観察を行った。講義と実習、共に好評で、良い研修を行う事ができたと思われる。

2022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。



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)

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、2021年度の共同利用は7月から11月までの4サイクル（28日/1サイクル）行っている。今年度の共同利用は、5月から12月までの7サイクル行った。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。

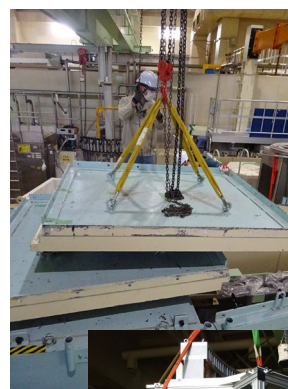


図 2, 3：天井クレーンでの作業
(上：AGNES 遮蔽体、下：C1-1IRIS)

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。

3. 装置や機器の整備、高度化

JRR-3 内の中性子導管のスーパーミラー化やモノクロメータの更新等により、各々の装置の中性子強度は震災前より上がっており、より効率よく実験が行われている。その代償でもあるのだが、実験装置周辺の中性子線およびガンマ線の空間線量が高く、装置のバックグラウンド増大とともに、実験者の被曝（もちろん基準範囲内ではあるが）が問題になっていた。そこで、特に増大した箇所に対し遮蔽体の設置を行った。中性子線の低

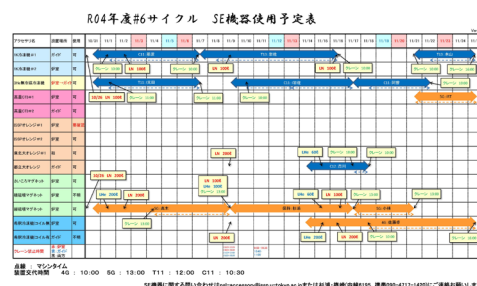


図 4：試料環境機器の予定表

減対策として、実験装置に中性子遮蔽材である B4C ゴムシートを設置した。また、ガンマ線の低減対策として、鉛板の衝立を作成し設置した。上記の対策により、装置のバックグラウンド値も低減され、実験者の被曝も低減された。

試料環境機器の一部は 30 年以上経過しており、動作不良が起りやすい。修理やオーバーホール等で対処をしているが、特に古い型式の機器は既に製造をしていない部品もあり、修理不能となる機器も多く更新しなければならない。当施設は常電導電磁石を所有しており、コイルの向きを変更すれば試料に縦横を選択して磁場の印可が可能となる。その電磁石は購入から 40 年以上経過しており安全装置もついていないため更新することとした。また、その電磁石に冷凍機を搭載できるようにアタッチメントを作成した。

4. 学会、研究会での発表

2022 年 8 月 29 日～9 月 1 日に散乱研究における試料環境に関するワークショップ ISSE2022 (The International Society for Sample Environment) が栃木県的那須で開催され、当施設は上記に関係する業務内容についてのポスター発表を行った。

2022 年度の ISSP 柏賞を「JRR-3 全国共同利用の再開にかかわる新体制の構築と業務」で受賞した。

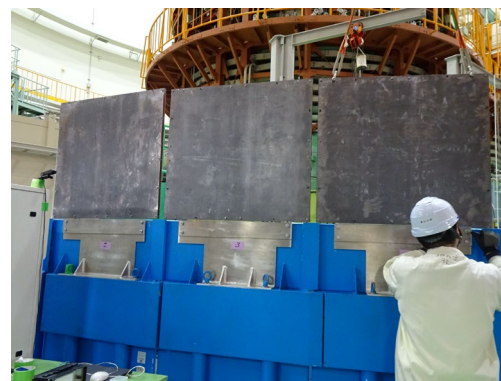


図 5 : 追加遮蔽体 (4G)



図 6 : 常電導電磁石



図 7 : ISSE ワークショップ 2022 (HP より)



図 8 : ISSP 柏賞授賞式

技術・業務レポート

ー 非破壊型パルス強磁場グループ ー

国際超強磁場科学研究施設 松尾 晶

1. はじめに

物性研究所 附属国際超強磁場科学研究施設では、長くて1秒程度のきわめて短い時間に強い磁場を作り、その強磁場下での物性研究を行っている。また、そこに用いるパルス電磁石の開発も行っている。2022年度に行った個人の業務は、おおよそ以下のとおりである。

- 秒オーダーのパルス磁場を発生させるために必要な大型コイル（ロングパルスマグネットと呼んでいる）の設計および作製。
- ショートパルスマグネットもしくはミッドパルスマグネットと呼んでいるパルス幅がミリ秒から数十ミリ秒程度のパルス磁場を発生させるためのマグネットを作製する際に用いる、高強度高伝導度の銅銀合金線の材料科学的な意味での開発。
- 共同利用研究者等に対する共同実験。主にはショートパルスマグネットを用いた絶縁体の磁化測定。簡単には、変動磁場の時間変化が大きければ大きいほど、磁化検出用のピックアップコイルの両端に発生する誘導起電力が大きくなり、測定は容易になる。ところが電気をよく流す試料を同じようなパルス磁場中に置くと、試料中に渦電流が発生し試料の温度が分からなくなることがある。そのため金属的な試料を測定する場合は、温度がなるべく変化しないようにする必要があり、パルス幅を長くして測定を行う。その分、ピックアップコイルに発生する誘導起電力が小さくなるため、測定感度は下がってしまう。

以下では、上記業務の内から、いくつかを簡単に紹介する。なお、パルス磁場の発生方法としては、マグネットの破壊を伴わない非破壊型パルス磁場発生と、パルス磁場発生の度にマグネットが壊れてしまう破壊型パルス磁場発生との2種類に大別できる。ここでは非破壊型パルス磁場グループの業務の一部を報告する。興味はあるが専門外なので破壊型パルス磁場については触れない。

2. ロングパルスマグネットについて

本施設では秒オーダーのロングパルス磁場を発生させるために、専用の大型パルスマグネット（コイルの重量：おおよそ500 kg）とフライホイール（FW）付き大型直流発電機を使って長年運用してきた。最高到達磁場としては43テスラ（T）、パルス時間は1.5秒である。そのFW付きDC発電機（蓄勢エネルギー；210 MJ、出力；51.3 MW）は茨城県東海村の原子力研究開発機構において、もともとトカマク開発試験の装置として使用されていたが、その役割を終えたのちオーバーホールを経て、2007年に柏キャンパスに移設され、2008年から運転を開始した。しかし、経年とともにメンテナンスを行うことが困難になり、2022年7月をもって解体された。解体の様子が写真1-Dでわかる。一枚当たり35トンあるフライホール（はずみ車）が溶断されているのが窺える。発電機に替わって導入されたのが、スーパーキャパシタと呼ばれるコンデンサ電源である。新しい電源は60 MJ×2台、30 MJ×1台の組み合わせとなっている（写真1-C）。3台の電源を直列につなぐことは想定していない点で、FW付き発電機と大きく異なる点である。FW付き発電機は一台の電源と一台の電磁石で磁場発生を行っていた（フラットトップを作るためのミニコイルは別とする）。新しい電源では、同心円状に配置された大中小3つの電氣的に独立したパルスマグネットに、上記の3台のコンデンサ電源をそれぞれ繋ぎこみ、3つのパルス磁場を重ね合わせて強磁場を発生させる予定である。この方法は、熱的にも力学的にもマグネ

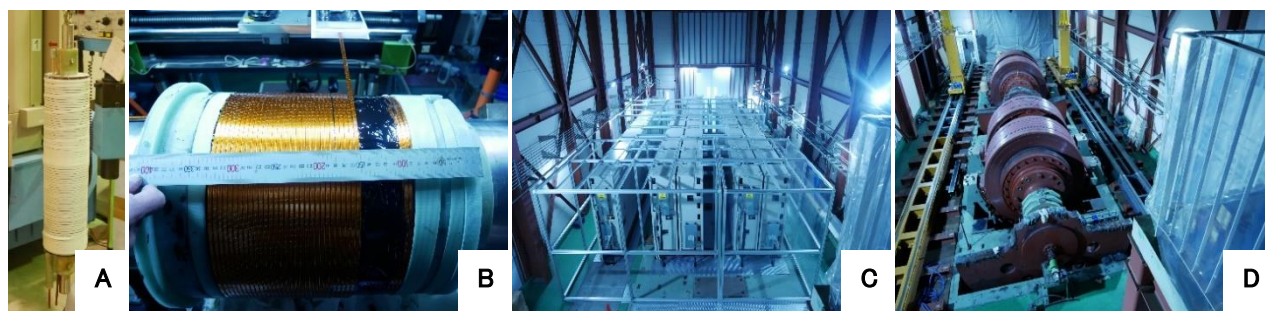
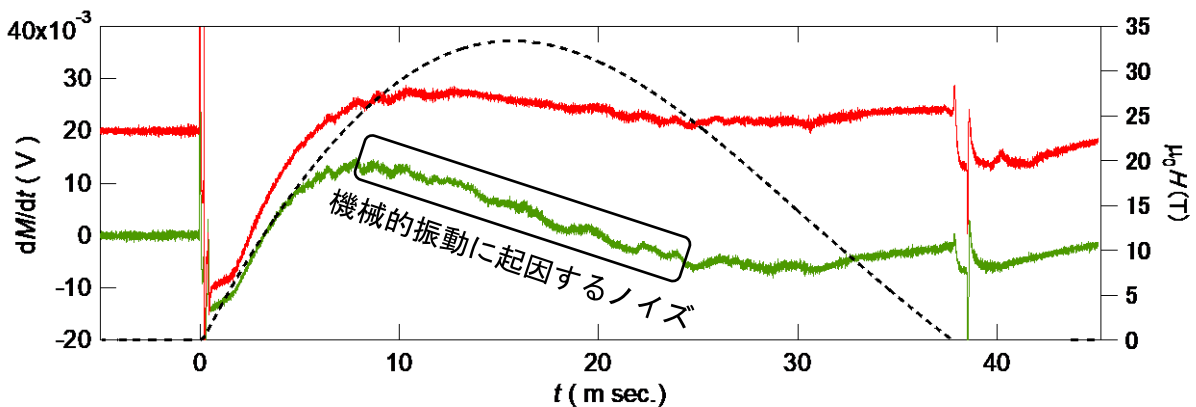


写真1 ロングパルス磁場発生用の電磁石（作製中）と新旧電源

ットにかかる負担が軽減されると考えている。ロングパルスマグネット9号機として、現在3段コイルを現在作製している。前述の通り 500 kg 近くの重量があるために、作製には年オーダーの時間が必要となる。電磁応力がかかる内側のコイルは断面積が 4 mm × 6 mm の高強度銅銀線で巻かれており、8層式の高層ソレノイドコイルとなっている。ガラス繊維を削って内コイルを成形する準備をしている様子が写真1-Aになる。成形後、特殊な鋼で作られた補強リングでコイルを強化する。その後、内コイルは、断面積は同じであるが応力の掛りが弱くなるため比較的やわらかい純銅製の平角線で巻かれた中間コイルの内側に挿入される。中間コイルは9層巻きの多層ソレノイドコイルとなっている。最後に外コイルとして同じく純銅製の平角線で巻かれた9層巻きの多層ソレノイドコイルの中に2段コイルが挿入される。コイルの構造としては、今までの8台とは大きく異ならないが、電源との結線方法が全く新しくなるので、その点の工夫が今後必要となる。写真1-Bは外コイルを作製している様子である。

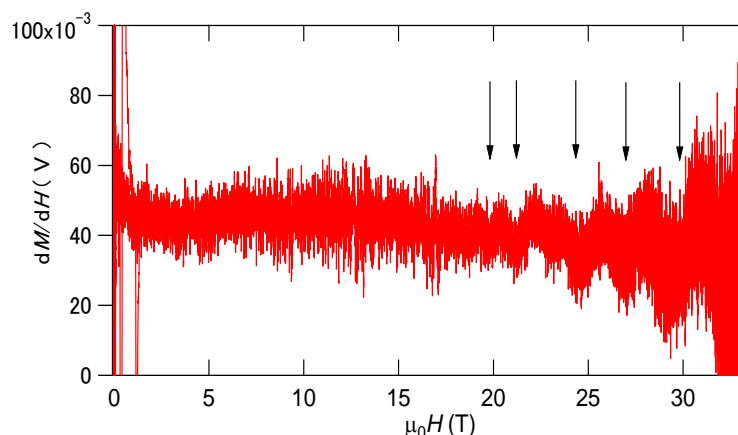
3. ミッドパルス磁場を用いた磁化測定

「はじめに」で触れた通りパルス磁場中の磁化測定は、簡単にはピックアップコイルに発生する誘導起電力の大きさと測定精度が決まる。そのため通常は、パルス幅 4 ミリ秒程度の比較的パルス幅が短い磁場を使うことが多い。ところが今回、良質な金属試料の磁化測定を行うためにグラフ1の横軸で確認できるパルス幅 40 ミリ秒程度のパルス磁場を使って試料の発熱を抑えつつ、磁化測定を試みた。予備実験レベルの結果ではあるが、パルス磁場発生時に必ず起こる機械的振動に起因するノイズを軽



グラフ1 機械的ノイズの減少前(緑)と後(赤)。破線はパルス磁場波形の時間変化を表している。到達磁場; ~35 T, 到達時間; ~17 ミリ秒

減することに成功した。グラフ1に軽減前後の比較曲線載せている。典型的には緑の曲線の10-20ミリ秒の間で確認できる起電力の揺らぎがノイズである。一方で同じ時間領域で赤の曲線では、揺らぎが抑えられていることが確認できる。また、どちらの場合も磁場発生から5ミリ秒程度の間は、機械的振動に起因するノイズが乗らないことが新たに分かった。今後は振動の伝搬経路を解明してS/N比をさらに上げる予定である。当初の磁化測定の目的ではなく、ある意味想定外のことであるが、グラフ2で確認できる量子振動が観測できたと考えている(要追試)。グラフ中の矢印は振動の谷を指している。一般的には量子振動が観測できる金属は良質な金属と考えられる。詳細については別のところでの報告を予定している。



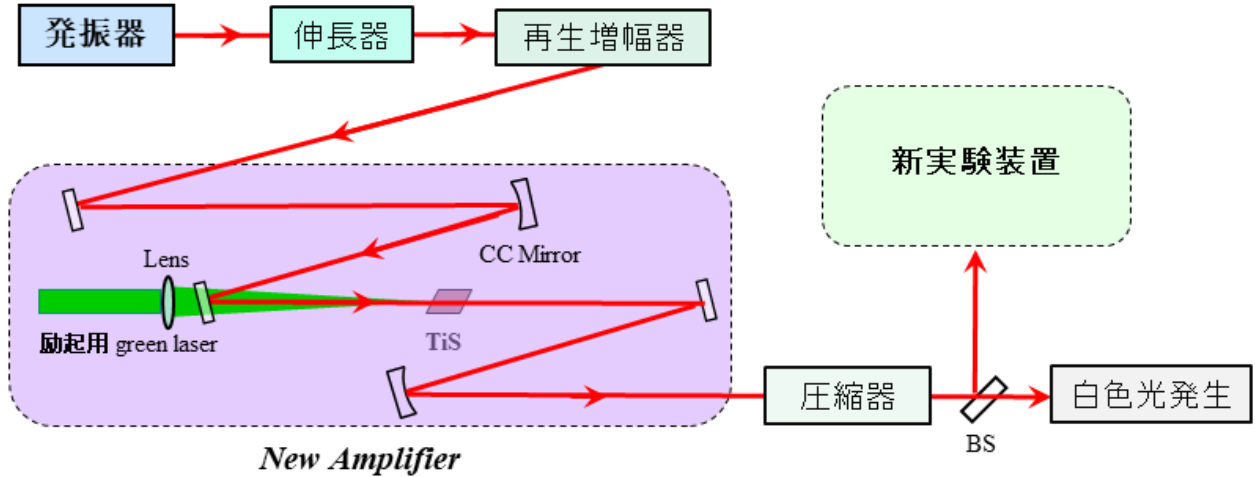
グラフ2 恐らく量子振動が観測されたと考えられる結果の磁化微分

令和4年度（2022年度）技術・業務レポート

極限コヒーレント光科学研究センター 技術専門員 金井輝人

今年度は板谷研究室や共同利用研究用に新たな光源(図の新実験装置)を導入することになった。この新実験装置を駆動させるためには既存のレーザー光源では強度が足りない。そこで強度増強のために新增幅器(図のNew Amplifier)の開発に着手した。まだ完成はしておらず現在も開発継続中であるが、ここでは開発の技術的な部分を報告したいと思う。

レーザーシステムの概要図を以下に示す。



CC Mirror: 凹面鏡、TiS: チタンサファイヤレーザー結晶、BS: 光線分離用部分反射鏡

図. レーザーシステムの概要

既存のレーザー光源はいわゆるチタンサファイヤ CPA レーザーと呼ばれるものである。CPA (Chirped Pulse Amplification) とは、パルスレーザーの増幅過程において増幅された光によって固体の光学素子が破壊されないように時間的に光パルスを延伸してパルスの尖塔値(ピーク強度)を下げてから、すなわち光学素子に対してマイルドな状態にしてから増幅し最後にパルスを圧縮してパルスの時間幅をもとに戻すという技術である。これは Gérard Mourou (ジェラール・ムル博士, フランス)と Donna Strickland (ドナ・ストリックランド博士, カナダ)が 2018 年にノーベル物理学賞を受賞した技術である。この技術的な解説は 2018 年度の技術レポートにて筆者が報告しているので、詳しくはそちらを参照されたい。

今年度はこの光源の一部を用いて新たな実験装置を駆動することになった。今ある光源を単純に分割して切り出したのでは、既存の白色光発生にも新実験装置の駆動にもパワー不足である。そこで新たな増幅装置を中途に追加しパワーアップを図ることとした。

図に示すように発振器からの光を伸長器にて時間的に伸ばしたレーザーパルス光を再生増幅器にて増幅する。そこから圧縮器に導入してパルス光の時間幅を圧縮してもとに戻すのが既存のシステムであるが、再生増幅器と圧縮器の間に新たな増幅器を投入する。図中の New Amplifier が新たな増幅器である。

新たな増幅器は固体のレーザー結晶であるチタンサファイヤ(TiS)を用い、グリーンレーザーで励起し増幅を行う。励起用のグリーンレーザーをレンズで絞りエネルギー密度を上げると、原理的にはいくらでも増幅することができる。ただ過度に絞り込むと、あまりの高エネルギー密度のためレーザー結晶が損傷してしまう。その損傷しきい値を超えずに効率よく増幅されるポイントを探るのがこの増幅器開発の肝である。被増幅光は図中で CC Mirror と示される凹面鏡を用いて、励起用のグリーンレーザーとはほぼ同じ大きさになるようにレーザー結晶(TiS)中に絞り込む。一方のグリーンレーザーはレンズを用いて TiS 結晶中に絞り込む。励起光に対しては透明であるが、被増幅光に対しては鏡として働く特殊な鏡をレンズの後に励起光が透過して、励起光とその鏡で反射した被増幅光とが TiS 中で重なるようにしている。

この増幅器の開発により出来れば強度倍増を目標にしている。この新增幅器開発の成果は機会があれば来年度以降の技術レポートで報告したいと思う。

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5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4年 6月14日 令和3年度放射線管理状況報告書

(2) 「核原料物質、核燃料物質及び原子炉等の規制に関する法律」に基づく手続等

① 令和4年 7月15日 令和4年上期核燃料物質管理報告書

② 令和5年 1月19日 令和4年下期核燃料物質管理報告書

(3) 「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4年6月1日～6月21日)

② 定期検査及び自主検査(令和4年12月5日～令和4年12月26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4年4月14日、②令和4年4月15日、③令和4年5月2日、
- ④令和4年5月10日、⑤令和4年6月8日、⑥令和4年7月12日、
- ⑦令和4年9月21日、⑧令和4年10月11日、⑨令和4年12月7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.40)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. 短寿命アルファ線放出核種への期待とその安全取扱
 - 2. 測定のための単位「シーベルト」の新たな定義とその運用上の課題
 - 3. 放射線施設における地震・火災等の一般的な対応
 - 4. 核燃料物質の管理に関する国内外の体制と仕組み
 - 5. ハンディタイプのエックス線分析装置の特徴と安全取扱い

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キャンパスへのエックス線装置設置及び漏洩線量測定（小林研）

研修

本年度は、COVID-19の影響により出張に出られなかったため研修は行わなかった。

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。

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4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4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 | 115,194 L (114,647 L) | 45,046 L (44,839 L) | 160,240 L (159,486 L) |
| 液体窒素 | 169,080 L (158,402 L) | 10,729 L (5,572 L) | 179,809 L (163,974 L) |

※カッコ内は、令和3年度の供給量

液体ヘリウム年度別供給量

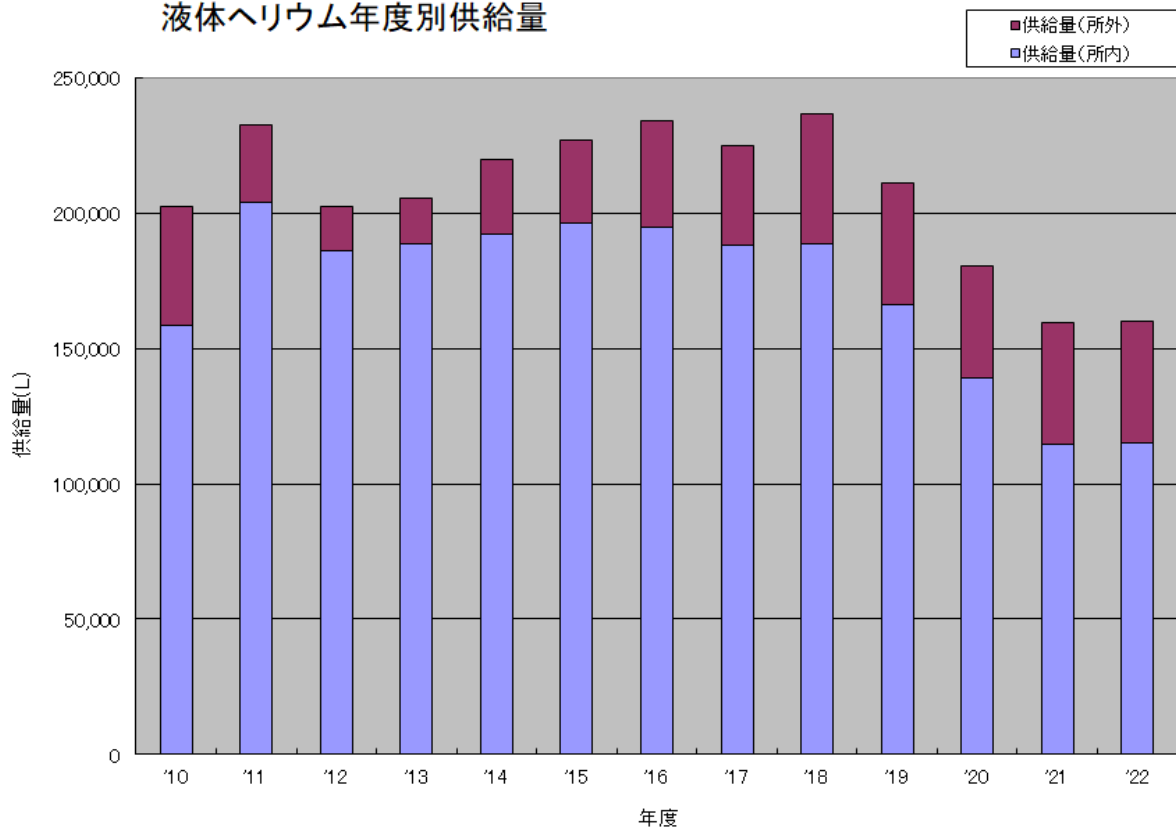


図1. 液体ヘリウム年度別供給量（供給量＝持出量－回収量）

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4年度 | 160,240 L | 2,014 本 (2,104 本) | 1,451.8 時間 | 112 回 |
| 令和3年度 | 159,486 L | 1,987 本 (2,081 本) | 1,434.2 時間 | 109 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

水素除去装置を導入し、回収ガス・長尺カードル等に含まれる水素の除去を開始した。水素除去は、液化運転毎に内部精製器の再生運転の際に、不純物が混じっているヘリウムガスを水素除去装置に通すことで行うので、除去には相当の時間がかかると思われる。

LHe 容器内に混入していると思われる水素に関しては、2022 年度から行っている 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 容器のチェックも継続して行っている。

○容器の昇温・クリーン化は、全容器の 3 分の 1 強の 42 台程完了している。

○2022 年度の LHe 容器の水素チェックは、延べ 350 台ほど行った。

水素除去器の吸着剤には、合成銀イオン交換ゼオライト (Ag400) を使用している。このゼオライトは、水素が吸着されると色が変わるので、水素が吸着されているかの判断が可能となる。図 2 右の写真中央の丸い容器の中が使用前の吸着剤、容器の周りには少し色の濃い物が使用後の吸着剤である。



図 2. 水素除去器(左)、取付部 (中央)、吸着剤 (右)

[2] 液化機 1 号機制御盤内 PLC 等の更新ほか

液化機 1 号機 (TCF50) 用制御盤の PLC・タッチパネル等の更新を行った。大きな変更点は、1) PLC・タッチパネル等は、SIEMENS 社製の物から KEYENCE 社製の物に変更したこと、2) 液化機制御用 PLC プログラムは、LINDE 社製を元に小池酸素工業が修正したものから小池酸素工業製に変更となったことである。

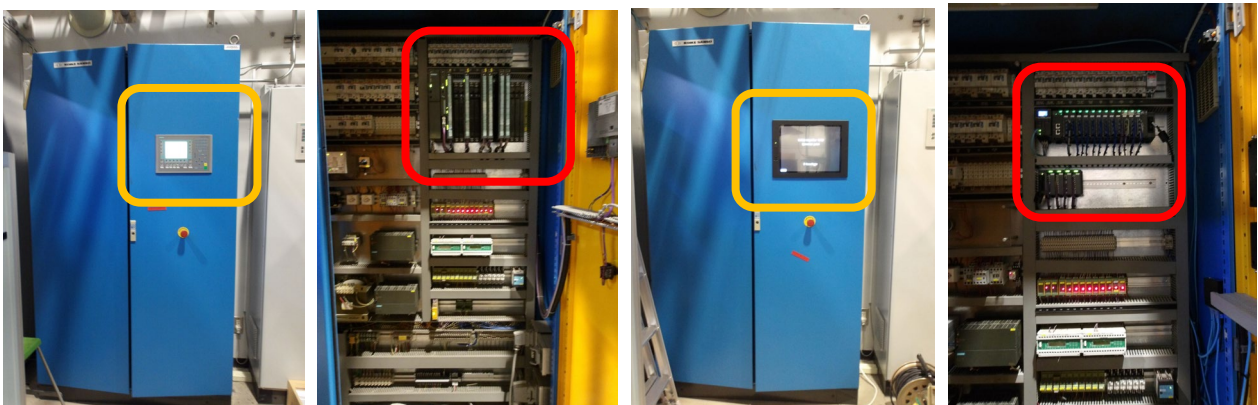


図 3. 液化機 1 号機用制御盤 (左 2 枚 : 更新前、右 2 枚 : 更新後)

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、コロナ禍でも感染対策をして実施した。

感染対策として、定員を30名までとする、マスク着用、手指消毒はもちろんのこと、間隔をあけての着席、定期的に換気を行うなど、細心の注意を払った。

また、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。

また、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。

- ・清水防水布見学及びスウェジロックセミナー（ベンダーセミナー・ホースセミナー）（11/18）

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、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・取り扱い指導等を行った。

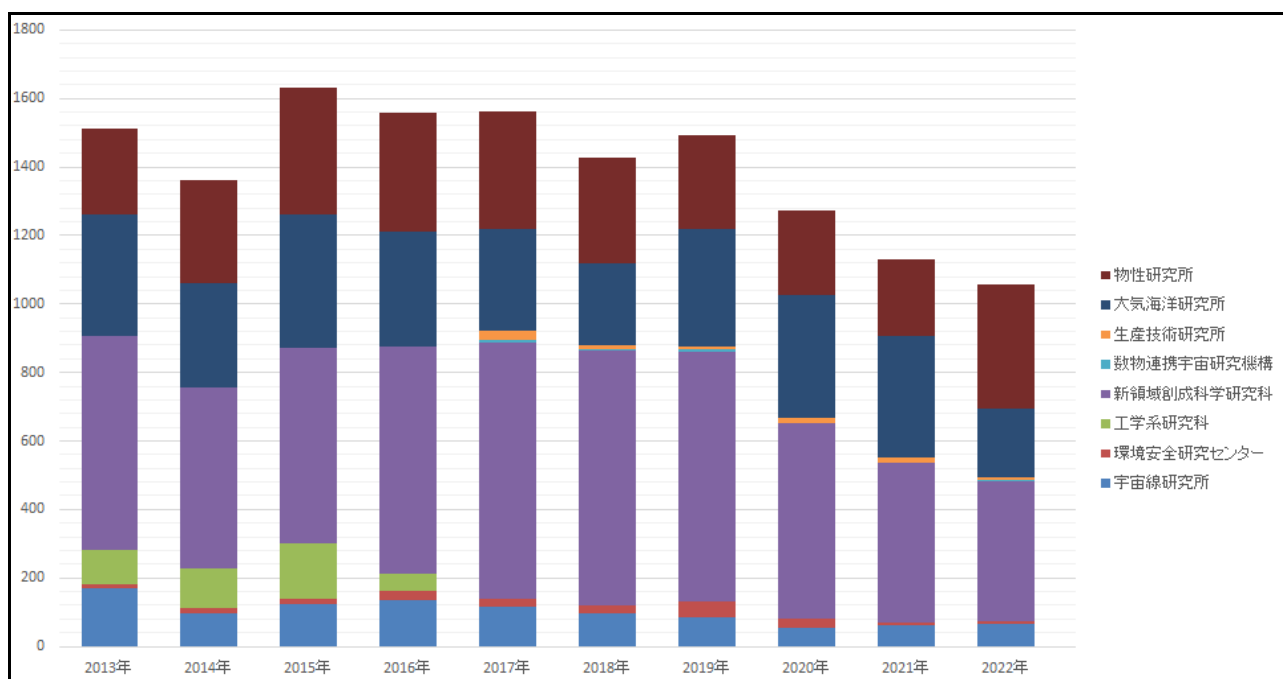


図4. ガスボンベ使用量の推移(年別・管理システム登録数)

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)】

5 機関(ガス関連企業4社、大学1機関)から依頼を受け、ガス関連企業を通じ、大学・高専や民間研究機関・病院などへ液体ヘリウムが供給された。総液化量は、約9,000Lであった。

5. 学会・研究会・研修などへの参加、技術職員研修の実施

2022年度分子科学研究所技術研究会に参加、及び清水が「液体ヘリウム容器自動昇温装置の製作2」と題して口頭発表を行った。

2022年10月に青森市で開催された加速器関連の国際的な集まり、TESLA Technology Collaboration (TTC)にて、鷺山がヘリウムに関する招待講演(英語)「Global helium resource status and future prospect in Japan・ヘリウム資源の国際情勢と今後の日本の展望」を行った。公演後に多くの参加者から非常に教育的で興味深い内容との評価を得、世界における物性研のプレゼンスを高めることに貢献した。

6. 2023年度の年間予定

2023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。