



筑波大学
University of Tsukuba

工作ニュース

No.13 2022.4



筑波大学研究基盤総合センター
工作部門

<http://www.kou-c.tsukuba.ac.jp/>



Contents

目次

巻頭言	研究基盤総合センター 副センター長（工作部門担当） 文字 秀明 1
研究ノート	「研究・教育における磁気測定と工作部門（工作センター）の役割」..... 2 喜多 英治（数理物質系） 「格子欠陥研究と工作部門」..... 8 谷本 久典（数理物質系） 「IoT社会・ゼロエミッション社会に向けた電気化学熱電変換」..... 14 井上 大（知能機能）
フォトギャラリー	 18
利用の手引き	 20
運営報告	利用状況..... 25 主なイベント..... 26 運営委員一覧..... 27 職員紹介..... 27 新規設備紹介..... 28
編集後記	 31

副センター長（工作部門担当） 文字 秀明

一昨年からコロナ禍の状況にあり、研究や教育、学生の課外活動など大学全体の活動様相が大きく変わっています。工作依頼の状況を見ますと、昨年度の前半は例年に比べ依頼件数が少なく、後半は増加し、年間を通しては例年並みでした。ここで、例年というのは、新型コロナウイルス感染が始まる前の状態を指しています。今年度は、まだ最終状態は分かりませんが、例年とあまり変わらない依頼件数で推移しています。これを見ますと、昨年夏には第5波が、今年1月には第6波がやってきて、学生の感染も多く報告され、一昨年に比べ、新型コロナウイルスが筑波キャンパスに近づいてきたことをひしひしと感じられるようになってきたにもかかわらず、研究・教育活動の状況は一昨年とは異なっているようです。一昨年は新型コロナウイルス感染の拡大が初めてのことで、活動が停滞し始めたようでしたが、昨年から今年にかけては対応方法がわかり、研究・教育活動が維持されているように見受けられます。

工作部門でも、コロナ禍でも活動が滞らないようにオンライン対応窓口の充実を図ってきました。オンライン対応は従来から計画されていましたが、新型コロナウイルス感染対策のためにその実装が加速されました。オンラインによる対応は利用者にも歓迎されているようですので、今後も維持・拡大されていくものと思います。工作部門では、その活動を止めないように、また新型コロナウイルス感染拡大前に戻るように努力しています。引き続き、皆様には工作部門をご利用いただきたくお願い致します。

研究・教育における磁気測定と 工作部門（工作センター）の役割

数理物質系 喜多 英治

工作部門（元の工作センター）で工作を依頼して長い年月が経つ。私が筑波大学に赴任したのが1980年で、当時は研究用の装置や道具は研究室で準備するのが常識であったので、自分で作る（設計する）ことが当然であった。外注も可能であったが研究費が少なかったこともあって、工作センターは大繁盛で、半年くらいの受注待ちは当たり前であった。磁性材料が研究対象であった筆者も大きな電磁石を使った計測装置などを研究室の田崎教授と共に順次整備していった。中でも物工の技術職員であった土肥氏の設計による電磁石架台（図1）は大地震が来てもびくともしないがっちりしたもので、工

作センターと外注の結合で出来上がった。3 t の電磁石を収納して20年以上働いてたが、部屋が手狭になり徐々に切断し短縮していった。柳原先生の世代になって重厚長大の研究装置は終焉し、架台は電磁石ごと廃棄してしまった。

研究室で依頼した最大の工作物が電磁石架台であったが、研究・教育用に製作してもらった装置や道具（作品）をいくつか紹介する。

真球作製装置

磁気測定、特に強磁性体の測定では球形試料は、磁気モーメントや磁気異方性の決定において重要な役割を果たす。磁気測定に限らず、対称性の最も高



図1 3t電磁石用架台。奥に見えるのがレールの乗った3 t 電磁石とその回転台。当初は全長6 m以上、架台だけの重量1.5 t であった。その後、長さを5m、4mと短縮した。奥には磁気天秤、手前には振動試料磁束計（VSM）を設置した。

い球の形状を持った試料を測定に使うことでデータの解釈が容易になることがある。そこで磁気測定用の真球作製装置を作ってもらった。設計は前出の土肥氏で、昔見た研磨装置を参考に「旋盤のように一軸の回転で研磨し、時々垂直にその位置をずらす様な機構」と伝えた。できあがった物は図2の写真にあるように試料回転させながら研磨、上下のOリング付きアルミローラーで時々垂直方向に回転を与える構造である。どんな地震が来ても壊れない様な頑丈な作りで、真空デシケータの中でも使える様にモーターなども配慮してもらった。ただ持ち運びに支障が出るくらいに重く、軽量化のために真鍮板を切断したがまだまだ重い。現在でも稼働していて、YIG（イットリウム鉄ガーネット）単結晶の直径2～3mm 球状試料を作製して磁化測定装置の校正試料としている。超音波計測用の球形試料成形にも使ってもらったことがある。

振動試料磁力計用クライオスタット

専門分野である磁気計測では磁気天秤や振動試料磁力計（VSM）を前出の大型電磁石+架台に設置した。VSMの原理は図3（a）の略図に示すように、試料を磁場中で1mm程度の振幅、数十Hzで振動

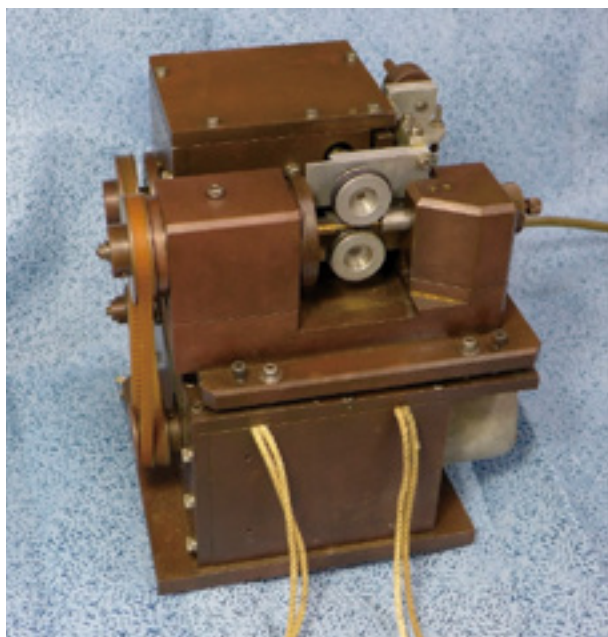


図2 真球作製装置（軽量化後）

させ、その磁束の変化をピックアップコイルの誘起電圧として検出するもので、言い換えると発電機の原理を応用する方法である。いろいろ作ってもらったが、VSM用の温度可变装置（クライオスタット）

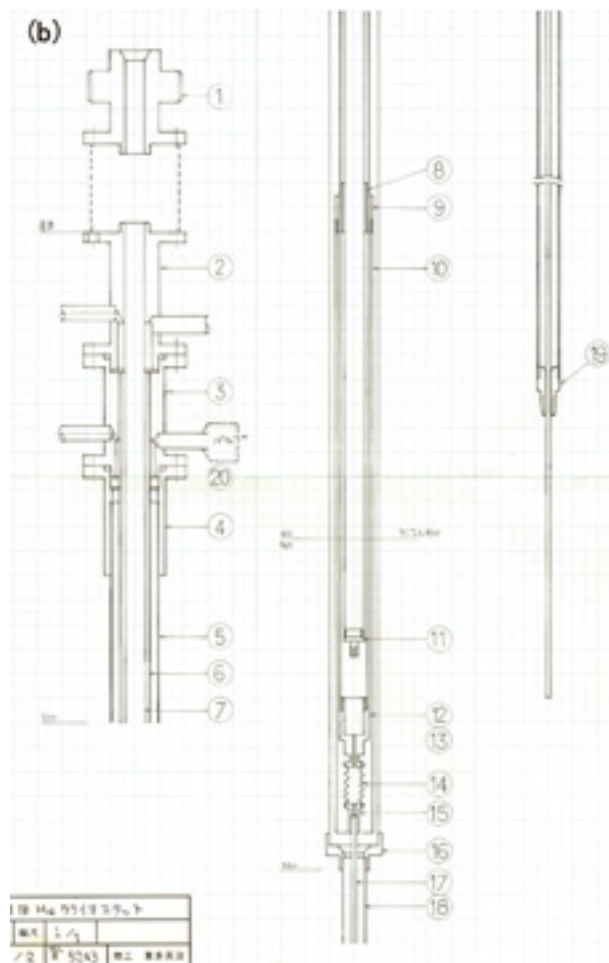
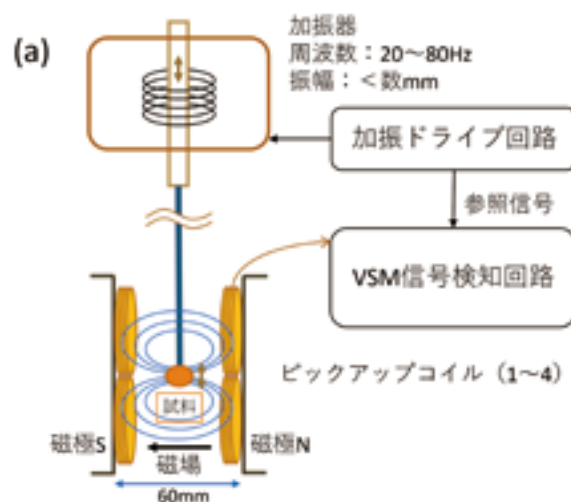


図3 (a) 振動試料磁力計（VSM）の略図
(b) VSM寒剤吸引式クライオスタット

を紹介する。磁気測定において温度変化のデータが取れば、磁気転移温度や磁化の温度変化など磁気特性について重要な情報が得られる。大型の電磁石を使用していたため試料空間の下方に十分なスペースがあった。この空間を利用して寒剤吸い上げ式のクライオスタットを設計した。電磁石の磁極板の間隔は60mm あるが、磁化検出用のコイルがあるため温度変化に利用できる距離は25mm となる。

クライオスタット上部のバルブ（図 3 (b) の20）よりダイヤフラムポンプで He を排気すると、液体 He が He タンク（図 4 および図 5）の内部から 19 の先の細管を通して吸い込まれる。図 3 (b) の11 外側の下部スペースに He が液体あるいは気体の状態で通って11の内側にある試料を冷却する。試

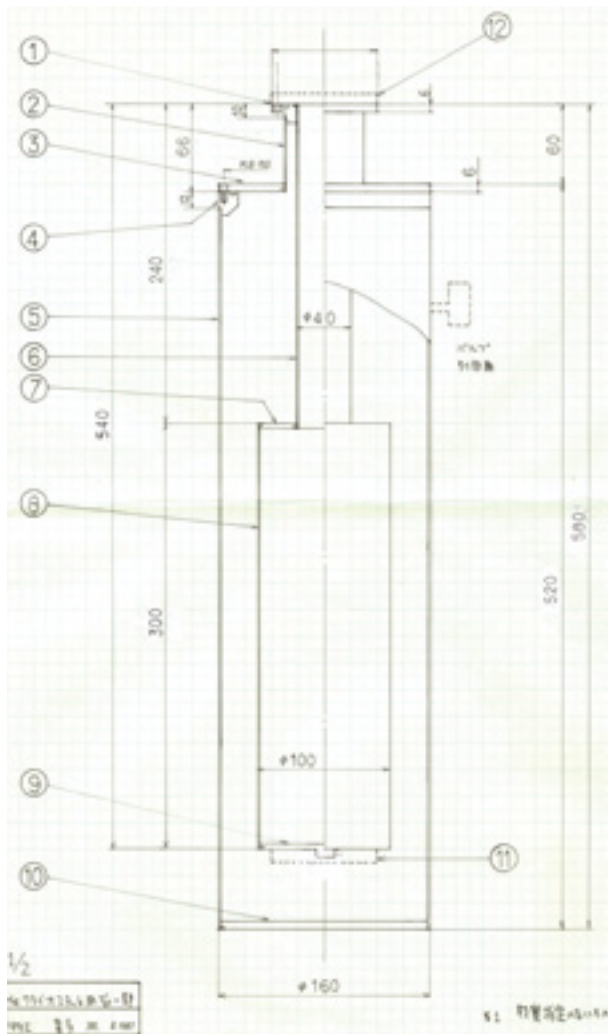


図 4 コンパクトHeタンク

料空間は外径8mm 肉厚0.3mm のリン青銅管を特注し、試料のある辺りは、リン青銅管の外径を少し削ってサファイヤの単結晶管を入れて温度の均一性を確保した。図 3 (b) の14は He 流経路の温度変化による長さの変化を吸収するためのベローズで、さすがに特注するわけに行かず、Swagelok のベローバルブの部品を流用した。

低温の磁気測定には使用する材料が強磁性でないことに特に注意する必要があることを再認識した。外側パイプの材料は、常温では CuNi 合金（キュプロニッケル）で充分であったが、試料保護部に使用すると低温では強磁性になるらしく、振動により大きな寄生信号が発生して使えなかった。そこで使える材料として、低温でも磁化が大きくなり適度に熱伝導のある材料を探した。銅合金で強磁性にならない磁化率の小さい、かつ手に入りやすい材料としてリン青銅が候補に挙がった。このような場合、材料データを探すのだが、よく使われていた低温関係のデータ表では磁化率が大きく使えない数値だった。不



図 5 吸引式VSMクライオスタット（写真左）とHeタンク（外径160mm）

思議に思って原論文を見たら十分使える値だったので安心してリン青銅のパイプを引いてもらった。どうも元データーを間違えて引用したか出版時の校正ミスだったらしい。自分で確認することも大切だということを知る良い教訓となった。このクライオスタットは図3(b)のように自分で設計・製図し、石川さんが制作を担当してくれた。

Heタンク(図4)の方はSuper-Insulatorを使って液体窒素冷却の不要なコンパクトなHeタンクを設計し、内田さんに作ってもらった。30年以上前の話で、Super-Insulatorはあまり一般的ではなく、構造工学の先生から宇宙船に使われている材料として教えてもらった。購入したSuper-Insulator材料をたこ糸で整形したのを覚えている。このタンクは2リットルの液体Heをためることが可能で、約7時間のHe温度の実験ができた。さらに液体窒素使用時には2日くらいの間、冷却が可能であり、いろいろな試料を測ることができた。Heの流量調節によってはHe温度以下に下げられることがあり、再現性良く達成できれば売り物になっていかもしいないと思うと少し残念である。このシステムは、茨

城高専に移設しており再びデーターがとれることを願っている。

学生実験用磁気測定装置(機械振動式VSM)

今も昔も、学生は装置を手荒に扱うのが得意であり、学生実験では耐久試験を依頼している様な気になる。デリケートな構造の物はあっという間に要修理となる。赴任以来、3年生の専攻実験として磁気測定装置での磁気特性評価を担当した。初代の磁気測定装置は磁性体に働く力を測定する磁気テコで、力の測定にひずみゲージを使うもので、繊細な構造であり短命であった。二代目は試料振動部にスピーカーの一部を使ったVSMであったが、小型のため再現性に乏しく安定動作は難しかった。そこで過酷な使用にも耐えうる振動部の設計を前出の土肥さんに依頼して、工作センターで作製して頂いた。依頼者からの条件としては「同期モーターを使って周波数25Hz、振幅2~3mmで試料を直線振動させる機構」で設計を依頼した。

土肥さんは「ディーゼルエンジンぐらいは設計できる」とおっしゃっていた方で、振動部はエンジンの動き「ピストンの直線往復運動をクランクで回転

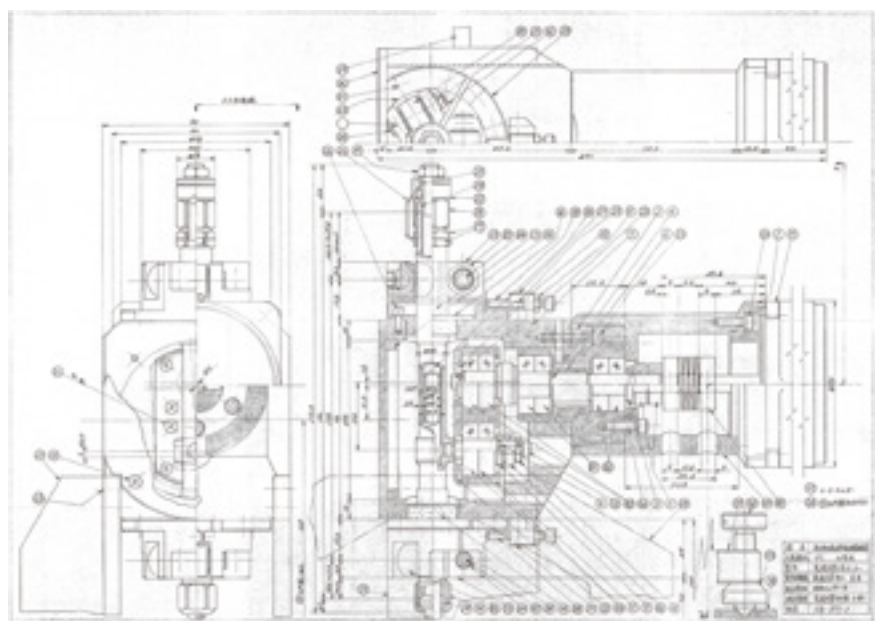


図6 機械振動式VSM(土肥氏による設計)。右の同期モーターの回転で上下のロッドを往復させる。

運動に変換する」を逆に使って「モーターの回転運動を直線往復運動に変換する」ものを考えて頂いた(図6 土肥さんによる製図)。これを電磁石に固定することで、いかなる手荒い使用にも耐えうる装置となり、2台作製して30年くらい稼働して学生教育のために活躍してくれた。

メスバウアー分光測定

メスバウアー効果の測定は放射線源を使うため、実験できる場所は放射線管理区域に限られる。本学では核物性計測の一部として加速器センターにメスバウアー効果測定装置が設置されていて、赴任まもなく物理学系の長沢先生管理の装置をお借りして使い始めた。磁性材料の基本はなんと言っても鉄であり、その元素の磁性を観測できるメスバウアー効果は材料開発に役立つものだからである。当時、加速器センターには最新のメスバウアー効果用 Oxford 社製

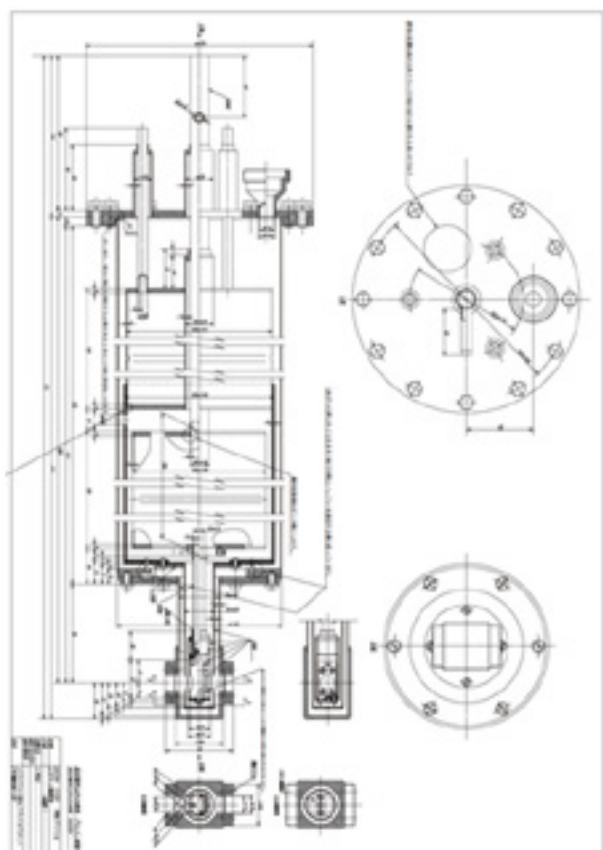


図7 メスバウアー分光クライオスタット 1 号機（製図は土肥さんによる）

超伝導磁石が設置されており、それも魅力であった。早速、磁場印加実験を試みたが、これが相当のくせ者で液体 He が実験に必要な量がたまったことはなかった。そこで磁場は諦めて温度を下げる機能だけを有したコンパクトなバスタイプのクライオスタットを設計し、工作センターで作ってもらった。(図7、8) これは大成功で、20年にわたり改良を重ね 3 台を作製した。

初代のクライオスタットは既存のものを参考に適当に設計したが、いろいろ不都合が出てきた。バル

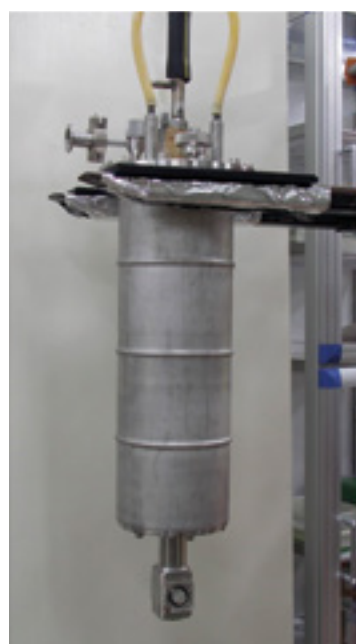


図8 2 号機の写真。下部に γ 線透過部が見える

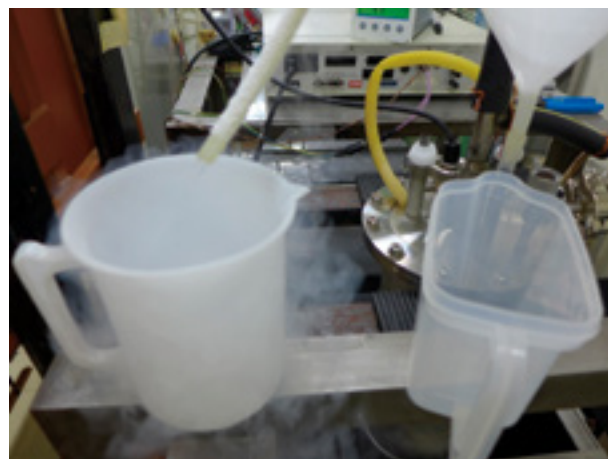


図9 メスバウアー分光液体He実験

ブの位置や実験の環境や条件など考えて修正 2 号機を設計した。液体窒素の補充間隔を12時間とし、18時間は補充せずとも使える、He はなるべく長時間保持できること、一人で操作できることを条件に設計した。(図 8) 結果、液体 He の保持時間約72 時間、液体窒素18時間のクライオスタットを作ることができた。3 日間実験できると大概のスペクトルがとれること、1 日 2 回の窒素補給は比較的容易に実験ができる。(図 9) またフィンガー部に断熱材を詰めて、He 温度や窒素温度などの定点より高い測定温度も実現できた。今でも現役で振動の少ない計測用として使用している。

真空蒸着装置

蒸着装置など真空装置は材料開発に欠かせない道具である。真空関係では種々の工作を依頼したがまとまった物として、真空蒸着装置を 2 台作った。両者とも比較的小型で小回りのきく汎用性の高い物として私と学生でまず設計と製図を行い、内田さんの意見も聞いて修正した。一つはスパッタ装置もう一つは真空蒸着装置で写真も残っていないが、いずれも卒業生の元(信州大と東北大)に引き取られ、現役で活躍している。真空継ぎ手など学生や私が図面を書いたが、不十分な部分を技術職員の皆さんに補充してもらい完成に至った。ステンレス製のこれらの真空装置はこれからも長く教育研究に役立ってくれると思う。

イオン照射装置も土肥さんに設計依頼し、工作センターで作ってもらった。こちらは磁性薄膜の蒸着中にイオン照射を行い、化合物薄膜や薄膜の構造を制御するための物でいくつかの特許と論文として成果を残している。

さいごに

筆者がこれまでに工作部門(工作センター)で作製してもらった研究・教育用機材の一部を紹介した。工作現場では不十分な図面(例えば図 3、4)からこちらの意図を読み取って作っていただけるのは教育研究現場に寄り添った部署があるからである。大学の学生や教員は解決すべき課題についてのアイデアを中心に、製作者の苦勞を考えずに作図してしまう。できあがった図面を持って相談に行ったら、初代のセンター教員の亀田博先生に「この様な図面を「いも判製図」と言うんですよ」とニコニコしながら注意されたことが懐かしく思い出される。不備のある図面にもかかわらず意図通りに装置が完成したときには、研究成果を上げることだけに限らず図面の書き方を含めいろいろなことを学んだことに間違いはない。さすがに設計の専門家、土肥さんに設計を依頼して工作センターで作ってもらったものは失敗が少なく、また長期間の使用に耐えうる物が多かった。

大学での研究は、学生と共に進めてこそ意義が増す。学生を巻き込んだかという点からは工作部門を十分に活用できたとは言いがたい。設計段階でもっと学生と一緒に進めておけば、学生に知識と経験が積み上がったに違いない。また設計の専門家のやり方を見聞きすることも大変役立つことだろう。ものづくりの素養を養う絶好の機会を十分に活用できなかったことはもったいない話である。

これまでお世話になった部門(センター)の機械工作およびガラス工作の技術職員、歴代のセンター教員に感謝の意を表したい。ありがとうございました。

格子欠陥研究と工作部門

数理物質系 谷本 久典

結晶とは、原子や分子、イオンが規則正しく周期的に配列した固体物質のことである。その周期性を表す便宜上の“型”のようなものとして結晶格子という概念が用いられる。例えば、碁盤には縦横19本の線が引かれていて格子となっているが、その交点（格子点）に碁石（原子など）を置くことで（2次元）結晶となる。図1（a）に示されるように、すべての格子点に原子が正しく存在する状態は特に完全結晶と呼ばれる。ところが、図1（b）のVと記された点線丸印で示されるように、現実の結晶では原子が存在しない格子点もごくわずかに存在する。これは一種の点状の構造乱れであり、原子空孔と呼ばれる。逆に格子点以外に原子が存在する場合もあり、このような原子は格子間原子と呼ばれる。原子空孔や格子間原子のような幾何学的な乱れに対して、組成的に含まれないはずの原子は不純物と呼ばれる。図1に示される、これらの乱れは0次元（点状）と見なせるので、点欠陥と総称される。点欠陥以外にも、1次元（線状）や2次元（面状）に広がっ

た乱れもある（興味があれば[1]などの文献を参考にされたし。）このような結晶周期性の乱れは、ひとくくりに格子欠陥とか結晶欠陥と呼ばれている。“欠陥”と言われると負のイメージを持ちがちであるが、金属から半導体、有機物質の広い材料分野において、その高性能化・高機能化は結晶欠陥の制御によってもたらされていると言っても過言ではない。化学物質が量や使い方によって薬にも毒にもなることに似ている。

筆者がこれまで行ってきた格子欠陥に関する研究において、装置製作や試料準備などで筑波大学工作部門には大変お世話になっている。ここでは特に印象に残っている工作物などについて、研究内容とともに紹介したい。

1. 内部摩擦測定装置：格子欠陥の挙動に関する研究

外部から力学的な力（外力）を加えたときの変形挙動を評価し、特徴づけたものは力学特性と呼ばれる。結晶に外力を加えると、下地ともいえる結晶格子自身も変形するが、それに加えて格子欠陥が移動したり方向性を変えることに付随して表れる変形もある。格子欠陥の移動や方向変化には原子の移動を伴うため、後者は外力に対して即時的に応答できないことがある。外力に対する変形の時間変化を観測することで、格子欠陥の運動について情報を得ることが可能である。

我々の研究室では、オルゴールのくし歯（金属板）や管楽器のリードのように、薄板状に成型した試料を振動させ、そのときの共振振動数から弾性率（動的ヤング率）、自由減衰振動から内部摩擦（機械的

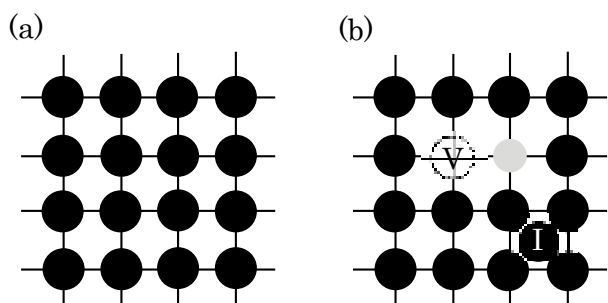


図1 (a) (2次元)完全結晶:規則正しく配列した格子点(縦横の線の交点)のすべてに原子が存在。(b) 構造の乱れ(格子欠陥)を含む結晶の例:図では点欠陥として、格子点に原子が存在しない原子空孔(V)、格子点でない隙間に存在する(自己)格子間原子(I)、本来とは異なる化学種の不純物原子(●)を含む。

振動エネルギー損失)を計測している(図2参照)。身近な例を用いて説明するならば、ブランコを一定の振れ幅となるように漕いでいるときにその振動数(あるいは周期)を、漕ぐのを止めてだんだんと振れが小さくなっていくときの振れ幅の時間減衰から振動エネルギーの損失を求める。これは誘電損失や磁気損失の測定において、動的感受率の実部と虚部を測定していることに相当する。

内部摩擦測定装置の試料付近の写真を図2に示す。取り扱いを容易にするため、薄板状試料は銅製試料ホルダーにネジ及び銅製バンドにて固定されている。この試料ホルダーを銅製の“ベッド”と称しているものに取り付ける。ベッドには電氣的に絶縁された電極があり、薄板状試料を対向させることでコンデンサが形成される。試料が振動すると電極と試料間の距離、すなわちコンデンサの静電容量が変化するので、その変化を検出すれば試料振動の様子を非接触で検出可能となる。図2に示すベッドでは、厚さや長さが異なる試料でも最適な位置とできるように、電極や試料ホルダーの位置調整ができる機構を備え



図2 内部摩擦測定用ベッド及び銅製試料ホルダーに固定された薄板リード試料(長さ約15mm、幅2mm、厚さ0.2mm)。ベッドから電氣的に絶縁された電極から約0.1mm離して、対向するようにリード試料を設置することで、コンデンサが形成される。電極と試料間の間隔が変わるとコンデンサ容量が変化することを利用して、試料の振動状態を計測する。異なる形状の試料に対応できるように、試料ホルダー位置や電極高さは可変となっている。写真に写っているベッドや試料ホルダーの加工、薄板状試料切り出しなど、多くの作業を工作部門機械工作室に依頼している。

ている。

この試料ホルダーやベッド以外にも、ガラス製デュワー瓶、真空フランジなども工作部門にて作製していただき、現在も測定に活用している。さらには、高速カッターや放電加工によるインゴット塊から0.2mm厚の薄片状試料の切り出し加工も依頼している。

2. 低温照射用 He クライオスタット：高融点体心立方(BCC)金属の自己格子間原子の移動様式

結晶に、十分な高速にまで加速した電子や中性子、イオンなど高エネルギー線を照射すると、結晶内の原子と衝突し、ビリヤードの的玉のように原子が弾き飛ばされて結晶構造が局所的に乱される。このようにして形成された格子欠陥は特に照射欠陥と呼ばれる。最も簡単な照射欠陥は、原子が弾き飛ばされて不在となった原子空孔と弾き飛ばされて格子点ではないすき間に入り込んだ格子間原子の対である。高温から水中などに急冷すること(焼き入れ)でも原子空孔は導入可能である。ところが、格子間原子は焼き入れでは導入できず、また液体窒素温度77Kでも結晶内を移動できるものがある。そのため、格子間原子の導入には極低温(例えば液体ヘリウム温度4.2K)での高エネルギー線照射実験が必要である。このような実験の困難性もあり、格子間原子の挙動については未だ統一的理解が和えられているとは言い難い。

我々は、核融合炉の炉壁材の候補でもあるMo及びWに対して4.2Kでの2MeV電子線照射及び内部摩擦測定を行うため、電子線照射用クライオスタットを工作部門にて作製していただき、日本原子研究所(現量子科学技術研究開発機構)高崎研究所にて実験を行った。残念ながら手元に写真などの素材がなく、代わりに図3にその外形を概略図で示す。その製作において、加藤先生に座屈強度の計算を、また内田様には機械加工のほかアルミ合金や銅の溶接

にも挑戦していただき、設計以上のものが完成した。
そのおかげで Mo や W の自己格子間原子の移動の

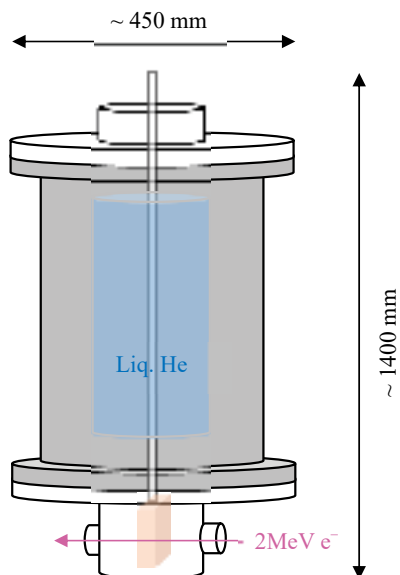


図3 低温電子線照射用クライオスタットの概略図（工作部門機械工作室作製）。本体外装で最も体積を占める円筒部（グレー部分）は軽量化のためにアルミ合金製で、上下のフランジ部（白塗り部分）はステンレス製。円筒部とフランジ部はOリングを介して機械的に接合。下のフランジ部には電子線が入射できる窓、またその内部には内部摩擦測定用ベッド（薄橙色）がある。本体中央には約10リットル容量の液体ヘリウムタンクがあり、電子線照射や昇温実験をしないときには試料を2日以上液体ヘリウム温度に保つことが可能。

開始温度や様式についての論文を発表することができた[2]。

3. 超微粒子搬送管：超微細多結晶金属（ナノ結晶金属）作製装置

通常、金属は小さな結晶の粒が寄り集まって一つの塊となった多結晶と呼ばれる状態になっており、その粒の大きさ（結晶粒径）は数ミクロン以上である。1990年代、数10nm 径の金属ナノ粒子を集めて圧縮固化する手法が開発され、結晶粒径が100nm 以下と超微細な“ナノ結晶材料”という新規の材料研究が始まった。しかしながら、この手法ではナノ粒子の表面の酸化や汚染が起きやすい、超微粉末ゆえ均質圧縮固化が困難、などの欠点がある。我々は、真空冶金株式会社（現アルバック）にて開発された、超微粒子をエアロゾル化してすぐさま基板上に吹き付けることで薄膜材料を形成するガスデポジション装置に着目し、鉄やニッケル、金や銅、シリコンなどの高密度・高品質ナノ結晶材料薄膜の作製を可能とし、その特異物性について研究してきた。

He ガス+ナノ粒子のエアロゾルジェット流の形成及び基板に向けての吹き付けには、図4に示す搬送管を用いるのだが、試行錯誤しながら最適な形状を探索し、実際に作製していただいた。搬送管は、外径3.18mm、肉厚0.72mm のステンレスパイ

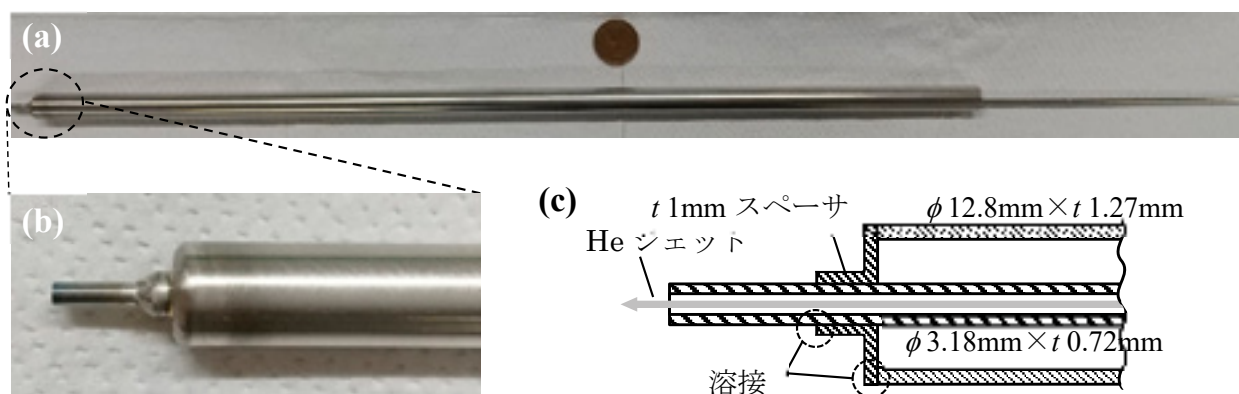


図4 (a) ガスデポジション装置において、Heガスでエアロゾル化した金属ナノ粒子を、ガス差圧を利用したジェット流により加速し、基板上に吹き付けるために使われる搬送管（工作部門機械工作室作製）。(b) 先端部拡大。(c) 先端部拡大の断面図。細いパイプ内をHeガスジェットがスムーズに通過するために、スペーサとの接合部付近の内面が溶接で凸凹にならず平滑のままであることが要求される。

ブと内径12.7mm、肉厚1.24mmのステンレスを厚さ1mmの円板型スペーサで連結した同芯二重構造となっている。特に外径3.18mmのパイプ内部にはエアロゾルガスジェットが流れるため、極力平滑であることが望まれる。さらに、高温にも耐えかつ高真空となる必要もあるため、2本のパイプとスペーサはTIG溶接（不活性ガス中での電気溶接）されている。肉厚が0.72mmと薄いパイプとスペーサの溶接では工作部門の内田様や石川様に大変なご苦勞をおかけして、パイプ内面が溶接前と同様にスムーズなものの制作にこぎつけていただいた。金属ナノ結晶材料の特異な物性及び粒界状態についての研究から、論文発表[3]に加え、多くの博士及び修士修了学生を輩出することができた。

4. 石英ノズル作製及び試料石英管封入：液体急冷法による非晶質合金の作製や各種合金の熱処理

窓やコップなどに使われる“ガラス”の成分は主

にSiとO、NaやCaなどである。一方、原子レベルで見た場合、“ガラス”は結晶のように構成原子が規則正しく整列していない非結晶の状態（非晶質あるいはアモルファス）の代表である。金属や合金で非晶質状態は実現できないと思われてきたが、1960年に液体状態のAuSi合金を急速冷却すると非晶質固体が得られることが発見され、大きなインパクトを与えた。従来は1秒間に100万℃オーダーの冷却が必要であったが、現在では最適な合金組成の探索により1秒間に1℃の割合での冷却でも非晶質状態となる合金系も見つかっている。これら合金の非晶質状態は準安定であり、熱処理や変形、そして電気パルス印加で結晶に変化することが分かっているが、その詳細な過程は未だよくわかっていない。

非晶質合金の作製には、高速回転させた銅製ロールに溶融させた合金を吹き付けることで急速冷却する、単ロール液体急冷法が良く使われる。ここで、合金を溶融、さらには銅ロールに向かって噴出させるために、試験管状に加工した石英ガラス管が良く使われる。図5は、我々が工作部門ガラス工作室に依頼している石英ガラス管である。合金系に適した先端ノズル形状、菅の太さ・長さなどの変更にも随時対応してくださり、新しい合金系での非晶質合金作製時にも大いに助けられている。

また、我々の研究室では、非晶質合金の結晶化を電気抵抗変化から検出している。薄片状試料の電気抵抗測定のために、Fe並みに高い熱伝導性を有する窒化アルミ／窒化ホウ素複合材製基板に銅線端子を取り付けたものを使って行っている（図6）。この複合材は機械加工可能なことから、マシナブルセラミクスとも呼ばれている。銅線埋め込みのための溝加工を含めて、ここでも工作部門にお世話になっている。これら工作部門で作製していただいた部品を用い、アモルファス合金の結晶化について最近も論文[4]発表することができた。

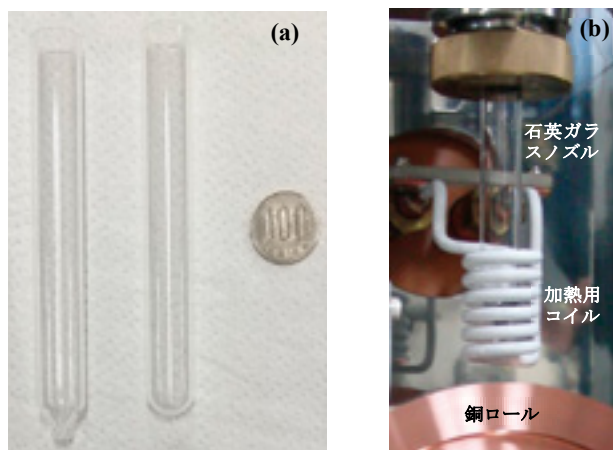


図5 (a) 単ロール液体急冷装置で非晶質合金作製のために使われる石英ガラス製ノズル（工作部門ガラス工作室作製）。左側のものは先端部をすぼませてあり、その中心には0.6mm径の穴がけられている。右側のものは先端が丸くなっているが、同様に中心には0.6mm径の穴が開いている。合金種や作製したい試料の形状に応じて両者を使い分けている。(b) 単ロール液体急冷装置内部の様子。石英ガラス製ノズル内に母合金を入れ、加熱用コイルに高周波電流を加えることで合金を融解させる。高速回転させた銅ロールに向かって融体を噴出することで、1秒間に100万℃程度の急速冷却による固化が可能。

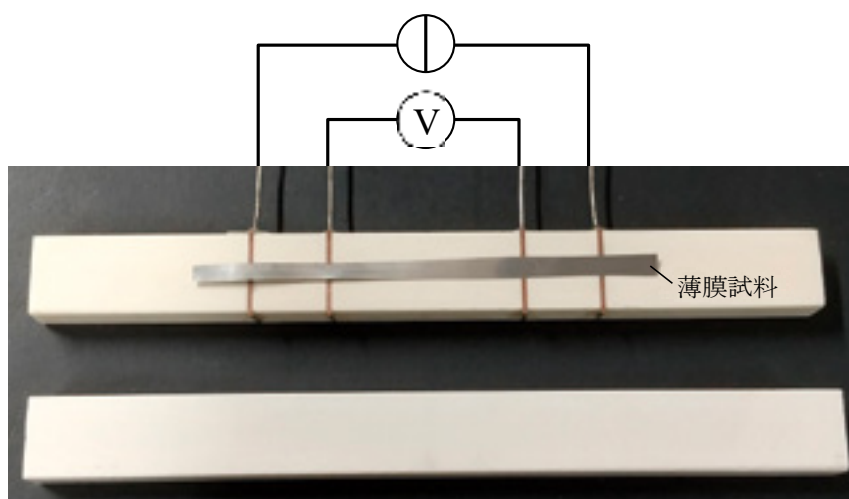


図6 薄膜試料電気抵抗測定用セラミックス基板（白い角棒のもの、工作部門機械工作室作製）。薄膜試料を2枚のセラミックス基板で挟み込み、四端子法にて電気抵抗測定を行う。写真上側のセラミックス基板には0.5mm径の半円状溝が4か所彫られており、そこに埋め込まれた銅線を電流及び電圧端子として試料に接触させる。セラミックスの材質は窒化アルミ／窒化ホウ素複合材であり、熱伝導率が90W/K/mとFe並みの値で放熱性に優れる。また、密着性をよくするために、試料と接する面は精密研削加工されている。

5. 試料真空封入

高温になると固体物質内部でも原子の移動(拡散)が顕著になる。例えば、原子空孔が移動（正確に言えば隣接する原子が空孔位置にジャンプすることで、あたかも原子空孔が移動したように見える）をし始め、表面などに達することで消滅する。このような高温で保持する熱処理は焼鈍と呼ばれており、原子空孔以外の格子欠陥も焼鈍でその数が減少する。格子欠陥で色付けされていない、結晶本来の性質を引き出すためには必要な熱処理である。

大気中で焼鈍を行うと表面で酸化が生じてしまう。これを避けるには、酸素が存在しない状態での焼鈍が必要となる。また、高温になると蒸発して試料から抜け出しやすくなる元素があり、真空ポンプで常に排気している中で焼鈍すると（特に表面付近で）組成変化が起きてしまう。この回避のために、真空にしたあるいは不活性ガスを入れた石英ガラス管に試料を封じ込めた状態で焼鈍することが行われる。Mn は飽和蒸気圧が高い金属の典型であり、FeMn系合金や CrMnFeCoNi 合金の石英管への真空封入

[5]を工作部門ガラス工作室に数多く依頼している。最近、高エントロピー合金として注目されているCrMnFeCoNi合金の化学的局所構造形成について論文[6]発表を行った。

6. 最後に

上記以外にも、真空配管部品やガラス工作物の修理など、日頃から工作部門には大変お世話になっている。我々の格子欠陥研究では、試料や装置に特殊な形状や使い方が望まれることが多々あり、それに応えてくださる工作部門はなくてはならない存在である。金に糸目をつけなければ、望む測定装置や試料作製装置のほとんどが購入可能な時代である。しかしながら、無謀とも思えるような用途・用法を一般の装置メーカーに伝え、安全性や実現性の担保が難しいとかで断られる、あるいは請け負ってくれたとしても法外な値段となったりするかもしれない。上記に述べた工作依頼も含めて、これまでに工作部門の方々にはかなりの無理難題をお願いしてきており、それにも関わらず親身になってご協力してくださったことは感謝の念に堪えません。挑戦したいと

いうわがままな志に、これからもお力添えいただけると大変助かります。そして、互いの関係がより深まり、向上し合えることを願っています。名具と使い手がそろってこそ新しい境地が切り開けるのだから。

謝辞

工作部門機械関係では加藤泰雄先生、長田秀治先生、京藤康正先生、堀三計先生、佐々木昭治様、内田豊春様、吉住昭治様、石川健司様、小川祐生様、そしてガラス工作関係では 明都茂様、門脇英樹様、の方々に設計相談、工作、技術指導などで特にお世話になりました。深く感謝申し上げます。また、筑波大学での内部摩擦測定や低温照射実験に始まり、現在に続く研究をご指導してくださった故奥田重雄先生、水林博先生には心より感謝いたします。ガスデポジション装置を用いた試料作製で多くのご助言・ご援助を頂きました故田崎明先生、喜多英治先生にも深く感謝いたします。

参考文献

1. 藤田英一、“格子欠陥（基礎物理科学シリーズ〈10〉）”，（1980）、朝倉書店
2. H. Tanimoto, H. Mizubayashi R. Masuda, S. Okuda, T. Iwata, H. Takeshita, and H. Naramoto, Internal Friction Measurement of Mo after Low-Temperature 2MeV Electron Irradiation”, *phys. stat. sol. (a)*, 132 (1992), 353-360: H. Tanimoto, H. Mizubayashi, H. Fujita, and S. Okuda, “Anelastic Study of Nanocrystalline Gold Prepared by Gas Deposition Method”, *J. de Physique Colloque*, 6 (1996), C8-199-202: H. Tanimoto, H. Mizubayashi, H. Fujita, and S. Okuda, “A Study of Self-Interstitial Atom in W by means of Low-Temperature Irradiations”, *J. de Physique Colloque*, 6 (1996), C8-285-288: H. Tanimoto, S. Sakai, K. Otuka, E. Kita, and H. Mizubayashi, “Underlying Mechanisms for Unique Elastic Properties of Nanocrystalline Au”, *Materials Science and Engineering A*, 370 (2004), 177-180.
3. T. Xi, T. Sato, R. Suzuki, and H. Tanimoto, “Glass-Transition-Like Behavior of Grain Boundaries in Nanocrystalline Gold”, *Mater. Trans.* 59 (2018), 47- 52: N. Yagi, A. Rikukawa, H. Mizubayashi, and H. Tanimoto, “Experimental tests of the elementary mechanism responsible for creep deformation in nanocrystalline gold”, *Physical Review B*, 74 (2006), 144105 (7 pages): S. Sakai, H. Tanimoto, E. Kita, and H. Mizubayashi, “Characteristic Creep Behavior of Nanocrystalline Metals Found for High Density Gold”, *Phys. Rev. B*, 66 (2002), 214106 (9 pages).
4. H. Tanimoto, K. Takeuchi, T. Ikegami, and T. Okazaki, “Inhibition of Electropulsing Nanocrystallization in Amorphous ZrCu under Helium Atmosphere”, *Mater. Trans.* 61 (2020), 878-883.
5. 筑波大学研究基盤総合センター工作部門、工作ニュース No.11 (2020)、p.12.
6. H. Tanimoto, R. Hozumi, and M. Kawamura, “Electrical resistivity and short-range order in rapid-quenched CrMnFeCoNi high-entropy alloy”, *J. Alloys and Compounds* 896 (2021), 163059 (6 pages).

IoT社会・ゼロエミッション社会に向けた 電気化学熱電変換

数理物質科学研究群 物理学学位プログラム 井上 大
数理物質系 福住 勇矢

1. はじめに

IoT社会・ゼロエミッション社会の実現には、身近な生活環境中のエネルギーから電気エネルギーを作り出すエネルギーハーベスト技術の開発が重要である。その技術の一つとして、電気化学ゼーベック効果を用いた熱電変換セルが注目されている[1]。

ここでは、 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 水溶液を使用した熱電変換セルを一例に、動作原理を簡単に説明する。図1に熱電変換セルの模式図を示す。電極間に温度差を印加すると、高温側の電極で酸化反応 ($[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} \rightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + e^-$) が進行する一方、低温側で還元反応 ($[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + e^- \rightarrow [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$) が進む。全体として電極間に電位差が発生し、外部回路を接続すると電流の取り出しが行われる。電極反応で発生した $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 、 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ は緩やかに電解液中を反対方向に移動することで、反応は持続的に進行する。この熱電変換セルの性能を決定づける重要なパラメータが電

気化学ゼーベック係数 α ($= dV/dT$; V は酸化還元電位、 T は温度) である。電気化学熱電変換の実用化には、より大きな α を示す溶液の探索が必要である。当研究グループでは2019年より、溶液の α に関する研究を始めた。

ところで、実際の α の決定法は文献によって実に様々である[1][2]。研究を始めるにあたり、当グループでも独自に最良の α の決定法を確立する必要が生じた。

さらに、 α の決定に留まらず、現象の微視的な理解は重要である。熱力学の観点から、 α は酸化還元反応に伴う系のエントロピー変化 ($\Delta S \equiv S_{\text{red}} - S_{\text{ox}}$) を素電荷で除したものに等しい。溶液系のエントロピー変化を議論するには酸化(還元)状態の溶質まわりの配位環境を知る必要があり、これにはX線吸収分光(XAFS)測定が有効である。そこで、XAFS測定に適する液体セルが必要になった。

本稿では、工作部門で設計相談・機械工作委託をした(i) α 決定用の熱セルの開発と(ii) XAFS測定用セル(透過法・蛍光法)の開発についてまず紹介する。そして(iii)これらの装置によって得られた結果と今後の展望について簡単に述べる。

2. α 決定用の熱セルの開発

α は、印加した電極間の温度差 ΔT に対して生じた起電力 ΔV の傾きから決定する。よって、両極の温度を独立にモニター・制御し、同時に電極間の電圧を測定する必要がある。また、短時間で正確な温度制御が可能のように、少量の溶液で測定できることが望ましい。

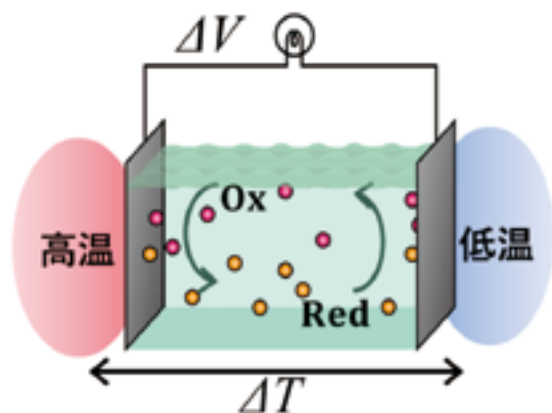


図1 熱電変換セルの模式図。Ox(Red) は電解液中に溶解した溶質の酸化状態(還元状態)を表す。電極間の温度差 ΔT から起電力 ΔV が発生する。

図2に、今回開発した α 決定用の熱セルの設計図を示す。中心の試料室は数百 μ Lの溶液で満たされ、両端を白金電極で挟み、熱電対を仕込んだアルミを接続する。アルミのネジ径や厚みは、セルの組み立てがしやすく熱応答性が良い仕様を工作部門と検討した。アルミの外側にはペルチェ素子を接続させ温度制御する。さらに測定可能な温度幅を広げるため、ペルチェ素子の外側にヒートシンク・ファンを接続し、ペルチェ素子自体に生じる温度差を維持させる工夫を行った[3]。

図3に、 α 決定用の熱セルのテスト測定結果を示す。テストには $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 水溶液を用いた。1時間程度の短い測定時間にもかかわらず、0.1 Kオーダーの精度で安定した温度制御ができ、昇温過程(赤)と降温過程(青)での結果が一致した。これはセル全体の熱応答性が優れていることを示し、実験に十分な性能を発揮しうることが確認できた。

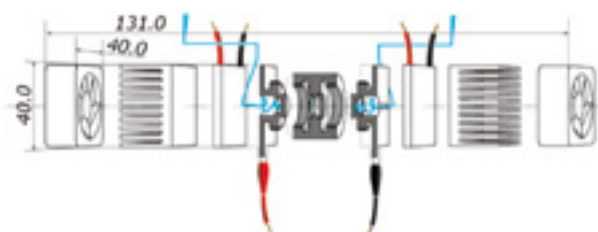


図2 溶液用熱セルの設計図。中心が試料室で、両端を白金電極とねじ込み式のアルミ部材で挟む。ペルチェ素子で両端の電極温度を独立に制御し、温度差によって生じる起電力を測定する。

3. X線吸収分光(XAFS)測定用セルの開発

XAFS測定は、エネルギーを変えながら試料に放射光X線を入射し吸収スペクトルを得る測定方法で、透過法と蛍光法がある。本実験において試料は液体であるため、測定用セルではX線が入出射できる窓が必要である。また、短時間で容易に組み立てられ測定時間中溶液を十分に保持し続けられることが必要である。

図4に、開発した(a)透過法用と(b)蛍光法用のXAFS測定用セルの写真と(c)測定の配置を示す。透過法と蛍光法は測定する溶液の濃度領域によって使い分ける。試料には有機溶媒を想定しているため、セル本体にPTFEを用いた。透過法用セルでは、窓材にカプトンシートを使用し、押さえ板でカプトンを固定する。使用する有機溶媒によってX

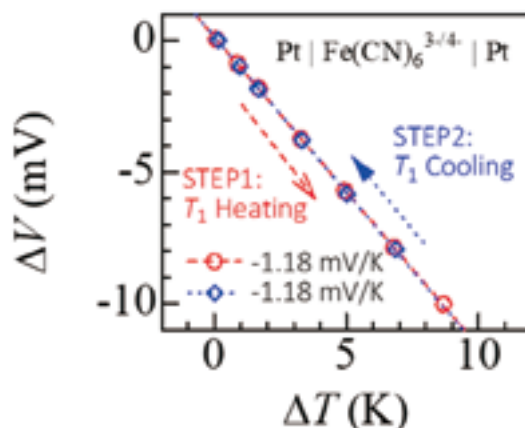


図3 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ 水溶液の α 測定結果。赤は昇温過程、青は降温過程をそれぞれ表す。

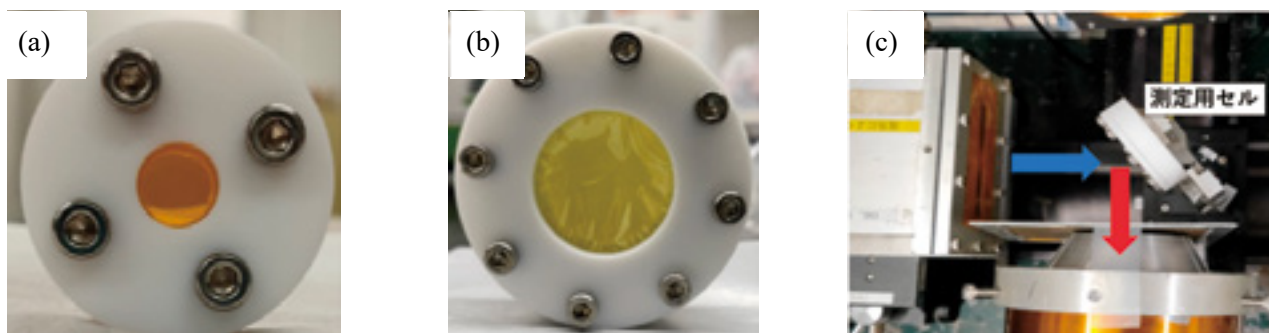


図4 (a)透過法用と(b)蛍光法用のXAFS測定用セル。(c)はPFでの蛍光収量法測定の様子。青矢印は入射X線、赤矢印は蛍光X線を表す。

線の透過率が異なるため、厚さが異なる中板を複数作製し、光路長の溶液厚さ（光路長）を制御できるように設計した。蛍光法用セルでは、長時間の測定に耐えるよう工作部門と検討し、Oリングで気密性を強化している。

図5に、作製した測定用セルの気密性のテストの様子を示す。透過法用セルでは、測定に必要な15-30分程度の時間は十分な量の液体が保持されるが、2時間経つと気泡が大きくなることが分かった。一方、蛍光法用セルでは測定に必要な1-2時間を大きく超えてもセル内の気泡は極めて小さいままであり、Oリングの効果があつた。いずれのセルも、XAFS測定に十分適していることが分かった。

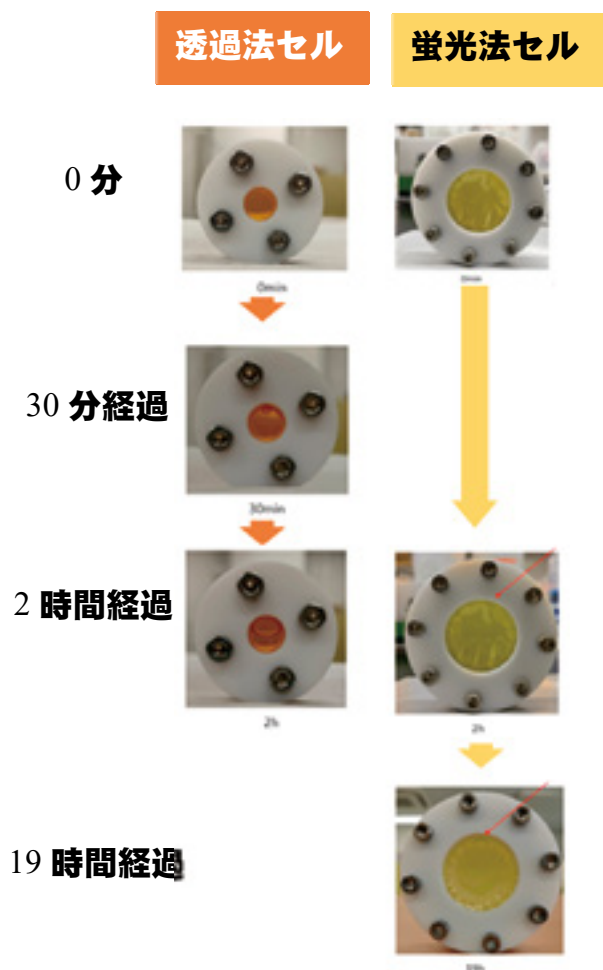


図5 透過法用と蛍光法用のXAFS測定用セルのリークテスト写真。透過法用は2時間後に半分程度が気泡になっているが、蛍光法用は19時間たっても気泡（赤矢印）が極めて小さいまま維持された。

4. 熱セル・XAFS セルにより得られた結果

ここからは、開発した2つのセルで得られた研究成果を紹介する。

α 決定用の熱セルを用いて、溶質 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ を用いた16種類の有機溶媒における α を決定した。試料は、有機溶媒に $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ と $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ を10 mMずつ溶解し作製した。用いた有機溶媒は、エタノール (Et)、1-プロパノール (1Pr)、2-プロパノール (2Pr)、1-ブタノール (1Bu)、2-ブタノール (2Bu)、イソブチルアルコール (iBu)、エチレングリコール (EG)、グリセリン (glycerin)、アセトン (acetone)、ジメチルスルホキシド (DMSO)、ジメチルホルムアミド (DMF)、炭酸プロピレン (PC)、テトラヒドロフラン (THF)、アセトニトリル (MeCN)、酢酸エチル (EA) であり、これらの溶媒はプロトン性と非プロトン性に分けられる。

図6に、(a) プロトン性溶媒、(b) 非プロトン性溶媒における起電力の温度依存性を示す。塗りつぶしが昇温過程、中空きが降温過程を表す。すべての溶液において昇温過程、降温過程が一致し、熱履歴は見られない。傾き α は0.14~3.6 mV/Kと幅広く分布し、顕著な溶媒分子依存性が確認された。

次に、XAFS測定でFeイオンまわりの局所構造を調べた。測定はKEKのフォトンファクトリー (PF)

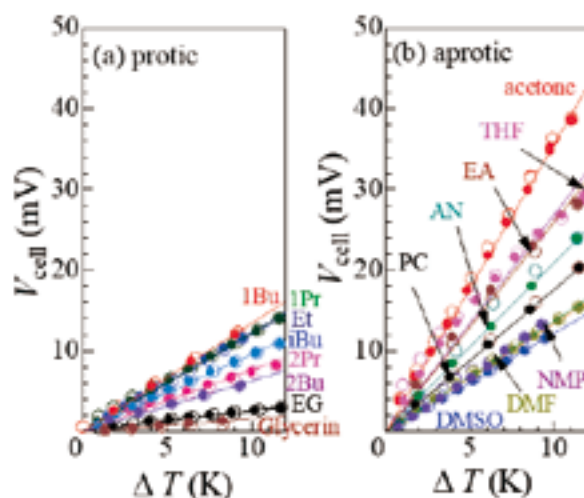


図6 (a) プロトン性溶媒、(b) 非プロトン性溶媒における起電力の温度差依存性。傾きが α に対応する。

BL-9A を利用した。

図 7 に Fe^{2+} 溶液の FeK 端吸収端プリエッジスペクトルを示す。縦軸が吸光度、横軸がエネルギーである。また、溶媒名の後の括弧内には、図 3 で得られた α の値が示されている。プリエッジスペクトルは $1s \rightarrow 3d$ への電子励起に対応し、選択則により禁制遷移であるためメインピークに比べて強度が弱い。溶液中の Fe イオンは通常 FeL_6 として 6 つの溶媒分子 (L) が配位する八面体構造をとる。八面体構造は Fe イオンの d 軌道と配位子の p 軌道との混成が弱く、強度が小さいダブルピークを示す。しかし、対称性が低下し配位子の p 軌道との混成が大きくなると、ピーク強度が増しシングルピークとなることが知られている[4]。図 5 では、 α の値が小さい EG ではダブルピークであることがわかる。他方、 α の値が大きい acetone, THF, PC では、ピーク強度が増し、シングルピークに変化していることがわかる。したがって、 α が大きな溶媒分子は、Fe まわりの対称性が低下することを示唆する結果が得られた。

5. まとめと今後の展望

本研究では、熱電変換セルの α の決定や、溶液の X 線吸収分光測定を装置開発の段階から行った。 $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ を用いた有機溶液では、 α の顕著な溶媒分子依存性が見られた。また X 線吸収分光測定により、

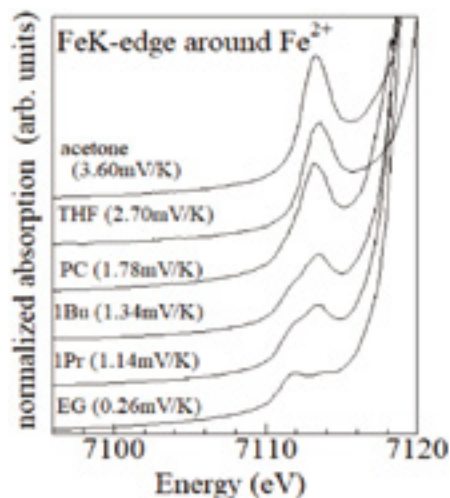


図 7 Fe^{2+} 溶液の FeK 端吸収端プリエッジスペクトル。括弧内に α の値を示す。

α が大きな溶液では Fe^{2+} まわりの対称性が低下していることを示唆する結果が得られた。

今後は XAFS 測定をより詳細に行い、EXAFS 解析を通じて Fe イオンまわりの局所構造（配位子、配位数、結合長等）を明らかにしていく。

6. 謝辞

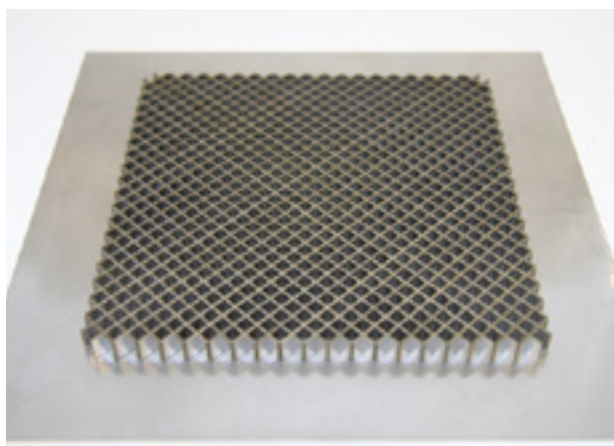
今回、工作ニュースに寄稿する機会を頂きました。本研究で用いた装置の設計・実験の導入には、数理物質系の守友浩教授、丹羽秀治助教のご指導・ご助言を頂きました。ここに感謝の意を示します。工作部門の方々には、熱セルの増設・改良など、多数のお願いに丁寧に対応して頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。特に XAFS 測定セルはビームタイムが迫っている中、迅速に対応して頂き、無事に間に合い測定することができました。今後ともお世話になりますが、どうぞよろしくお願い申し上げます。

参考文献

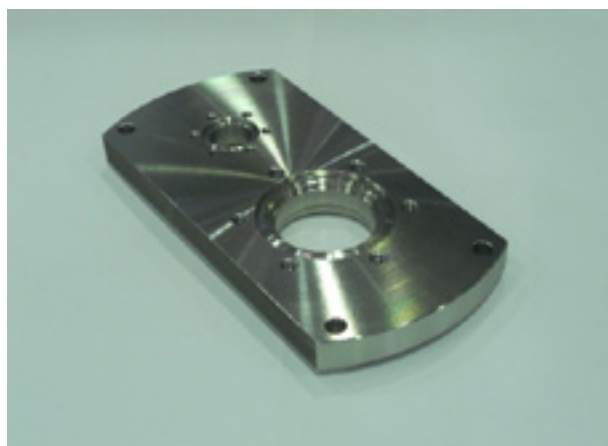
- [1] J. Duan, G. Feng, B. Yu, J. Li, M. Chen, P. Yang, J. Feng, K. Liu and J. Zhou., *Nat Commun.* 9, 5146 (2018)
- [2] J. Kim, J. Lee, R. Palem, M. Suh, H. Lee and T. Kang., *Sci Rep.* 9, 8706(2019)
- [3] Y. Fukuzumi, K. Amaha, W. Kobayashi, H. Niwa and Y. Moritomo., *Energy Technol.* 6, 10 (2018).
- [4] T. E. Westre, P. Kennepohl, J. G. DeWitt, B. Hedman, K. O. Hodgson, and E. I. Solomon, *J. Am. Chem. Soc.* 119, 6297 (1997)
- [5] D. Inoue, H. Niwa, H. Nitani, and Y. Moritomo, *J. Phys. Soc. Jpn. Lett.* 90, 033602 (2021) Editors' Choice

連絡先

井上大 s2130038@s.tsukuba.ac.jp



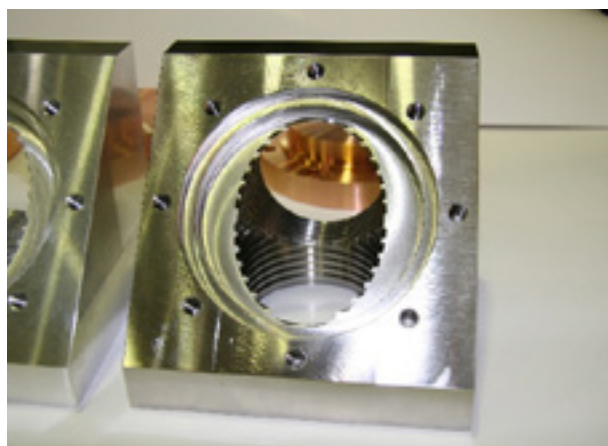
直交ミラーアレイ



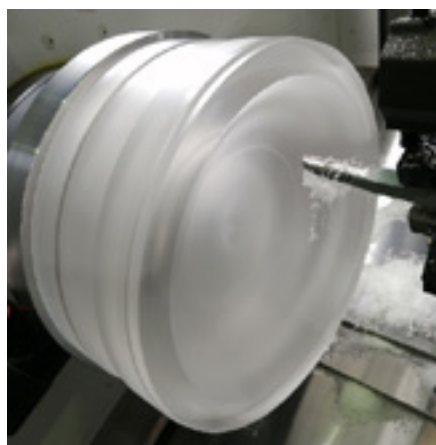
ポートIFC変換



アンテナミラー



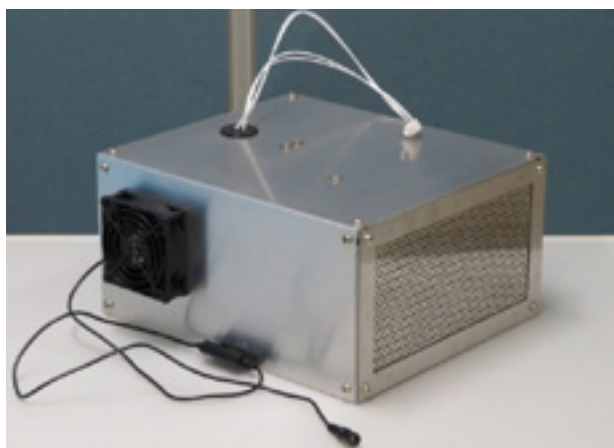
マイターベンド



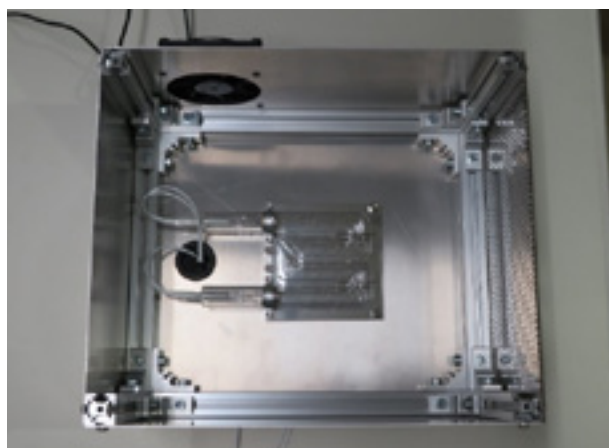
音響レンズ



真空バルブサポート台



外観

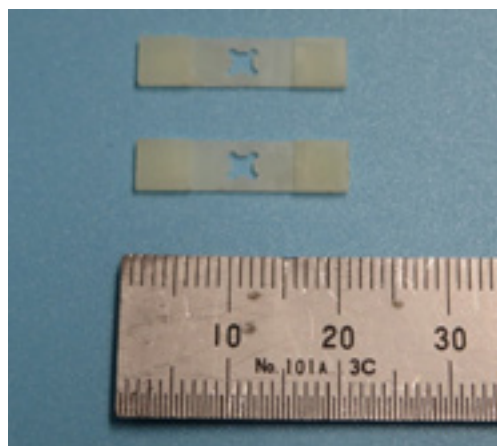


内部

紫外線照射用アルミボックス



試験管攪拌装置



サンプル抑え

利用の手引き

国立大学法人筑波大学研究基盤総合センター工作部門は学内共同教育研究施設の一つで、実験機器・装置の設計・製作やものづくりの相談、実習を通して本学の研究・教育の向上に寄与することを目的としている。

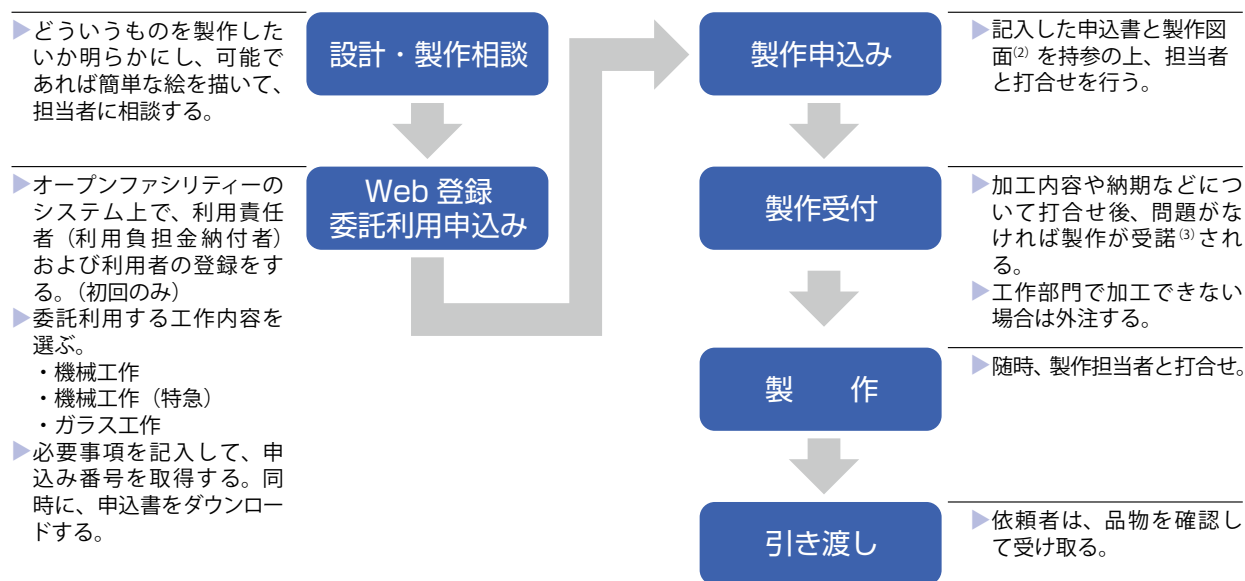
工作部門には、機械工作室、ガラス工作室、公開工作室がある。機械工作室では、汎用工作機械や数値制御（NC）工作機械による直線形状や曲線形状の機械加工、TIG溶接や銀ろう付などの溶接作業等を行っている。ガラス工作室では、手作業やガラス旋盤などによる加工や修理、精密切断機や卓上CNCフライス盤による切断作業や溝加工などを行っている。公開工作室では、利用資格を持った教職員、学生が自由に機械加工をすることができる。

また、利用方法には委託利用と共同利用がある。委託利用は、実験機器・装置の製作を工作部門に委託する利用方法である。共同利用は、オープンファシリティーに登録されている機器（主に公開工作室の機器）を自身で操作して加工する利用方法である。

工作部門の円滑な活動を確保し、できるだけ多くの人が公平に利用できるよう、ご協力をお願いしたい。

委託利用

実験機器・装置の製作を工作部門に委託する利用方法である。委託する場合は、所定の手続きに従って工作依頼の申請を行う。まず、本学オープンファシリティーのシステムから委託利用⁽¹⁾を申し込む。委託利用の流れを以下に示す。



(1) オープンファシリティの利用

オープンファシリティとは、国立大学法人筑波大学が保有する研究設備の有効利用を図ることにより、最先端の機器を容易に利用できるようにするシステムである。利用マニュアルは、研究基盤総合センターオープンファシリティ推進室のホームページにあり、以下のURLで参照できる。

<http://openfacility.sec.tsukuba.ac.jp/wp/riyou1/>

(2) 製作図面

工作部門ホームページ (<http://www.kou-c.tsukuba.ac.jp/>) の学内向けページに図面の描き方があり、参照できる。

(3) 委託利用のルール

利用者への公平性の確保、工作部門内にある機器の効率的運用の立場から、次のルールにより製作業務を実施する。

- ①容易に市販品で代替できるものや規格品に準ずるものの製作は、原則として受けない。
- ②原則的には、受付日時の順番で製作する。
- ③数量が非常に多いものについては、外注扱いとする場合がある。
- ④工作部門の機器で製作できないものは依頼者と相談の上、外注とする。

依頼申込書(記入例)

押印は不要です

※オレンジ色の欄にご記入ください.

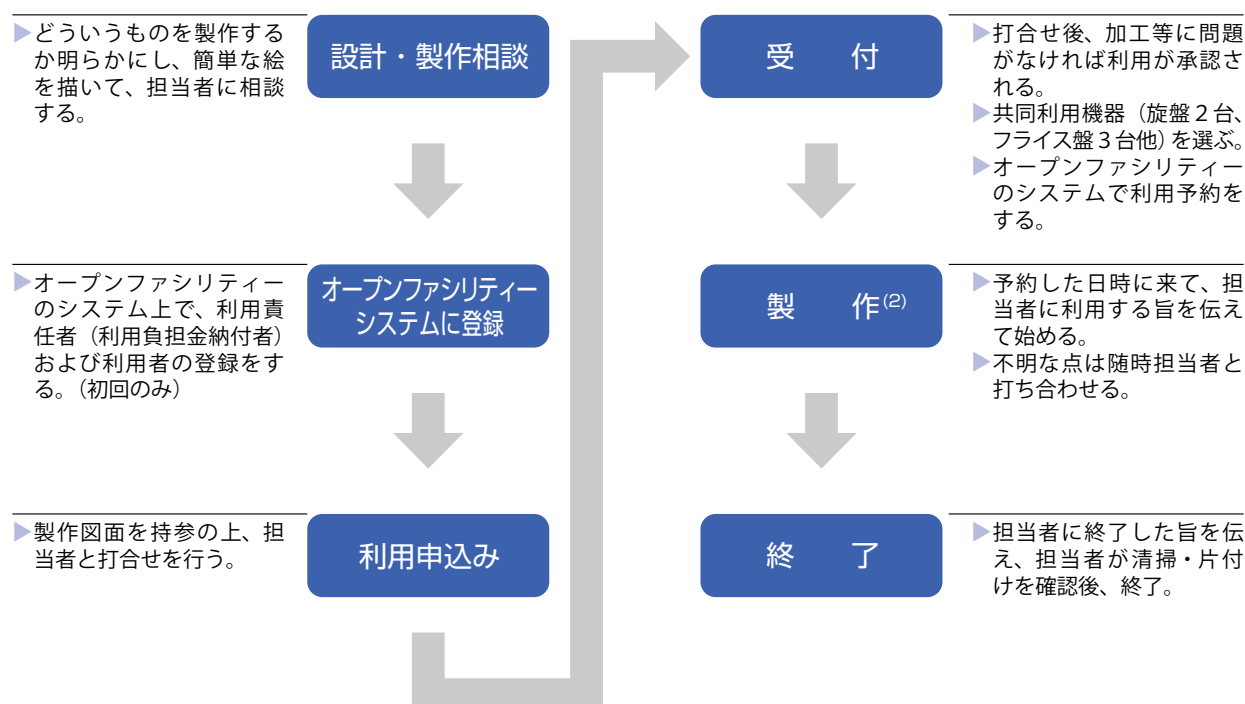
※支払責任者の押印は廃止いたしましたが、必ず事前に支払責任者の許可を得てください.

申込番号	12345678	受付日	令和 . .	受付番号	
所属部局名	○ × 系 △ □ 域				
支払責任者 (押印廃止)	筑波 太郎		依頼者	工作 花子	
工作名	センサ保持具		工作数	3 個	支給品 なし
工作図, 仕様を添付の上、提出願います					
金額	加工費	部品数が多い場合は、「1 式」 等の表記でも大丈夫です			
	材料費		開始日	年 月 日	
	外注費			月 日	
	その他		材料・部品の持ち込み等がございましたら 数量をご記入ください	月 日	
経費合計			受領者氏名		
備考					
依頼者連絡先					
TEL	1234		E-mail	X1234@YZ.tsukuba.ac.jp	

筑波大学研究基盤総合センター工作部門

共同利用

共同利用は、オープンファシリティーに登録されている機器（主に公開工作室の機器）を自身で操作して加工する利用方法である。まず、本学オープンファシリティーのシステムを利用してオープンファシリティー登録機器の利用を申請する。共同利用は、利用者資格登録⁽¹⁾をした教職員、学生が使用できる。その具体的な手順を以下に示す。



（１）利用者資格登録

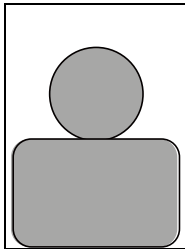
工作機械は不注意や操作ミスにより、利用者が大きな怪我を負うことがある。また、共同で利用する機器を破損して多くの利用者に迷惑を及ぼす。このため、共同利用機器の使用を希望する利用者は、安全に正しく使用することができるように、工作部門で実施する安全教育（半日）と操作実習（１日）を受講し、利用資格を得て登録する必要がある。

（２）利用上の注意

- ①利用者は、オープンファシリティーのシステム上で利用希望時間を予約する。なお、予約時間をキャンセルすることはできないので、工作部門担当者とよく相談する。
- ②機器の使用に当たっては、担当者の指示に従い、正しく操作するよう留意する。不明な点は、担当者に必ず問い合わせる。中途半端な使い方は、機器損傷や人身事故を引き起こす原因となる。
- ③作業終了後は、機器・工具及び周囲の清掃を十分に行う。切り屑は分別して廃棄する。
- ④共同利用に適応しない行為が認められた場合には、利用者資格登録を抹消する。

※利用資格登録申請書書式

令和 年 月 日



利用資格登録申請書（記入例）

申込承認 部局長名 茨城 次郎 (或いは指導教官)

申込者 所属部局名 ○×研究群△□学位プログラム

職名 博士前期 1 年 氏名 (フリガナ) きかい がらす 機械 硝子 (学年)

所属研究室 茨城研 内線 1234 学籍番号 123456789

E-mail kikai5039@glass.tsukuba.ac.jp

研究基盤総合センター工作部門の共同利用機器を利用いたしたく申込みます。

但し

工作機械使用実績 : ○印が該当事項です。

(イ) 経 験 有り 無し

(ロ) 使用機械

旋 盤 フライス盤 ボール盤

(ハ) 経験作業

旋 盤 : 丸削 内面削 突切り ねじ切り ローレット
 フライス盤 : 平削 ふち削 すり割 みぞ切り
ボール盤 : 穴あけ タップ立て リーマ作業
 手 仕 上 げ : けがき やすりがけ きさげ作業 板金

(ニ) 取扱い工具

旋盤用バイト : ハイス付刃 完成バイト 超硬バイト
 フライス : エンドミル ドリル その他

(ホ) 経験年数

旋盤 : 年、 フライス盤 : 年、 ボール盤 : **1** 年

特記事項 :

※ 研究基盤総合センター工作部門記入欄

受 付 : 令和 年 月 日 安全講習 : 令和 年 月 日

実 習 : 令和 年 月 日

認 定 : 令和 年 月 日

・登録番号 : _____

最近 4 年間の利用状況

令和 4 年 1 月 31 日現在

		平成 30 年度	令和元年度	令和 2 年度	令和 3 年度
[委託] 機械工作	件数 (件)	165(25)	185(27)	181(25)	218(15)
	時間 (h)	2273.5	2081.5	1834.5	2612
[委託] ガラス工作	件数 (件)	249	217	260	285
	時間 (h)	833.5	745.0	929	1175
委託合計	件数 (件)	414	402	441	503
	時間 (h)	3107	2826.5	2763.5	3787
共同利用 (公開工作室)	件数 (件)	289	33	6	1
	時間 (h)	842	73	14	3

※括弧内は特急件数

教育支援

令和4年1月31日現在

科目名		期 間	内 容
機械工作	3学系共用工作室利用者講習会	6月	3学系共用工作室を利用するにあたっての工作機械使用上の安全に関する講義
	大学院共通授業（機械工作序論と実習）	秋B集中講義	機械工作に関する講義と加工実習
	機械設計	秋BC	製図・機械要素を担当
	機械工作安全教育と実技講習会	通年随時	工作部門の公開工作室利用資格取得のための安全講習と加工実習
ガラス工作	ガラス工作実技講習会	通年随時 新型コロナウイルス感染症のため休止中	ガラス細工の基本作業

見学会

新型コロナウイルス感染症のため、本年度の開催はなし

研究基盤総合センター運営委員会工作部門運営委員会委員名簿

令和4年1月31日現在

所属・職名	氏 名	任 期	内線電話番号
副センター長（工作部門） システム情報系 教授	◎文字 秀明	※ R3(2021).4.1 ~ R5(2023).3.31	内線 5061
工作部門 システム情報系 准教授	江並 和宏	R2(2020).4.1 ~ R4(2022).3.31	内線 2528
システム情報系 教授	京藤 敏達	R2(2020).12.1 ~ R4(2022).11.30	内線 5105
数理物質系 教授	木塚 徳志	R2(2020).4.1 ~ R4(2022).3.31	内線 4993
数理物質系 准教授	野村晋太郎	R2(2020).4.1 ~ R4(2022).3.31	内線 4218
数理物質系 准教授	一戸 雅聡	R2(2020).4.1 ~ R4(2022).3.31	内線 4525
数理物質系 准教授	蓮沼 隆	R2(2020).4.1 ~ R4(2022).3.31	内線 5367

◎は委員長

※副センター長としての任期

工作部門教職員

令和4年1月31日現在

職 名		氏 名	内線電話番号
副センター長（工作部門）（併）		文字 秀明	5061
准教授		江並 和宏	2528
機械工作	技術専門官	吉住 昭治	2527（2526）
	技術職員	小川 祐生	
	派遣職員	内田 豊春	
ガラス工作	技術専門職員	門脇 英樹	2523
	シニアスタッフ	明都 茂	

1. ハンディプローブ三次元測定機 XM-2000 (キーエンス製)

高精度な部品を製作するための高精度寸法測定や、自由形状を含む複雑な形状をもつ部品の三次元形状測定を目的として、ハンディプローブ三次元測定機 XM-2000を導入しました。タッチプローブを使用して複雑な三次元形状も高精度に測定できます。



測定手法：接触式

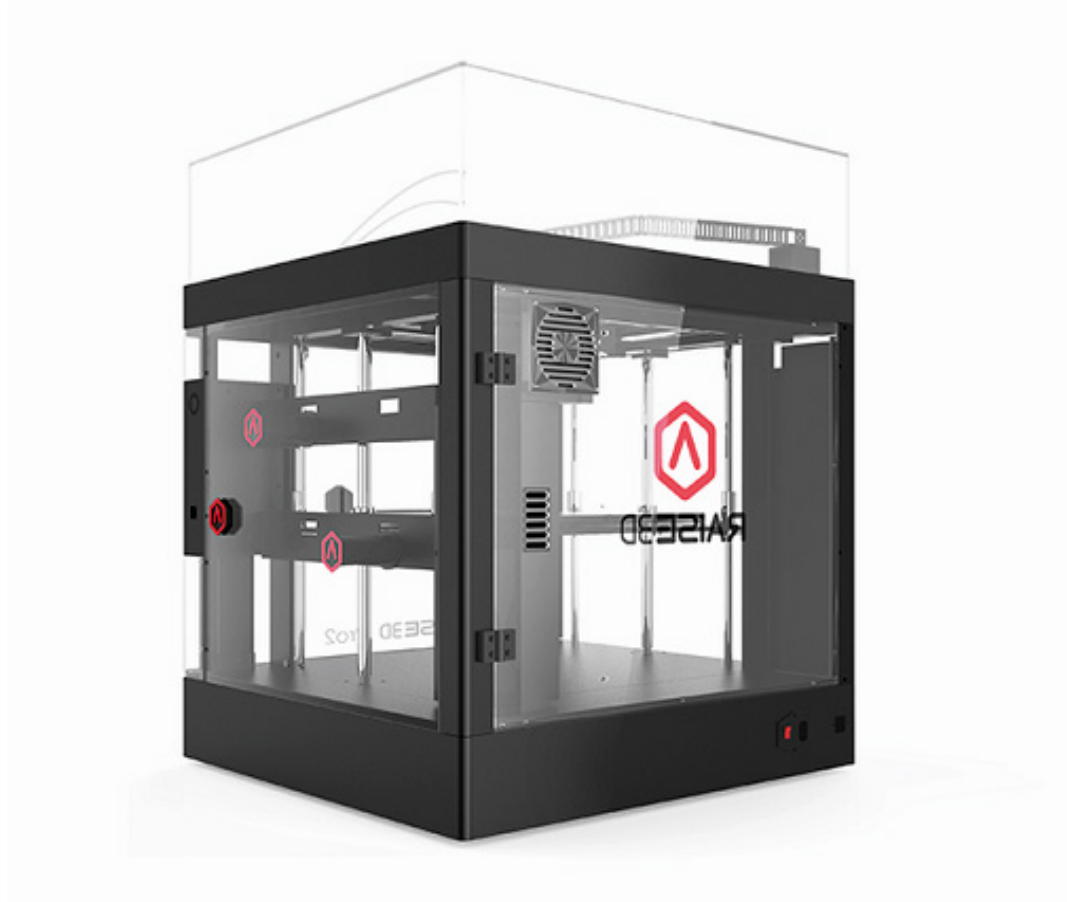
測定範囲：250mm×250mm×150mm

測定精度：繰返し精度 $\pm 3\mu\text{m}$

指示誤差： $\pm 8\mu\text{m}$

2. デュアルヘッド3D プリンタ Raise3D Pro2 (Raise 3D 社製)

3Dプリンタによる装置製作を高度化するため、デュアルヘッド3Dプリンタ Raise3D Pro2を導入しました。デュアルヘッド搭載により、サポート材専用フィラメントを使用することで、オーバーハングの形状も精度良く造形可能になりました。



造形サイズ：280×305×300 mm（デュアルヘッドの場合）

製品サイズ：620×590×760 mm

プリントスピード：30-150 mm/s

最大ノズル温度：300℃

ノズル数：2

フィラメントの直径：1.75mm

対応材料：PC、PA、ABS、PETG、HIPS、TPU、PLA、PVA など

ノズル直径：0.4 mm（デフォルト）、0.2/0.6/0.8/1.0 mm（利用可能）

カメラ：内臓カメラ

3. スーパーエンブラ対応3D プリンタ FUNMAT PRO 410 (intamsys 社製)

高温・薬品・高応力環境で使用する部品を3D プリンタで製作できるよう、スーパーエンブラ（エンジニアリングプラスチック）対応3D プリンタ FUNMAT PRO 410を導入しました。高温ノズルやチャンバー内温度管理により、PEEK や PEI（ULTEM）、PPS といったスーパーエンブラの造形が可能です。これにより耐薬品性、耐熱性、機械強度に優れた部品を造形できます。当機もデュアルヘッド搭載です。



造形サイズ：305×305×406 mm

製品サイズ：728×684×1480 mm

プリントスピード：30-150mm /s

最大ノズル温度：500℃

ノズル数：2

チャンバー内温度：90℃

フィラメントの直径：1.75mm

対応材料：PEEK、PEEK-CF、PEI、PPS、PA / CF、PC、PC アロイ、PA、ABS、炭素繊維配合、金属配合、ガラス繊維配合、ナイロン、ASA、PETG、HIPS、TPU、PLA、PVA など

ノズル直径：0.4mm（デフォルト）、0.6 mm（利用可能）

カメラ：内臓カメラ

編集後記

学生実習はコロナ対策のため、人数制限での実施となりましたが、学生に機械工作の楽しさや便利さを伝えられる良い機会です。

研究や実験を行う上で、部品を作れるという選択肢を増やせることは重要と考えていますので、以後もしっかりと対応していきたいところです。

これからも大学の教育、研究に日々貢献していく所存でありますので、皆様からのご意見ご要望、ならびにご支援をお願いできればと存じます。

今回の「工作ニュース」の発刊に際し、執筆、編集に協力していただきました教職員や学生の皆様に心から御礼申し上げます。

また、この「工作ニュース」の主要な記事は研究基盤総合センター工作部門のホームページにも掲載致しますので、併せてご覧下さい。

令和4年3月31日

工作ニュース編集委員会

江並 吉住 門脇 小川

e-mail: kousaku-info@ml.cc.tsukuba.ac.jp

URL: <http://www.kou-c.tsukuba.ac.jp>

令和 4 年(2022年) 4 月発行

筑波大学研究基盤総合センター
工作部門

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

TEL 029-853-2528

FAX 029-853-2525

E-mail: kousaku-info@ml.cc.tsukuba.ac.jp

URL: <http://www.kou-c.tsukuba.ac.jp/>



