

第12回 ガラス工作技術シンポジウム 予稿集



埼玉大学
総合技術支援センター

連絡事項

1. 開催日程

■ 2026 年 9 月 17 日（木）

- 12:00-12:55 参加者受付
- 13:00-17:00 特別講演・技術報告
- 19:00- 親睦会

■ 2026 年 9 月 18 日（金）

- 9:45 大宮駅集合・出発
- 13:00-14:30 工場見学（HARIO(株)古河工場）

技術報告…口頭発表の持ち時間は一人 20 分（発表 15 分，質疑応答 5 分）です。
※プロジェクターへの接続には HDMI タイプ A（オス）ケーブルを使用
します。ノート PC お持ち込みの方は、ケーブルに接続できるアダプタ
をご用意ください。

2. 会場

埼玉大学 総合研究棟 1 号館 1 階シアター教室

〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255

- ・アクセス URL: <https://www.saitama-u.ac.jp/access/accessmap/>
- ・建物配置図（「21」総合研究棟 1 号館）URL: <https://www.saitama-u.ac.jp/access/map.pdf>

3. 受付

- 1) 場所 埼玉大学 総合研究棟 1 号館 1 階シアター教室
- 2) 時間 2026 年 9 月 17 日（木） 12:00-12:55
- 3) 参加登録 参加者は受付にて登録を行い、名札を着用して下さい。
親睦会に参加される方は、会費（6,000 円）をお支払い下さい。

【実行委員会】

実行委員長	戸島 基貴	埼玉大学 研究機構	総合技術支援センター
実行委員	笠原 美久		〃
実行委員	黒土 優太		〃
実行委員	今野 茉理奈		〃
実行委員	齋藤 由明		〃
実行委員	佐藤 亜矢子		〃
実行委員	高宮 健吾		〃
実行委員	徳永 誠		〃
協力員	埼玉大学 総合技術支援センター	技術職員	

※ご不明な点がございましたら、実行委員に遠慮なくお尋ね下さい。

プログラム

9月17日（木）

12:00-12:55 参加者受付 〔総合研究棟1号館1階シアター教室〕

13:00 《開 会》挨拶
埼玉大学大学院 理工学研究科 教授 長田昌彦
(研究機構総合技術支援センター長)

【特別講演】〔座長：埼玉大学 徳永誠〕

13:10-14:00 触媒研究とガラス製実験装置
埼玉大学 社会変革研究センター客員教授 黒川秀樹

(14:00-14:10 休憩)

【技術報告】口頭発表（発表15分，質疑応答5分）

前半〔座長：広島大学 藤原雅志〕

時間	題目	所属	発表者
14:10-14:30	1) CV 測定用セルの製作と改良	九州大学 工学部技術部	越山泰地
14:30-14:50	2) 手加工操作の数値化に向けた基礎的検討	九州大学 理学部附属工場	馬場敦
14:50-15:10	3) 小径ガラス管の定尺切断治具の開発	筑波大学 研究基盤総合センター工作部門	藤村拓実
15:10-15:30	4) ガラス加工技術における試作開発および修理対応の報告	名古屋工業大学 技術部	南口泰彦

(15:30-16:00 休憩)

後半〔座長：東北大学 澤田修太〕

時間	題目	所属	発表者
16:00-16:20	5) 英国の理化学ガラス現場からの報告	グラスゴー大学	化学部ガラス工作室 谷綾子
16:20-16:40	6) 広島大学技術部工作室における業務連携の紹介	広島大学	CFMC 技術部 横山真也
16:40-17:00	7) 埼玉大学ガラス細工技術支援プロジェクト活動報告	埼玉大学	研究機構総合技術支援センター 高宮健吾

17:00 《閉 会》 埼玉大学 戸島基貴

17:05 【記念撮影】（シンポジウム会場にて集合写真を撮影）

【親睦会】

時間：19:00-21:00（現地集合）

会場：Italianbar ATTACHMENT 2nd 大宮店

住所：〒330-0854 埼玉県さいたま市大宮区桜木町 2-159 B1F

URL：<https://italianbar-attachment-omiya-2nd.com/>

9月18日（金）【工場見学会】

集合場所：大宮駅西口 ソニックシティビル前（地図別紙）

9:45	集合・出発
10:00-12:30	バス移動（途中、蓮田 SA にて各自昼食）
13:00-14:30	HARIO(株)古河工場の見学
15:00-16:30	バス移動
16:30	解散〔大宮駅〕

触媒研究とガラス製実験装置

埼玉大学社会変革研究センター 黒川秀樹

我々の研究室では、ガラス製実験装置と赤外分光分析装置 (FT-IR) を組み合わせた装置を用いて、触媒の特性評価、特にシリカなどの担体上に担持された活性成分である Pt や Pd 原子の性質の違いを調べている。例えば、Pt に一酸化炭素 (CO) を接触させると、CO が表面に露出した Pt 原子と強く結合する。金属原子への吸着形態には、CO 分子が垂直に吸着する“end-on”型および水平に吸着する“side-on”型がある。また、一つの金属原子に二つ end-on 型で吸着する“ツイン”や二つの金属原子にまたがって吸着する“ブリッジ”、3 つ以上にまたがって吸着する“マルチ”などの吸着形態がある (図 1)。

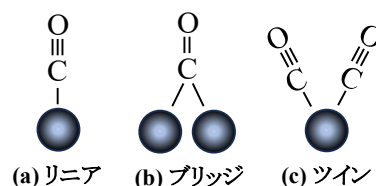


図1 end-on 型の CO 吸着

Pt 原子では主に 1 つの Pt 原子に 1 分子の CO が end-on 型で吸着することが知られているが、後に説明する Pd 原子ではリニアに加えてブリッジが顕著に存在する。

ガラス製実験装置と FT-IR を組み合わせた装置を用いて、Pt 原子上に吸着した CO 分子 (のある種の振動) を FT-IR で観測することで、Pt の性質を探ることができることは古くから知られていた。この観測を実行するために、今日の本題となるガラス製の実験装置が必要となる。なぜガラスなのか？というところであるが、触媒の性質を調べるために用いる物質 (プローブ分子と呼ぶ) は、金属や高分子材料との相性がとても良いものがある。前の測定で使用したプローブ分子が高分子材料や金属配管に残留し、次に別のプローブ分子で測定する際にゴーストとして出現することはよくある。触媒は非常に反応性の高い物質であるから、周囲に存在するあらゆる物質を取り込もうとする。以前当研究室においてもアンモニア (NH₃) 吸着後に CO の吸着を行った際 (もちろん NH₃ 吸着後、装置をドライヤーで入念に加熱したうえで十分に真空引きして使用したのであるが・・・)、NH₃ 分子の吸着が観測されて驚いたことがある。実験に失敗して時間を失っただけでなく、貴重な触媒サンプルも失われて大打撃となった。色々調べた結果、窓板を固定していたバイトン製 o-リングにしみ込んだ NH₃ が徐々にブリードしてきたことが原因であった (以後、測定セルを CO 用と NH₃ 用に分けた)。

触媒の活性成分である Pt の担持量を 1 wt%、測定に用いる触媒の量を 10 mg、分散度を 0.6 とすると、測定試料に担持されている Pt の中で表面に露出している Pt の量は 0.00006 g (60 μ g)、Pt 原子量が 195 であるから、物質質量に変換すると、0.3 μ mol 程度になる。つまり CO と同等の吸着能力を持つ汚染物質がこの程度存在すれば、測定を邪魔することになる。最悪なケースは、邪魔されたことに気づかずにデータを信じて対外発表を行ってしまうことである。

図3は測定に用いた研究室オリジナルの測定セルを示す。セル自体を加熱できるようにヒーター線と温度測定のための熱電対が取り付けられている。セルの両側はフランジ構造になっていて o-リングをセットできる溝があり、o-リングを入れて窓板を取り付け、クランプで締めて固定する (力加減のできない学生が締めすぎて、しばしば高価な窓板を破壊することが悩みの種である)。窓板としては幅広い波数領域の赤外光を透過できる KBr が望ましいが、湿度に弱くすぐに白化してしまうので、CO 吸着にはフッ化カルシウム (CaF₂) の窓板を用いている。セルを設計した際の最大の難関は、10~15 mg の触媒をプレスして作成した直径 10 mm のディスク状試料をどうやってセルにセットするかであった。当研究室を担当していた有能な技術職員が石英管に溝をつけてそこにディスクを置く方法を考案した (図3、右下写真)。これをセルの中央にセットして測定するのであるが、非常に薄いディスクはセット中や移動中の衝撃で割れてしまい、やり直しになることもしばしばであった。もちろん試料は十分あるので厚いディスクを作成すればいいが、そうすると透過赤外光が減衰してしまい、シグナルの S/N 比が悪化してきれいなスペクトルが得られな

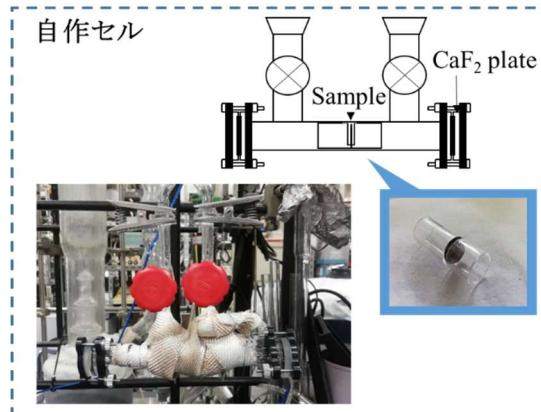


図2 FT-IR 測定セル

朽木、平原、荻原、黒川、第 122 回触媒討論会 1J26、発表資料より引用

い。また、ガラス装置ではないが、マイクロメータを備えた専用台座を製作してFT-IRの中にセットし、その上にセルを置いて光軸を試料の中心に合わせることができるように設計している点など、色々なアイデアを盛り込んだ自慢の装置である。

このセルは、図3に示すガラス製の真空装置（真空ラインと呼んでいる）にガラス管で接続されている。これは、セル中へのプローブ分子の導入、気相部に残ったプローブ分子や、触媒を加熱して脱離させた際のプローブ分子の除去などを行う必要があり、吸着実験には真空ラインとの接続が必須なためである。もちろんこの真空ラインも当研究室のオリジナルであり、技術職員の方が時間をかけて丁寧に作成した装置である。

図4にはこの装置を使って測定したPd/Al₂O₃触媒上でのCO吸着スペクトルを示す。文献や当研究室の長年の研究成果から、Pd粒子上のCO吸着は、Pd粒子の幾何学的構造や電子状態に起因して多彩な吸着状態をとることがわかっている。図4左の例では、リニアCOで4種類、ブリッジCOで3種類の吸着種が確認できている。図4右では27°Cから100°C → 150°C → 200°Cと温度を上昇させてCOを脱離させたのちに測定したスペクトルである。100°CでCOを脱離させると、リニアCOおよびブリッジCOの高波数側ピークが優先的に消失していることがわかる。これは脱離したCOが吸着していたPdとCOの結合が弱かったために、温度をかけるとすぐに結合が切断されて脱離してきたものと考えられる。この実験結果より、低温でCOが脱離したPd原子

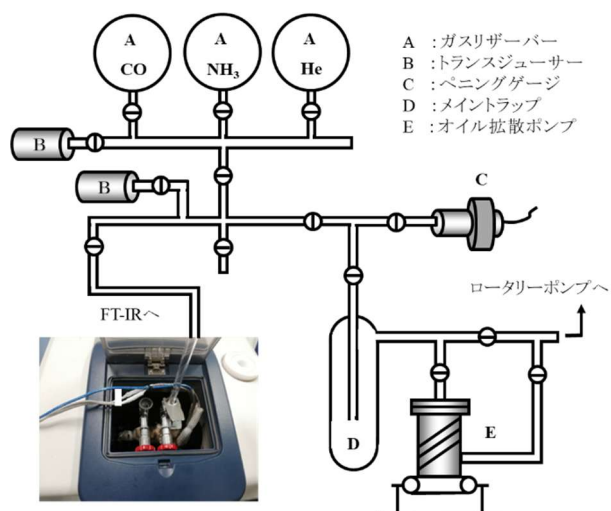


図3 真空ライン概略図

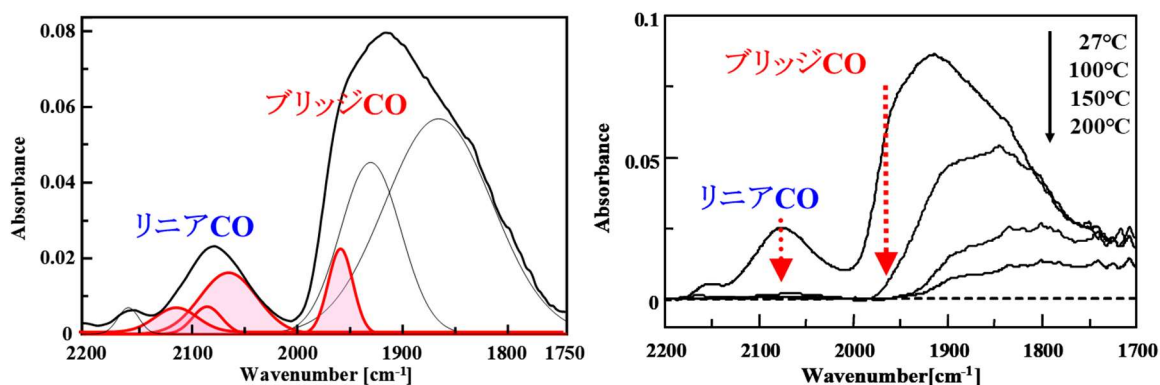


図4 Pd/Al₂O₃ 上の CO 吸着スペクトル

（伊野庸介 平成 21 年度修士論文発表会資料 より一部改変して引用）

はドナー性の分子との親和性が高くないと推測できる。このように丁寧な実験とデータの解析を行うことで、担持されたPtやPdの反応性を探ることができる。ただしこの方法ではそれぞれの金属が結晶のどこに位置する原子なのかはわからない。触媒の研究者は、例えば、金属粒子径の異なる触媒を意図的に調製して測定することで、特定する努力を続けている（粒子径が大きくなると、特定の場所に位置する原子、例えば配位不飽和度の高い原子の相対割合は減少するはずである）。また、担体の種類を変えるなどして色々な触媒を調製して反応を行い、その結果、すなわち触媒活性や生成物選択性などとFT-IRの測定結果を照らし合わせながら議論することで、特定の反応に対する触媒の構造と機能に関する理解が深まることになる。なお、講演では特に装置の構成等についても詳しく解説する予定である。

以上のように、触媒の研究にはガラス製の実験装置が欠かせない。しかしながら、日本国内では腕の確かなガラス細工職人の育成は壊滅的な状況と聞いており、将来が大変心配になる。一人前にガラス装置を製作できる腕になるには、長い時間が必要である。国立大学法人は公的な機関であるから、人的なリソースを割いてでもガラス細工に限らず腕の確かな職人を育成して、自然科学分野における日本の競争力向上に貢献すべきと考えている。

CV 測定用セルの製作と改良

九州大学 工学部技術部
越山泰地

CV (Cyclic Voltammetry : サイクリックボルタンメトリー) は、材料や電極の電気化学的特性を評価するために広く用いられている測定手法である。電極に加える電位を一定の速度で変化させ、その際に流れる電流を測定することで、物質の酸化還元挙動や電極反応の特性を調べることができる。この手法は、電池材料、触媒、半導体材料などの研究開発分野で広く活用されている。

CV 測定では、試料溶液と複数の電極を収容するためのセルが必要となる。セルには、使用する測定装置の構成や電極の形状、必要な試料量などに応じて様々な形状や仕様が求められ、その種類は多岐にわたる。

依頼先研究室では従来、市販のガラス製 CV セルを使用していたが、製造元の倒産により同セルの継続調達が困難となった。そこで既存セルの複製製作を行い、代替品として供給することとなった。その後も同様のセル製作依頼を継続的に受ける中で、使用者とのヒアリングを通じて細かい形状や寸法の改良を重ねてきた。

本 CV セルは、外径 70 mm の大口径ガラス管を主体として製作されている。大口径ガラス管は加熱時に温度が不均一になりやすく、歪みが生じやすいため、割れを防ぎながら加工することが難しい。また、同一仕様のセルを複数製作する際には、寸法や形状のばらつきを抑え、再現性を確保することも課題となった。

本報告では、これらの技術的な課題の解決のための工夫や製作を通じて得られた知見について報告する。



図 1 複製したガラスセル

手加工操作の数値化に向けた基礎的検討

九州大学 理学部 附属工場

馬場敦

本発表では、手加工操作の数値化に向けた基礎的検討について報告する。

近年、人材不足や技能伝承の困難化により、熟練者が有する技術・技能の継承が課題となっている。特に理化学ガラス加工をはじめとする手加工主体の作業では、加工時の力加減や手の感覚などが技能として重要な役割を果たす一方で、それらは作業者の経験や勘に依存する暗黙知として扱われることが多い。

そこで本検討では、手加工操作時に作業者が加える力に着目し、その数値化の可能性を調査した。計測対象として理化学ガラス加工における代表的な成形作業を取り上げ、加工者が加工時の感覚を再現しながらロードセルへ荷重を与えることで、成形荷重の計測を行った。

その結果、加工形状や対象条件によって荷重の傾向に違いが見られ、これまで感覚的に捉えられていた技能の一部を定量的に表現できる可能性が示された。

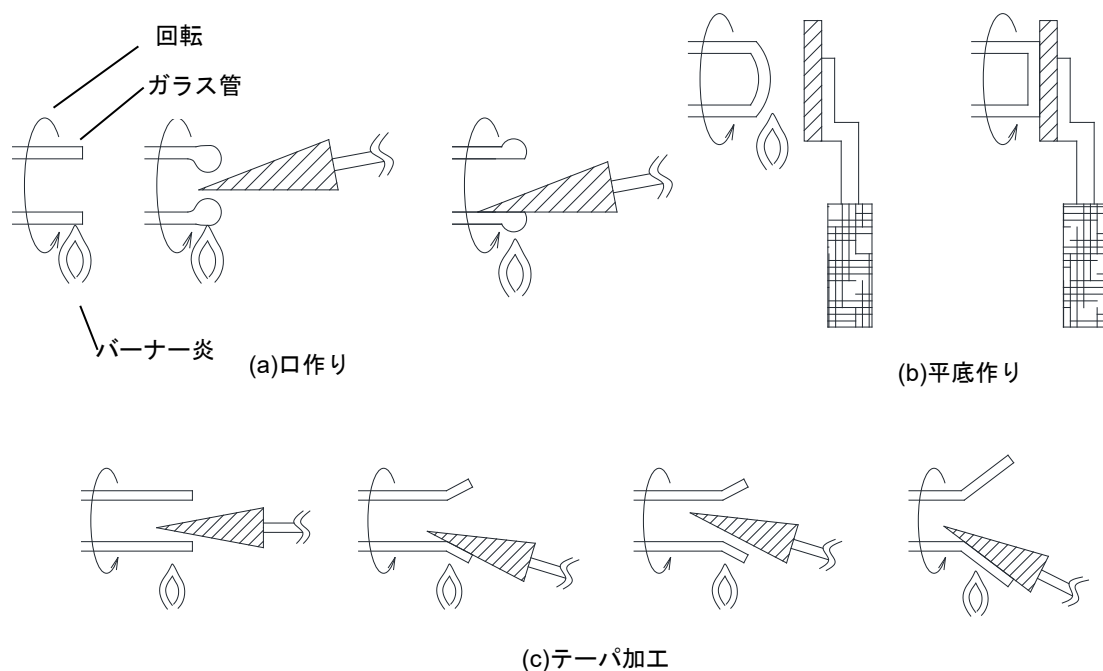


図 1.加工形状

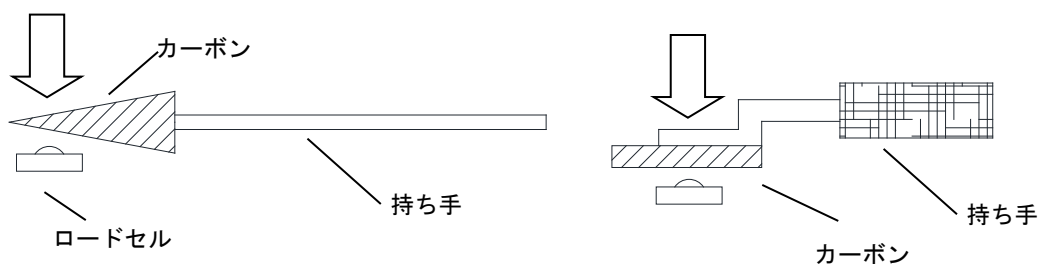


図 2.疑似的計測

小径ガラス管の定尺切断治具の開発

筑波大学 研究基盤総合センター 工作部門
藤村 拓実

1. はじめに

学内から、φ6 mm 石英ガラス管 (#4) を長さ 30 mm の定尺で切断する依頼が定期的にある (図 1)。1 回の依頼は約 300 本で、年 3 回程度に及ぶ。従来の手折法は熟練度によっては不良による手直しが多く、切断機に 1 本ずつクランプする方法は時間を要する。そのため、誰が作業しても速く高品質に切断できる治具 (図 2) を開発することを目的とした。

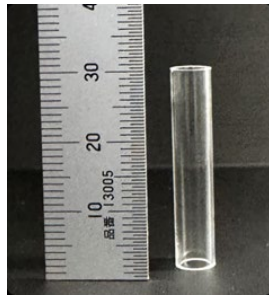


図 1. 切断後の φ6 石英ガラス管 (30 mm)

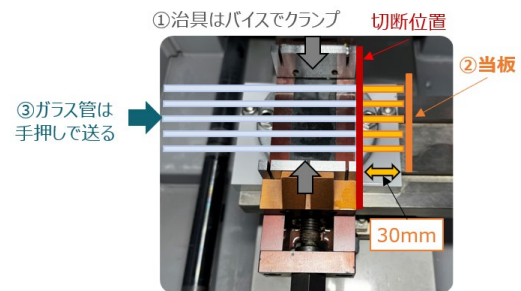
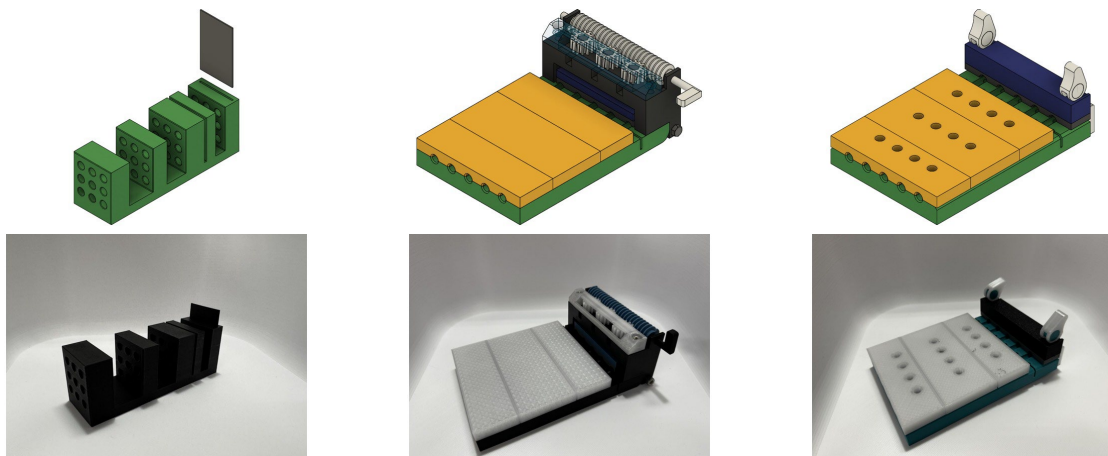


図 2. 治具のコンセプト

2. 治具のコンセプトと試作

治具は 3D プリンタと汎用部品で自作したもので、既設の高速切断機 (平和テクニカ ファインカット、砥石厚 0.7 mm) の備え付けバイスにクランプして使用できる。治具上の当板にガラス管を突き当てて定尺を決め、複数本を定位置に並べて手押しで送る。押し出しのみの最小構成の Ver1、ウォームギヤで複数本を同時クランプする Ver2、カムレバーでワンタッチ固定する Ver3 の 3 つを段階的に試作した (図 3)。各治具で 50 本の連続切断を行い、完遂可否・1 本あたりの作業時間・不良率で評価した。



(a) Ver1 押し出し式

(b) Ver2 ウォームギヤ式

(c) Ver3 カムクランプ式

図 3. 試作した 3 つの治具 (上: 構成図、下: 実物)

3. 結果と報告内容

最終の Ver3 は 50 本の連続切断を 20 秒/本・不良率 3% で完遂し、従来法に比べ作業時間・品質とも大幅に改善した。本発表では、各治具の機構と作業フロー、試作過程での失敗例とその改善を報告する。

ガラス加工技術における試作開発および修理対応の報告

名古屋工業大学 技術部 南口 泰彦

1. はじめに

名古屋工業大学では、これまで非常勤講師がガラス工作室の運営および管理を担当してきた。当時、本学には約 50 名の技術職員が在籍していたものの、ガラス加工に関する専門的な技術を有する職員は皆無という状況であった。そのため、当該非常勤講師が退職を迎えた場合、本学におけるガラス加工技術が継承されず、完全に途絶えてしまうことが強く懸念されていた。

このような背景から、技術の断絶を防ぐべく、業務の空き時間を活用して基本の軸出しから加工技術の習得に努めてきた。

本報告では、これまでのガラス製品の製作実績、および修理対応の具体的な取り組みについて報告する。

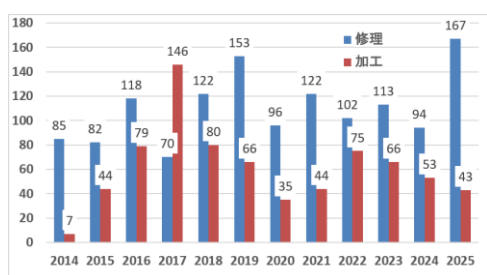


図 1 依頼件数推移



図 2 石英管サンプル封入



図 3 ガラスセル



図 4 リアクターフレンジ加工

英国の理化学ガラス現場からの報告

グラスゴー大学 化学部ガラス工作室

谷綾子

私はサンダーランド大学美術学部ガラス科でガラスアートの教育を受けた後、地元の工房に入りして作品制作をしながら酸素バーナー技術を学びました。ボトルシップの歴史研究をしたのがきっかけで理化学ガラスの世界に入り、2022年にグラスゴー大学に着任、2024年に英国理化学ガラス職人協会（BSSG）の技能認定を受けました。英国のガラス業界の状況は厳しく、職人の交流も極めて限定的です。いま現場におられる方と幅広く情報交換をして将来への指針を得たいと考えています。

グラスゴー大学ガラス工作室では、2名の職員で学内外からの注文に対応しています。新規作成と修理が6対4くらい、ほとんどがボロシリケートガラスです。要件をヒアリングするうちにデザインが変更になることも多く、コンサルティングは中心業務のひとつとなっています。設備、道具、倉庫など、現場の様子がよくわかるように写真を交えて紹介します。技術的には基礎的なものばかりですが、最近の製作事例を具体的にあげて、工作室の意義や課題などを論じます。

化学を学べる大学は英国内に70校程度ありますが、ガラス工作室を置いている大学は約14校、技能職員は延べ20人ほどで、なおも減少傾向が続いています。近年の地道な啓蒙活動によって認知度には改善の兆しが見えますが、意欲ある若手人材がいたとしても育成する受け皿がありません。一方、産業界では自社職人を独自に養成して伸びている企業もあるようですが、業界の横のつながりが乏しく特に現場レベルでの意見交換や共同事業などはできていません。このような、技術継承に関するこれまでの取り組み、直面している問題点、個人的な次世代への思いなどをお話しします。



写真：グラスゴー大学ガラス工作室、製作事例、道具類

広島大学技術部工作室における業務連携の紹介

発表者：広島大学 横山 真也

1. はじめに

コアファシリティー・マネジメントセンター技術開発・支援統括部門技術部（CFMC 技術部）の工作室では、各班のノウハウを活かして業務依頼を遂行していくための連携体制の構築に取り組んでいる。本取り組みのうち私が主に関わっている造形技術班（ガラス班）と精密加工班（機械班）における業務連携について紹介する。

2. 取り組みの紹介

ガラス班ではガラス材料の特性や加工条件に関する知見を有している。一方、機械班は NC 工作機械の運用及びコード作成に関する高度な技術を有している。これらをもとに、実際に連携して行っている取り組みとしては、ガラスへの穴あけ加工（図 1）と外形加工（溝掘り、ブロックの削り出し）（図 2）などを実施している。

業務例としては、溝掘り加工を挙げる。従来だとガラス班で素材の準備から NC 機械を用いて行う加工を一貫して行っていた。しかし、このやり方だと素材の準備は問題ないが NC 機械のコード作成や機械のセッティングなどに多くの時間を要していた。そこで、機械班と連携し、材料ごとの加工条件等を検討してコード作成を行った。その結果、従来の方法と比較して、全工程で見た時の作業時間の短縮につながった。



図 1：穴あけ加工（ガラスプラグ）



図 2：外形加工（ねじ切り）

3. おわりに

本取り組みは今年度から本格的に開始したため定量的な評価は難しいが、機械班からは

- ・新たな加工技術・知見を得られた
- ・班を超えた相談や協力がしやすくなった
- ・ガラス加工案件への対応力が向上した

といった意見が得られている。

また、ガラス班としても NC 加工工程を分担できることで他の依頼へ注力できるようになり、緊急案件への対応力向上につながっているといった当初の主目的と合わせ、複合的な装置製作時の打合せ時に相談できるメンバーが多くいることで業務の安定的な運用につながると感じている。

埼玉大学ガラス細工技術支援プロジェクト活動報告

埼玉大学 研究機構 総合技術支援センター

高宮 健吾

1. はじめに

本プロジェクトは、ガラス細工技術を活用した学内の教育・研究支援および地域貢献を目的として活動している。本報告では、近年の活動内容について紹介する。

2. 学内支援

学内において、実験用ガラス器具および装置の製作・修理に携わっている。最近では、真空ライン、シュレンク管、マイクロ蒸留管、ジムロート、フランジ付きセルなど、多様な器具・装置の製作および修理に対応した。また、学生を対象としたガラス細工講習会を実施しており、理学部基礎化学科の学生実験では継続的にガラス細工実習の講師を務めている。その他、要望に応じて研究室単位での講習も実施し、技術支援に取り組んでいる。さらに、工学部オープンラボではガラス細工の実演および作品展示を行い、学内外へ技術の普及に努めている。



修理・製作した器具

3. 地域貢献活動

埼玉県内高等学校の理科系教員を対象に、基礎的なガラス加工や、ガラス器具の製作・修理に関する講習会を毎年開催している。参加者の経験や要望に応じて実践的な指導を行い、例年 20 名以上の教員が参加している。本講習を契機として高等学校教員とのネットワークが広がり、埼玉県高等学校理化研究会が主催する実験実習講習会において講師を務めた。



実験実習講習会の様子

また、高等学校生徒を対象とした出張授業や、学内での体験実習を実施しており、近年は年間 100 名程度の生徒にガラス細工を体験する機会を提供した。

4. その他の活動

本プロジェクトに新たなメンバーが加入したことを受け、技術継承および自己研鑽を目的として定期的な練習会を開催している。また、本学協定校である中国・済南大学から教員が来訪した際に、研究活動紹介の一環として、ガラス細工の実演をした。

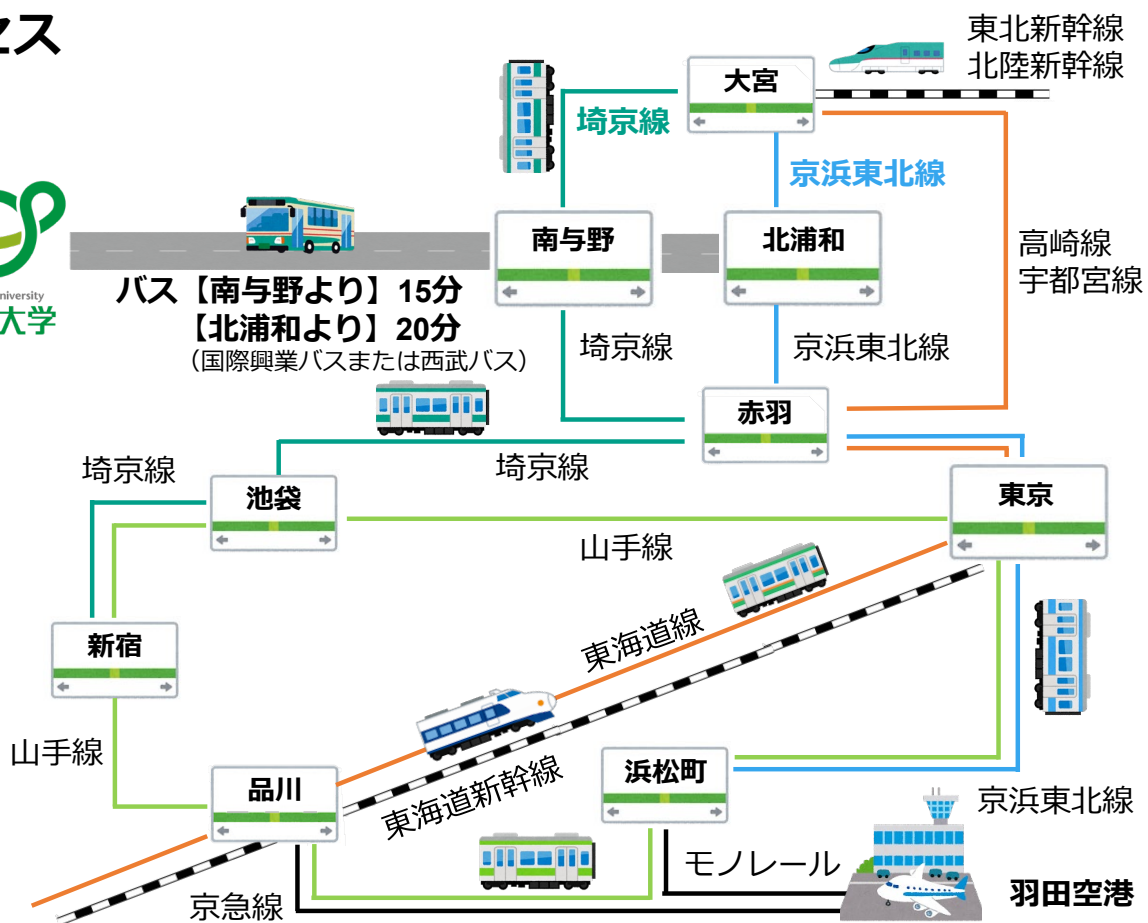


出張授業の様子

5. まとめ

本プロジェクトは、実験用ガラス器具の製作・修理による研究支援、学生教育への協力、高等学校教員・生徒を対象とした講習会など、多面的な活動を継続して実施している。今後もガラス細工技術を継承し、学内外への技術支援および地域貢献に取り組んでいきたい。

アクセス



北浦和駅または南与野駅から埼玉大学までバスでお越し
いただくと、正門を通して大学内のバス停に停まります。

バス停から南に250メートルほど直進していただくと、
会場（総合研究棟1号館）に到着いたします。

工場見学会 集合場所地図

大宮駅西口ソニックシティビル前

大宮駅西口 徒歩 3 分



Google マップ : <https://maps.app.goo.gl/DFbXLVJhr2jBTNVq5>



参加者名簿

氏名	所属
佐藤 考志	室蘭工業大学 ガラス工作室
堀井 智実	弘前大学 理工・農生事務部
扇 充	東北大学 理学研究科
澤田 修太	東北大学 理学研究科
佐藤 由佳	東北大学 理学研究科
佐々木 貴康	東北大学 工学部・工学研究科
工藤 友美	東北大学 多元物質科学研究所
齋藤 雄二	東北大学 多元物質科学研究所
加藤 拓也	東北大学 多元物質科学研究所
長谷川 和寿	宇都宮大学 機器分析センター
荒武 幸子	宇都宮大学 工学部
門脇 英樹	筑波大学 研究基盤総合センター工作部門
藤村 拓実	筑波大学 研究基盤総合センター工作部門
山田 千賀子	埼玉県立狭山清陵高等学校
森木 義隆	名古屋大学 工学部
岡本 久和	名古屋大学 工学部
古田 紘己	名古屋大学 工学部
南口 泰彦	名古屋工業大学 技術部
泉 秀明	富山大学 理学部ガラス工作室
永田 光知郎	大阪大学 コアファシリティ機構
堀井 一孝	大阪公立大学 総合技術部総合技術課
藤原 雅志	広島大学 ものづくりプラザ
横山 真也	広島大学 CFMC技術部
馬場 敦	九州大学 理学部附属工場
越山 泰地	九州大学 工学部技術部
千々和 恭輔	九州大学 工学部技術部
谷 綾子	グラスゴー大学 化学部ガラス工作室
菅原 剛	(有)光信理化学製作所 営業部
笠原 美久	埼玉大学 研究機構 総合技術支援センター
黒土 優太	埼玉大学 研究機構 総合技術支援センター
今野 茉理奈	埼玉大学 研究機構 総合技術支援センター
齋藤 由明	埼玉大学 研究機構 総合技術支援センター
佐藤 亜矢子	埼玉大学 研究機構 総合技術支援センター
高宮 健吾	埼玉大学 研究機構 総合技術支援センター
徳永 誠	埼玉大学 研究機構 総合技術支援センター
戸島 基貴	埼玉大学 研究機構 総合技術支援センター