

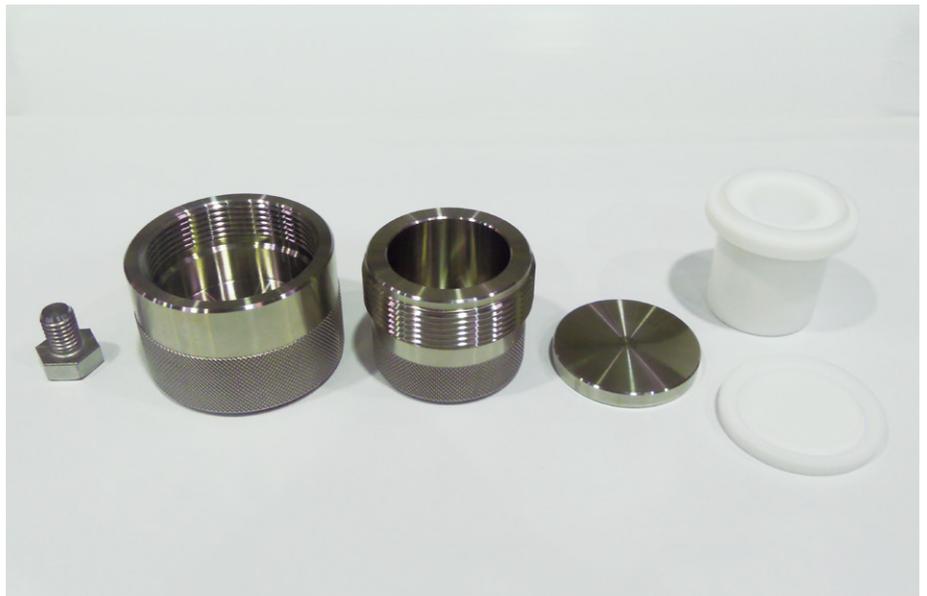


筑波大学
University of Tsukuba

Takumi

工作ニュース

No.15 2024.4



筑波大学研究基盤総合センター
工作部門

<https://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
新任のご挨拶	工作部門 機械工作室 黒澤 拓未……………2
研究ノート	「液内振盪培養中における培養器の気相ガス制御にむけて」…………… 3 高橋 将人（生命環境系） 「真空中の直流沿面放電について」…………… 8 片桐 創一（数理物質系）
フォトギャラリー	……………12
利用の手引き	……………14
運営報告	利用状況……………19 主なイベント……………20 運営委員一覧……………21 職員紹介……………21
編集後記	……………22

副センター長（工作部門担当） 文字 秀明

部局にもよると思いますが、最近の光熱費や人件費の増加に伴い各研究者に割り当てられる研究費は減少の傾向にあると思います。また、研究用の装置・計測機器の価格が上昇したり、海外渡航費用も以前より高くなっていたり、金銭面での研究環境は良くない状態になっています。科学研究費等の外部資金を獲得し、研究を進めることが推奨されていますが、まだアイデアの段階では、外部資金の申請のためにも資金はないが試しに実験を行いたいなどの要望が出てくるものと思います。そのようなときには、是非、工作部門をご利用ください。部品や装置の設計に関する相談は無料で行っていますし、製作にかかる費用も材料費と工作にかかる時間に比例した利用料金のみで、外部業者に依頼するよりはるかに安価になっていますので、研究者の皆様のお役に立てるものと信じています。これまでご利用のなかった方も、是非一度お試しください。

工作部門の利用を促す一方で、大変申し訳ございませんが、2023年9月に利用料金の値上げを行いました。2023年度は大学から工作部門が所属します研究基盤センターに配分された予算が減少しました。これに伴い工作部門で使用できる予算も減り、試算したところ、例年購入している消耗品の補充や工作機械の修理などができなくなる可能性が示されました。工作部門の運営委員会で検討し、年度途中で機械の故障や消耗品の不足のために工作の依頼が受けつけられなくなるより、利用料金を値上げし、予算の不足分を補い、工作部門の活動を続けた方が全学のサービスに資すると判断しました。また試算では、改定した利用料金でも、学外の業者に依頼するよりはるかに安く工作ができることが示されましたので、利用料金の改定に踏み切りました。研究費が減少する中、工作部門の利用料金を値上げするという申し訳ない事態になったわけですが、それでも工作部門の利用価値は十分あると思いますので、工作部門をご利用いただきますようお願い致します。

新任のご挨拶



数理物質系技術室 技術職員 黒澤 拓未

みなさんこんにちは。

令和5年4月1日付で数理物質系技術室に着任しました技術職員の黒澤です。所属は数理物質系技術室ですが、工作部門での作業がメインの業務となります。大学院を修了後、自動車部品メーカーで商品開発、群馬高専で機械系技術職員としてもものづくりに携わってきました。民間企業での経験を活かして、群馬高専では機械工学科の学生を対象とした工作実習を担当したり、その他実験や演習の授業支援に従事し、学生教育に関わっていました。特に製造業で働いていたので安全教育に力を入れ、学生が安全に作業できるように日々業務に取り組んでいました。その後、心機一転して群馬からつくばにやって参りました。さて、下の写真は1978年に工作部門に導入された旋盤で、平成生まれの私より大先輩の工作機械です。まだまだバリバリ現役で活躍しています。他にも工作部門には古き良き機械がたくさんありま

す。伝統を受け継ぎつつ、自分自身もいつまでも活躍できるように日々技術を磨いていきたいです。

私事としては、着任してから大学職員野球チームに入って身体を動かして健康的な生活を心掛けています。体力を落とさないように公私ともに安全健康第一に過ごしていきたいです。

最後になりますが、ぜひ工作部門をお気軽にご利用ください。総合大学が故に多種多様な研究分野の方がいらっしやと思います。実験装置はもちろん、我々機械系の人間は作ったことのないような物に出会えることを楽しみにしています。また、自分で作りたい！という方も大歓迎です。ものづくりは手を動かしてこそだと思っています。ぜひぜひ工作部門へお越しください。また、仕事をしていく中で至らない点多々あるかと思いますが、ご指導・ご鞭撻の程よろしくお願い申し上げます。



液内振盪培養中における培養器の 気相ガス制御にむけて

生命環境系 高橋 将人

1. はじめに

液内振盪培養の歴史は古く、代表的な振盪フラスコ培養法は *Aspergillus* 属の培養を目的に1933年に考案され¹⁾、現在では、国内外で様々な微生物や細胞の培養に多用されている。特に、好氣的に微生物を培養する際、初発の培養液中の溶存酸素量では酸素が不足しやすいため、培養器を高速で振盪し培地を攪拌・混合することで、気相部の空気（新鮮空気では酸素が約20.9%含有）を液中へ供給する。酸素はオストワルド係数が非常に小さいため水に溶けにくく、効果的に液中に酸素を供給する術に着目され、現在に至るまで液内振盪培養に関連する研究が展開してきた。

著者は、微生物の生命活動の場であるフラスコと向き合う中、培養装置としての振盪フラスコ培養法の特徴を明確化し、次世代培養器の開発を目指している。これまでの研究から、微生物を用いた液内振盪培養中では、培養器であるフラスコ気相部に、意図せず、微生物の呼吸由来のガスが充満する現象を見出した。本現象は、微生物種や培養条件に依存するが、気相部に蓄積したガスはヘンリーの法則に従い、培養液中の溶存ガス濃度（特に二酸化炭素）に影響を及ぼす。また、培養に伴う微生物量や培養フェーズにより蓄積するガス量の変動するため、液内振盪培養中のガス濃度は複雑かつ経時的に変化し、意図せず微生物挙動に影響を及ぼしていることを明らかにした^{2,3)}。

本稿では、既存の実験機器類の単純な組み合わせでは実施困難であり、オリジナルな工作により打開できた研究事例として、培養中の微生物の呼吸由来

による気相ガス濃度の変動を抑制・制御する研究を主に紹介する。

2. バイパス型モニタリングシステムの開発とガス制御への応用 (図1)

液内振盪培養において、培養器であるフラスコやマイクロプレートは高速に振盪するため、培養器の気相部や液中のガス濃度（酸素や二酸化炭素）のモニタリングが困難であった。近年の技術革新により、振盪フラスコ専用のダイレクト型とバイパス型のモニタリングシステムが登場した（ハイブリッド型も存在する）。独自開発したバイパス型のモニ

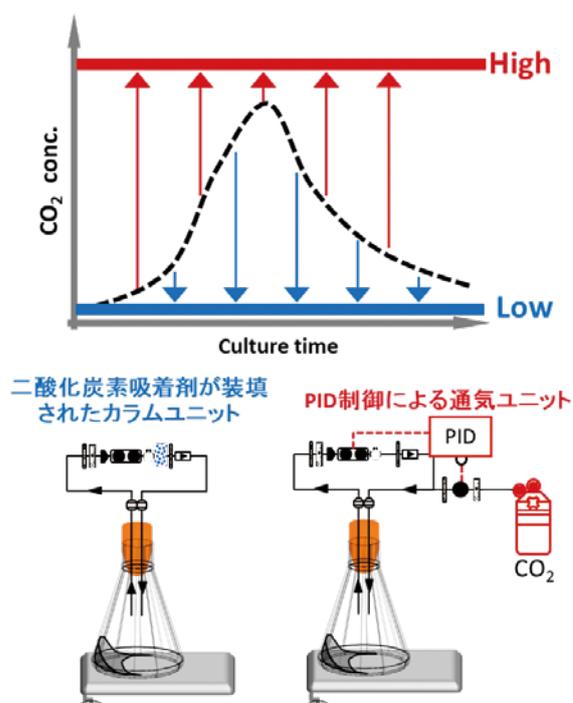


図1 培養のプロセス開発の比較的下流で活躍が期待できるCDMSSへのオプション追加のイメージ

タリングシステムの1つである Circulation Direct Monitoring and Sampling System (CDMSS)は、ループ構造内に種々の専用ユニットを追加することで、ガスのモニタリングに限定されず、様々な培養制御が可能である。

具体例として、ガス測定ユニットの下流に二酸化炭素吸着剤を充填したカラムユニットを追加する術がある。本来のバイパス型では、ループ構造内で濃度測定されたガスは振盪フラスコ内へ戻されるが、CDMSSではカラムユニット内で二酸化炭素を吸着除去してから、振盪フラスコ内へ循環でき、フラスコ気相部の液内振盪培養で生じる意図せぬ二酸化炭素蓄積を抑制することができた²⁾。カラムユニット内の吸着剤の種類を変更することで他のガスや揮発性の有機物質を吸着除去(回収)できる。また、ガス測定ユニットと電磁弁付きガスシリンダーを接続し、フィードバック制御(Proportional-Integral-Derivative control: PID 制御)することで、微生物培養中の二酸化炭素濃度を定常制御できた⁴⁾。

CDMSSは、上述した気相部に限らず液相部(培養液)にもループ構造を付与することができる独自性の高いシステムであり、著者が培養実験中に既存の機器では捉えることができない現象と出逢ったのがきっかけで誕生した。具体的には、環境試料を集積培養していた際に、従来のサンプリング(フラスコを振盪基盤から取り出しクリーンベンチ内で無菌的に通気性のある培養栓を開封し、培養液を採取する一連の操作)の有無によって、形成する微生物群集構造が異なることに気づいたのが始まりであった³⁾。メカニズムを解明するためには、対照実験として、従来のサンプリング操作に含まれる操作(振盪の中断や培養栓の開封)を実施せず、高速振盪しているフラスコ内の培養液を採取でき、気液二相のガス濃度がモニタリングできる必要があった。開発した CDMSS は国内外でも高く評価され、モニタリングに関する総説の執筆依頼⁵⁾をいただけ、開発に

至るまで何度も試作・検討した経験は、ものづくりに対する姿勢や研究姿勢として現在も活きている。

CDMSS を用いたガス制御は、培養器1つに対して外部電源や設置スペース確保が必要なモニタリングシステムを外付けするので、複数のフラスコの同時制御は不向きであるが、CDMSS のループ構造内に種々のユニット(例:ガス制御ユニット、サンプリングユニット、流加ユニットなど)をオプションとして追加できる。そのため、フラスコやウェルプレートなどを用いた液内振盪培養から攪拌羽根があるジャーファメンターなどを用いた液内深部培養へ移行する際の互換性の解析に有効であると期待される。

3. 換気エンハンサーの開発と換気能を活用したガス制御への応用(図2)

フラスコを用いた液内振盪培養中の気相制御は、モニタリングシステムを用いることが多く、上述したバイパス型である CDMSS へのカラムユニットの追加や PID 機器付きガスシリンダーとの接続だけでなく、ダイレクト型の一つである Respiration Activity Monitoring System のガス測定後の新鮮空気や混合ガスの強制通気がある⁶⁾。モニタリングシステムを活用した液内振盪培養の気相制御は、特定の培養環境を詳細に制御することに優れているが、(a) 電源の確保、(b) 設置スペースの確保、(c) システムの複雑性、(d) 操作の煩雑さ、などから、簡便なハイスループット化が困難である。一方で、本来の液内振盪培養法は、数多くの培養器を同時に振盪し、多検体で微生物培養できる特徴を有する。そこで、液内振盪培養で実施されているスクリーニングやアッセイ系において、ガス制御するためには、(e) 高い並列性を維持すること、が求められる。また、著者のこれまでの研究から、液内振盪培養で用いられている三角フラスコや坂口フラスコ⁷⁾は、(f) 培養器としての換気能力が低いため、微生物の呼吸由来のガスが意図せず蓄積してしまうことを明らか

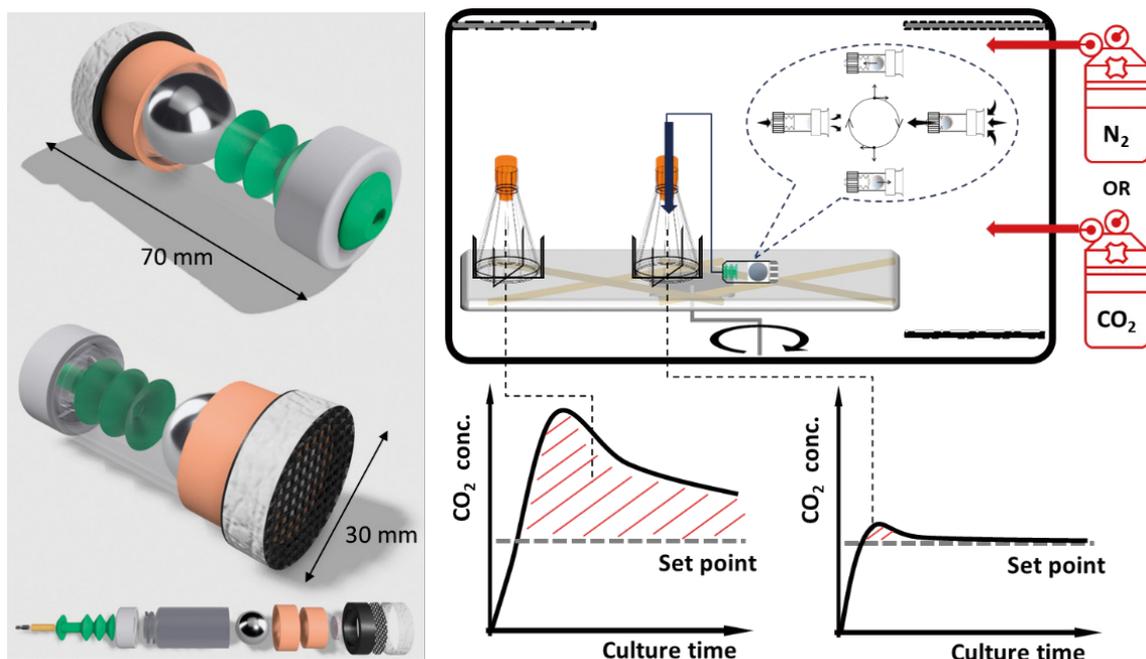


図 2 培養のプロセス開発の比較的上流で活躍が期待できるNeBPとガスインキュベーターの組合せのイメージ

にした⁸⁾。

そこで、従来のフラスコの課題 (f) の解決を目指し、これまでのガス制御の課題 (a) ~ (d) を克服しながら、(e) の条件を満たすことができる換気エンハンサー (Nonelectric bellows pump : NeBP) を独自に考案し開発した⁹⁾。追加電力を必要としない NeBP は、振盪で生じる運動エネルギーを換気能増大に変換するアクチュエーターである。作用機序は、NeBP 内に装填されている硬球が、振盪に応じて往復運動を続け、内蔵されたベローズの収縮運動を促す。それに伴い押し出された空気がフラスコ気相部へ送り込まれ、通気性を有する培養栓を介してガス排出が促進され、培養器としての換気能が増大する。また、インキュベーター内にフラスコが並ぶ振盪基盤上のデッドスペースに設置できる程度の小さなサイズであり、培養中に操作する必要はない。

原理上、NeBP を付与したフラスコが振盪している空間が新鮮空気で満たされていれば、換気能力が増大したフラスコ内は新鮮空気に置換される。つまり、NeBP はフラスコ内外の空気を迅速にガス置換

できるデバイスでもある。そのため、インキュベーター内のガス環境を制御することで、NeBP を介して、振盪基盤上の複数のフラスコ内のガス環境を簡便に制御できる。インキュベーター内の二酸化炭素濃度を制御した液内振盪培養中のフラスコ気相部をモニタリングした結果、従来の振盪フラスコ条件 (NeBP 無し) では、インキュベーターで設定した値を大きく超過することが明らかとなった。一方で、NeBP を付与した条件では、インキュベーターの設定値通りのガス環境をフラスコ内に形成できた¹⁰⁾。培養する微生物種や培養条件次第であるが、これまでのガスインキュベーターで設定してきたガス環境と振盪フラスコ内の実際のガス環境は異なり、再現性の欠如や培養物への意図せぬ影響が潜在することがわかった。特に NeBP は、筑波大学研究基盤総合センター工作部門を介し試行錯誤によって開発でき、ガラス加工の専門家との打ち合わせは、異分野と自分がカバーする分野を横断した貴重な経験として、現在も活きている。

NeBP-sf と振盪機能付きのガスインキュベーター

を組み合わせた液内振盪培養用のガス制御機構は、多検体でも簡便にガス制御しやすく、液内振盪培養の特徴(e)を損なわない。そのため、液内振盪培養法を用いた微生物集積や物質生産などのスクリーニングやアッセイ系において、培地などの従来の培養条件に限らず、これまで設定できなかったガス条件(未開拓な培養条件)を検討でき、従来とは異なる微生物および機能を引き出すことに有効であると期待される。

4. 今後の展望

液内振盪培養法におけるガス制御を概説したが、扱う細胞や微生物種、培養に求められる目標によって、必要とされる互換性や再現性、スループットの程度は異なるので、研究に応じたガス制御を選定する必要がある。一方で、本稿で述べた以外にも、フラスコ気相部では鉛直方向にガス濃度勾配が生じること¹¹⁾、サンプリングに含まれる火炎殺菌操作で高濃度の二酸化炭素が含有した燃焼ガスが混入すること¹²⁾など、意図せぬ要素が培養に影響を及ぼしうる。つまり、培養器の気相環境(特に、好氣的環境とされる条件下)は、培養液と同様に重要な液内振盪培養における培養因子であるが、その制御や設計は培地と同じように研究が活発に展開されていると断定できないのが実状である。課題として、1) ガス制御する術は特殊かつ大掛かりなシステムを要することが多い、2) ガス環境を考慮せずともスクリーニングやアッセイ系およびスケール間の互換性において十分に成果が出ていた、ことが挙げられる。微生物の更なる真価を最大化するためには、ガス制御できる液内振盪培養法が普及することが望ましい。今後は、CDMSSのような多機能モニタリングシステムやNeBPのような独創性の高いデバイスが定着するような取り組みを展開したい。併せて、開発したデバイスによる微生物以外の細胞培養への利活用やガス環境に応じた培地のデザインなども実施し、

根幹的な培養技術の一つである液内振盪培養法の諸特性を更に明確化し、得られた知見に基づき革新的な培養法を提案したい。そして、バイオによるものづくりに貢献できるよう、日々精進していきたい。

5. おわりに

所属研究室でも多くの学生がオープンファシリティー推進機構を介して分析部門で様々な機器を利用しており、共用化文化の促進によって、研究を力強く進めることができていると感じています。また、研究基盤総合センターにつきましても研究遂行にとって非常に大きな支えになっております。工作部門につきましても、アドバイスも非常に丁寧なだけでなく、学生の頃からお世話になっています。特に依頼加工につきましても、何度も足を運ばせていただいております。納得のいく加工をしていただけています。研究基盤総合センターを含め本学キャンパスは一体化しており、物理的にも気軽に相談しに行くことができるのも魅力だと強く感じています。所属研究室の学生と試作を取り組み共同第一著者として執筆した流加システムの開発¹³⁾でもガラス加工でお世話になっており、学外の外注と比べ、少量でも丁寧かつ素早く対応いただけ、加工品の質もよく、研究・教育としての「ものづくり」を円滑に支援いただけ、なくてはならない存在です。本稿が、培養中にガス制御したい状況や既存の機器では解決できない状況に対する参考の一助になれば幸いです。

謝辞

本ニュースで紹介した研究は、筑波大学生命環境系(細胞機能開発工学研究室)で実施されたものです。主宰の青柳秀紀教授に心より御礼申し上げます。学生を含めた研究室のスタッフの皆様、日々応援やサポートしてくださる皆様に深く感謝いたします。また、本研究を推進するにあたり、筑波大学研究基盤総合センター工作部門の関係者の皆様に厚く御礼申

上げます。

本研究の一部は、独立行政法人 日本学術振興会 科学研究費助成事業、(公財)野田産業科学研究所、(公財)IFO 発酵研究所、(公社)日本生物工学会 未培養微生物(微生物ダークマター)資源工学研究部会、国立大学法人 筑波大学 産学連携会の助成を受けて実施されたものです。深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) Kluyver, A. J., and Perquin, L. H. C.: *Biochemische zeitschrift*, **266**, 68-81 (1933).
- 2) Takahashi, M., Sawada, Y., and Aoyagi, H.: *AMB Express*, **7**, 163 (2017).
- 3) Takahashi, M., and Aoyagi, H.: *J. Biosci. Bioeng.*, **126**, 96-101 (2018).
- 4) Takahashi, M., and Aoyagi, H.: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **104**, 8925-8936 (2020).
- 5) Takahashi, M. and Aoyagi, H.: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **102**, 4279-4289 (2018).
- 6) Anderlei, T., Zang, W., Papaspyrou, M., and Büchs, J.: *Biochem. Eng. J.*, **17**, 187 (2004).
- 7) 鹽田 日出夫, 坂口 謹一郎: 日本農芸化学会誌, **23**, 426 (1950) .
- 8) Takahashi, M., and Aoyagi, H.: *AMB Express*, **10**, 77 (2020).
- 9) Takahashi, M., and Aoyagi, H.: *Biochem. Eng. J.*, **174**, 108098 (2021).
- 10) Takahashi, M. and Aoyagi, H.: *J. Biosci. Bioeng.*, **134**, 240-247 (2022).
- 11) Takahashi, M. and Aoyagi, H.: *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, **102**, 6637-6645 (2018).
- 12) Takahashi, M., Honzawa, T., Tominaga, R., and Aoyagi, H.: *Sci. Rep.*, **10**, 10385 (2020).
- 13) Takahashi, M., Kato, T., and Aoyagi, H.: *Biochem. Eng. J.*, **196**, 108939 (2023).

真空中の直流沿面放電について

数理物質系 片桐 創一

1. はじめに

落雷は放電の代表的な現象であることはよく知られている。大気中の現象でありフランクリンの凧を利用した静電気収集実験（1752年）に見られるように比較的簡単な手段で実験結果を得ることができる。一方、真空中の放電現象は真空度の管理や放電に伴う現象の観察が困難という課題があり、実験的な進捗は大気中の現象に比べて遅れていた。近現代において、発電エネルギーの伝送方式として交流高電圧については現象解明が進み、学問的にも工業的にも完成の域に達している。ところが、真空中の直流高電圧における放電現象は未だに不明なことが多く残されている。例えば、交流の場合は電圧がゼロクロスするので、帯電の影響がほぼなく時間的な安定性が直流よりも極めて高いこと、周期的で安定した電圧変動を繰り返すため、放電現象の観察が容易なことや配線の劣化に伴う寿命についても加速試験による検証が容易である。一方、真空中の直流沿面放電では時間とともに絶縁体表面の帯電状態が変動し、放電するタイミングも不規則で観察を困難にしていることなどがある。

特に X 線 CT、レントゲン等の X 線源や電子顕微鏡のような荷電粒子ビームを利用した光学系は直流高電圧で加速される電子ビームを発生する電子源と電極や絞りといった光学素子を絶縁体で支持する構造であり、これらは真空チャンバ内に組み込まれている。このため放電の起点の検出、現象の物理現象の観察やそれらの時間的変化を詳しく調べることは極めて困難である。

そこで、我々はテスト用の小サンプルを管理され

た環境において観察し、放電現象を解明することを目的に研究している。

2. 放電モデル

真空中における沿面放電の代表的なモデルを図 1 に示した。絶縁体の両端に導体である陰陽極を備えた構造物が真空中に設置され、電極間に電位差を与えたモデルである。このような場合、真空、導体、絶縁体の 3 種類の物質の誘電率が異なるために電位勾配が生じ、3 つの物質が交差する三重点に電界が集中する。この電界強度が陰極の仕事関数を超えるとトンネル効果による電界放出電子が真空中に放出される。この電子が絶縁体表面に衝突すると 2 次電子が生じることになる。通常使用されるアルミナセラミックスの場合 2 次電子イールドは 6～9 程度と大きいので、絶縁体表面は正帯電するためにより多くの電子を引き寄せ雪崩的に増加して陽極に至ることになる。このために陰陽極間に暗電流が生じる。これが放電の前駆現象であり、さらに進むと絶縁体表面に吸着したガス分子が励起されて絶縁体表面近傍に飛び出し、電子と衝突することでイオン化する現象（ESD）が加わり、多くの場合

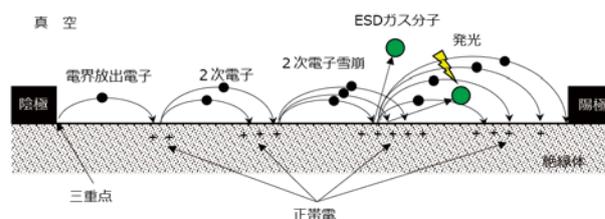


図 1 真空中の沿面放電モデル

発光を伴うスパーク放電となるものである。

沿面放電リスク低減には、①三重点の電界緩和による電界放出電子の抑制 [1]、②2次電子イールドの低減 [2]、③帯電の抑制 [3]、④ESDガスの抑制に効果が期待できる。ここでは直流放電の特徴である③の帯電抑止について検討した内容について紹介する。

3. 実験装置及び、実験方法

沿面放電モデルのうち帯電抑制について実験的に検証するため、アルミナ表面に僅かに導電性を持たせるためにTiN膜を10 nm程度スパッタ成膜し、さらに酸素雰囲気中で熱酸化(TiNO_x)することで抵抗値を制御したサンプルを試作した^[3]。表面抵抗率は10¹³ Ω/sq.台である。比較するためのアルミナの表面抵抗率は10¹⁵~10¹⁶ Ω/sq.である。

サンプル形状は図2に示す通り幅10 mm、長さ47 mm、厚さ1 mmの板状の両端に銅テープで形成した電極が配線されたもので、沿面長さは30 mm程度である。サンプル面の両電極間を移動可能な静電電位測定プローブはサンプル面との間隔を5 mm

離してある。また、サンプルホルダは図3に示すようにアクリル板を組み合わせて作製した。実験装置としては図4に示す構成を用いた。ガラスチャンバ内をターボ分子排気ポンプで真空排気することで10³ Pa台の真空度を保ち、チャンバ内部にサンプルホルダに試験用サンプルを固定する。サンプル面に沿って移動可能なプローブが設置されており、サンプル面上の帯電電位を非接触で測定できる。サンプル上下面には電極があり、上部電極に直流高電圧電源(最大±20 kV)が配線され、サンプル上部電極に通電する。サンプル下部電極は電流計を介して接地しており、微小電流を測定可能としている。

次に実験方法について述べる。サンプルとしてTiNO_x膜を成膜したものと、していないアルミナに対してランプ電圧を印加した時の電流と表面電位の時間変化を測定する。静電プローブは陰陽極間の中央に固定した。印加電圧は10 kVまで増加させた。

4. 実験結果と考察

図5 (a)は印加電圧と電流値の時間変化であり、(b)は印加電圧と表面電位の時間変化を示している。

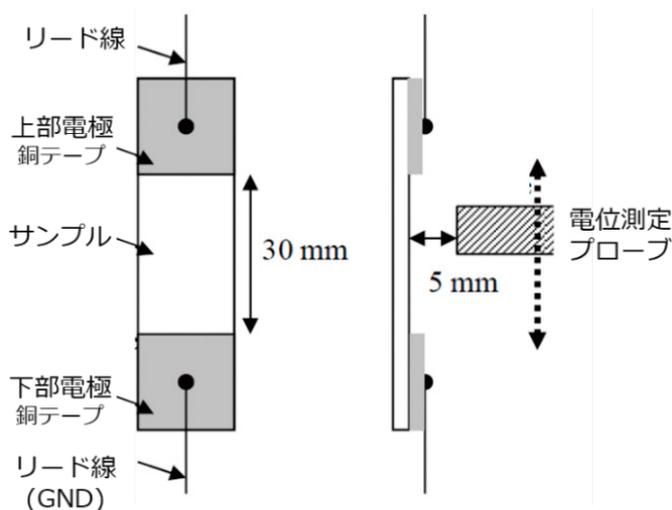


図2 サンプルとホルダの構成

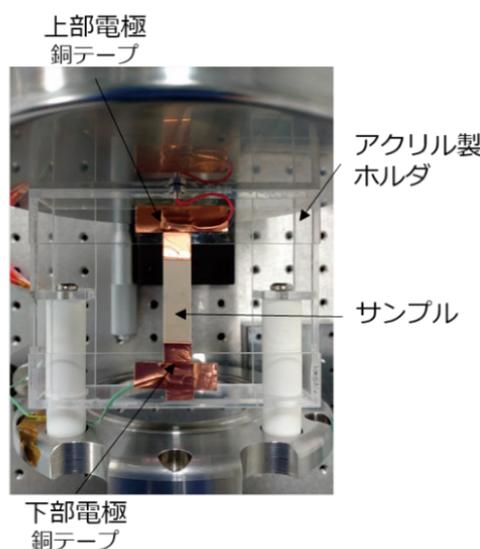


図3 サンプルとホルダ

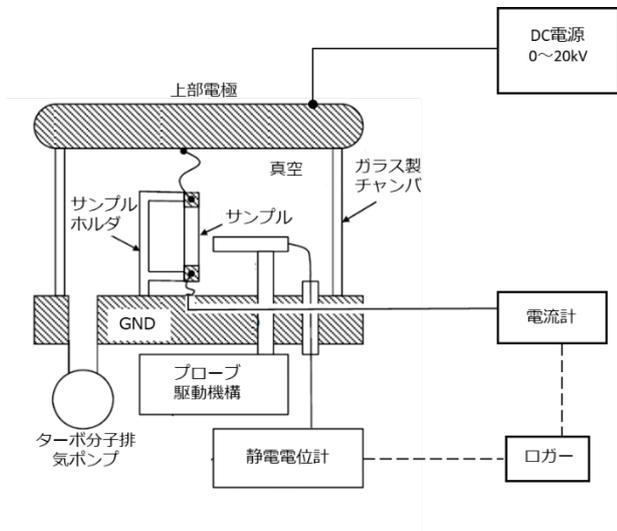


図4 実験装置の構成

このとき、表面電位の測定プローブはサンプルの中央付近に固定している。40 s までは増加率がほぼ一致しているが、それ以降、表面電位が増加している。これとほぼ同期して電流に 2 次電子雪崩現象と思われるパルス状の波形が現れており、帯電との関与が考えられる。また、図 5 (c) は電圧を 1.3, 5 kV 印加した際の表面電位分布を規格化したものであり、(d) は除電後の表面電位分布を示している。これも陰陽極間をつなぐ 2 次電子雪崩放電が発生し、その影響でアルミナ表面が正帯電していると考えられる。この正帯電は、印加電圧を増加すると正帯電電位も増加する傾向があり、除電して 0 kV にしても残留する。5 kV 印加時では約 1.8 kV であった。このことから高電圧下に伴い、正帯電位が増加することでより沿面放電を促進してしまっている。

一方、図 6 は TiNO_x 膜を成膜したアルミナに同様の実験を行った結果を示している。図 6 (a) より、

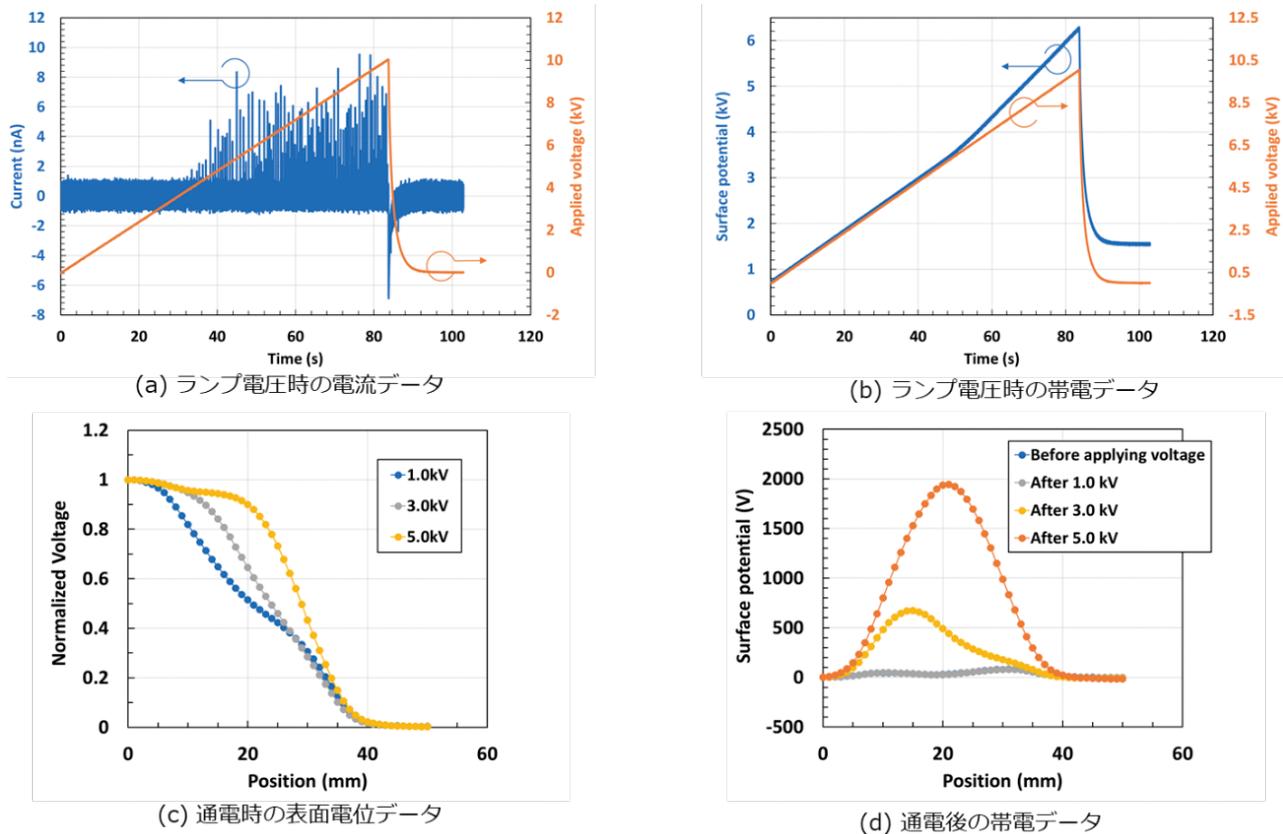


図5 アルミナサンプルの実験結果

2次電子雪崩放電は生じているが、図6 (b) に示すように表面電位と印加電圧の増加率が一致しており、ほぼ帯電していないことが分かる。図6 (c) に示した電圧印加時の電位分布において、各電圧における差異がなく、図6 (d) に示すように除電後の分布もほぼフラットで差が見られない。これはアルミナ表面に形成した、僅かに電流を流す TiNO_x 膜により除電されているためと考えられる。

5. おわりに

真空中の直流沿面放電は通電開始からしばらくして生じる現象があり、現象解明を難しくしていた。本研究の結果は、この原因の一つが通電条件に依存した沿面の正帯電分布の時間変動ということを示唆したものである。絶縁体として本研究で評価したような半導電性を付与し、適切な抵抗値を安定に維持できれば放電耐性の向上が可能と思われる。

本研究で用いた実験装置は10年程度休止していたものを再利用しているため、いくつかの部品を新たに製作する必要がありました。本実験に用いたサンプルホルダは、研究基盤総合センター工作部門に製作いただいたものです。この他にも治具製作やサンプルのカッティングなどを短納期かつ安価に対応いただいております。この紙面をもって感謝いたします。今後ともどうぞよろしくお願いいたします。

引用文献

- [1] S. Katagiri, T. Miyake, T. Naito, H. Morita, Y. Yamano: Proc. 30th-ISDEIV, p.p. 9-12 (2023)
- [2] 角谷、小倉、野木、姚、片桐：第70回応用物理春季大会、18p -D519-3 (2023)
- [3] A. Ogura, S. Katagiri, Y. Yuanchao, H. Nogi, R. Hasunuma: Abs. 14th-IVESC, P2-13 (2023)

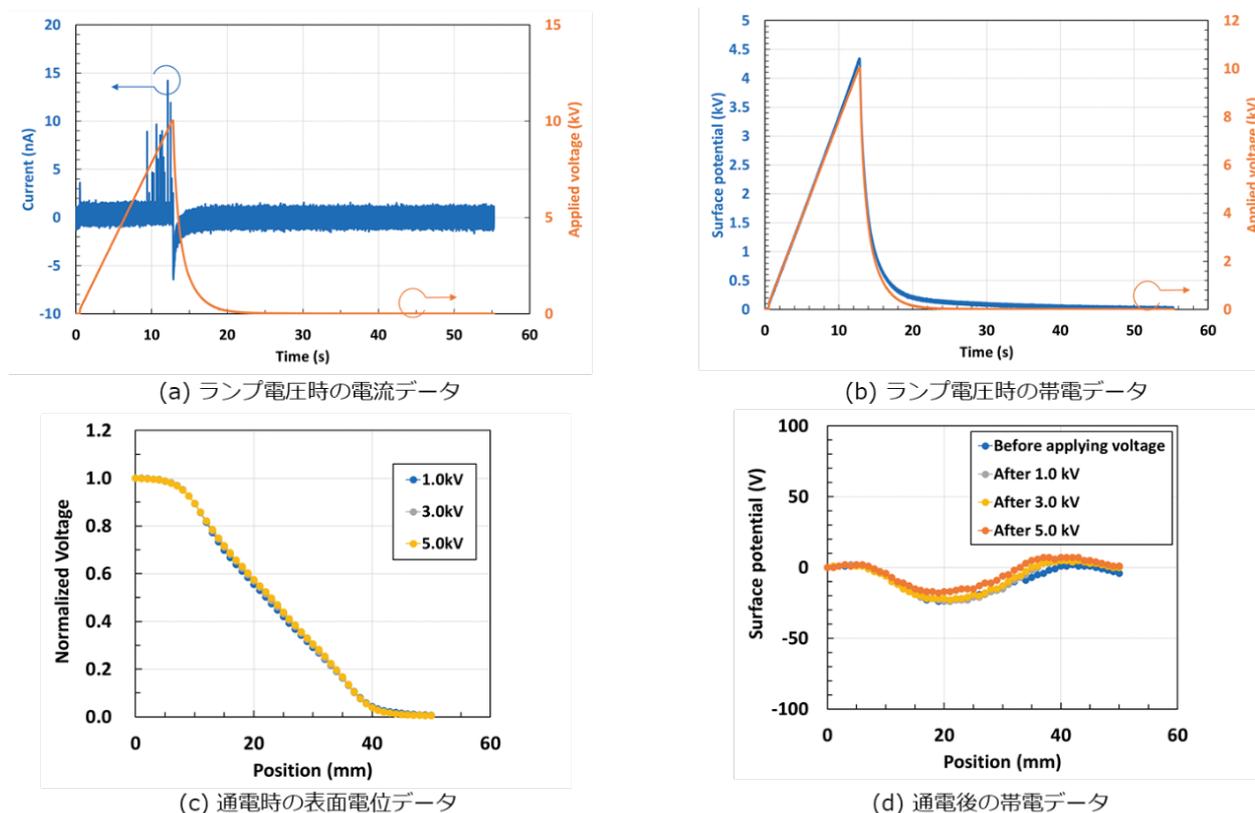
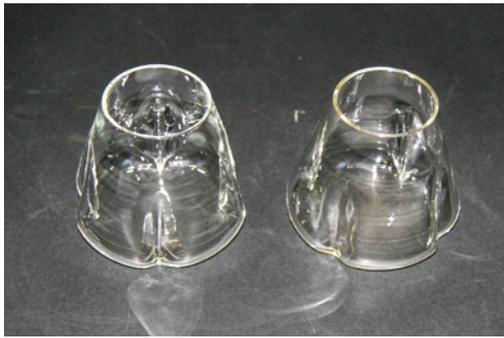


図6 TiNO_x幕付きサンプルの実験結果



バッフル付三角フラスコ



W型試験管



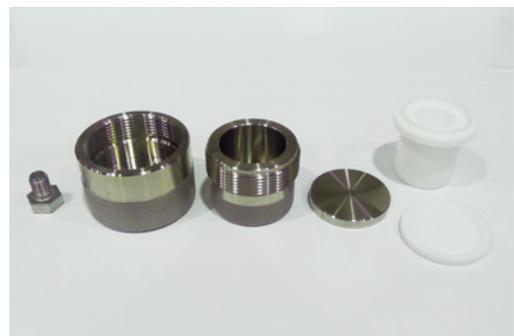
基板ホルダ



シールド電極



八角沈降管



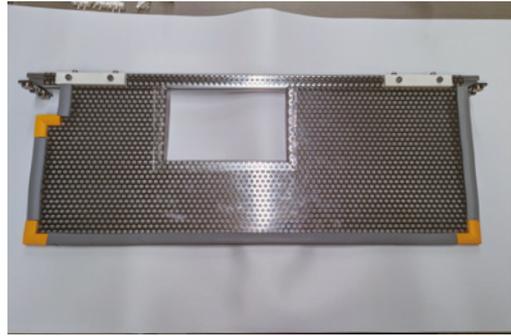
ソルボサーマル合成用容器



熱セル



変換ニップル



安全ガード



実験用マスク部品（白色のパーツ）



プリズムホルダ



湿度センサ取り付け対応キャップ



検出器載せ台

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。

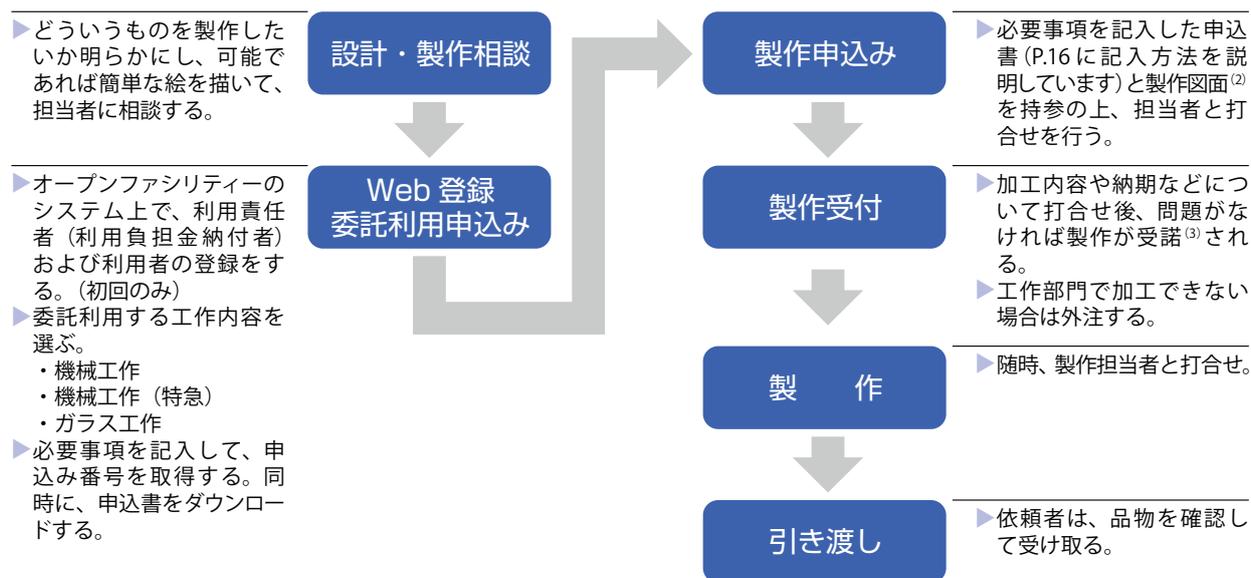
工作部門には、機械工作室、ガラス工作室、公開工作室がある。機械工作室では、汎用工作機械や数値制御（NC）工作機械による直線形状や曲線形状の機械加工、TIG溶接や銀ろう付などの溶接作業等を行っている。ガラス工作室では、手作業やガラス旋盤などによる加工や修理、精密切断機や卓上CNCフライス盤による切断作業や溝加工などを行っている。公開工作室では、利用資格を持った教職員、学生が自由に機械加工をすることができる。

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。



利用の手引き

(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、オープンファシリティ推進機構のホームページにあり、以下の URL で参照できる。

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

(2) 製作図面

工作部門ホームページ (<https://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。

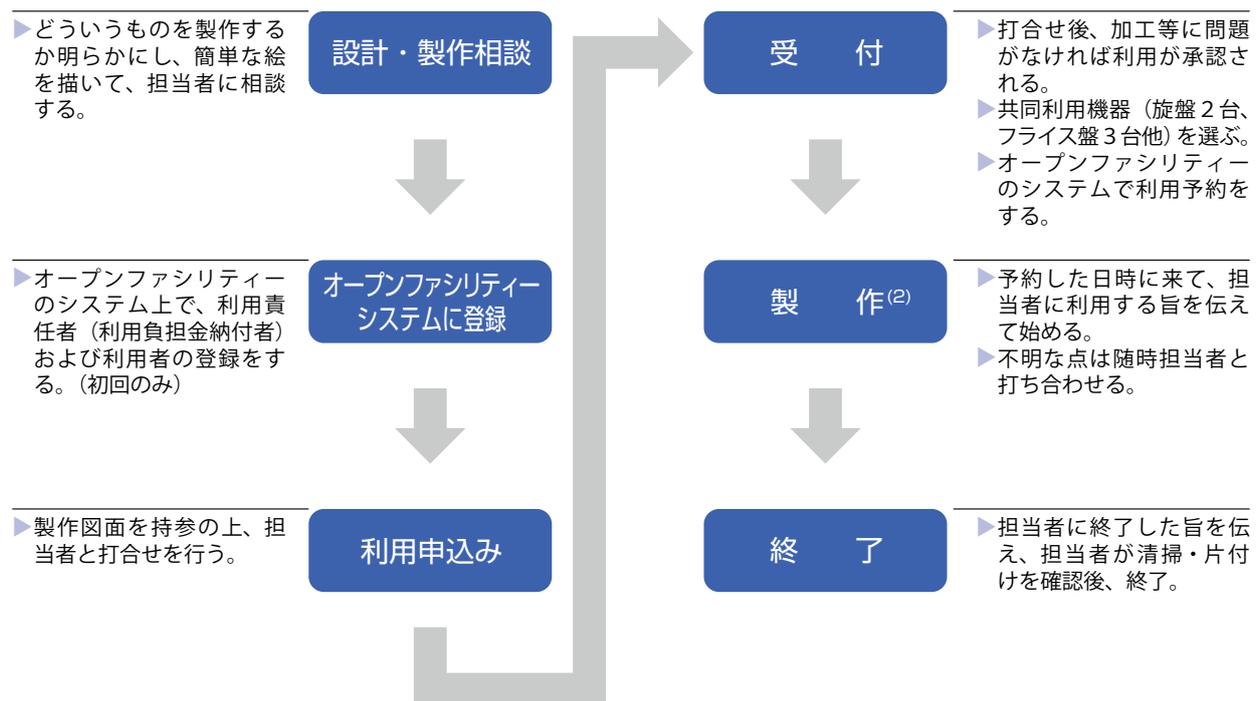
※支払責任者の押印は廃止いたしましたが、必ず事前に支払責任者の許可を得てください。

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、ご提出願います					
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			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、学生が利用できる。その具体的な手順を以下に示す。



(1) 利用者資格登録

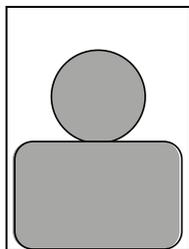
工作機械は不注意や操作ミスにより、利用者が大きな怪我を負うことがある。また、共同で利用する機器を破損して多くの利用者に迷惑を及ぼす。このため、共同利用機器の使用を希望する利用者は、安全に正しく使用することができるように、工作部門で実施する安全教育（半日）と操作実習（1日）を受講し、利用資格を得て登録する必要がある。

(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 (茨)
(或いは指導教官)

申込者 所属部局名 ○×研究科△□専攻

職名 博士前期 1年 氏名 (フリガナ) キカイ 機械 ガラス 硝子 (機)

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 6 年 1 月 31 日現在

		令和 2 年度	令和 3 年度	令和 4 年度	令和 5 年度
[委託] 機械工作	件数 (件)	181 (25)	218 (15)	159 (20)	164 (14)
	時間 (h)	1834.5	2612	2454	2298.5
[委託] ガラス工作	件数 (件)	260	285	257	261
	時間 (h)	929	1175	771	829.5
委託合計	件数 (件)	441	503	416	425
	時間 (h)	2763.5	3787	3225	3128
共同利用 (公開工作室)	件数 (件)	6	1	9	0
	時間 (h)	14	3	20	0

※括弧内は特急件数

■教育支援

令和6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）	夏季集中講義	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

研究基盤総合センター工作部門運営委員会委員名簿

令和6年1月31日現在

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	R5 6 (2023).4.1～ R7(2025).3.31	内線 5061
工作部門 システム情報系 准教授	江並 和宏	R4(2022).4.1～ R6(2024).3.31	内線 2528
システム情報系 教授	西岡 牧人	R4(2022).12.1～ R6(2024).3.31	内線 5121
数理物質系 教授	木塚 徳志	R4(2022).4.1～ R6(2024).3.31	内線 4993
数理物質系 准教授	野村晋太郎	R4(2022).4.1～ R6(2024).3.31	内線 4218
数理物質系 准教授	山村 泰久	R4(2022).4.1～ R6(2024).3.31	内線 8243
数理物質系 准教授	蓮沼 隆	R4(2022).4.1～ R6(2024).3.31	内線 5367

◎は委員長

工作部門教職員

令和6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	技術職員	小川 祐生
		黒澤 拓未
		野村 音央
	シニアスタッフ	吉住 昭治
	派遣職員	内田 豊春
ガラス工作	技術専門職員	門脇 英樹
	シニアスタッフ	明都 茂

編集後記

2023年度は、物価の高騰により市民生活にも研究活動にも大きな影響が出てしまいました。工作部門においても利用料金の値上げをせざるを得ない状況になってしまいました、利用者の皆様にはご負担をおかけして大変心苦しい状態ではあります。設計を工夫したり安価な代替品を提案する事によって製作費用を圧縮し、できるだけ皆様の研究活動に支障をきたさないよう努力いたします。現在、研究実験に使用してきた装置が値上げ・品切れで従来のように手に入らないとのご相談もお受けしております。値上げしたとは言え、外注よりは安価で装置作製・部品加工が可能で、かつ機械工作・ガラス工作の知見をもとに装置改善をご提案できる工作部門の重要性はより増したと認識しております。

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

令和6年(2024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: <https://www.kou-c.tsukuba.ac.jp/>



