



筑波大学
University of Tsukuba

工作ニュース

No.17

2026.4



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） 藤野 貴康 1
新任のご挨拶	工作部門 ガラス工作室 藤村 拓実..... 2
研究ノート	「地球上の岩石に炭素はどの程度取り込まれるか」..... 3 興野 純（生命環境系） 「X線・中性子用集光ミラーの作成」..... 13 渡辺 紀生、青木 貞雄（数理物質系）
活動報告	「5軸マシニングセンタ導入後の活用報告」 黒澤 拓未 16 「夏休み自由研究お助け隊2025 ー機械加工を楽しもうー 実施報告」 黒澤 拓未 20
フォトギャラリー	 25
利用の手引き	 27
運営報告	利用状況..... 32 主なイベント..... 33 運営委員一覧..... 34 職員紹介..... 34
編集後記	 35

研究基盤総合センター 副センター長（工作部門担当） 藤野 貴康

研究基盤総合センター工作部門（旧：工作センター）は1980年に発足し、ものづくりの観点から本学の研究力を支援することを目的として、機械工作およびガラス工作に関する設計・技術相談、ならびに研究・実験用機器の製作に取り組んでまいりました。この間、本部門に所属するシニア・中堅・若手の教職員が強い相互連携のもと、高度な設計・製作技術の継承に努めてまいりました。こうした技術伝承の観点から、今年度、工作部門にとって大変喜ばしい出来事がありました。待望の若手人材である藤村 拓実さんが新たに本部門に加わり、通常業務に従事するかたわら、諸先輩方の丁寧なご指導のもと、ガラス工作を中心に工作技術の研鑽に日々励んでおられます。また、昨年度に新規導入した工作機器（5軸制御マシニングセンタ DMU-50, 小型切削加工機 ロボドリル α -D14MiB5 Plus, 卓上 X 線 CT 装置 XSeeker 8000, 三次元測定機 VL700, 3D スキャナ EinScan HX2, 半自動旋盤 TAC-510L10, CAD-CAM ソフト hyperMILL）について、今年度より本格的な運用を開始したことも、本部門にとって大きなニュースの一つです。例えば 5 軸制御マシニングセンタ、ロボドリルを用いた加工において、加工シミュレーションによる工具動作の視覚的な確認が可能となり、工具と材料や治具との衝突といった加工トラブルを未然に防止できるようになりました。さらに、反射鏡やトロフィーのような曲面を有する複雑形状の部品についても、より高精度な加工が可能となっております。加えて、卓上 X 線 CT 装置や三次元測定機、3D スキャナにより、樹脂・金属部品の非破壊検査、装置部品の高精度な三次元測定およびデジタイズ、さらには 1m を超える大型部品の三次元測定・デジタイズも可能となりました。さらに本年度に新規導入したファインカット装置により、ガラスやセラミックといった材料の精密切断にも対応できるようになっています。汎用旋盤などの従来型工作機械に加え、最近導入した各種設備により、工作部門内で対応可能な加工の幅は格段に広がりを見せています。

本部門では、設計・技術相談をお受けする際、まず依頼者のご要望を丁寧に伺い、その上で研究目的に即した設計提案を行うことを心がけております。また、本部門での対応が困難な工作依頼につきましても、外部業者を活用した設計・製作の提案を行っております。学生からのご相談に際しては、ものづくりの基礎的な知識や考え方を身につけていただけるよう、教育的観点を重視して対応いたします。なお、設計図が未整備の場合であっても、アイデア段階の構想をお持ちいただければご相談いただくことが可能です。工作部門での製作費用は、学外業者と比較して大幅に抑えられる場合もございますので、本学の教員・学生の皆様におかれましては、ぜひ積極的に工作部門をご活用いただければ幸いです。

新任のご挨拶

工作部門 技術職員 藤村 拓実

2025年4月に入職した藤村拓実と申します。工作部門ではガラス加工を担当しています。「ガラス」と聞くと江戸切子のような伝統工芸をイメージされることも多いのですが、私が作っているのは主に研究用の理化学ガラス器具になります。

私は大学院で機械工学を専攻後、2社のメーカーで新規製品の開発や設計、海外での生産ライン設計や設備導入をする生産技術に携わってきました。どの国でも、誰がやっても同じ品質の製品ができることを目指す「量産」の世界に身を置いていたため、当時は自ら手を動かして加工するような器用さは一切求められていませんでした。

現在はその経験とは対照的に、依頼者の細かな要望を直接形にする「特注品」のものづくりに従事しています。全く同じ依頼は少なく、その都度最適な手順や方法を模索する必要がありますが、0から1まで自分自身の手で完結できるプロセスに、技術者としてやりがいを感じています。とはいえ、機械工学出身で化学とは縁がなかったため、最初は理化学ガラス器具の名前もわからず苦労しました(ビーカーとフラスコの区別すらつかないレベルでした)。

今もまだまだ先輩職員に教えてもらいながら勉強中です。

日々ガラス加工に向き合う中で、「職人の技術」の奥深さを実感しています。先輩職員が簡単そうに作り上げているものを真似してみると、少しの違いが積み重なり、最終的に「あれ?」という結果になることが多々あります。持ち手にするガラスの伸ばし方、加工中のバーナー炎の強さ、加熱タイミングや当て方、力加減、成形時の吹き強さなど、数値化の難しい感覚的な技術は、時間をかけて体で覚えていく必要があります。熟練した技術を持つ先輩職員のもとで日々研鑽できることをありがたく思っています。

最後に、これまで工作部門をご利用いただいた方も、まだご利用になったことがない方も、ぜひお気軽にお越しください。具体的な内容が決まっていなくても、図面がなくても、ご相談だけでも大歓迎です。文字通り修行の身という大学職員には珍しい状況ですが、皆様の研究や業務のお役に立てるよう精一杯努めてまいります。どうぞよろしくお願いいたします。



ガラス旋盤で加工中の藤村

地球上の岩石に炭素は どの程度取り込まれるか

生命環境系 興野 純

1. はじめに

炭素は、気候変動や生命活動と密接に関係する元素として広く知られている。大気中の二酸化炭素や生物を構成する有機物としての炭素は、日常的にも目に触れる存在であり、近年では地球温暖化や炭素循環に関する社会的関心の高まりを背景に、炭素の地球規模での挙動が改めて注目されている。しかし、地球上の炭素の大部分は地上ではなく地下に存在しており¹⁾、その実態は必ずしも直感的に理解しやすいものではない。

炭素は、温度・圧力・酸化還元状態といった環境条件に応じて、多様な化学形態で地球内部に存在している。例えば、地球浅部では生物起源の有機炭素として、地殻では炭酸塩として、マントルではダイヤモンドやグラファイト、炭化物として、さらに核では炭化鉄として存在していると考えられている²⁾。そして、地球深部に存在するマントル以深の炭素量が、地球上の全炭素量の90%以上に達する³⁾。したがって、地球深部の炭素リザーバー（貯蔵庫）の実態を明らかにすることが、長期的な地球環境変動や惑星進化を理解するうえで極めて重要である。

Hazen and Schiffries は、珪酸塩鉱物が主要な炭素リザーバーになり得ることを指摘した⁴⁾。珪酸塩鉱物は地殻およびマントルを構成する主要な鉱物であり、それらが炭素を多量に取り込めるとすれば、地球内部における炭素貯蔵量の見積もりは大きく増加する。Shcheka et al. は、高温高压実験によってマントル鉱物への炭素溶解度を調べ、橄欖石では圧力の上昇に伴って炭素溶解度が増加し、11 GPaで最大12 ppmの炭素を結晶構造内に取り込むこと

を示した²⁾。そして、このときの炭素は C^{4+} として Si^{4+} と置換し、橄欖石の SiO_4 四面体内に占有される可能性を示唆した。この結果は、従来は炭素を含まないと考えられてきた橄欖石が、条件によって炭素を取り込むことを示した重要な知見であった。

一方、地球内部にはモアッサナイト (moissanite、 SiC) という鉱物が存在する。モアッサナイトは、地球上の多様な岩石から発見される鉱物であり⁵⁾、隕石や太陽系外天体での存在も確認されている⁶⁾。モアッサナイトは、地球内部や惑星内部に極めて還元的な環境が局所的に存在することを示唆する指標として利用されている。Trumbull et al. は、世界各地の代表的なオフィオライト複合岩体に産するポディフォームクロム鉄鉱岩から採集したモアッサナイトの炭素同位体組成を、二次イオン質量分析法 (SIMS) によって分析し、モアッサナイトが極めて還元的な環境のマントルから生成されたことを示した⁷⁾。モアッサナイトは、結晶構造中でケイ素が1つの3s軌道と3つの3p軌道から成る sp^3 混成軌道を形成していることから、珪酸塩鉱物の SiO_4 四面体構造と類似した SiC_4 四面体構造を構成している。この構造的類似性は、珪酸塩鉱物中における炭素置換の可能性を考えるうえで重要な手がかりとなる。Takahashi et al. は、マグネサイト ($MgCO_3$)、Si、Fe、グラファイトを混合し、1600 °C、4 GPaの高温高压・還元環境下で5時間保持する実験を実施し、モアッサナイトとともに橄欖石が形成されることを示した⁸⁾。Sen et al. は、非晶質オキソ炭化ケイ素 ($SiOC$) からなるPDCs (Polymer-Derived Ceramics) を用いた実験によって、地球環境条件下

では、低温高压領域の珪酸塩鉱物中において炭素と酸素の置換が生じ得ることを指摘した⁹⁾。また、熱力学的には、炭素は Si^{4+} と置換するよりも酸素と置換しやすいことを明らかにした。この結果は、炭素が必ずしも Si との単純なイオン置換として振る舞うわけではなく、複数の結晶化学的な取り込み様式が存在する可能性を示している。

このように、地球内部で珪酸塩鉱物中に炭素が溶解する際、炭素が Si^{4+} の原子位置に取り込まれて CO_4 四面体配位を作るか、酸素の原子位置に占有されて SiC_4 四面体配位となるか、あるいは一部の酸素と置換して $\text{Si}(\text{O},\text{C})_4$ 四面体を形成するののかといった点については、十分に理解されていない。特に、実験条件や、鉱物の種類ごとに置換様式が変化するかについては、系統的な理解が不足している。

そこで本研究では、主要な地殻・マントル鉱物における炭素置換メカニズムの解明を目的とする実験を実施した。実験には、上部マントルの主要構成鉱物である苦土橄欖石 (Mg_2SiO_4) と、地殻の主要な造岩鉱物である透輝石 ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) および石英 (SiO_2) を用いた。

珪酸塩鉱物と炭素の地球内部における関係性を明らかにすることは、地球科学においては極めて重要な研究課題の一つである。地殻は、構成鉱物の約 9 割は珪酸塩鉱物であり、地球の体積の約 8 割を占めるマントルは、マグネシウムや鉄を含む苦鉄質の珪酸塩鉱物によって構成されている。すなわち、珪酸塩鉱物中の SiO_4 四面体に占有され得る炭素量が仮に極めて微量であっても、炭素が酸素やケイ素と容易に置換可能であれば、珪酸塩鉱物が大量の炭素を貯蔵する炭素リザーバーとなり得るという仮説を強く支持する。さらに、岩石中の珪酸塩鉱物の C/O 比は、その岩石が形成された当時の酸化還元環境を推定する新たな指標となる可能性も有しており、本研究は、地球深部の理解のみならず、惑星内部進化や初期地球環境の復元にも貢献し得る。以下

に、本研究の実験方法および結果を詳述する。

2. 実験方法

本研究に使用した鉱物試料は、天然の苦土橄欖石 (San Carlos, California, USA)、透輝石 (佐賀県伊万里市滝川内西ヶ岳)、石英 (Ron Coleman mine, USA) である。EPMA 測定から、苦土橄欖石と透輝石の化学組成はそれぞれ、 $(\text{Mg}_{1.83}\text{Fe}^{2+}_{0.15}\text{Fe}^{3+}_{0.02}\text{Ni}_{0.01})\text{Si}_{0.99}\text{O}_4$ 、 $(\text{Ca}_{0.83}\text{Mg}_{0.14}\text{Na}_{0.03})(\text{Mg}_{0.79}\text{Fe}^{2+}_{0.11}\text{Al}_{0.07}\text{Cr}_{0.02}\text{Fe}^{3+}_{0.01}\text{Ti}^{3+}_{0.01})\text{Si}_{1.91}\text{Al}_{0.10}\text{O}_6$ であった。炭素源には、結晶質炭素としてグラファイト (富士フイルム和光純薬、純度 98%)、非晶質炭素として活性炭 (富士フイルム和光純薬、純度 100%) を用い、結晶質と非晶質の炭素間で差異が現れるかについても比較を行った。珪酸塩鉱物は、めのう乳鉢でエタノールを加えて湿式法により 2–5 μm の細粒粉末にし、続いて炭素を加え、エタノール下で均一になるまで混合して粉末状の混合物を作製した。珪酸塩鉱物を粉末状にすることで比表面積が増大し、炭素と反応しやすくなると考えた。珪酸塩鉱物と炭素の種類および混合比を変えて混合物を作成し、これらの混合物を石英ガラス管に入れ、管内の空気を真空ポンプで抜きながらガスバーナーで焼き切ることで真空封入した (図 1)。その後、石英ガラス管を電気炉に入れ、1000°C で 2 日間加熱した。このときの酸素分圧は $\text{PO}_2 = 10^{-19}$ と見積もられた。活性炭を用いた混合物において、炭素試料比が 1 より大きい条件では加熱中に石英ガラス管が破裂し、実験の遂行は不可能となった。

粉末 XRD 測定は、Rigaku RAD-A を用いて行った。スキャンスピードは 2.0°/min、ステップ幅は 0.01°、測定範囲は $2\theta = 10.0\text{--}50.0^\circ$ とした。格子定数は、非線形最小二乗法計算プログラム UnitCell¹⁰⁾ を用いて精密化した。

赤外線吸収スペクトル分析は、フーリエ変換赤外分光光度計 (日本分光 FT/IR-300) を用いて実施した。試料は KBr により体積比で約 3/100 に希釈し、加

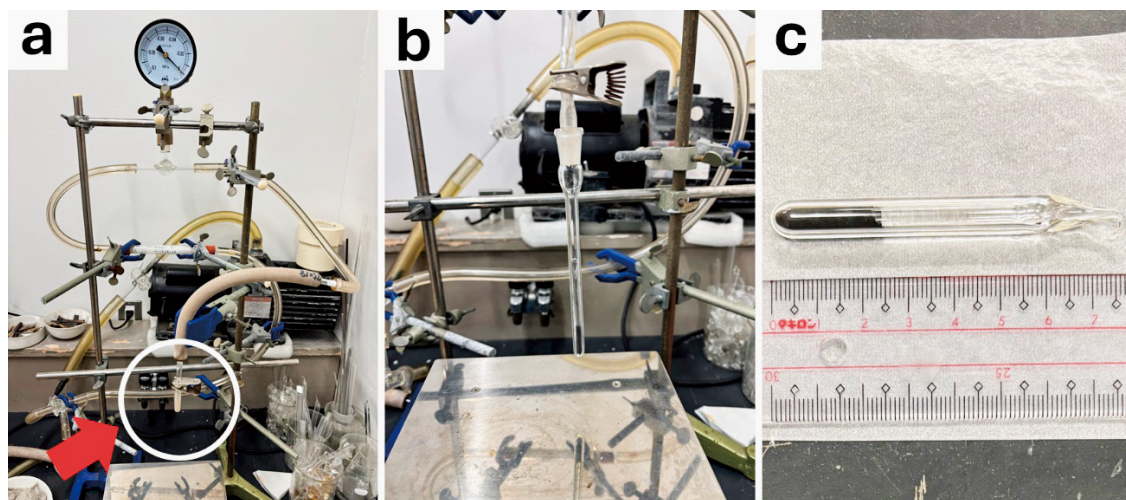


図1 石英ガラス管への試料の真空封入。(a) 石英ガラス管の試料封入装置。丸で囲んだ接続部に試料を入れた石英ガラス管を接続する。(b) 石英ガラス管内を真空ポンプで慎重に排気し試料室内を真空にする。(c) ガスバーナーで焼き切って試料を封入する。

圧成形してガラスペレットとした。積算回数は128回、波数分解能は 4 cm^{-1} 、測定範囲は $4000\text{--}400\text{ cm}^{-1}$ とし、ビームスプリッターにはKBrを使用した。

EPMA測定は、電子プローブマイクロアナライザー（日本電子 JXA-8530F）を用いて行った。顕微鏡下で測定に適した試料を1粒選別し、スライドガラス上に配置した後、エポキシ樹脂（ペトロポキシ154）で包埋した。試料表面はダイヤモンドペースト（ビューラー MetaDi）を用いて研磨した。炭素の定量分析には、標準試料として、あらかじめ定量分析により化学組成を決定した苦土橄欖石、透輝石、石英を用いた。試料表面は、炭素を含まない研磨材であるアランダム #2000を用いて研磨し、その後アルミニウム蒸着処理を施した。炭素の標準試料にはモアッサナイトを用いた。このとき、透輝石にはAlが含まれているため、アルミニウム蒸着状態で測定を行った後、表面を再研磨して炭素蒸着を施し、Alのみを定量分析した。加速電圧は15 kV、照射電流は $1.0 \times 10^{-8}\text{ A}$ 、ビーム径は苦土橄欖石および透輝石で $1\text{ }\mu\text{m}$ 、石英で $3\text{ }\mu\text{m}$ とした。

3. 結果

3-1 粉末 XRD 測定

粉末 XRD 測定より求めた炭素／試料混合比による苦土橄欖石、透輝石、石英の格子定数の変化をそれぞれ図2-4に示す。苦土橄欖石では、炭素の増量に伴って *b* 軸および *c* 軸の長さが収縮し、単位格子体積が減少する傾向が認められた。また、グラファイトを混合した場合と活性炭を混合した場合を比較すると、グラファイトよりも活性炭を用いた場合の方が収縮は顕著であった。透輝石では、炭素の増量に伴って *c* 軸の長さが増加する傾向が認められ、苦土橄欖石の場合とは異なり、単位格子体積の変化はわずかであった。また、グラファイトおよび活性炭のいずれと反応させた場合においても、顕著な差は認められなかった。石英では、炭素の増量に伴う *a* 軸、*c* 軸、および単位格子体積の変化はほとんど認められず、グラファイトと活性炭の違いによる顕著な差も観察されなかった。

苦土橄欖石および透輝石について、加熱前後の反応による炭素量の変化を評価するため、各珪酸塩鉱物試料の最強線強度に対する炭素の最強線である002反射の強度比を比較した。なお、ここで比較し

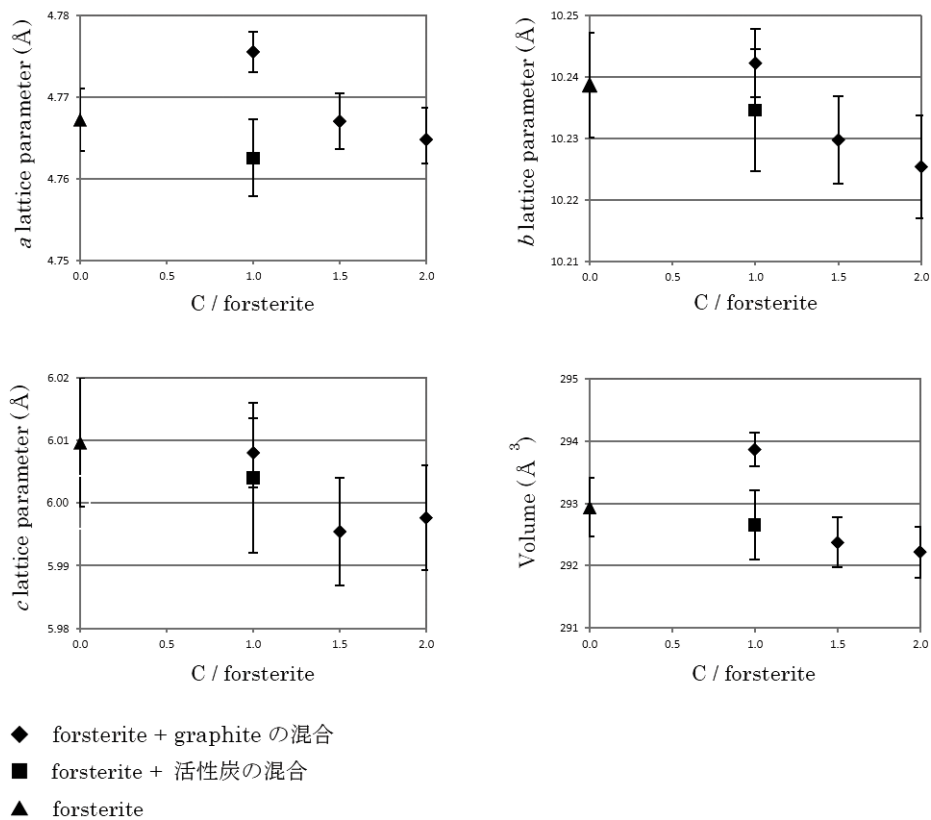


図2 異なる炭素混合比で加熱した苦土橄欖石の格子定数変化

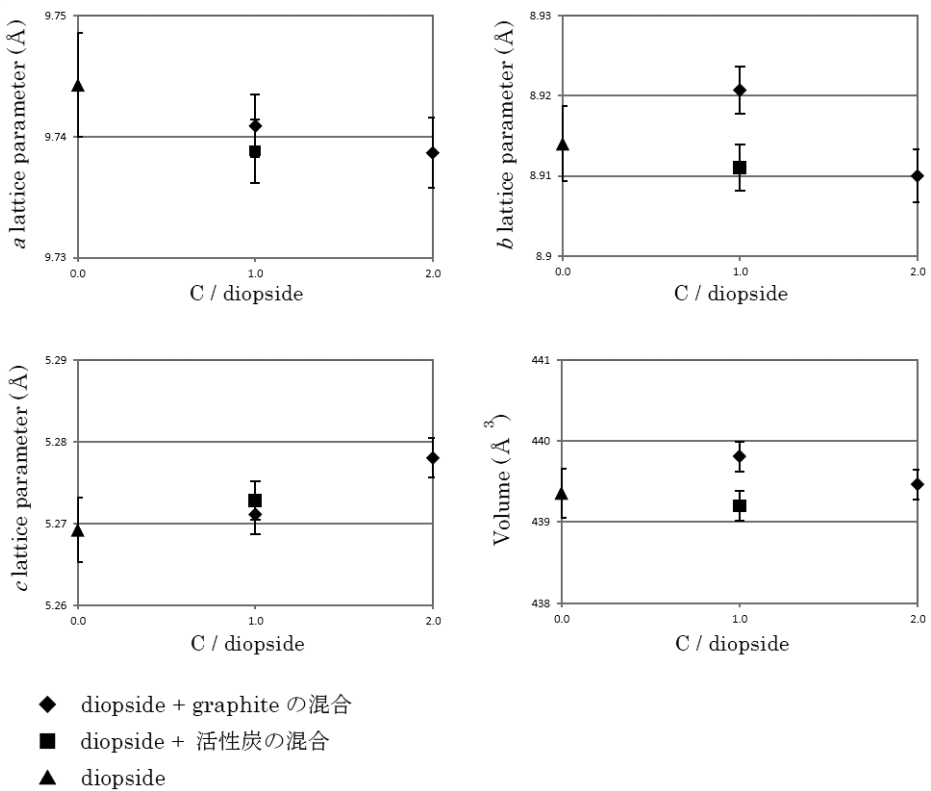


図3 異なる炭素混合比で加熱した透輝石の格子定数変化

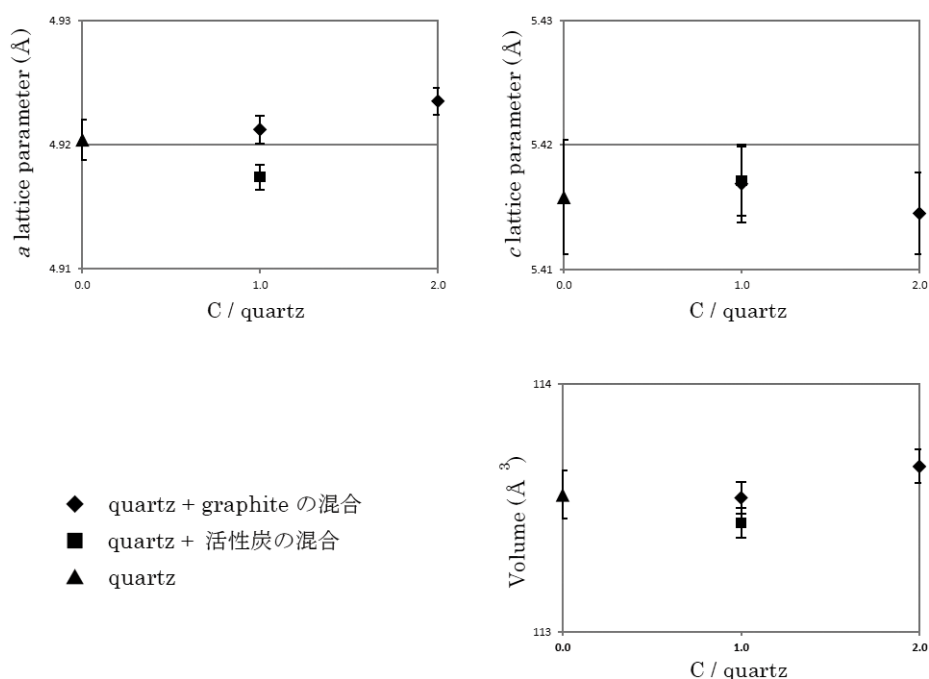


図4 異なる炭素混合比で加熱した石英の格子定数変化

たデータはグラファイトと反応させた試料である。その結果を表1に示す。苦土橄欖石では、加熱後にグラファイトの回折強度が減少した。一方、透輝石では炭素混合比2の条件において、加熱前よりも加熱後の方が強度比はわずかに増加していた。

3-2 赤外線吸収スペクトル測定

赤外線吸収スペクトル分析の結果を図5に示す。苦土橄欖石では、加熱後のスペクトルにおいて、CO結合の伸縮振動が現れる領域¹¹⁾にわずかなショルダーが認められた。透輝石では、Si-C結合の伸縮振動が現れる領域^{12,13)}にかすかなショルダーが観察された。石英では、炭素を添加して加熱した場合でも、スペクトルに顕著な変化は認められなかった。

3-3 EPMA 測定

反応前後の化学組成変化を調べるため、EPMA測定を行った。定量分析結果を表2～4に示す。このときの苦土橄欖石、透輝石、石英における炭素の種類と混合比は、それぞれ苦土橄欖石および透輝石ではグラファイト(混合比2)、石英では活性炭(混合比1)である。その他の試料については、粒径

が小さすぎるなどの理由により、定量データを得ることができなかった。苦土橄欖石および透輝石では炭素が有意に検出されたのに対し、石英では検出量はごくわずかであった。さらに、透輝石では反応前後においてSiとCのイオン数に負の相関が認められた。透輝石では炭素含有量が14.40 wt%と高い値を示したが、SiO₂、MgO、FeO、CaOの定量値にも大きな変動が認められ、総イオン数は6.21となり、理想値である4.00から大きく逸脱した。

4. 考察

実験結果から、珪酸塩鉱物には炭素を置換することが可能であるという可能性が示唆される。珪酸塩鉱物と活性炭の混合物を加熱すると石英ガラス管が破裂するという結果についても、珪酸塩鉱物中の一部の酸素が還元され、炭酸ガス(CO、CO₂など)が発生したことによるものと解釈することができる。しかし、粉末XRD測定における単位格子変化が僅かであることや、EPMA測定における炭素分析には、試料を固定している樹脂由来の測定誤差が含まれる可能性があることから、珪酸塩鉱物が必ずしも炭素

表 1 加熱前後における試料の粉末X線回折最強線に対するグラファイト002回折線強度の比較

C/forsterite	加熱前 (%)	加熱後 (%)	比
1.0	24.1	21.7	0.90
1.5	36.5	15.2	0.42
2.0	38.3	27.6	0.72
C/diopside			
1.0	19.5	10.7	0.55
2.0	24.1	25.9	1.07

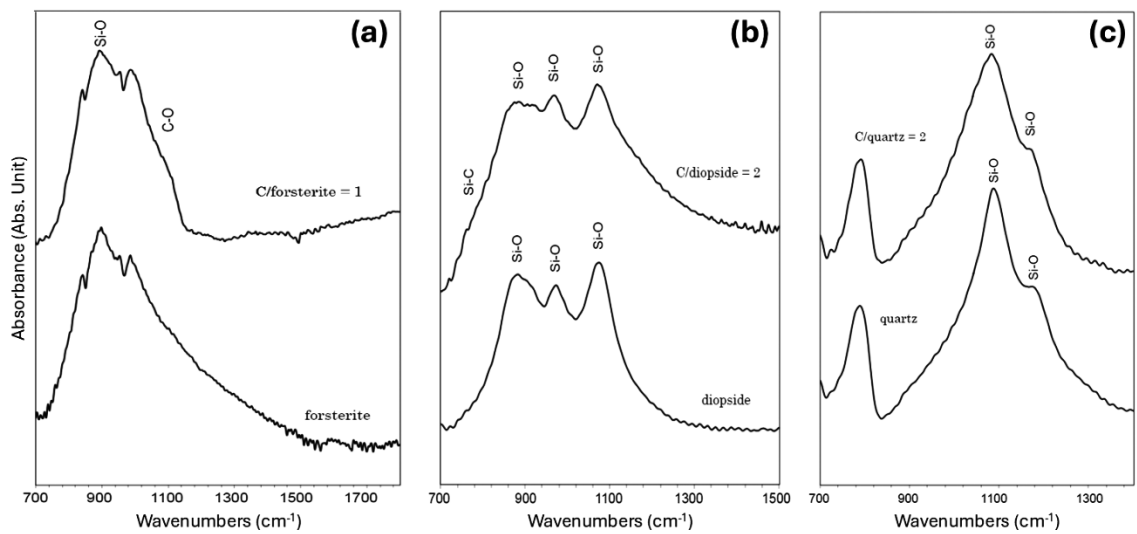


図 5 加熱処理した試料における炭素添加の有無による赤外線吸収スペクトルの比較。
(a) 苦土橄欖石, (b) 透輝石, (c) 石英

表 2 苦土橄欖石および炭素添加加熱後の苦土橄欖石のEPMA測定結果

Specimen	Forsterite	Forsterite heated with C
SiO ₂	40.50	38.33
MgO	55.22	50.36
FeO	8.50	8.45
CaO	0.66	0.12
NiO	0.34	0.29
C	—	1.33
Total	99.62	98.88
Formulae calculated on the basis of 4 oxygen atoms		
Si	0.99	0.96
Mg	1.83	1.89
Fe	0.17	0.18
Ca	0.00	0.00
Ni	0.01	0.01
C	—	0.17
Total	3.00	3.21

表3 透輝石および炭素添加加熱後の透輝石のEPMA測定結果

Specimen	Diopside	Diopside heated with C
SiO ₂	52.26	56.57
Al ₂ O ₃	3.69	3.69
MgO	16.71	8.54
FeO	4.00	5.88
TiO ₂	0.50	1.01
CaO	20.82	12.32
Na ₂ O	0.44	0.53
Cr ₂ O ₃	0.51	0.00
C	—	14.40
Total	97.93	102.94
Formulae calculated on the basis of 6 oxygen atoms		
Si	1.91	2.12
Al	0.16	0.16
Mg	0.93	0.48
Fe	0.12	0.18
Ti	0.01	0.03
Ca	0.83	0.50
Na	0.03	0.04
Cr	0.02	0.00
C	—	2.70
Total	4.01	6.21

表4 炭素添加加熱後の石英のEPMA測定結果結果

Specimen	Quartz heated with C
SiO ₂	101.52
C	0.59
Total	102.11
Formulae calculated on the basis of 2 oxygen atoms	
Si	1.00
C	0.03
Total	1.03

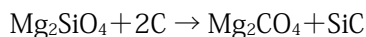
を取り込んだと断言することはできない。したがって、炭素を加えて加熱することによる珪酸塩鉱物の変化の解釈には、測定誤差による見かけの変化という解釈と、炭素置換による構造変化という解釈の二通りが考えられる。以下では、本研究の結果を炭素置換によるものと仮定した場合の考察を述べる。

4-1 苦土橄欖石

粉末 XRD 測定において単位格子の大きさが減少していたこと、ならびに赤外線吸収スペクトル分析において CO 結合の存在を示す吸収が観測されたことから、還元環境下では苦土橄欖石において炭素が SiO₄四面体中の Si と置換し、CO₄四面体を形成することで CO 結合が生成した可能性が考えられる。EPMA 測定において炭素とケイ素の間に負の相関が認められたことも、苦土橄欖石中の SiO₄四面体における Si の原子位置に炭素が取り込まれた可能性を示唆している。この結果は、先行研究²⁾を支持するものである。

Si-O 結合、C-O 結合、および Si-C 結合の結合距離を比較すると、C-O 結合 < Si-O 結合 < Si-C 結合の関係が成り立つ。したがって、単位格子の大きさが減少したという観察結果は、Si-O 結合が C-O

結合に置き換わったことを示唆する。ただし、先行研究²⁾は、橄欖石中に溶解した炭素量は最大でも12 ppm程度であるのに対し、本研究では1.3 wt%程度の炭素の固溶が示唆されており、その量は100倍以上に相当する。さらに、SiとCが直接置換した場合には、反応後にSiC（モアッサナイト）が生成することが予想される。



しかしながら、本研究ではSiCが生成した明確な証拠は得られていない。したがって、今後は再現実験を慎重に行い、SiとCの置換の有無およびその機構を検証する必要がある。

4-2 透輝石

粉末XRD測定では、*c*軸のみが増加し、単位格子体積の変化は僅かであった。透輝石の結晶構造は、特徴的な*c*軸方向に伸びるSiO₄四面体の鎖状構造であることから、SiO₄四面体同士を結ぶ架橋酸素と炭素が置換した可能性が考えられる。もし架橋酸素以外の酸素と置換が起こった場合には、*c*軸だけでなく*a*軸や*b*軸の長さも増加すると予想される。

透輝石中でSiO₄四面体の一部の酸素が炭素と置換し、Si-C結合が形成された可能性は、赤外線吸収スペクトル分析の結果からも示唆される。また、EPMA測定結果からは透輝石中に多量の炭素が取り込まれているように見える。しかし、測定試料の粒径が非常に小さく、表面に凹凸が存在していたこと、ならびに他の陽イオン数も大きく変動していることから、14.40 wt%という炭素量は、測定時の電子ビームが周囲の樹脂に照射され、そこから放射された特性X線を検出したことによるコンタミネーションである可能性も否定できない。反応前後で透輝石の格子定数がほとんど変化していないことも、この解釈を支持する。

4-3 石英

粉末XRD測定および赤外線吸収スペクトル分析のいずれにおいても、加熱前後で顕著な変化が認め

られなかったことから、石英中では炭素置換は起きていないと考えられる。EPMA測定においても炭素含有量は0.59 wt%と非常に僅かであり、これは測定誤差の範囲内である可能性が高い。石英において炭素置換が起こらなかった理由としては、石英の結晶構造が原因に挙げられる。テクト珪酸塩である石英では、SiO₄四面体の4つの頂点すべてが他のSiO₄四面体と共有されているため、橄欖石や輝石の結晶構造と比較して、SiO₄四面体内での炭素置換は結晶構造を安定に保つ上では不利になると考えられる。

以上より、本研究の結果のみから結論を断定することは早計であるものの、還元環境下においては、珪酸塩鉱物の種類によって炭素置換がわずかに生じる可能性が示唆される。個々の珪酸塩鉱物中で置換される炭素量は微量であると推察されるが、珪酸塩鉱物は地球内部に大量に存在するため、地球規模で考えると、炭素は相当量が珪酸塩鉱物中に保持されている可能性がある。したがって、珪酸塩鉱物が数ある炭素リザーバーの一つとなり得る可能性は高い。さらに、岩石中の珪酸塩鉱物を詳細に調べることで、岩石生成時の酸化還元環境を推定できる可能性があり、もしそれが実現すれば、珪酸塩鉱物は酸化還元環境を復元する新たな指標となるであろう。

5. まとめ

本研究の結果から、以下の点が明らかになった。

1. 粉末XRD測定より、炭素の増量に伴って苦土橄欖石では単位格子の大きさが縮小し、結晶質炭素であるグラファイトよりも、非晶質炭素である活性炭を用いた場合の方が、単位格子の収縮率が大きかった。一方、透輝石では炭素の増量に伴って*c*軸の長さが増加したものの、単位格子体積には顕著な変化は認められなかった。石英では、炭素を添加しても単位格子に変化は認められなかった。

2. 赤外線吸収スペクトル分析より、炭素を混合して加熱した試料では、苦土橄欖石において CO 結合の伸縮振動に由来する吸収が、透輝石においては Si-C 結合の伸縮振動を示唆する吸収が観測された。このことから、苦土橄欖石では構造中の一部の SiO₄四面体において、Si の原子位置を C が占有する Si-C 置換が生じ、透輝石では酸素の原子位置の C 置換が生じている可能性が示唆される。
3. EPMA 測定より、苦土橄欖石において有意な炭素の固溶が認められ、さらに Si と C の間に負の相関関係が確認された。

以上のすべての実験結果より、苦土橄欖石および透輝石の SiO₄四面体において、ケイ素と炭素、ならびに酸素と炭素の置換がわずかに生じる可能性が示唆された。しかしながら、明確な結論を導くためには、今後、慎重な検証実験を繰り返す必要がある。

謝辞

本研究を推進するにあたり、実験に使用した石英ガラス管の製作は、筑波大学研究基盤総合センター工作部門に依頼した。関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) Lee, C.T.A., Jiang, H., Dasgupta, R., Torres, M. (2019) A framework for understanding whole-Earth carbon cycling. In: Orcutt, B.N., Daniel, I., Dasgupta, R. (eds) *Deep Carbon: Past to Present*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 313-357.
- 2) Shcheka, S.S., Wiedenbeck, M., Frost, D.J., Keppler, H. (2006) Carbon solubility in mantle minerals. *Earth and Planetary Science Letters*, 245, 730-742.
- 3) Javoy, M. (1997) The major volatile elements of the Earth: Their origin, behavior, and fate. *Geophysical Research Letters*, 24, 177-180.
- 4) Hazen, R.M., Hemley, R.J., Mangum, A.J. (2012) Carbon in Earth's interior: Storage, cycling, and life. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 93, 17-18.
- 5) Lyakhovich, V.V. (1980) Origin of accessory moissanite. *International Geology Review*, 22, 961-970.
- 6) Alexander, C.M.O. (1993) Presolar SiC in chondrites: How variable and how many sources? *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 57, 263-278.
- 7) Trumbull, R.B., Yang, J.S., Robinson, P.T., Pierro, S.D., Vennemann, T., Wiedenbeck, M. (2009) The carbon isotope composition of natural SiC (moissanite) from the Earth's mantle: New discoveries from ophiolites. *Lithos*, 113, 612-620.
- 8) Takahashi, S., Ohtani, E., Terasaki, H., Ito, Y., Shibazaki, Y., Ishii, M., Funakoshi, K., Higo, Y. (2013) Phase relations in the carbon-saturated C-Mg-Fe-Si-O system and C and Si solubility in liquid Fe at high pressure and temperature: Implications for planetary interiors. *Physics and Chemistry of Minerals*, 40, 647-657.
- 9) Sen, S., Widgeon, S.J., Navrotsky, A., Mera, G., Tavakoli, A., Ionescu, E., Riedel, R. (2013) Carbon substitution for oxygen in silicates in planetary interiors. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 15904-15907.
- 10) Holland, T.J.B., Redfern, S.A.T. (1997) Unit cell refinement from powder diffraction data: The use of regression diagnostics. *Mineralogical Magazine*, 61, 65-77.
- 11) Derrick, M.R., Stulik, D., Landry, J.M. (1999)

Infrared Spectroscopy in Conservation Science. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 95 pp.

- 12) Zhenxian, L., Jian, X., Henry, P. S., Quentin, W., Hon, W., Ho-kwang, M., Russell, J.H. (2004) Moissanite (SiC) as windows and anvils for high-pressure infrared spectroscopy. AIP Conference Proceedings, 757, 5026–5029.

- 13) Hofmeister, A.M., Pitman, K.M., Goncharov, A.F., Speck, A.K. (2009) Optical constants of silicon carbide for astrophysical applications. II. Extending optical functions from infrared to ultraviolet using single-crystal absorption spectra. The Astrophysical Journal, 696, 1502–1516.

X線・中性子用集光ミラーの作成

数理工系物理工学域 渡辺 紀生、青木 貞雄

1. はじめに

私の研究はX線顕微鏡の開発である。X線顕微鏡には、回折によるボケが少なく理論的に高分解能が得られることや、吸収端や蛍光X線を利用して元素固有のコントラストが得られるといった特徴がある。しかし、可視光のように屈折レンズが使用できないため、結像には回折を利用したゾンプレートや全反射を利用したウォルターミラーといったX線結像素子が用いられる。ウォルターミラーは焦点を共有する双曲面と楕円面から成り、それらの面で順番に全反射することで結像に必要な正弦条件を近似的に満たすことができる。

X線に対する物質の屈折率は1よりもわずかに小さいので、例えば表面がPtならば10 KeVのX線を斜入射角7 mradで入射させると全反射を起こす。同様に中性子においても通常屈折率は1よりもわずかに小さいので、同じPt面に7 mradで入射させる場合には3 meV以下のエネルギー（波長0.5 nm以上）の冷中性子であれば全反射を起こす。このことは、X線結像用に作成されたウォルターミラーが中性子の結像にも使えることを意味する。すでに斜入射角7 mradのPt面を持ったウォルターミラーで冷中性子が集光できることは報告されている[1]。

我々の研究室では、パイレックスガラスを用いた真空レプリカ法でウォルターミラーの製作を行っている。この方法については、過去の「工作ニュース」で紹介されている[2]。今回はX線顕微鏡用に作成された斜入射角7 mradのウォルターミラーを結像型中性子顕微鏡の対物レンズとして使用するための集光ミラーの試作を行った。ウォルターミラーは

輪帯状の開口を持つため、集光系においてもほぼ同じ開口を持つミラーが適している。このため、集光ミラーも対物ミラーと似たような形状となるが、集光ミラーでは結像性能はあまり必要としないため、今回は双曲面、楕円面を直線で置き換えた2段円錐ミラーとして製作を行った。製作方法は以前紹介されたものと同様で、(1)研削による金型母材の作成、(2)真空レプリカ法によるレプリカミラーの作成、で行っている。以下に、この集光ミラーの作成方法について紹介する。

2. ミラーの設計と金型母材の作成

中性子源としては、東海村の原子炉 JRR-3を想定した設計を行った。母材の形状とそれに対応する研削砥石の軌跡を図1に示す。この軌跡に沿ってNC旋盤のベッドを動かすNCコードをサブプログラムとして作成し、必要回数呼び出すことで研削を行っている。終点の位置が次の始点となるため、始点と終点間の距離が切込み量となる。

図2に研削に使用したELID研削システムを示す。砥石は直径20 mmの鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石を用い、タングステンカーバイトの母材を研削している。ELID研削では導電性を持つ砥石を陽極とし、砥石面に対向してわずかに離れた位置に陰極を設置して、研削液を介して電流を流す。すると砥石表面には砥粒が突出した状態で酸化鉄の絶縁層が形成されるが、砥粒の摩耗と合わせて絶縁層もはがれてより内部に移動していくため、常に目立てされた状態での研削が可能となる[3]。

研削軸となるモータースピンドルは、精密NC旋

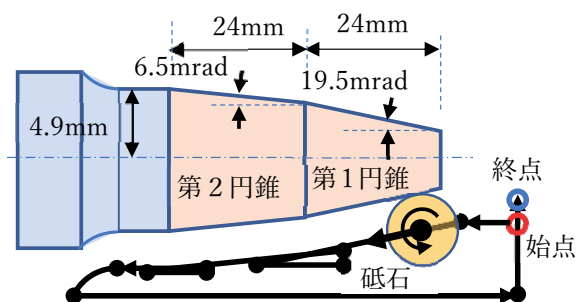


図1 2段円錐ミラーの形状と研削のためのNCコードサブプログラムの経路。



図2 ELID研削システム

盤のベッド上に設置した門型ステージに固定している。今回は、まず #325 の砥石で粗研削をした後、#1000, #2000 まで番手を上げて研削を行った。#2000 では算術平均粗さ R_a は 20 nm 程度とまだ悪いが、過去のデータでは #30,000 まで番手を上げた場合には $R_a=1.5$ nm の面が得られている。

3. 真空レプリカ法によるミラー作成

真空レプリカ法は、ガラスパイプ内に金型母材を入れて真空排気しながらガラスの粘度が小さくなるまで温度を上げることにより、大気圧に押されてガラスが母材と密着し母材の形状を正確に写し取る方法である。その概念図と装置の外観を図3に示す。使用するパイレックスガラス (IWAKI TE-32) の熱膨張率は $3.25 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ ($0 - 300 ^\circ\text{C}$) で母材のタングステンカーバイトの熱膨張率は $5.2 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ で、タングステンカーバイトの方がわずかに大きい。このため、常温まで冷却する際に母材の方が縮む量が大きいため、常温でうまく母材とミラーを分離する

ことが出来る。

パイレックスガラス管は、あらかじめミラー母材との形状の差が 1 mm 以下となるように予備成形しておく。また、母材には剥離剤として金を 100 nm 程度蒸着しておく。温度はパイレックスガラスの徐冷点 ($560 ^\circ\text{C}$) と軟化点 ($821 ^\circ\text{C}$) の中間の約 $660 ^\circ\text{C}$ まで上げて 1 時間半程度おいてから自然冷却している。

図4に (a) 剥離剤 (Au) 蒸着後の母材、(b) レプリカ後取り出したパイレックスガラス管と母材、及び (c) そのミラー部分を切り出した状態の 2 段円錐ミラーを示す。

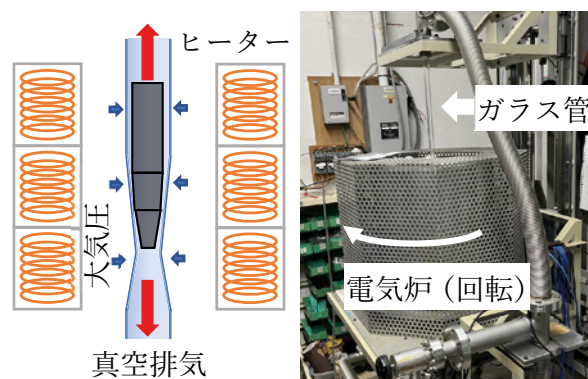


図3 真空レプリカ概念図と装置の外観

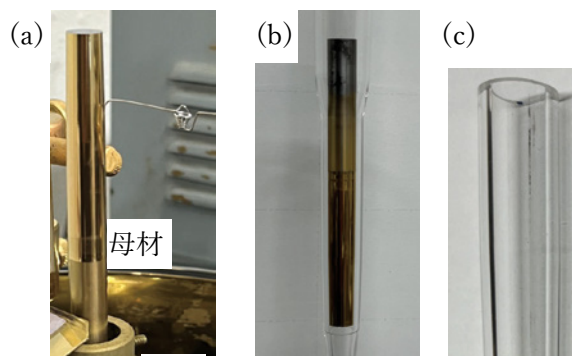


図4 (a) 剥離剤 (Au) 蒸着後の母材、(b) レプリカ後取り出したガラス管、(c) 作成した 2 段円錐ミラー

4. 完成に向けて

今回紹介したミラーは条件出しのための試作段階で、可視光により設計通りの NA の集光が得られることは確認出来ているが、実際に利用できるミラーとするには表面粗さが不十分である。波長 0.5 nm

の冷中性子の集光に使えるミラーとするためには、少なくとも表面粗さを2 nm 以下とする必要がある。図 4 で示したミラーの表面粗さはまだ10 nm 程度残っているため、冷中性子で使えるミラーとするにはこれを1 nm 程度にまで向上させることが不可欠である。これに関しては、酸化セリウム砥粒を用いたミラー内面研磨で対応する予定である。最後にミラー内面に Pt または Ni を蒸着してミラーが完成する。内面蒸着は、W ワイヤに Pt または Ni ワイヤを巻き付けた抵抗加熱法で行う予定である。

5. 謝辞

本研究で紹介したミラー製作技術は、旧青木・渡辺研究室を含めた研究室メンバーのもとで進められ

てきました。

また、レプリカに用いる予備成形されたパイレックスガラス管は、古くから筑波大学研究基盤総合センター工作部門のガラス工作室に依頼して作成して頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] S. Aoki, T. Yamamoto, J. Furukawa, Jpn. J. Appl. Phys. 51, 026401 (2012).
- [2] 浅見博・菊池亮・青木貞雄、筑波大学工作ニュース No.2, p5 (2010).
- [3] 大森整、ELID 研削加工技術－基礎開発から実用ノウハウまで、(工業調査会、2000).

5 軸マシニングセンタ導入後の活用報告

機械工作室 黒澤 拓未

1. はじめに

昨年度 5 軸マシニングセンタ（DMG MORI 社 DMU50）を導入してから様々な加工を実施してきた。今回はそれらの業務について機械の紹介も兼ねて報告する。

2. 5軸加工機の特長

5 軸加工機は 3 軸加工機に比べていくつかの特長があるので簡単に紹介する。

①複雑形状加工

XYZ の 3 軸に加えて 2 つの回転軸が追加されており、ワークを様々な角度に傾けながら加工することができるため、より複雑な形状の加工が可能になる。

②加工時間の短縮

側面の加工や斜め方向からの加工におけるワークの付け外し工程の削減が可能になる。

③加工精度の向上

ワークの着脱による取り付け誤差の低減により、加工精度の向上が狙える。

④加工コストの削減

図 1 のように 3 軸加工機では長い工具が必要

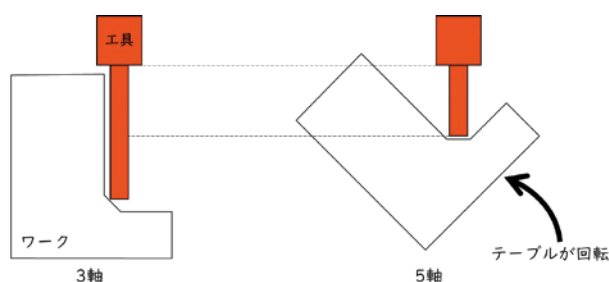


図 1 3 軸と 5 軸加工による工具長の比較

なケースにおいて、回転軸を利用することで短い工具で加工することができ、工具の本数を減らすことができる。工具を潤沢に用意することが難しい状況では特に有効である。

3. 加工の流れ

マシニングセンタで加工するには NC プログラムが必要であり、NC プログラムの作成方法は主に 3 通りある。1 つ目は手でプログラムを打ち込む手組み、2 つ目は工作機械の制御装置の画面に従って作成する対話型プログラミング、そして 3 つ目はコンピュータを使って作成する CAM（Computer Aided Manufacturing）である。本学では、単純な穴あけ等は対話型プログラミングで、複雑な形状は CAM を用いて NC プログラムを作成している。今回は同時 5 軸加工を利用したトロフィーの加工例について紹介する。同時 5 軸加工の NC プログラム作成には CAM を用いる。

設計から加工までの流れ

① CAD による 3D モデル作成

CAM を使うためには CAD 上で 3D モデルを作成する必要がある。今回は 5 軸加工の練習のためトロフィー形状にした。

② CAM による NC プログラム作成

CAD で作成した 3D モデルを CAM に取り込んで加工工程の設定を行う。CAM は OPNE MIND 社の hyperMILL を使用する。CAM では図 3 のように使用する工具の種類や工具寸法などの工具情報を登録し、表 1 に示す回転数や送り速度といった切削条件を設定する。工具および切削条件の設定後、図 4 のようなツールパスと呼ば

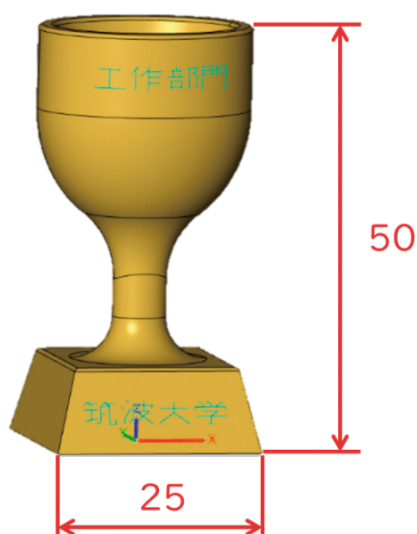


図2 3Dモデル

れる工具の動きを示す軌跡を作成する。ツールパス作成後はCAM上でシミュレーションにより、視覚的に加工の様子を確認することができる(図5、6)。5軸加工では工具軸を傾けながら加工するので、工具や機械主軸がワークや治具に干渉しないか入念に確認することが重要である。工具選定の段階から干渉を考慮することが大切である。しかしながら、工具や工程の選定は経験によるところが多い。

③実加工

NCプログラム作成後、実機にワークやバイスを取り付けて加工する(図7-11)。ワークやバイスは実機とCAMで相違が生じないように注意して段取りをする。特にテーブルを傾けて加工する場合は工具が干渉しやすいので、シミュレーションで確認するためにも段取りが大切になってくる。

完成品が図12である。図11のようにマシニングセンタによる加工が完了した後は、ワイヤ放電加工機で不要な部分を切り落として完成である。総加工時間は約4時間であった。今回はくびれ部が幅4mmと細いことからトロフィー内部の加工時にビ

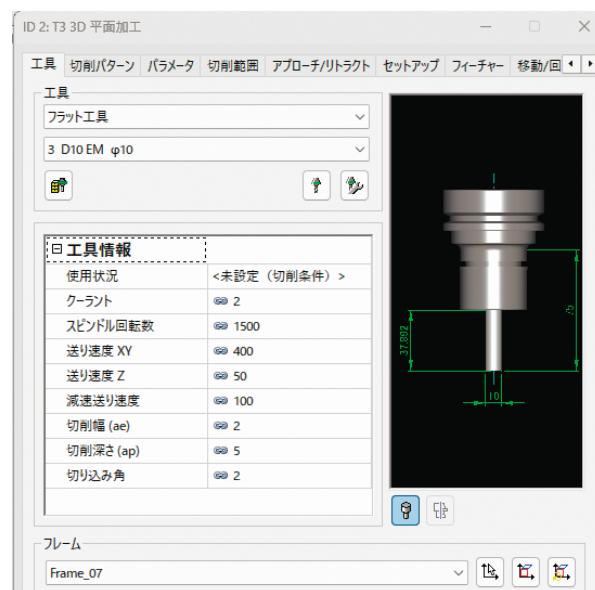


図3 工具情報入力画面

表1 切削条件

工具名	回転数、 min ⁻¹	送り速度、 mm/min
φ10 フラット エンドミル	1,500	400
R3ボールエンドミル	5,200	240
φ6面取りドリル	5,000	200

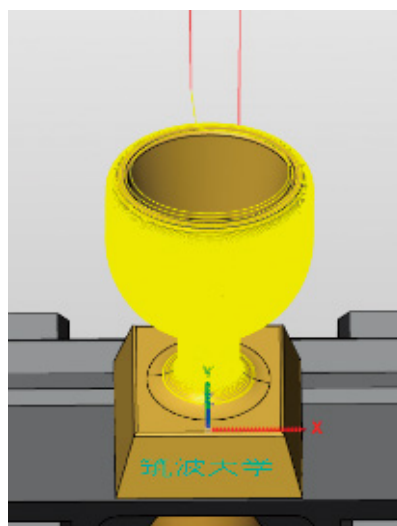


図4 ツールパス

ビりが発生してしまった。内部を先に仕上げてから外側を仕上げる、もしくはビビりが発生しないように外側から挟み込む治具を製作して加工するといっ

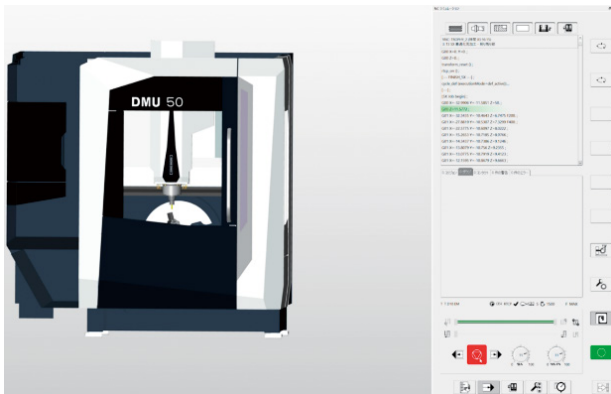


図5 加工シミュレーション①
(機械全体)

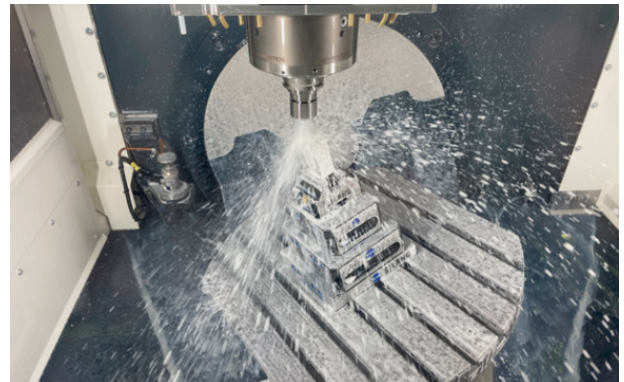


図8 外形荒加工

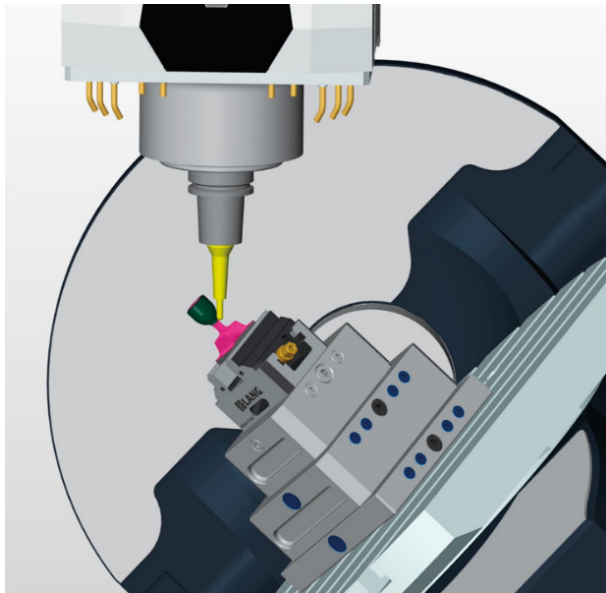


図6 加工シミュレーション②
(加工領域のみ拡大表示)



図9 荒加工完了

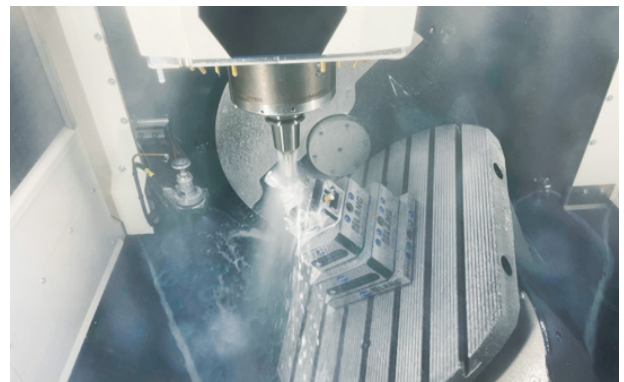


図10 仕上げ加工

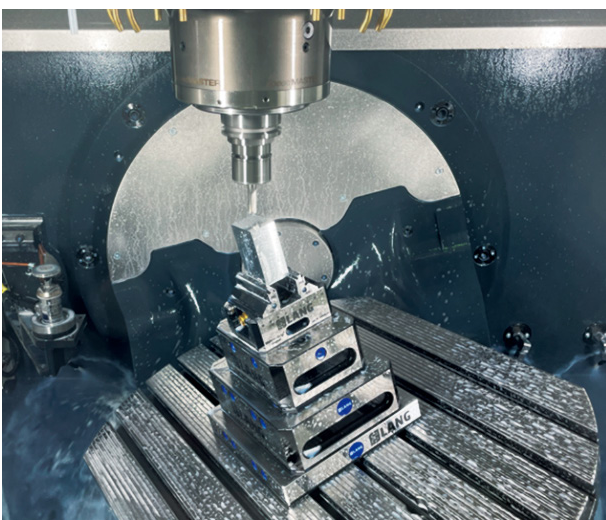


図7 加工開始時



図11 仕上げ加工完了



図12 完成品

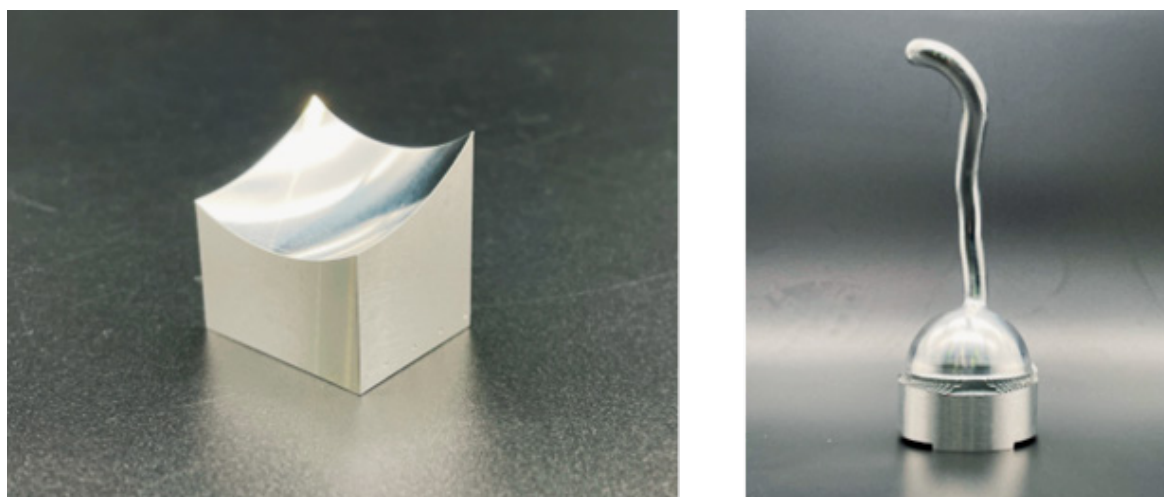


図13 その他5軸マシニングセンタによる製作品

た対策が考えられる。今後の課題としたい。

4. その他製作品

5軸マシニングセンタを使って製作した製品の一例を図13に示す。本機を使用することで曲面を有する複雑な形状はもちろん、単純な穴あけやポケット加工においても容易に精度よく加工できるため、一品物の加工が多い工作部門のような業務においては非常に有効的であると言える。

5. 今後の展望

2025年度末に5軸マシニングセンタをはじめ、3軸マシニングセンタやNC旋盤等の工作機械を導入してから1年が経過し、工作部門では今まで以

上に多種多様な加工依頼に対応できるようになってきている。加工依頼を通じて機械の操作方法習熟を進めているが、現状の課題としてはCAMによるNCプログラムの作成に時間を要している点が挙げられる。これは単にCAMの操作方法習熟不足だけではなく、工具選定や切削条件の設定、段取り等の様々な要因がある。引き続き日々の業務の中で技術を積み重ねて課題の改善に取り組みたい。また、機械操作方法の習熟を継続するとともに、加工内容に応じて適材適所で工作機械の選定から加工まで行うことで、結果的に依頼者の期待に応えられる体制の構築を引き続き目指していきたい。

夏休み自由研究お助け隊2025 —機械加工を楽しもう— 実施報告

機械工作室 黒澤 拓未

1. はじめに

本学では「筑波大学社会貢献プロジェクト」の一環として、中学生対象体験型ワークショップ（以下WS）「夏休み自由研究お助け隊」を毎年夏休みに開催しており、中学生たちの自由研究を応援している。しかし、工作部門では今までWSを実施したことはなかった。そこで、昨年度の新規工作機械導入を機に、未来を担う中学生が工作機械や機械加工に興味を持つきっかけになるようなWSを企画・実施したので報告する。

2. 内容検討

今回、新しくWSを企画するにあたり、以下のことを考えた。

- ・機械に興味を持ってもらいたい。
- ・ものづくりの楽しさを体験してもらいたい。
- ・なるべく全部自分で作業をして、機械加工の経験をしてもらいたい。

以上のことを踏まえて、形として残るアルミタグに自分で設計したデザインを彫る内容にした。昨年度導入したCAD/CAM およびマシニングセンタを使用することにした。図1はWS募集用ポスターであり、初めてのWSなのでなるべく目立つようなデザインにした。また、PRのために動画や画像を作成し、夏休み自由研究お助け隊公式Xアカウントで投稿した（図2）。事前準備として、アルミタグの外形をワイヤ放電加工機で切り出した。材質はA2017、厚さt5とした。



図1 WS募集用ポスター

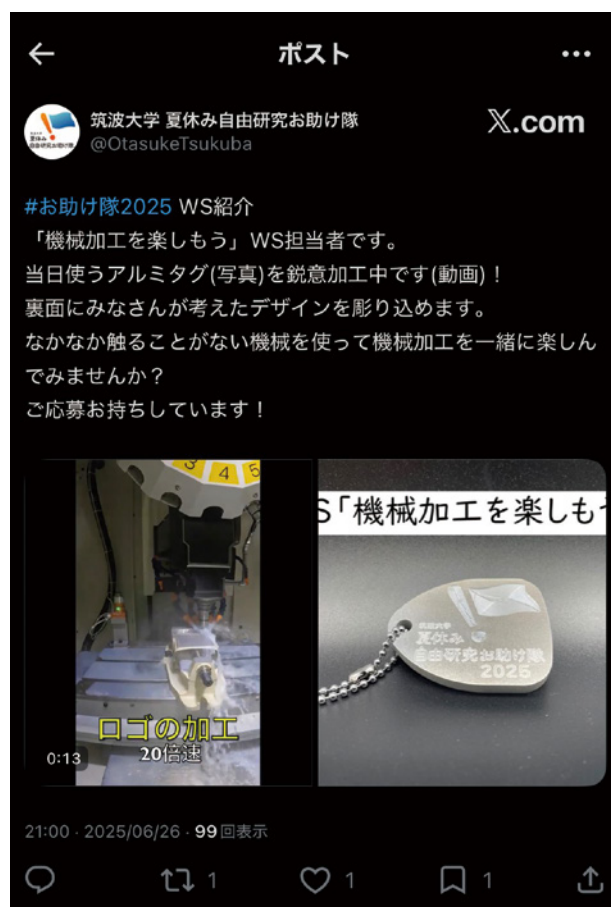


図2 Xの投稿によるPR

④ CAM による加工プログラム作成

作成した CAD データを CAM に取り込み、加工プログラムを作成した。工具やワークの情報は予め作成しておいて、ツールパスを選択する工程を操作してもらった（図 6）。CAM は OPEN MIND 社の hyperMILL を使用した。使用した工具と切削条件は次の通りである。

使用工具：φ4超硬面取りドリル

切削条件：回転数8,000min⁻¹、

送り速度200mm/min

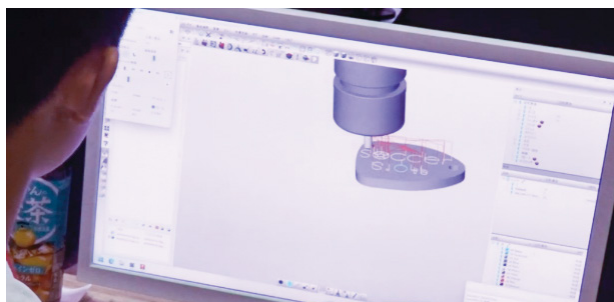


図 6 CAMを使ったNCプログラム作成

⑤ マシニングセンタによる実加工

作成した加工プログラムを機械へ転送し、実際に自分で作ったプログラムで加工するところを見てもらった。実際に機械操作をすることは危険なので、スタッフが説明しながら操作する形式にした。マシニングセンタは FANUC 社の ROBODRILL を使用した（図 7）。工作機械は機械系の分野の道に進まないと見たり、触れる機会はほぼないので、実物を見ることで少しでも興味を持ってもらえるように心掛けた。



図 7 マシニングセンタ
(FANUC社ROBODRILL)

⑥ 手仕上げ

加工後のアルミタグ表面を金属用研磨剤で磨き、ボールチェーンを取り付けて完成とした（図 8）。磨いたり、長いボールチェーンをニッパーで切って取り付けるような簡単な作業も経験する機会が少なくなって来ていると思うので、取り入れることにした。



図8 アルミタグ磨き工程

⑦完成、工場見学

図9は受講者の製作品である。それぞれ事前に考えてきてもらった素敵なデザインのアルミタグを製作することができた。裏面は図10のように、事前にスタッフがお助け隊のロゴを加工しておいた。使用した工具と切削条件は次の通りである。

ロゴ

使用工具：φ1ハイスエンドミル

切削条件：回転数 $16,000\text{min}^{-1}$ 、送り速度 200mm/min

文字彫り

使用工具：φ4超硬面取りドリル

切削条件：回転数 $8,000\text{min}^{-1}$ 、送り速度 200mm/min

完成後は5軸マシニングセンタのデモ加工や工場内にあるその他の工作機械の紹介をした。



図9 受講者製作品

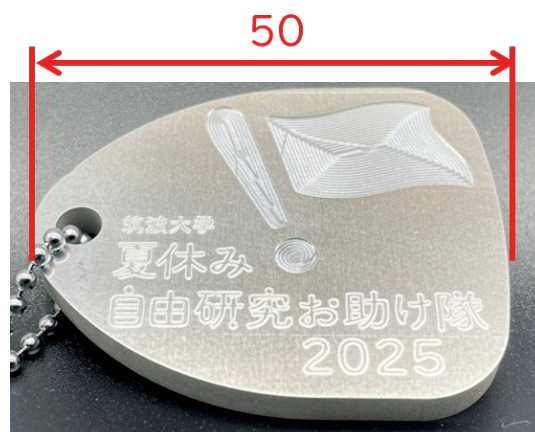
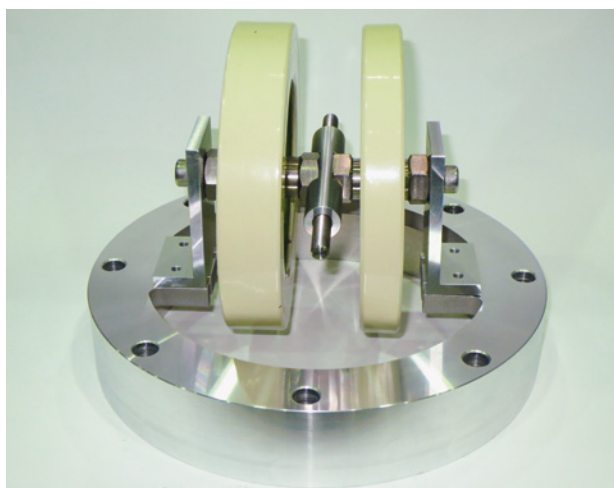


図10 アルミタグ裏面

5. 反省点、来年度に向けて

受講者がCADでタグの形状を作成している様子を見ていると、手順が難しく詰まる場面も見受けられたため、描く手順がわかりやすい形状を検討したい。今回が初めてのWSであったが、大きなトラブルもなく無事に終わることができた。受講者が加工後に自分自身でデザインした作品が完

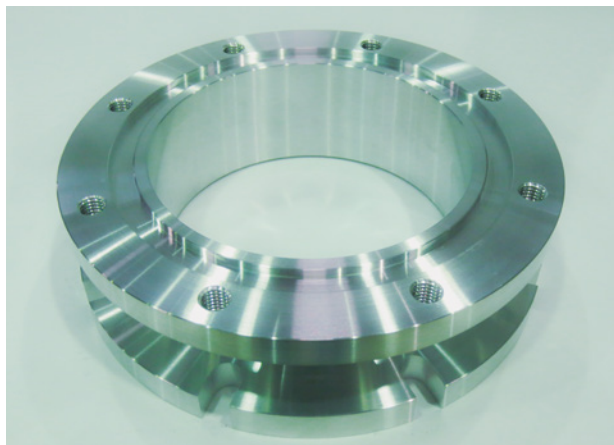
成した様子を見て嬉しそうにしている姿が印象的であり、実施した意義を強く感じた。実際に自分の手で物を作る体験は、教育の観点からも非常に価値のある時間であったと確信している。本WSは次年度以降も継続して実施したいと考えており、その結果、微力ながら社会貢献に寄与できれば幸いである。



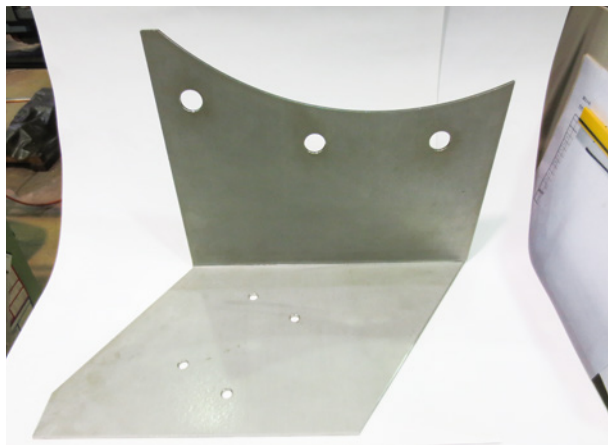
コンデンサボックス延長部



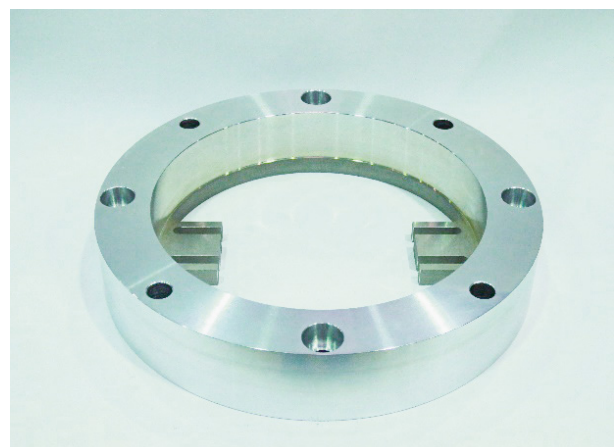
フランジ変換ニップル



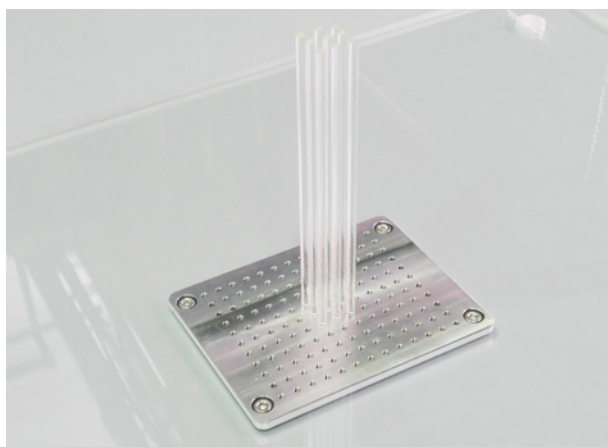
コンデンサ延長フランジ



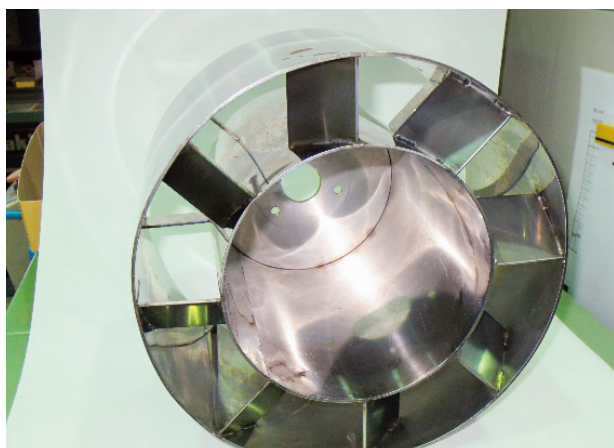
プローブ導入機構保持アングル



コンデンサ取付フランジ



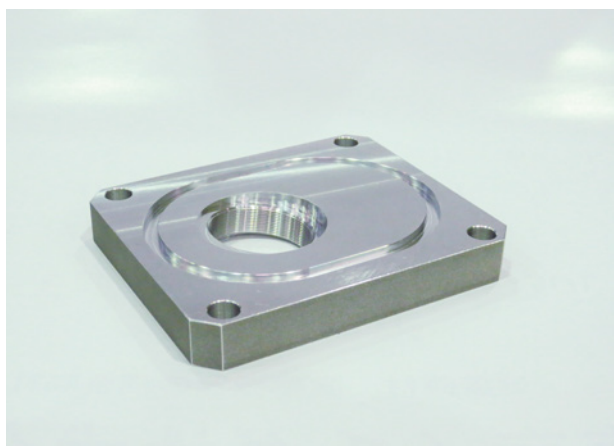
円柱群固定プレート



供給機傾斜羽根根改造



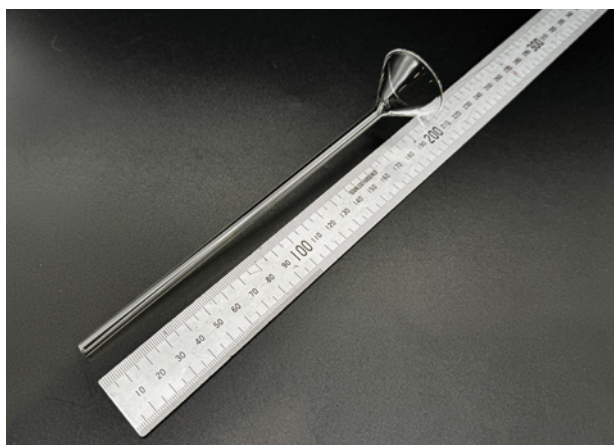
デュワー瓶真空引き



傾斜シリンダ用シリンジ



石英ガラス製支柱付きサンプルポート



特注脚長ロート

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。

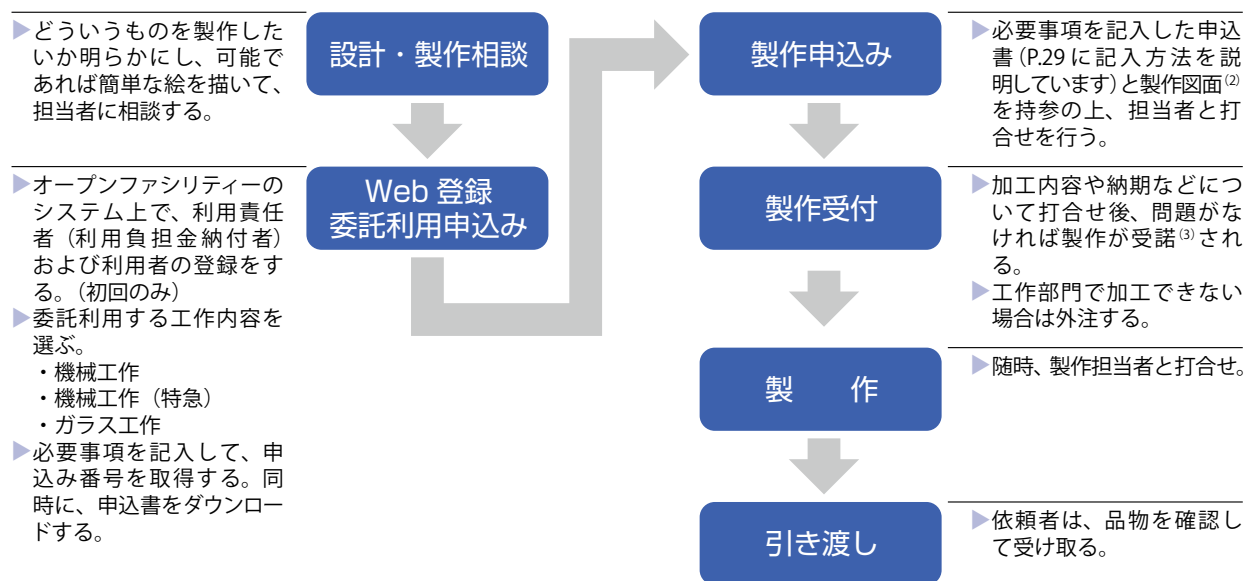
工作部門には、機械工作室、ガラス工作室、公開工作室がある。機械工作室では、汎用工作機械や数値制御（NC）工作機械による直線形状や曲線形状の機械加工、TIG溶接や銀ろう付などの溶接作業等を行っている。ガラス工作室では、手作業やガラス旋盤などによる加工や修理、精密切断機や卓上CNCフライス盤による切断作業や溝加工などを行っている。公開工作室では、利用資格を持った教職員、学生が自由に機械加工をすることができる。

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、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。

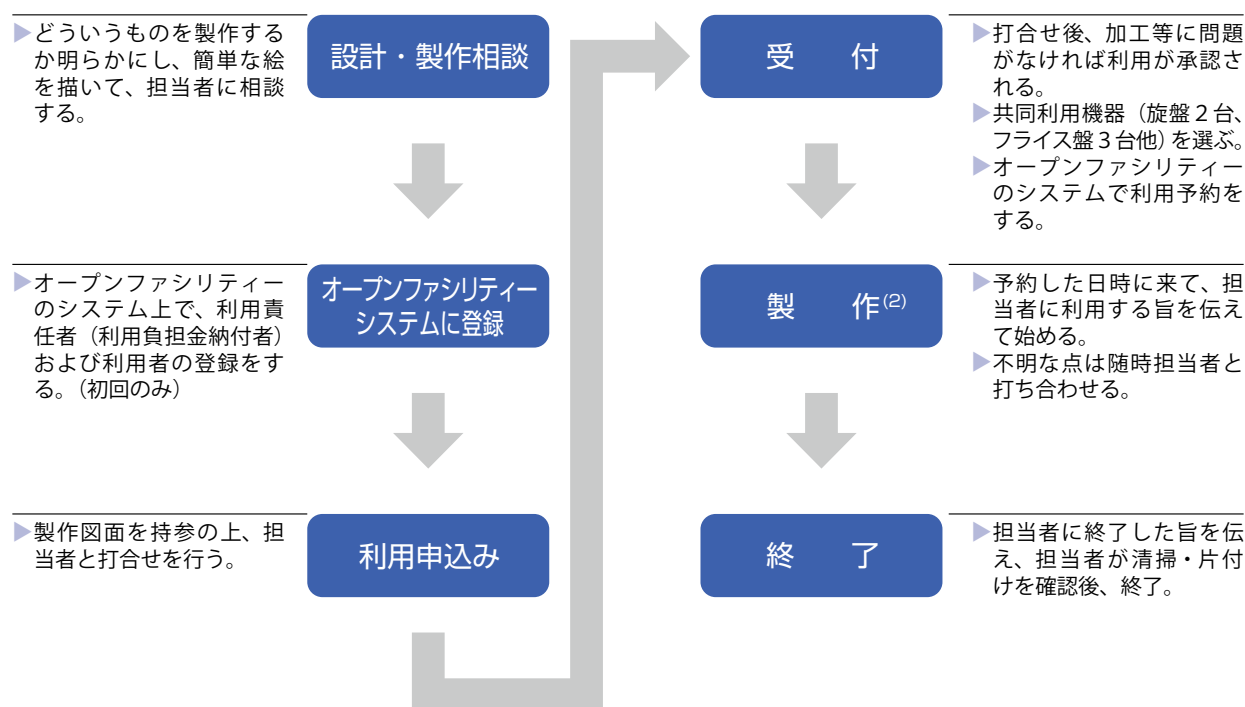
※支払責任者の押印は廃止いたしましたが、必ず事前に支払責任者の許可を得てください。

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、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

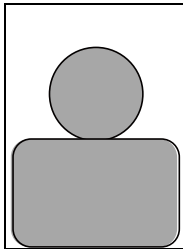
工作機械は不注意や操作ミスにより、利用者が大きな怪我を負うことがある。また、共同で利用する機器を破損して多くの利用者に迷惑を及ぼす。このため、共同利用機器の使用を希望する利用者は、安全に正しく使用することができるように、工作部門で実施する安全教育（半日）と操作実習（１日）を受講し、利用資格を得て登録する必要がある。

（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 (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 8 年 1 月 31 日現在

		令和 4 年度	令和 5 年度	令和 6 年度	令和 7 年度
〔委託〕 機械工作	件数 (件)	159 (20)	164 (14)	156 (14)	181 (18)
	時間 (h)	2454	2298.5	1708.5	2100
〔委託〕 ガラス工作	件数 (件)	257	261	228	238
	時間 (h)	771	829.5	555	855
委託合計	件数 (件)	416	425	384	419
	時間 (h)	3225	3128	2263.5	2955
共同利用 (公開工作室)	件数 (件)	9	0	0	0
	時間 (h)	20	0	0	0

※括弧内は特急件数

■教育支援

令和8年1月31日現在

科目名		期 間	内 容
機械工作	共用工作室利用者講習会	6 月	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	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8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	◎藤野 貴康	R7(2025).4.1～ R9(2027).3.31	内線 4953
工作部門 システム情報系 准教授	江並 和宏	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 2528
システム情報系 教授	西岡 牧人	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 5121
数理物質系 教授	柳原 英人	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.3	内線 5301
数理物質系 教授	木塚 徳志	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 4993
数理物質系 准教授	野村晋太郎	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 4218
数理物質系 准教授	山村 泰久	R6(2024).4.1～ R8(2026).3.31	内線 8243

◎は委員長

工作部門教職員

令和8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）		藤野 貴康	4953
准教授		江並 和宏	2528
機械工作	技術職員	小川 祐生	2527（2526）
		黒澤 拓未	
	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	2523
	技術職員	藤村 拓実	

編集後記

2025年度は、前年度および今年度に新たに導入した設備を用いて依頼加工の効率化と高機能化に取り組みました。また、学内無線 LAN アクセスポイントの設置やガラス工作講習の受付再開など、ユーザーの利便性の向上にも務めました。

昨年度から引き続きの物価高騰を受け、大学における研究の厳しい状況が続いております。効率化・高機能化を進め、「より早く、安く、高機能の装置を製作できる」ようにする事で、少しでも大学での研究に貢献できるよう努めてまいります。

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 8 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 8 年(2026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/>



