

天田財団 ニュース

2024 Spring | No.16

02 | 「2023年度助成式典」を開催

研究室訪問

04 | 成蹊大学 理工学部 理工学科 機械システム専攻 酒井 孝 教授

06 | 大阪工業大学 工学部 機械工学科 マイクロ流体力学研究室 横山 奨 講師

08 | 京都大学大学院 工学研究科 材料化学専攻 下間 靖彦 准教授

10 | 芝浦工業大学 工学部 材料工学科 遠藤 理恵 准教授

12 | 電気通信大学 レーザー新世代研究センター 道根 百合奈 特任助教

14 | 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 物質系専攻 松永 紗英 助教

助成型公益財団巡り

16 | 公益財団法人 工作機械技術振興財団

18 | 第36回優秀板金製品技能フェア / 2023年度後期助成先が決定 /
元代表理事理事長・岡本満夫氏を偲んで



「2023年度助成式典」を開催

助成件数は106件、助成総額は2億6,056万円

「2023年度助成式典」を開催

公益財団法人天田財団は2023年11月25日(土)にAMADA FORUM(神奈川県伊勢原市)で、2023年度の助成金採択者に助成金目録を贈呈する「**2023年度助成式典**」を開催した。式典には塑性加工分野・レーザープロセッシング分野の助成を受けた研究者、来賓・財団関係者など、149名が参加した。

今回採択された助成は106件、助成総額は2億6,056万円、このうち「研究開発助成」は86件・2億4,969万円、「国際交流助成」は20件・1,086万円となった。これにより、1987年の財団創立から36年間の累計助成件数は2,214件、累計助成総額は39億7,607万円となり、助成先機関も大学141校、高等専門学校43校、研究機関33機関、学会17学会と多岐にわたっている。

若手育成と研究成果の普及啓発を目指す

主催者挨拶では**天田財団・伊藤克英代表理事**が「金属加工というものづくりを通じて継続して世界の人々の豊かな未来を実現することがアマダグループの責任であると考えています。その思いから天田財団は、金属加工に関する研究開発への助成により産業経済の発展に寄与することを目的として1987年に企業財団として設立し、今年で36年目をむかえます。今年度の助成件数は106件、総額2億6,056万円。設立から1,000名を超える研究者の方に助成させていただき、累計助成金額は39億7,607万円、

累計助成件数は2,214件となりました」。

「近年、自然科学の分野における日本の地盤沈下が顕著だと指摘もあり、博士の学位取得者が減少傾向にあると言われております。ご出席の研究者の皆さまもこのような日本の研究開発環境にさまざまな課題や不安を抱えてられるものと拝察します。当財団が目指しているのは『若手研究者を育成すること』『研究成果を産業界に普及啓発し社会実装につなげること』です。この目標の達成に向けて微力ではありますが、貢献するべく助成事業を通じて取り組んでいます」。

「公益法人の使命はより多くの人々の利益に資することです。日本が持続的に発展し、これからも世界で指導的な役割を果たすためには絶えず科学技術のイノベーションを起こす必要があります。研究者の皆さまには当財団のこのような熱い思いも受け取って、研究に取り組んでいただきたい。二番ではなく、常に一番を目指す研究者であってください」と研究者たちに熱いエールを送った。

課題の解決には産官学の連携が必要

続いて来賓の**㈱アマダ・山梨貴昭代表取締役社長執行役員**が「新型コロナウイルスやインフルエンザなど、健康上のリスクは依然として継続しており、ウクライナ侵攻をはじめとする地政学リスクは中東問題の再燃によりいっそう高まっています。これによりエネルギーコストの上昇リスクも増大しています。私たちはこのような環境の中でDXやAIをフ



主催者として研究者たちにエールを送る天田財団・伊藤克英代表理事



来賓の挨拶を行う㈱アマダ・山梨貴昭代表取締役社長執行役員



来賓の挨拶を行う文部科学省 産業連携推進室 迫田健吉室長

ルに活用した効率の追求はもとより、環境に配慮した活動をよりいっそう推進する必要があります。加えて、労働者・熟練工不足による自動化の追求など、企業を取り巻く課題が山積しています」。

「一方で、部品不足からくる製造遅延が解消されつつあり、企業は社会で必要とされている最新の機器を製造するために細心の加工技術を追求しながらものづくりを行っています。機械メーカーである当社グループにおいても新たなコンセプトのもと、ものづくり企業を最先端の金属加工技術で支援する体制を整えています。足もとの設備投資需要は底堅く、あらためて作業者に優しいマシンや自動化の設備、多種多様な素材に対する加工技術の要望は、日本のみならず世界的にも非常に強いものと実感しました」。

「企業側もさまざまな研究開発投資を行い、先端技術への探求を重ね、これに取り組んでいく覚悟ですが、すべてが企業の独力で解決できるものではありません。産官学の連携が重要になってきます。本日ご列席の先生方におかれましては研究活動を通じて、日本初の新たな技術や技能の構築に取り組んでいただき、企業のイノベーション喚起にもご尽力いただければ幸いです」と祝辞を述べた。

持続可能なイノベーションエコシステムを構築

来賓の**文部科学省 産業連携・地域振興課 産業連携推進室・迫田健吉室長**は「2000年に2位だった日本のGDPは、2012年に中国に抜かれて3位に、2023年にドイツに抜かれて4位になりました。1人あたりの名目GDPで見ると先進国の中ではほぼ最低ラインまで落ちています。ここから脱却するにはいかに生産性を上げ、新しい産業をつくっていくかが重要になります。アイデアベースのスタートアップではつぶされてしまう可能性があるため、他の追随を許さないトップレベルの技術をもってグローバルでも通用するビジネスをつくっていくことが重要です。そうした状況の中、企業

では長期的な投資をしにくいこともあり、大学や研究機関への期待が高まっています」。

「先程、AGIC (AMADA Global Innovation Center) を見学させていただきました。天田財団様、バックグラウンドにいらっしゃるアマダ様の民間資金だけで、助成を含め、これだけの次世代育成のための支援をされているのかと大変感動しました。イノベーション創出に成功したものが融資やエンジニアリング投資などの支援を行い、次の世代につなげていく——持続可能なイノベーションエコシステムを達成していくためにも、本日助成を受けられた皆さまにはぜひ成功していただき、次世代育成のための支援を行ってほしい」と述べた。

時勢に対応して柔軟に助成内容を変更

助成金目録贈呈式のはじめに、**創価大学 共生創造理工学科・渡辺一弘教授** (天田財団評議員) が「現在、大学の研究者を取り巻く環境はきびしく、競争的資金である科研費だけでは足りず、各自で資金を調達しなければならない状態です。このような中で天田財団は『一般研究開発助成』の最高助成額を300万円に増額、また円安などの状況も鑑みて『国際会議等参加助成』の最高助成額を45万円に増額しました」と報告した。

助成金目録贈呈式では、伊藤代表理事理事長から式典に出席した助成研究者の一人ひとりに助成金目録が贈呈された。贈呈式の後には、天田財団の2019年度研究助成を活用した研究成果として、**熊本大学 産業ナノマテリアル研究所・外本和幸教授**が「爆発圧接法を用いた微細多数穴によるチャンネル(ユニボア)構造の創製」、**大阪大学大学院 工学研究科 マテリアル生産科学専攻・佐野智一教授**が「析出強化型アルミニウム合金の高強度継手を実現する短パルスレーザ誘起圧力波支援高速レーザ溶接法の開発」と題した招待講演を行った。



選考委員会の代理として挨拶する創価大学 共生創造理工学科・渡辺一弘教授 (天田財団評議員)



招待講演を行う熊本大学 産業ナノマテリアル研究所・外本和幸教授



招待講演を行う大阪大学大学院 工学研究科 マテリアル生産科学専攻・佐野智一教授

金属3Dプリンタで造形した 鍛造用金型の特性を評価

新たな選択肢として産業界への貢献を目指す

成蹊大学 理工学部 理工学科 機械システム専攻

酒井 孝 教授



成蹊大学 理工学部 理工学科の酒井孝教授

金属3Dプリンタで鍛造用金型をつくる

成蹊大学 理工学部 理工学科 機械システム専攻の酒井孝教授の研究テーマ「金属3Dプリンタで造形した鍛造用金型の特性評価」が、天田財団の2023年度「重点研究開発助成」に塑性加工分野で採択された。酒井教授が天田財団の助成に採択されるのは今回が8回目。

金属3Dプリンタ (Additive Manufacturing: AM) は産業界への普及が期待される加工分野のひとつ。医療・航空宇宙分野で先行している欧米と比べ、日本は大きく遅れを取っている。酒井教授は、AMの産業利用の一案として、鍛造用金型の造形を目指す。AMは従来工法で実現できない複雑形状の造形が可能であり、鍛造用金型の高性能化・高機能化・軽量化が可能になると考えた。複雑形状の鍛造用金型を短時間で高精度に造形できれば、製造現場のDX推進とコスト削減などにもつながる。

課題解決のための「選択肢」をつくる

本研究では米国製AM機によるBJT (バインダージェット方式) の造形を委託して研究を進める。金属パウダーには、BJT方式での信頼性が高く、現在入手可能な中で最も高強度で、市販材とのクリープデータが比較可能なオーステナイト系ステンレス鋼のSUS316Lを使用する。

充填率、密度、磁性、導電率などの物理特性調査や、

焼結前後、引張試験・クリープ試験による破断前後などのSEM (走査型電子顕微鏡) による観察。EBSD (電子後方散乱回折) による結晶方位観察。引張試験・クリープ試験・硬さ試験などの基礎的特性調査を行い、AMで造形したSUS316L材の基本的な特性を市販のSUS316L材と比較する。造形した鍛造用金型が冷間および熱間で使用できるかどうかを3次元塑性加工シミュレーションによる数値解析および実験の両方から評価。解析で得られたデータをもとにAMで金型を造形し、その有用性について確認する。

「AMで鍛造用金型をつくることができれば共同研究先である鍛造用金型製造メーカーが抱える課題の解決にもつながるのではと考えました。ラピッドプロトタイプングがより速くできれば、本金型も早くつくれ、コストも削減できる。製造工程の一部を自動化でき、力が加わらない部分をハニカム構造などにして軽量化する——という3Dプリンタの特徴を生かした使い方ができると考えています。現行の加工法からすぐに置き換わるか、売上に直結した効果が出せるかわれれば難しいと思います。ただ、必要なときに選択肢のひとつとして提供することができればと考えています。AMで造形した鍛造用金型が使用可能かどうか、500kNの万能試験機で鍛造試験評価していきます」(酒井教授)。

研究室所有の 電界放出形走査型電子顕微鏡装置

酒井教授の「材料力学研究室」では、鏡筒内で曲げ試験ができる電界放出形走査型電子顕微鏡装置 (FE-SEM-EDS/EBSD装置) を所有している。このレベルの装置を研究室単位で所持しているのは非常に珍しい。この装置は天田財団の2014年度「一般研究開発助成」に採択された研究テーマ「SPCC材の曲げ変形に対する集合組織のSEM-EBSDその場観察」でも大きな成果をあげている。酒井教授は金属組織学における材料の微視的な変形特性を、塑性加工の分野へ採り入れるべく研究してきた。

酒井教授は電界放出形走査型電子顕微鏡装置について、「SEMとEBSDが研究室にあると、いつでも好きなだけ



①実験室。2024年秋には理工学部エリアの新棟建設が終わるため、新たな実験室に移動する／②電界放出形走査型電子顕微鏡装置。4つの画面で元素分析、結晶方位の様子などが確認できる／③塑性加工や金型の知識を活用し、パスタ押しマシンのダイス設計なども行っている

観察ができます。研究内容によって自由にカスタムできるのも、研究室で所持している強みです」と語っている。

多様な業種の企業と共同研究を行う

酒井教授は1990年に立命館大学 理工学部 機械工学科に入学、当初は自動車のエンジンをつくりたいと考えていた。4年生で研究室を選択する際に、「構造や製法を変えるだけで性能を大きく向上させるのは難しい。それよりは良い材料を開発した方が性能を飛躍的に向上できる可能性があるし、さまざまな製品にも応用できる」と考えるようになった。その後は博士課程に進学し2000年3月に博士(工学)を取得した。卒業後は東京都立大学 工学部 機械工学科の助手などを歴任。2009年4月に成蹊大学 理工学部 エレクトロメカニクス学科の准教授に就任し、2014年4月にはシステムデザイン学科の教授に昇任した。

酒井教授の研究分野は機械材料、金型、パスタ、金属材料工学、結晶方位、集合組織。一見、無関係に見えるパスタだが、3次元塑性加工シミュレーションソフトによる生地からの押し出し解析を、パスタ押しマシンのダイス設計に応用している。共同研究先は素材メーカーや機械メーカー、食品メーカーなどさまざまで、酒井教授が代表者として研究室を主宰してから取り組んだものだけでも2004年からの19年間で52件にもおよんでいる。

「研究費を集めるためだけの研究はやっていません。実際に共同研究先に開発費用の負担はゼロで結構ですとお伝えする場合があります。ほしいのはその業界の動向や、自分たちが取り組もうとしていることが産業界側から見て意味のあることか、革新的なのかという情報です。やはり業界の方に聞いてみないとわからない部分があるので、直接お話をうかがうことは重要です。こちらからも基礎データや実験で判明したデータなどを企業にフィードバックするなど、相互で情報を交換しながら研究を進めています」(酒井教授)。

独自で15年以上行っている会社見学会

「材料力学研究室」(2024年度)には酒井教授、蘆田茉希助教のほか、修士M2が3名、M1が5名、学部4年

生が10名在籍している。大事にしているのは社会や企業と近い環境をつくることだ。酒井教授は現在、アドミッションセンター長として、大学共通テストや大学独自入試などの責任者としての業務なども担当する。学内での役職が大きいほど、研究に費やす時間が減少するが、それでもモチベーションを下げずに研究に取り組めるのには訳があるという。

「本学は中堅私立大学で、博士後期課程に進学する学生はほぼゼロ、学部から博士前期課程への進学率も20～25%。研究者になりたい学生はほとんどいません。彼らの多くは卒業後は就職して、設計や開発の仕事に就く。限られた時間の中で何を教えたらいいかと考え、社会により近い現場を早く見せ、考える機会をつくらうと考えました」。

「成蹊大学では3年生の後期から研究室に配属されます。私の研究室では卒業研究と就職活動の動機づけを行う目的で、B to B企業を中心に毎年8社前後の会社を訪問し、工場見学、質疑応答、懇親会をしていただきます。学生たちが将来どんな会社でどんな仕事をしたいのか、実際に見せることで考える機会を設けています。学内の役職の関係もあって多忙な日々が続いています。そんなときに考えるのは自分がなぜ大学の教員になったかということ。私は企業と学生と私の3者で共同研究をし、共同研究を通じて学生を育てることを目標に大学教員になりました。だからこそ、どんなに忙しくても学生と過ごす時間は大切にしています。企業や学生とともに共同研究を行うことは、私のモチベーションにもつながっています」(酒井教授)。



「材料力学研究室」のメンバー(左端が酒井教授、右端が蘆田茉希助教)

サーボプレスで微細中空構造の量産を実現する精密拡散接合技術の開発

学生に「自分で考える力」を習得させることが課題

大阪工業大学 工学部
機械工学科 マイクロ流体力学研究室

しょう
横山 奨 講師



横山奨講師(下段左)と、「マイクロ流体力学研究室」の院生・学生

社会に役立つ新たなデバイスの開発を目指す

大阪工業大学 工学部 機械工学科 マイクロ流体力学研究室の横山奨講師の研究テーマ「サーボプレスを用いた微細中空構造の量産を実現する精密拡散接合技術の開発」が、天田財団の2023年度「重点研究開発助成」に塑性加工分野で採択された。

横山講師は、各種微細加工技術や光学顕微鏡などを用いてマイクロ流体の利点・欠点を学術的に理解し、既存の問題の解決や社会に役立つ新たなデバイスの開発を目指した研究を行っており、新たなマイクロ流体デバイスの製造技術として精密拡散接合技術の開発に取り組んでいる。

卓上拡散接合装置の開発

2021年4月には、サーボプレスを採用した高分子樹脂製マイクロ流体デバイス用卓上拡散接合装置を開発。旧型装置では実現が難しかった加圧精度の向上、データロガー機能の追加、圧力制御の自動化、タッチパネルによる接合条件のワンタッチ呼び出しを実現した。新型装置により接合品質の向上も実現し、3層構造の高分子樹脂製マイクロ流体デバイスの量産に成功した。3層構造にすることで、流路機能を中間層に集約可能となり、レーザ加工による安価な流路形成や、フィルムを用いたフレキシブルなマイクロ流体

デバイスの実現が期待できる段階に到達している。

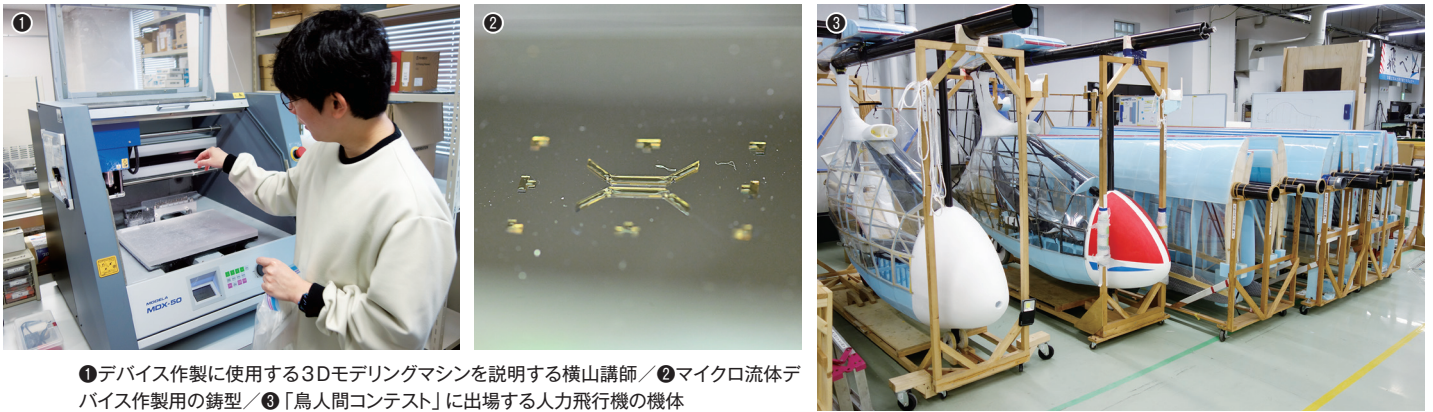
すでに、蛇行流路を有するアクリル (PMMA) 樹脂製マイクロ流体デバイスを複数試作しており、マイクロ流体デバイス上でのPCR (On-Chip PCR) の実現に向けて、デバイス上でサーマルサイクルを実現した。フィルム同士の接合にも着手しており、100 μm 前後のフィルム同士を接合し、密着することに成功している。また、各種研究用マイクロ流体デバイスへの発展も進めており、3層構造の高分子樹脂製マイクロ流体デバイスの応用として、中間層に透析膜を挟んだ透析デバイスを実現している。

微細な中空構造を有する装置への需要

マイクロ流体デバイスをはじめ、ベイパーチャンバー、熱交換器、燃料電池セパレーター、インクジェットノズルなど微細な中空構造を有する装置の需要は多い。技術の高度化により微細化が進み、より微細な中空構造を効率的に製造する技術が求められている。微細中空構造の製造には複雑な流路パターンが必要で、これまでの切削加工技術のみで対応することは困難と思われる。そこで、複数のパーツやレイヤーに分割し、切削加工やプレス加工で製造した部材を接合することで製造されるケースが一般的となっている。

しかし、中空構造内に流体を封入する事例が多いため、高度な密閉性と接合面の滑らかさが必要とされる。 μm オーダーの微細中空構造には強い毛細管現象が発生するため、溶剤や接着剤の使用は微細中空構造閉塞のリスクがあり、安易には採用できない。すなわち、微細中空構造による製造の最大の課題は、最適な接合技術の欠如にあると言える。

近年、微細中空構造の製造に対しては産業用3Dプリンタを採用する事例が増えつつある。マイクロ流体デバイスの場合も、3Dプリンタを用いた事例が多数報告されている。しかし、3Dプリンタは利用可能な素材が限定されてしまうため、特殊な素材や複合材料を使用することは困難だ。また、3Dプリンタで出力した材料は、熱による内部応力などから従来の製造工程より材料特性が劣化する傾向がある。



①デバイス作製に使用する3Dモデリングマシンを説明する横山講師／②マイクロ流体デバイス作製の鋳型／③「鳥人間コンテスト」に出場する人力飛行機の機体

拡散接合 (Diffusion Bonding) に着目

横山講師は、最適な接合技術と従来の加工技術（切削加工やプレス加工、レーザ加工）を組み合わせることで、3Dプリンタよりも優秀な微細中空構造の製造工程の実現が可能と考え、拡散接合 (Diffusion Bonding) に着目した。この製造工程は素材の制約が少なく、特定の用途や要件に応じて最適な素材を選択することが可能である。特に高負荷やきびしい環境条件での使用では優れた選択肢となる。また、3Dプリンタは単一の部品や少量の試作品を製造するには適しているが、大量生産には不適とされている。精密拡散接合と既存の加工技術を組み合わせれば、高速かつ効率的に高精度な微細中空構造品を製造することが可能になる。

そこで、油圧プレスに替えてサーボプレスを採用した高分子樹脂製マイクロ流体デバイス用拡散接合装置を開発した。サーボプレスを採用することで、加圧精度の向上、母材の熱膨張による圧力変動の補正、プログラムによる柔軟な加圧プロファイルの設定が可能となった。

微細中空構造の量産が可能

本研究では、より精密な拡散接合を開発し、既存の微細加工技術と組み合わせることで、従来では困難だった微細中空構造の量産が可能になるのではないかとこの着想に基づき、新たに静圧球面軸受による做いステージと、精密圧力制御可能なサーボプレスを導入し、これらの課題を解決した精密拡散接合装置を開発する。微細加工技術と拡散接合技術を組み合わせ、従来では不可能だった高機能マイクロ流体デバイスの実現と量産工程の実用化のために、微細中空構造の量産技術としての精密拡散接合術の提案を行う。最大加圧力2kNクラスのサーボプレスの導入で、加圧力の向上をはかり、静圧球面軸受ステージにより、加圧面並行度 $\pm 0.1^\circ$ を実現する。

現在の拡散接合装置は、接合前後の変形量が母材の厚さに対して3～5%であるが、新型の拡散接合装置では変形量1%以下を目標とし、精密拡散接合技術の開発に取り組む。

大学における「教育」と「研究」は不可分一体

横山講師は2008年に岡山大学工学部を卒業。同年から北海道大学大学院工学研究科で学び、2013年3月に博士（工学）の学位を取得した。同年4月から2015年3月までは名古屋工業大学大学院 工学研究科の特任助教、2015年4月から2018年3月までは東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センターの特定研究員、2018年4月からは大阪工業大学 工学部 機械工学科の講師として、「マイクロ流体力学研究室」を主宰している。

また、横山講師の父親も研究者で、1992年には天田財団の「一般研究開発助成」に採択されており、親子2代の助成研究者でもある。

「私は大学における『教育』と『研究』は不可分一体であると考えています。研究や開発につながる教育としての座学や実験があり、研究室に配属後の研究活動を通じてさらに教育を深める——といった構造が、現在の大学に求められていると思います。私が担当する『流れ学』や『流体力学』は座学ですが、単純に学問を教えるのではなく、その後のPBL（プロジェクト・ベースド・ラーニング）授業や研究活動とのつながりを考慮した講義を心がけています」（横山講師）という。

最近はや学内での仕事も増え、研究に費やす時間が制約されるが、人力飛行機を開発する学生プロジェクトの担当教員も務めており、過去には顧問として参加したチームが「鳥人間コンテスト」の2位になったこともある。常に学生たちとのコミュニケーションを意識し、大切にしている。

「工学部の教育で一番重要なことは『自分で考える力』をいかに学生に習得してもらうかだと思っています。そのため、卒業研究のテーマは学生自身に決めさせることを徹底しています。そして、座学～PBL授業～研究活動という一連のつながりを意識した教育・研究が重要だと考えています」（横山講師）という。

39歳と若く、バイタリティーと意欲にあふれた姿勢には、研究室の院生・学生からの信頼も厚い。在籍していた院生・学生との写真撮影も和気あいあいとしたものだった。

パワー半導体用 SiC ウェハの レーザスライシングを研究

新産業創出につながる研究に尽力

京都大学大学院 工学研究科 材料化学専攻

しもつま
下間 靖彦 准教授



京都大学大学院 工学研究科の下間靖彦准教授

パワー半導体の課題に着目

京都大学大学院 工学研究科 材料化学専攻の下間靖彦准教授の研究テーマ「次世代パワー半導体結晶基板の高効率レーザスライシングに関する研究」が、天田財団の2023年度「重点研究開発助成」にレーザプロセッシング分野で採択された。

電力の変換や制御をつかさどる半導体として注目されている「パワー半導体」は、高い電圧や大きな電流に対しても壊れないよう通常の半導体とはちがった構造を持っている。ただ、大電力による発熱で高温になりやすく、それが故障の原因につながる。このため、発熱の原因であるパワー半導体自身の電力損失を小さくし、さらに発生した熱を効率よく外に逃がす工夫を施す必要がある。

市場拡大する SiC パワー半導体

パワー半導体は主に電圧変換、周波数変換、直流交流変換などの電力変換に使われている。モーターを低速から高速まで精度良く回転させたり、太陽電池で発電した電力を無駄なく送電網に送ったり、さまざまな家電製品・電気器具に安定した電力を供給する際などに、欠かすことのできない重要な役割を担っている。

中でも急速に製品化が進み、市場シェアを拡大している

のが、SiC（炭化ケイ素）パワー半導体だ。フランスの市場調査会社によると、SiC および GaN（窒化ガリウム）のデバイスは2027年末までに、パワー半導体市場全体の30%のシェアを獲得し、シリコン製のMOSFETやIGBTに置き替わっていくという。そのため、パワー半導体の基板となるSiCやGaNを高精度かつ高効率に加工する技術が必要になる。特にSiCに関しては、レーザ加工によって基板の高精度な切断や穴あけ加工が可能だけでなく、表面の損傷を小さくでき、半導体結晶の内部を直接加工できることから、レーザ加工はウェハ加工技術としての可能性を秘めており、パワー半導体の製造コスト削減への寄与が期待されている。

ダイヤモンド、炭化ホウ素に次いで硬度が高い単結晶SiCインゴットからウェハを切り出す方法としては、ダイシングソー技術が一般に用いられてきた。SiCは難加工材であるため、スライシング時のデブリ洗浄や摩擦熱の冷却のため、ウェット環境下で行われることが一般的で、この際の切断面の欠けやクラック発生などによるウェハの強度の低下で、ワイヤあたり180 μm 以上の切り代が必要となる。表面研磨後には最終的に250 μm 程度の損失が生じ、歩留りは悪い。結果として、厚さ500 μm のSiCウェハの作製では、厚さの50%をSiCインゴットの25%のSiC結晶が、くずとして捨てられている現状がある。

ほかの加工方法も一長一短

高品質なスライス技術として、ステルスダイシング技術がある。イオン注入によるスマートカット技術やナノ秒レーザ集光照射による局所的な熱衝撃したもので、ドライ環境下で最小限の切り代でウェハをスライスできる。

ナノ秒レーザ集光の問題は、レーザ集光部近傍の高精度転移領域で意図しないクラック進展や熱損傷が生じ、加工変質層の除去のために追加研磨が必要になることである。最近では、ナノ秒レーザによるSiC結晶を局所的に熱分解させ、改質されたアモルファスカーボンによる光吸収の変化を利用したレーザ加工法の提案もあるが、場合により、



①レーザー光源と自作したレーザー加工装置や光学効果評価システム／②パルスレーザー加工システム／③赤外フェムト秒レーザー加工装置

クラックがウェハ面からずれたoff角で進展し、100 μ m程度の段差が生じることが問題となる。

フェムト秒オーダーのレーザーパルスを光源に

下間准教授は、パルス幅が電子とフォノンのカップリング時間(数ピコ秒)よりも短い、フェムト秒オーダーのレーザーパルス光源として用いることで、熱損傷を最小化した。特にダブルパルス列照射をはじめとした、時間遅延したフェムト秒レーザーパルスを用いる。ダブルパルス列照射によって、パルスとパルスの遅延時間に応じて、第1到達パルスによる励起電子密度(プラズマ密度)が変化することから、第2到達パルスの相互作用も変化。結果として、光軸方向に加工痕が伸びない加工が期待できるようになった。

また、第1到達パルスの非線形吸収によって、いったん欠陥(色中心)を形成させ、波長変換した第2到達パルスの非線形吸収によって、局所的な結晶構造を変化させることができた。構造変化領域には局所的に応力分布が形成されるため、これによって、これを起点としたエネルギー効率の高いスライシングが期待できる。SiC結晶は波長によって吸収係数が大きく異なることから、第1到達パルスと第2到達パルスの波長やパルスエネルギーを変化させ、さらなる加工効率の向上を目指している。

自動車の電動化をはじめとした脱炭素社会の実現に欠かせない材料の一つであるSiCは、京都大学の松波弘之名誉教授が1987年に発見した。今後、ウェハの大口径化、欠陥の大幅削減などによるウェハの高品質化とともに、コスト削減が進むと考えられる。本研究の成果がSiCウェハの製造コスト削減の一助となることが期待される。

僧籍を持つ研究者

下間准教授は福井県福井市出身。1996年に東北大学大学院 工学研究科 資源工学専攻の博士前期課程を修了後、京セラ(株)の研究開発部門に入社。その後、京セラに在籍したまま、科学技術振興機構 国際共同研究事業の研究員、京都大学 計算材料研究者養成ユニットの研究員を経たのち、京セラを退社。2005年に京都大学で博士(工学)の学位を取得。2008年に京都大学 国際融合創造セン

ター 産学官連携准教授を経て、2010年に京都大学大学院 工学研究科 材料化学専攻の准教授に就任、現在に至る。

専門は無機化学、非線形光学、ナノフォトニクス。2022年より国際光工学会(SPIE)フェローも担当している。

実家が浄土真宗の寺院で、下間准教授も得度、僧籍を持つ。東北大学在学中から研究者を目指した。京セラの研究開発部門で6年ほど研究をしたあと、社命で社外の研究機関に勤務。派遣期間を終えて会社へ戻ると、所属していた研究プロジェクトは解散していたが、それを契機に企業を離れ、大学職員として研究を続ける。

研究と教育はイーブン

在籍している無機構造化学分野を研究する三浦研究室は三浦清貴教授、下間准教授、助教1名の教員3名で、博士後期課程1名、前期課程6名、学部5名の教育・指導にあたっている。

レーザー加工技術は京都大学で学び、フェムト秒レーザーの研究から始めたが、レーザーは材料加工のツールと割り切っている。研究室の学生も無機化学専攻なので、レーザーの実験の際には、夜遅くまで学生に付き合っている。研究室のフェムト秒レーザー発振器の何台かはメンテナンスが必要で、交換部品が入手できないことなどが悩みだという。

「ものづくりの根幹をなす『材料化学』の視点から、新しい学術領域を創生し、特に光科学に関する基礎学理の探求を通じて、新産業創出につながる研究に尽力したい」と下間准教授は研究者としての抱負を語っている。



三浦研究室のメンバー。後列左から4番目が三浦清貴教授、5番目が下間准教授

鉄鋼生産のプロセスで生じる“皮膜”の熱物性を解明し、CO₂削減に貢献する

メーカーの技術者とも意見を交換しながら、研究にまい進

芝浦工業大学 工学部 材料工学科

遠藤 理恵^{*1} 准教授

遠藤理恵准教授(中央)と「高温物理化学研究室」の院生・学生

“邪魔者扱い”だった酸化スケールを、味方につける

芝浦工業大学 工学部 材料工学科の遠藤理恵准教授の研究テーマ「酸化スケールの熱伝導率決定のため固体用表面加熱・表面検出レーザーフラッシュ装置の開発」が、天田財団の2023年度「一般研究開発助成」に塑性加工分野で採択された。

遠藤准教授は自身が担当する「高温物理化学研究室」のメンバーとともに、製鉄所内の熱間圧延工程に着目し、熱物性と伝熱の観点から、温室効果ガスの削減に寄与できる研究を進めてきた。鋼の熱間圧延は800～1200℃もの高温で行われている。加熱や圧延の工程では、高温の鋼が空気中の酸素と反応して、鋼の表面に厚さ数十μmの酸化スケール(皮膜)が生成される。酸化スケールが付着したまま圧延を行うと、製品の表面に疵が生じる原因になる。そこで製鉄所では高圧水などを使ってスケールを除去している。ただし、機械部品やビルの材料などに用いられる炭素鋼の生産現場では、水で除去してもすぐに鋼が再酸化し、常に製品の表面に付着している状態となる。酸化スケールはいわば“邪魔者扱い”だった。

「仕上げ圧延後の工程では、900℃に近い高温の鋼に水をかけ、500～400℃まで冷却が施されます。この工程では鋼の相変態^{*2}もともないますから、温度制御がとても重要

になります。高温では冷却水と鋼の間には水蒸気があって、比較的ゆっくりと冷やされます。その後、300℃あたりまで鋼表面の温度が下がると鋼と水が直接接触して(この温度を『クエンチ点』と呼ぶ)、そこから先は冷却速度が急速にアップすることが、過去の実験で明らかになっています。鋼の表面には実際には酸化スケールがあって、酸化スケールの特性でクエンチ点が変わってきます。つまり、“邪魔者”だと思っていた酸化スケールの特性をうまく利用して熱を制御すれば、鉄鋼製造で消費されるエネルギーやCO₂排出量の削減に貢献できる可能性があるのです」(遠藤准教授)。

こうした認識は近年、製鋼分野の研究者の間で浸透しつつある。だが従来の熱物性研究は、室温でのデータ測定にとどまっていたり、実験値ではなく文献値を用いるなど、信頼性に欠ける面があった。遠藤准教授らは、こうした課題をクリアすべく、このたび世界で唯一となる、酸化スケールの熱物性に関する新しい測定方法を考案した。

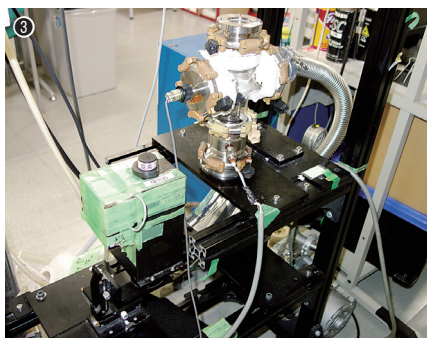
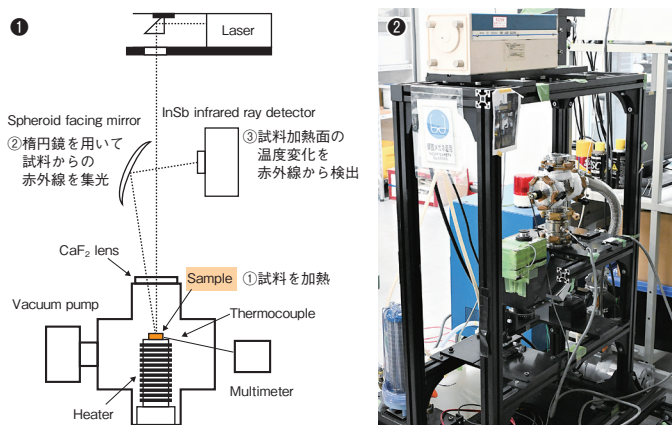
信頼に値する熱伝導率を決定するために

酸化スケールを利用して、高温の鋼を効率的に冷却するには、クエンチ点(急冷開始点)がどのような要因で決まるのかを解明しなければならない。そのためには、酸化スケールの性質を深く知る必要がある。実は、酸化スケールの内部には不規則な穴が開いている。

「穴の量や酸化物の種類によって、熱伝導率(熱の伝わりやすさ)には2ケタもの差が生じます。にもかかわらず、これまでの研究では、信頼性に欠ける熱伝導率の文献値を使わざるを得ませんでした。だから、常にモヤモヤ感があったのです」と、遠藤准教授は語る。

酸化スケールの穴の状態は、生産現場の環境によって大きく左右されるため正確な密度の測定は難しい。「ならば、測定に適した最適な酸化スケールの厚さを実験装置でシミュレーションしたうえで、単位体積あたりの熱容量を正確に測定すれば、密度がわからなくても、熱伝導率を決定する方法が確立できるはず」と考えた。

酸化スケールの熱物性を正しく把握するために、遠藤准



①今回の研究に使用する表面加熱・表面検出レーザーフラッシュ法（FF法）の装置の概略図／②実際に作製中のFF法の実験装置／③パルスレーザーを照射する装置をはじめとしたFF法実験装置の中核部分／④FF法に使用する試料

教授が担当する高温物理化学研究室では、過去に「熱拡散率」の測定を行っている。このときに開発した解析手法は国際標準化機構などでも評価され、工業用部品に遮熱コーティングを施す際の熱拡散率の決定法として、ISO18555に規定されている。

そして今回の研究では、「熱浸透率」を高精度で測定できる方法の開発を目指す。すでに確立した「熱拡散率」の測定方法と、「熱浸透率」の測定方法を、同一のサンプルに対して同時に行える体制を構築すれば、信頼に値する酸化スケールの熱伝導率が決定できるようになる。

遠藤准教授らはこれまで、熱浸透率の測定に「ホットスリップ法」という方法を用いてきた。ただしこの方法は、測定できる温度が室温に限られていた。ほかの方法を探る過程で、茨城大学の太田弘道教授らが開発した「表面加熱・表面検出レーザーフラッシュ法（FF法）」という測定方法に着目した。これはパルスレーザーを耐熱容器に照射して加熱し、その後の温度減衰を測定することで、容器の内部にある「液体試料」の熱浸透率を明らかにする方法である。遠藤准教授らはこのFF法の原理を応用し、2023年夏からの3カ年計画で、「固体」である酸化スケールの熱伝導率を決定できるレーザーフラッシュ装置の開発に取り組んでいる。

本研究では、FF法の固体用レーザーフラッシュ装置を作製し（図①参照）、予備実験を行う。この実験では、最適な酸化スケールの厚さを決定したうえで複数の試料を作製し、加熱後の温度変化を赤外線検出器で検出。得られた熱浸透率を、文献値と比較して検討していく。そして本実験では、鉄板を熱酸化して作成した酸化スケールを用いて、室温から数百度に近い高温環境での測定を積み重ね、熱伝導率を決定する方法を確立していく計画だ。

未解明の部分も多く、今後が期待される分野

遠藤准教授は、2003年に東京工業大学で博士課程を修了して博士（工学）の学位を取得。同年に同大学の鉄冶金に関する研究室で助手となり、鉄の生産プロセス研究に従事した。2007年に助教となり、産休・育休からの復帰後は酸化スケールに関する研究を主に手がけてきた。

「製鉄プロセスに関する分野は、国内・海外ともに女性研究者は少数派。ところが熱物性の国際会議に出席すると、女性の割合が多いと実感します。しかも、熱物性はほかの研究分野と比べて競争が少なく、解明されていないテーマも多いのです。だからこそ、長期的に取り組める仕事だと思っています」と、遠藤准教授は話す。

2019年にはドイツのフライベルク工科大学の招へい研究員として、博士課程の学生指導のために1カ月にわたって活動した。2022年4月から芝浦工業大学 工学部 材料工学科の准教授となった。高温物理化学研究室では、研究活動と並行して、修士課程の院生4名と学部生8名、合わせて12名への研究指導・教育を担っている。

自身のワークライフバランスについては、「2人の子どもの母親として、17時には必ず帰路に就けるよう、日々の実験計画を緻密に組み立てるなど、強い意志を持って時間管理を行っています」と語る。

熱物性の測定技術に、宇宙産業からも引合い

また、遠藤准教授は日本鉄鋼協会のフォーラムなどで、鉄鋼メーカーの技術者とも意見を交換しながら研究を進めている。

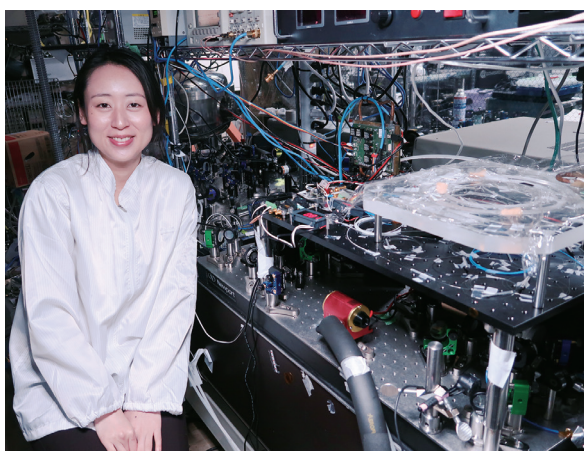
「熱物性の研究は地味な活動の積み重ねであり、華やかさはありません。重要な測定値が得られたとしても、生産の現場で使われなければ価値を生みません。ですから、『いつか私が測定した値を使ってもらえたら良いな』という期待や望みを持ちながら、日々、研究にまい進しています」（遠藤准教授）。

自身の研究を「地味」だと称する一方で、研究している熱物性の測定技術は、社会からの関心が高い宇宙産業からも引合いがある。現在、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の研究者らとともに、将来の月面でのインフラ整備や資源利用などで必須となる、月の表面に存在する堆積物の熱物性調査にも協力している。過去には小惑星「リュウグウ」の熱物性調査にも協力した。こうした実績が示すように、遠藤准教授らによる熱物性の研究成果は、宇宙産業の技術開発にも資する価値を内包している。

産業界のニーズに応える長寿命の 「超高耐力ガス光学素子」の開発 デブリーナな集光光学システムの実現に向けて

電気通信大学 レーザー新世代研究センター

道根 百合奈 特任助教



電気通信大学 レーザー新世代研究センターの道根百合奈特任助教

2015年から光学素子に着目して研究を開始

電気通信大学 レーザー新世代研究センターの道根百合奈特任助教の研究テーマ「長寿命気体中粗密波構造を利用した加工用ファイバーレーザー制御素子の開発」が、天田財団の2023年度「一般研究開発助成」にレーザープロセッシング分野で採択された。

道根特任助教は2010年に電気通信大学（以下、電通大）情報理工学部 先進理工学科に入学。学部3年生のときに米田仁紀教授の研究室で見たレーザーに感動。「私もこれで実験がしてみたい」とレーザーを使った研究を開始した。2014年には博士前期課程に進学。2015年頃から光学素子に着目し、「ガス媒質の光学素子」の研究をはじめた。

「中性ガスは通常の固体に比べて圧倒的にレーザー光に対して耐力が高いため、もしこれで光学素子ができれば、より小型で、損傷を気にしないで良いレーザーシステムをつくれるようになると思えました。しかし最初は、どんなガスを使うかも含め、手探りの状態でした」と当時を振り返る。

最初は窒素ガスでの実験を試みた。窒素はプラズマ状態にするわずかに発光し存在感がある。これなら光を制御できるのではと考えたが、思うような成果が得られず素材や条件を変えながら実験を繰り返した。研究が進んだき

かけは米田教授からのアドバイスだった。

「当センターは1980年に核融合用レーザーの開発を目的に設立されました。米田教授も電通大に来られた当初はレーザー核融合関係の研究をされていて、取り組まれた中に『オゾンガスをエキシマレーザーの可飽和吸収体として使う』研究があり、『もしかしたらオゾンと紫外レーザーの組み合わせが使えるかも』とアドバイスをいただきました」。

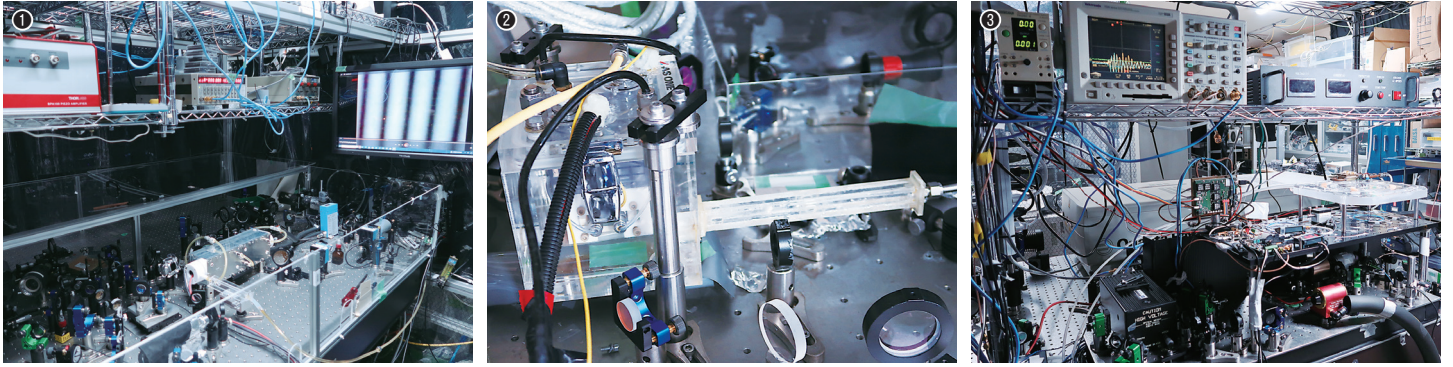
「実際にやってみると、そのアイデアは大当たりでした。オゾンガスへ紫外レーザーがある条件で照射すると、ガス中に大きな密度分布をつくることができ、さらにそこにレーザー光を入れると、進行方向がわずかに変わっている!と感動したことを覚えています。ただ最初は光が制御できるといっても、光学素子として使えるレベルではありませんでした。ひたすら試行錯誤を繰り返し、博士前期課程の終わりあたりによく方向性が見えてきました。後期課程に進学するつもりはなかったのですが、『研究がおもしろい』『このまま後輩にわたすのはおいしい』と進学を決意。以来、ガス光学素子を使うものにするための研究を続けています」（道根特任助教）。

オゾンと紫外線を活用した光学素子の開発

産業界で使用されるレーザーには、単位時間あたりに処理できるスループットの高さが要求される。そのため、平均出力や繰り返し周波数は年々向上してきた。研究分野でもさらなる高出力レーザーが開発・利用されるなど、業界全体でレーザーの高性能化（高エネルギー・高出力・高繰り返し）が進んでいる。

しかし、高性能化にともなった課題もある。レーザーシステムに組み込まれるミラーやレンズ、回折格子などの光学素子はほとんどがガラスなどの固体でできており、レーザーの照射による透過率・反射率の低下、損傷などが発生する。その都度、交換やメンテナンスが必要になるが、高出力化によってその頻度も増える。光学素子を大型化して単位面積あたりのレーザーエネルギーを引き下げるなどの対策が採られているが、マシンの大型化につながってしまう。

これらの課題を解決するために道根特任助教は新たな



①オゾンガスを流して光学素子をつくるための実験装置。モニター（右）で粗密の波を観察する／②「ガス媒質の光学素子」の研究を始めたときに作製した装置。手探りでのスタートだった／③現在製作中のガス光学素子生成用サブナノ秒UVレーザーシステム。光ファイバーを冷却するための工夫が凝らされている

光学素子の開発を目指した。研究の特徴は固体ではなく、気体（オゾンガス）を光学素子として利用することだ。オゾンを含む酸素ガスに紫外レーザーのパルス光を制御しながら周期的に当てることで、通常の音波と比べ、ケタちがいに大きな粗密の波を励起させることに成功。その結果、ガス中に大きな密度変調構造を生成でき、高い効率で光を回折できることを実証した。これにより開発した厚さ数mmの小型ガス回折光学素子は、従来のガラス製光学素子の100倍以上の高エネルギーのレーザーを扱える耐力を持ち、平均回折効率もガラス製と同等レベルの性能を確保している。

また、回折格子としてだけでなく、紫外レーザーの照射条件を変えることで、集光レンズとして機能することも実証している。パルスレーザー加工においては、対象物にレーザー光を集光するレンズが必要になるが、開発したオゾンレンズに置き換えれば、高温のデブリがレンズに付着する従来の問題を解決できる。それによって「完全メンテナンスフリー」のパルスレーザー加工の実現が可能になった。

CWレーザーに使える光学素子の開発を目指す

性能の高い光学素子ができはじめると、次第に道根特任助教の意識も社会実装へとシフトしていった。今回採択された「長寿命気体中粗密波構造を利用した加工用ファイバーレーザー制御素子の開発」は、より産業界のニーズを意識した研究となっている。道根特任助教はレーザー加工機メーカーを訪ね、話を聞く機会を得た。そして産業用レーザーとしてはパルスレーザーよりCWレーザーが主流であることやメーカーが抱えている課題についても知ることができた。

現在、道根特任助教が開発済みの光学素子では時間変調特性がCWレーザーに適していない。そのため、本研究では気体中の時間的に振動しないエントロピー波のみを利用した「長寿命の気体光学素子」の開発を目指す。これには外部光による音波成分の急速な減衰方法の開発やリーマン減衰の利用など、大振幅波そのものに対する基礎研究、エントロピー波を利用して回折光学素子を生成する原理実証実験、エントロピー波を時空間で重ね合わせた長時間波面手法の開発などが必要になってくる。

「まだ実験に着手したばかりで、ガスの中の粗密波の振動をどう制御していくか模索をしている段階です。最終的にはCWレーザー加工機に使用される最終集光レンズや液晶などの空間光変調素子に適用できる光学素子を開発し、試験機を作製したい」（道根特任助教）。

産業界の課題に直結している内容だけに、採択された研究の成果が産業界にもたらすインパクトが大きく、加工機の革新にもつながることが期待される。

イニシアティブを取るために協力者が必要

すでに米国やドイツの研究者が道根特任助教の研究に着目し、気体光学素子の研究をはじめている。

「もう競争がはじまっています。そうした中でどうイニシアティブを取り続けるかが難しい。研究は基本的にすべて私一人で行っており、外部の大学や研究所との共同研究もようやく立ち上がったばかり。海外のチームに負けないためにも共同研究者を増やしていきたい。また、企業との連携も大切です。開発した技術が企業の製品に使われれば、それだけでも宣伝になります。産学両面で協力者がほしい。研究成果は社会実装までいかないとただの研究で終わってしまいます。とにかく露出を増やし、機会をつくり、社会に貢献できる研究成果として発表していきたい」（道根特任助教）。

現在の役職は特任助教。外部プロジェクト予算により、ガス光学素子をレーザー加速システムに組み込む目的で雇用されている状態で、プロジェクト終了とともに契約が切れる。ガス光学素子の今後の展開によって、その後の異動先を考えたいという。

道根特任助教は「異動先については、その時に一番この研究を評価してくれるところに行きたいと思っています。博士後期課程に進んで以降、毎日研究ができて楽しくて仕方ありません。研究が夜中まで続いてしまうこともあります。まったく苦になりません。手を動かしながら考えるのが性に合っている気がします」と笑顔で語っている。

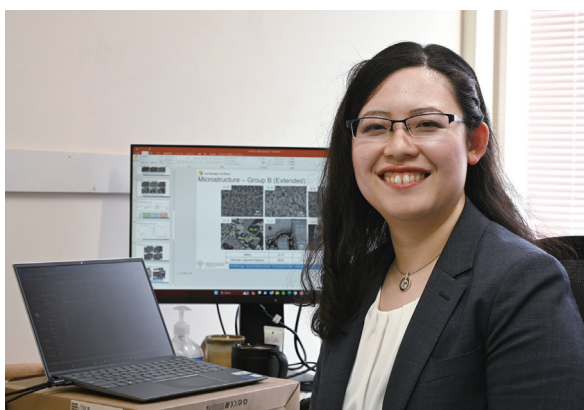
趣味は登山で、特に雪山が好きだという道根特任助教。ゴールを目指して地道に進む、無心に集中して行うという点において、登山と研究は共通しているのかもしれない。

ニオブシリサイド基合金の 高温変形機構の調査と解明

サステナブルなエネルギー供給・航空輸送の実現に向けて

東京大学大学院 新領域創成科学研究科
物質系専攻

松永 紗英 助教



東京大学大学院 新領域創成科学研究科の松永紗英助教

次世代耐熱合金の開発を目指す

東京大学大学院 新領域創成科学研究科の松永紗英助教の研究テーマ「ニオブシリサイド基合金の高温変形機構の調査と解明」が、天田財団の2023年度「奨励研究助成（若手研究者）」に塑性加工分野で採択された。

本研究は新元素を導入した、ニオブシリサイド基合金の高温での相安定性と力学特性への影響を実験において明らかにし、現在の発電用ガスタービンやジェットエンジンの運転可能最高温度を超える温度で、優れたパフォーマンスを発揮する次世代耐熱合金の開発を目指している。

近年、電力供給源として再生可能エネルギーの利用が増加しているが、総電力需要を支えるベース電力として、ガスタービンを使用した火力発電は今後も使用されると想定される。また、新型コロナウイルスの流行により一時急落したものの、航空需要は世界的に年々増加しており、ジェットエンジンの台数は今後飛躍的に増加すると予想されている。カーボンニュートラル実現のためには、化石燃料に代わる水素、アンモニア、バイオ燃料など、より少ない燃料によって、より大きなエネルギーを生み出すことで燃料の燃焼温度を上げる必要があるが、現在のタービン運転可能最高温度はすでに既存の耐熱合金（ニッケル基超合金）の融点に対して約90%の温度にまで達している。

現在よりも高い温度で運転するためには、現在の運転可能最高温度を超える温度で優れたパフォーマンスを発揮する次世代耐熱合金の開発が急務となっている。

1300℃以上の高温域で高い強度を持つ

松永助教らは元素として高い融点、摂氏2468℃を持つニオブとケイ素を主な成分として、ほかにいくつかの元素を混ぜたニオブシリサイド基合金の融点が2000℃以上という点に着目した。優れた耐熱性と高温安定性を持つ「ニオブシリサイド基合金」は、より燃費の良い航空機エンジンや発電用ガスタービンのタービンブレードに使用するための次世代耐熱材料として1990年代から研究されてきたが、ベースとなるニオブ（Nb）とケイ素（Si）に混ぜる添加元素についての研究は限定的だった。

松永助教らはこれまでの研究で、有力な添加元素として期待されるジルコニウム（Zr）、タンタル（Ta）、アルミニウム（Al）をそれぞれNbとSiに対して添加したNb-Si-Zr、Nb-Si-Ta、Nb-Si-Alの3つの系について、高温での相安定性と室温・高温における力学特性への影響を調査した。3つの系については、添加するSiの量と第3元素をそれぞれ変更して2種類の合金を作製。新元素を導入した合金を世界で初めてシリサイド相を大きな島状に析出させることに成功し、高温強度を飛躍的に向上できることが判明した。さらに、島状シリサイド相の実現により、従来型合金と比較して添加元素にかかわらずすべての系で力学特性が飛躍的に向上することを明らかにした。

それによって、1300℃以上という超高温域で高い強度を持つニオブシリサイド基合金を設計する際の新添加元素候補の情報を提供することができ、得られた実験データを広く世界に提供することで、第一原理計算などのコンピュータシミュレーションを使用した合金設計に利用し、優れた特性を持つ合金をより早く見つけ出すことを可能にした。

組成-組織-特性の関係確立を目指す

本研究では従来型合金と新開発合金についてクリープ



①真空アーク溶解装置／②650℃までの相変態や比熱を測定する／③薄膜試料の作製ができるイオンミリング装置

試験を行い、ガスタービンなどの使用環境として想定される、長期間における高温環境における塑性変形挙動、および組織への影響を調査する。さらに、新開発のタイプB合金に熱力学計算や第一原理計算で絞り込んだ第4元素を加えた新合金について組織、力学特性、変形後の組織を調べ、新添加元素が具体的にどのような組織の生成につながり、どのような力学的特性をもたらすのかという関係性を確立する。そして、新開発合金について、組成-組織-特性の関係を確立することを目指す。

「本研究にはこれまでの研究で生まれた新開発合金を使用します。この合金の形成機構を調べ、合金元素の効果の知見を得たうえで合金設計指針を確立すれば、1300℃以上で運転するのに十分な強度を持つ、有望な合金を作製できる可能性が非常に高い。ニオブシリサイド基合金は米国など複数の国で、次世代高温構造材料として研究されていますが、添加元素1種類のみでここまでの強度を示した例は過去に報告されていません。この研究によって、エネルギー供給やサステナブルな航空輸送の実現に大きな一歩を踏み出せると考えています」。

「助成金の一部を使って、3月に米国・フロリダ州で開催される国際学会でこれまでの研究成果を発表します。学会にはNASAをはじめとした多くの研究機関、大学の研究者が集まるので反応が楽しみです」(松永助教)。

小学生時代から航空宇宙に興味を持つ

松永助教は群馬県高崎市出身。小学生の頃から航空宇宙に興味を持つようになり、高崎女子高等学校の3年生の時には紙で作成したロケットに黒色火薬を詰めて校庭で発射実験を行い、学校から注意を受けたこともあったという。ロケットエンジンの燃焼に関連する材料工学を学ぶため、2012年4月に芝浦工業大学 工学部 材料工学科に入学。高校2年生の時に、NASAを訪問したことを契機に米国の大学で耐熱合金の研究者を目指すためにPh.D.の学位を取得したいと考えるようになった。

卒業研究はチタン合金をテーマに定めた。学外での研究が可能だったため、この研究分野で先端をいく物質・材料研究機構の御手洗容子グループリーダー（現・東京大

学大学院 新領域創成科学研究科 教授）の研究室で卒業研究を行いながら、米国・インディアナ州にあるパデュー大学 工学部 材料工学科の博士課程を目指した。

同大学は工学系の分野では全米トップクラスであり、とりわけNASAの宇宙飛行士の多くを輩出している。しかし、修士課程を修了することなく、博士課程に入学するのは難関だった。そこで、学部4年生の1年間は卒業研究を進めると同時に物質・材料研究機構の研究業務員を務めた。パデュー大学には2016年8月から5年半、博士課程でGraduate Research Assistantとして在籍。ニッケル基超合金の高温変形機構について、添加元素が1%ちがうだけで変形機構が大きく変わるという知見を得て、Ph.D.の学位を取得。2022年4月から東京大学大学院 新領域創成科学研究科 物質系専攻の助教となった。

成果とコストパフォーマンスが要求される

「パデュー大学 材料工学科の博士課程では、指導教員から雇用される形で授業料が免除され、給料が支給されます。そのため、たとえ学生であっても、1年ごとに指導教員から研究の進捗状況と成果を質問され、成果がないと判断されれば解雇され、博士課程を去らなければいけません。指導教員も博士課程の学生を雇用し、研究を進めるために必死に研究費を集めます。そのため、学生に対しても研究成果とコストパフォーマンスを強く要求します。指導教員たちは研究費獲得のために国や企業との連携を積極的に推進しています。きびしい一方で、米国の博士課程では入学後のサポート体制が充実しています」。

「そして、研究は究極のチームプレーであり、年齢・国籍にかかわらず、学生、現場エンジニア、教授陣が助け合い、困っていても必ず助けてもらえる、また助けられたら今度は自分が助ける方にまわる、という良い循環をつくり上げることで良い研究ができるということを学びました。私はこの経験を生かし、さまざまなバックグラウンドや研究歴を持つ人々と協力し、良いチーム環境をつくり上げ、チームをまとめる人間として頼られる研究者になり、将来のサステナブルなエネルギー供給・航空輸送の実現に貢献したいと思います」(松永助教)。

工作機械技術の高度化、工作機械産業の発展に寄与する助成プログラムを実施

公益財団法人 工作機械技術振興財団

近年、日本においても民間の助成型財団の設立がさかんとされている中で、公益財団法人天田財団は塑性加工およびレーザープロセッシングの研究分野でさまざまな助成活動を行っている。1987年の財団創立から36年間の累計助成件数は2,234件、累計助成総額は39億8,807万円となっている（2024年3月段階）。

小誌では今号から、当財団のような助成事業を主体に活動する公益財団法人にうかがい、財団発足の経緯やどんな助成プログラムで活動しているかなどを紹介する「助成型公益財団巡り」を連載する。

第1回は「公益財団法人工作機械技術振興財団」でお話をうかがった。



公益財団法人工作機械技術振興財団の箕澤武夫専務理事（中央）、矢澤孝二事務局長（左）、事務局の高嶋恵美子さん（右）

1979年7月に業界の振興を目的に設立

公益財団法人工作機械技術振興財団は、工作機械に関する学術および科学技術の振興を目的として、(株)牧野フライス製作所の創業者・牧野常造氏らの寄付により、1979年7月17日に通商産業大臣（現・経済産業大臣）の許可を得て、「財団法人工作機械技術振興財団」として設立された。2012年には内閣総理大臣から公益法人への移行認定を受け、同年5月1日より「公益財団法人工作機械技術振興財団」となった。

業界の背景と財団設立の経緯

1960年代に入って日本の工作機械産業は成長期に入り、欧米のコピーから脱却、日本発のオリジナル技術が発展した。1962～1963年にはNC（数値制御）工作機械が、1965年にマシニングセンタが発表され、産業界は大きく発展した。そして、NC工作機械分野で日本は、圧倒的な競争力を持つようになった。1982年には日本の工作機械生産

高が世界トップとなり、2009年に中国に抜かれるまで世界1位を維持し続けた。

そんな中で、日本の工作機械産業の成長と発展を支えるため、工作機械技術の研究・開発を行う研究者への支援を行う、助成型財団の設立を牧野常造氏を中心となって計画。通商産業省（現・経済産業省）、機械振興協会、日本工作機械工業会などの支援を受けて、1979年7月に設立された。

切りくずを出す工作機械分野を対象に

箕澤武夫専務理事は同財団の成り立ちについて、次のように説明している。

「財団設立の目的は主に、切りくずを出す切削・研削・電気加工・レーザー加工などの工作機械の開発、生産、利用に関する基礎的・応用的な技術の開発に係る助成を通じて、工作機械の品質・性能の向上、生産および利用の改善や合理化にたずさわる研究者・技術者の養成に寄与することにより、機械産業の健全な発展に資し、国民経済の発展に寄与すること、としています」。

「設立に際しては、(株)牧野フライス製作所・牧野常造氏が保有していた同社の株式、89万3,000株を財団に寄付。賛同者からの寄付金もあり、それらの浄財を基本財産に、株式配当金を資金として助成事業を行っています。景気の変動による業績の変動がありますが、株式配当金をメインに年間7,000万～8,000万円の予算で助成事業を行っています」。

マザーマシンとして担う役割は大きい

「最近では気候変動対策、新型コロナウイルスなどの感染

症対策、ウクライナ危機をはじめとした地政学的リスクなどの課題が次々として出てきて変革期をむかえています。工作機械にも『持続可能性』や『環境配慮』が求められるようになってきました。その推進には、AIをはじめとしたソフトウェアとともに、『人と協働する』機械・ロボットが必要となっています。『機械の“母”（マザーマシン）』である工作機械の担うべき役割は、ますます重要になっています」。

「当財団は工作機械技術の高度化のため、新技術の研究開発プロジェクトの発掘・支援、人材育成に助成することにより、工作機械技術の向上と工作機械産業の発展に寄与することを目指しています」（箕澤専務理事）。

助成事業として3つ事業を行う

定款によると、同財団では大きく分けて、「表彰事業」「試験研究助成事業」「国際会議支援事業」の3つの助成事業を行っている。

「**表彰事業**」では、学会など公的機関で発表された工作機械技術に関する論文の中から、学会からの推薦を受け、新規性・独創性・産業への応用性などを勘案し、優秀な論文に対し、工作機械技術振興賞として「論文賞」「奨励賞」の2種の賞を贈り、表彰している。また、財団設立40周年にあたる、「第40次（2019年度）募集」からは、工作機械技術に関わる人材の確保と指導、育成に優れた活動を行っている個人に対する「人材育成賞」を2年ごとに実施している。

「**試験研究助成事業**」では、大学、試験研究機関の学者、研究者などが行う工作機械技術に関する研究試験の促進をはかるため、工作機械の発展進歩に大きな貢献が期待できる試験研究に対して助成金を交付。また、その研究成果は試験研究報告書として工作機械技術関係者に配布している。試験研究助成事業は、大学や高等専門学校、公的研究機関および企業の研究者などを対象に公募する「試験研究A」。博士後期課程に在学中あるいは同課程に進学予定の学生を対象に公募する「試験研究B」。

斬新性・創造性に優れ、かつ、実用可能性、実用化のあとの波及効果および社会的貢献度が特に大きいと見込まれる「特別試験研究助成」の3つがある。

「**国際会議支援事業**」では、研究者・技術者の育成に寄与するため、工作機械技術に関する国際会議に関し、会議への参加、会議の開催のための支援として「海外国際会議参加支援」「国際会議開催支援」を行う。

2023年7月1日から2024年6月30日までの「2023年度事業」では、工作機械技術に関する試験研究などに対して継続的に助成を行うことを含め、「第45次」の表彰事業、試験研究助成事業、国際会議関連支援事業——などが計画されている。

財団の透明性の重視から企業色を消す

矢澤孝二事務局長は「設立当初から、当財団は牧野フライス製作所とはインディペンデント（独立した別組織）という考えで、財団名称にも企業名は入っていません。採択された研究者の中には、表彰式・助成目録贈呈式で初めてそうした背景を知ったという方も多いようです。また、研究助成の選考を行う選考委員には、牧野フライス製作所と利害関係のある人物は専任されません。在任中に利害関係が発生した場合には委員を降りていただくことになっており、財団の活動には牧野フライス製作所もコンプライアンスを重視していただいています」という。

工作機械が担う役割は、地味ではあるが経済活動には欠かせない。それだけに同財団の存在意義が、これからますます重要になっていくものと思われる。

今回取材を受けた理由について、箕澤専務理事は「助成対象領域は異なっているも、『日本のものづくり力の向上』という目的は一致しているさまざまな財団があります。天田財団さんもそのひとつです。これからは財団同士の横の連携を活発にして、助成プログラム、採択した助成案件の目的を共有して助成範囲、金額、期間を補完する必要性も検討していきたい」と語っている。



「第44回工作機械技術振興賞」の授賞式で撮影された記念写真

財団情報

財団名	公益財団法人 工作機械技術振興財団
理事長	安達 俊雄
専務理事	箕澤 武夫
事務局長	矢澤 孝二
所在地	東京都目黒区中根2-3-19
電話	03-5731-0709
事業内容	表彰事業、試験研究助成事業、国際会議支援事業
URL	https://www.kousakukikai-zaidan.or.jp/

「第36回優秀板金製品技能フェア」の 受賞作品が決定

職業訓練法人アマダスクールは、「第36回優秀板金製品技能フェア」の選考結果を発表した。同フェアは国内外の金属加工企業が製作した板金製品や作品を一堂に結集し、加工技術・技能を競う場として提供することで、優れた技術・技能を表彰するとともに、一般展示を通して板金加工技術・技能の交流と向上をはかることを目的に、毎年開催している。一般社団法人日本塑性加工学会が協賛、厚生労働省、経済産業省、天田財団などが後援する。

選考は、期間中に日本塑性加工学会会員、シートメタル工業会役員やAMADA Global Innovation Center (AGIC、神奈川県伊勢原市)を訪れた来場者やWebによるオンライン投票によって第1審査が、審査委員による第2審査が行われ、各賞が決定された。

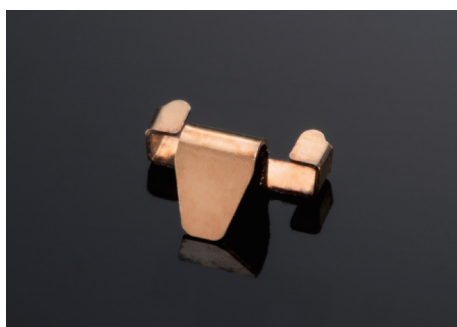
応募総数は281点(国内184点、海外97点)で、前回(第35回)の215点から30.7%増加した。

厚生労働大臣賞は(株)佐藤医科器械製作所(滋賀県)の「DNA～融合～」、経済産業大臣賞は(株)アイキ(大阪府)の「ナビ、リレー」がそれぞれ受賞した。

神奈川県知事賞はナサ工業(株)(福岡県)の「不落のバランス」、中央職業能力開発協会会長賞はリョーユウ工業(株)(福岡県)の「瓢箪ランプシェード」、日刊工業新聞社賞は(有)山内エンジニアリング(神奈川県)の「車両用ラジエーターアッパー試作品」、日本塑性加工学会会長賞は(有)原プレスエンジニアリング(神奈川県)の「厚板の丸め成形品」、海外最優秀作品賞はA.S.C.Franchi Laser S.n.c.(イタリア)の「CARP」が受賞した。



厚生労働大臣賞を受賞した(株)佐藤医科器械製作所(滋賀県)の「DNA～融合～」(W107×D107×H110mm)



経済産業大臣賞を受賞した(株)アイキ(大阪府)の「ナビ、リレー」(W2×D2×H2mm)



日本塑性加工学会会長賞を受賞した(有)原プレスエンジニアリング(神奈川県)の「厚板の丸め成形品」(W90×D26×H26mm)

2023年度後期助成先が決定

天田財団は、**2023年度後期**の「国際交流助成」「技能検定受検手数料助成」の助成先を決定した。

「国際交流助成」の**助成先総数は20件、助成金総額は1,199万円**となった。2023年度前期に採択した研究開発・国際交流助成を含めると、2023年度の助成先総数は126件、助成金総額は2億7,255万円。1987年の創立から36年間で、累計助成先件数は2,234件、累計助成金は39億8,807万円となった。

「技能検定受検手数料助成」の**助成先人数は285名(92団体)、助成金総額は514.1万円**となった。後期の対象職種は「工場板金」「金属プレス加工」。2023年度前期助成先を含めると、2023年度の助成先総数は365名(117団体)、助成金総額は670万円。2019年後期の助成開始以来の累計助成者数は1,855名(607団体:1,852名、個人:3名)、助成金総額は3,103.8万円となった。

詳細は天田財団のWebサイトを参照のこと。

元代表理事理事長・岡本満夫氏を偲んで

公益財団法人天田財団において、2015～2020年の3期6年代表理事理事長を務められた、元(株)アマダ会長・社長・名誉相談役の岡本満夫氏が2月16日に亡くなりました。享年80歳でした。

氏は、東京都出身。1968年に明治大学工学部を卒業後、1972年に(株)アマダに入社。2003年に社長に就任され、アマダ社長兼最高経営責任者（CEO）など、17年間にわたって経営の重責を果たされました。当財団との関わりでは、2002年から1期2年、2011～2014年の2期4年を評議員としてご支援いただき、2015～2020年の3期6年は代表理事理事長としてご指導いただきました。

財団設立の1987年から30年の長きにわたって、評議員や理事として財団運営に携われた東京大学名誉教授で、木内研究室の代表でもある木内学様（元天田財団理

事）に、氏の印象を語っていただきました。



「2019年度助成式典」で目録を贈呈する岡本満夫元代表理事理事長（右）（左は電気通信大学・久保木孝教授）

◆ 追悼メッセージ 東京大学・木内学名誉教授

岡本氏と直接お話しするようになったのは、私が本財団の理事と研究助成選考委員長を務めていた2016年頃からです。独特の風貌を備えておられ、なぜか私は歴史小説に描かれている源義経・四天王のひとり、伊勢義盛を連想しました。こわもてにもかかわらず、話をしていく中で時々見られる笑顔が印象的でした。戦国武将には、合戦に臨んで先頭に立って率先垂範するタイプと、後方に陣取って指揮するタイプがありますが、氏は率先垂範の謙信型だと思いました。判断力、決断力、実行力、強いリーダーシップなどの素養をすべて備えた方でした。

氏の社長在任中、日本ではバブル崩壊、グローバル化、製造拠点の海外流出、技術移転がもたらした近隣諸国からの低価格品の流入などが、国内産業の疲弊につながり、結果、デフレが進行。さらに、バブル後遺症による社会的・経済的混乱によりデジタル技術の広範かつ爆発的な進展に乗り遅れ、その結果、日本の製造業の技術的優位性の喪失など、幾重にも重なった課題が襲いかかってきました。かかる状況に直面して、多くの経営者が、低賃金国での製造に依存したコストカットという見かけ合理化に走り、苦しい技術革新や製品開発を回避してきました。

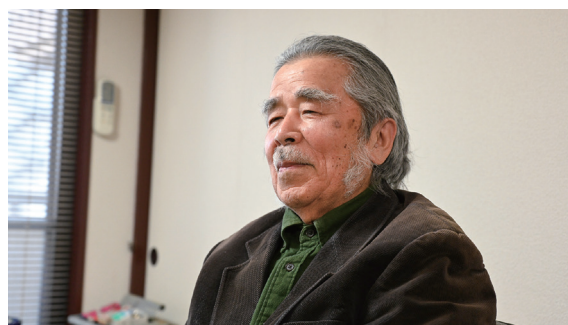
しかし、氏は、このような時期でも、自前の技術開発に徹底してこだわり、強力な指導力により(株)アマダをあるべき方向へ牽引されました。特に、レーザ加工技術の拡充・拡張には全力を挙げて取り組まれ、多くの関連製品の開発にも成功されました。結果、氏は、板金加工機械・システムのメーカーとして、(株)アマダを文字どおり世界のトップ

企業に育てあげられました。まさに、「アマダ中興の祖」と申し上げてしかるべきかと思います。

氏は、当財団が助成した大学・公設機関における研究成果の普及啓発にも力を入れてこられました。一時期は九州や北陸で、地元の金属加工企業や大学などと連携した講演会や交流会の開催に尽力されていました。当財団は公益団体であるため、氏は、そうした活動を通じて産学連携のネットワークを広げるという強い使命感と意志をお持ちでした。

最後に、私事に関わりますが、私が当財団の理事を退任する際には「卒業式」という名目で祝宴を開いていただきました。大変目配りの温かいお人柄であったと、ありがたい、印象深い思い出となっています。

今回思いがけず、氏のご逝去の報に接し、“一代の英傑去る”の念を深くしました。心よりご冥福をお祈りいたします。



岡本満夫氏について語る、東京大学・木内学名誉教授（元天田財団理事）

2024年度助成先の募集について

「研究開発助成」「国際交流助成」

塑性加工およびレーザープロセッシングに関する研究開発や国際交流に助成を行う。助成金の総額は「研究開発助成」が2億7,000万円、「国際交流助成」が2,000万円。募集開始は5月7日を予定している。

研究開発助成では、今回より「重点研究開発助成」と「一般研究開発助成」、および「重点研究開発助成」と「奨励研究助成(若手研究者)」の重複申請が認められる。また、国際交流助成の「国際会議等参加助成」では従来の旅費に加えて「会議参加費」を別枠で助成する。

「技能検定受検手数料助成」

厚生労働省の実施計画に基づき、都道府県が実施する国家検定である技能検定の「工場板金」「金属プレス加工」「非接触除去加工(レーザー加工作業)」の技能検定受検手数料の助成を行う。2024年度の助成金の総額は前期・後期合わせて1,200万円。募集期間は前期は4月1日～8月31日、後期は10月1日から開始する予定だ。

各助成の詳細は天田財団のWebサイト(<https://www.amada-f.or.jp/>)で公開する募集要項を参照のこと。

2024年度の行事予定

1. 公共展への参加

OPIE'24

日程：2024年4月24日～26日
会場：パシフィコ横浜

レーザーソリューション2025

日程：未定
会場：未定

2. 助成研究成果発表

第7回 レーザプロセッシング助成研究成果発表会

日程：2024年4月24日
会場：パシフィコ横浜
※OPIE'24の公式イベントとして開催

第21回 塑性加工助成研究成果発表会

日程：2024年5月16日
会場：国立オリンピック記念青少年総合センター

3. 助成事業

2024年度助成式典

日程：2024年11月30日
会場：AMADA FORUM

2024年度研究開発・国際交流助成

募集期間：2024年5月7日～7月31日

令和6年度 技能検定 受検手数料助成

前期募集：2024年4月1日～8月31日
後期募集：未定

編集後記

遅ればせながら、このたびの令和6年能登半島地震により犠牲となられた方々に、謹んでお悔やみ申し上げますとともに、被災された皆さまに心よりお見舞い申し上げます。この編集後記を書いておりますのは3月12日ですが、昨日11日はテレビなどで13年前の東日本大震災の特集が生まれ、今朝の新聞にも多くの記事が掲載されていました。地震の復興にはこのように長い時間がかかるものだとあらためて思い知らされるところで、被災地域の日も早い復興を願ってやみません。

さて、「天田財団ニュース2024春号」をお届けします。春号では「重点研究開発助成」に採択された先生方の研究室を訪問し紹介することが恒例ですが、2023年度助成では「重点研究開発助成」の採択は残念ながら3件しかなく、「天田財団ニュース」のページ数を削減するかと思っていたところ、財団役員から女性研究者を紹介するよう要望があり、いつもどおり6つの研究室を訪問させていただくこととなりました。

また、近頃、当財団はほかの助成財団との交流・情報交換の機会を重視していることから、今回初めての事例として「公益財団法人工作機械技術振興財団」様を取り上げました。

さらには当財団の元理事長の逝去について東京大学・木内学名誉教授(元当財団理事)よりお悔やみの言葉を頂戴し掲載することとなりました。取材にご対応いただきました皆さま、ありがとうございました。

3月9日に開催しました理事会により、2024年度の助成内容が決定いたしました。助成金予算総額も増額となりましたが、「重点研究開発助成」と「一般研究開発助成」／「奨励研究助成(若手研究者)」の重複申請を可とする(採択はいずれか1つまで)。「国際会議等参加助成」について参加費を別枠で追加するなどの変更がありますので、募集要項が公開されましたらぜひともご応募ください。お待ちしております。

(事務局 鈴木)

今回の表紙

②

③

①「2023年度助成式典」で、天田財団・伊藤克英代表理事(右)から助成金目録を贈られた京都大学・下間靖彦准教授(左)／②2023年11月25日にAMADA FORUM(神奈川県伊勢原市)で開催された「2023年度助成式典」の様子。会場には研究者など149名が参加した／③助成式典の後に開催された交流会の様子。助成採択者や財団関係者をはじめ多くの参加者で賑わった