

天田財団 ニュース

2026 Spring | No.20

02 | 「2025年度助成式典」を開催

天田財団役員インタビュー

04 | 理化学研究所 放射光科学研究センター グループディレクター 平等 拓範 氏

09 | 2025年度後期助成先が決定／
「優秀板金製品技能フェア」結果発表

研究室訪問

10 | 理化学研究所 放射光科学研究センター 基盤開発チーム 佐藤 庸一 博士

12 | 大阪大学大学院 工学研究科 吉川 洋史 教授

14 | 広島大学大学院 先進理工系科学研究科 岡本 康寛 教授

16 | 熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター 顧少杰 助教

18 | 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 松宮 久 助教



「2025年度助成式典」を開催

若手人材や産学連携への支援に注力した事業を推進

助成114件・2億8,322万円を採択

天田財団は2025年11月29日、AMADA FORUM（神奈川県伊勢原市）で、2025年度の助成金採択者に助成金目録を贈呈する「2025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、来賓など167名が参加した。今回採択された助成件数は114件・2億8,322万円で、このうち「研究開発助成」は85件・2億6,221万円、「国際交流助成」は29件・2,100万円となった。これにより財団設立から38年間の助成の累計は2,473件・45億7,578万円となった。

ともに「人を育て、知を拓き、未来を創る」

冒頭で主催者の天田財団・磯部任代表理事理事長（アマダ代表取締役会長）が「日本の研究環境は大きな転換期にあり、技術の急速な進展と国際競争の激化に対して、研究現場は複合的な課題に直面しています。たとえば競争的資金の獲得が難しく、若手研究者が中長期的に挑戦できる環境を確保しづらくなっています。また、工学系の応用研究は論文数などの定量指数で評価されにくく、社会実装に時間と人材を要するため、短期的指標に反映されにくいという構造的な問題もあります。日本では博士号取得後のキャリアが不安定で、人材流出や技術シーズの減少にもつながっています。また、研究室のシーズと現場ニーズをつなぐ機能が弱く、社会実装の障害になっています」。

「天田財団ではこうした課題に対し、次の3点に注力し

た支援活動を行っています。1つ目は『安定的な研究環境の提供』で、若手研究者が自由な発想を試し、知見を深める期間を確保することが重要だと考え、助成に『若手研究者枠』を設けています。2つ目は『実装思考の評価』で、研究論文としての価値だけでなく、社会実装の可能性や企業ニーズとの整合性、技能継承も評価に組み込んでいます。3つ目は『産学連携の場の提供』で、産業と研究をつなぐ場として助成研究成果発表会を開催し、研究室のシーズを天田財団ニュースとして産業界へ発信しています」。

「今回助成を受けられたみなさまに、お願いしたいことが3つあります。1つ目は『長期的な視点を持って、研究に取り組んでください』——短期指標だけでなく、継続的な研究課題を設定して深い成果を目指してください。2つ目は『常に現場と対話してください』——製造現場のニーズに耳を傾け、技術の社会実装を意識した研究設計を行ってください。3つ目は『後進の育成に努めてください』——研究室の技能や知見を次世代へつないでください。天田財団はみなさまの挑戦を全力で支援していきたいと考えています。ともに人を育て、知を拓き、未来を創りましょう」と挨拶した。

持続的に発展させるための技術のシーズへ

来賓祝辞では、アマダ・山梨貴昭代表取締役社長執行役員が「私たちを取り巻く社会環境は、地球規模での環境問題や急速な労働力不足、それを補うように加速するAIやロボットの共生、デジタル技術による生活・ビジネススビー



助成式典の冒頭で主催者挨拶を述べる天田財団・磯部任代表理事理事長（アマダ代表取締役会長）



来賓として助成を受けた研究者たちに向けた祝辞を述べるアマダ・山梨貴昭代表取締役社長執行役員



来賓の文部科学省 科学技術・学術政策局・井上睦子科学技術・学術総括官によるビデオメッセージも公開された

ドの加速など、直面する社会課題に対してさまざまな技術が生み出されてきています。モノづくりの世界もそうした技術を取り入れた、持続可能な社会の実現に向けた変革が求められます。アマダグループでは加工機械の提供だけでなく、常に生産性や加工精度の向上を考慮し、環境負荷低減、高効率を重視した新商品の開発を進めるとともに、DXやAIを駆使したサービス体制の強化、あらゆる場面に対応するモノづくりへの支援ビジネスの展開など、お客さまをサポートする活動にこれまで以上に注力していきます」。

「しかし、このような変革と挑戦を実現し、未来を切り拓く技術を生み出すには、企業の独力だけでは限界があります。そこで本日もご列席のみなさまの研究がキーになります。みなさまが取り組まれている研究が革新的なブレークスルーを生み出し、社会の持続可能性を高めるための素晴らしい技術のシーズとなることを心から期待しています」と述べた。

官民が連携した支援で相乗効果を生む

来賓の**文部科学省 科学技術・学術政策局・井上睦子 科学技術・学術総括官**はビデオメッセージで、「天田財団様は設立以来、研究助成や人材育成を継続してきました。文部科学省としても天田財団様のこうした取り組みは科学技術イノベーションや経済・産業競争力を高めるうえで非常に重要であり、心強く感じています。中には基礎研究など、公的資金では支援しにくい重要な研究も存在します。公的資金と民間支援が補完し合うことで相乗効果が生まれ、官民投資の拡大が期待されます。さらに、技術や人材の育成も日本の競争力の源泉になると考えています。助成を受けられたみなさまには、今回の採択を励みに力強く研究を進めていただきたい。同時に産業界や地域社会、ほかの研究者との対話を深め、日本発の新たな加工技術やモノづくりの価値創出につなげてほしい。そして後進のロールモデルとして活躍されることを期待しています」と語った。

新たな知見が生み出されることに期待

天田財団・光石衛評議員（東京大学名誉教授、日本学術会議会長）は「今年度は研究開発と国際交流の助成金として、247件・7億5,472万円の申請があり、厳正なる選考の結果、このうち114件・2億8,322万円を採択いたしました」と総評を述べた後、「研究は一筋縄ではいかないことが多く、成功ばかりとは限りません。むしろ9割方は上手いかなと感じています。しかし、失敗することも貴重な情報です。ここにいらっしゃるみなさまの活動によって、製造業における新たな知見が生み出されることを期待いたします」と研究者に向けてエールを送った。

助成金目録贈呈式では、採択された研究者一人ひとりに磯部代表理事理事長から、助成金目録が贈呈された。

招待講演会では、2021年度「重点研究開発助成」の中から**鳥取大学・松野崇教授**が「中Mn超高張力鋼のLüders変形時における局所応力の計測」、**産業技術総合研究所・ゼリーン・ダニエラ主任研究員**が「均質な脂質-タンパク質構造のハイスループット生産に向けたフェムト秒レーザープロセス開発」と題した研究成果報告を行った。

その後は会場を移して交流会が行われた。はじめに**職業訓練法人アマダスクール・泉井宏之常務理事**が「研究者一人ひとりの優れた研究が、研究者同士の連携によってさらに深化し、高次の研究へ発展することを期待しています。天田財団の成果発表会や助成式典、交流会はそうした連携を促す重要な機会であり、分野を超えた対話と協働の貴重なプラットフォームだと考えています。ぜひこうした機会を活用いただき、交流を深め、新たな価値創出につなげていただければさいわいです」と乾杯の挨拶を行った。

交流会には助成式典出席者の多くが参加し、分野を超えた交流や情報交換が行われた。過去に助成を受けた研究者からは、「天田財団の助成は金額が大きく、多様な研究を支援いただけるのでありがたい」との声も聞かれた。



今回の助成に関する総評を述べる天田財団の光石衛評議員（東京大学名誉教授、日本学術会議会長）



ユーモアを交えながら研究成果を発表する鳥取大学の松野崇教授



英語で研究成果を発表する産業技術総合研究所のゼリーン・ダニエラ主任研究員

産業・医療分野での実用化が期待される 小型集積レーザーの研究開発

科学や技術といったイノベーションの進歩が、
生活を便利で豊かにする

理化学研究所 放射光科学研究センター グループディレクター 平等 拓範 氏
(分子科学研究所 社会連携研究部門 特任教授／天田財団理事)



2023年7月から天田財団の理事を務める平等拓範氏は、理化学研究所(以下、理研)放射光科学研究センター 先端放射光施設 開発研究部門 レーザー駆動電子加速技術開発グループのグループディレクターとともに分子科学研究所(以下、分子研) 社会連携研究部門の特任教授を兼務している。光の波長と同程度のマイクロオーダーで物質・材料の性質を制御する『マイクロ固体フォトンクス』の研究を通じ、光と物質の相互作用にかかる基礎知見を小型集積レーザーへと応用。新市場の創出をとまなう社会実装により、豊かな未来の実現への貢献を目指している。

1990年頃に提案されたマイクロチップレーザーは、小型化による高性能化に成功したものの多くの制約を抱えていた。これに対し、マイクロ固体フォトンクスに基づく小型集積レーザー(TILA: Tiny Integrated Laser)は、高出力なパワーレーザーや高性能固体レーザーのウェハプロセスによる製造を可能にした。チップサイズで数十メガワットは達成しているので、将来的にはギガワット級の出力を実現し、低価格化とともにモバイル・ユビキタス環境への対応も視野に入れている。メンテナンスフリーで信頼性が高く、安定して活用できることから産業・医療分野での実用化が期待できる。

2019年4月には分子研と民間企業で、研究成果の社会実験を行うための「TILAコンソーシアム」が発足、現在は37団体の企業などが参加している。

今回は平等先生にTILA開発の現状と将来、実用化の可能性について話をうかがった。

■セラミックレーザー技術と原子レベル接合を組み合わせる

——平等先生はレーザーの小型化による性能向上を研究されています。研究の進捗についてお聞かせください。

平等拓範先生（以下、姓のみ） ミクロン単位で性質の整った物質の集合体『(マイクロ)ドメイン』を高精度に制御することで、物質に新たな光機能を発現させ、周期化による強調効果やマイクロ共振器による共鳴効果を通じた、高コヒーレントかつ高輝度な光発生が可能となります。

さらに、セラミックレーザー技術と原子レベル接合技術を組み合わせ、従来不可能だった性能向上を実現する研究が進行しています。これは、真空環境下で高速原子ビームを照射して材料表面を活性化させ、接着剤を使わずに異種材料を室温で直接接合する技術です。この技術によりサファイア（ Al_2O_3 ）とネオジウムヤグ（Nd:YAG）といった、従来困難とされていた異種材料の接合を可能としました。これらの物質・材料研究成果として、まずは、マイクロチップレーザーによる世界初の自動車エンジン点火装置が実証されました。

また、真空紫外（波長118nm）からコヒーレンス長に合わせたマイクロドメイン分極制御、および擬似位相整合（QPM）による大口径非線形素子の開発にも成功。これにより、中赤外領域（11 μm ）からテラヘルツ波（0.1～0.8mm）に至る広帯域な高効率波長変換を実証しています。

近年では、中間層を介した室温での表面活性接合（iL-SAB）に成功したことで、一体型多層ディスクレーザー構造が実現でき、さらなる可能性が広がりました。この接合技術による分布面冷却（DFC）多層チップや、高性能マイクロチップレーザーの構築により、さらなる高出力・高強度レーザーの実現が期待されます。

■YAG結晶をサファイア基板ではさんだ多層構造を形成

——従来は不可能だった材料同士を接合した新材料レーザーセラミックスについてももう少し詳しく教えてください。

平等 2016年に、Ndイオンを添加したYAG（イットリウム・アルミニウム・ガーネット）とサファイアを交互に接合したチップによる小型レーザーを開発しました（論文は2017年に発表）。通常、YAGは低輝度なランプや半導体レーザー（LD）などを励起光源としてそのエネルギーを束ね、高輝度なレーザー光へと変換します。しかし、励起光のすべてがレーザー光に変換されるわけではなく、変換されなかったエネルギーは熱として蓄積されます。高出力化の際、この熱によって結晶が摂氏200度を超える高温に達すると、発振が不安定になり、最終的に熱破壊に至るといった課題がありました。

そこで、YAGの結晶を0.5～1mmほどの薄さに切り、放熱性に優れたサファイア基板ではさんで多層化する構造を実現。冷却効果を飛躍的に高めることで、安定したレーザー発振を可能にしました。デバイスは数mm角×15～20mmと極めて小さく、モジュール全体も手のひらに収まるサイズです。出力は20mJ（ピークパワーで70MW）。多層化しない場合の良好な特性（約3mJ/同5MW程度）を大きく上まわります。2001年頃の初期のチップは出力272 μJ （同16kW程度）でしたが、当時から宇宙実験での活用を打診され、企業への技術移転も行いました。現在は当時比で出力を3ケタ向上させており、固体レーザーの『小型集積化による高性能化』をさらに発展させるべく、研究を続けています。

——レーザーの小型化の目的は何ですか。

平等 従来の大型レーザー装置は、動作が不安定で故障も多く、頻繁なメンテナンスを要するため、使用場所が限定されていました。しかし、レーザーの小型化技術によって、かつては大型装置でしか得られなかった高出力を手のひらサイズで実現。いつでもどこでも誰でも使える『ユビキタスレーザーシステム』を構築することで、新たな価値創造と破壊的イノベーションを可能にします。

■レーザーピーニングとレーザーフォーミング

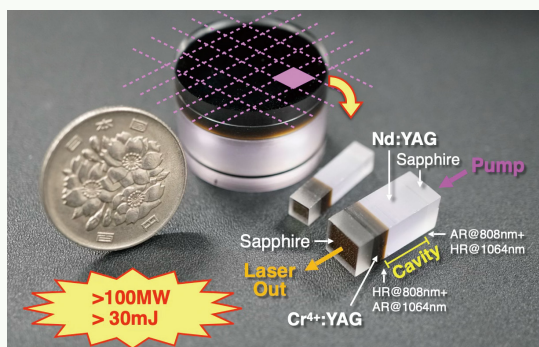
——改めて、平等先生がこれまで取り組んできた研究による具体的な成果をご紹介します。

平等 具体的な応用例として、先程も触れた自動車エンジンなど内燃機関のレーザーエンジン点火装置が開発されています。これは、バッテリー駆動で数MWを超えるジャイアントパルスが発生可能なマイクロレーザー（共振器長10mm）であり、コージェネレーションや宇宙ロケットエンジンの強力点火光源としても期待されています。

また、レーザーピーニング（レーザー衝撃による表面改質・高強度化）*においても顕著な成果があります。これは、高出力パルスレーザーの照射によって材料表面に圧縮残留応力を形成し、機械強度を飛躍的に高める技術です。疲労寿命の延長に高い効果があるため、過酷な環境下で使用されるジェットエンジンの長寿命化などに利用されてきました。

従来、この装置は大型で設置場所が限定されるため、現場作業が必要な航空機メンテナンスや橋梁などのインフラ点検への適用は困難でした。しかし、パルス幅を従来より1ケタ短縮した小型レーザーを活用したところ、パルスエネルギーが1ケタ低くとも、同等以上のピークパワーにより、従来以上のピーニング効果が得られることを発見しました。特にサブナノ秒領域では水のブリリユアン散乱を回避できるため、より効率的な施工が可能になります。

*記事最後のQRコードから、試験片のレーザーフォーミング加工の様子を動画で閲覧できます。



平等先生らが作成した数十メガワット出力のDFC(分布面冷却)構造の小型集積レーザー



小型集積レーザーを使ってレーザーフォーミングで曲げ成形したアルミ部品



レーザーフォーミングで加工された製品サンプル

さらに、DFC(分布面冷却)チップにより出力を数Jまで増幅可能なことから、金属表面のピーニングやフォーミングに加え、自由電子レーザーや放射光源の小型化に寄与するレーザー加速、さらには核融合関連の光源など、多岐に渡る展開が期待されています。

加えて、福島廃炉加速プロジェクトにおいても、燃料デブリ分析のためLIBS(レーザー誘起ブレイクダウン分光)への適用を検討中です。超小型かつメガワット出力の本レーザーは、物質を瞬時にプラズマ化させ、その発光から組成を推定できます。この小型・高出力という特性は宇宙探査にも優れており、月、火星などの惑星資源探査への活用も期待されています。

一方、地球規模の課題解決に向けた国土情報の取得を目的とする衛星ライダーの光源としてJAXAからも期待を寄せられているほか、量子コンピュータ(特に中性原子型)における原子トラップやリユードベリ(Rydberg)状態の制御においても極めて有望な光源とされています。

■医療診断機器への応用も進行中

——医療分野への応用についてはいかがでしょうか。

平等 癌組織のイメージングを可能とする次世代MALDI(マルデイ)など、医療診断機器への応用も進行中です。また、われわれのみの成果ではありませんが、先鞭をつけたNd:YVO₄レーザーは現在広く普及しており、電子部品・半導体、精密機械・金属加工、医療・美容、さらには理化学・光学研究へと展開しています。分子研においてもTiサファイアレーザー励起光源として定着しています。Ybレーザーやセラミックレーザーも同様で2000年以降、これらの新奇材料は世界的にも広く使われるようになりました。

このような背景から、Ybレーザー、セラミックレーザー、マイクロチップレーザー、バルクQPMといった『マイクロドメインの制御』と、そこから発現する光機能、さらにはこれらによる高性能レーザーについて、包括的な議論を行う『マイクロ固体フォトニクス研究会』を設立いたしました。大学、公

的研究機関、企業という垣根を越え、みなさまとともにこの国際的なネットワークを構築できたことこそが、最も意義のある成果だと確信しています。

■小型集積レーザーコンソーシアムの活動

——2019年に「小型集積レーザーコンソーシアム」(TILAコンソーシアム)が発足、新たな研究の創出と研究成果の社会実装を目指していらっしゃいます。

平等 TILAコンソーシアムに入会し、分子研の社会連携研究部門を支援いただくことで、小型集積レーザーに関する多様な優遇措置を受けられます。近年、小型集積レーザーの高性能化により、固体レーザーは極めて精密な計測を可能にする光源であるとともに、極限的な物質操作の道具としても期待を集めています。このような状況に鑑み、社会連携研究部門では今後、先端的な固体レーザーおよび光科学の研究開発を対象とした基礎研究をベースに、産学官の共同研究を推進してまいります。

TILAコンソーシアムは、産学官を交えた超小型レーザー技術によるイノベーション拠点として分子研 社会連携研究部門 平等研究グループに連携し設置されました。同グループが推進する企業などとのイノベーションを支援しており、民間企業などからなる一般会員と、幹事会員である分子研によって構成されています。会員企業は、社会連携研究部門との共同研究や、分子研の上位組織である自然科学研究機構が所有する知的財産の実施に関する優遇措置に加え、同部門が蓄積したデータの提供や技術相談を受けることが可能です。また、部門の運営方針策定にも参画いただけます。年会費は1口30万円。これまでに37社の企業などに参画いただいております。

■レーザー駆動電子加速器システムの研究

——平等先生の所属する「レーザー駆動電子加速技術開発グループ」では、どのような研究をされていますか。

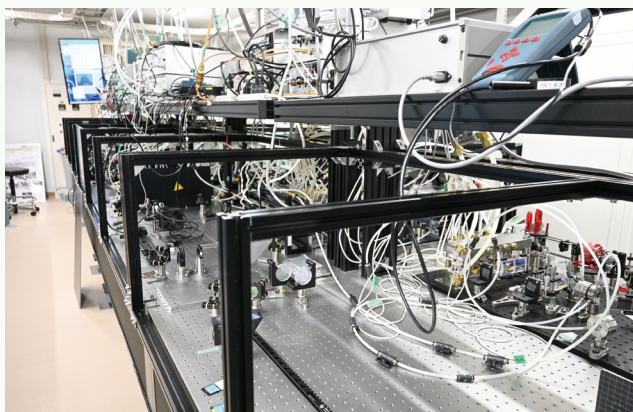
平等 レーザー駆動電子加速技術開発グループは、小型

・高安定なレーザー駆動電子加速器システムの研究開発、およびそれに必要な要素技術の開発を通じて新たなX線光源を開拓します。具体的な要素技術として、安定性の高い(リピータブルな)高エネルギーレーザー加速器の実現を目指しています。プラズマ制御技術を駆使したプラズマ光学素子を開発し、GeV級マルチステージレーザー加速器の開発へとつなげていきます。同時に、レーザー駆動XFEL(X線自由電子レーザー)や超高速電子イメージングなど、レーザー加速による高エネルギー極短パルス電子ビームの利用研究開発も推進してまいります。

——GeV級マルチステージレーザー加速器とは何ですか。

平等 GeV級マルチステージレーザー加速器は、高強度レーザーとプラズマを利用し、従来の巨大な加速器を数mから数十m程度の「卓上サイズ」に小型化することを目指す、次世代の粒子加速技術です。ペタワット(PW)級の超短パルスレーザーをプラズマ中に集光すると、レーザーの圧力によってプラズマ電子が排除され、その後に巨大な航跡場(ウェイクフィールド)が発生します。この航跡場に電子を乗せることで、従来の加速器(RF空洞)の1000倍以上に達する極めて強力な加速電場(GV/m級)での加速が可能となります。

また、現在の加速器で使われているマイクロ波に代わり、より波長が短いテラヘルツ(THz)波を用いることで加速勾配をさらに高める手法も検討しています。加速管を金属から誘電体に置き換えることで絶縁破壊を防ぐ『THz-DLA(Terahertz Dielectric Laser Acceleration)』についても、着実に成果が得られつつあります。これらの技術は理研の大型放射光施設『Spring-8』(詳細URL:<https://new.spring8.or.jp/index.php/2020-12-21-05-29-40/spring-8>)、およびX線自由電子レーザー施設『SACLA』の小型化やさらなる高度化を可能とする将来技術として、鋭意研究を進めています。



レーザー加速のための5J、8.5GWレーザー装置

■科学や技術の進歩が生活を豊かにする

——平等先生のこれまでの経歴について教えてください。

平等 私は福井県鯖江市にあるバスの終点よりもまだ奥の場所で育ちました。当時は中学卒業後、約半数がすぐに働き始めるような環境でした。家ではお釜や囲炉裏を使い、風呂を沸かすためにも学校から帰るとまず薪割りをしなくてはいけませんでした。それからプロパンガスが導入され、囲炉裏も高校生の頃に閉じられ、電話が開通するといった変化もありましたが、洗濯だけは依然として母たちが家の前の川で洗濯板を用いて行っていました。その後、大学進学を経て帰省した際、家に電気洗濯機があるのを見て大変驚いたことを覚えています。こうした経験を通じて、科学技術の進歩がいかに私たちの生活を便利で豊かに変えるかを肌で感じながら育ってきました。

1985年に福井大学大学院 修士課程を修了し、同年4月に三菱電機に入社。北伊丹のLSI研究所でマイクロコントローラーなどCPU関連の研究に従事した後、坂村健先生(現・東京大学名誉教授)をリーダーとする「TRONプロジェクト」に加わりました。しかし、日米半導体摩擦の影響により、優れた研究が政治的理由で困難に直面する状況を目の当たりにし、深く思うところがありました。1989年に同社を退社。福井大学 工学部の小林喬郎教授のもとで助手となり、専門を半導体・コンピュータからフォトニクス——特に地球環境計測のためのライダー研究へと転換し、再びアカデミアでの研究生生活を歩み始めました。

1993年には、文部科学省の長期在外研究員として米国のスタンフォード大学に10カ月滞在し、R.L.Byer教授の指導のもと、重力波干渉系の次世代光源としてYb:YAGレーザーの研究に着手しました。現在でこそ加工機などで普及しているYbレーザーですが、当時は三準位系のため室温発振は難しく、レーザーには不向きな材料とされていました。それでもなんとか発振に成功し、1994年の応用物理学会で



自作および依頼開発の常温接合装置



「Ybレーザーは、次世代の高出力レーザーになり得る」と発表した際、「ちょっと発振だけで次世代の高出力レーザーなんて言い過ぎだ」と手きびしい批判を受けたのも、今では懐かしい思い出です。

1996年12月には東北大学の伊藤弘昌教授のもとで学位（論文博士）を取得し、1998年2月、研究室を主宰すべく分子研の助教授（准教授）に着任しました。実は1994年から某企業とYbファイバーレーザーの共同研究を始めていましたが、分子研に着任した当時は発振が不安定でした。一方、セラミックYAGレーザーは当時は散乱が多く、レーザーとして未熟な材料でした。分子研でどのような研究を立ち上げるか考える中、某企業が共同研究の打ち切りを決断したことでセラミックレーザーに注力することにしました。2000年以降、ほかでもセラミックレーザーが研究され、米国のDARPA（国防高等研究計画局）が追試を開始したことで状況は一変し、世界中から研究者が参入。私たちが先駆けて研究してきたYbレーザー、セラミックレーザーが『主流』となったことで、むしろ独自性をどう打ち出すか、新たな模索が始まりました。

そのような中、G.Aka教授（現・パリ高等化学学校）より2006年にパリ第6大学から客員教授の機会を得て、またある研究所のサポートもあり、これまでと異なる視点から考察を深めることができました。幸いにもマイクロチップレーザー、Ybレーザー、セラミックレーザー、擬似位相整合（QPM）波長変換といったマイクロ固体フォトニクスの諸技術がX線やテラヘルツ波の発生、レーザー粒子加速へと展開する過程で、小型集積レーザーとしての革新が認められました。

2018年からは理研の放射光科学研究センターに新設されたレーザー駆動電子加速技術開発グループのグループディレクターに着任。2019年4月には分子研の社会連携研究部門および「TILA コンソーシアム」の設立に合わせ、現職となりました。

2026年3月末には長年お世話になった分子研の特任教授を退任し、4月から核融合科学研究所の特任教授として着任する予定です。所属は変わりますが、これからも仲間とともに研究をさらに発展させていきたいと考えています。

■自身の研究で「世の中に破壊的イノベーションをもたらす」という強い志を

——最後に、レーザー技術の研究をされている研究者へのアドバイスをお願いします。

平等 科学・技術の発展は、私たちの生活を便利で豊かなものにしてきました。そこには弊害もありますが、乗り越えることは可能だと考えています。

今の研究者に望むのは、「自分たちの研究で、世の中を良くする『破壊的イノベーション』をもたらす」という志を持つことです。変化は早く、注目の研究もあつという間に陳腐化します。だからこそ、最初は誰も注目しないような、困難で骨の折れる課題にあえて挑戦してほしい。一見遠まわりに見えても、地道な基礎研究から積み上げていただきたいのです。世間の評判が良い分野に惹かれがちなのは世の常ですが、今日の評価が明日も続くとは限りません。

私自身、2005年頃には進捗が著しかったファイバーレーザーへの再挑戦を検討したこともありましたが、しかし、マイクロチップレーザーにおいて簡潔な原理でメガワット級の出力が達成できたため、そちらに注力する道を選びました。また、短波長化の流れがフェムト秒からアト秒へと進む潮流を見込んだこともあり、最終的にファイバーレーザーに戻ることはありませんでした。これまで失ったものも多かったかもしれませんが、振り返れば得たことの方が遥かに多かったと感じています。もちろんケースバイケースですが、何が普遍的で何を変えるべきなのか、それを常に問い続けながら、大切な仲間とともに新たな挑戦をしてほしいと願っています。

また、昨今レーザー分野の研究者が減少していることも懸念しています。そうした意味でも、天田財団による若手研究者への助成事業には極めて大きな意義があります。『レーザーは海外から買ってくれば良い』との意見も耳にしますが、日本よりGDPや生産性の高い国々ほど、自国でのレーザー研究開発に心血を注いでいます。安易な輸入頼みの議論には強い不安を覚えます。天田財団には、これからも人材育成を通じた日本の技術基盤の発展に寄与されることを、切に願っております。

試験片のレーザーフォーミング加工の様子 [動画](#)
https://www.amada-f.or.jp/sc/amada_news2026s/
加工時の様子を動画で閲覧できます。



2025年度後期助成先が決定

「国際交流助成」は10件・776万円

天田財団は、2025年度後期「国際交流助成」の助成先を決定した。「国際交流助成」は、金属等の塑性を利用した加工およびレーザープロセッシングを利用した加工に必要な技術に関する国際交流に対する助成となっている。

今回は前期募集の追加公募で、塑性加工分野・レーザープロセッシング分野を合わせた2025年度後期の「国際交流助成」として**10件・776万円**の採択が決定となった。内訳は「国際会議等参加助成」の塑性加工分野が2件、レーザープロセッシング分野が2件。「国際会議等参加助成」(若手研究者)の塑性加工分野が3件、レーザープロセッシング分野が3件となっている。

これにより、前期に採択した「研究開発助成」「国際交流助成」を含めた2025年度の助成先総数は124件・2億9,098万円となった。1987年の創立以来の累計助成先件数は2,483件、累計助成金は45億8,355万円となる。

天田財団は**6月2日(火)**より、2026年度前期「研究開発助成」「国際交流助成」の公募を開始する。

「資格取得助成」は275名・527万円

天田財団は、2025年度後期「資格取得助成」(技能検定受検手数料助成)の対象者を発表した。後期助成の対象資格は、職業能力開発促進法施行令で指定され、都道府県職業能力開発協会が実施する国家検定である「工場板金」「金属プレス加工」「鍛造」となる。

2025年度後期「資格取得助成」の助成先人数は**275名(86団体:271名、個人:4名)**で、助成金総額は**527万円**となった。前期採択分を含めた2025年度通年の助成先は372名(118団体:368名、個人:4名)・701万円となった。2019年後期の「資格取得助成」開始以来の、「資格取得助成」累計助成先数は2,636名(850団体:2,629名、個人:7名)、助成金総額は4,567万円となった。

天田財団は2026年度前期「資格取得助成」の助成先を**4月1日(水)**から募集している。前期助成の対象資格は、「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)」となっている。募集詳細は天田財団のWebサイトをご確認ください。

「優秀板金製品技能フェア」結果発表

職業訓練法人アマダスクールは、「第38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や学生が板金加工やプレス加工により製作した作品を公募し、優れた技術・技能を表彰するとともに、一般展示を通じて技術・技能の交流と向上をはかることを目的としており、天田財団なども後援を行っている。

選考の結果、厚生労働大臣賞は(株)MMR技研(大阪府)の「無限螺旋階段」が、経済産業大臣賞は(株)鈴木(長野県)の「マイクロソケット端子」がそれぞれ受賞した。

(株)MMR技研は2年連続で厚生労働大臣賞を受賞した。

神奈川県知事賞は(有)志村プレス工業所/名古屋工業大学(愛知県)の「メタリック・シナプス」、中央職業能力開発協会会長賞は(株)今井技巧(新潟県)の「ブラキオサウルス・ステゴサウルス」、日刊工業新聞社賞は(株)現代工業(大阪府)の「板金製 大屋根リング」、日本塑性加工学会会長賞はリョーユウ工業(株)(福岡県)の「グローリー・ホール」、海外最優秀作品賞はFERALU Les Techniciens du Métal(フランス)の「Steel Crab」が受賞した。



厚生労働大臣賞を受賞した(株)MMR技研(大阪府)の「無限螺旋階段」



経済産業大臣賞を受賞した(株)鈴木(長野県)の「マイクロソケット端子」



日本塑性加工学会会長賞を受賞したリョーユウ工業(株)(福岡県)の「グローリー・ホール」

レーザ市場拡大に資する希土類添加 サファイアレーザセラミックスの実現を目指す

レーザを社会に役立つツールとして活用する方法を模索

理化学研究所
放射光科学研究センター 基盤開発チーム

佐藤 庸一 博士



実験装置について説明する理化学研究所・佐藤庸一博士

低温高圧合成でNd添加サファイアを開発

理化学研究所 放射光科学研究センター 基盤開発チーム・佐藤庸一博士の研究テーマ「MW級高輝度希土類添加サファイアセラミックスレーザ光源の開発」が、天田財団の2025年度「重点研究開発助成（課題研究）」にレーザプロセッシング分野で採択された。

佐藤博士は2020年度にも同財団の「一般研究開発助成」に「サファイアへのNd添加による新奇高機能レーザセラミック媒質の開発研究」という研究テーマで採択されている。サファイアは非常に高い熱伝導性があり、高出力時の熱レンズ効果や耐久性に適しているという特徴を持っている。今回の研究は、2020年度の助成研究の際に確立した独自の低温高圧合成法を用いて、レーザ発振が可能なバルク形状のネオジウム（Nd）添加サファイアの開発を目指すものである。

レーザ性能の確保には高い基盤技術が必要

佐藤博士の研究の根底にあるのは「レーザ技術を社会に広く普及させ、人々の役に立つもの提供したい」という思いだ。それには佐藤博士の経歴が関係している。

佐藤博士は東京大学 工学部物理工学科で層状ペロブスカイト、東京大学大学院 工学研究科 物理工学専攻で

Anthracene-PMDAなど、光機能材料・素子開発による新機能光学特性の研究に従事。1993年3月の大学院前期課程を修了後はその知見を実用分野に生かすため、(株)ファナックに入社し、レーザ加工用高出力レーザの開発・設計を担当した。そしてお客さまと関わるうちに加工精度は前提として、装置の低価格化や小型化などお客さまがレーザ加工に求める要素について考えるようになった。

「開発したレーザ装置にトラブルが起きるとお客さまの工場へ駆けつけ、復旧や原因究明、改良にあたる日々でした。設備停止は生産に直結するため、お客さまは気が気ではなかったと思います。そうした現場を見て、『完成度を高め、お客さまが安心して利用できる手離れの良い技術をつくらなければ』と考えるようになりました。ただ、要望を聞き過ぎれば開発負荷が増し、聞かなければ製品として受け入れられない——そのバランスが難しい。最終的に『安定性能の確保には基盤技術の向上が不可欠』と考えるようになりました。その思いが今も開発の原動力となっています」と佐藤博士は振り返る。

レーザ性能向上を目指し「レーザ三要素」に立ち返って装置の構成部品を見直したが、大きな改善には至らなかった。頭を抱えていた1995年、セラミックレーザの発振に成功したという報に可能性を見出し、透明セラミックスを開発した池末明生博士を招いて、セラミックレーザの開発を開始する。しかし産業利用が見込めるほどの成果は得られず、1998年に会社から研究の打ち切りを告げられた。佐藤博士は一度炭酸ガスレーザ/YAGレーザ開発に戻るも断念できず、研究継続のため1999年に総合研究大学院大学へ入学。両立が難しいことから3カ月後にはファナックを退社し、研究者として夢を追いかける決断をした。

2002年9月に総合研究大学院大学を卒業して博士（理学）を取得。その後は2002年10月から分子科学研究所（分子研）の研究員として勤務し、2019年4月からは分子研にも籍を置いたまま本務先を理化学研究所（理研）に移し、レーザ性能を飛躍的に高めるための要素技術開発に取り組んでいる。



①液相状態の材料に強い磁場を加えることで、異方性結晶の結晶軸を同一方向に制御する／②佐藤博士らがこれまでに作成したNd:YAGセラミックスと配向制御FAPセラミックスのサンプルなど／③佐藤博士(左)と技術支援員の松田美帆さん(右)

新たなレーザーセラミックスで市場拡大を目指す

現在、レーザー発振にともない発生する熱が要因の利得媒質の性能低下や変形、破壊などの諸問題を解決できる手段として、YAGセラミックス以上の高熱伝導率を持つ新規レーザー媒質の探索が世界中で進められている。

レーザー媒質結晶の中で、サファイアは硬度や靱性が高く、YAGセラミックスの3倍以上の高い熱伝導率を持っているものの、原子間距離が近いことから、これまでは希土類イオンの周囲に安定したサファイアの結晶場を形成することが困難とされていた。佐藤博士は先述の2020年度助成研究で、粉末活性が失活する1050℃より低温かつ高圧でのセラミック合成プロセスにより、サファイア構造中に希土類イオンを置換できることを発見した。

しかし、サファイアは異方性結晶であるため、セラミック化において複屈折に起因する光散乱が避けられない。異方性材料の特長を生かしながらこの影響を低減するには、内部の微結晶グレインの結晶主軸を同一方向に制御することが不可欠だ。希土類添加により結晶磁気異方性を高める効果を活用した異方性固体レーザー媒質の配向制御技術は佐藤博士らのグループにより世界に先駆けて提案され、配向制御異方性レーザーセラミックスによるレーザー発振についても、佐藤博士らが世界で唯一実証に成功している。

今回の助成研究では、これらの研究成果をもとにレーザー市場拡大に資する希土類添加サファイアレーザーセラミックスを実現し、従来材料では困難だった大口径・高出力化を可能にするとしている。特に直径5mm以上の有効口径を持つ厚さ1mm以上の希土類添加サファイアレーザーセラミックスの合成法を確立し、レーザーピーニングへの応用が期待できるMW級の高輝度パルスレーザー発振の確認まで行う。

これにより、レーザープロセッシング技術の高度化・普及促進につながり、航空宇宙やエネルギー、輸送機器分野などの社会実装につながっていくことが期待できる。

レーザーをより身近な存在に感じてほしい

「多くの助成が過去の実績を重視して採択の可否を判断する中、天田財団の一般研究助成は将来性やアイデアを評価してくれる点に大きな特徴があると思っています。

2020年度の助成の際はまた第一原理計算による理論検証の段階で『サファイア構造に希土類イオンを置換できる可能性がある』程度でしたが、助成研究を通じて実際に有効性を確認できたことは大きな転機となりました。本研究もそのときの支援がなければ着手自体が難しかったでしょう。

「今回は3年の助成期間中に、MW級出力を実現することが理想ですが、少なくとも『このプロセスで製造すればレーザー加工に利用可能なレーザー媒質を実用化できる』という再現性のある技術基盤を提示するところまで進めたい。

「現状、日本のレーザー産業が縮小傾向にある一方、国内で培った技術が海外で活用されるケースも少なくありません。私が所属する分子研 社会連携研究部門では、TILAコンソーシアムを起点とした企業との共同研究を通じて技術移転を進めています。産業全体の広がりという点では依然として課題が残っています。今後は大手企業を含め、より多くの国内企業にレーザー産業に参入してもらいたいと考えています」。

「私が理想としているのはレーザーがより身近なツールとなり、個人や中小事業者でも手軽に活用できるようになること。3Dプリンタが普及したように、レーザー加工機も低価格化と小型化が進み、日常的に利用される存在になってほしい。レーザーがより身近な存在になれば、研究やものづくりの裾野が広がり、若い世代が理工系分野に興味を持つきっかけにもなるはず。日本の科学技術基盤を将来にわたって維持・発展させるためには、人材育成が不可欠であり、私の研究がそうした一助になればうれしいです」(佐藤博士)。

「それでもいいと思えるほど研究が楽しい」

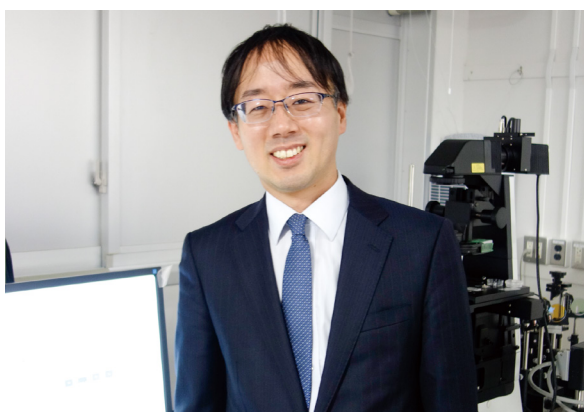
趣味は神社仏閣や温泉を巡ることだという佐藤博士。特に神社仏閣巡りは御朱印帳が11冊目に到達するほどで、今後も移動の先々で神社仏閣に詣りたいとしている。

佐藤博士は現在、使用する実験装置に応じて、理研のSPring-8(兵庫県佐用郡佐用町)と分子研(愛知県岡崎市)の両拠点を行き来しながら研究を進めている。移動の負担は小さくないものの、「それでもいいと思えるほど研究が楽しい」と笑顔で語る。その言葉から研究に対する強い情熱がうかがい見ることができた。

レーザー技術を組み合わせ、 有機分子の結晶化を厳密に制御する 医薬品や有機エレクトロニクス分野の課題解決に貢献

大阪大学大学院 工学研究科

吉川 洋史 教授



大阪大学大学院・吉川洋史教授

“分子任せ”の状態から、いかに脱却するか

大阪大学大学院 工学研究科・吉川洋史教授の研究テーマ「レーザープロセッシングの融合駆使による革新的液中結晶化制御法の開発」が、天田財団の2025年度「重点研究開発助成（課題研究）」に、レーザープロセッシング分野で採択された。

ものづくりの革新が、産業界でいっそう加速している。従来の無機材料にない特性を持つ次世代のエレクトロニクス材料や、廃棄ロスの生じにくい加工食品、より高い薬効を備えた医薬品等を生み出すには、クリアすべき共通の課題がある。それは、これら物質を構成している有機分子の結晶化プロセスを巧みにコントロールする技術の確立である。

有機分子は、分子間の引力が非常に弱く、「凝集」「脱溶媒和（有機分子を取り囲む溶媒分子の離脱）」「配列」などの工程を経て、結晶化が進行する。このような多段階で進むプロセスを厳密に制御することは、きわめて難しい。これまでは温度や濃度などの環境条件を少しずつ変えて、以後の工程は分子の性質に依存するという受動的な方法が多く用いられてきた。近年はロボットを活用した結晶化条件の全自動スクリーニングや、機械学習による最適な条件の予測なども行われているが、分子が想定どおりの配列にならず、所望する結晶には至らないケースが多い。

「この課題にアプローチするために、レーザープロセッシングを活用し、外部刺激によって結晶化のプロセスを能動的に制御する研究を進めてきました」と、吉川教授は話す。

原理の異なる2つのレーザー技術を融合する

今回採択された研究の目的は2つある。一つ目は「レーザートラッピング」および「レーザーアブレーション」という、原理の異なる2種類の技術を融合して、有機分子の結晶化プロセスを自在に制御する手法論を開発することである。

「レーザートラッピング」は、レーザーを強く集光することにより生じる勾配力によって、微粒子を集光点に捕捉する技術である。「光ピンセット」とも呼ばれるこの技術を用いれば、有機分子の凝集と配列性を独立的に調節できる。吉川教授は近年、台湾の共同研究者らとともに、レーザートラッピングによる結晶化の機構解明や機能性材料開発への応用に注力し、数々の成果を上げてきた経緯がある。

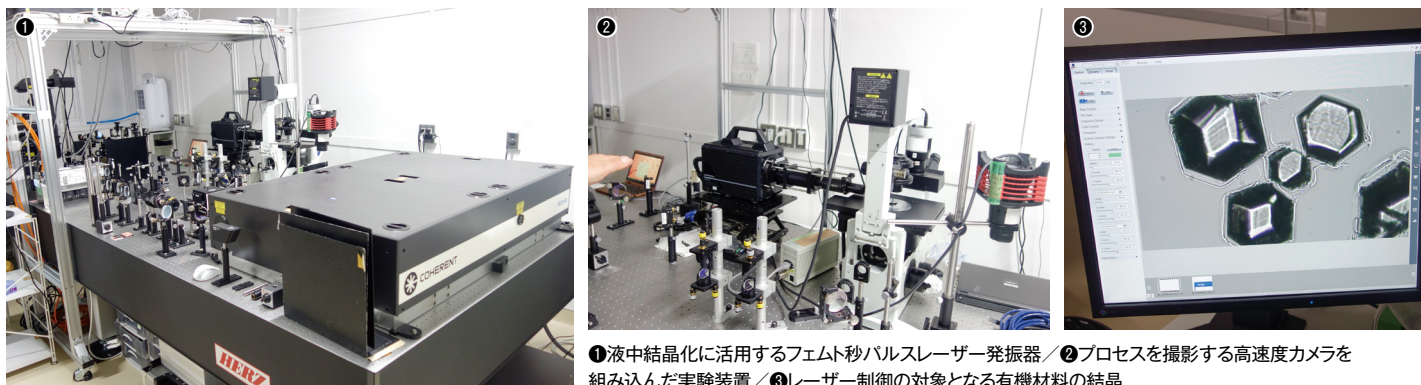
「レーザーアブレーション」は、短パルスレーザーによる物質破壊現象の総称で、従来は固体の切断や穴あけなどの加工技術に用いられてきた。吉川教授はこれを活用し、溶媒分子を気体として蒸散させ、溶質分子を脱溶媒和しながら濃縮し、結晶核の発生を誘導できる事実を実証した。

今回の研究では、これら原理の異なるレーザー技術を組み合わせることで、分子の濃縮や脱溶媒和などをより厳密に調節できることを実証する。

前例のない発想で、新しい結晶化手法を開拓

以上のように、2種類のレーザー技術を組み合わせることで、溶質分子の濃縮と配列、および脱溶媒和の厳密制御が初めて可能になると、吉川教授は見込む。その結果、結晶核発生の大幅な促進や、自発的には形成しにくい多様な構造の核を選択的に創出できるようになる。

「このようなレーザーを用いた結晶化制御は、日本を中心に開拓されてきた比較的新しい研究領域です。最近では中国や欧州などでも追随する研究結果が発表されるようになりましたが、複数のレーザー技術を組み合わせるという発



①液中結晶化に活用するフェムト秒パルスレーザー発振器／②プロセスを撮影する高速度カメラを組み込んだ実験装置／③レーザー制御の対象となる有機材料の結晶

想は、世界的にもほぼ前例がありません」と、吉川教授はその獨創性を強調する。

具体的な実験としては、各種光源や検出器を組み合わせた光学系を改良し、さまざまな結晶化イベントを制御しつつ、そのプロセスを検出することを目指す。

制御が難しい有機材料分野への応用を模索

二つ目の研究目的は、さまざまな有機分子を対象とし、その論理的な結晶化制御アプローチを確立することである。実は結晶は、そのサイズ・構造・形状・品質に応じて、電氣的・光学的・薬学的・力学的な特性が大きく変化する。例えば、医薬品の多くは有機分子の結晶であり、その準安定形の結晶は高い溶解度を有するため、人体への吸収が早いという利点がある。このように所望の構造を有する結晶を作製することは、医薬品や有機エレクトロニクスなどをはじめとする有機材料分野で重要であるが、結晶化の制御がそのボトルネックになっていることも多い。

そこで吉川教授らは、今回の研究で開発・確立する革新的なレーザープロセッシング技術を用いて、所望の構造や、未知の多形^{*}を有する結晶を作製するためのアプローチを開拓しようとしている。これらの研究では、有機合成を専門とするさまざまな共同研究者との連携も予定している。

結晶と子どもは刺激や環境に応じて成長する

研究活動に取り組むにあたって、吉川教授は「子どもの存在が大きい」という。

「子どもも結晶も、刺激や環境によって驚くほど変化し、成長を遂げます。この変化していく過程がおもしろい。実際私たちの研究はレーザー照射に対して物質にどんな変化が起こるか観察し、方法論などを開発・確立するものです。日々子どもと過ごす中でも、“刺激や環境に応じて、子どもはこんな成長をするのか!”という発見があります」(吉川教授)。

吉川教授は高校時代、自然科学全般——とくに実験によって生じるさまざまな「現象」に、強い関心を抱いたという。「予想を超える、異質で変わった現象が起きるかどうか、最大の興味がありました。現在の主要テーマであるレーザーも自然界にはない人工的な光なので、物質に照射する

と大抵おもしろい現象が起きる。その一つが今回採択いただいた有機分子の結晶化です」(吉川教授)。

高校卒業後は大阪大学に進学、その後は大学院 工学研究応用物理学コースでレーザー結晶化技術に関する研究に従事した。卒業後はドイツのハイデルベルク大学の生物物理系のラボに所属し4年間、ポスドクや客員研究員として多様な研究に参画。その後は埼玉大学の化学分野で助教、准教授、教授を約10年間務め、2021年からは出身の大阪大学 応用物理学コースで研究室を主宰している。このような物理・化学・生物をまたがる分野横断的な研究活動により、国内外の多様な研究者らと人脈を築いてきた。

結晶化制御法の学問体系化を目指す

2023年、吉川教授らの研究チームがレーザーを用いて狙った位置に氷の結晶を作製する技術を開発し、NHK総合テレビや新聞などで紹介された。また、医薬・バイオ・エレクトロニクス業界、さらには食品分野などから、多くのアプローチを受けているという。「社会実装への期待に応えられるよう、まずは結晶化制御法の精度をもっと高めねばならない」と、吉川教授は気を引き締める。

中期的な目標として、有機分子の多段階結晶化を自在に制御する手法論を学問として体系化する構想を持つ。「この研究分野は実験が先行しており、理論は後からついてきているのが実情です。だからこそ、学問体系化を成し遂げたい」(吉川教授)。世界中のどの研究者も成し遂げられなかった、吉川教授らの獨創的かつ社会的意義の高いものづくりアプローチは、いよいよこれから本格化する。



吉川教授(中央)の研究室に所属するスタッフ、学生たちとの集合写真

^{*} 同一の化学組成を有する有機化合物でありながら、結晶構造の異なるもの。

Cu/Alの高品位レーザー接合で 社会の持続的な発展に貢献する

ハイブリッドレーザーとインサート材を用いた材料学的研究

広島大学大学院 先進理工系科学研究科

岡本 康寛 教授



広島大学大学院・岡本康寛教授

銅とアルミの異種金属溶接技術について研究

広島大学大学院 先進理工系科学研究科・岡本康寛教授の研究テーマ「斜角照射法とメッシュインサート材を用いたCu/Alの高品位レーザー溶接」が、天田財団の2025年度「重点研究開発助成（課題研究）」にレーザープロセッシング分野で採択された。岡本教授は銅とアルミニウムの異種金属溶接技術の開発をテーマに研究を行っている。

岡本教授は1992年4月に岡山大学 工学部 機械工学科に入学し、1998年3月に同大学院 機械工学研究科を修了すると、翌4月から同大学 工学部の助手となり、2025年3月までの26年間、岡山大学で研究を続けてきた。その間、2004年に大阪大学で博士（工学）を取得、2006年にはドイツのブラウンホーファー・レーザー技術研究所、アーヘン工科大学の客員研究員を約1年間務めた。

岡本教授はこれまで岡山をベースとして高エネルギービーム加工による生産プロセスの高度化を目指して、レーザー微細加工およびマイクロ加工を主として、各種学協会を通じて国内外の企業・研究者と連携しながら教育・研究活動に取り組んできた。

レーザービームを用いた新しい加工法を研究

修士までは放電加工を研究していたが、助手になってか

らレーザー加工の研究を始めた。研究室を選ぶ段階で機械加工と特殊加工があったが、特殊加工の方が「新しくおもしろそう」と感じ、特殊加工学研究室を選択した。科学技術の進展にともなって工業用材料の特性は高度化しており、従来の加工法では加工の困難な材料や複雑かつ微細な形状の加工が多くなってきている。特殊加工の研究には電気や光、磁気などを用いた新しい加工法や未来の加工法に関するさまざまな研究がある。その中で、岡本教授はエネルギービームを用いるレーザー加工を主に研究してきた。

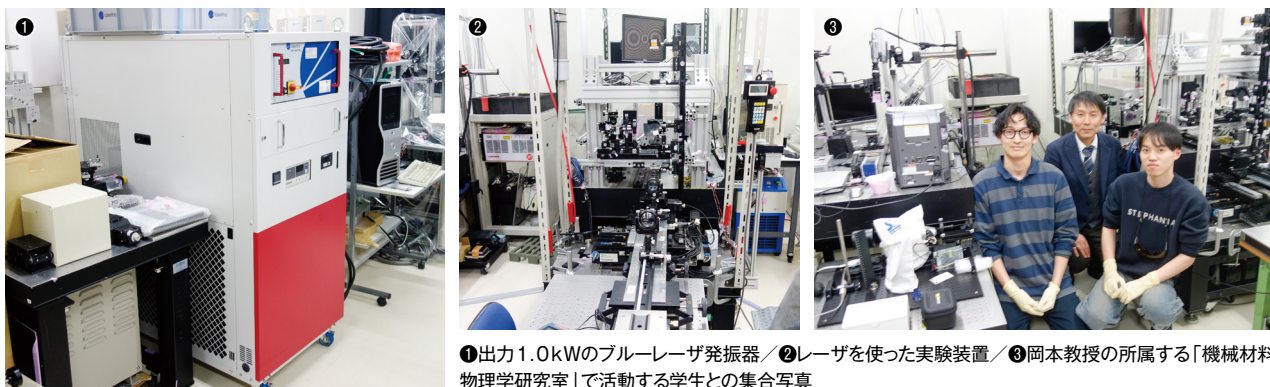
2025年4月に広島大学に異動したことについて、岡本教授は「山本元道先生や山田啓司先生など材料加工系の研究者、プラズマ関係でレーザーを扱う研究者、半導体関係の研究者などレーザーに関わる方が多いことや、自宅の倉敷から近いことなども含めて良いご縁をいただきました」という。

Niメッシュを用いた 銅-アルミ異種金属溶接技術の開発

今回の助成研究では、ニッケル (Ni) メッシュを用いた銅-アルミ異種金属溶接技術の開発を行う。インサート材を用いた材料学的アプローチによる脆性な金属間化合物の生成抑制として、銅 (Cu) とアルミニウム合金 (Al) のレーザー溶接特性におよぼす影響と機械強度向上メカニズムを明らかにする。それにより、金属間化合物の形成により強度が低下するという従来の直接溶接の問題を解決する。

「SDGsに基づく持続的な社会の実現には、環境に配慮したエネルギーの有効利用が求められます。輸送機器も電気エネルギーの活用が加速しています。しかし、それには電気エネルギーを貯蔵するための蓄電池と電気配線が必要となります。AlとCuに対する溶接の要望は大きく、さらなる効率化と高品位化が求められています。電気エネルギーの貯蔵能力向上と大容量化に適しているケース型は、比強度などの優れた特性からAlが用いられており、その上にCu配線を接続する必要があります」。

「設計自由度を向上するため、従来ではCu側からアプローチした溶接手法の開発が多く求められていましたが、



①出力1.0kWのブルーレーザー発振器／②レーザーを使った実験装置／③岡本教授の所属する「機械材料物理学研究室」で活動する学生との集合写真

Cu側では熱伝導差によって、Alが局部的に急溶融したり、スパッタの発生などから欠陥が生じやすいといった欠点がありました。また、Al側からレーザー光照射による溶接手法を行う場合では、融点や沸点の低いAl側から大きなCu側へ入熱が進むことから、AlやCuの爆発的な蒸散現象を避けて溶接する必要がありました。一方、Cu側からレーザー光を照射する場合、Cuにキーホール形成するほどのパワー密度を必要とすることから、Alの爆発的な蒸散が避けられず、加えてAlはCuよりも軽いことからAlの大きな溶融量はAl比率が高いCuAl₂などの、もろい金属間化合物の生成につながりやすく、十分な溶接強度が得られませんでした」。

「本研究ではCu側から照射するCuとAlのレーザー溶接において、『脆性な金属間化合物の抑制による高品位・高信頼性レーザー溶接手法の確立』することが目標です。Cu側からのレーザー光照射によって生じる溶融Alの突発的な噴出を抑制できる照射方法として、斜角照射法を検証します。斜角照射法では、高速度ビデオカメラを用いて試料表面の溶融金属の挙動を、熱流体解析により試料内部における溶融金属挙動を評価します。このときレーザー光線解析により、キーホール内部のレーザー光エネルギー照射領域およびパワー密度を明らかにし、斜角照射法によるCuとAl界面への入熱状態を解明します。これまでの検証で、入射角度を約30度に傾けることで溶接の安定性が向上することを見出しており、今後はシミュレーションと実験の両面からアプローチを進めます」。

「また、CuとAlの2元素のみではCuとAlの金属間化合物の発生を完全に抑制することは難しいので、Cuと固溶するNiや金属間化合物を形成するTiをインサート材として用いることで、CuとAlに対する金属間化合物の発生状況を変化させます。しかし、NiとTiはCuよりも高い融点を有することから、サイズ効果を期待して箔やワイヤ材を編んだメッシュ形状を採用します」(岡本教授)。

もろい金属間化合物の形成を制御する

異種金属レーザー溶接は、EV(電気自動車)のバッテリーバスバーやパワーデバイス部品などを軽量化・高効率化するために非常に重要だが、融点・熱伝導率の大きなちがい

や、もろい金属間化合物の形成が大きな課題だった。

これまで、CuとAlのレーザー溶接においてCu側からレーザー光照射する場合、Cuにキーホールを形成させるほど大きなパワー密度を必要とすることから、Alの爆発的な蒸散が避けられず、Al比率が高いCuAl₂などの金属間化合物の生成につながりやすいという課題があった。Cuに対してキーホールを形成する高いパワー密度を用いても、Alには熱伝導にちかいかたちで入熱して、Alの溶融領域を限定的なものにできるようなレーザー光照射法が必要になる。

一般に波長1 μ m帯のレーザー光のCuに対する反射率は室温で9割以上と非常に大きく、キーホール内壁において1次入射レーザー光がすべて吸収されることはない。多くのレーザー光は反射され、2次光のパワー密度は1次光と比較して小さくなる。この特性を利用し、Cu表面に対して入射角を設けてレーザー光を照射することにより、キーホール内壁での2次光がCuとAlの界面近傍を穏やかに加熱できる。

さらに、Blue-IRハイブリッドレーザー技術により吸収率が高いブルーレーザーで溶融池を安定形成し、赤外線(IR)レーザーで深い溶け込みが得られる。Cu側への入熱を最適化し、Alとの過度な混合を抑制できるため、もろい金属間化合物の生成を極小化することができる。

本研究では、Cuと固溶するNiや金属間化合物を形成するTiをインサート材として用いることで、CuとAlに対する金属間化合物の発生状況を変化させる。しかし、NiとTiはCuよりもCu/Al接合の課題改善につながる。高い融点を有することからサイズ効果を期待して箔やワイヤ材を編んだメッシュ形状を用いて検証する。このように、Cu側からのBlue-IRハイブリッドレーザー光照射によって生じる溶融Alの突発的な噴出を抑制できる照射方法、およびインサート材を用いた材料学的アプローチによる脆性な金属間化合物の生成抑制を試みる手法は例がなく、大きな特色である。

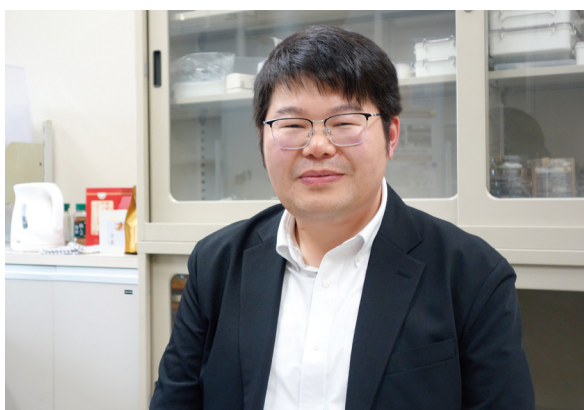
入熱制御の確立とキーホールの安定化が課題であるが、機械強度向上のメカニズムの解明につながることから、本研究は大きな成果が期待される。NiメッシュによるCu/Al接合強度向上のメカニズムが明らかになれば、Cu/Al接合の課題改善につながることから、学術的・産業的に有用で、特にモビリティ分野での波及効果が期待できる。

高密度パルス電流と塑性加工を組み合わせる電流アシスト成形加工技術の研究

電流応用技術の高度化とMg合金の産業実装に貢献

熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター

グシャオジェ
顧少杰 助教



熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター・顧少杰助教

8年前に来日、名古屋大学で学位取得

熊本大学 先進マグネシウム国際研究センター・顧少杰 (Gu Shaojie) 助教の研究テーマ「高密度パルス電流と塑性加工を融合したKUMADAIマグネシウム合金の構造制御と加工性向上」が、天田財団の2025年度「一般研究開発助成」に塑性加工分野で採択された。

顧助教は中国・安徽省出身で、2008年に内モンゴル科学技術大学に入学し、2013年に上海にある国家重点大学の同済大学大学院に進学。2017年10月に名古屋大学大学院 工学研究科 マイクロ・ナノ機械理工学専攻で学ぶために来日し、日本語を学びながら2022年に巨陽 (Ju Yang) 教授 (2023年に退官) の研究室で博士後期課程を修了。「高密度パルス電流によるニッケル基超合金インコネル718のひずみ硬化の緩和と、き裂発生 の遅延」の研究において、金属材料の構造・機能制御の可能性を実証し、博士 (工学) を取得した。

2022年4月から2024年9月まで、名古屋大学 工学部の特任助教となり、巨陽教授の研究室でパルス電流や電子風力を用いた非平衡状態下での金属材料の構造制御および、構造・力学特性の相関解析に従事。特に、二相ステンレス鋼およびチタン合金における異質構造形成と高機能化を目的とした革新的プロセス開発を進めた。

そして、同年10月から熊本大学 先進マグネシウム国際研究センターの助教に着任して、河村能人教授、森田康之教授の指導のもと、高密度パルス電流処理技術を活用し、先進マグネシウム合金など、軽金属材料の新たな構造制御技術および加工性改善手法に関する研究に従事している。主な研究テーマはマグネシウム合金などの軽金属材料に対する電流アシスト成形加工技術の開発となっている。

電流アシスト成形で「電塑性効果」を研究

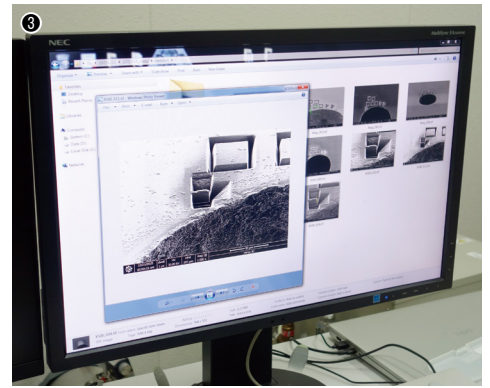
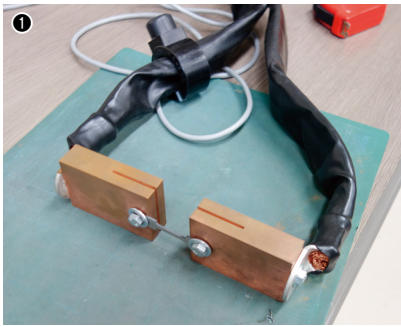
高密度パルス電流と塑性加工を組み合わせる電流アシスト成形加工技術は、電塑性加工やパルス通電塑性加工と呼ばれ、難加工材の成形や高精度な接合を実現する技術である。金型による機械的な力に加えて、短時間 (マイクロ秒～ミリ秒単位) で大電流を金型や材料に流し、急速に加熱・制御する高度な成形技術となっている。パルス状に流すことで、金属材料の変形抵抗を低下させ、加工のしやすさを劇的に向上させることができる。

マグネシウム (Mg) 合金は、軽量で比強度に優れ、次世代構造材料として、自動車や航空機分野を中心に実用化が期待されている。しかし、高強度Mg合金、とりわけLPSO構造を有するKUMADAIマグネシウム合金は、強度や耐熱性に優れる一方で、加工時の脆性破壊や成形負荷の増大など加工性の課題を抱えており、産業応用への大きな壁となっている。また、従来の加工方法は高温熱間加工が主流で、長時間の熱処理や高エネルギーの消費により、環境負荷やコストの観点から大きな課題となっていた。

近年、電流による外場刺激を活用した「電流アシスト成形」が新たな塑性加工手法として注目されている。特に電子風力などの非熱的効果を活用することで、加工応力の低減や延性の向上を可能とする「電塑性効果」に関する研究が進められている。

高密度パルス電流処理と塑性加工を融合させた新しい成形プロセスの研究

顧助教の研究ではこれらの先行研究の知見を踏まえ、



①試料に電流を流して塑性変形による引っ張り強度を測定する／②走査電子顕微鏡／③イオンビーム顕微鏡を使って試料を検査する

高密度パルス電流処理と塑性加工を融合させた新しい成形プロセスを構築し、Mg合金の加工性と成形効率を革新的に向上させることを目指す。特に電流条件-成形挙動-微細構造の相関性を体系的に解明することで、電流アシスト成形のメカニズムを明確化し、成形技術としての最適化およびスケールアップへの展開を目指す。

今回の研究目的について顧助教は「本研究の目的は先進Mg合金に対し、高密度パルスと塑性加工を融合した革新的な電流アシスト成形プロセスを構築して、構造制御と加工効率の両立を実現することです。これまでの研究で、ニッケル基超合金やチタン合金、ステンレス鋼といった材料に高密度パルス電流処理を行うと、転位構造や粒界構造に対して非熱的影響（電子風力など）をおよぼし、加工硬化を緩和するとともに延性を大幅に向上させることを実証してきました。これらの知見に基づき、本研究ではKUMADAIマグネシウム合金（Mg-Zn-Y系およびMg-Al-Ca系）を対象材料とし、電流条件-成形挙動-微細構造の相関を明確にさせます」と述べている。

高強度Mg合金の加工性向上を目指す

「研究は2段階で進めていきます。第1段階ではex-situ実験（塑性加工後に電流処理）を通じて、加工履歴の異なる試料に対する構造応答を評価し、処理条件の最適化を行います。続く第2段階では、in-situ融合加工（加工中に電流を印加）を試行し、電塑性効果による成形性の飛躍的な改善と、スケールアップへの展開可能性を検討します。最終的には、従来の熱間加工では困難だった高強度Mg合金の省エネルギーかつ高効率な加工法を実現し、将来的な産業応用につながる成形プロセス基盤の確立を目指したい」（顧助教）。

本研究がこれまでの電流アシスト成形と異なる最大の特徴は、高密度パルス電流と塑性加工を融合させることで、従来の熱処理や成形プロセスでは困難だった高強度マグネシウム合金の加工性向上を、非熱的かつ選択的に実現しようとする点にある。

従来の電流アシスト成形研究の多くは、低密度電流や誘導加熱を用いた熱的アプローチにとどまっており、電子風力

をはじめとする「非熱効果」に基づく構造制御メカニズムの理解と応用は十分に行われていない。

本研究では、電流条件-成形挙動-微細構造の相関をその場観察とともに明確化し、加工現象の物理的本質に迫る。さらに、単なる基礎解明にとどまらず、in-situ融合加工という実加工プロセスへの展開を視野に、成形中にリアルタイムで組織と応力状態を制御する、新たな加工技術の創出を目指している。これは従来の塑性加工の枠組みを超えたマルチフィジクス制御型成形技術として位置づけられ、軽量高強度材料の実用化を加速する革新的アプローチとなっている。それだけに本研究によって、金属の塑性加工分野における電流応用技術の高度化と、Mg合金の産業実装を加速する重要なステップとなることが期待できる。

また、「電流×塑性加工」の融合による新たな材料加工学、プロセスの確立にも大きな期待が持てる。

社会実装には「絶縁」を考えた、特別な治具や電極の設計が必要

生産技術への応用ではプレス機やベンディングマシンへの応用も可能だが、高い電流が流れるので絶縁可能な特別な治具や電極の設計が必要になるという課題もある。

顧助教が所属する研究室は森田教授と共同で運営しており、約25名の学生・院生を指導している。そのため教育・指導に当たる時間が長く、自身の研究に費やす時間が少ない。また、学内や所属する学会・研究会などの仕事もあり、研究時間も制約を受けるようになっている。そのため、深夜まで研究室で研究することも、たびたびある。「今は大学近くに住んでいて、職住が隣接しているため、そうした状況も厭わない」（顧助教）というが、同時に食事時間が不規則になり、健康的な過ごし方ではないと自覚もされている。

来日して8年過ぎたが、顧助教自身は今後もずっと日本で研究を続けたいと考えている。オフの日には、趣味のカメラ撮影に出かけ、風景の撮影や天体観測などでリフレッシュをしている。安徽省にいる両親とは以前、京都・奈良の観光をしているが、熊本城も一度、案内したいという。

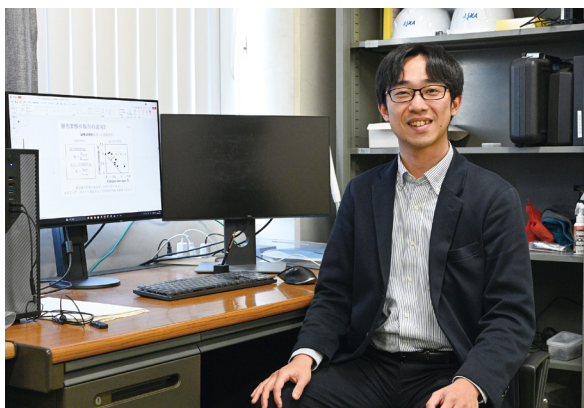
将来的には「研究成果の社会実装を目指して企業との連携も模索していきたい」（顧助教）と語っていた。

Ti-Ni形状記憶合金の製造プロセスを覆す、 「成形後合金化」という独創的な発想

宇宙機向け大型部材製造の、設計指針を確立する研究

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

松宮 久 助教



宇宙航空研究開発機構・松宮久助教

宇宙構造物を、もっと軽量化・高信頼化する

宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究所・松宮久助教の研究テーマ「大型一体化構造 Ti-Ni 形状記憶合金の実現を目指した Ti/Ni 積層圧延材の塑性変形能に関する検討」が、天田財団の2025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。

私たちが直面している地球上の社会課題を解決するには、宇宙科学分野の研究開発が欠かせない。宇宙開発の核となるロケットや人工衛星・探査機のような大型展開構造物には、材料自体が能動的に変形することでいっそうの軽量化と高信頼性を担保できるスマートデバイスが求められている。その中核材料として、Ti-Ni (チタン・ニッケル) 形状記憶合金が有望視されている。

この合金材料は加熱されると元のカチに戻り形状記憶効果を持つ。この特性を生かせば大型展開構造物に用いられてきたばねやヒンジなどを固定する多くの部品が不要になる。結果として、軽量化と高信頼性を同時に実現できる。しかし、ワイヤーの状態で販売されている Ti-Ni 形状記憶合金は加工硬化が著しく、塑性加工がきわめて困難なため、大型・複雑形状部材の製造は難しい。3次元積層造形という手法も考えられるが、原料の金属合金粉末が高価、かつ製造工程で粉末に酸素の混入を防ぐことが難しい。

シャワー中に、ふとアイデアが浮かんだ

純 Ti 板と純 Ni 板を積層して圧延・接合した材料に熱処理を施すと、形状記憶効果を持つ「TiNi (ニチノール) 単相組織」が得られることはすでに知られている。ただし、これは合金を板材化するための知見にすぎない。

「ある日、自宅でシャワーを浴びていた時に、“まず加工の容易な積層圧延材の段階で、企業や研究機関が求める形状に成形してしまい、その後に熱処理を施して、材料全体を Ti-Ni 形状記憶合金へと変化させれば、大型一体化構造の部材を低コストで製造できるのではないか”というアイデアが浮かんだのです」(松宮助教)。

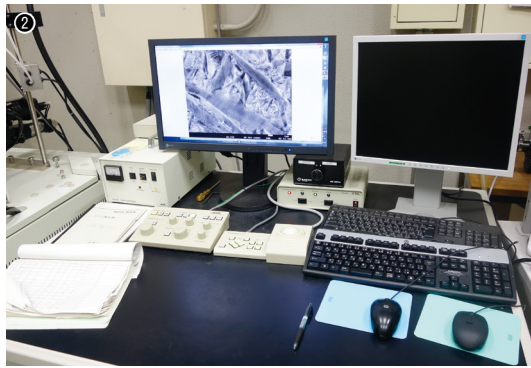
この革新的な製造プロセスを確立するには、Ti/Ni 積層圧延材の機械的性質の解明が不可欠だ。そこで、積層された Ti と Ni の層厚や、加工が変形特性におよぼす影響など、この圧延材ならではの塑性変形特性を実験的に評価・解明し、その挙動を予測・制御するための設計指針を獲得することが、今回の助成研究のテーマとなっている。

社会実装までのロードマップ

松宮助教がまず取り組んだのは、Ti/Ni 積層圧延材の作成だ。具体的な手順は、加工性に優れる純 Ti と純 Ni の板材を交互に重ね合わせて圧延することで、板厚 1 mm の積層圧延材を得る。これを 2 等分に切断し、積層・圧延する工程を、数サイクル繰り返す。これは「ARB 法」と呼ばれる加工手法である。次に、圧延によって著しく硬化した積層圧延材の成形性を改善するため、軟化熱処理 (焼鈍) を行い、最適な軟化条件を確定していく。この熱処理工程では、金属間化合物の生成を避けつつ、塑性変形能力を回復させる工夫を施した。

「熱処理後の積層圧延材を評価したところ、曲げひずみ 25% 以上の曲げ加工に耐え得る設計が可能になりました」と、松宮助教は話す。

次にマイクロ組織と塑性変形能の相関分析・評価を進め、続いて合金化熱処理の最適条件を確立する。最終ステップとして、「プロセス条件」と「マイクロ組織」、および「塑性変



①手回しの圧延機／②Ti-Ni形状記憶合金のミクロ組織の電子顕微鏡画像／③150万倍まで観察できる300kv透過型電子顕微鏡

形能」の相関を体系化し、需要家から求められる特性を得るための設計指針を取りまとめる。

「まず焦点を定めているのは、自律展開ロケットノズルやロボットアームなど、宇宙開発や宇宙利用を行うために用いる人工衛星やスペースシャトルのような『宇宙機』に適用する展開分離機構です。ラジエーターの自動開閉機構や、熱制御デバイスにも実装できます。熱による高温が進み、放熱すべき状態になると、自動的にばねが動いて元の形状になるわけです。モーターや、場合によっては火薬を使った分離展開も不要になるはずですよ」(松宮助教)。

2027年中には、大型一体化構造の形状記憶合金を設計・作成する指針を確立できると、松宮助教は見ている。その後の品質テストなどを経て、なるべく早期に航空宇宙分野での社会実装を実現しようとしている。

研究対象を広げて、新たな挑戦を志す

松宮助教は京都大学1年の時、金属材料系の講義で担当教授が手がける、純アルミを純鉄並みに強くする研究内容を聴講し、強く心を動かされたという。「金属材料の研究成果が、世の中にもたらすインパクトは非常に大きい」と実感し、この講義が構造用金属材料を専攻する動機になった。修士・博士課程の主な研究内容は、「高強度鉄鋼材料の、水素環境下での疲労破壊」である。

博士課程修了が迫る頃、JAXA宇宙科学研究所が材料研究者を募集していたことから、「自身の研究対象を宇宙の分野にも広げ、新しい挑戦を試みるのはおもしろいのではないかと考え、2024年4月に宇宙科学研究所へ入所。この決断が、Ti-Ni形状記憶合金の研究に着手する契機となった。

日本は、材料研究の分野に強みがある。ただし松宮助教の所属する宇宙構造材料研究室は、基礎学理を追い求める材料研究とは異なり、宇宙工学用の構造材料に焦点を当てた、明確なゴールを見据えて構造材料を研究できる、理想的な環境になっている。「今後は私のような材料系の研究者も、宇宙機全体のシステム、あるいは材料以外の要素技術などへの知見を蓄え、個々の技術を橋渡ししていく

能力が必須になります」と、松宮助教は強調する。

トロンボーン奏者という、“意外”な一面

平日の昼休みは職場近くの公園でランニングを行って健康維持に努め、休日は趣味のトロンボーン演奏を楽しんでいる松宮助教。アマチュアオーケストラに所属しており、観客の前で演奏する機会もたびたびあるという。「研究以外のことに集中できる趣味は、良い意味で気持ちが切り替えられて、頭がスッキリしますね」と、実感を込めて話す。

Ti-Ni形状記憶合金は今後、宇宙科学分野だけでなくロボティクスや医療機器など、民生分野への展開も確実視されている。「人の関節のような、精緻な動作を部品点数の少ない機械で実現するには、ある程度の曲率を有する板材が有利になります。たとえば形状記憶合金を発熱させれば、人の関節の役割に相当する、柔軟な動きを再現できるのです」と、松宮助教は説明する。

“積層圧延材を、成形後に合金化する”という独創的な発想に基づいた研究には、今後も困難な課題が立ちださる。しかし松宮助教は、諸課題に対して多角的な視点からアプローチをかけ、粘り強く探究すれば、解決策を見出せるという信念を持つ。多くの研究成果を積み重ね、その成果を社会実装へとつなげる出口戦略を明確に描ける研究者のひとりとして、松宮助教の取り組みにはいっそうの期待が寄せられている。



JAXAが開発したM-Vロケットの前に立つ松宮助教

2026年度の行事予定

1. 公共展への参加

OPIE'26

日程：2026年4月22日～24日

会場：パシフィコ横浜

レーザーソリューション2027

日程：2027年1月18日～20日

会場：ライトキューブ宇都宮

2. 助成研究成果発表

2026年度 助成研究成果発表会

日程：2026年4月22日

会場：パシフィコ横浜

※OPIE'26の公式イベントとして開催

※塑性加工とレーザープロセッシングを

同会場で行って開催

3. 助成事業

2026年度助成式典

日程：2026年11月28日

会場：AMADA FORUM

2026年度研究開発・国際交流助成

募集期間：2026年6月2日～7月31日

令和8年度 資格取得助成

前期募集：2026年4月1日～8月31日

後期募集：2026年10月1日～

2027年2月28日

天田財団は、助成研究成果を産業界へ積極的に発信しています。

各行事の詳細につきましては、

天田財団のWebサイト (<https://www.amada-f.or.jp/>) をご参照ください。



編集後記

4月発刊のSpring号は毎回、「重点研究開発助成」に新たに採択された採択者を中心に研究室訪問の取材をしています。今回も、取材アポから取材まで遠藤広一事務局次長にやっていただきました。

今号では特別記事として、レーザーの研究者・開発者で、天田財団理事でもある平等拓範先生の紹介を企画しました。取材には私も同行し、愛知県岡崎市にある分子科学研究所（以下、分子研）を訪問し、同じ研究室に所属する佐藤庸一先生も一緒に研究の取材をさせていただきました。

平等先生の取材企画のきっかけは、昨年秋に、事務的な件で書類にご記名押印をいただくためだけに名古屋へ出向いたとき、大混雑の名古屋駅構内を避けた喫茶店で、移動中もWeb会議をしていたと言って現れた先生が、ノートPCでレーザー開発のお話を1時間も熱弁され、その話が大変おもしろかったので、ぜひ今号の天田財団ニュースに掲載しようと思いました。

分子研は立派な建物で、そのなかのD棟は平等研究室で占められています。先生へのインタビューは、休憩なしの3時間以上におよび、われわれは受講生のように拝聴しました。内容については記事(p4～掲載)にあるとおりです。取材では初の試みで動画を撮影しましたので、誌面のQRコードで実験動画をご覧ください。

貴重だったのは、まだ分子研でしかつけれない手のひらに乗るサファイアガラスとネオジムガラスを接合したレーザー発振素子に直に触れられたことです。共有結合による接合を「引き剥がしてみてください」と言われ、共有結合は壊せないと思いましたが、素人相手に先生は得意そうでした。

分子研ツアーもやっていただき、異種材料を結合させる真空磁場圧着装置の実演や、レーザーショットでアルミ板を曲げる実演など、佐藤先生をはじめとするスタッフの方々には大変な準備をいただき、お礼を申し上げます。分子研の研究設備一帯はまさに平等ワールドといった印象でした。

さて、2025年度「重点研究開発助成」で塑性加工分野の採択件数が1件だったことが気になります。今年の4月22日にパシフィコ横浜で開催する天田財団助成研究成果発表会は、塑性加工とレーザープロセッシングの同会場開催です。分子研の取材で、レーザーでアルミ板を曲げる実演を見たばかりでもあり、この発表会や技術交流会でなにか両分野間で化学反応が起きればと期待したくなります。商品ライフサイクルには、導入期-成長期-成熟期-衰退期からなるS字の曲線がありますが、導入期から成長期の間では研究開発がさかんであると思います。塑性加工分野とレーザープロセッシング分野との融合で、新たな「S字曲線」が生まれませんか期待しています。

(事務局 高津)

今回の表紙

①

②

③

① 2025年11月29日にAMADA FORUM(神奈川県伊勢原市)で開催された「2025年度助成式典」で、天田財団・機部
任代表理事理事長(右)から助成金目録を贈られた理化学研究所・佐藤庸一博士(左) / ② 2025年度前期助成の総評を述
べる天田財団・光石衛評議員(東京大学名誉教授、日本学術会議会長) / ③ 助成式典のあとに開催された交流会で、乾杯
の挨拶をする職業訓練法人アマダスクール・泉井宏之常務理事(右)