

天田財団 ニュース

2023 Spring | No.14

02 | 「2022年度助成式典」を開催

研究室訪問

04 東京都立大学 システムデザイン研究科 筧 幸次 教授

06 東海大学 工学部 機械工学科 窪田 紘明 講師

08 名古屋工業大学大学院 工学研究科・工学専攻 渡辺 義見 教授

10 大阪産業技術研究所 先進構造材料研究室 木元 慶久 主任研究員

12 産業技術総合研究所 製造技術研究部門 梶野 智史 主任研究員

14 物質・材料研究機構 構造材料研究拠点 接合・造型分野 渡邊 誠 分野長

16 第19回塑性加工助成研究成果発表会／第35回優秀板金製品技能フェア
Laser Solution 2023／Photonix 2022



「2022年度助成式典」を開催

研究助成は90件、助成総額は2億6,631万円

累計助成総額は37億696万円

天田財団は2022年12月3日、日比谷図書文化館日比谷コンベンションホールで「2022年度助成式典」を開催した。塑性加工分野・レーザプロセッシング分野の助成対象者を含む研究者、学会関係者など約130名が参加した。

2022年前期に採択された助成件数は90件、助成総額は2億6,631万円だった。1987年の財団設立以来35年間の累計助成件数は2,090件、累計助成総額は37億696万円となった。助成先は大学137校、高等専門学校43校、研究機関34機関、学会17学会と多岐にわたっている。

科学技術のイノベーションに貢献

式典の冒頭、天田財団・末岡慎弘代表理事理事長は次のように挨拶した。

「新型コロナウイルス感染症の世界的なパンデミックにより、世界経済は大きな影響を受けました。また、ロシアによるウクライナへの軍事侵攻により石油・天然ガスをはじめとした資源価格、小麦などの食糧価格が高騰し、世界経済の先行きは不透明感が強くなっています。その一方、日本では自然科学分野の論文数が欧米や中国などと比較して減少し、博士号取得者の数も減少するなど、研究開発分野でさまざまな課題が生まれています」。

「当財団は、科学技術の進歩・発展こそが世界の人々の暮らしを豊かにするという信念で、財団設立から35年間で累計2,090件の研究テーマに累計37億696万円を助成

してきました。当財団の助成事業が科学技術のイノベーションに貢献し、若手研究者の育成や研究成果の社会実装に少しでも役立つことを願ってやみません。研究者のみなさまにはぜひ、科学技術の進歩・発展のため、研究にまい進していただきたいと願っています」。

製造業を取り巻く課題が山積

来賓の(株)アマダ・磯部任社長（現会長）は、次のように祝辞を述べた。

「新型コロナウイルスの感染拡大、ウクライナ侵攻など地政学的な要因による物価高騰、半導体をはじめとした部品調達の滞り、カーボンニュートラルやSDGsへの対応など、製造業を取り巻く課題は山積しています」。

「当社もグループの総力を挙げて対応・対策に取り組んでいます。さいわい、生産年齢人口の減少に対応した産業界の自動化投資には力強いものがあります。2022年11月に発表した当社の2022年度上期の売上・営業利益はともに過去最高を更新するレベルにあります。しかしながら、さまざまな課題の解決に向けたさまざまな研究開発を、企業が単独で行うのは限界があります」。

「欧米などを見ていると産官学の連携が非常に密に行われており、日本においても産官学連携を積極的に進めていく必要があります。研究者のみなさまには日本発の技術や理論を開発していただき、企業のイノベーション喚起にもご尽力いただければさいわいです」。



式典の冒頭、挨拶をする天田財団・末岡慎弘代表理事理事長



祝辞を述べる来賓の(株)アマダ・磯部任社長（現会長）

イノベーションと研究開発が重要

文部科学省 科学技術・学術政策局 産業連携・地域振興課・井上睦子課長は、オンラインで祝辞を述べた。

「人々の暮らしを支える金属加工分野で事業を展開してこられたアマダグループ様、35年にわたって研究助成を続け、人々の豊かな暮らしを支えてこられた天田財団様に、あらためて敬意を表します。質の高い研究を支えてこられた天田財団の選考委員のみなさまのご尽力にも感謝申し上げます。そして助成を受けられる研究者のみなさま、おめでとうございます」。

「現在、われわれは感染症やデジタルトランスフォーメーション、脱炭素、不透明な世界情勢と、さまざまなチャレンジに直面しています。その中で新しい道を見つけ、発展させていくことが必要になっています」。

「政府の成長戦略の中でもイノベーションと研究開発は重要な要素となっています。そのため政府は、若手研究者の育成や、産業界出身や起業を検討中の博士課程の研究者に対して研究費や生活費を支援することも考えています。さらに、起業を検討中または起業直後のさまざまな研究者に対して、研究資金の支援や研究環境の整備など、多様な支援活動の充実もはかっています。世界をリードする研究ネットワーク——日本人の研究者にしっかりとした活動を行っていただくための国際的な共同研究への取り組みも行っています。天田財団様のような民間の研究支援活動に対しても、しっかりとサポートしていきたいと考えています」。

「企業活動から生まれてくる研究課題と基礎研究とがあいまって、新しい研究成果が世に出る。それが人々の豊かな生活と企業収益につながっていく。そして、その収益の一部を再投資することによって新たな技術を開発する——こうした研究開発のエコシステムを確立しているのがアマダグループ様なのだと思います」。



オンラインで祝辞を述べる文部科学省 産業連携・地域振興課の井上睦子課長

研究資金が不足する中でこそ研究助成を継続

天田財団理事を代表し、慶應義塾大学・青山藤詞郎名誉教授が総評を行った。

「天田財団は、金属等の塑性加工分野とレーザプロセッシング分野を対象とした研究助成を通じて、日本の産業と経済の発展に寄与することを目的としています。ご存知のとおり、現在、大学や研究者を取り巻く環境は、コロナ禍の影響も加わり、非常にきびしくなっています。特に研究資金は、競争的資金である『科研費』だけでは絶対的に不足しています」。

「このような中で、天田財団は本年度、約2億3,600万円を研究開発と国際交流の助成金として準備しました。当財団の助成資金は(株)アマダの株式配当金であり、高配当を継続していただいていることに感謝します。そしてその果実をもって、みなさまの研究活動を助成できることは、財団役員の一人としてとてもうれしく思う次第です。みなさまの研究に役立てていただき、良い研究成果が生まれることを切に期待します」。

その後、「助成金目録贈呈式」が開催され、式典に出席した71名の助成対象者一人ひとりに、末岡理事長から助成金目録が贈呈された。

目録贈呈後は、2018年度に天田財団から重点研究開発助成を受けた研究者を代表して、早稲田大学・川田宏之教授が「引抜き成形を用いたカーボンナノチューブ繊維の高強度化」、東海大学・橋田昌樹特任教授が「太陽電池性能向上を目指した高品位レーザ加工による表面構造付与」と題する招待講演を行った。

式典終了後は、会場をレストランアラスカに移して「交流会」が催された。職業訓練法人アマダスクール・伊藤克英理事長の挨拶、天田財団・千野俊猛理事（日刊工業新聞社前社長）による乾杯の発声の後、参加者は思い思いに交流を深めていた。



交流会で乾杯の発声をする天田財団・千野俊猛理事（日刊工業新聞社前社長）

指向性エネルギー堆積法を用いた TiAl4822タービン翼の補修技術開発 実機適用を見据えた量産サプライヤーとの共同研究

東京都立大学 システムデザイン研究科

寛 幸次 教授



寛教授(下段・右から2番目)と「航空宇宙材料研究室」のメンバー

国際的にアピールできる研究を目指す

東京都立大学 システムデザイン研究科 機械システム工学域の^{かけひ}寛幸次教授の研究テーマ「指向性エネルギー堆積法を用いたTiAl4822タービンプレードの補修技術開発」が、天田財団の2022年度「重点研究開発助成 課題研究」(レーザプロセッシング)に採択された。

寛教授の「航空宇宙材料研究室」では、航空・宇宙分野における先端構造材料の信頼性向上をテーマに、国内外の研究機関と連携して、国際的にアピールできる研究を目指している。

TiAlタービン翼の補修技術確立を目指す

本研究は、指向性エネルギー堆積法を用いたTiAl4822タービンプレードの補修技術開発。TiAl(チタンアルミ)合金は、航空機エンジンの主力合金であるNi合金に比べ比重は約半分、高温域での比強度も十分である。

最新のGEnxエンジンやLEAPエンジン(エアバスA320neo、ボーイング737MAXに搭載)で、TiAl4822(Ti-48Al-2Cr-2Nb, at%)タービン翼の搭載が進んでいる。GE Catalyst turbopropエンジンではTiAlによる軽量化と、800部品を12部品のコンポーネントにする積層造形の適用で、軽量・高効率化を実現。燃費が20%向上し、出

力も10%向上した。

TiAl合金の適用は、エンジン自体の軽量化のほか、エンジンを支える構造材料の軽量化にもつながり、燃費向上とCO₂削減に効果があるため、SDGsの達成にも貢献する。その一方、タービン翼は高温の燃焼ガスに曝され、静翼では熱応力によるき裂や酸化による損傷、動翼では先端部にエロージョンや酸化による減肉が生じる。現在までTiAlタービン翼の補修技術は確立されておらず、損傷が生じると廃棄されている。

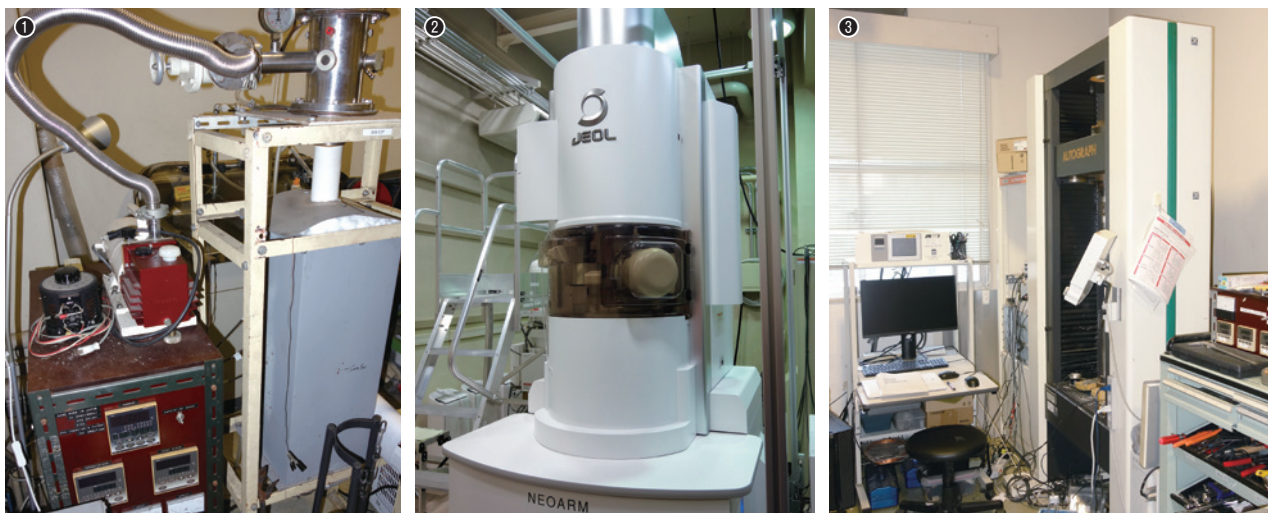
寛教授は共同研究者の水田客員研究員(AeroEdge(株))らとともに、DMG森精機のLASERTEC 65 3D hybridを使用してTiAl4822材の指向性エネルギー堆積造形(DED: Directed Energy Deposition)を行ったが、亀裂が発生することを確認した。熱応力による亀裂発生を抑制するためには、本材料の延性-脆性遷移温度が700℃近傍にあることを考え、十分な延性が発現する温度域に加熱しながら積層造形することが必要と考えられる。

先駆的SLMシステムで実験

寛教授らは、亀裂が発生するため困難とされるTiAl4822のSLM造形を、ドイツ・AM Metals社の協力を得て先駆的SLMシステムで試み、TiAl合金の一般的な積層造形法であるEBM(Electron Beam Melting)を用いた材料を上まわる強度特性を得た。

先駆的SLMシステムとは、TiAl合金を造形するために、ベースプレート加熱に加え、VCSEL(垂直共振器型面発光レーザ)で表面加熱するSLM造形法で、ドイツ・EOS社の金属プリンター M290をベースに、高温予備加熱ユニット、造形室の温度制御、不活性ガス濃度最適化システム、造形プロセスモニタリング機能を新たに追加したシステム。半導体面発光レーザにより試料表面を900℃、ベースプレートを750℃に加熱することで、冷却速度および温度振幅を低減し、割れおよび残留応力を抑制した。

このシステムを用いてTiAl4822の造形を行い、平均粒径6μmの均一微細粒を得ることができ、TiAl積層造形で



①急速冷却可能な雰囲気調整熱処理炉装置（自作）／②原子分解能分析電子顕微鏡／③高温引張試験機

一般的なEBM材に比して破断延性は8倍、引張強度は40%向上した。さらにEBM-HIP造形材を凌ぐ引張特性が得られた。また、クリープ特性はEBM材を上回り、困難とされたSLM造形も予熱システムの導入により可能となり、優れた特性が得られた。本研究では、これらの結果を参考にSLM造形データをDED造形に活用する。

SLM造形データをDED造形に活用

本研究はTiAl4822のDED造形法に関して、①酸素混入に対してロバストな粉末、②予熱、③超音波付与、④熔融凝固シミュレーションおよび⑤造形パラメータの機械学習と、①～⑤の要素技術を複合的に用いて、DED造形材の材料特性を基材（EBM材）の特性と同等に向上させることで、航空機エンジン用タービン翼補修技術の実用化を目的とする。

TiAl4822合金粉末の作製には、実績のあるドイツ・GfE社のTiAl4822の粉末を用いる。ノズルから合金粉末を噴射すると同時にレーザー光を照射することで、合金粉末を熔融池に供給・凝固させて、熔融・積層して造形するため、パウダーベッド方式に比べ造形時間が圧倒的に短い。

また、比較的大物部品の造形や既存部品に積層し、形状付加することが可能である。熔融ノズル、またはステージを移動させながら部品形状を描き、レーザー出力が大きいため高速造形が可能になる。レーザーを造形部分に同時に照射し、既存製品の補修や、比較的単純な形状で大型の造形品の製造に向いている。

本研究では、割れ防止を目的として900℃高温仕様の高周波加熱を用いた予備加熱システムを用いる計画である。

ドレスデン工科大学（フランフォーファーIWS）と連携

本研究はドレスデン工科大学のMarquardt博士らとの国際的な連携で行う計画であり、材料の結晶粒を微細化

し、ホットクラック感受性を低下させ材料特性の異方性を低減させるために、超音波技術の利用を試みる。

造形中の温度振幅および冷却速度が残留応力と凝固割れに大きく影響するが、造形中の熔融池付近の温度を直接計測することは難しい。そこで、有限要素法（COMSOL Multiphysics）によるマクロ熔融凝固シミュレーションにより、予備加熱の有無における熔融池付近の温度分布と温度履歴を求め、さらに、温度勾配と冷却速度を解析的に求める。 $\sigma = E \alpha \Delta T$ を用いて熱残留応力を求め、凝固割れの生成との関係を調べる。

台湾国立清華大学とも連携し機械学習を適用

これまででは、造形条件の最適化を試行錯誤で行ってきたが、DED造形において機械学習を適用する。プログラム言語にはPythonを使用し、プラットフォームはAnacondaのJupyterを使用する。この方法を用いて、台湾国立清華大学の葉教授は、選択的レーザー溶融法で欠陥のない超硬合金WC合金の造形に成功している。本研究でも葉教授の協力を得て、TiAl4822のDED法に展開する。

本研究は①本材料の延性－脆性遷移温度が700℃近傍にあることを考え、十分な延性が発現する温度域に高周波加熱を用いた予熱を基材に付与し割れを防ぎ、②基材に超音波を付与し結晶粒を微細化し、ホットクラック感受性を低下させ、等軸化により材料特性の異方性を低減させる。

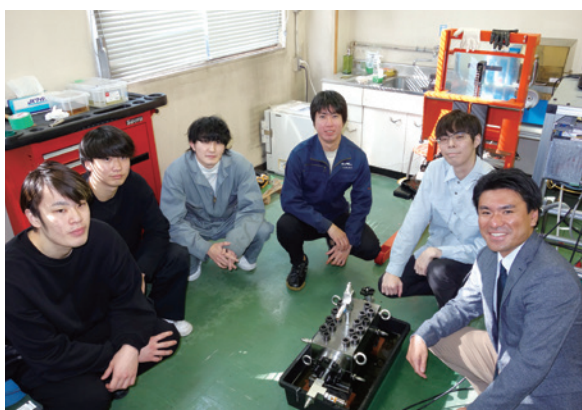
高周波加熱と超音波付与を複合的に適用したTiAlタービンプレードのDED法に関する研究は、世界的に類がない。また、次世代航空機用エンジン「LEAP」に搭載されるTiAlタービンプレードの量産サプライヤーであるAeroEdge（株）との共同研究で、実機適用を見据えている。さらに、レーザー積層造形において国際的なトップランナーであるドレスデン工科大学（フランフォーファーIWS）との共同研究で、ここに台湾国立清華大学の葉教授も加わることで、「日独台」の国際的研究業績が期待できる。

強制潤滑ハイドロフォーミングの 実用化に向けた研究

自動車の軽量化・高剛性化に貢献する

東海大学 工学部 機械工学科

窪田 紘明 講師



窪田研究室の集合写真。中央が「ハイドロフォーミング金型」。左から玉城誠(学部3年)、小川哲平(学部3年)、宮澤翼(学部4年)、三上拓徒(修士2年)、石井英(学部4年)、窪田講師

チューブの高強度化を実現する加工技術 ——自動車の軽量化・高剛性化に貢献

東海大学 工学部 機械工学科の窪田紘明講師の研究テーマ「強制潤滑ハイドロフォーミングの実用化に向けた研究」が、天田財団の2022年度「重点研究開発助成 課題研究」(塑性加工)に採択された。窪田講師は2019年度にもハイドロフォーミングの強制潤滑の研究により天田財団の「奨励研究助成 若手研究者」に採択されている。

窪田講師は、自動車などの材料となる鋼管(チューブ)の高強度化を実現させるために加工技術の開発に取り組んでいる。

自動車産業ではCO₂排出量削減のため電気自動車および電気式ハイブリッド自動車の導入が進んでいる。その一方、衝突事故を起こした際に乗員が高電圧により感電することがないよう、「感電保護性能要件」「高電圧バッテリーの電解液漏れの有無」「高電圧バッテリーの固定状況」が重視され、「衝突安全性の向上」「燃費/電費の改善によるCO₂排出量の削減」が課題となっている。

これらを達成するための方策として、高強度・高剛性構造を実現しやすい鋼管を用いた完全閉断面構造を採用する事例が見られるようになっている。しかし、冷間成形であ

るハイドロフォーミングを用いた自動車部材は、現状は引張強さ980MPa以下であり、板成形に比べて低く、形状も比較的単純なAピラーへの適用にとどまっている。

ハイドロフォーミングにおいて高強度材が使われにくく、形状が複雑化しにくい主な理由は成形性の低さにある。コーナー部に材料が充満しようとする際に、平面部で生じる摩擦力がそれを妨げ、材料の減肉・割れが早期に発生する。この減肉・割れは、特に軸押し効果が届かない管端部から遠い位置で顕著になる。

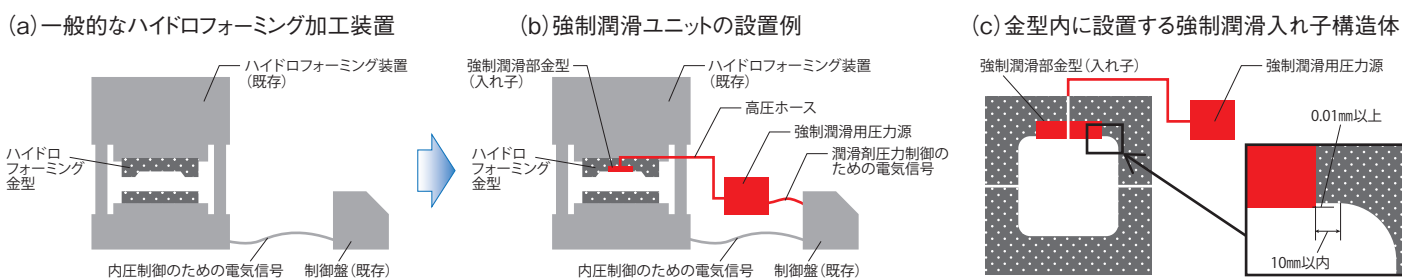
強制潤滑ハイドロフォーミング—— チューブと金型の間に強制的に潤滑剤を注入

窪田講師の研究は、この課題を解決し、高強度鋼管の適用先を拡大することで、自動車の軽量化・高剛性化に貢献することを目的としている。

たとえば直径が50mm、板厚1.2mmのチューブを金型に入れて水圧で膨らませる「ハイドロフォーミングチューブ」では、金型との間に摩擦が生じて割れが発生しやすいという課題があり、自動車部品などに使われる高強度材料には使われていなかった。そこで、チューブと金型の間に強制的に潤滑剤を注入することでその課題を解決し、特許も出願した。

本研究では、①初期投資をおさえるために既存のハイドロフォーミング装置に組み込んで潤滑剤を注入するユニットを開発する、②部品の形状に合わせて潤滑剤圧力や潤滑油の量などを調整するシミュレーション技術を開発する、③潤滑剤を注入するタイミングや位置を変えることで板厚を自在にコントロールできるか調べ、「内圧」「軸押し」に加えて「潤滑剤圧力」を第3の制御パラメータとして検討する——という3つの課題に取り組む。

「この技術が実用化されれば、車体が軽くなるため燃費が改善し、強度が高い材料を使うことでより安全な車体を製造できます。将来的には航空機や医療機器などへの応用も期待できます。研究室に所属する工学部生と大学院工学研究科生の協力も得て、実用化に取り組んでいます」と窪田講師は語っている。



「後付け強制潤滑ユニット」のコンセプト(特許出願番号: 2021-143672)

民間企業で11年間、研究開発に従事

窪田講師は、神奈川県立秦野高校(2002年卒)、早稲田大学 理工学部 機械工学科(2006年卒)、早稲田大学 大学院 理工学研究科 機械工学専攻修士課程(2008年修了)を経て住友金属工業(株)に入社。同社の総合技術研究所 利用技術研究開発部、合併後の新日鉄住金(株)では利用技術研究部で、主に鋼管の塑性加工技術開発と、自動車メーカー・自動車部品メーカー向けのソリューション技術開発に従事してきた。

2015年に京都大学大学院 エネルギー科学研究科 エネルギー応用科学専攻で博士(エネルギー科学)を取得。その後2018年までは自動車メーカーへ出向し、主に自動車ボデーの軽量化技術開発に従事した。2018年からは新日鉄住金の材料ソリューション研究部で自動車の衝突構造開発に従事し、2019年4月に東海大学 工学部の講師となった。

「後付け強制潤滑ユニット」を開発し実証する

本研究で開発する「後付け強制潤滑ユニット」の構想図(右上図)を示す(アイデアレベルで特許出願済)。

実操業での使い方としては、従来法で割れが発生した場合に急急に強制潤滑ユニットを組み込むことを想定している。本ユニットは入れ子金型と潤滑剤用の圧力源からなり、設計・製作、部品試作を行うことで有効性を実証する。

本研究では、今回の2022年度「重点研究開発助成」の資金を使って新たに強制潤滑ユニットを製作し、2019年度「奨励研究助成 若手研究者」の資金で開発した試験装置に組み込み、有効性確認、課題の洗い出し、装置のレベルアップを行う。金型本体と入れ子金型の間のシール方法、金型の構造強度の確保、入れ子金型と金型本体の境界部での製品へのキズ発生の防止法の確立、強制潤滑圧力源の動作に必要な信号と必要な圧力の応答性の評価を行う。

本加工技術を実部品開発に適用するには、机上での金型設計を可能とするシミュレーション技術の開発も不可欠。具体的には、強制潤滑を用いた場合の摩擦係数の空間的な分布、時系列での摩擦係数(接触圧力依存性)を同定し、有限要素法解析へ組み込むことが必要になる。今後実験により成形挙動をつぶさに観察することで、それを表現可能なシミュレーションモデルを開発していく。

ハイドロフォーミングの強制潤滑では、潤滑剤圧力が高い場合に摩擦係数が減少し、潤滑剤圧力が低い場合に摩擦係数が増加すると考えられる。従って、摩擦係数を時系列で自在に変化させることができる可能性を秘めている。言い換えると、時系列で材料の変形を促進したり抑制したりできる可能性がある。本検討では潤滑剤圧力を上げ下げしたり、途中で潤滑剤圧力を低下させて潤滑を停止させたりすることによる肉厚の変化を調べ、肉厚が周方向に均一化できる条件を見出す。潤滑剤圧力を上げ下げするパターンは、ハンマリングハイドロフォーミングと類似した材料流動を促進して肉厚を均一化する効果が期待できる。

「ものづくりのおもしろさを伝えたい」

現在39歳の窪田講師は「大学人になったのは、人材育成とものづくり基礎研究の面から微力ながら産業界の発展に貢献したいと考えたからです。民間企業で11年間、さまざまな場所で研究開発に携わっていく中で、大学・学協会・産業界のみならずには多くの経験を与えていただきました」。

「生産年齢人口の大幅な減少、博士課程に残るのは海外からの留学生ばかりという現状を見る限り、『ものづくり日本』の衰退は避けられません。ものづくりの教育や基礎研究は、実際のものづくりとつながっていくためにも重要であると考えています。今後とも産業界とのつながりを大切にしながら、ものづくりのおもしろさを未来の産業界を担う人たちに伝えていきたいと考えています」と意気込みを語っている。



成形後の鋼管(チューブ)

ワイヤ・レーザDEDで高造形性の 実現と造形体の高強度化を実現する

「ヘテロ凝固核添加による レーザ式指向性エネルギー堆積法の高精度プロセッシング」

名古屋工業大学大学院 工学研究科・工学専攻

渡辺 義見 教授



実験に使用するワイヤ・レーザDED装置の前に立つ渡辺義見教授

強靱な新たな製造プロセスを整備する

名古屋工業大学大学院 工学研究科・工学専攻の渡辺義見教授の研究テーマ「ヘテロ凝固核添加によるレーザ式指向性エネルギー堆積法の高精度プロセッシング」が、天田財団の2022年度「重点研究開発助成 課題研究」(レーザプロセッシング)に採択された。

感染症対策としてテレワークが推奨されたことで、在宅で作成したCADデータを元に、最小限のオペレータの出勤だけで製品製造が行える「遠隔操作3Dプリンティング」が新しいものづくりのモデルとして注目されている。

ものづくりにおける4M (Man, Machine, Material, Method) のひとつである材料 (Material) の性質は、材料の成分と材料の組織によって決まり、材料の組織は材料の成分と製造プロセスによって決まる。強靱な新たな製造プロセスを整備することにより、資源利用を最小にとどめながら、同一以上の性質を発現させることができる。これを「ヘテロ凝固核」の添加により、3Dプリンティングで実現するのが本研究の目的となっている。ヘテロ凝固核の添加により強度向上のみならず、欠陥抑制が可能となれば、SDGsの目標12にある「つくる責任」を果たすことができる。

ワイヤ・レーザDEDが実用段階に

3Dプリンティングは、ものづくりのあり方を根本的に変える画期的な製造方法だが、日本の取り組みの遅れは周知の事実であり、特に金属造形の遅れが目立っている。

主な金属3Dプリンティングとして、粉末床溶融結合 (PBF) 式と指向性エネルギー堆積 (DED) 式があり、それぞれレーザや電子ビームなどを熱源としたプロセッシングが開発されている。

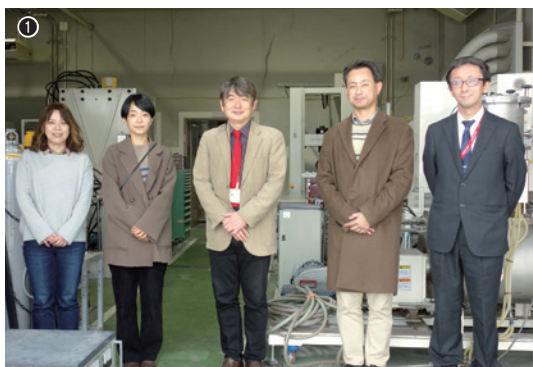
市場への普及で先行するPBFに対してDEDは導入期といえる。DED方式では材料として粉末もしくはワイヤが選択できるが、粉末は材料管理が重要で、高コストが課題。ワイヤ式DEDとしてはアークを熱源としたものもあるが、入熱制御が難しく、造形性に課題がある。

レーザを熱源としたワイヤ式DEDは造形速度が速く、素材が安価で、アークよりも高精度な造形が可能という利点がある。しかし、一般的にレーザの照射タイミングやワイヤの供給タイミングと軸速度を同期させた制御は難しく、造形プロセスが破綻しやすい。そのため、研究開発としての利用例が多い。

最近、レーザ加工機やワイヤ放電加工機、コンピュータ数値制御 (CNC) の製品実績の強みを活かして、三菱電機からワイヤ・レーザDED装置が製品化されている。ワイヤ送給とレーザ出力と駆動軸とをCNCを用いて協調制御する。この独自の制御技術により、造形プロセスが破綻しやすいというワイヤ・レーザDEDの課題を解決し、実用化に成功した。

ヘテロ凝固理論を金属3Dプリンティングに適用する

PBFやDEDによる金属3Dプリンティングは、素過程的には局所的な溶融・凝固を繰り返すプロセスであり、これは鋳造や溶接と同一の物理現象である。したがって、日本が得意とするこれらの分野で培われた技術や知見を金属3D



①先進構造材料学研究室のスタッフ。左から山田素子研究員、成田麻未助教、渡辺義見教授、森谷智一助教、佐藤尚教授／②ヘテロ凝固核粒子を製造する小型ガスアトマイズ装置／③精密万能試験装置

プリンティングに組み入れることで、先進的な金属3Dプリンティング技術の提案が期待できる。

一般的に、凝固組織の微細化と均一化を目的とし、金属の溶融・凝固過程において異質核（ヘテロ凝固核）粒子が内包した結晶粒微細化剤が添加（接種）されている。凝固する相と界面マッチングの高いヘテロ凝固核が存在すると、それを足場として凝固が発生し、乗り越えるべき活性化エネルギーの山が低くなる。これにより、小さな過冷却で至るところに凝固が生じ、結晶粒が微細化される。その結果、機械的性質の向上が担保できる。このヘテロ凝固理論について、渡辺教授は長らく研究を行っており、このヘテロ凝固理論がPBFによる金属3Dプリンティングにも適用できることを発見した（特許第6819952号）。

本研究では原料形態、凝固速度や温度勾配など、凝固に係わる諸条件が異なるワイヤ式DEDでも適用できるかについて調査することを目的としている。

ヘテロ凝固核粒子を内包したワイヤの開発

安定的かつ高品質な3D積層造形が可能なワイヤ式DED 3Dプリンティング装置を用い、ヘテロ凝固核粒子を添加することにより、造形困難材料であるアルミニウムの3D積層造形を行う。この目的達成のためには、アルミニウム母相中にヘテロ凝固核粒子が内包したワイヤ素材の開発が不可欠である。

そこでまず、ヘテロ凝固核粒子として、凝固相であるアルミニウムと界面マッチングの高い物質を探索する。次にこのヘテロ凝固核粒子を分散させた母材を作製し、それに線引き加工を施すことによりφ1.2mmのワイヤを製作する。PBFや粉末式DEDでは、原料粉末にヘテロ凝固核粒子を添加するだけで良く、比較的簡単に実証実験が行える。しかし、ワイヤ式DEDに適用する場合、造形実験に資する長さのワイヤを確保しなければならず、なかなか実験が行われていなかった。

本研究では、ヘテロ凝固核粒子を内包したワイヤを開発し、三菱電機製のワイヤ・レーザDED装置によって造形実験を行い、無添加造形体と比較して、結晶粒径が1/5、

硬さが1.5倍の造形が可能なワイヤ素材の開発を進める。

それとともに、レーザを熱源としたワイヤ式DEDでも、ヘテロ凝固核粒子の添加により高精度プロセッシングが達成でき、無添加造形体に比べて組織と強度が改善されることが見込まれることから、DEDで造形した材料の評価も行う。

本研究は、レーザを熱源としたワイヤ式DEDで、高造形性の実現と造形体の高強度化をヘテロ凝固理論により解決する点が独創的であり、本研究のようにヘテロ凝固核を添加して素材そのものから変えるといった革新的な研究は、少なくとも国内には存在しない。

研究成果次第では、レーザを熱源とした3Dプリンティングの高精度プロセッシングが実現できるのみならず、鋳造時に添加する微細化剤や、レーザ溶接を含めた溶接ワイヤとしても実用化でき、溶接プロセス全般への波及効果が見込まれる。

SDGsの目標達成を目指す研究室

渡辺教授は1985年、名古屋工業大学工学部金属工学科を卒業し、東京工業大学大学院 総合理工学研究科 材料科学専攻 修士課程に入学。1990年に同大学院 総合理工学研究科 材料科学専攻 博士後期課程を修了した。

1990年から鹿児島大学 工学部 機械工学科助手。1992年から北海道大学 工学部 金属工学科助手。1994年から同大学大学院 工学研究科 物質工学専攻助手。1995年から信州大学 繊維学部 機能機械学科助教授、同大学大学院 工学系研究科（博士後期課程）材料工学専攻担当。2005年から、名古屋工業大学大学院 工学研究科教授として勤務している。

渡辺義見教授と佐藤尚教授の先進構造材料学研究室では、SDGsの目標達成を目指し、物性物理学と材料工学の融合により鉄鋼材料や軽金属材料の研究を行っている。プロセス制御による組織制御を行い、新たな材料特性の発現や新規材料開発に取り組んでいる。

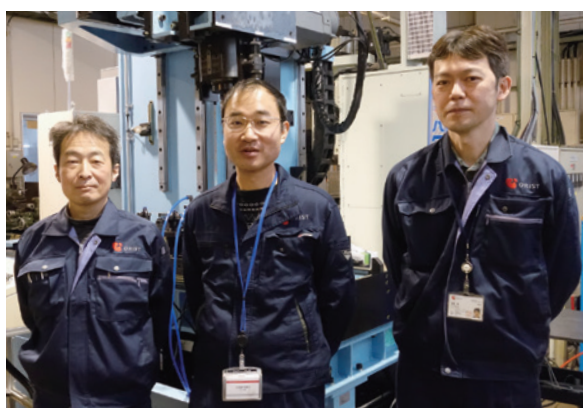
渡辺教授を筆頭に、教授1名、助教2名、博士後期課程2名、博士前期課程12名、学部生8名、研究員1名、技術補佐員2名、秘書1名が在籍している。

強ひずみ加工による高機能材料の 量産技術開発

水素吸蔵合金の量産化により水素社会の実現を目指す

大阪産業技術研究所 先進構造材料研究室

木元 慶久 主任研究員



先進構造材料研究室のメンバー。中央の木元慶久主任研究員をはさんで、左が武内孝研究室長、右が長岡亨主任研究員

再エネ社会の構築に貢献する研究

大阪産業技術研究所 物質・材料研究部 先進構造材料研究室の木元慶久主任研究員の研究テーマ「強ひずみ加工による高機能材料の量産技術開発」が、天田財団の2022年度「重点研究開発助成 課題研究」（塑性加工）に採択された。

ロシアによるウクライナ侵攻が続く中、石油や天然ガスなどのエネルギー価格が高騰している。日本では2011年の東日本大震災により引き起こされた福島第一原子力発電所の事故によって国内すべての原発が稼働停止し、深刻な電力危機と物価高に陥っている。

その中で、太陽光・風力・バイオマス・地熱などの再生可能エネルギー（再エネ）が注目されており、政府は2030年までに電源構成に占める再エネの割合を36～38%にする目標を掲げている。

また、2030年には温室効果ガス排出量を2013年比で46%削減し、2050年にカーボンニュートラルを実現することを目指しており、外憂に翻弄されない持続可能なエネルギーインフラの構築が急務となっている。出力変動が大きい再エネ由来の電力を大規模化するためには、水素蓄電も有力な選択肢のひとつになっている。

水素社会の実現に貢献する水素吸蔵合金

水素は、九州や北海道の余剰電力による水分解で製造できるほか、オーストラリアの褐炭から製造した水素を液化し輸入する事業が進行中である。2019年、清水建設と産業技術総合研究所（産総研）は、大規模・長期間・コンパクトに水素を貯蔵できる「水素吸蔵合金」の特長を生かし、Ti-Fe系水素吸蔵合金ボンベに蓄電する自立型エネルギー供給システム（東芝製）の実証実験を開始した。

水素と相性の良い（化合して水素化物をつくりやすい）金属に、マグネシウム（Mg）、チタン（Ti）、バナジウム（V）、ランタン（La）などがあり、相性の悪い（化合しにくい）金属に、ニッケル（Ni）、鉄（Fe）などがある。これらのある配合比（組成）で混ぜて合金にすると、圧力や温度を利用して比較的簡単に水素を吸蔵し、また水素を放出することができる。これが水素吸蔵合金である。

現状の高圧水素タンク（最高700気圧）搭載水素ドローンには、落下衝撃緩和措置が義務付けられているが、約10気圧で水素蓄電できる水素吸蔵合金ボンベを採用できれば、措置の簡素化および高圧ガス保安法適用除外による普及促進が期待でき、水素社会の実現も加速できる。

水素吸蔵合金の製造に 摩擦攪拌プロセス（FSP）を活用

従来の水素吸蔵合金粉末の製造方法は、ボールミリングが主流だったが、近年は板材や棒材などの塊状の素材（バルク）に強ひずみ加工を施し、処理部から粉末を削り出す新工程が検討されている。

木元主任研究員の研究では、摩擦攪拌プロセス（FSP）を水素吸蔵合金の新製法として開発し、高度化することで、高性能化と量産化の両立に取り組んでいる。

FSPは、突起を有する回転工具を板材に押し当て、水平方向に送り、攪拌領域の結晶粒を微細化する改質技術である。しかし、従来のFSP条件で作製される動的再結晶組織では、たとえばAZ31合金の攪拌部から削り出した粗粉末は350℃、約1MPaの水素吸蔵に2週間以上を要した。



①大阪産業技術研究所が保有する摩擦攪拌接合装置／②摩擦攪拌を行う回転ツール／③摩擦攪拌によって作製された水素吸蔵合金(中央)

そこでプロセス条件の最適化を進めると、6wt.% 水素吸蔵時間は従来のFSPの約1/2から1/3に短縮され、FSPが水素化反応を高速化(初期活性化時間を短縮)できること、第100吸蔵サイクル後も6wt.%以上の水素吸蔵量が維持され、ほかの強ひずみ加工(高圧ねじり加工(HPT)または等チャンネル角押出し(ECAP))を受けたバルク材から削り出した粉末よりもサイクル耐性に優れること、さらに、水素吸蔵合金の生産速度が高速ボールミリングよりも高速(300g/日以上)であることを示した。

水素吸蔵合金のサプライチェーン構築へ

摩擦攪拌プロセスは、ベースとなる水素吸蔵合金に触媒物質を添加することも可能である。本研究によって、水素キャリアのうち性能・コスト両面で実用化が困難とされていた水素吸蔵合金について、すでに低コスト化の見通しが得られており、現在は高性能化に向けた研究開発を中心に取り組んでいる。

「摩擦攪拌装置は制御性の高いフライス盤と類似の機構を有しており、少量生産段階では専用機で、量産加工は汎用機で行います。市場拡大局面では多くの金属加工業者が保有する汎用NCフライス盤で摩擦攪拌を可能とするモジュールの開発を進め、水素吸蔵合金のサプライチェーンを構築したい。概算ですが、直近10年で日本国内に導入されたマシニングセンタ40万台のうち、1/4の10万台がそれぞれ1日10 kgの水素吸蔵合金を製造し、1日1,000トンの水素吸蔵合金を製造できれば、清水建設が建設したビル約700棟分のCO₂排出量を半減できる量に相当する。そのためには摩擦攪拌部の切削・粉碎・容器充填工程の開発が必要ことから、工作機械、粉碎機メーカー、ガスボンベなどを取り扱う企業のご協力も必要になります」(木元主任研究員)。

ライフラインを奪い合う必要がない世界へ

木元主任研究員は2002年3月に大阪府立大学工学部

機械システム工学科を卒業し、2004年に同大学工学研究科機械系専攻機械システム分野の博士前期課程、2007年3月に同物質系専攻材料工学分野博士後期課程を修了して、工学博士を取得した。

同年4月から同電子・数物系専攻電子物理工学分野の非常勤研究員として勤め、2008年10月から3年半は民間企業に勤務した。2012年4月からは大阪市立工業研究所(現:大阪産業技術研究所森之宮センター)に勤務。金属材料の硬さ試験、光学顕微鏡、分析型走査電子顕微鏡、X線回析などの企業支援業務を行うとともに、持続可能な社会を実現するため、塑性加工の応用研究に取り組んでいる。

2017年にはオーストリアのウィーン大学物理学部に留学(1年間)し、現在も水素吸蔵合金の研究分野で交流が続けている。

本研究は同じ研究室で摩擦攪拌接合(FSW)の研究を行う長岡亨主任研究員(工学博士)と、武内孝研究室長も共同研究者として協力している。

「子どもや孫たちの世代にたくさんの負の遺産を残すか、持続可能な社会を築き上げるかは、今を生きる私たちにかかっています。再エネを貯めて大切に使い、ライフラインを奪い合う必要がない世界の実現に向けて、研究を続けていきたい」と木元主任研究員は力強く語っていた。



摩擦攪拌接合で異種材の薄板を接合したサンプル

工程数削減を実現するサーボプレス の モーション設計支援ツールの開発

推奨モーション予測の AIモデルを構築・活用する

産業技術総合研究所 製造技術研究部門

梶野 智史 主任研究員



引張試験装置の前に立つ梶野智史主任研究員

環境負荷低減に貢献するサーボプレス の モーション設計支援ツールの開発

産業技術総合研究所（産総研）製造技術研究部門 素形材加工研究グループの梶野智史主任研究員の研究テーマ「工程数削減を実現するサーボプレスモーションの究明、およびモーション設計支援ツールの開発」が、天田財団の2022年度「重点研究開発助成 課題研究」（塑性加工）に採択された。

近年は、環境負荷を低減する製造技術のひとつとしてサーボプレスへの関心が高まっている。サーボプレスは電力消費量が少なく、加工音が静かで、オイル使用量は従来のメカプレスの67%程度と省資源。スライドモーションを自由にコントロールすることができ、最小限のストローク量による生産性向上、材料と金型のソフトタッチや低速加工による成形性の向上、金型の長寿命化、加工中の潤滑油の再塗布などが可能となる。

しかし、スライドモーションの設計は、トライアンドエラーの繰り返しによる手探りの部分が多いのが実情である。また、モーションと加工特性の関係を体系的に整理したデータベースも十分に整備されていないため、モーション設計時に参照するデータも不足している。サーボプレスが有する多様

な利点を最大限に活かすために、スライドモーションの設計指針、モーション設計をサポートするシステムの構築が望まれている。

本研究では、工程数削減などを実現するサーボプレスモーションを究明し、AI技術を活用することでモーション設計を効率的にサポートするモーション設計支援ツールの開発を目指す。

推奨モーション予測のAIモデルを構築する

現時点では、AIもしくはIoTなどの情報技術をプレス機に適用した例として、プレス機の稼働率管理や予防保全などに対応するソフトウェアが開発されている。しかし、加工プロセスそのものに示唆を与えるような予測システムの構築には至っていない。

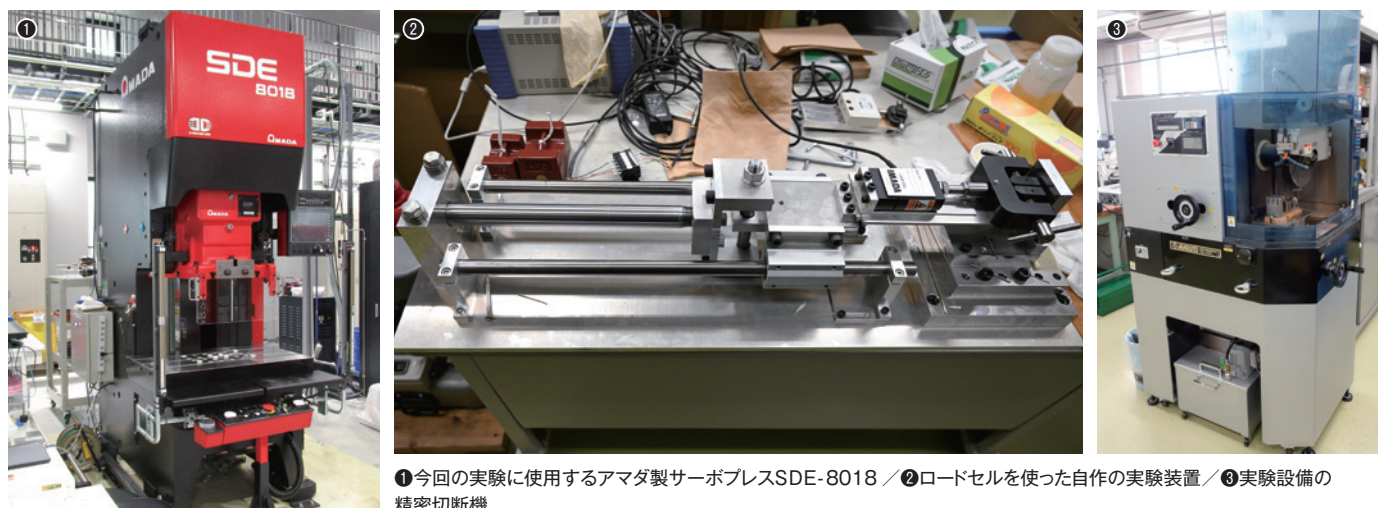
本研究で開発するモーション設計支援ツールの活用により、工程数を削減させるモーション設計にかかるコストや時間の低減、トライアンドエラーで生じる不良品の大幅な削減が期待できると考えられる。

なお、モーション設計支援ツールの開発に関連し、推奨モーション予測のAIモデルの構築、AIモデルに利用するパラメータの設定などの研究は、産業技術総合研究所 素形材加工研究グループの権藤詩織研究員（現在ドイツ留学中）が共同研究者として協力する。権藤研究員は梶野主任研究員にとって、母校である早稲田大学 基幹理工学部 機械科学・航空学科の浅川基男名誉教授の研究室の後輩でもある。

鍛造・プレス加工のデータベース構築に携わる

梶野主任研究員は早稲田大学 理工学術院の助手を経て、2007年に産業技術総合研究所の研究員となり、デジタルものづくり研究センターに入所。そこで、NEDOのプロジェクト「ものづくり・IT融合化推進技術の開発」に参画した。

このプロジェクトは鍛造・鋳造・切削・めっきなど15の製造技術分野のデータベースの構築が目的であり、梶野主任研究員はそのうちの鍛造・プレス加工のデータベース構築



に携わった。この時の知見が、本研究にも活かされている。

また、後続のプロジェクトである「中小企業基盤技術継承支援事業」にも参画した。このプロジェクトでは、熟練技能者の技能を抽出し、形式知化・システム化して若手技能者の技能習得を支援する「加工テンプレート」を開発した。加工テンプレートは産総研が鍛造・鋳造・熱処理・めっきを担当し、共同開発者の理化学研究所がプレス・切削を担当した。梶野主任研究員は、このうち鍛造の加工テンプレート開発にも携わった。

その過程で技能の抽出と形式知化に関する経験を積み重ね、AIモデル構築の際に役立つ知見を培うことができた。この時に開発した鍛造加工の工程設計、金型設計支援に関するテンプレートは、本研究にも活用できる。

2010年には産総研の先進製造プロセス研究部門に異動し、2012年には経済産業省 中小企業庁に出向した。中小企業庁ではサポイン事業に携わり、中小企業の実態に触れる機会を得た。この時の経験が本研究提案の礎の一部にもなっている。

2013年に製造技術研究部門に復帰。復帰後は3Dプリンター関連の事業 (TRAFAM) にも携わりつつ、伸線や圧延、鍛造などの塑性加工の研究を継続している。

大学時代から継続している伸線加工 (細線伸線材) の表層部付加的せん断ひずみ層における内部組織と引張り強さ向上の関係や、せん断加工などの塑性加工研究などを通じて、本研究における加工特性の解明に有効な知見も備えている。

工程数削減に有効な モーション設計支援ツールを構築する

本研究の目的は以下の3点。

① データベース構築

後方押出し、前方押出しなどの基本的な鍛造加工を対象として、スライドモーションと加工特性 (加工圧力・成形限界・潤滑状況・加工精度など) の関係を究明する。それら

を集約したデータベースを構築し、設計支援ツールの基盤とする。設計支援ツールの活用によって、トライアンドエラーでモーション設計を行う際に発生する膨大なコスト・時間・不良品の削減、作業員の負担軽減などの効果に期待している。

② スライドモーションのAI予測モデルの構築

加工圧力を低下させるなどの効果を有したスライドモーションを予測するためのAIモデルの検討。数値化・パラメータ化し、前述のデータベースと組み合わせることで設計支援ツールの骨子とする。

③ 多段工程の工程数削減のモーション設計支援システムの構築

スライドモーションと加工特性の関連を示すデータベースと、AIを活用したスライドモーションの予測システムを利用し、工程数削減に有効なスライドモーション設計支援ツールを構築。ツール開発後はサーボプレス機のコントローラに搭載することを目指す。

天田財団の研究開発助成を受けるのは4回目

本研究には産総研の臨海副都心センターに設置されているアマダ製サーボプレスSDE-8018を用いる。今回の研究助成金で軸の前方押出し用金型 (2段軸にも対応可能) 容器と、軸の組合せ形状用の金型を製作。金型完成後に鍛造実験を行う。対象材料はS15C、純アルミA1070など。実際の反力を計測するためにダイヤパンチにロードセルを埋め込んだ治具を開発し、実験している。

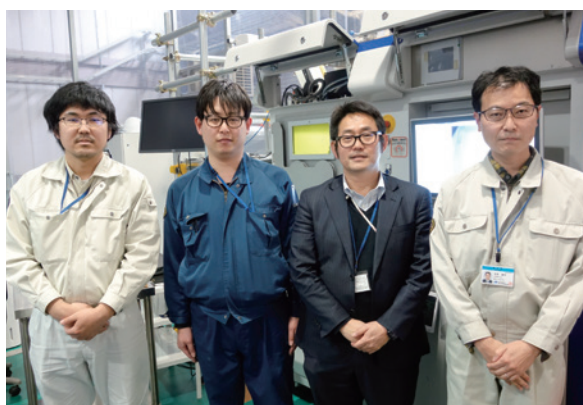
「われわれの研究費は限られているので、天田財団の研究開発助成は大変ありがたい。過去にも3回、研究助成をいただき、今回が4回目です。大学とはちがいがスタッフの数も限られているので、研究助手は大学と連携し、研究所で卒論研究に取り組みつつ、研究に参加してもらっています。参加してくれる学生には交通費を支払う必要があり、人件費への充当が認められる天田財団の助成は助かります」と梶野主任研究員は語っている。

金属積層造形技術の 社会実装に貢献する

「レーザ積層造形 Ni 基超合金の延性低下割れ挙動の 定量評価および割れ特性改善の試み」

物質・材料研究機構 構造材料研究拠点 接合・造型分野

渡邊 誠 分野長



接合・造型分野の研究スタッフ。左から積層スマート材料グループの鈴木大研究業務員、石原智行研究業務員、渡邊誠分野長、笠原健司研究業務員

レーザ金属積層造形プロセスへの注目

物質・材料研究機構 構造材料研究拠点 接合・造型分野の渡邊誠分野長の研究テーマ「レーザ積層造形 Ni 基超合金の延性低下割れ挙動の定量評価および割れ特性改善の試み」が、天田財団の2022年度「重点研究開発助成 課題研究」（レーザプロセッシング）に採択された。

金属積層造形プロセス技術は、現時点では材料コストや造形時間に課題があり、従来の加工技術を大きく置き換えていく状況にはない。しかし、従来の機械加工や鋳造では困難な形状を造形することができ、部品的大幅な小型化、冷却効率の向上、燃料利用効率の向上等が可能となる。さらに、多品種生産に適した手法でもあるため、あらゆる人が質の高いサービスを受けられる、新たなものづくりシステムの構築に寄与できるとされている。

なかでもレーザ3次元（3D）金属積層造形プロセスは、従来技術では不可能な複雑形状を有する部材を製造可能な新しいプロセスとして注目されている。発電タービンやジェットエンジンの燃焼器、電気自動車の冷却部材など、脱炭素社会の実現に向けた重要な技術となっている。

Ni基超合金の「延性低下割れ」

Ni 基超合金は、航空宇宙分野において耐熱性が要求される部材に用いられており、エンジン燃焼温度の高温化や部材の軽量化のために、3D 造形プロセスの適用が精力的に研究されている。しかし、高温力学特性に優れる γ' 析出型の Ni 基超合金の積層造形では、造形中あるいは熱処理時にき裂が発生することが大きな課題となっている。

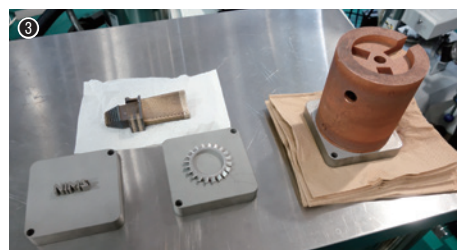
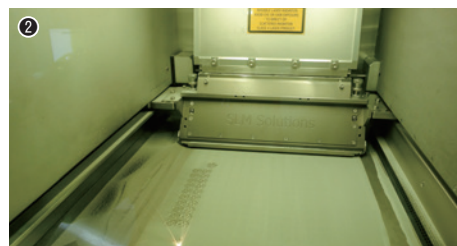
渡邊分野長らはレーザ3D積層造形（Laser Powder Bed Fusion：LPBF）法により作製した Ni 基超合金 Inconel 738LC の断面観察を行い、造形時のスキャン速度を変化させて、き裂発生状態を比較した。その結果、スキャン速度が低下し、単位時間あたり、単位体積あたりの入熱量が増加すると、試験片端部から多数のき裂が発生することがわかった。

渡邊分野長らは割れ発生のメカニズムとして、液相が関与した割れ（凝固割れ、液化割れ）と、固相での割れの2つに注目した。前者は、レーザにより粉末が溶融され凝固する際の凝固収縮にともなう割れ（凝固割れ）などであり、後者は γ' 析出にともなう割れと考えられる。

渡邊分野長らの研究では、こうした割れを「延性低下割れ」と呼ぶ。

延性低下挙動を定量的に明らかにする

延性低下割れでは凝固完了後あるいは、後続の積層過程における固相状態でのある特定の温度域において、顕著な延性低下が生じ、き裂が発生するものと考えられる。そのメカニズムとしては、レーザによる急冷凝固により、固溶体の状態で凝固した γ 相から、 γ' 相（ $\text{Ni}_3(\text{Al,Ti})$ ）が析出することで、 γ 相の体積収縮が生じ、引張応力が生じると定性的に説明されている。しかし、レーザ積層造形プロセスは新しいプロセスであるために、実際にどの程度の延性低下が生じるのか、それに対する造形体の集合組織の影響や、合金元素の影響、さらには炭化物など γ' 以外の組織の影



① SLMソリューションズの3D金属積層造形システム／②ガルバノミラーを使ってレーザービームを自由に動かし、金属粉末を積層造形する／③積層造形で製作した各種サンプル

響など、まだまだ多くのことが不明である。

本研究は γ' 析出型Ni基超合金を対象として、レーザ積層造形中あるいは造形後熱処理時の固相割れを抑制する手法を、造形プロセス条件および、造形体組織、合金組成の改良の観点から見出すことを目的としている。具体的には、造形まま材の高温引張試験により、試験温度と破断伸びとの相関データを取得し、延性低下挙動を定量的に明らかにする。

Inconel 738LCの造形体について、異なる温度破断試験を行い、破断伸びを実際に測定した予備実験によると、600℃での試験では12～18%であった破断伸びが、800℃および900℃では1%以下に低下することがわかった。また、このような高温引張試験により、積層造形材ではほとんど報告されていない、実際の延性低下温度域や、そこでの破断伸びについて明らかにすることも期待できる。

高性能Ni基超合金の 積層造形部材の実用を加速

さらに重要なことは、どのようにしてこの現象を克服し、高性能Ni基超合金の積層造形部材の実用を加速できるかである。レーザ造形では、レーザ出力やスキャン速度、ハッチング距離（隣り合うレーザスキャン距離）、予熱など、プロセス条件により、大きな柱状晶から比較的微細な等軸的組織まで変化させることができる。そこで、これら造形体組織と延性低下度合いとの相関を調査し、適切なプロセスウインドウを明らかにする。

そしてこれまでの分析により、固相割れが粒界で生じることがわかっている。粒界を強化し、レーザ積層造形に適した新しい合金設計の指針を得ることを目指す。

他機関の研究事例では、微細な炭化物を添加することにより凝固時の核生成を促すことで組織微細化がはかれ、造形時の固相割れ抑制効果があると報告されている。このような第二相添加による組織微細化への影響と高温温度域での力学特性への影響についても定量的に明らかにし

ていく。

また、前述の通り、高い温度での破断伸びの劇的な低下要因としては、 γ' 相の析出によるものと定性的には考えられている。しかし、粒界の凝固偏析や、他の析出相の影響なども考えられることから、この延性低下メカニズムの解明も本研究の重要な目的である。粒内の γ' 析出状態や粒界の微視組織を詳細に分析し、き裂発生挙動との相関について明らかにしていくことを考えている。

さまざまな研究プロジェクトで活躍

渡邊分野長は1995年、東京大学 工学部 材料学科を卒業後、東京大学大学院 工学系研究科 材料工学専攻で博士課程に進学し、2000年に博士（工学）を取得。同年から米国プリンストン大学の研究員として、2002年からカリフォルニア大学 サンタバーバラ校の研究員として、Ni基超合金に対する耐酸化ボンドコーティングや、部分安定化ジルコニアなどの耐熱コーティングを対象に、密着性および界面靱性、皮膜の劣化メカニズムや残留応力などに関する研究に携わった。

2004年、物質・材料研究機構（NIMS）材料研究所溶射工学グループに入所してからは、金属やサーメット、セラミックスなど多様な材料を対象に、粉末原料を用いたコーティングや積層造形プロセスの研究に携わっている。

現在は構造材料研究拠点 接合・造型分野の分野長のほかに、構造材料研究拠点 接合・造型分野 積層スマート材料グループのグループリーダー、統合型材料開発・情報基盤部門 SIP-MIラボ 3D粉末積層チームのチームリーダー、統合型材料開発・情報基盤部門 マテリアルズインテグレーションコンソーシアム 主席研究員なども兼務しており、多忙な研究生生活を送っている。

天田財団の研究助成は、2013年度「一般研究開発助成」に「金属粒子の超高速衝突・堆積・成膜プロセスにおける界面強度の支配因子解明」という研究テーマで採択されており、今回が2度目の採択となる。

「先進鉄鋼材料とその加工技術」がテーマ ——「塑性加工助成研究成果発表会」

ハイブリッド方式で開催

天田財団は2022年11月17日、仙台ガーデンパレス（宮城県仙台市）で「第19回塑性加工助成研究成果発表会」を開催した。ハイブリッド方式（会場+オンライン）での開催となり、参加者はオンライン参加者を含め100名あまりだった。発表会終了後には同会場で交流会を開催し、日本塑性加工学会の関係者をはじめ、60名あまりの研究者が参加した。

この発表会は、11月18日から19日までトークネットホール仙台で開催された一般社団法人日本塑性加工学会の協賛行事として、「先進鉄鋼材料とその加工技術」をテーマに開催された。

天田財団は、金属等の塑性加工分野およびレーザープロセッシング分野の研究開発、社会実装に関連する研究を行う大学や高等専門学校、研究機関などの研究者へ向けて研究開発助成を行っており、普及啓発事業の一環として毎年、助成研究成果発表会を開催している。

「人を育て、知を拓き、未来を創る」

発表会の冒頭、天田財団・末岡慎弘代表理事理事長は次のように挨拶した。

「新型コロナウイルス感染症のパンデミックが続き、当財団の活動も大幅に制限される中で、会場とオンラインというハイブリッド方式で塑性加工助成研究成果発表会を開催

することができ、大変うれしく思っています」。

「このパンデミックは世界経済に深刻な影響を与えています。また、ロシアによるウクライナへの軍事侵攻の影響も出ています。一方で科学技術の分野ではデジタルトランスフォーメーションへの対応やSDGsの達成、カーボンニュートラルの実現など技術的な課題が山積しています」。

「当財団は『人を育て、知を拓き、未来を創る』という運営指針を掲げ、研究者のみならずを応援しています。2022年度前期の助成研究テーマは90件、助成金額は2億6,631万円となりました。1987年の財団設立以来、累計助成件数は2,090件、累計助成総額は37億696万円となりました。公益事業を通じて日本のものづくりに貢献するため、これからもいっそうの努力を続けてまいります」。

「今まで以上に産官学の 連携・協業が強く求められる」

来賓の日本塑性加工学会・藤川真一郎会長（日産自動車株）は「現在の状況下で、新しい塑性加工技術をはぐくみ、日本の産業の競争力を確保するためには、今まで以上に産官学の連携・協業が強く求められます。その中で天田財団は30年以上にわたり公益事業として日本のものづくりに多大な貢献をし、当学会の研究者にも多くの支援をいただいています。『物作り、人創り、国造り』をコンセプトとする当学会も、変えるべきところは変えていき、活性化をはかっ



開会の挨拶をする天田財団・末岡慎弘代表理事理事長



祝辞を述べる来賓の日本塑性加工学会・藤川真一郎会長（日産自動車）

ていきます。天田財団と当学会はこれからともに歩み、ともに日本の未来を創出していきたい」と祝辞を述べた。

テーマは「先進鉄鋼材料とその加工技術」 ——講演・発表は計7本

基調講演では、**東京大学・柳本潤教授(天田財団理事)**が「先進鉄鋼材料とその加工技術」をテーマに講演を行い、自動車の電動化にともなう軽量部材製造に必要な高強度鋼板や材料、金型の研究開発努力が果たす役割などを説明した。

研究成果発表会では、これまで天田財団の助成を受けた4件の研究成果が発表された。**東京工業大学・吉野雅彦教授**が「結晶方位の制御を目的とした組織制御加工法の検討」、**東海国立大学機構岐阜大学・王志剛教授**が「板鍛造による高張力鋼板製フランジ付き有底カップの成形法の開発」、**豊橋技術科学大学・森謙一郎名誉教授**が「超高強度鋼部材の次世代スマートホットスタンピングの開発」、**広島県立総合技術研究所・坂村勝担当部長**が「金属の塑性流動を利用した新たな接合技術の開発」について発表した。

その後は産業分野での取り組みを紹介する2件の企業講演が行われた。**(株)力ガヤ 研究開発室・工藤哲也室長**が「550N/mm²級冷間成形角形鋼管柱——通しダイアフラム30度開先溶接継手性能に関する研究」、**JFEスチー**



久しぶりのリアル開催となった交流会で談笑する参加者

ル(株)スチール研究所 棒鋼・線材研究部・建山恭寛氏が「JFEスチール仙台製造所の紹介と棒線新商品開発」に関する講演を行った。

久しぶりのリアル交流会

その後は会場を移動して参加者・講演者による交流会が催された。元日本塑性加工学会会長の**東海大学・吉田一也客員教授(天田財団理事)**の挨拶の後、久しぶりに開催されたリアルな交流の場で会話が弾んでいた。



基調講演を行う東京大学・柳本潤教授(天田財団理事)



交流会で乾杯の挨拶をする東海大学・吉田一也客員教授(天田財団理事)

「第35回優秀板金製品技能フェア」の 受賞作品が決定

日本塑性加工学会が協賛、天田財団も後援

職業訓練法人アマダスクールは3月18日、「第35回優秀板金製品技能フェア」の選考結果を発表した。同フェアは一般社団法人日本塑性加工学会が協賛し、厚生労働省・経済産業省・神奈川県・天田財団などが後援している。

厚生労働大臣賞は(株)マツダ(静岡県)の「THE EARTH」、経済産業大臣賞は(株)最上インクス(京都府)の「スリットフィン～自由な伝熱フィン～」が受賞した。

神奈川県知事賞は(株)大田産業(兵庫県)の「パルーン」、中央職業能力開発協会会長賞は(株)三輪工業(福島県)の「珠」、日刊工業新聞社賞はシンエイメタルテック(株)(佐賀県)の「星型エンジン」、日本塑性加工学会会長賞は(株)佐藤医科器械製作所(滋賀県)の「Hemming・My way ヘミング・マイウェイ」、海外最優秀作品賞はANTARCTICA EQUIPMENT PVT. LTD.(インド)の「AE-LOCOMOTIVE ENGINE」が受賞した。

厚生労働大臣賞を受賞した「THE EARTH」(マツダ)は、レーザ溶接技術と溶接技能がきわめて高いレベルで融合した作品として評価された。経済産業大臣賞を受賞した「スリットフィン～自由な伝熱フィン～」(最上インクス)は、自由に湾曲させることができ、板金加工の新たな用途を提案した作品として評価された。日本塑性加工学会会長賞を受賞した「Hemming・My way ヘミング・マイウェイ」(佐藤医科器械製作所)は、全長2mを超える1枚の板からヘミング曲げ・FR曲げを駆使して製作し、きわめて高度な曲げ技能が評価された。

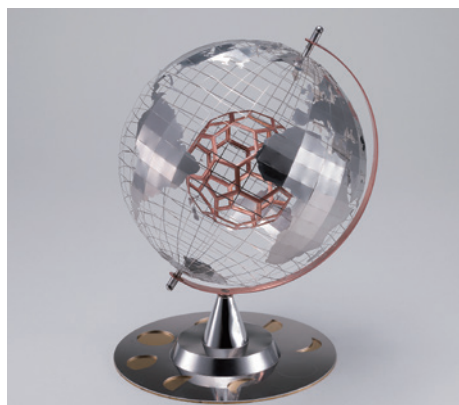
応募総数は前回は上まわる215点

応募総数は215点(国内138点、海外77点)で、前回(第34回)の193点から11.4%増加した。海外からの応募は計17カ国・77点で、海外比率は35.8%となった。

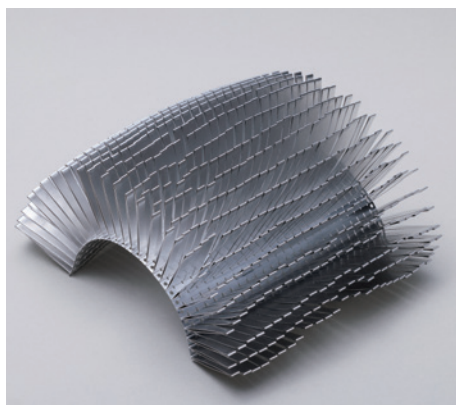
コロナ禍への対応として前々回(第34回)からWEB投票を採り入れ、今回が3回目。WEB投票により可能となった海外からの投票が増加し、全投票の60%を占めた。

募集分野は「単体品の部」「組立品の部」「溶接品の部」「造形品の部」「学生作品の部」の5分野。4分野からグランプリが選ばれ、「単体品の部」はリョーユウ工業(株)(福岡県)の「板金 origami」、「組立品の部」は(株)坂口製作所(大阪府)の「双曲面」、「溶接品の部」はR P Products Pharma Equipments Pvt. Ltd.(インド)の「S・S・SPIRAL ART STRUCTURE」、「造形品の部」は(株)晃新製作所(埼玉県)の「Safety Shoes」が受賞した。「学生作品の部」の金賞には、三重県立津高等学校(三重県)の「MC-64 ヴェプラ」が選ばれた。

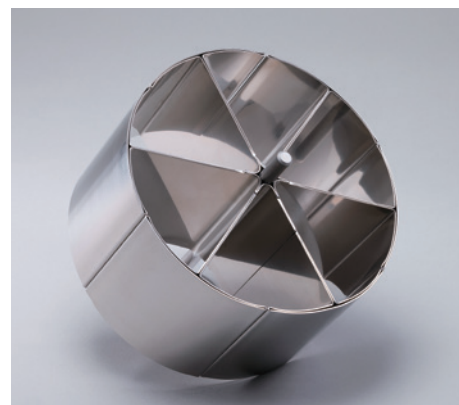
アマダ賞として、(株)西野精器製作所(茨城県)の「玉扱(ぎょくたく)」、(株)亀山鉄工所(岐阜県)の「ベルマウス」、(株)マツダ(静岡県)の「螺旋と球体の融合」、LA DUE ESSE s.r.l.(イタリア)の「COFFEE MACHINE」、Lycée des Métiers Gustave EIFFEL(フランス)の「JEANNE」、VIETNAM JAPAN INDUSTRIAL DEVELOPMENT AND MANUFACTURING J.S.C.(ベトナム)の「One Pillar Pagoda」の6作品が選ばれた。



厚生労働大臣賞を受賞した(株)マツダ(静岡県)の「THE EARTH」(W150×D150×H200mm)



経済産業大臣賞を受賞した(株)最上インクス(京都府)の「スリットフィン～自由な伝熱フィン～」(W106×D100×H30mm)



日本塑性加工学会会長賞を受賞した(株)佐藤医科器械製作所(滋賀県)の「Hemming・My way ヘミング・マイウェイ」(W180×D180×H102mm)

レーザー学会主催の年次大会併設展 「Laser Solution 2023」に出展

天田財団は、1月18日から20日までの3日間、ウイנקあいち（愛知県名古屋市）で開催されたレーザー学会学術報告会第43回年次大会併設展「Laser Solution 2023」（主催：一般社団法人レーザー学会）に出展した。

第43回年次大会は、新型コロナウイルス感染症の拡大状況が続く国難のさなかにもかかわらず、講演数488件、参加者数806人となった。件数・参加者数とも前回より2割以上、増えた。前は完全オンラインで開催されたが、今回は一部の講演を除き、オンサイトでの開催となった。

12におよぶシンポジウムや優れた招待講演、最新の研究

成果発表があり、ポスターセッションも盛況で、参加者はレーザー技術・光科学・光技術の進展と新しい方向性を知ることができ、対面式により交流を促進することができた。

レーザー学会の賛助会員でもある天田財団は、研究成果が集録された「天田財団助成研究成果報告書」や「天田財団ニュース」などの資料を会場で配布した。

なお、2024年1月に開催される第44回年次大会（東京開催）は、学会創立50周年記念大会となり、東京の日本科学未来館および東京国際交流館プラザ平成での開催が予定されている。

光・レーザー関連技術の総合展 「Photonix 2022」に出展

天田財団は2022年12月7日から9日までの3日間、幕張メッセ（千葉県千葉市）で開催された光・レーザー関連技術の総合展「Photonix 2022」（主催：RX Japan）に出展した。

前回「Photonix 2021」はコロナ禍により来場者数を制限し、検温やアルコール消毒などを徹底して開催され、出展者数・来場者数とも減少した。今回は感染者数が落ち着いてきたこともあり、前回比微増となる604社が出展。ファイバー・CO₂・YAG・半導体レーザー発振器、レーザー切断・溶接機、レーザー穴あけシステム、金属3Dプリンター、レーザー彫刻機、ハイブリッドレーザー加工、樹脂溶着システム、レーザー受託加工などの技術・製品・サービスを提案した。

来場者数は前回の2.4倍、4万4,172名と大きく伸びた。出展者はどこも手ごたえを感じている様子で、やはりオンライン開催ではなくリアル開催であることの効果が大きいようだ。

天田財団は、2,000件以上の研究成果が集録された「助成研究成果報告書」やパンフレット、「天田財団ニュース」などを配布し、財団の公益事業活動を紹介するパネルの展示を行うなど、普及啓発活動を行った。会期中にブースを訪れた来場者の多くが、金属加工分野でレーザー技術を

応用している企業関係者、大学や研究機関でレーザー関連の研究に携わっている研究者、大学でレーザー・光学関連の技術を学んでいる学生で、レーザープロセッシング分野の研究助成を行っている財団の事業活動に強い関心を示していた。用意していった配布資料は、会期中にほぼなくなった。



「Photonix 2022」に出展した天田財団のブース

2023年度前期「技能検定受検手数料助成」の募集を開始

天田財団は4月1日から2023年度前期「技能検定受検手数料助成」の募集を開始した。

受検手数料助成の対象となっている職種は「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）」の3つ。「非接触除去加工（レーザー加工作業）」は、2022年3月に厚生労働省が職業能力開発促進法施行規則を改正し、技

能検定の職種・作業・試験内容を見直したことにより、2023年度から技能検定の新たな試験科目として加わった。

前期は4月1日から8月31日まで、後期は10月1日から2024年2月29日まで申請を受け付ける。前期・後期の助成総額は1,000万円。詳細は天田財団のWebサイト (<https://www.amada-f.or.jp/>) を参照のこと。

2023年度の行事予定

1. 公共展への参加

Photonix 2023

日程：2023年10月4日～6日

場所：幕張メッセ

2. 助成研究成果発表

第20回 塑性加工 助成研究成果発表会

日程：2023年6月9日

場所：名古屋工業大学（成果発表会）
名古屋ビール園「浩養園」（交流会）

3. 助成事業

令和5年度後期 技能検定 受検手数料助成

申請期間：2023年10月1日～

2024年2月29日

2023年度助成式典

日程：2023年11月25日

場所：アマダフォーラム（神奈川県伊勢原市）

編集後記

事務局長の鈴木です。本誌の「研究室訪問」の取材旅行は名古屋工業大学教授の渡辺義見先生の研究室への2月28日の訪問を最後に完了し、いよいよ編集後記を書く時期になりました。今回は私自身が研究者を訪問する機会はありませんでしたが、高津事務局次長が奮闘してくれました。お忙しい中訪問をお受けいただいた先生方、ありがとうございました。

編集後記を執筆中の現在は3月上旬で、来週末に当財団の2023年度予算を審議する理事会を控えています。みなさまご存じだと思いますが、当財団の収益のほとんどは(株)アマダの株式配当です。2023年度も本年度と同等以上の配当があることを期待し、助成金の科目については2022年度並みを提案する予定です。ご期待ください。（昨年春号の編集後記の原稿締切日は3月の理事会後でしたが、なぜか今回は締切日が早いので、理事会で予算が承認されるまでは、あくまで予定です）。

予算を組むうえでは先に2022年度決算予想を行う必要がありますが、2022年度を振り返ってみますと、理事会・評議員会・選考委員会のすべての会議、塑性加工とレーザープロセッシングの助成研究成果発表会、助成式典や3回の公共展出展と、これらすべてをリアルで開催することができ、また多くの方々にご参加いただきました。さらには本誌の「研究室訪問」の取

材も、秋号、今回の春号ともに、実際に研究室を訪問することができました。コロナ禍により、やむをえずオンライン取材にすると、リアル取材に比べると経費は安くなります。リアルで行えたのは良いとして、会議や催事に掛かる経費は、コロナ前に戻るだけでなく、ハイブリッド開催と称してオンライン併用が当たり前になったことから、かえって増えてしまいました。オンラインの恩恵で、財団役員には出張先のホテルの一室や新幹線の車中から会議に出席いただいたこともありました。また、助成研究成果発表会にも、多くのみなさまにオンライン参加いただきましたので、今後もハイブリッド開催が一般的となりますが、遠隔地から参加できるメリットの対価として、受け入れるべきものと思料しています。

2023年度は助成研究成果発表会が期の前半に集中しており、すでに準備に追われています。4月19日にレーザープロセッシング助成研究成果発表会がパシフィコ横浜で、6月9日には塑性加工助成研究成果発表会が名古屋工業大学で開催されます。当財団では発表会講演も当然ながら、その後に行われる交流会も、研究者のみなさまの情報交換、人脈形成のための重要な場と考えています。みなさまのご参加を心よりお待ちしております。

（事務局 鈴木）

今回の表紙

②

③

①「2022年度助成式典」で天田財団・末岡慎弘代表理事理事長（右）から助成金目録を贈られた東海大学・窪田絃明講師（左）。助成式典は2022年12月3日に日比谷図書文化館日比谷コンベンションホールで開催された／②天田財団理事を代表して総評を行う慶應義塾大学・青山藤詞郎名誉教授／③助成式典の後、会場をレストランアラスカに移して開催された「交流会」。多くの参加者で賑わった