天田財団ニュース

2021 Autumn | No.11

02 「第4回レーザプロセッシング助成研究成果発表会」を開催
2021年度後期 技能検定受検手数料助成先を募集

研究室訪問

04 福井大学 学術研究院工学系部門 機械工学講座　大津 雅亮 教授

06 東北大学 金属材料研究所 耐環境材料学研究部門　北條 智彦 助教

08 徳島大学大学院 社会産業理工学研究部　富田 卓朗 准教授

10 東京工業大学 工学院機械系　青野 祐子 准教授

12 鳥取大学 工学部 機械物理系学科　衣 立夫 助教

14 広島大学 デジタルものづくり教育研究センター　荒川 仁太 特任助教

資格取得支援事業 事例紹介

16 株式会社 キヨシゲ ／ 株式会社 興和工業所 ／ 株式会社 大栄製作所 ／ 田中産業 株式会社

公益財団法人
天田財団
THE AMADA FOUNDATION

「第４回レーザプロセッシング助成研究成果発表会」を開催

テーマは「レーザの開発と加工への応用展開」

「第４回レーザプロセッシング助成研究成果発表会」を開催

公益財団法人天田財団は6月30日㈬、「第4回レーザプロセッシング助成研究成果発表会」をパシフィコ横浜（神奈川県横浜市）で開催した。今回のテーマは「レーザの開発と加工への応用展開」。

同発表会は、6月30日から7月2日までの3日間、同会場で開催された光技術総合展示会「OPIE ’21」の公式併催イベント。天田財団は「OPIE ’21」の構成展のひとつ「レーザー EXPO 2021」にもブースを出展し、「助成研究成果報告書」や、財団の近況や助成した研究者を紹介する広報誌「天田財団ニュース」を来場者に配布するなど、普及啓発活動も同時に行った。

天田財団は、金属等に対する塑性加工やレーザプロセッシングに関する研究開発への助成事業、ならびにその普及啓発事業を通じて、金属等の加工に関する学術の振興と新しい科学技術の創出をはかり、日本の産業および経済の健全な発展に寄与することを目的としている。

活動は大きく分けて2つ。ひとつは塑性加工分野やレーザプロセッシング分野の研究開発および国際交流を促進する「助成事業」で、1987年の創立以来33年間で累計助成件数は1,919件、累計助成金額は32億762万円となっている。

もうひとつは、それらの助成研究成果の「普及啓発事業」であり、今回の「レーザプロセッシング助成研究成果発表会」と「OPIE ’21」への出展は、この普及啓発事業にあたる。昨年は新型コロナウイルス感染症拡大の影響で中止となったため、今回は2年ぶりの開催となった。新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、リアル会場参加とオンライン参加のハイブリッド方式による開催となった。

科学技術のイノベーションこそ次の時代を切り拓く

助成研究成果発表会の冒頭の主催者挨拶で、天田財団・末岡愼弘代表理事理事長は「地球規模のパンデミックにより私たちの活動が大幅に制限され、世界経済にも深刻な影響が出ています。その一方で、科学技術分野ではデジタルトランスフォーメーション（DX）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。私はいつの時代も科学技術のイノベーションこそ、次の時代を切り拓く原動力ではないかと考えています。当財団の設立者であり、㈱アマダの創業者でもある天田勇が『創造は未来を開く』という言葉を残しましたが、私もこの言葉が真実であると確信しています」。

「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て研究者のみなさまを応援し、公益事業を通じて日本のモノづくりに貢献するよう、今後もいっそう努力をしてまいります」と技術革新の重要性について述べた。

「第４回レーザプロセッシング助成研究成果発表会」はリアルとオンラインの同時ハイブリッド方式で行われた

発表会の冒頭には天田財団・末岡愼弘代表理事理事長による主催者挨拶が行われた

理化学研究所 放射光科学研究センター・平等拓範グループディレクターによる基調講演も行われた

レーザはモノづくり産業の競争力担保に不可欠な技術

来賓祝辞ではリモートで参加した文部科学省・梶原将大臣官房審議官（科学技術・学術政策局担当）が「レーザ加工はさまざまな役割を担いつつあり、モノづくり産業の競争力担保に不可欠な加工技術であると認識しています。今年閣議決定された『第6期科学技術・イノベーション基本計画』においても、モノづくり分野にICTを最大限活用することで、人間中心の価値観を基軸に備え、サイバー空間とフィジカル空間を融合させることなどが重要であると伝えています」。

「これらを踏まえた内閣府のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）『光・量子を活用したSociety 5.0の実現化技術』や、文部科学省の『光・量子飛躍フラッグシッププログラム』（Q-LEAP）といった事業の中で、たとえばレーザ加工機の最適な運転パラメーターをAIが瞬時に割り出し、自動で加工するというレーザ加工のサイバーフィジカルシステム化についてもオールジャパンで研究開発に取り組んでいます」。

「レーザ加工には未解明の領域がまだまだ残っています。大学と研究機関のみなさまが行う基礎研究の取り組みに大いに期待しています」と述べた。

「レーザの開発と加工への応用展開」

基調講演では、理化学研究所 放射光科学研究センター・平等拓範グループディレクターが、今回の発表会のテーマである「レーザの開発と加工への応用展開」と題した講演を行った。

その後は、高エネルギー加速器研究機構・一柳光平研究員が「高強度短パルスX線を用いたレーザーピーニングのその場観測法と動的粒径制御法の開発」、東京農工大学 大学院工学研究院・宮地悟代准教授が「サイクルパルスレーザー励起表面プラズモンポラリトンを利用したナノ加工」、大阪府立大学 工学域・大学院・平井義彦教授が「複素変調透過板（ビルトインレンズマスク）による三次元ビーム加工」についての助成研究成果をリモートで発表した。

天田財団は次回の「第5回レーザプロセッシング助成研究成果発表会」も「OPIE ’22」の公式イベントとして併催する予定としている。

2021年度後期 技能検定受検手数料助成先を募集

天田財団の技能検定受検手数料助成の3つの特長

天田財団は、2021年度（令和3年度）後期の技能検定「工場板金」受検手数料助成の申請受付を10月1日より天田財団のWebサイトにて開始する。

本助成は、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技能検定の職種のひとつである「工場板金技能検定」に係る「実技及び学科受検手数料の全額を助成」することにより、受検者本人の経済的な負担を軽減し、受検者を雇用している企業も含め技能向上に対する理解を深め、日本の産業および経済の健全な発展に寄与することを目的とした公益事業である。

天田財団の技能検定受検手数料助成には、下記の3つの大きな特長がある。

①申請が簡単	技能検定職種「工場板金」の特級、1級、2級、3級のいずれかの受検申請を行い、受検手数料を納付、受検番号が記載された受検票を受領していれば、申請が可能。
②受検結果を問わない	技能検定に挑戦することを支援するため、合否結果は報告するだけで不合格でもペナルティがない。「特級」を取得するまで、同一作業名同一等級なら無条件で3回まで連続で助成を受けることができる。
③不特定かつ多数の者の利益の増進に寄与することを目的としている	法人からの申請は1社最大10名を上限としている。また、助成金総額はその年度ごとに予算として設定し、募集開始時から募集条件を満たした者を先着順で受け付け、予算額を超えた時点で終了とする。本年度の後期予算総額は900万円である。

申請受付期間は2021年10月1日㈮から2022年2月28日㈪まで。助成金の申請には、技能検定受検申請書・受検票・受検手数料領収書などのコピーが必要となる。募集の詳細は天田財団のWebサイト（**https://www.amada-f.or.jp/**）に掲載している。

インクリメンタルフォーミングの高加工精度の工具経路をAIで生成

既成概念にとらわれない新しい材料加工の世界を拓く

福井大学 学術研究院工学系部門
機械工学講座
大津 雅亮 教授

福井大学・大津雅亮教授

インクリメンタルフォーミングの研究をリード

天田財団の2020年度の「重点研究開発助成（課題研究）」に塑性加工分野で採択された福井大学 学術研究院工学系部門 機械工学講座の大津雅亮教授は、レーザフォーミングやインクリメンタルフォーミングなどの金型フリー板材成形技術や、サーボプレスを利用した高精度板材成形技術に関する研究を主に行っている。

特に「摩擦攪拌インクリメンタルフォーミング」は、大津教授の研究室で開発した軽金属板材の高成形性加工法で、世界のインクリメンタルフォーミングの研究をリードしている。

2011年4月から現職に就任

大津教授は1993年3月に大阪大学 基礎工学部 機械工学科を卒業し、1995年3月に大阪大学大学院 基礎工学研究科 物理系専攻 機械工学分野 博士前期課程を修了。1997年4月には日本学術振興会の特別研究員となり、1998年3月に大阪大学大学院 基礎工学研究科 物理系専攻 機械工学分野 博士後期課程を修了し、博士を取得した。

同年4月に大阪大学大学院 基礎工学研究科 システム人間系専攻 機械科学分野の助手に任官。2002年4月に熊本大学 工学部 知能生産システム工学科 マテリアルコースの講師、2006年4月に同大学大学院 自然科学研究科 産業創造工学専攻 マテリアル工学講座の講師、2007年に同工学講座の准教授に就任した。そして2011年4月に福井大学大学院 工学研究科 機械工学専攻の教授に就任。現在は、大学の工学部 機械・システム工学科 機械工学コースと、大学院の工学研究科 産業創成工学専攻 創造生産工学コースの材料加工研究室の教授を務めている。

3つの研究テーマに取り組む

大津教授の研究室の研究テーマは下記の3つとなる。

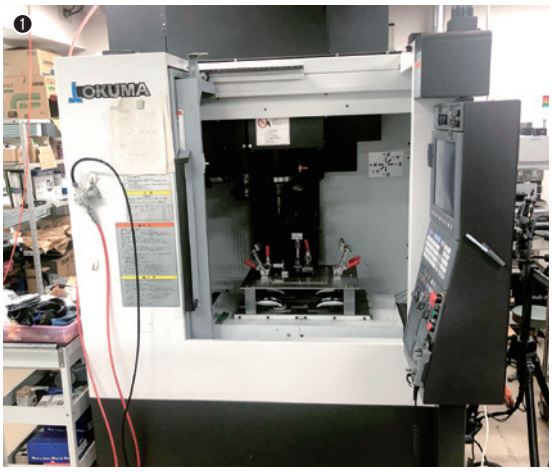
1. **摩擦攪拌インクリメンタルフォーミング法による金属板の成形**
   本研究室で発明した金型を使わずに金属板を成形する画期的な加工法「摩擦攪拌インクリメンタルフォーミング法」を使って、成形の難しいマグネシウム合金板やアルミニウム合金板、チタン板の成形性について、実験と計算機シミュレーションを行う。
2. **サーボプレスによる金属板材のプレス加工の高精度化と成形性向上**
   サーボプレスの特徴である金型の位置・速度を自由に制御できる点を利用して金属板材のプレス加工の高精度化と成形性向上を目指す。
3. **レーザフォーミングによる金属板の3次元成形**
   板材にレーザ光を照射・走査して熱応力で板材を変形させるレーザフォーミングを使い、つくりたい3次元形状にするための加工アルゴリズムを研究する。

現在、大津研究室には研究生が1名、博士前期課程の学生が6名、学部の4年が6名、3年が1名の合計14名が在籍する。

既成概念にとらわれない研究を目指す

大津教授は、既成概念・固定観念にとらわれない新しい材料加工の世界を求めて研究を続けている。

ニーズの多様化が進む中で多品種少量生産に適した金属板材の成形方法のひとつにインクリメンタルフォーミング（以下、インクリ法）がある。インクリ法は金型を使わずに1



❶マシニングセンタ／❷万能材料試験機／❸学生との実験の様子

本あるいは数本の棒状工具を、成形したい形状の等高線に沿って移動させることにより板材を成形する方法である。鋼板やアルミニウム板などは室温での加工ができるが、アルミニウム合金やマグネシウム合金などの室温では延性が乏しい材料の成形は難しい。そこで、通常のインクリ法で工具を高速回転し、摩擦熱による加熱と金属材料の動的再結晶を利用して、成形限界を大幅に改善した「摩擦攪拌インクリメンタルフォーミング」を開発し、加工機の製作やさまざまな材質の金属板の加工条件・成形性・成形精度などについて研究を行ってきた。

工具経路を生成するAIシステムの開発

今回、天田財団の「重点研究開発助成」に塑性加工分野で採択された「インクリメンタルフォーミングにおける高加工精度の工具経路を生成するAIシステムの開発」では、インクリ法を用いて、製品形状を高精度で成形できる工具経路を生成するAIシステムを開発することを目的としている。

一般的なプレス加工などでは、成形精度を向上させるために金型形状を修正する。金型形状の修正には有限要素法などのシミュレーションが用いられており、形状を変更して成形結果を計算で求めることを繰り返して金型形状を最適化している。この計算には数十時間かかるが金型形状の修正には金型の製作時間や製作コストが発生するため、数日かけてシミュレーションによる試行錯誤を行う価値がある。

一方、インクリ法では、板材は棒状工具との接触部での局所変形が広範囲に移動することで全体が成形される。しかし、板材は棒状工具とフレームにしか接触しないため、形状拘束が弱く、成形後に板材をフレームから取り外して必要に応じてトリミングした後は、弾性回復や残留応力によって大きく変形するため、成形精度は低かった。成形精度を高めるためには、トリミング後に製品形状になるようにシミュレーションして工具経路を修正する必要がある。

シミュレーションは局所変形を広範囲に移動させるように計算する必要があり、工具経路を修正して成形形状を計算することを繰り返すと多くの計算時間が必要となる。低コスト迅速生産を得意とするインクリ法だが、一部例外を除き、数分から数時間の実加工時間に対して1回あたり数日から数週間かかるシミュレーションで試行錯誤しながら工具経路を修正するため、メリットはほとんどない。

そこで、インクリ法を用いて製品形状を高精度で成形できる工具経路を生成するAIシステムを開発する意義が生まれる。開発するAIシステムには製品の目標形状を入力し、工具経路を出力させる。学習データとして工具経路と成形形状を用いる。通常のシミュレーションやAIでは、原因である工具経路を入力し結果である成形形状を求めるが、本研究ではこれらを逆問題としてとらえ、結果である成形形状を入力し、原因である工具経路を出力する。入力データと出力データを入れ替えることによって、インクリ法における工具経路を入力すると、成形形状を出力する順解析のAIシステムも開発する。

本研究では、工具経路と成形形状を学習データとして、ニューラルネットワークに学習させて、成形精度の低下分を補正した工具経路を生成することで、高精度に成形する。

世界を見ても本研究のように逆問題として加工条件の生成にAIを利用するものはほとんど見られず、インクリ法にAIを利用している報告はほとんどない。非常に画期的な研究となっている。

大津研究室のメンバー集合写真。後列中央が大津教授

超高強度鋼板の低コスト化・高付加価値化を目指す

超高強度低合金TRIP鋼の遅れ破壊特性評価技術の確立

東北大学 金属材料研究所
耐環境材料学研究部門
北條 智彦 助教

東北大学 金属材料研究所・北條智彦助教

長野工業高専から信州大工学部で学位取得

東北大学 金属材料研究所 耐環境材料学研究部門の北條智彦助教は、天田財団の2020年度の「重点研究開発助成（課題研究）」に塑性加工分野で採択された。

北條助教は1999年3月、長野工業高等専門学校 機械工学科を卒業。同年4月に信州大学 工学部 生産システム工学科へ入学し、2001年3月に卒業。2003年3月には同大学大学院 工学系研究科 生産システム工学専攻 博士前期課程、2006年3月に博士後期課程を修了し、博士（工学）の学位を取得した。

そして、2006年4月から2011年3月までは津山工業高等専門学校 機械工学科の助手と助教、2011年4月から2013年8月までは同講師に就任。また、2009年11月から1年間は、英国・ケンブリッジ大学に研究留学した。その後、2013年9月から2016年12月までは岩手大学 工学部 機械システム工学科の助教を務め、2016年12月からは東北大学 金属材料研究所 耐環境材料学研究部門の助教に就任、現在に至っている。

金属材料の水素脆化や腐食問題に取り組む

北條助教が所属している秋山研究室は、秋山英二教授を中心に、小山元道准教授、北條助教、味戸沙耶助教、柿沼洋博士研究員、廣本祥子客員教授、Amar Prasad Yadav客員教授、博士後期課程の学生が6名、博士前期課程が8名、学部4年が4名、秘書が1名の計26名が在籍している。

秋山研究室では建築・土木、自動車や原子力材料などに用いられる構造材料に侵入した微量水素が引き起こす水素脆化について、水素が金属組織内でおよぼす役割や、腐食反応による水素侵入挙動を解明する研究を行っている。材料の安心・安全のため、それらを踏まえた水素脆化特性評価法開発と、耐環境特性に優れた材料の開発に取り組んでいる。また、廃炉措置に向けた原子力発電所設備の特殊環境での腐食問題にも取り組んでいる。

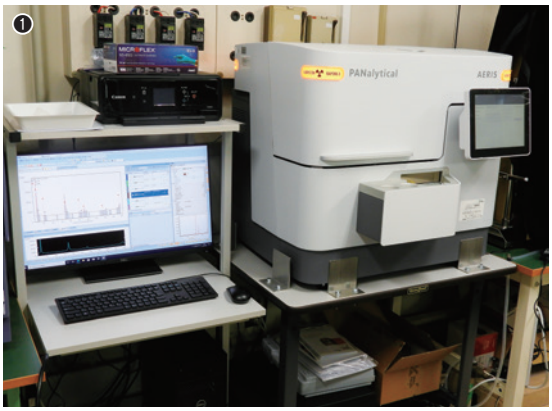
水素脆化の発生を抑制する超高強度鋼板の開発

北條助教は、構造部材として自動車に組み込まれて使用される超高強度鋼板をはじめとした、各種材料の水素脆化の機構を解明し、水素脆化特性の評価方法を確立、機械的特性に優れた金属材料――特に水素脆化の発生を抑制する超高強度鋼板の開発などを行っている。

今回、重点研究に採択された「プレス成形した超高強度低合金TRIP鋼の遅れ破壊特性評価技術の確立」では、以下の背景に即した研究を実施している。

自動車の軽量化と安全性を担保する強度を得るため、自動車用構造部材として、冷間プレス材で引張強さが1180MPa級、ホットプレス材で1470MPa級および1800MPa級の超高強度鋼板の適用がはじまっている。一般に980MPaを超える高強度鋼材は、鋼中に侵入した水素によって遅れ破壊が発生することが知られており、橋梁用のボルト材では遅れ破壊メカニズムや耐遅れ破壊特性に優れた鋼材の開発に関する研究も積極的に行われている。

自動車用構造部材も将来的には1470MPa級の冷間プレス用超高強度鋼板が積極的に適用されることが予測されている。自動車用鋼板はプレス成形後に構造部材として使用されるため、塑性ひずみ付与後に定荷重が付加された状態で使用されることを想定して、遅れ破壊特性を評価



❶残留オーステナイト特性を調査するためのX線回折装置／❷水素の存在状態を分析する昇温脱離分析装置（水素分析装置）とプレス機／❸引張変形中に鋼中から放出された水素を検出するための引張り試験機と水素分析装置

する必要がある。特に、自動車用高強度鋼板として期待される変態誘起塑性鋼（TRIP鋼）においては、プレス成形時に残留オーステナイト（γ）のひずみ誘起マルテンサイト変態が生じ、微細組織が変化する。曲げ加工、深絞り加工、張り出し加工、穴広げ加工時に鋼板に付与される塑性ひずみ量には分布があるため、微細組織内の残留γと変態したマルテンサイト分布は一様ではない。

そのため、プレス成形した高強度低合金TRIP鋼の残留応力分布、塑性ひずみ分布、微細組織変化（残留γとマルテンサイト分布）、遅れ破壊との関係を明確にし、高強度低合金TRIP鋼の遅れ破壊特性を系統的に評価する方法を確立する必要がある。

本研究では曲げ加工、張り出し加工、および穴広げ加工後の遅れ破壊試験によって遅れ破壊特性を評価する方法を確立する。物質の原子・分子レベルでのかたちや機能を調べることができるSPring-8の放射光X線回折測定を使い、それぞれのプレス成形法によって生じる応力、塑性ひずみを定量化すること、各プレス成形部品の遅れ破壊後の破壊形態の詳細な解析をすることによって、プレス成形法のちがいによらず遅れ破壊特性を評価する技術を提案する。

低合金TRIP鋼の遅れ破壊特性は鋼中に存在する残留γおよび、残留γがひずみ誘起変態して生じたマルテンサイトの存在がキーとなる。そこで、プレス成形による残留γのひずみ誘起マルテンサイト変態挙動、低合金TRIP鋼への水素添加による残留γの水素誘起マルテンサイト変態挙動を調べ、自動車用鋼板の遅れ破壊特性評価項目を明確にする。

SPring-8の放射光X線を用いた分析も活用

また、X線回折法を用いて塑性ひずみ部の残留γ分布を詳細に測定し、プレス成形（曲げ加工、張り出し加工、穴広げ加工）部品の残留γ分布を明らかにする。さらに、SEM-EBSDにより、プレス加工部品の微細組織（残留γ分布）を明らかにし、高強度低合金TRIP鋼の残留γのマルテンサイト変態量、残留γ存在状態と遅れ破壊発生の関係を明確にする。

SPring-8の放射光X線を用いて、高強度低合金TRIP鋼のプレス成形部品の応力分布および塑性ひずみ分布を測定し、応力、塑性ひずみ量と遅れ破壊の関係を調べる。

曲げ加工、張り出し加工、穴広げ加工のそれぞれの部品の遅れ破壊発生部の応力、塑性ひずみ量、微細組織と水素量の関係を明確にし、プレス成形様式が異なっても同一の基準で遅れ破壊特性を評価できる評価法を提案することによって、プレス成形を施した高強度低合金TRIP鋼の遅れ破壊特性評価技術を確立する。

こうした研究を通して、北條助教は遅れ破壊特性におよぼす応力、塑性ひずみ、水素量、微細組織（残留γの変態挙動）の影響を明らかにする。これらの因子を適切に制御して遅れ破壊を発生しない新たな超高強度低合金TRIP鋼の組織制御技術の確立、および革新的な塑性加工法の提案を行うことを目指している。

研究成果で産業界に貢献する

北條助教は「将来的にはこの研究の成果によって導き出した遅れ破壊特性評価法を標準化し、鉄鋼メーカー・自動車メーカーが統一された遅れ破壊特性評価法を用いることになれば、遅れ破壊特性に優れた超高強度鋼板の開発が進みます。そうなると超高強度鋼板の低コスト化・高付加価値化が期待できます」と力強く語ってくれた。

秋山研究室のメンバー。1番左が秋山英二教授、左から5番目が味戸沙耶助教。右から3番目が北條助教、1番右が小山元道准教授

フェムト秒レーザ誘起による ハイエントロピー合金の生成

物質に光を照射した際に生じる緩和過程から 新たな構造形成を引き出す

徳島大学大学院 社会産業理工学研究部　富田 卓朗 准教授

徳島大学大学院 社会産業理工学研究部・富田卓朗准教授

ハイエントロピー合金の生成を目指す

徳島大学大学院 社会産業理工学研究部の富田卓朗准教授は、天田財団の2020年度の「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。助成研究のテーマは「フェムト秒レーザー誘起ハイエントロピー合金のコンビナトリアル探索」となっている。

この研究は、電力制御を行うパワートランジスタの半導体材料として注目されている窒化ガリウム（GaN）基板に形成した積層金属膜に対し、フェムト秒レーザを照射することで、非熱力学的過程による新奇合金相――特に、ハイエントロピー合金の生成を目指す。

ハイエントロピー合金は5種以上の元素が等量含まれる合金として定義されており、過半を占める主要元素が存在しないことが特徴となっている。従来のハイエントロピー合金の作製法はすべてバルク作製を狙ったものであるが、今回提案するフェムト秒レーザを用いた非熱的な溶融・急速凝固法では、マイクロメートルスケールの局所的な改質が可能であり、難加工材料でもあるハイエントロピー合金のマイクロマシンへの応用などが期待できる。

また、フェムト秒レーザ特有の強力な光電場によって合金化を起こすこともできるので、従来の加熱方法では不可能であった組成を持つ合金系でのハイエントロピー合金の実現につながってくる可能性もある。

生成したHEAの生体親和性を評価

この研究では、透明材料側から金属材料にフェムト秒レーザ光を入射し、金属材料に高温・高圧状態を作製、そこからの緩和を引き起こすことで、新奇合金相の創成を目指す。試料はGaN基板上に金属材料を10nm程度ずつ数層にわたって積層して蒸着する。先行研究によって金属に対する光の侵入長である数十nm程度の改質が起こっていることがわかっているので、数十nm以内に金属を積層させることで、積層させた金属を合金化することができる。そのうえに保護膜として銅を蒸着する。

次に、GaN側からフェムト秒レーザを照射し、蒸着膜の非熱的合金化を促進することでハイエントロピー合金（HEA）を生成する。レーザ照射にあたっては、透過型電子顕微鏡による観察を行うため、顕微光学系を用いた照射を行う。透過型電子顕微鏡観察では、専門である徳島大学 社会産業理工学研究部の岡田達也教授が協力する。

さらに、生成したHEAの生体親和性を評価するために銅保護膜を除去して露出させたHEA上に骨系細胞を凝着し、その特性を評価することで、フェムト秒レーザ誘起HEAの生体親和性を評価する。この評価を行うことで、将来は医工連携により再生医療などへの展開も考えている。そのため、フルエンスと照射パルス数を試料面内で2次元的に変化させた試料を作製し、そのうえに骨系細胞を凝着する。細胞の選定については岡山大学 医歯薬学域の井澤俊准教授が協力する。

また、生体親和性の評価にはより迅速に評価を行うため、細胞のラマン分光測定を用いる。ラマン分光測定に関しては、可視および深紫外のラマンスペクトル測定に精通した秋田大学 理工学部の山口誠准教授が協力する。

❶顕微光学系を用いたレーザ照射／❷光路調整／❸助成金でバージョンアップしたフェムト秒レーザ装置

ハイエントロピー合金のレーザ照射による創成には多種材料の検討を短時間で一気に行う必要がある。そのため、本研究では多成分でさまざまな組み合わせを試すのが一番早道と考え、それを可能にするためにコンビナトリアル手法を活用する。

2017年４月に現職に

富田准教授は徳島県出身で、1997年3月に京都大学工学部物理工学科（機械系学科）を卒業。1999年3月に東京大学大学院 理学系研究科物理学専攻 修士課程、2002年3月に博士課程を修了し、博士（理学）を取得した。

同年4月に東北大学 多元物質科学研究所の助手、2004年4月に徳島大学大学院 工学研究科 エコシステム工学専攻の助手。2006年4月に同大学院 ソシオテクノサイエンス研究部の助手、2007年4月に同研究部の助教、2013年11月に准教授に就任。2016年4月に同大学大学院理工学研究部の准教授、2017年4月に同大学院 社会産業理工学研究部の准教授に就任、現在に至っている。

今回の研究の共同研究者の井澤准教授は高校の同窓生、山口准教授は大学院の研究室での先輩にあたる。

これまでの実験結果が今回の研究に結びつく

富田准教授は、物質に光を照射した際に生じる緩和過程に興味を持ち、その緩和過程から新たな構造形成を引き出すことを目指している。そのため、軟Ｘ線をプローブ光として用い、金属材料のアブレーションダイナミクスを議論した。

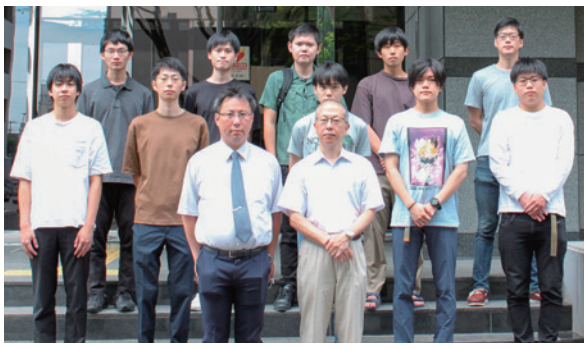
文部科学省の平成24年度科学研究費補助金「新学術領域研究（研究領域提案型）」に採択された「フェムト秒レーザー光励起プラズマによるナノ構造の自発的形成」や、平成25年度科学研究費補助金「基盤研究B」に採択された「コヒーレント軟Ｘ線を用いた高空間・高時間分解顕微干渉イメージングシステムの開発」などの研究は、今回の研究の礎となるものである。これらの研究は金属を対象とし、軟Ｘ線を用いた干渉およびシャドウグラフの観測によって、フェムト秒レーザ特有の非熱的加工について観測を行ってきた。そしてフェムト秒レーザ照射強度の変化で金属の熱力学的緩和経路を制御できることを明らかにしてきた。

また、フェムト秒レーザ照射による新奇物質相の生成に関する研究では、結晶欠陥の電子顕微鏡観察を行っている岡田教授と長年にわたって共同研究を行っている。

特に天田財団の平成25年度「一般研究開発助成」に採択された「レーザーアニール法によるシリコンカーバイドへの金属電極の形成」、文部科学省の平成29年度科学研究費補助金「基盤研究B」に採択された「フェムト秒レーザ光照射によるワイドバンドギャップ半導体と金属界面の非熱的合金化」などでは、ワイドバンドギャップ半導体と金属の界面でのフェムト秒レーザ光照射によって誘起される反応を研究してきた。その結果、GaN基板と金属が反応しないことからGaN基板を窓材として利用する今回の助成研究に結びついた。

助成で新たなフェムト秒レーザ装置を購入

富田准教授は「今回いただいた助成金で長年使用していたフェムト秒レーザ装置のバージョンアップができました。科研費の審査も年々きびしくなっていると言わざるを得ません。『長期的』な視野をもって、面白いと思える研究よりも、『すぐ』に役に立つ研究を求められる傾向があると感じています。われわれが行っているような未知数の研究でもしっかりと支援してくれる天田財団の研究助成は、研究者にとって大変ありがたい支援です」と感謝の言葉を述べた。

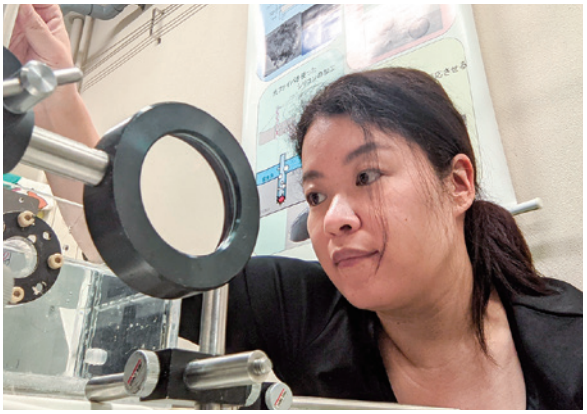


富田研究室・岡田研究室の集合写真。前列左が富田准教授、右が岡田達也教授

「レーザピーニング処理による脊柱固定ロッド材料の疲労強度向上」

工学と医学の観点からロッドの疲労寿命を改善する

東京工業大学 工学院機械系　青野 祐子 准教授



東京工業大学 工学院機械系・青野祐子准教授

機能性材料とレーザを組み合わせて研究

東京工業大学 工学院機械系の青野祐子准教授は、天田財団の2020年度の「一般研究開発助成」にレーザプロセッシング分野で採択された。

青野准教授は電機メーカーに就職することを目指し、大学では機械工学を専攻。次第にすべてのものづくりの根底である加工技術や機械材料といった分野に魅力を感じていった。2007年3月に東京工業大学 工学部 機械科学科を卒業。2011年3月に同大学院 総合理工学研究科メカノマイクロ工学専攻 博士課程を修了した。

2011年4月に東京工業大学大学院 理工学研究科機械物理工学専攻の助教となり、機能性材料とレーザ加工を組み合わせた研究を行うようになった。2016年4月には組織変更で東京工業大学 工学院 機械系の助教、2017年4月には准教授になった。

レーザピーニングでロッドの疲労強度を向上

助成が採択された研究は「レーザピーニング処理による脊柱固定ロッド材料の疲労強度向上」。

近年、脊柱側湾症や脊柱後湾症に対し、生体親和材料であるCoCr製の脊柱固定ロッド（以下、ロッド）を背骨に直接締結し、矯正する手術が行われている。湾曲した背骨に締結するため、手術中にロッド材を背骨に合わせて曲げ加工するが、このときロッドには残留応力が残ったままの状態で使用される。ロッドには体重や運動による負荷が常にかかるため、術後数年以内に湾曲部の引張の残留応力側を起点に体内で折損する事例が増えている。

これに対して今まではロッドの数を増やすなどの対応策を取っていたが、固定や重さに関して課題は残っていた。また症例の多くが高齢の女性であることから、何度も再手術するわけにはいかないといった事情もあった。

本研究は、機械工学の観点から残留応力を緩和しロッドの疲労寿命が延びる方法を追求する。方法としてレーザピーニング（以下、LP）を採用した。LPは水中に設置した材料表面に短パルスレーザを照射し、発生するプラズマの衝撃力により材料表面に圧縮残留応力を付与し、疲労強度の向上や応力腐食割れ感受性の低減をはかる手法である。LPは水とレーザのみで実施可能なため、クリーンである。また、再現性の高い処理が可能なため、信頼性が高い。

青野准教授は、LPは医療現場での応用や医療材料との親和性が高く、応用する価値があると考えている。しかし、これまでにLPをこのような用途に応用した例はない。

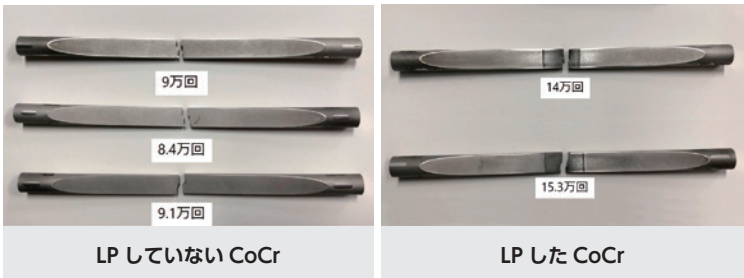
本研究では、ロッドに用いられる医療用高機能金属材料へのLPの適用と、その効果を材料科学・材料力学の両面から評価し明らかにする。曲げ加工後のロッドにLPを施し、表面の引張残留応力を緩和。曲げ加工後の湾曲したロッドに対し、体内を模擬した曲げ方向の負荷を印加する疲労試験を実施し、提案手法の有効性を示すことを目指す。

機械工学の技術で医療の発展に大きく寄与

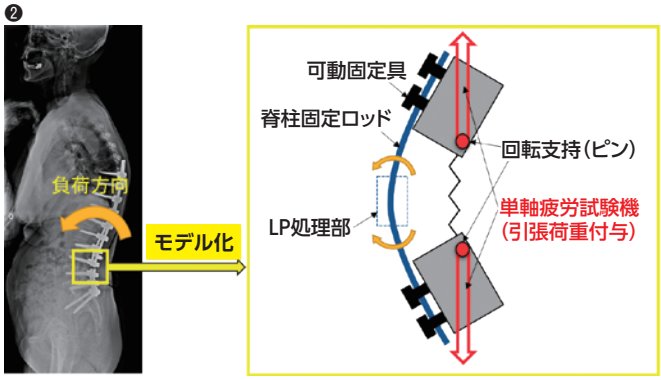
本研究には東邦大学 医学部整形外科学講座の和田明人准教授が協力し、工学と医学の2つの視点から研究を進めている。青野准教授は今回の研究について次のように語っている。

「東邦大から東工大の産学連携本部に技術相談が持ち込まれ、コーディネーターから私の研究とマッチするのではないかとご紹介いただき、医工連携に発展しました。和田

❶



❷



❶LPしていない場合とした場合のCoCrの疲労破壊回数の比較／❷体内での脊柱固定ロッドへの負荷をモデルとした疲労試験の概念図

先生とは研究のポイントポイントで連絡を取り合い、医学的な見地からコメントやアドバイスをいただいています」。

「今回の研究に関しては今年度中に曲げ加工後の湾曲したロッドの疲労強度が1.5〜2倍向上すると示すことが目標です。その研究結果を持って東邦大、医療機器メーカーと相談のうえ、できるだけ早く治験ができる環境を整えていきたい。LPはクリーンで危険性がない工法ですが、医療関係者に十分納得いただけるデータが必要です。いきなり人間に適用できないのでまずは人間の体内の環境を模擬して実験し有用性を示します。そこで十分な有用性があると証明できれば、次はメーカーさんと協力して実際の患者さんに適用する——これが最終的なゴールになります」。

「われわれは実験室の引張試験機などを使って有用性を示すのですが、人体内の複雑な動きなどを完璧に模擬できるわけではありません。そこで治験にたどり着くことが一番高いハードルかなと思っています」。

「『医療』を行うにも医者の技術だけですべてが完結するわけではなく、使用する『ツール』がなければ医療技術の発展はあり得ません。機械工学の技術が医療の発展に大きく寄与することは間違いないと考えています」。

研究者へのルートはひとつではない

青野准教授が所属する平田・青野研究室には現在、平田敦教授、青野准教授、桃園聡助教のほか、修士課程の学生が14名、学部4年が4名の計21名が在籍している。博士課程の学生がいない件について伺うと、青野准教授は次のように応えてくれた。

「『修士から博士課程に進んで研究者を目指す』というルートがすべてではないと思います。機械工学を学ぶ学生の多くが『メーカーでのものづくり』や『社会に直結する仕事』に対して非常に魅力を感じています。企業の研究部門に入ってから研究が面白くて大学に戻ってきたり、産学共同研究の過程で博士を取得する場合もあります。企業を経て大学の研究者になられた方々の話を聞くと、人脈や知識の面で企業経験があることは大きな財産であると感じます」。

「日本で、修士から直接博士課程へ進学して研究者を目指す学生が増えないのは、研究費や待遇、安定性などの面で若い人たちが研究者を目指せない状況があると思います。この点については安心して研究を続けられるような環境整備を国としても考えていただきたい。一方で、企業で経験を積んだのちに研究者になるような多様なキャリア選択の自由がもっと広がると良いと思います」。

誰もが性別を気にせず選択できるように

「ここ数年、大学でも学生や職員の女性割合を増やすといったことを強く言われるようになりましたが、その考え方には少し違和感があります。仕事で女子高生と接する機会が増えましたが、詳しく話を聞くと、化粧品工学や工業デザインをやりたいといった希望が多いです。私も娘を育てていますが、できるだけ色眼鏡なく育てようと思っても、可愛いものが好きだったり、お洒落がしたかったり、自然とそのような性差や個性が発現するのだなぁと感じます。だから単純に数字だけを増やそうとするのではなく、自身の興味や好きなものから自由に進路を選べるようになりさえすれば、それが一番良いことではないかと思っています」。

「ただ私自身、研究者になってから男性と同じようにはいかないことにジレンマを感じる機会が増えました。これに関しては『大学が』ということではなく、『社会のシステム』として家庭を持つ女性が働くことに対してもっとできることがあるのではないかと感じます。今回、コロナ禍の影響でリモートが取り込まれるようになったことは、女性が仕事と家庭を両立していくうえでは良い変化かもしれません」（青野准教授）。

平田・青野研究室の集合写真。中央列右から3番目が青野准教授、その左隣が平田敦教授と桃園聡助教

半導体集積回路が発生する熱量の軽減を目指す

「熱間押出し加工による高性能ミルフィーユ構造のAl/黒鉛複合材料の創製」

鳥取大学 工学部 機械物理系学科　衣立夫（イリフ）助教

鳥取大学・衣立夫助教

北京理工大学から鳥取大学へ

天田財団の2020年度の「奨励研究助成（若手研究者枠）」に塑性加工分野で採択された鳥取大学 工学部 機械物理系学科 材料工学研究室の衣立夫（イリフ）助教は、中国・遼寧省出身。2013年6月に北京理工大学 工学部を卒業し、同年10月に研究生として鳥取大学 工学部の信頼性・設計工学研究室に留学。2020年4月からは機械物理系学科材料工学研究室の助教に就任した。

衣助教は「自動車製造を中心に、信頼性設計の分野で世界的に見ても優れた日本の管理手法や技術を学ぶことが、学生時代からの希望でした。2013年に鳥取大学に入り宮近幸逸教授、小野勇一准教授（現・教授）のご指導をいただいて研究をはじめました。しかし、翌年に宮近教授が病に倒れ、亡くなってしまわれました。指導教員がいなくなって、研究室自体の存続が危ぶまれる状況でした」。

「そんなときに相談に乗っていただいたのが、鳥取大学大学院 工学研究科の陳中春教授でした。そして陳教授がおられる材料工学研究室に移ることを決心。2014年4月から2016年3月まで鳥取大学大学院 工学研究科 機械宇宙工学専攻として博士前期課程、2016年4月から2019年3月まで博士後期課程を過ごし、高熱伝導率・低熱膨張係数を有するアルミ基炭素系複合材料の研究・開発を行って、博士（工学）を取得しました」。

「2019年4月からは大学院 工学研究科 機械宇宙工学専攻の博士研究員としてそのまま研究を続け、2020年4月には工学部 機械物理系学科の助教に採用されました。現在は研究のほかに学部1年の物理実験の授業も担当しています」とこれまでの経緯を語ってくれた。

半導体集積回路の発熱を軽減するヒートシンク

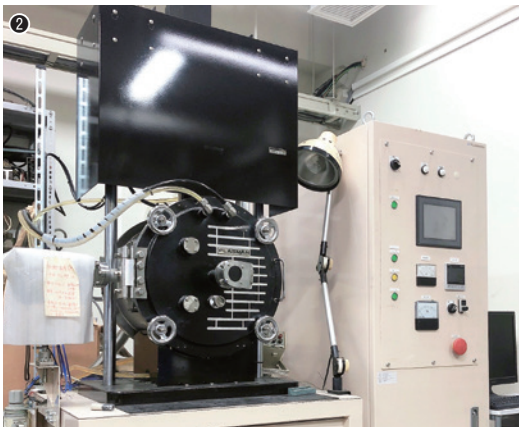
衣助教の研究は、黒鉛や炭素繊維など高熱特性を備えている素材をアルミに添加することにより、アルミの性能を向上させ、ヒートシンクとして使うことで、将来的には半導体集積回路の大きな発熱量を軽減することを目指している。

近年、デバイスの小型化や性能向上にともない、半導体高集積回路の高速化・高集積化が加速している。電力密度が上がることで発生する熱量が増えるため、高熱伝導特性を有する軽量な放熱材料の開発が求められる。放熱材料に必要な特性は、高い熱伝導率のほかにSiなどの半導体素子にちかい低熱膨張係数を有することが挙げられる。

そうした素材のひとつにカーボンナノチューブ（CNT）やカーボンナノファイバー（CNF）がある。2つとも高い強度と優れた電気伝導性、熱伝導性を持つ。また、繊維の長手方向に負の熱膨張率を有することから、アルミニウム（Al）との複合化により、効果的に熱伝導率や熱膨張係数を改善することが期待できる。しかし、炭素系ナノファイバーを金属中に均一分散させることは非常に難しい。

一方、黒鉛は六方晶系の層状結晶構造を有するため、熱的・電気的性質などに大きな異方性が存在する。

これまで、ホットプレスや鋳造、加圧含浸などの技術によるAl/黒鉛複合材料の創製に関する研究が各所で報告されているが、黒鉛の配向性や黒鉛とAlの界面で炭化物が形成されるなどの問題があった。



❶熱電特性評価装置／❷放電プラズマ焼結装置

博士後期課程から取り組んだテーマ

そこで衣助教は博士後期課程に進学後、Al/黒鉛複合材料の塑性加工技術の開発に取り組んだ。黒鉛は層状結晶構造を有するので、3次元圧縮応力（静水圧）と、せん断変形を与えることができる押出し技術は、黒鉛の配向化および集合組織の発達に寄与することが可能となる。そのため、衣助教はAl/黒鉛混合粉末の熱間押出し成形の可能性を検討した。そして一連の実験結果から、熱間押出し加工によって黒鉛を押出し方向に配向させることに成功するとともに、緻密・健全かつミルフィーユ構造のAl/黒鉛複合材料を創成できることを確認した。

また、得られた複合材料が押出し方向に高い熱伝導率、低い熱膨張係数および高い圧縮強度を示し、複合材料に熱的・機械的性質の異方性を有することも明らかにした。

しかし、Al/黒鉛複合材料の強度や熱伝導率・熱膨張係数におよぼす原料粉末の性質、複合材料の組成、Al-Si合金の添加、押出し条件など諸因子の影響はまだ完全には解明されておらず、黒鉛のキンク形態・構造および強化機構、組織制御に関してもまだ不明な点が多い。

Al/黒鉛複合材料をヒートシンクに活用

そこで本研究では、炭素系ナノファイバーよりはるかに安価で分散しやすい黒鉛を第2相として用い、軽量かつ高い熱伝導率を有し、耐食性や加工性、リサイクル性の良いAlをマトリックスとした高強度・高熱伝導率・低熱膨張係数を兼ね備えたAl/黒鉛複合材料の開発を目指す。

天然黒鉛、Al粉末、Al-Si合金粉末を出発原料として用いて、熱間押出し加工によって、高密度のキンクを導入するとともに、黒鉛を押出し方向に配向させ、Al/黒鉛混合粉末の緻密化と成形を同時に実現する。

また、Al/黒鉛複合材料の強度や熱伝導率・熱膨張係数におよぼす原料粉末の粒径、黒鉛の添加量、Al-Si合金粉末の添加量および、Siの含有量、押出し条件などの影響も系統的に調べ、最適な材料特性を引き出すための複合材料の組成設計、プロセッシング条件、黒鉛のキンク形態・構造および強化機構、組織制御の指針を提案する。

研究成果としては、熱間押出しに生じる大きなせん断変形により、黒鉛を押出し方向に配向させ、押出し方向における熱伝導率の向上および熱膨張係数の低減を同時に実現することが期待できる。また、熱間押出し加工における黒鉛の変形挙動、黒鉛のキンク形態・構造および強化機構、複合材料の微視組織や黒鉛の配向性の制御、熱伝導率や熱膨張係数の異方性などに関する研究は学術的にも大きな意義があると考えられる。

黒鉛は原料として安価で、複合材料の創製プロセスも簡単である。しかも押出しプロセスは大量生産に向く技術であり、将来は量産化も可能になると考えられる。

産業用途としては、半導体素子や自動車分野などにおける放熱材料としての応用が期待でき、波及効果も大きいと考えられることから、奨励研究助成として採択された。

鳥取は第二の故郷

衣助教は今年で30歳。鳥取に来て8年、今では鳥取を第二の故郷と考えているという。

「自然環境が豊かでフレンドリーな人も多く、とても住みやすいところだと思っています。これからも鳥取大学で研究を続けていきたい」と語っていた。

材料工学研究室の集合写真。後列中央から右に陳中春教授、音田哲彦准教授、衣助教

レーザパターニング表面処理により接着強度の向上を目指す

産業界のニーズに応えつつ、物事の原理原則を追究する

広島大学
デジタルものづくり教育研究センター　荒川 仁太 特任助教

広島大学・荒川仁太特任助教

2020年４月から現職に

広島大学 デジタルものづくり教育研究センターの荒川仁太特任助教は、天田財団の2020年度の「奨励研究助成（若手研究者枠）」のレーザプロセッシング分野に「レーザパターニング表面処理による高耐久性能を実現する接着接合接手の開発」という研究テーマで採択された。

荒川特任助教は2015年3月に広島大学大学院 博士前期課程を修了したあと、2年ほど民間企業で勤務し、2017年4月に再入学、2020年3月に同博士後期課程を修了。超音波ショットピーニングがステンレス鋳鋼の疲労強度におよぼす影響や、金属材料の微小疲労き裂発生および進展のメカニズムに関しての研究などを行い、博士（工学）の学位を取得した。

2020年4月からは広島大学 デジタルものづくり教育研究センターの特任助教に就任。ガラス繊維配合のプラスチックおよびゴム材料のスーパーエラストマーの疲労強度に関する研究を行っている。

社会実装に向けた研究開発と人材育成の拠点

デジタルものづくり教育研究センターは、「ひろしまものづくりデジタルイノベーション」創出事業のもとで広島大学と産業界が連携し、社会実装に向けた研究開発活動と高度産業人材を育成する拠点として2019年2月に設立した。大学をはじめとする地域の力を活用して、ものづくりのバリューチェーン全体のデジタル化を目指している。

同センターの特徴は、アンダーワンルーフで社会実装に向けた研究開発に取り組んでいることで、これまで多くの企業の参画を得て活動してきた。今後は、テストベッド（研究開発・実証を支援する検証プラットフォーム）構築や学位プログラム「スマートイノベーションプログラム」との連携も進めていく計画だ。

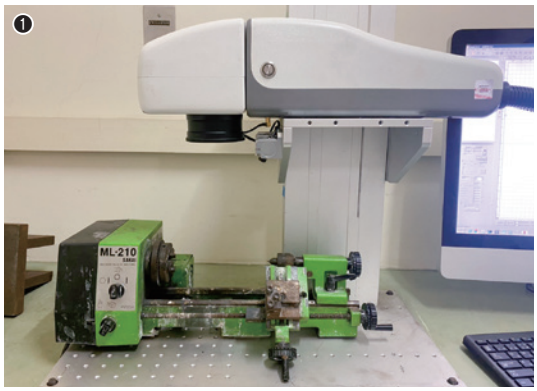
MBRで材料開発を効率的に推進する

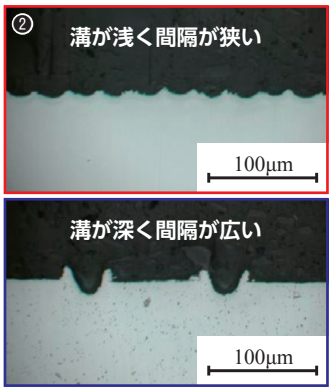
荒川特任助教は、同センターの材料モデルベースリサーチ（MBR）部門に所属。モデルベース開発の考え方を材料の研究領域まで展開し、「ニーズからのバックキャスティング」と「モデルによる産学官連携」により効率的に革新的価値を生み出すための研究に取り組んでいる。

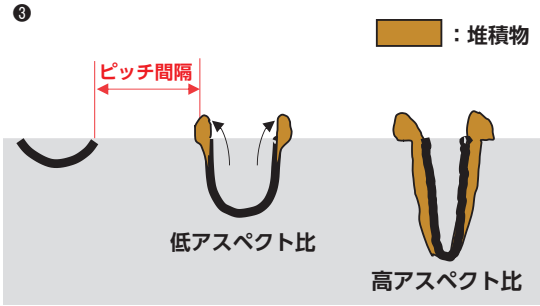
MBRについてMBR部門部門長の大下浄治教授は次のように語っている。

「広島地域では、マツダ㈱がシミュレーションを駆使して効率的な開発を行う『モデルベース開発（MBD）』を導入し、高効率エンジンを開発するなどの成果を挙げています。また、広島大学がマツダやコベルコ建機㈱とMBDに関する共同研究講座・研究所を学内に設置するなど、デジタルものづくりに取り組む素地（先行優位性）がありました」。

「MBR部門はモデルをベースにした研究開発を産学官の緊密な連携のもとに推進しています。実験によって積み重ねられた大量のデータを解析して材料の高性能・高機能化をはかっていくのが材料開発の一般的なプロセスですが、当部門では、原理原則に基づいた材料の機能と工法のメカニズム解明を行い、それに基づいたシミュレーションなどのモデルを活用して、質の良い最小限のデータから材料開発を効率的に進める新しい取り組みを行っています。参画企業・機関の皆さまとともに社会的実装に向けて共創してモデル化技術に関する研究開発を進めています。全体計画として熱マネNVHをリードモデルとし、そのアプローチ







❶レーザ装置／❷レーザパターニングによる溝形状の変化／❸溝形状とピッチ間隔のイメージ

を複合材、エラストマーほかに展開しています」。

ただ、目的が定められた研究が優先されるため、目的以外の研究を行う費用が出ないという問題がある。そのため、荒川特任助教も博士前期課程から関わってきた材料強度や疲労限界などに関連する研究を続けるためには研究費をみずからで調達しなければならなかった。科研費などの採択がきびしいなかで、今回の天田財団の助成研究に採択されたことの意味は大きいという。

マルチマテリアル化対応の接着接合体の研究

助成が採択された「レーザパターニング表面処理による高耐久性能を実現する接着接合接手の開発」の目的について荒川特任助教は次のように語っている。

「産業界ではマルチマテリアル化が注目を集めています。また、現在の接合技術においてはスポット溶接やレーザ溶接が主流ですが、異種材料接合を実施する際には材料間同士のミスマッチ（材料物性の異なりによるもの）によってうまく接合できない場合があります。そのため、マルチマテリアル化を達成するためには、これらの接合手法から脱却する必要があります」。

「そこで、私が着眼した方法が接着接合です。接着接合体の静的強度および耐久性能に関する研究報告例は数多く存在しますが、ほかの接合法に比べて強度が圧倒的に低いことが問題としてあります。自動車業界での実施例が少ないのもこうした課題があるからだと思います。しかし、マルチマテリアル化を達成するためには、接着接合法の技術を刷新していく必要があると思います」。

「こうした背景を受け、機械的締結力を向上させるため、被着材にマイクロオーダーの溝をレーザパターニング加工する技術によって、接着強度の向上を目指します。また、溝のピッチ間隔および形状を変更して、高耐久性能を有する接着接合体の開発にも尽力したい。材料としては自動車用鋼板のSPCC590Yと純アルミニウムを使用します。これらを一液硬化型エポキシ樹脂で接合。試験は油圧式サーボパルサによって実施、耐久性能を実験的に検討する計画です」。

荒川特任助教はこれまで機械工学の中でも、金属疲労や破壊力学を専門として研究、産業界に直結する研究を数多く遂行している。それだけに、「産業界のニーズに応えつつ、研究者として大切な物事の原理原則を追究する姿勢を忘れない研究者となり、その結果を国内外に発信していきたい」と語っている。

工学研究や教育の将来に向けた課題

荒川特任助教は今年で30歳。すでにご結婚され、父親にもなられている。

「大学院博士前期課程を修了したときに、博士後期課程を受講して博士を取得して研究者を目指すことを考えましたが、収入がなく、学費を払い続けなければならない生活への不安もあって断念、企業に就職しました。しかし、結果として諦められずに大学院に戻りました。最近、博士課程に来る学生が減っているのも、研究生活への不安があるからです。国や産業界で何か対策を考えないと博士課程に来るのは、中国をはじめとした海外からの学生ばかりになります。最近は、工学系の研究室の教授、准教授が中国の研究者、というところも増えています。日本の工学研究や教育の将来が心配です」と荒川特任助教は熱く語った。

研究室集合写真。後列左から５番目が荒川特任助教、その左隣が先進理工系科学研究科の菅田淳教授兼工学部長、前列右から４番目が先進理工系科学研究科の曙紘之教授

技能検定は社員教育の背骨

株式会社 キヨシゲ

県全体の合格者数の約1/4を占める

㈱キヨシゲの小林光徳社長は2006年に2代目社長に就任して以降、さまざまなかたちで組織改革と人材育成に取り組んできた。中でも「当社にとって社員教育の背骨」（小林社長）と位置づける「技能検定」については、今日にいたるまで、めざましい成果をあげてきた。

2006年から2021年までの16年間で、「工場板金技能士」の特級・1級・2級の合格者は延べ52名。これは千葉県全体の合格者数の26%――約1/4に相当し、毎年3.3名が資格を取得していることになる。社員が自発的に資格取得を目指す環境、全社を挙げて受検者をサポートする体制が整えられており、合格率も平均を大きく上まわっている。

「技能検定」の資格取得が社員の“憧れ”に

1960年の創業当初は、プレス工場からのスクラップ回収業としてスタート。その後、シャーリングで加工した切板の鋼板販売を手がけるようになった。さらに、顧客の要望に応えるかたちでプレス加工、板金加工、形鋼加工、機械加工、溶接製缶と、2次加工の対応力を順次強化していった。

2次加工の領域で後発の同社は、たしかな技術力を身につけ、それを社外に示す必要があった。顧客に対して同社の技術力を裏書きするツールとして、小林社長は「技能検定」に注目した。それと同時に、技能検定は社内組織を構築するうえで明確な“ものさし”となった。第三者の公正な評価に基づく資格を取得することによって、その社員がたしかな技術を持つことを示し、組織の要として育てていった。

「資格を持っていることが社内外での評価につながると、ほかの社員にとっても資格が“憧れ”になっていきました。私が『資格を取れ』と言わなくても、社員たちがみずから『（検定を）受けさせてほしい』という声を次々と挙げてくれるようになりました」（小林社長）。

社員全員が切磋琢磨しながら成長を目指す

受検手数料は会社が負担し、2019年度からは天田財団の「技能検定 工場板金 受検手数料助成事業」を利用している。毎年1月に開催される新年会では、数日後に検定に挑む受検者が壇上に上がり、社員全員でエールを送る。合格して資格を取得すれば、毎年4月に開催される全社員参加の全体会議で表彰され、金一封が贈られる。

「工場板金技能士」の特級を取得している加工センターの白井誠副工場長は「国家資格を取得したことは自信や誇りになりました。また、技能検定にチャレンジすることで、切磋琢磨しながら成長していこうとする意識が強くなっていきました。今では、資格を持っている上司や先輩が、これから受検する部下や後輩を指導して、全員協力体制で有資格者を増やしていこうとしています」と語っている。

会社情報

会社名	株式会社 キヨシゲ
代表取締役社長	小林 光徳
所在地	千葉県浦安市鉄鋼通り2-4-3
電話	047-351-7201
従業員数	110名
URL	http://www.kiyoshige.com/

左から、柿元博幸執行役員（工場板金・特級）、白井誠副工場長（同）、設計部の中田淳也係長（数値制御タレットパンチプレス板金作業・1級）

所狭しと掲示された技能検定の合格証書。「工場板金技能士」の合格者数は16年間で延べ52名にのぼる

デジタルとアナログの ハイブリッド人材を育成

株式会社 興和工業所

金属加工の総合エンジニアリング企業

㈱興和工業所は各種表面処理から機械加工、板金加工、溶接、塗装、焼き入れまでの金属加工を手がける総合エンジニアリング企業である。板金工場と塗装工場、組立工場が連携することで、板金～塗装～組立の一括受注・一貫生産が可能となり、幅広い顧客ニーズに対応している。

ブランク工程ではミクロジョイント加工を行い、加工後にバラシ作業を行って機種単位でパレットに積載、次工程へ送り出すキット生産を行っている。生産は工程単位で分業化しているが、定期的にローテーションを行っている。分業に対応して専任の作業者を育成するという考えもあるが、担当する工程の部分最適化もさることながら、一貫生産に対応し工程全体のものづくりに対応できる知識を備えた「全体最適を考えることができる多能工」が必要だと考えている。

社員の1/3が工場板金の有資格者

小牧工場長の城尚志氏は「当社では人材育成の観点から各種国家検定、資格が必要なフォークリフトやクレーンなどの作業や操作に関して、積極的に資格取得を推奨しています。受検の費用は会社が負担してくれますし、上長の許可を得て、就業時間内に実習訓練をすることもあるなど、資格取得を応援する環境があります。資格を取得すると会社から一時金が支給されます。現在はISO9001の力量管理で作業者ごとに『スキルマトリックス（実務能力基準表）』を作成しているので、個々の業務に必要な技能・知識・資格・経験などの能力を確認し、その一環で技能検定の資格取得を上長が部下に指導する場合もあります」。

「小牧工場には派遣の日系外国人を含めて74名の社員が在籍しています。日本人社員の中で機械板金作業の1級合格者が5名、2級が7名。数値制御タレットパンチプレス板金作業の1級が6名、2級が4名います。設計担当者も積極的に受検、2019年度は2名が合格しました」という。

小牧工場次長の太田一徳氏は「受検を経験した社員は知識を身につけたことで、仕事が速く正確になる傾向があります。2級に合格し、1級に挑戦するようになれば、自分で動ける人材に育っているので頼もしい」という。

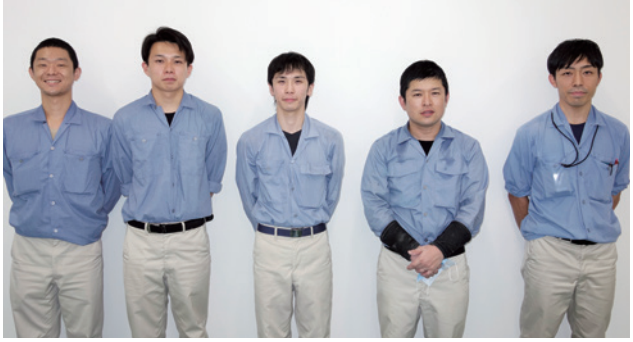
デジタルとアナログのハイブリッド人材の育成

作業者のスキルに依存することで、その人でなければ加工できない属人化が進む。それを避けるためにデジタル化が進んでいるが、デジタル化により指示されたことしかしない、できない作業者が増える傾向もみられる。それを避け、自分で判断できる作業者を育成することが必要だ。デジタルとアナログのハイブリッド人材こそが今後のものづくり現場で求められる。小牧工場で行われている技能検定への取り組みは、そうした目標への第一歩になっている。

会社情報

会社名	株式会社 興和工業所
代表取締役	六車 壽夫
小牧工場	愛知県小牧市大字東田中字下五反田1081
電話	0568-77-3277（小牧工場）
従業員数	1,049名（小牧工場・板金部門は74名）
URL	http://www.at-kowa.co.jp/

ベンディングマシンHG-8025（手前）を使った曲げ加工。曲げ工程を担当する作業者の多くが技能検定2級以上の資格を有している


2018年度、2019年度の工場板金技能士の2級に合格したメンバー。左から安藤さん、大脇さん、荒川さん、村本さん、岩崎さん

「できる できる 必ずできる」の精神で顧客のニーズに応える

株式会社 大栄製作所

「できる できる 必ずできる」の精神

㈱大栄製作所は1968年7月に「できる できる 必ずできる」の精神を柱に誕生。以来、フォークリフトに搭載されるバッテリーケース、産業用板金製品、各種精密板金ケースを主体とした「大型、単品加工」に短納期で対応してきた。

1991年には量産加工を主とする「加悦工場」を開業。また、2003年には中国へ生産シフトする日系企業の現地対応をするために上海に「忠嗣金属制作（上海）有限公司」を設立。国内2カ所、上海1カ所の3拠点で顧客をサポートしている。

受注の60%は主要得意先のバッテリーケース、各種盤筐体の仕事が占める。最近は移動体通信基地局の電源装置関連、各種配電盤・分電盤、蓄電池盤、液晶ディスプレイ（LCD）の製造に欠かせない製造装置関連や自動車計測機器、環境試験機関連の仕事が増えている。

社員のスキルアップは欠かせない

本社工場、加悦工場では自動化・ロボット化を推進し、最新の設備投資を進めているが、それとともに作業者のスキルアップが重要だと考えている。

吉岡恵社長は「マシンの加工能力を引き出すためには、社員のスキルアップが欠かせません。経営基本方針にも謳っていますが、当社は従業員の能力向上がすべての基礎であると考え、国家検定の技能資格、アルゴン溶接や半自動溶接の資格取得を奨励。人材育成に全力を挙げ、自由闊達でチャレンジ精神のあふれる企業文化を構築することが重要だと考えています」と語っている。

技能検定受検を推奨する雰囲気

社内には工場板金技能士の特級の合格者が1名、機械板金作業の1級合格者が8名、2級が24名、数値制御タレットパンチプレス板金作業の1級合格者が7名、2級が7名いる。合格者の人数は延べ47名となり、2種類以上の資格を取得しているケースを差し引いても従業員62名のうち半数以上が技能検定の合格者ということになる。

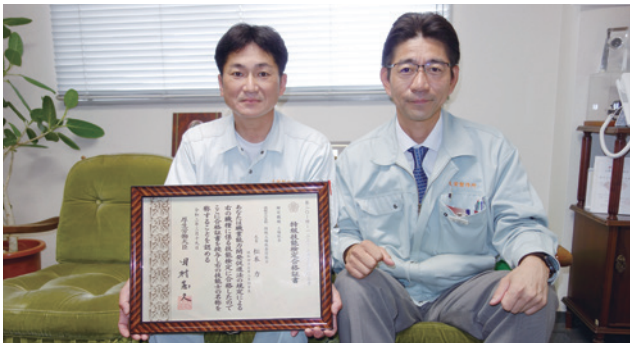
加悦事業部で資材課係長を務める松本力さんは2020年度の技能検定試験で同社では初めて、特級工場板金技能士に合格した。

松本さんは「当社では受検手数料は会社負担で、終業後には実技試験の自主練習でマシンや端材を使わせてもらえるなど、会社全体で技能検定受検を後押しする雰囲気があります。合格者には金一封も授与されるので、名誉とともに、そちらも励みになります」という。

吉岡社長は「人手不足は自動化・ロボット化とともに、技能検定を取得してもらって技術・知識も備えたエキスパート人材を育成し、現場作業の処理能力をレベルアップしていく以外に対策がありません」と語る。

会社情報

会社名	株式会社 大栄製作所
代表取締役社長	吉岡 恵
所在地	京都府京都市南区上鳥羽大物町26
電話	075-672-2381
従業員数	62名（グループ全体126名）
URL	https://www.daiei-ss.co.jp/



2020年度に工場板金技能士の特級に合格した加悦事業部資材課の松本力係長（左）と吉岡恵社長（右）

社員食堂には技能検定1級・2級に合格した社員の合格証書が飾られている

ベトナム人スタッフも技能検定にチャレンジ

田中産業 株式会社

約半数の29名がベトナム人スタッフ

田中産業㈱は2008年にベトナム人の「技能実習生」を受け入れ始めたことがきっかけとなり、ダイバーシティ経営とグローバル化を推進してきた。2010年からはベトナム人の「高度人材」（エンジニア）を採用するようになり、2019年からは新たに始まった「特定技能」の制度も活用。今では全従業員65名のうち45%に相当する29名がベトナム人スタッフとなっている。

人事評価制度を刷新し、資格取得を促進

外国人スタッフの割合が高まると、技術・技能の向上と蓄積がよりいっそう深刻な課題となる。この課題に対して、2015年に3代目社長に就任した田中公典社長は、人事評価制度を刷新し、「技能検定（工場板金技能士）」をはじめとする資格取得を促進することで対応していった。

新たな人事評価制度では、全役職者が全社員を評価し、約30の評価項目で高得点を取ったり、資格を取得したりすると昇給につながる。資格の場合は、昇給とは別に資格手当がつく。昇給や手当の対象となる資格は、技能検定（工場板金技能士）のほか、溶接技能者、QC検定、英検（実用英語技能検定）、マイクロソフトオフィススペシャリスト（MOS）などで、外国人スタッフの場合は日本語検定も対象となる。

受検手数料など、資格の取得にかかる費用は全額会社が負担する。2019年度からは、技能検定（工場板金技能士）については天田財団の「技能検定 工場板金 受検手数料助成事業」を利用している。

現在、技能検定（工場板金技能士）の有資格者は延べ17名で、このうちベトナム人スタッフは4名。このほかに有資格者ではないが、学科のみや実技のみ合格しているスタッフも数名いる。社員同士で教え合う関係も生まれ、受検直前には役職者が中心になって勉強会を開催するなど、社員がお互いに声をかけ合い、自発的に学ぼうとする雰囲気も生まれている。

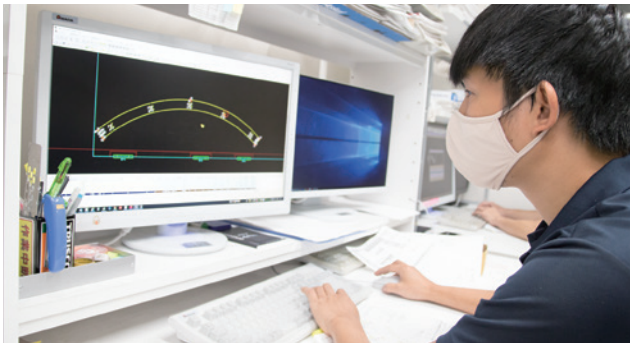
技能検定が自信や責任感につながる

田中社長は「技能検定の資格を取得することで、社員にとっては自信や誇り、責任感につながっていると思います」。

「この人事評価制度がベストと思っているわけではありません。しかし、当社の場合は外国人スタッフが多いこともあって、具体的に何をがんばれば評価や昇給につながるか、目に見えるかたちで示す必要がありました。また、福利厚生の一環で、受検に向けた実技の練習は、お客さまにご迷惑をかけない範囲で残業時間に行うことを認めています。こうした仕組みづくりが功を奏して、技能検定にチャレンジする社員が毎年増えています」と語っている。

会社情報

会社名	田中産業 株式会社
代表取締役	田中 公典
所在地	静岡県三島市長伏155-33
電話	055-977-1836
従業員数	65名
URL	http://www.tanaka-sng.co.jp/



CAD/CAMを操作するレーザー課のファム・テェ・クオン課長。技能検定の資格取得をきっかけにブランク工程のオペレーションにも対応するようになった

ファイバーレーザ複合マシンACIES-2512T-AJのサイクルローダーを操作するグエン・タン・ルアンさん。ベトナム人スタッフが約半数を占めている

2021年度後半からの行事予定

1. 公共展への参加

Photonix 2021

日程：2021年12月8日～10日
場所：幕張メッセ

OPIE'22

日程：2022年4月20日～22日
場所：パシフィコ横浜

2. 助成研究成果発表会

第18回 塑性加工 助成研究成果発表会

日程：2021年10月29日～30日
※期間中、オンラインによるオンデマンド配信
※塑性加工連合講演会（Web）に特別併催

第5回 レーザプロセッシング 助成研究成果発表会

日程：2022年4月20日
場所：パシフィコ横浜
※OPIE'22の公式イベントとして開催

3. 助成事業

天田財団 2021年度助成式典

日程：2021年11月27日
場所：日比谷図書文化館
　　日比谷コンベンションホール
※懇親会は日比谷松本楼で開催

2021年度後期 技能検定「工場板金」 受検手数料助成

応募期間：2021年10月1日～
　　2022年2月28日

2021年度第13回レーザー学会産業賞「貢献賞」を受賞

天田財団は、レーザー学会が主催する「2021年度第13回レーザー学会産業賞」において「貢献賞」を受賞した。

「レーザー学会産業賞」は、レーザに関する製品・技術の開発・実用化・普及などにおいて、国内のレーザ関連産業の発展に貢献しうる優秀なものに授与される。そのうち「貢献賞」は、優れた基礎的技術または長年の累積的貢献が重視される。

天田財団は「1987年の財団設立から社会実装に主軸を置いたレーザープロセッシング分野への研究助成による多大なる貢献、およびレーザー加工に関する若手研究者支援は大変重要であり、累計の助成件数、助成金総額共に大変高いものである」と評価され、貢献賞を授与された。

授与式は、2021年7月1日にパシフィコ横浜で開催した「OPIE'21」の特設会場で行われた。式には天田財団・末岡愼弘代表理事理事長が出席し、レーザー学会の久間和生会長より賞状と記念の盾が授与された。イベント期間中は、主催者が製作したパネルが特設会場に展示され、多くの来場者に天田財団の公益事業が紹介された。

レーザー学会産業賞
貢献賞
レーザプロセッシング分野の研究に対する助成
公益財団法人　天田財団　殿
貴財団は長年に亘りレーザー加工分野への研究助成と若手研究者への支援に取り組み我が国のレーザー光学関連産業の発展に多大な貢献をされました
ここに本賞を贈りその功績を讃えます
令和三(二〇二一)年七月一日
一般社団法人 レーザー学会
会長 久間 和生

天田財団が受賞した「貢献賞」の賞状

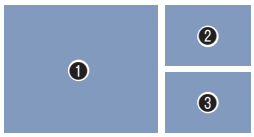
編 集 後 記

事務局長の鈴木です。皆さま、ワクチン接種はもうお済みでしょうか。当財団では、前期選考委員会と理事会を例年9月に㈱アマダの施設をお借りして開催しています。今年こそ現地開催できるよう事務局でもワクチン接種や抗体検査を行いましたが、結局、今年もオンライン会議となりました。研究室訪問の取材も、当初は実際に訪問取材をする予定でしたが、緊急事態宣言が小刻みに延長されるのにつれ、結局はいずれもオンライン取材となりました。ご多忙の中取材をお受けくださった先生方、掲載用写真の準備までしていただき、ありがとうございました。

レーザプロセッシング助成研究成果発表会は、OPIE'21の併設イベントとして、対面とオンラインのいわゆるハイブリッド方式で開催しました。多くの展示会が中止やオンラインで開催されている中、OPIEの来場者数も例年どおりにはいきませんでした。発表会の聴講者の人数は会場とオンラインをあわせるとほぼ例年どおりになったとはいえ、やはり会場の空席の多さを見るにつけ、こうした会場が密になっても良い時期が早く来てほしいと感じます。今後はこのようなリアルとオンラインを組み合わせた方式の講演会が増えてくるものと思いますが、やはりオンラインでは伝えきれない部分があるようにも感じています。

当財団ではこのあと、塑性加工助成研究成果発表会、助成式典を控えております。11月27日開催予定の助成式典・懇親会が予定どおり開催でき、前期助成に採択された研究者の皆さまとお会いできますことを願ってやみません。

（事務局　鈴木）



今回の表紙

❶2021年6月30日に開催した「第4回レーザプロセッシング助成研究成果発表会」で主催者挨拶を行う天田財団・末岡愼弘代表理事理事長／❷2021年7月1日にパシフィコ横浜で開催したレーザー学会産業賞の授与式で、レーザー学会の久間和生会長から賞状を授与される末岡代表理事理事長／❸技能検定「工場板金」の実技試験の実施風景

天田財団ニュース　第11号　2021年10月25日発行　発行所：公益財団法人天田財団　編集：マシニスト出版株式会社　印刷：株式会社あさひ印刷
〒259-1116 神奈川県伊勢原市石田350　TEL：0463-96-3580　FAX：0463-96-3579　https://www.amada-f.or.jp/