

CONTENTS

表紙

01 生活環境シミュレータの活用事例

技術レポート

- 02 生活環境シミュレータの概要と脳波による着心地評価への応用
- 03 透過電子顕微鏡によるポリマー観察
- 04 促進耐候性試験について
- 05 CAEと金属積層造形システムを用いた熱交換吸着塔の設計

研究紹介

06 異種金属薄板の摩擦攪拌接合

事業報告

- 07 オーダーメイド型研修の取組紹介
テクノシンポジウム2025の報告
T-Messe2025への出展報告

お知らせ

08 受賞者の紹介

生活環境シミュレータの活用事例 ～生活工学研究所～

日射試験



耐風試験



風雨試験



技 術情報誌139号(2026年3月発行) をお届けします。

表紙の写真は、生活工学研究所に設置されている「生活環境シミュレータ」を用いて行った、株式会社ハリイとの共同研究「髪を失った女性の為のスポーツウィッグの開発」での実験風景です。この研究では、運動中でもズレや外れる心配のないスポーツウィッグを開発することを目的に、夏季の炎天下や風雨を想定した環境を再現し、各環境下において着用実験を実施しました。

生活環境シミュレータは、人間が遭遇すると想定される屋内外の温湿度や日射・風雨・豪雨など様々な極限環境を再現できる装置です。本装置を用いた活用事例については、本誌2頁でもご紹介していますので、ご覧ください。

【装置仕様】

室内有効サイズ： W4.9×D5.8×H3.1 m 生活環境シミュレータ室
W5.5×D4.0×H3.1 m 屋内環境試験室

温度制御範囲： -40～+80℃

湿度制御範囲： 30～95%RH (at +10～+60℃)

日射装置： ①メタルハライドランプ 日射量0～1.0 kW/m²
②ハロゲンランプ 日射量0～1.2 kW/m²

気流装置： 0.5～11 m/s

降雨装置： 10～100 mm/h

技術レポート

生活環境シミュレータの概要と脳波による着心地評価への応用

生活工学研究所 生活科学課 副主幹研究員 牧村 めぐみ
主任研究員 能登 有里彩

1. はじめに

生活環境シミュレータは、人が遭遇し得る屋外・屋内の温湿度環境に加え、日射、風雨、豪雨など、さまざまな極限環境を再現できる装置です。本装置は、「生活環境シミュレータ室」と「屋内環境試験室」の2つの部屋から構成されており、設定条件や試験内容によって使い分けることができます。

2. 生活環境シミュレータ室

生活環境シミュレータ室は、屋外環境を再現できる部屋で、日射や風雨の試験が可能です。温湿度の設定範囲も広く、目的に応じて柔軟に環境条件を再現できます。日射装置には、メタルハライドランプとハロゲンランプの2種類があり、波長や熱量など目的に応じて選択することができます。

3. 屋内環境試験室

屋内環境試験室(図1)は、屋内環境を再現するための部屋で、発汗サーマルマネキンを常設しています。このマネキンは、発汗機能を用いて衣類の蒸発熱抵抗を測定するために使用します。また、発汗させずに衣類の保温性を示すclo値の測定も可能です。さらに、衣類だけでなく快適性向上を目的とした生活用品の評価にも活用できます。



図1 屋内環境試験室

4. 衣類の着心地評価

生活工学研究所では、今後重点的に取り組んでいく「着心地評価」の活動の一環として、令和7年10月31日に循環型ヘルスケア素材評価研究会を開催しました。その内容の一部をご紹介します。温度10℃・相対湿度70%の生活環境シミュレータ室

内で、ベンチコートの着衣の有無による脳波測定・解析を行いました。被験者は参加企業の成人男性で(図2)、閉眼状態で40秒間の測定を実施しました。取得した脳波にフーリエ解析を行ったところ、図3に示すように、感性に関連すると考えられるアルファ波(α 波)の成分を良好に計測できることが確認されました。

本測定・解析は、富山県立大学・唐山教授のご指導のもと実施しました。

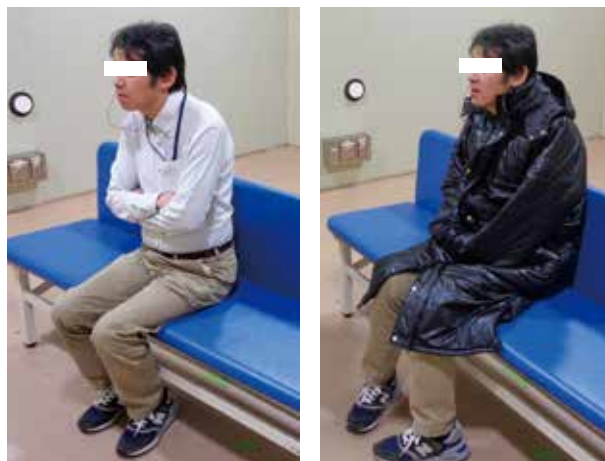


図2 脳波測定の様子(左:非着衣、右:着衣)

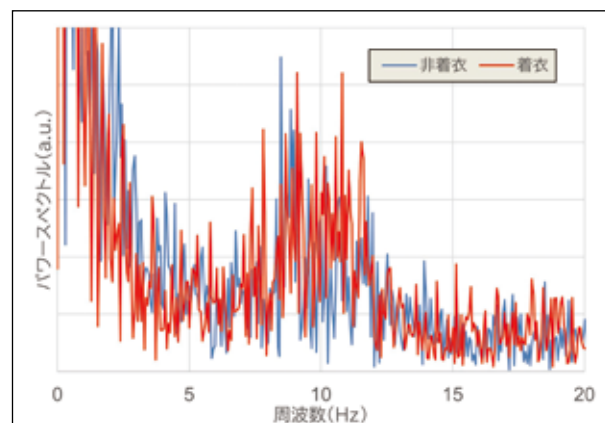


図3 非着衣/着衣における α 波パワースペクトル

5. おわりに

本装置は、衣類を含む生活用品だけでなく、工業製品など幅広い分野で利用することができます。製品開発において、大きな恒温恒湿室を必要とされる方、社内で環境を再現できずお困りの方は、ぜひ一度ご見学ください。

透過電子顕微鏡によるポリマー観察

ものづくり研究開発センター ものづくり基盤技術課 副主幹研究員 高松 周一

1. はじめに

高分子（ポリマー）材料の物性は、その材料の微細構造（モルフォロジー）と密接に関連しています。このため、ポリマー材料のモルフォロジー観察は、物性を解析・研究する上で重要な手段となっています。

このレポートでは、広く用いられている、電子染色法と超薄切片法による透過電子顕微鏡（TEM）観察について、事例とともに簡単に紹介いたします。

なお、手法の詳細は、すぐれた成書¹⁾で紹介されていますので、参考にしていただくと幸いです。

2. 電子染色法

ポリマー材料は、主に炭素（C）、水素（H）、酸素（O）、窒素（N）の軽元素で構成され電子密度差が小さく、モルフォロジー観察のための像コントラストが得られません。そのため、特定の構造などに重金属を反応させる電子染色が一般的に用いられています。

電子染色の染色剤としては、ポリエチレン（PE）に代表されるポリオレフィンなどの飽和系ポリマー材料に有効な四酸化ルテニウム（ RuO_4 ）^{2,3)} や、アクリロニトリル-ブタジエン-スチレンブロック共重合体（ABS）のような不飽和結合（ $\text{C}=\text{C}$ ）を有するポリマー材料に有効な四酸化オスミウム（ OsO_4 ）^{4,5)} が、代表的なものです。

なお、 RuO_4 および OsO_4 は、揮発性があり活性も高いので、ドラフト内で取り扱い、絶対に直接触れないよう注意が必要です。

3. 超薄切片法

超薄切片の作製には、ウルトラミクロトームを使用しますが、フィルム状や繊維状の試料は、エポキシ樹脂などを用いて包埋固定し、ブロック状にするなどの必要があります。

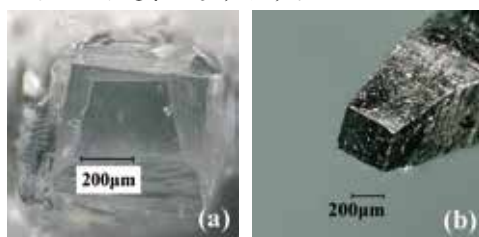


図1 トリミングと染色

例えば、樹脂短冊試験片の中心付近から、約500 μm 角の針状に試料を切り出し、台地状にトリミング（図1 (a)）、クライオダイヤモンドナイフで、

-165 $^{\circ}\text{C}$ で面出し後、0.5 % RuO_4 水溶液の気相中、65 $^{\circ}\text{C}$ ・6時間の染色（図1 (b)）を行います。

超薄切片は、LEICA社製ULTRACUT UCTなどを使用し（図2 (a)）、常温で約50 nm厚に作製（図2 (b)）します。得られた切片は、銅（Cu）グリッドに捕集し（図2 (c)）、十分に乾燥後、TEM観察します。

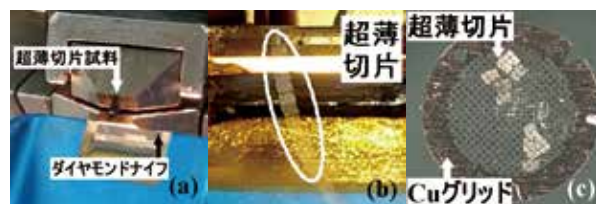


図2 超薄切片作製

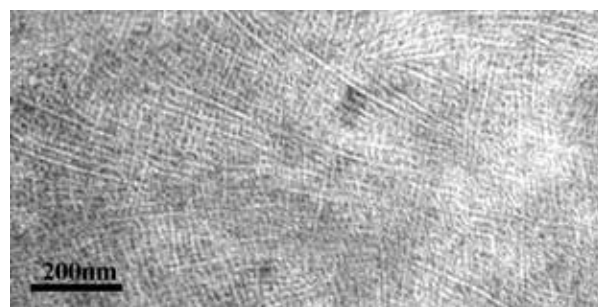


図3 ポリプロピレン（PP）のTEM写真例

図3のTEM写真は、見やすく加工しています。

PP結晶（ラメラ）の非晶部分が、染色による反応でRuが沈着し黒く観察され、反応のない結晶部が白く筋状に観察されます。

4. おわりに

駆け足での紹介でしたが、県内企業の皆様には、製品開発や不良解析に活用して頂ければ幸いです。

参考文献

- 1) 朝倉健太郎・広畑泰久 共編：電子顕微鏡研究者のためのウルトラミクロトーム技法 Q&A, アグネ承風社（1991）等
- 2) J.S.Trent, J.I.Scheinbeim, and P.R.Couchman, *Macromolecules*, **16**, 589（1983）
- 3) J.S.Trent, *Macromolecules*, **17**, 2930（1984）
- 4) E.H.Andrews and J.M.Stubbs, *J.R.Microsc. Soc.*, **82**, 221（1964）
- 5) K.Kato, *Polym. Eng. Sci.*, **7**, 38（1967）

促進耐候性試験について

生活工学研究所 生活資材開発課 副主幹研究員 高田 耕児
主任研究員 丹保 浩行

1. はじめに

耐候性とは太陽光、温度、湿度、雨などによる劣化に対する耐性であり、屋外での使用が想定される製品には一般に耐候性が求められます。耐候性を調べるための方法の1つは、試料を実際に屋外にさらして劣化させる試験（屋外暴露試験）ですが、製品開発において屋外暴露試験の結果を待って改良を行っているのは年単位の長い期間がかかることとなります。そこで短期間で劣化具合を調べる促進耐候性試験が利用されます。

促進耐候性試験で用いられる光源として、サンシャインカーボンアークランプ、紫外線カーボンアークランプ、紫外線蛍光灯、キセノンランプ、メタルハイドランプなどがあります。これらの中で、生活工学研究所では紫外線カーボンアークランプを備えた「カーボンアーク灯光試験機」、キセノンランプを備えた「キセノンウエザーメータ」、メタルハイドランプを備えた「超促進耐候性試験機」を保有しています（表1）。

2. カーボンアーク灯光試験機（フェードメータ）

紫外線カーボンアークランプが発する光は波長386 nm付近に鋭く強いピークを持つため、太陽光とは大きく異なるのが特徴です。建築材料、自動車部品などの耐候性試験（JIS A1415, D0205など）や繊維製品の染色堅ろう度試験（JIS L0842）、着色プラスチック材料の色堅ろう度試験（JIS K7102）などに古くから利用されています。

3. キセノンウエザーメータ

キセノンランプは、紫外部から可視部にわたり、太陽光の分光放射照度分布に近似した光源であり、太陽光による劣化を再現するのに適しています。

波長範囲300~400 nmにおいて、太陽光に近い放射照度から、太陽光の約3倍の高照度にまで出力を設定することができます。最大放射照度180 W/m²では、計算方法によって変動しますが、約20日間で屋外暴露1年分の紫外線を照射することができます。キセノンウエザーメータは、塗料、プラスチック製品、繊維製品などに対する幅広い耐候性試験（JIS K5600-7-7, K7350-2, L0891など）に利用することができます。フィルタを選ぶことで屋外だけでなく屋内（窓ガラス越しの太陽光）を想定した試験も可能です。

4. 超促進耐候性試験機

メタルハイドランプが発する光は紫外部に非常に強いエネルギーを持つという特徴があります。キセノンウエザーメータと違って太陽光の分光分布と近い紫外線ではありませんが、製品開発のスピード化に伴い、短期間で劣化を促進させる目的での利用は増加傾向にあります。最大放射照度1500 W/m²では、計算方法によって変動しますが、約2.4日間で屋外暴露1年分の紫外線を照射することができます。2021年には樹脂製建具の促進耐候性試験（JIS A1501）が制定され、今後、試験規格は増えていくと予想されます。

5. おわりに

生活工学研究所の3種類の促進耐候性試験機について紹介しました。試験機の選択や試験条件、試料の形状、サイズなどについてはお気軽にご相談ください。また、生活工学研究所には測色試験、強度試験、表面分析などに関する装置もありますので、促進耐候性試験後の評価についてもご相談ください。

表1 生活工学研究所で保有している促進耐候性試験機

| | メーカー型式 | 特徴 | 放射照度 | 屋外暴露1年分の紫外線照射に要する時間* |
|--------------|------------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------|
| カーボンアーク灯光試験機 | スガ試験機(株) FAL-AU | 波長386 nmの紫外線 | 500 W/m ² (300~700 nm) | 波長範囲が異なるため計算困難 |
| キセノンウエザーメータ | スガ試験機(株) SX75 | 太陽光の分光放射照度分布に近似 | 180 W/m ² (300~400 nm) | 472.2時間(約20日) |
| 超促進耐候性試験機 | 岩崎電気(株) SUV-W161 | 強力な紫外線 | 1500 W/m ² (300~400 nm) | 56.7時間(約2.4日) |

*屋外暴露1年間の放射露光量を4500 MJ/m²（JIS D0205）と仮定し、そのうち波長300~400 nmの紫外線を6.8%（CIE Publication No.85 1st Edition, TC2-17）含むものとして計算しています。紫外線量は場所や年によって異なるので、照射量の見積りには注意が必要です。

技術レポート

CAEと金属積層造形システムを用いた熱交換吸着塔の設計

機械電子研究所 電子デバイス技術課 主任研究員 関口 啓介

1. はじめに

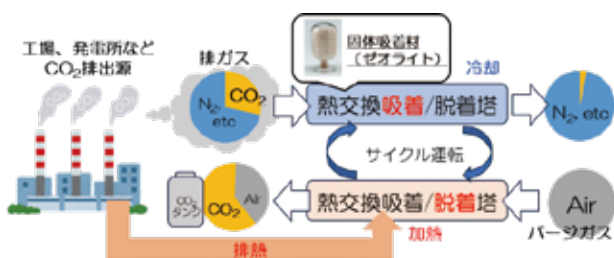
CAE (Computer Aided Engineering) は、コンピュータを活用して材料に作用する応力、流体、熱力学などの解析を行うことを指し、製品開発の効率化や期間短縮の実現に大きく貢献しています。

今回は、吸着材の高温間の吸着量差を利用してCO₂の分離・回収を行うTSA法 (Temperature Swing Adsorption) を紹介した上で、CO₂分離・回収性能に大きな影響を与える熱交換吸着塔の設計検討を進めるにあたり、当センター保有の複合材料デザインシステムと金属積層造形システムを活用した事例を紹介します。

2. TSA法によるCO₂分離・回収

図1に、TSA法によるCO₂分離・回収技術の模式図を示します。連続的な分離・回収のため、固体吸着材 (ゼオライトなど) を担持した熱交換吸着塔を2本配置し、吸着と脱着を交互に実施します。

吸着工程では、CO₂を多く含む排ガスを熱交換吸着塔Aに通過させ、排ガス中のCO₂を吸着材に吸着させます。一方、脱着工程では、パージガス (≒大気) を吸着塔Bへ通過させると同時に吸着材を加熱し、吸着されたCO₂を脱着し濃縮するシステムです。吸着材加熱にCO₂排出源由来の排熱 (100℃以下) が利用でき、投入エネルギーが低く抑えられるメリットがあります。

図1 TSA法によるCO₂分離・回収技術の模式図

3. 熱交換吸着塔の検討

これまでの研究で、TSA法は、熱交換吸着塔の熱応答性 (吸着時の冷却と脱着時の加熱) が分離・回収性能に大きく影響を与えることがわかっています。そこで、従来のフィンコイル型熱交換器に対して、熱応答性向上および吸着材量増加を目指し、伝熱部にラティス構造をもつ新たな熱交換吸着塔を設計、検討しました。3Dモデリングと伝熱解析には、それぞれ複合材料デザインシステ

ムに備えられたCAD (Solid Works) およびCAE (COMSOL Multiphysics) の伝熱モジュールを活用しました。

4. 熱交換吸着塔の形状検討および伝熱解析

吸着材 (ゼオライト想定) 塗布の厚み2 mmを想定し、熱交換吸着塔中央の配管 (Φ12 mm) に温度353 K、流量 $1.0 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ の温水が流れる条件で、吸着塔の体積平均温度の時間変化を解析しました。

図2に伝熱解析結果の例を示します。吸着塔は温水流入後から約90秒で昇温する解析結果が得られたため、図3に示すラティス構造の熱交換吸着塔を作製しました。造形は金属積層造形システム (EOSINT M280) によりアルミ材料で行いました。

作製した熱交換吸着塔を用いてCO₂分離・回収実験を行った結果、熱交換器重量あたりのCO₂回収量は約1.2倍に向上し、熱交換吸着塔の熱応答性が分離・回収性能に与える影響を確認しました。

ラティス型 伝熱解析

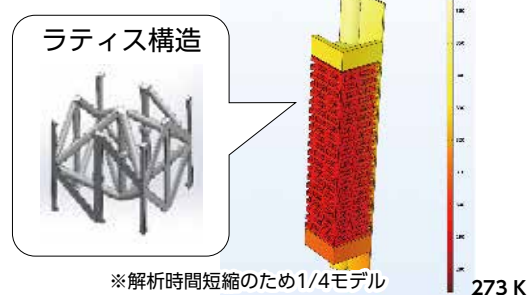


図2 伝熱解析結果 (温度コンタ図、t=10秒後)

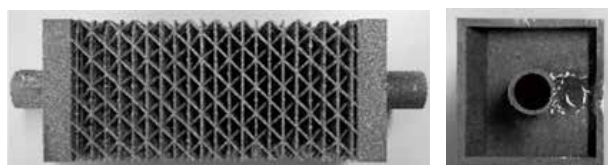


図3 作製した熱交換吸着塔

5. おわりに

機械電子研究所では、3Dモデルを作成し様々な物理現象を解析できるCAEモジュールを取り揃えております。お気軽にお問合せください。

参考文献

- 1) 関口啓介他, 富山県産業技術研究開発センター研究報告, 39, 87-88 (2025)

研究紹介

異種金属薄板の摩擦攪拌接合

ものづくり研究開発センター 機能素材加工課 主任研究員 柿内 茂樹

1. はじめに

銅 (Cu) は高い電気・熱伝導性、アルミニウム (Al) は軽量・低コストといった特長を有し、両者を組み合わせた複合材料の開発が取り組まれています。熔融を伴わない摩擦攪拌接合は、異種金属の接合に有効とされますが、Al-Cuの接合の際には、異なる材料の流動性や耐食性が重要です。本研究は、これらの点を評価し、今後の課題について検討しました。

2. 実験方法

使用材料はA1050 (Al) とC1020 (Cu) で、板厚はA1050が1.5 mm、C1020が1 mmです。継手形状は突合せ継手で、接合条件は、ツール回転数1000 rpm、接合速度1000 mm/minとしました (図1)。

接合後の継手の評価は、断面組織観察、引張試験、塩水噴霧試験により行いました。



図1 接合試験の外観

3. 実験結果

図2は接合部断面のマクロ組織と継手底部のミクロ組織を示しています。接合部はA1050とC1020が塑性流動して接合しました。また、接合部の板厚はA1050側の板厚よりも薄く、C1020側よりも厚くなりました。継手の底部のAl-Cu界面に深さ約0.2 mmの不完全接合部が残存しました。

図3にAl-Cu継手の引張試験結果を示します。継手の引張強さは平均で114 MPaであり、これはA1050の母材とほぼ同等の強さでした。

図4に示す塩水噴霧試験後の腐食減量の測定結果において、いずれの材料も試験時間の経過に伴い、腐食減量は増加する傾向を示しました。特にAl-Cu継手はA1050単体およびC1020単体よりも腐食が進みやすく、試験時間が長くなるほどその差が大きくなりました。

一方、Al-Cu継手のA1050側の表面にNiめっき処理した場合、腐食減量がC1020単体と同等か、僅かに多い程度に抑制されました。このことから、未処理のAl-Cu継手に比べて、Al側の表面にNiめっき処理することで腐食減量を抑制できることが示されました。



図2 接合部断面のマクロ組織 (A) とミクロ組織 (B)

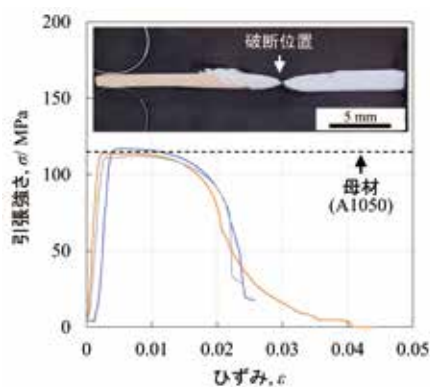


図3 Al-Cu継手の引張試験結果

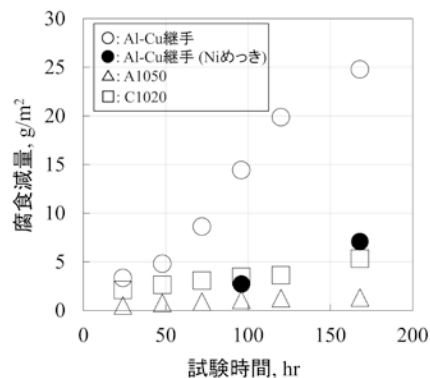


図4 各種材料の塩水噴霧試験による腐食減量

4. おわりに

本稿では、A1050 (Al) C1020 (Cu) を摩擦攪拌接合で接合し、継手の機械的性質と耐食性を評価しました。本継手には、内部構造と耐食性の改善の余地があるものの、接合条件の最適化や防食処理の組み合わせにより、より信頼性の高い異種金属継手が期待されます。

事業報告

令和7年度 新技術創出普及事業 オーダーメイド型研修(人材育成研修)の取組紹介

受講者：田中精密工業株式会社の技術者4名

研修内容：アルミニウム合金粉末を用いた金属3Dプリント技術に関して、以下の内容で研修を行いました。

- ①造形に用いる3Dデータの準備（データ配置、サポート設計）
- ②造形の準備作業（アルミ粉末の取扱い、材料粉末の投入、ベースプレートの設置など）
- ③造形物（3Dプリント品）の回収作業
- ④造形物の後処理（熱処理、ワイヤカット、サンドブラストなど）
- ⑤造形体と粉末の各種評価（密度評価、粒度分布、金属組織観察など）

以上により、金属3Dプリントによる造形技術や評価技術を習得していただきました。田中精密工業株式会社では自社に金属3Dプリンタを導入し、令和7年（2025年）12月から運用を開始されています。造形技術をさらに研鑽いただき、高品質・高信頼性な3Dプリント品の製造につなげていただく予定です。



金属積層造形機（上）と研修での試作品（下）

テクノシンポジウム2025の報告

令和7年度産業技術研究開発センター研究発表会 テクノシンポジウム2025は、令和7年7月29日（火）にウェブ会場（Zoom）と高岡会場（ものづくり研究開発センター）を併設して開催しました。

本年度は、特別セミナーとして「ギガキャストの技術動向とダイカスト技術」をリョービ株式会社の新田 真氏にご講演いただきました。また、当センターにおける令和6年度の研究成果6件の発表と、新設設備4台の紹介を行いました。

最後に、今回のシンポジウムでは、ウェブと高岡会場を合わせて69名の方々にご参加いただき、盛況のうちに終えることができました。参加者の皆さまには厚く御礼申し上げます。



リョービ株式会社新田 真氏の特別セミナー

T-Messe2025への出展報告

令和7年10月30日（木）～11月1日（土）に富山産業展示館で開催された T-Messe2025（富山県ものづくり総合見本市）においてブース展示を行いました。

最近の研究成果として ナノファイバーを用いた防虫バンダナ・貼付剤・人工血管、スマート農業用アンテナ、異種金属接合材、低温鍛接法、金属加工へのシミュレーションの応用等についてのパネルと試作成果品を展示しました。また、当センターの概要及び主要設備・新設設備についてもパネル紹介を行いました。



展示ブース

受賞者の紹介

令和6年度W4T（Well-being for Toyama）表彰



左から新田知事、坂井副主幹研究員、
山室商工労働部長

機械電子研究所の坂井雄一副主幹研究員が、令和6年度“W4T（Well-being for Toyama）表彰”を受賞いたしました。これは、職員のチャレンジを応援する機運の醸成に向けて、職員が中心となり策定した「富山県職員行動指針」を実践し、優れた成果をあげた取組を表彰するべく、令和6年度に創設された職員表彰制度です。

今回の受賞は、株式会社スフィンクス・テクノロジーズ（富山市）と共同研究を実施し、IHはんだ付け装置のはんだ付けプロセス解明や試作品の分析、信頼性評価に大きく貢献したことが認められたものです。IHはんだ付けは非接触、局所的なはんだ付けといった課題解決だけでなく、従来のはんだ付け手法よりも効率の良い加熱、はんだ廃棄物の削減等が可能であることから、カーボンニュートラルへの貢献も期待でき、車載電装部品メーカーをはじめとした電気機器製造業への導入が進んでいます。

令和7年度中部公設試験研究機関研究者表彰“産総研中部センター所長賞”



吉田主任研究員

生活工学研究所の吉田巧主任研究員が、公益財団法人中部科学技術センター主催の令和7年度中部公設試験研究機関研究者表彰において、“産業技術総合研究所中部センター所長賞”を受賞いたしました。

「ポリプロピレン繊維の染色技術の開発」および「ナノファイバーを応用した高機能素材の開発」の研究業績が認められたものです。

ポリプロピレン繊維は、軽量性や易リサイクル性など様々な優れた特徴を有していますが、染色性に乏しいため衣料品への応用が進んでいません。この課題を解決するため、カチオン染料の還元と再酸化を利用した新しい染色技術を開発しました。

また、直径1μm未満の超極細繊維で構成されるナノファイバー不織布を活用し、防虫資材、医療用貼付剤（湿布薬）、人工血管へ応用しました。

これらの技術は、富山県の繊維産業の発展に大きく寄与するものであり、実用化に向けた研究に継続的に取り組んでいます。