

『低温鍛接法による 車載二次電池用複合電極端子の開発』

ものづくり研究開発センター 機能素材加工課 副主幹研究員

山岸 英樹

CONTENTS

表紙

01 第9回富山県ものづくり大賞で大賞を受賞した共同研究「低温鍛接法による車載二次電池用複合電極端子の開発」の紹介

研究紹介

02 電波屈折板に関する基礎的検討

技術レポート

03 知っておきたい工業用エックス線CTの勘所

04 体圧分布測定装置の活用

05 音の測定と分析（入門）

06 グロー放電発光分光分析における化学成分の定量

国際会議レポート・事業報告

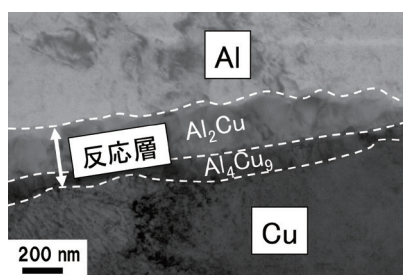
07 国際会議レポート、人材育成（研修）の取組紹介、テクノシンポジウム2024の報告

お知らせ

08 表彰者・受賞者の紹介



「TANSEZ 端子」(ファインネクス株)



端子接合界面の電子顕微鏡写真
(極めて薄い反応層を創成)

当センターと共同研究を進めている、ファインネクス株式会社(舟橋村)が、第9回富山県ものづくり大賞において、“大賞”を受賞されました(受賞テーマ:低温鍛接法によるリチウムイオンバッテリー用の革新的複合電極端子「TANSEZ 端子」)。

センターでは、異なる金属を溶かさずに、一瞬の加圧で成形と同時に高強度に接合する特許技術「低温鍛接法」を開発、ファインネクス株の優れた圧造技術と組み合わせることで、銅(Cu)とアルミニウム(Al)が高精度で一体化した複合電極端子を世界に先駆けて開発しました。

圧倒的品質と破壊的低コスト、また材料ロスを生じずSDGsにも資する本製品は、モビリティの電動化において、大きな注目を集めています。

技術情報誌137号(2025年3月発行)をお届けします。

表紙は「富山県ものづくり大賞」の大賞を受賞したテーマに関連する企業との共同研究の成果について紹介します。

「研究紹介」(p.2)では、令和5年度の研究成果を1件紹介します。

「技術レポート」(p.3-6)では、センターが保有している装置・技術の活用方法についてわかりやすく解説します。

「国際会議レポート・事業報告」(p.7)では、国際会議への出席、人材育成事業の取組状況、研究発表会についてご報告します。

「お知らせ」(p.8)では、表彰者・受賞者のご紹介をさせていただきます。

研究紹介

電波屈折板に関する基礎的検討

ものづくり研究開発センター 製品・機能評価課 主任研究員 宮田 直幸

1. はじめに

移動体通信に対する要求（高速・大容量化、多数端末接続、低遅延、高信頼性等）は年々高まっており、5G/6Gといった通信規格はそれに応え得るものと期待されています。通信速度 C [bps] を上げるためには、シャノンの定理 $C = B \log_2 (1 + S/N)$ から電力 S [W] を増やすよりも、帯域幅（周波数の範囲） B [Hz] を増やす方が効率的ですが、低周波数帯域は既に種々の用途に割り当て済みであるため、5G/6Gでは帯域幅を広くとれる高周波数帯域、例えば5Gではミリ波の28GHz帯（国内では27～29.5GHz）等が割り当てられています。

しかし、ミリ波やテラヘルツ波といった高周波数の電波は建物の陰になるような場所には回り込まず届きません（図1中央）。そこで障害物を迂回するように経路の途中にメタサーフェスを挟み込んで作成されるものにより、電波の進む方向を変えることが考えられています（図1右）。

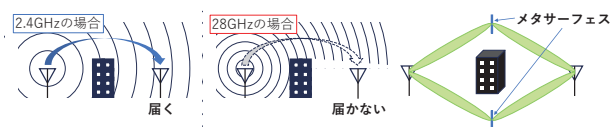
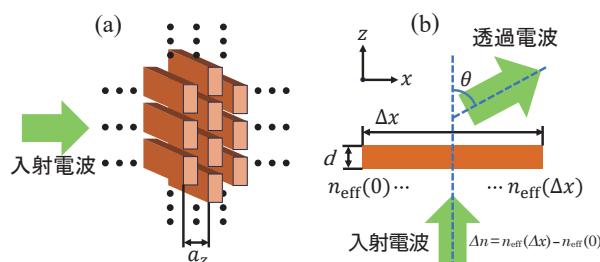
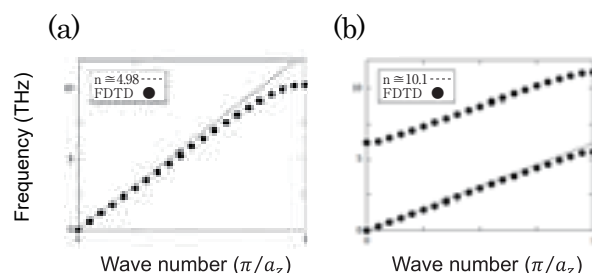


図1 メタサーフェスの利用イメージ

2. 多層金属格子の応用

メタマテリアルとは、波長よりも十分小さい構造を粗視化して見た時に特定のパラメータ（ここでは誘電率と透磁率）を持つ均質な物質（媒質）のように見える構造体のことを言います。また、メタサーフェスとは、平板状のメタマテリアルと言え、種々のものが提案されています。しかしそれらの多くは、特定の周波数の近くでのみ高い透過率を示します。利用の仕方にもよるため一概には言えないものの、上記の用途としては本来広帯域であるべきと考えられるため、本研究では屈折率を変化させることで広帯域に同じ方向に電波を曲げる平板、具体的には、図2のような多層金属格子（図2(a)では3層のみ表示）について検討しました。

この構造は既に低周波数側で線形の分散関係を持つことが数値計算により示されており、無反射となり得ることが示唆されていました。そこで、実際に有効屈折率の表式と無反射の条件式を導出したところ、各部の寸法を特定の比率を保ちながら小さくしていくことで、（ほぼ）無反射を保ちつつ有効屈折率をいくらでも大きくできることがわ

図2 多層金属格子
(a) 概形, (b) 使用時の配置図3 多層金属格子の分散関係
(a) $n_{\text{eff}} \approx 4.98$, (b) $n_{\text{eff}} \approx 10.1$.

かりました。実際、図3に示した例のように、理論的に求めた有効屈折率 n_{eff} と数値計算（FDTD）の結果が一致していることが確認できました。

正方形の平板は図2(b)のように1辺 Δx 、厚み d の時、屈折率 n を平板の端から端まで直線状に Δn だけ変化させることで電波を角度 θ だけ曲げるとすると、($d\Delta n < \Delta x$ として) $d\Delta n = \Delta x \sin\theta$ の関係式が成り立ち、多層金属格子においてはマイクロオーダーの構造が作製できるとすると、 Δn は100程度が可能です。2本のアンテナそれぞれから100m離れた位置に平板を置いて使い、28GHz以上の周波数の電波を30°曲げようとする、 d は4mm程度必要となり、その結果1000程度の層数が要求されることがわかります。ただし、無反射であることを活用し、10層程度の作製しやすいものを扇状に並べるということも考えられます。

一方、屈折率を変化させる構造として、誘電体のみを利用したものも提案されています。これは多層金属格子と異なり、両偏波を透過します。しかし、 Δn が物質に依存し、あまり大きくとれないことや、特性インピーダンスが空中のそれとは異なり、無反射とすることが難しいといったことが課題です。

3. おわりに

多層金属格子の電波屈折板としての応用について検討しました。今後は層数を減らす工夫等コストを低減させる方法について研究を進めます。

知っておきたい工業用エックス線CTの勘所

ものづくり研究開発センター デジタルものづくり課 研究員 本多 直生

1. はじめに

エックス線（X線）CTは、測定物を360度回転させながらX線を透過させ、その透過したX線を検出することで断層画像を取得し、それらの画像を積み重ね、3Dデータとして可視化するものです。この技術は、医療分野だけでなく、工業分野でも広く利用されています。工業用X線CT装置は、主に金属やプラスチックなどの工業製品の内部構造や欠陥を非破壊で検査、解析するために使用されます。ここでは、富山県産業技術研究開発センターに設置されている3種のX線CT装置について紹介します。

2. X線CT装置の選定と撮影条件の重要性

表1は、当センターが所有するX線CT装置の概略です。X線CT装置で目的に応じたCT撮影を行うには、評価目的や測定物の材質・形状を考慮したうえで適切な装置を選定することが重要です。X線CT装置は、測定物を透過したX線を検知する仕組みのため、X線を透過しづらい測定物の場合、鮮明なCT像を得ることが難しくなります。そのため、撮影前に測定物へのX線の透過具合を把握する必要があります。具体的には、X線CT装置から出力されるX線のエネルギー、測定物の形状や材質などが考慮すべき要素として挙げられます。

X線には、そのエネルギーが高いほど、物体を透過する能力が上がるという基本的な性質があります。CT撮影でのX線のエネルギーは、CT装置が搭載するX線管球の管電圧に比例して決まります。一方、X線には物体を透過する際、減衰する性質も併せ持ちます。この性質により、X線の透過距離が長い測定物を対象とした場合や、X線の遮蔽能が高い高比重な材質である場合、X線は透過しにくくなります。つまり、測定物が厚く（大きく）、かつ高比重であるほど、CT像にはX線透

過不足によるノイズが発生しやすくなります。参考までに、装置の最大管電圧と測定物の材質・形状の関係について以下に示します。大型X線CT（450 kV）の場合、アルミニウムは250 mm程度、鉄は65 mm程度、マイクロフォーカスX線CT（225 kV）の場合、アルミニウムは100 mm程度、鉄は15 mm程度までX線を透過することが可能です（撮影条件によって変動することがあります）。

これまでX線の透過度を決定する要素について説明しました。しかし、より高解像度のCT像を得るには、CT装置のX線源の焦点サイズを考慮する必要があります。表中の「高解像度レベル」に着目すると、装置毎に性能が異なることが分かります。例えば、高機能材料用ナノフォーカスX線CTはX線源の焦点径が小さいため、X線が測定物を透過する際に、より集中的に照射され、その結果、細部まで鮮明に捉えた高解像度のCT像が生成可能となります。

3. X線CT装置の適用事例について

各CT装置の適用事例を紹介します。大型X線CTでは、鋳造品等の目視不可能な内部形状や鋳巣の検査、マイクロフォーカスX線CTでは、小型の樹脂・軽金属部品内部の欠陥や亀裂の検査、電子部品のはんだ付けの状態観察が代表的な事例です。高機能材料用ナノフォーカスX線CTでは、例えば、樹脂材料に添加したフィラーの配向/分散状態の評価、マイクロオーダーの内部欠陥の検査などに活用されています。

4. おわりに

本稿では、装置毎の特徴を中心に紹介しましたが、ここで紹介した内容を考慮しても、適切な装置が判断しづらいケースがありますので、お気軽にご相談いただければと思います。

表1 産業技術研究開発センターにおけるX線CT装置とその特徴

名称（所在場所）	型式（メーカー）	透過可能 距離レベル	最大管電圧 (X線エネルギー)	測定可能寸法 (最大サイズ)	高解像度 レベル	欠陥検出 限界サイズ
大型エックス線 CT (ものづくり研究開発センター)	Y.CT Compact 450XL-Y (Comet Yxlon)	◎	～ 450kV	Φ600×H750	△	数百 μm ～
マイクロフォーカスエックス線 CT (機械電子研究所)	inspeXio SMX-225CT FPD HR (島津製作所)	○	～ 225kV	Φ300×H450	○	数十 μm ～
高機能材料用ナノフォーカス エックス線 CT (ものづくり研究開発センター)	SKYSCAN 1272 (Bruker)	△	～ 100kV	Φ70×H60	◎	数 μm ～

体圧分布測定装置の活用

生活工学研究所 生活科学課 研究員 能登 有里彩

1. はじめに

睡眠の質の向上や療養者の褥瘡（とこずれ）の予防においてはマットレスのクッション性や圧力分散性が大きく関わっています。また、高齢者の転倒防止やスポーツ用シューズにおいては、足裏やインソールの圧力分布や重心移動の測定・評価が重要な役割を果たします。

今回は、これらのマットレスやシューズの開発にも活用可能な生活工学研究所が保有する体圧分布測定装置の測定事例を紹介します。

2. 体圧分布測定装置

当所の体圧分布測定装置は、シート状で柔軟性を持った面状の感圧マットセンサです。身体が接触した時の接触圧やクッション性を圧力値や接触面積、圧力分布などとして客観的に計測できます。4種類の大きさや形状のセンサがあり（図1）、マットレスなどの全身用から、椅子の座面用や靴のインソール用まで対応しています。

- ① 全身圧マットセンサ（185.4cm × 76.2cm）
- ② 座圧マットセンサ（45.5cm × 45.5cm）
- ③ 小型マットセンサ（23.2cm × 23.2cm）
- ④ インソールセンサ（23cm、25cm、27cm）

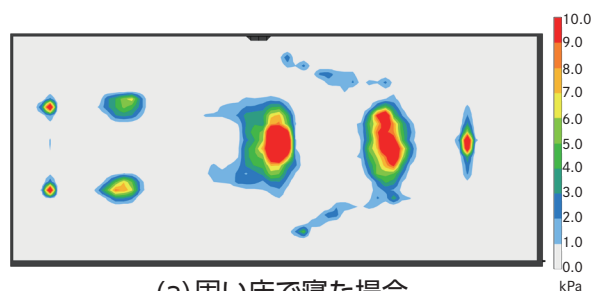


図1 体圧分布測定装置

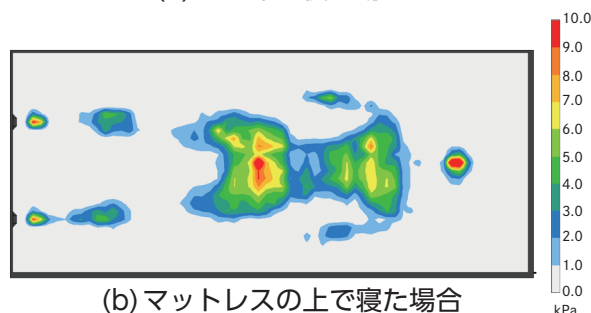
3. 体圧分布測定装置での測定事例

全身圧マットセンサを用いて、固い床に寝た場合と市販のマットレスに寝た場合の体圧分布測定の結果を図2に示します。固い床に寝た場合、頭、背中、お尻、ふくらはぎ、かかとが部分的に床と接触しており、圧力が高いことが分かります。固い床の上で寝ると腰が痛いのは、腰が床と接触しておらず支持されていないからだ分かります。マットレスを使用すると、背中から腰、お尻、太ももまで接触範囲が広くなり、圧力が分散されて

いることが分かります。測定例は、一般的なマットレスですが、身体の凹凸に沿って適度に沈んで包みこむように支持面積を増やし、バランスよく体圧を分散することを狙ったマットレスの評価などに活用することができます。



(a) 固い床で寝た場合



(b) マットレスの上で寝た場合

図2 全身圧マットセンサによる体圧分布測定結果

また、インソールセンサを用いて、足踏みをし、右足が接地した時の右足底の体圧分布測定の結果を図3に示します。経時的な測定により、靴内の圧力分布のカラーマップ（左）や測定点の圧力値（中央）だけでなく、圧力中心の移動（右）も測定が可能です。当所は、フォースプレート内蔵型トレッドミルも保有しており、歩行時の床反力の計測とともに使用することができます。

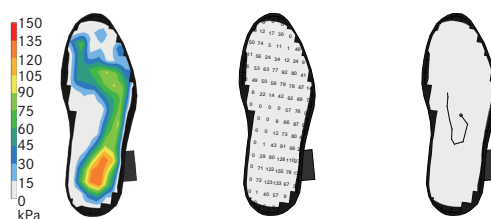


図3 インソールセンサによる体圧分布の測定結果

4. おわりに

本装置は、医療やスポーツ分野、生活用品など幅広い分野で活用可能です。体圧分布測定装置に限らず、ヘルスケアや繊維製品などの生活用品に関する試験について、ぜひ生活工学研究所までご相談ください。

音の測定と分析（入門）

機械電子研究所 機械情報システム課 主任研究員 羽柴 利直

1. はじめに

音には、機械製品や家電製品等から生じる不快な騒音から、スピーカーから流れる音楽等の心地良く感じる音まで様々な種類があり、音はその製品の価値を左右する重要な要素の一つとなっています。

また、製品や部品から生じる音は、その振動の特性の調査、故障や部品の損傷の有無の検知等に利用されており、音の測定、分析により対象物に関する様々な情報を得ることが可能になります。

音の測定、分析の基本となるのは、音圧レベルの測定と周波数分析です。

2. 音圧レベルの測定

振動する物体の近傍では、空気が圧縮されたり引っ張られたりして圧力の上昇と下降を繰り返して生じ、この圧力変動が空気中を伝わります。これが人の耳の鼓膜を振動させ、音として感じられます。大気圧からの圧力の変動分の実効値を音圧、1秒間に繰り返す圧力変動や物体表面の変位の往復運動の回数を周波数と言います。人の聴覚においては、音圧が大きいほど音量が大きいと感じ、周波数が大きいほど高い音と感じます。

人が音を感知する最小の音圧を最小可聴音圧、逆に最大の音圧を最大可聴音圧と言います。若い健康な人の最小可聴音圧は約 2×10^{-5} [Pa]、最大可聴音圧は約 2×10^2 [Pa]とされており、桁数が大きく異なります。このため、音量の評価として音圧 p をそのまま示してしまうと不便なので、一般には次式で算出される音圧レベル L_p （単位はdB）で表します。

$$L_p = 20 \log_{10} (p / p_0)$$

音が伝搬する媒質が空気の場合には、基準音圧 p_0 は 2×10^{-5} [Pa]となります。

音圧レベルは、測定の目的によって周波数ごとに補正が行われます。この補正特性にはA特性、C特性などがあり、A特性で測定した音圧レベルを騒音レベルと言います。A特性は人の聴覚に近い特性とされており、騒音レベルは音量の評価によく用いられています。

音圧レベルの測定には、騒音計と呼ばれる機器が広く用いられています。騒音計は、設置した環境の音圧レベルを測定して表示する機能があり、小型で持ち運びやすく、設置が容易なため、様々な環境で音圧レベルを測定するのに便利な機器です。



図1 三脚に取り付けた騒音計

3. 周波数分析

騒音計等を用いて収録した音などに関して、周波数ごとに音圧レベルを求める分析を周波数分析と言います。前述のように、音の周波数は人の聴覚の特性を考慮した評価をするうえで重要な要素となります。また、対象物の振動の特性を知るために、音の周波数分析は有効な手段となります。

周波数分析の例として、市販のベルの音に関して周波数分析を行った結果を図2に示します。グラフにはいくつかのピークがありますが、この周波数においてベルが振動していることが分かります。

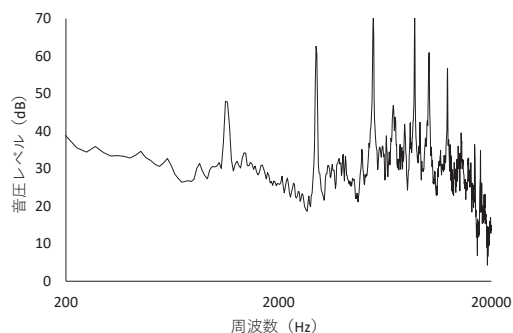


図2 市販のベルの音の周波数分析の結果

あらゆる物体には、強制的に加振されたときに極端に大きく振動してしまう特定の周波数があります。この現象を共振と言います。製品や部品の破損、騒音の原因となります。振動試験において、試験体を強制加振し、振動音が大きくなる周波数を調べて共振点を判断する手法がありますが、これは、音の情報から対象物の振動の特性を得ている一例と言えます。

4. おわりに

機械電子研究所では、振動試験機、騒音計、周波数分析器による製品や部品の振動特性、音響特性の評価を行っております。お気軽にご相談ください。

技術レポート

グロー放電発光分光分析における化学成分の定量

機械電子研究所 電子デバイス技術課 研究員 七谷 佳祐

1. はじめに

グロー放電発光分光分析（GD-OES: Glow Discharge Optical Emission Spectrometry）は、めっきや熱処理など各種表面処理が施された試料の深さ方向分析の手法です。オージェ電子分光分析やX線光電子分光分析では困難な数十から数百 μm レベルの深さ方向分析が可能で、特別な前処理なく迅速に表面付近を評価する方法として広く普及しています。元来、鋼材の成分分析に利用されてきた直流方式のグロー放電が、金属酸化膜などの非導電性膜分析のために、高周波放電方式へと発展してきた経緯があります。

今回、従来からの使用用途であるGD-OESによる金属の化学成分の定量分析の概要を述べるとともに、具体例としてアルミニウム合金の定量結果を紹介いたします。

2. グロー放電発光分光分析の定量分析

図1にグロー放電発光分光分析の原理模式図およびアルミニウム合金試料、図2に同試料の深さ方向分析結果を示します。GD-OESによる測定では、横軸にスパッタリング時間[s]（深さに相当）、縦軸に検出器から得られた各元素の発光強度[V]が得られます。スパッタリングによって試料から発生した二次粒子を測定するため、得られる発光強度は単位時間当たりの発光強度となります¹⁾。

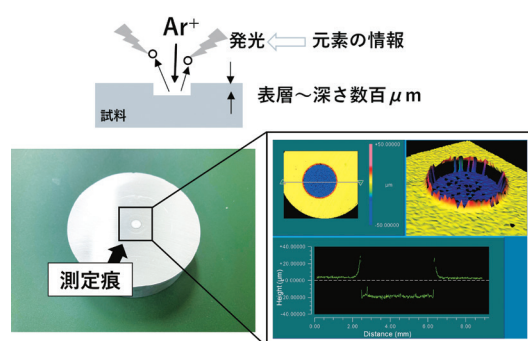


図1 グロー放電発光分光分析の原理模式図（上）およびアルミニウム合金試料（下）

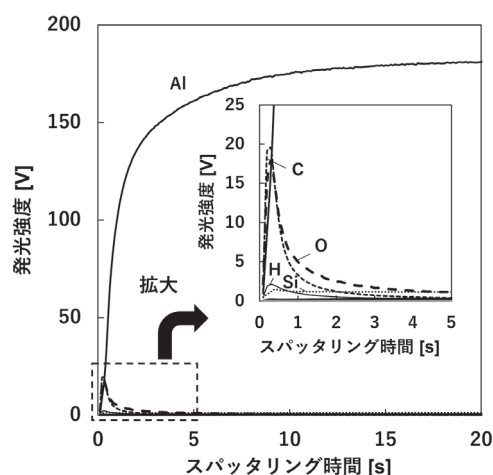


図2 グロー放電発光分光分析におけるアルミニウム合金の深さ方向分析

また、表層部に酸化層や汚染によるC等が検出されていることが分かります。そのため、十分深さ方向にエッチングして発光強度が一定になった時点の値から、検量線法にて各元素の定量値を算出することが可能です。

3. アルミニウム合金の定量結果

表1にアルミニウム合金の複数の標準試料を用意して検量線を作成し、定量分析した結果を示します。材料の非破壊分析として一般的な蛍光X線分析（XRF）の結果と比較しても、同程度以上の結果が得られました。GD-OESは前処理がほぼ不要で、短時間で高精度な定量分析が可能であり、深さ方向分析だけでなく、製品開発や品質管理に適した測定方法であるといえます。

当装置における具体的な測定につきましては、お気軽にご相談ください。

参考文献

- 1) 西川 他. 表面技術 66.12, 631-635, (2015).

表1 アルミニウム合金の定量結果 ()は標準値との差 (単位: mass%)

元素	Si	Mn	Mg	Fe	Ti	Sr
標準値	10.8	0.64	0.46	0.11	0.06	0.02
GD-OES	10.9 (+0.1)	0.65 (+0.01)	0.46 (0)	0.11 (0)	0.05 (-0.01)	0.02 (0)
XRF	10.3 (-0.5)	0.62 (-0.02)	0.47 (+0.01)	0.11 (0)	0.06 (0)	0.01 (-0.01)

国際会議レポート

ISF2024に参加して

生活工学研究所 生活資材開発課 主任研究員 吉田 巧

1. はじめに

2024年11月26日～28日に、京都府の京都テルサにて開催されたInternational Symposium on Fiber Science and Technology 2024 (ISF2024)に参加いたしました。この国際会議では、繊維及び繊維材料の科学と工学に関する最先端の研究結果が報告されました。

2. 会議内容

会議では、口頭発表が223件、ポスター発表が159件実施され、活発な討論が行われました。事務局によると参加登録者数約500名のうち、海外からの参加者は約100名で、アジア、ヨーロッパ、北米、オセアニア地域などの世界各国から参加がありました。

繊維産業は綿花栽培や染色における水の大量使用、生産工程における温室効果ガスや汚染水の排出、在庫

衣料品の大量廃棄、マイクロファイバーの海洋流出等、国際的に環境負荷の大きさが問題となっています。このような背景から、全体を通じてサステナビリティに関連した発表が多数ありました。

例えば、PLA等の生分解性繊維に関する研究や環境負荷の少ない染色法である超臨界二酸化炭素染色に関する研究など先進的な発表がありました。

3. おわりに

会議を通じて、最新の繊維に関する研究成果を幅広く学ぶことができました。また、参加者と意見交換を行い、研究に関する新たなアイデアを得ることができました。非常に有意義な国際会議参加でした。

事業報告

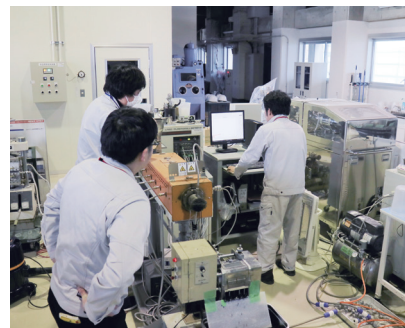
令和6年度 産学官協働ローカルイノベーション創出事業 (人材育成)の取組紹介

・受講者：GX MINERALS株式会社の技術者2名

・研修内容：

- ① 樹脂溶融混練押出装置を使用してPP/タルク複合材料などを製造します。
- ② 真空射出成形機を使用して複合材料の試験形を成形します。
- ③ 成形品の力学特性測定（小型強度試験機）、ナノフォーカスエックス線CT測定、FE-SEM観察による分析を行います。

以上の研修において複合材料作製技術および評価技術を習得してもらうことにより、更に高いレベルでの複合材料開発につなげていただく予定です。



事業報告

テクノシンポジウム2024の報告

令和6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2024を7月25日（木）に開催しました。特別講演、令和5年度に行った研究の成果発表8件、新設設備の紹介を行いました。

特別講演では、本田技研工業株式会社電動事業開発本部BEV開発センターの吉田 元氏をお招きし、「Hondaの自動車開発におけるDX化取り組み事例」と題して、将来の自動車設計自動化に向けた取り組みの開発事例の最新情報についてご講演いただきました。

オンライン、高岡会場合わせて78名もの方々にご参加頂き、盛況のうちに終わ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。

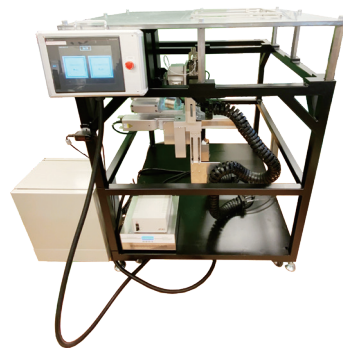


お知らせ

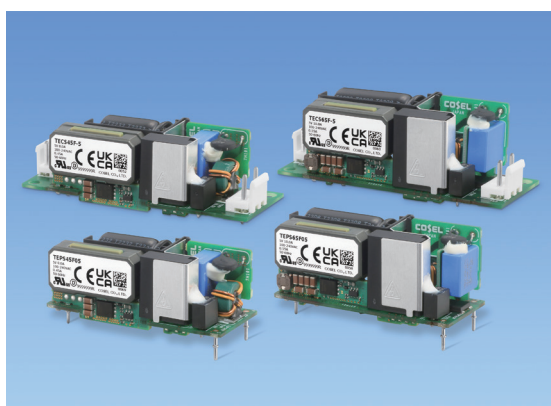
第9回富山県ものづくり大賞表彰“優秀賞”

機械電子研究所の坂井雄一副主幹研究員らが株式会社スフィンクス・テクノロジー（高岡市）と共同研究を実施したIHはんだ付け装置が、第9回富山県ものづくり大賞において、“優秀賞”を受賞されました。

電子部品の大電力化や高密度化が進み、熱容量の大きな部品へのはんだ付けや局所的に短時間かつ非接触ではんだ付けする技術が求められています。クッキングヒーターなどで知られるIH加熱を応用したIHはんだ付け装置について、これまで、IHはんだ付けプロセスの解明などについて共同研究を実施してきました。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。



IHはんだ付け装置



超小型AC/DC電源 TECS/TEPS シリーズ

機械電子研究所の角田課長らが人材育成を目的とした若い研究者を育てる会（コーセル株式会社）と実施した共同研究「基板トランスにおける交流抵抗低減技術の検討」の成果をきっかけとして、その後、コーセル株式会社により製品開発された「超小型AC/DC電源 TECS/TEPSシリーズ」が、第9回富山県ものづくり大賞において“優秀賞”を受賞されました。

本製品は、高速スイッチングを実現可能なGaNパワー半導体と、広範囲の周波数帯で低抵抗を実現した高周波基板トランスを採用することで、大幅な小型化と低発熱化を実現したものとなっており、主に組み込み用電源として使用され、産業機械および民生用電気機器などの幅広い分野の需要に応えるものと期待されています。

第23回中部科学技術センター顕彰“コーディネート賞”



ものづくり研究開発センターの出村奈々海研究員が、公益財団法人中部科学技術センター主催の23回中部科学技術センター顕彰において、“コーディネート賞”を受賞しました。

株式会社トヨックス（黒部市）が行ってきた、汚染・付着物の定着しにくい透析医療用の送液積層フッ素ホースおよび継手の製品開発において、評価方法や実際の試験に関する相談に対応し、試験方法や試験結果の評価について説明を行いました。また、本顕彰の推薦支援の功績が認められたものです。

県政テレビ番組「こんにちは富山県です」【産業育成の最先端】（令和7年2月15日放送）で当センターの取り組みが紹介されました。右のQRコードからご覧ください！

