

CONTENTS

研究紹介

- 02 構造最適化を用いた軽量部材の設計手法の開発
- 03 強ひずみ加工による軽金属材料の高強度化技術の開発
- 04 微小液体流量センサの開発

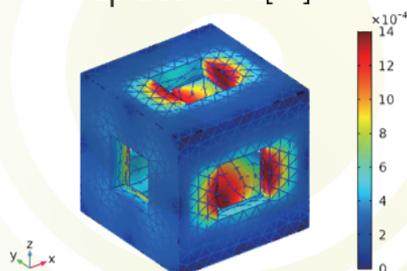
技術レポート

- 05 感染症防止対策用品の性能と快適性評価技術
- 06 GD-OESを用いた深さ方向分析

お知らせ

- 07 先端設備を用いたトレーニング研修について
中高生ものづくり産業魅力探検事業について
- 08 受賞者・表彰者の紹介

Displacement[m]



$\epsilon_x=1$ 、全面周期境界条件
 $C_{11}=\sigma_x$ 、 $C_{12}=\sigma_y$

図1

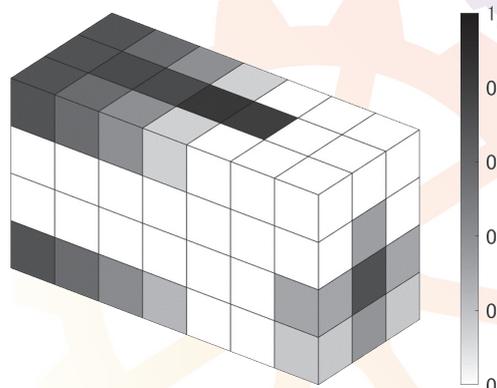


図2

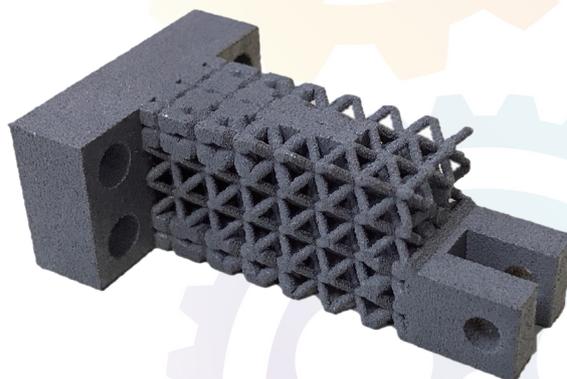


図3

技 術情報誌 129号 (2021年3月発行) をお届けします。

表紙の写真は、構造最適化を用いた軽量部材の設計手法の開発に関するものです。本研究では、CAEの均質化法を用いて3次元中空構造の単位格子の等価物性値を導出し(図1)、構造最適化を用いて単位格子の密度分布最適化(図2)を行いました。また、金属積層造形装置を用いて3次元中空構造部品を試作しました(図3)。詳細は本誌2頁をご覧ください。

研究紹介

構造最適化を用いた軽量部材の設計手法の開発

機械電子研究所 機械情報システム課 研究員 中村 陽文

1. はじめに

3次元中空構造は、格子状のユニットセルが配列した構造を有しており、構造内部の幾何形状を変化させることで、軽量かつ様々な機械的特性をもたせることができると考えられています。加えて、積層造形装置は、従来の機械加工では困難であった複雑な形状を直接成形できることから、機械設計における多様なニーズに応え得る構造部材の開発が期待されています。本研究では、均質化法を用いたユニットセルの弾性係数の評価ならびに構造最適化を用いることで、3次元中空構造のユニットセルの最適分布の計算を行う手法の開発を行いました。

2. 均質化法を用いた弾性特性解析

均質化法によりマイクロ構造の応答からマクロ構造における等価な特性を求めることで、最適化計算における計算コストを大幅に削減することが可能です。ユニットセルのX方向およびXY方向に単位量のひずみを与え、ひずみを与えていない方向の境界は周期境界条件を与えて有限要素解析を行うことで導出することができます。図1に、Cubic型およびBCC型の縦弾性係数と体積率の補間関数をプロットした図を示します。同図に示されるように、ユニットセルの形状によって縦弾性係数の値は異なる傾向を示すことがわかります。

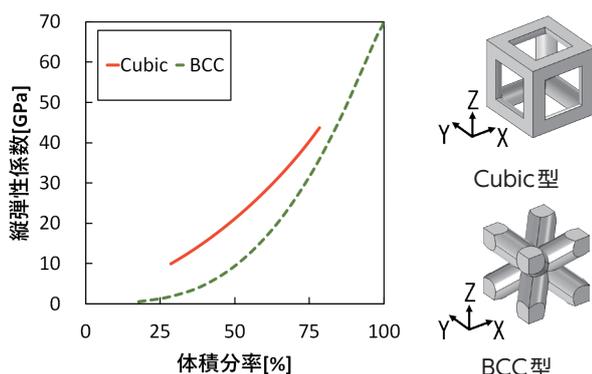


図1 ユニットセルの体積率と縦弾性係数の関係ならびにユニットセルの形状

3. ユニットセルの最適配置

ユニットセルの体積率と均質化弾性係数の補間関数を、3次元中空構造の物性値と設計変数の関係として導入し、最適化計算を行うことでユニ

トセルの最適な分布を求めます。この最適化計算はトポロジー最適化の理論を応用することで行いました。3次元中空構造の適用対象として、設計領域が $20 \times 35 \times 15$ mmの片持ち梁のモデルを想定しました。片方の側面を完全固定し反対側の側面の一部に1000 Nの等分布荷重を-Z方向に与えました。制約条件は全体の体積が50%以下となるようにしました。表1に最適化後の目的関数（コンプライアンス）ならびに体積率50%の均一なユニットセルを配置させた場合のコンプライアンスの計算値を示します。コンプライアンスは、低いほど剛性が高いことを表します。最適化後のコンプライアンスは、BCC型と比較してCubic型の方が大きいことから、今回のモデルではBCC型のユニットセルが適していると考えられます。また、Cubic型およびBCC型のユニットセルは共に体積率50%のユニットセルを均一に配置させた場合に比べてコンプライアンスはそれぞれ約26%および約63%減少しました。最適化されたユニットセルの分布をもとにして、CADを用いて3次元中空構造の3Dモデルを作成したものが図2です。同図を見ると、Cubic型とBCC型では、若干ユニットセルの分布傾向が異なることがわかります。

表1 3次元中空構造のコンプライアンス

ユニットセル形状	コンプライアンス	
	最適配置	均一配置
Cubic	0.073	0.099
BCC	0.057	0.153

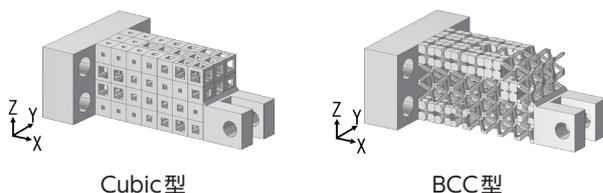


図2 最適化した3次元中空構造部品の3Dモデル

4. おわりに

3次元中空構造の単位構造であるユニットセルの均質化弾性係数を求め、構造最適化計算を用いてユニットセルの最適な分布を求めました。今後、本研究の手法を用いて、構造部材を想定したユニットセル分布の最適化、ならびに積層造形を用いた作製と評価、計算値との比較を行う予定です。

研究紹介

強ひずみ加工による軽金属材料の高強度化技術の開発

ものづくり研究開発センター 機能素材加工課 研究員 佐藤 智

1. はじめに

近年の輸送機器の軽量化要求に対し、高強度な材料を活用した部材の薄肉化は、有効な手段の一つとなります。強ひずみ加工は、結晶粒を微細化することで、基本的な化学組成を変えずに、優れた強度特性が得られる方法ですが、断面形状や工程などに制限が生じます。本研究では、これら制限を緩和するため、新たな押し強ひずみ加工技術の開発を目指し、純Mgの試験加工と結晶方位解析（以下EBSD）による組織評価を行いました。

2. 押し強ひずみ加工法の開発

図1に押し強ひずみ加工法の模式図を示します。本加工法は、金型内部で据込み（断面が拡張）、押し（断面が縮小）、接合を繰り返すことで、最終製品の断面形状に制限を与えず、単工程で完了できます。

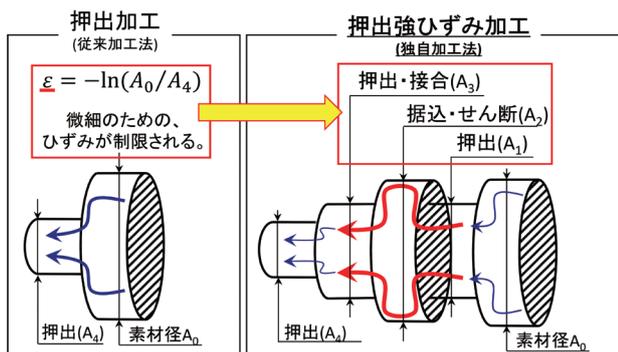


図1 押し強ひずみ加工法の模式図

3. 押し強ひずみ加工材の組織評価

図2は、加工材の中心部近傍で得られた、EBSDによるIQマップおよび結晶粒界マップです。結晶粒界マップ内の太線は大傾角粒界 ($\theta_1 > 15^\circ$)、細線は小傾角粒界 ($5 < \theta_2 < 15^\circ$) をそれぞれ示しています。図2から、結晶粒界は、大傾角粒界で形成されていることがわかりました。また、この領域の平均結晶粒径は、約 $40\mu\text{m}$ であり、比較的粗大な結晶粒を有する組織であるとわかりました。

図3に、集合組織を解析するため、図2の分析領域で取得した逆極点図形を示します。①～③には、直交する3つの測定座標系 ([010][001][100]) と対応する試料座標系の関係を記しています。このとき、逆極点図形の (0001) に注目すると、①の試料半径方向に強く集積しており、②の試料半

径方向では、殆ど集積していないことがわかります。これは、試料中央部のウェルドライン（接合線）を境界に生じているものと考えられ、ウェルドラインと直交する試料半径方向に、格子が強く傾斜していることを示しています。そのため、本加工材は、特定の試料半径方向に、強い異方性を有していることがわかりました。

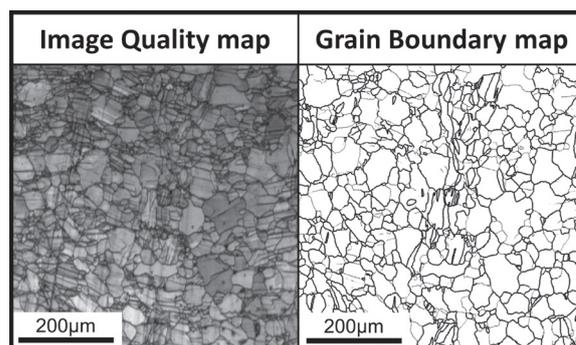


図2 加工材のIQマップと結晶粒界マップ

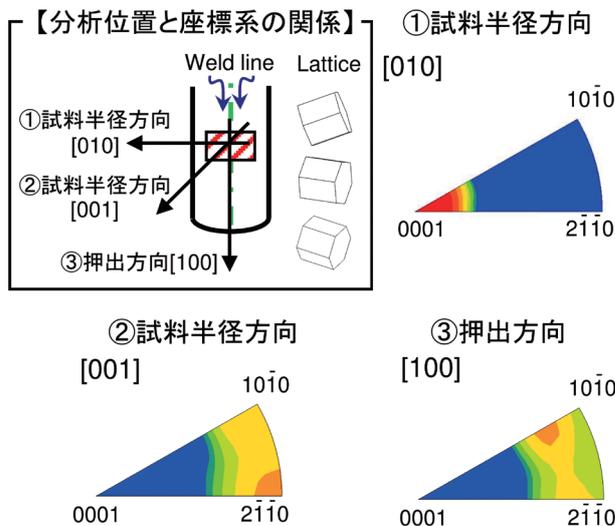


図3 加工材の逆極点図形

4. おわりに

開発した強ひずみ押し加工法によって試験加工を行い、得られた加工材のEBSDによる組織評価を行いました。加工材の組織は、結晶粒が粗大であるものの、特定の試料半径方向に異方性を有することがわかりました。今後は、強度特性の改善にむけて、加工条件の再検討を行い、結晶粒微細化と集合組織への影響を評価する予定です。

研究紹介

微小液体流量センサの開発

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 奈須野 雅明

1. はじめに

マイクロリアクターにおいて、微小流路内の流量制御や微粒の析出物の目詰まり等を検出するため、流量を逐次モニタリングする必要があります。一方で、流路が狭いゆえに、流路内に可動部を設ける測定手法では目詰まりや洗浄等のメンテナンスが困難になります。そこで本研究では、流路内に可動部を設けず、流路上に熱センサを設けた微小液体流量センサの試作評価を行いました。

2. 微小液体流量センサの試作及び流量評価

ガラス基板（厚さ0.1mm）上の中央に薄膜ヒータ（NiCr、約0.1 μ m成膜）を設け、流路の上流・下流に当たる場所にT型熱電対（Cu-CuNi合金、各0.2 μ m成膜）を交互に複数直列接続した熱センサを1.5mm離して配置し、薄膜ヒータの両側に一組ずつ、スパッタリング及びフォトリソ（リフトオフ）により流量センサ用の試作チップを作製しました。（図1参照）

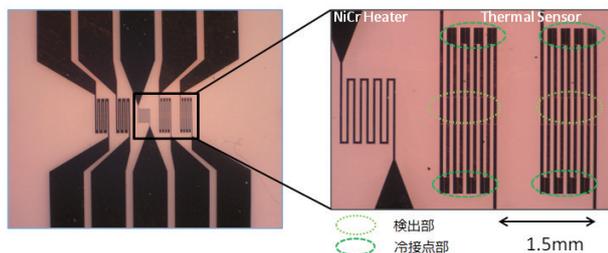


図1 試作チップのヒータ及び熱センサの拡大写真

流路は、試作チップを天板とし、その下に断面1mm角の流路をガラス基板（厚さ1mm）を用いてエポキシ樹脂で接合し作製しました。

流量評価の模式図を図2上に示します。純水をマイクロシリンジポンプで流量調整（0.01~1.0ml/min）して送液し、キャピラリチューブ（外径1mm、内径0.5mm）を介して流路に送液し、送液が安定したところで薄膜ヒータに直流電圧を10V、1~2sec間隔でON-OFFし、ON時に温められた送液を下流の熱センサで熱起電力として検出し、2個の熱センサのピークの時間差（図2下参照）と流路の断面積（1mm²）から算出し流速を求めました。流路通過後の廃液を電子天秤で量り、リファレンスの流量としました。

図3に評価結果を示します。リファレンスの流量

はシリンジポンプの設定流量とほぼ一致しています。一方、算出流量は、0.01~0.2ml/minの少ない流量の範囲では、設定流量とほぼ一致していますが、0.5ml/min以上では、流量の増加に伴い、算出流量が大きく低下しました。これは、流速の増加に伴い流路内壁近傍と流路中心部における流速に差が生じたことが原因と考えられます。

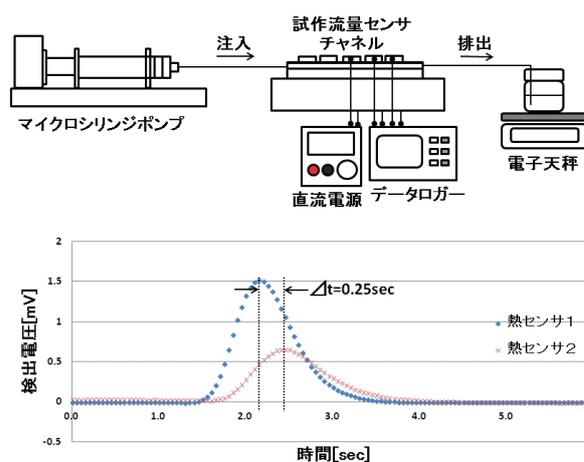


図2 流量評価の模式図（上）及び流速の検出例（下）

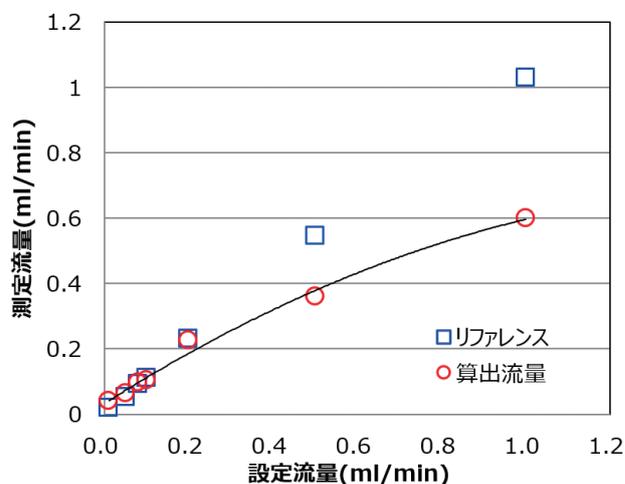


図3 測定流量の評価結果

3. おわりに

薄膜の熱センサ等を用いて流量センサの試作評価を行い、0.01~1.0ml/minの範囲で測定できることを確認しました。今後、センサの配置等を検討し、流量計測の範囲拡大や、バルブ等を用いてマイクロリアクター用途等の流量制御チップへの展開を検討していく予定です。

感染症防止対策用品の性能と快適性評価技術

生活工学研究所 生活科学課 副主幹研究員 中橋 美幸
主任研究員 浦上 晃

1. はじめに

未曾有の感染症が国内全域を襲い、感染拡大防止対策用品への需要が急激に高まりました。マスクや防護ガウン等のニーズに伴い、県内の繊維関連企業においても対策用品の生産に新たに取り組んでいますが、防護性能に加え、着用時の快適性や機能性を付与した製品の開発と供給が望まれています。

ここでは、生活工学研究所の保有技術を応用した感染症対策用品の性能と快適性を評価する手法と測定事例について紹介します。

2. マスクの飛沫抑制効果の確認

マスクの生地や構造による飛沫抑止効果を高速カメラにより検証しました。人間の咳やくしゃみを想定し、試作生地やマスクを取り付けた円筒物と霧吹き装置を用いて模擬的に飛沫を噴射し、生地、マスクの外に漏れ出る飛沫を観察しました。図1のように、遮蔽物がない場合は飛沫が1m以上飛び散りますが（左写真）、目の粗い生地では飛沫の拡散が若干抑えられ（中写真）、目の細かい開発マスクでは完全に飛沫を抑制できました（右写真）。これらのことから、適当な生地選択や構造設計を図ることで抑止効果が得られることが確認できました。



遮蔽物なし 目の粗い生地 目の細かいマスク

図1 飛沫抑止効果の確認映像

3. マスク着用時の温熱的快適性評価

マスクの着用により口元に呼気が滞留して暑さや蒸れ感を伴い不快感を覚える場合があります。マスクに使用される生地の違いが温熱的不快感に及ぼす影響を評価するため、マスク着用による呼気放熱の抑制の有無について熱画像装置により評価しました。その結果、図2に示すように、不織布マスク着用時では、呼吸に伴うマスク表面の温度に変化がみられず、呼気放熱が抑制されマスク内が高温多湿になっていることが推察されます。これに対して、ニット生地マスク着用時では、息を吸うときに比べて息を吐くときのマスク表面の温度が上昇しており、呼気放熱によりマスク内に熱や湿度がこもらないことが確認できました。

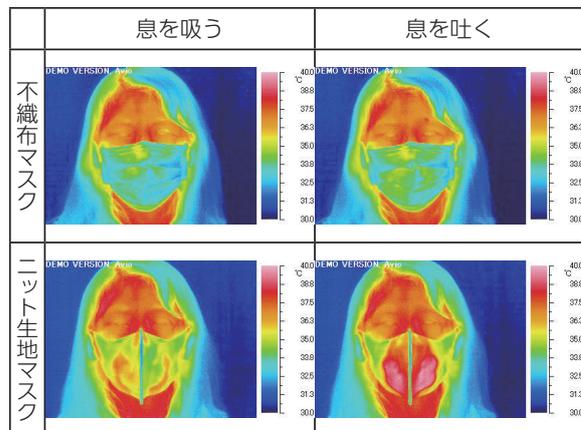


図2 呼吸時のマスク表面の温度測定結果

4. 運動中のマスク着用が呼吸に及ぼす影響

マスクを着用したまま運動を行った場合の呼吸への影響を評価するため、呼吸代謝装置によりランニング時の酸素摂取量を比較しました。マスク無し、不織布マスク、ニット生地マスクを着用してランニングした結果、図3に示すように、ニット生地マスク着用では、マスク無しの酸素摂取量に近い傾向を示し、不織布マスクに比べて、マスク着用ランニングでも呼吸をしやすことがわかりました。

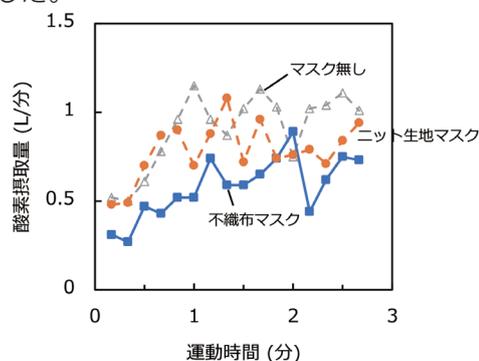


図3 ランニング時の酸素摂取量（測定の一例）

5. おわりに

感染症対策用品の効果や快適性を簡易な手法で評価する事例を紹介しました。なお、マスクのウイルスろ過効率を正確に調べるには、専門機関でVFE試験¹⁾を行う必要があります。また、防護ガウンに関しては、当所において破裂度試験や通気性試験などの生地の物性試験、快適性に関するパラメータを測定できます。

参考文献

- 1) 一般財団法人カケンテストセンター：マスクのVFE試験（ASTM F 2101 準用）

GD-OESを用いた深さ方向分析

機械電子研究所 電子デバイス技術課 主任研究員 坂井 雄一

1. はじめに

深さ方向分析とは、表面から深さ方向への元素の分布を分析する手法であり、表面処理層の元素拡散や厚みの評価等に用いられます。X線光電子分光分析 (XPS) やオージェ電子分光分析 (AES) による深さ方向分析がよく知られていますが、これらは深さ数 μm 以上の分析が困難であるだけでなく、分析時間がかかるといった問題があります。今回ご紹介するグロー放電発光分光分析 (GD-OES : Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy) は、数十 nm といった表面から XPS や AES では厚すぎて困難な数十 μm レベルの深さ方向分析も数十分程度の短時間で可能です。

2. グロー放電発光分光分析の原理

図1に示したように分析対象物の表面にイオンを衝突させると、原子やイオンが弾き出されます。弾き出された原子やイオンはプラズマ中のエネルギーにより、基底状態から励起状態に遷移しますが、不安定なため、瞬時に基底状態に戻ります。そのときの余分なエネルギーが発光として放出されますが、元素によって発光波長が異なるため、発光を分光測定することで元素の特定が可能となります。試料はイオンを衝突させ、表面から削っていくことになるので、検出元素の発光強度の時間変化は深さ方向の元素分布に相当します。そのため、出力データは横軸-時間、縦軸-発光強度のグラフが基本となりますが、検量線等がある場合は、横軸-深さ、縦軸-濃度への変換が可能です。

3. グロー放電発光分光分析での測定事例

グロー放電発光分光分析の特徴を表1に示します。金属をはじめ、セラミックスや有機塗膜など一部の絶縁体の分析が可能であり、主にメッキ、多層薄膜電極、表面処理層、コーティング、塗膜などの分析に利用されます。分析試料は、できるだけ平坦な板状の形状が望ましく、測定後にはクレーター状の穴があきます。図2は、ケイ素鋼板を分析した事例になります。表層からおよそ $0.25\ \mu\text{m}$ までは、Cr、Mg、Si、Oが多く、 $0.25\ \mu\text{m}$ 以上になるとFeが主成分となることが分かります。また、図2(b)に示すように、拡大することで微量元素の深さ方向の元素分布も分かります。

機械電子研究所では、令和2年度公益財団法人JKA機械振興補助事業により、グロー放電発光分光分析装置が更新される予定です。当装置によ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。

また、執筆にあたり分析データを提供いただきました株式会社堀場製作所、佐々木孝仁様にはこの場を借りてお礼を申し上げます。

表1 GD-OESの特徴

分析対象物	金属、無機材料、有機塗膜など一部の絶縁体(できれば平坦なもの)
よく利用される試料	メッキ、多層薄膜電極、表面処理層、コーティング、塗膜など
分析径	2mm ϕ 、4mm ϕ
分析深さ	nm~数十 μm
定量	検量線があれば可
その他	破壊分析(分析後、クレーター状の穴)

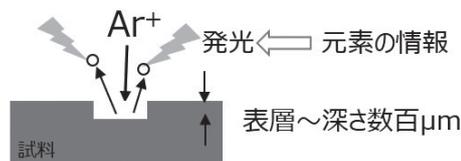


図1 グロー放電発光分光分析の原理模式図

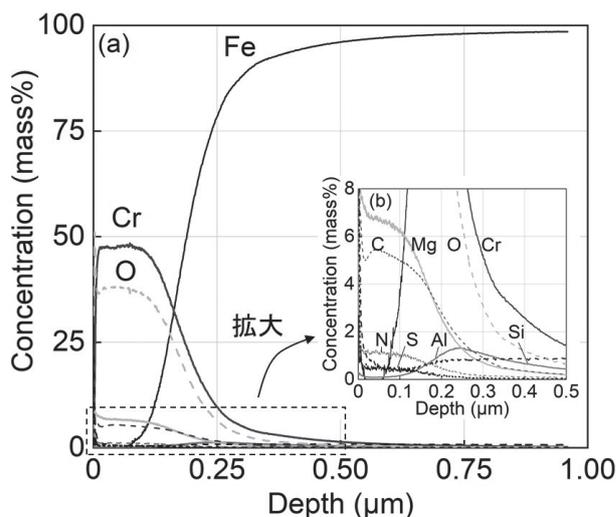


図2 GD-OESによるケイ素鋼板の深さ方向分析結果

先端設備を用いたトレーニング研修について

企業の皆さまに当センターをより一層有効に活用していただくため、先端設備による実践型のトレーニング研修を実施しました。

なお、富山県の「新型コロナウイルスに打ち克つためのロードマップ」に基づく判断指標がStage 1 期間中には、6コース、合計32名に参加していただきました。令和3年1月13日よりStage 2に移行したため、その後予定していた3コースのうち、1コースは対面からZOOMによる研修に変更し、2コースは中止となりました。

「繊維製品の快適性評価技術研修」では、涼感肌着を試験サンプルとし、「原材料・編織構造・加工方法」による着心地や温熱感覚の違いについて、座学のほか、「保温性・接触冷温感・風合い・吸水性」などの快適性評価実習を通して学んでいただきました。

「環境試験のIoT化研修（環境試験モニタリングコース）」では、「環境試験の目的と試験方法・モニタリングシステム」の座学の後、「稼働状況の確認・試験体の外観観察・データ取得」について実習を行いました。

そのほかにも、複合化プラスチック、金属材料の組織観察、電磁ノイズ試験等に関するコースにて座学と実習を行い、「試作・分析・計測・評価手法」について理解を深めていただきました。



繊維製品の快適性評価技術研修



環境試験のIoT化研修
(環境試験モニタリングコース)

中高生ものづくり産業魅力探検事業について

県内の中高生が職場見学を通して、ものづくり企業と産業支援機関について理解を深め、ものづくり技術のすばらしさや面白さへの関心を高めてもらうことを目的に、富山県中学生ものづくり教育振興会と連携して中高生ものづくり産業魅力探検事業を企画しました。

生徒の皆さんには、産業技術研究開発センターの仕事や、県の産業の特徴、次世代産業育成のための取組みについて学んでいただきました。

講義の後は、製品に振動を加えて製品の寿命を評価する「大型振動試験機」や、乗用車をはじめとする大型製品に「温度・湿度・日射」を与えて、自然環境を再現し、信頼性試験を行える「自然環境負荷システム」、切削加工では作成が難しい複雑な形状の金属部品を造形する「3Dプリンター」など「計測・分析・評価」や「研究開発」で利用される最先端設備を見学していただきました。

本年度は、富山県内の中学校5校、参加者数は、生徒、教員を合わせて延べ139名でした。見学は「産技研における新型コロナウイルスに対するStage 1対応」により、各班最大5名の体制で行いました。



受賞者・表彰者の紹介

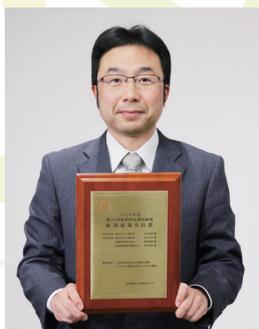
令和2年度中部公設試験研究機関研究者表彰 “中部科学技術センター会長賞(指導功労者)”



機械電子研究所、寺澤孝志副主幹研究員の研究「電子デバイス・製品の開発、遠隔での信頼性評価試験、および共同研究を通じた人材育成による地域産業への貢献」が、公益財団法人中部科学技術センター主催の令和2年度中部公設試験研究機関研究者表彰において、“中部科学技術センター会長賞(指導功労者)”を受賞いたしました。

ポリマーバッテリーの開発では、高分子固体電解質と導電性高分子電極との密着性の向上と特性劣化の改善を行いました。共同研究を通して超軽量型電動車椅子用バッテリーを開発し、新規事業開拓を行いました。とやまバイオクラスターの形成では、遺伝的体質を簡単に診断できるDNAチップを開発しました。共同研究を通して簡易型検出装置を開発し、バイオ産業の活性化に寄与しました。また、工業製品の環境試験においては、企業から遠隔でデータを取得できるシステムを構築し、迅速な研究開発の基盤を確立しました。

第36回素形材産業技術賞 “経済産業大臣賞” 第19回中部科学技術センター顕彰 “コーディネート賞” 第7回 富山県ものづくり大賞 “大賞”



ものづくり研究開発センター、氷見清和副主幹研究員が、一般財団法人素形材センター主催の第36回素形材産業技術賞において、最高賞となる“経済産業大臣賞”を受賞いたしました。

また、公益財団法人中部科学技術センター主催の第19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”を受賞いたしました。

さらに、富山県主催の第7回 富山県ものづくり大賞において、最高賞となる“大賞”を受賞いたしました。

これらの受賞は、株式会社老子製作所(高岡市)、若鶴酒造株式会社(砺波市)、および当センターの三者で実施した共同研究「高岡銅器の鑄造技術を用いた世界初のウイスキー蒸留器ポットスチル」の成果です。

高岡銅器の高度な鑄造技術を用いて、「世界初の鑄造によるウイスキー蒸留器ポットスチル」の製品化に成功しました。従来の板金製ポットスチルと比べて、低価格、短納期で製作が可能であり、長寿命化・形状の再現性・酒質の調整可能・省エネ等の多くの優れた性能を有しています。

(研究成果の詳細は、本情報誌 vol.127 に掲載されています。)



第19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、水野渡ものづくり基盤技術課長が、公益財団法人中部科学技術センター主催の第19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”を受賞いたしました。

戸出化成株式会社(高岡市)、株式会社戸出O-Fit(高岡市)が中心となり行ってきた地域の石炭火力発電所から排出されるフライアッシュと地域で回収された再生ポリエチレンの複合化技術と、この材料を使用した環境配慮型プラスチック敷板の研究開発および事業化において、各種研究助成事業の推進や事業化のための制度の紹介等を行ったことが認められたものです。