

CONTENTS

表紙

01 低炭素社会実現に向けた異種金属材料の高速・高強度接合技術（鍛接法）の開発

研究紹介

- 02 ポリプロピレン繊維の新規な染色方法の開発
- 03 介助者の身体負荷軽減を目指した機能性パンツの開発
- 04 イオン液体を反応場とする材料合成
- 05 生分解性樹脂とバイオマス材料の複合による分解性の制御
- 06 レーザ積層造形法によるタンブステン材料の創成

お知らせ

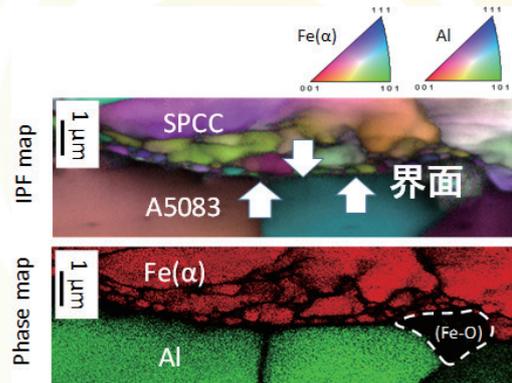
- 07 学位取得者・受賞者の紹介
- 08 受賞者・表彰者の紹介

技

術情報誌131号（2022年3月発行）をお届けします。

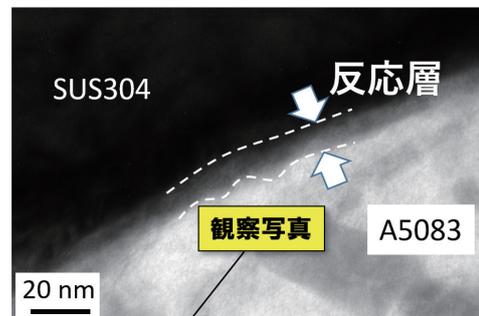
表紙の写真は、高速・高強度異種金属接合を実現する「スポット鍛接法」による接合界面の一例です（Fe/Al）。「低温・短時間拡散」により、接合部の金属間化合物（IMC）の成長をナノレベルに抑制し無害化（フリー化）、異種金属接合における材料制限を打ち破りました（PCT/JP2021/003018）。電動化が進む自動車において革新的なマルチマテリアル技術となることが期待でき、現在実用化研究を進めています（構造材、機能部品）。

この技術開発により、山岸副主幹研究員は第20回中部科学技術センター顕彰“研究功績者”として表彰されました（巻末ページ参照）。

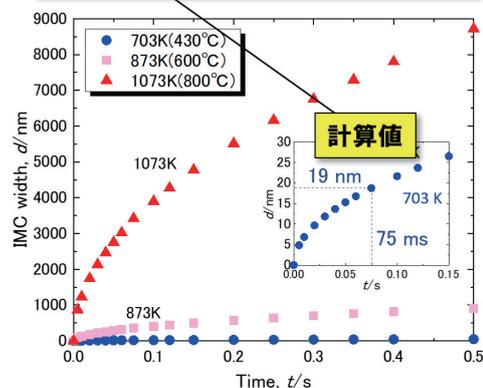


普通鋼とアルミニウム合金の接合界面EBSD解析（IPF map及びPhase map）

異材接合で強度低下の問題となる μm 厚のIMCが全く認められません。



IMCフリー Fe/Al異材接合界面



ステンレス鋼とアルミニウム合金の接合界面TEM明視野像及びFe-Al反応拡散層成長挙動計算値

より詳細に観察すると10nm厚程度の反応層が確認できます。計算値からも本法が低温プロセス（430℃）であるためにこのようなIMCフリーを実現できていることが分かります。

研究紹介

ポリプロピレン繊維の新規な染色方法の開発

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

ポリプロピレン (PP) は汎用樹脂の中で最も比重が小さく、耐熱性、剛性に優れるうえ、透明性、耐水性、耐薬品性、絶縁性も良好です。PPはこれらの優れた特性から、自動車、雑貨、家電、医療機器、繊維など様々な分野で利用されています。しかしながら、繊維用途としては、染着座席を全く持たない分子構造に由来する染色性の乏しさから、ファッション性が要求される服地用途には向かないという短所がありました。この課題を解決すべく、当センターでは、カチオン染料の還元と再酸化作用に着目して、これを応用した新たなPP繊維の染色方法を開発しました (図1)。

2. 開発した染色方法

開発した方法では、まず、塩基性水溶液中、還元剤でカチオン染料を還元することにより、PP繊維へのカチオン染料の浸透性と親和性を高め、繊維内部へカチオン染料を吸収させます。続いて、この吸収させたカチオン染料を酸性水溶液中で、溶存酸素を酸化剤とした再酸化処理を行うことにより定着させます。

この染色方法は無改質の100%PP繊維を、事前の表面処理や超臨界流体染色機のような大掛かりな設備を用いることなく、簡便な方法で実用レベルに染色することができます。

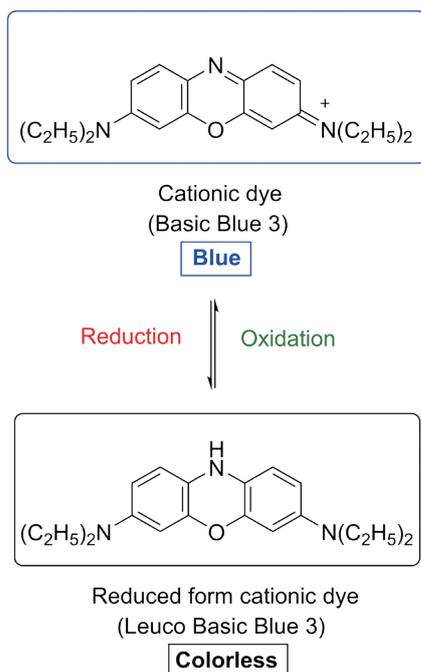


図1 カチオン染料の還元と酸化

3. 染料の適用範囲の調査

構造既知の青色染料：Basic Blue (BB) 系6種、赤色染料：Basic Red (BR) 系5種、黄色染料：Basic Yellow (BY) 系5種を用いて染色実験を行いました。その結果、各系統色の中で最も濃色に染色できたものは、BB 3、BR 2、BY 7でした (図2)。この結果から、本染色方法においては、青系ではPhenoxazine、赤系ではPhenazine、黄色系ではAcridine由来の主骨格を持つ染料が有効であることがわかりました。次に、様々なジアルキルアミノ基や対アニオン、16族元素を持つBB 3誘導体を合成し、染色実験を行うことにより、有効な置換基と分子骨格をより詳細に検討しました。その結果、ジアルキルアミノ基の脱離反応や立体障害が染色性に影響を与えることや16族元素の大きさが染料の分解性に寄与すること、対アニオンは染色性に影響しないことなどが明らかとなりました。

| Dye | Work |
|-----------------------|------|
| <p>Basic Blue 3</p> | |
| <p>Basic Red 2</p> | |
| <p>Basic Yellow 7</p> | |

図2 染色結果

4. おわりに

様々な優れた特徴を持ちながら、これまで染色不可能とされてきたPP繊維を安価で簡便に後染色する方法を開発しました。また、このカチオン染色法に適した染料を選定する際の指標を得ることができました。今後、この指標に従い染料を選定することにより、染色可能な色の種類を増やしていく予定です。

研究紹介

介助者の身体負荷軽減を目指した機能性パンツの開発

生活工学研究所 生活科学課 副主幹研究員 中橋 美幸

1. はじめに

ベッドや車椅子などへの移乗介助は頻繁に行われている必要な介助動作ですが、介助者にかかる身体的負担が大きく腰痛等を引き起こす主な要因となっています。介助者の腰痛予防や身体負荷軽減を目的に、移乗用具や腰用サポーター等を用いる方法が多くとられていますが、いまだ腰痛等を理由に離職する介護従事者も少なくありません。このため、介助者側の身体負荷を軽減できる効果的な対策が急務となっています。

そこで本研究では、ケーシーアイ・ワープニット株式会社と共同で、介助動作時における下半身への筋負担を軽減することができる機能性パンツを開発することを目指して取り組みました。

2. 機能性パンツのための高伸縮性生地の開発

機能性パンツ用の生地として、ベース生地1種とサポート生地2種（Ⅰ，Ⅱ）の計3種の伸縮性生地を開発しました。開発した生地と市販のパンツ生地の引張特性を比較した結果を図1に示します。開発したベース生地は、ポリエステル100%のニット生地で、市販のトレーニングパンツよりも若干伸びやすい特徴をもつものです。サポート生地2種については、ポリエステルとポリウレタンとの交編生地で、市販のスポーツタイツと同等の伸縮性をもつことがわかります。これらの開発した伸縮性生地を用い、機能性パンツ2種を試作しました（図2）。パンツ全体にベース生地、介助動作時に負荷のかかる膝部周辺にはサポート生地を配置しました。また、腰部～臀部にはベース生地を2重とし、腰サポーター構造をもたせました。

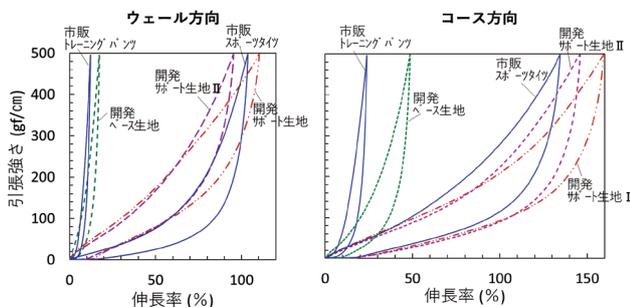


図1 開発した生地と市販のパンツ生地の引張特性



図2 開発した機能性パンツ①, ②

3. 開発した機能性パンツの着用実験

図3は、被験者に開発パンツ2種と市販品2種を着用させ、簡易人体ダミーを用いて介助動作を行ったときの活動筋の筋電図測定から各筋の仕事量を算出した結果です。体位変換介助動作時および上半身起こし介助動作時において、主動筋である大腿直筋、大腿二頭筋、大臀筋では、市販品より開発パンツを着用することによって活動筋の仕事量が小さくなる傾向がみられ、筋負担を軽減させる効果があることがわかりました。

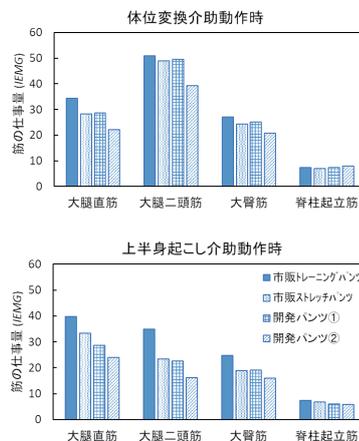


図3 介助動作時における活動筋の仕事量

4. おわりに

本研究では、介助者の身体負荷軽減を目指し、介助動作時における下半身の筋負担軽減効果をもつ機能性パンツを開発しました。これらの成果をもとに、介助者用のみならず、ゴルフ用などスポーツウェアとしての展開についても検討していきたいと考えています。

※本共同研究は、(公財) 富山県新世紀産業機構の「ヘルスケア産業育成創出事業」に採択された課題です。

研究紹介

イオン液体を反応場とする材料合成

機械電子研究所 電子デバイス技術課 主任研究員 國方 伸亮

1. はじめに

イオン液体とは一般に100℃以下に融点を示す塩の総称です。NaClなどの無機塩はカチオンとアニオンのイオン間相互作用が非常に大きく、固体から液体へ熔融させるためには数百度の高温が必要になります。しかし有機イオンなどがさ高いイオンで構成されるイオン液体の場合、室温熔融塩とも呼ばれるように室温付近で液体となります。

2. ユニークな液体材料としてのイオン液体

イオン液体は電気伝導性や不揮発性など様々な性質を有することが知られており、ユニークな性質に着目した利用が行われています。特に、水分子を溶媒として含まないことから水分子の電位窓に制限されずに電気化学的酸化還元反応を行うことができるため、AlやMgなど水系電解質では不可能であった卑な金属の電析が可能¹⁾。これらの反応は室温付近で進行するため、従来使用されている無機系電解質と比べてハンドリングが大変容易になります。

また、有機合成の反応媒体としてイオン液体を用いた場合、不燃性・不揮発性であるため反応物を回収することで何度でも繰り返し使用可能です。このため、従来の揮発性有機溶媒より環境負荷が小さいグリーン溶媒として注目されています。

他にも、セルロースを従来法より穏やかな条件下で溶解させることができる溶媒や、高圧下で安定した性能を発揮する潤滑剤、発煙・発火のリスクが少ないリチウムイオン電池を実現するための電解液としても期待されています(図1)。



図1 イオン液体の性質を活かした応用分野

3. イオン液体を反応場とする水電解

最後に、脱炭素社会に向けた技術として、水と分相性のイオン液体を反応場とした水の電気分解について紹介します。図2に示す非プロトン性イオン液体EMImTFSAおよびプロトン性イオン液体EHImTFSAを用いて電気分解を行ったところ、不純物として含まれる水分子の電解が可能であり、プロトン交換能を有するEHImTFSAはより良好な特性を示すことがわかりました。反応性の向上を目的に電気伝導度の温度依存性を確認したところ、図3に示すように室温から110℃まで温度上昇とともに電気伝導度が増加することが確認できました。

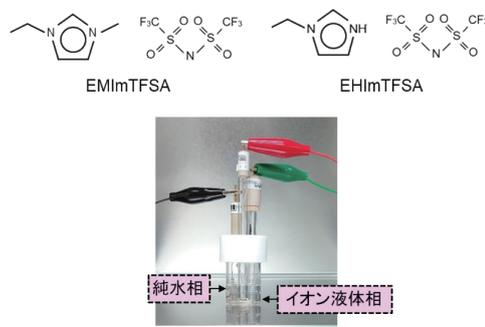


図2 水電解に用いたイオン液体(上)とセル(下)

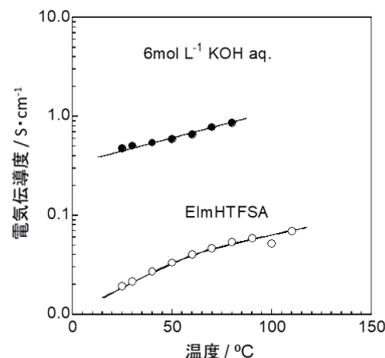


図3 電気伝導度の温度依存性

4. おわりに

イオン液体を利用した材料合成技術の事例を紹介しました。今後、イオン液体を反応場とする水電解において電解セルをラボスケールから実用レベルに拡大し、反応の安定性などを確認していきます。

参考文献

1) 上田幹人: 表面技術, 67 (2) 2016, pp. 70-73.

研究紹介

生分解性樹脂とバイオマス材料の複合による分解性の制御

ものづくり研究開発センター ものづくり基盤技術課 研究員 岡野 優

1. はじめに

近年、ポリプロピレン (PP) などの非生分解性プラスチックの環境流出やそれに伴うマイクロプラスチックなどが世界的に問題となっています。

この背景のもと、微生物によって分解され、「水」と「二酸化炭素」となる「生分解性プラスチック」が注目されています。しかし、課題に「樹脂の種類によって分解環境が異なること」や「用途別に様々な分解速度が必要なこと」が挙げられます。本研究では、生分解性樹脂のポリ乳酸 (以下、PLA) とバイオマス材料 (デンプン及びキチン) を複合することで、分解性を制御した生分解性複合材料の開発に取り組みました。

2. PLA 複合材料の作製

PLA樹脂と各バイオマス材料の混練は、二軸押出機を用いて行い、試験片の作製は、射出成形機にて小形引張試験片 (ダンベル形: 1BA) を成形しました。

3. 腐葉土を用いた簡易的な生分解性試験方法

PLA (比較材) 及び PLA 複合材料の各小形引張試験片を18本ずつ用意し (恒量まで乾燥済)、これを、市販の腐葉土 (水分率を約70%に調整) 約1.5 kgを敷き詰めた試験容器に入れ、恒温器にて温度60℃で試験しました。試験開始3、7、14、21、28、50日後に試験片を3本ずつ取り出し、純水で洗浄後、恒量まで乾燥しました。その後、形態観察、重量変化及び強度変化を評価しました。

4. PLA 及び PLA 複合材料の生分解性評価

図1に、試験開始50日後におけるPLA及びPLA複合材料の各試験片状態を示しました。デンプンを複合した試験片は、PLAのみと比較すると、生分解による形状崩壊が顕著でした。これは、微生物によってデンプンが分解されることでできた細孔により、試験片の表面積が増加し、分解速度が加速したためと考えられます。一方で、キチンの場合、5wt%複合した試験片は、比較的形狀を保持していることを確認しました。

図2に、PLA及びPLA複合材料の強度及び重量保持率の経時変化を示しました。一般的に、PLAの生分解機構は、化学的加水分解による分子鎖の切断が進行し、その切断され低分子量化したものを

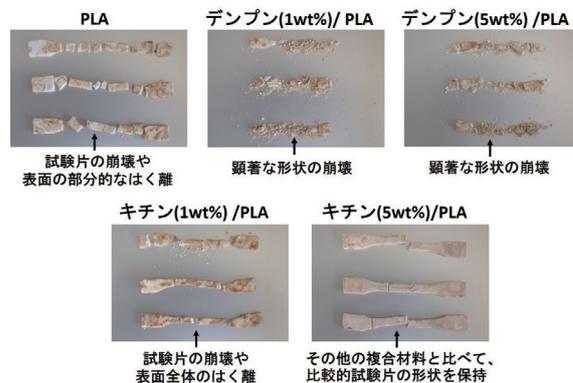


図1 試験開始50日後の各試験材料の試験片状態

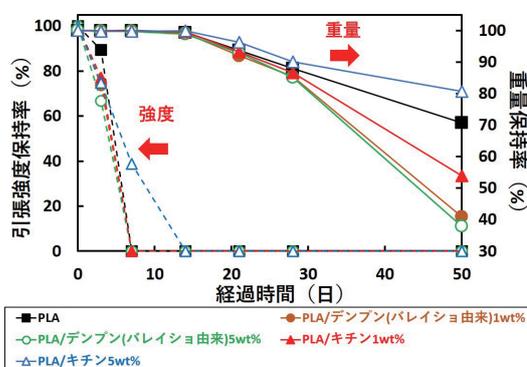


図2 各試験材料の強度及び重量保持率の経時変化

微生物が分解する、2段階で進行します。図2においても、最初にいずれの材料も加水分解による強度低下が起こり、その後、微生物分解による重量減少していることがわかります。添加剤の効果について、デンプンの場合、添加量が1wt%と5wt%ともに分解は促進されました。一方で、キチンの場合、1wt%で分解の促進、5wt%で分解が抑制されることがわかりました。これは、キチンの抗菌性により微生物分解が抑制されたためだと予想され、キチンの場合、その添加量を調節することで生分解性制御の可能性が示唆されました。

5. おわりに

PLA及びPLA複合材料の生分解性試験を行い、複合したバイオマス材料の添加効果を評価しました。その結果、種類やその添加量を調節することで生分解性制御の可能性が示唆されました。現在、添加量 (3wt%及び10wt%) や粒度 (100、50、20 μm 以下) のスクリーニングを行い、それらの生分解性への影響を検証中です。

研究紹介

レーザー積層造形法によるタングステン材料の創成

ものづくり研究開発センター デジタルものづくり課 主任研究員 山本 貴文

1. はじめに

タングステン (W) は、高融点、高密度、高い熱伝導率、低い熱膨張率、高温域における高い強度等、他の金属には無い優れた特性を有している金属です。しかし、Wは室温では脆性材料のため加工が難しく、その製造方法は一般に粉末冶金プロセスが適用されます。このため、金型の制約から複雑形状の製造が難しく、たとえ機械加工を施したとしても、製造可能な形状は単純形状に限られます。そこで、本研究では、複雑形状に対応したW部材の製造技術として、3Dプリント技術の一種であるレーザー積層造形法に着目し、高密度な緻密体を得るための造形条件を探索しました。

2. 粉末材料及び造形実験

造形装置には、ドイツEOS社製のEOSINT M280を用いました。供試粉末は、平均粒径が約20 μm の純W粉末 (アライドマテリアル製) です。高密度化に向けて制御したレーザー照射のパラメータは、レーザー出力 (P/W)、走査速度 ($v/\text{mm/s}$)、走査ピッチ (s/mm) の三種類です。走査ピッチとは、隣接するレーザー間の距離を意味します。積層厚 (t/mm) が20 μm の条件下で、上述のパラメータを可変して、円柱形状の造形体 ($\phi 10\text{ mm} \times H5\text{ mm}$) を作製し、造形体の相対密度と各種パラメータの関係を調べました。

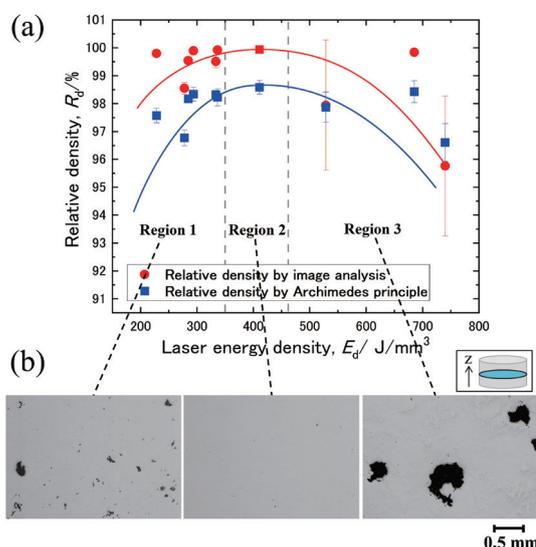
3. レーザ照射条件の最適化による造形体の高密度化

図1は、(a) 造形体の相対密度と投入したレーザーエネルギー密度 (E_d) の関係図と (b) 各 E_d 領域に対応した造形体の断面写真を示します。図1(a)には、アルキメデス法による相対密度と断面写真の欠陥面積率から評価した相対密度を併記しました。なお、横軸の E_d (J/mm^3) は、上述のレーザー照射パラメータから式 (1) により算出される熔融能力を示す指標で、単位体積当たりのエネルギー投入量を意味しています。

$$E_d = P/v \cdot s \cdot t \quad (1)$$

図1(a)より、造形体の相対密度は E_d に強く依存していることが確認できます。低 E_d 領域 ($\sim 350\text{ J}/\text{mm}^3$) では、 E_d の増加とともに相対密度は増加する傾向を示します。これは、熔融能力の不足に起因するポアが徐々に抑制されたためです。

その後、中 E_d 領域 ($350 \sim 450\text{ J}/\text{mm}^3$) では最高密度に到達し、アルキメデス法による相対密度は $98.58 \pm 0.25\%$ に達しました。この領域では、断面中にポアはほとんど確認されません。一方、高 E_d 領域 ($450 \sim \text{J}/\text{mm}^3$) では、相対密度が顕著に減少するレーザー照射条件が散見されます。これは、高い熱エネルギーの投入により、局所的にWの沸点以上に過熱され、蒸発に伴い生じた巨大なガス欠陥が高密度化を阻害したためと推察されます。よって、高密度体を得るためには適切なレーザー照射条件の制御が必須であると言えます。

図1 造形体の相対密度と E_d の関係図

4. おわりに

本研究では、純Wの高密度体を得るためのレーザー照射条件を探索しました。確立したレーザー照射条件を用いれば、純Wの複雑なラティス構造体も容易に実現できます (図2)。今後は、超高温環境下におけるラティス構造体の応用や合金化等によるWの高性能化を検討していく予定です。

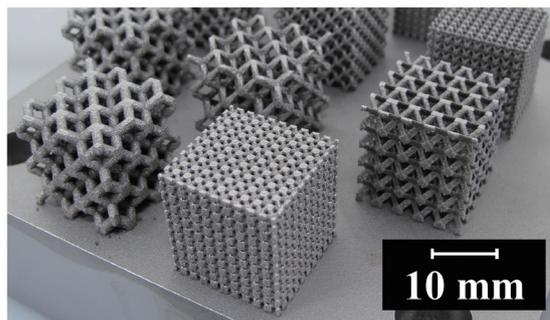


図2 純Wのラティス構造体

学位取得者・受賞者・表彰者の紹介

学位取得者の紹介

この度、富山県産業技術開発センターの研究員が学位を取得しましたので、紹介します。



吉田 巧

生活工学研究所 生活資材開発課 主任研究員

[学 位] 博士（工学） 令和3年3月22日 金沢大学

[論文名] カチオン染料の還元と再酸化を利用したポリプロピレン繊維の新規な染色方法

[内 容] ポリプロピレン（PP）繊維は様々な優れた特徴を持っていますが、染色できないという大きな短所があることから、これまでファッション性が要求される衣料品に利用することができませんでした。そこで、本研究においては、カチオン染料の還元と再酸化作用に着眼してこれを応用した、新規なPP繊維の染色法を考案し、最適な染色条件や適した染料の分子構造等について種々の検討を行いました。結果として、簡便で安価に、実用レベルの染色を行うことができる方法を見出しました。一連の研究を通して、PP繊維の衣料品への応用の可能性が大きく広がりました。より詳しい内容については本誌p.02の研究紹介をご覧ください。

（公社）日本鑄造工学会 2021年度「Castings of the Year賞」

令和3年度『富山県優良職員表彰』



ものづくり研究開発センター デジタルものづくり課 副主幹研究員

氷見 清和

ものづくり研究開発センター、氷見清和副主幹研究員が、公益社団法人日本鑄造工学会が主催する2021年度の“Castings of the Year賞”を受賞いたしました。本賞は鑄造業界全体の活性化を目的として設けられ、その年で最も優れた技術を用いた鑄物製品が表彰されています。この度、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共同開発した世界初の鑄造製ウスキー蒸留器ポットスチル「ZEMON（ゼモン）」が選ばれました。本受賞においては、伝統産業の高岡

銅器の高度な技術による新製品の開発だけではなく、当センターの役割についても大きく評価していただきました。

また、同研究員は、富山県職員表彰規定に基づき令和3年度優良職員表彰を受賞しました。金属材料の各種分析や物性評価に加え、3Dプリンターをはじめとするデジタルものづくりを担当する同研究員は、広範な知識と豊富な経験を活かした相談・試験および共同研究により県内企業を支援してきたことが評価されました。近年では、県内の高岡銅器企業と酒造企業の異業種連携の推進役として共同研究を実施し、金属材料の組織調査や3Dプリンターによる形状設計等によって、世界初となる鑄造製ウスキー蒸留用ポットスチルを開発および実用化に成功するなど、県内ものづくり産業の発展に大きく貢献しました。

DMG 森精機株式会社主催

第16回 切削加工ドリームコンテスト 先端加工部門 “芸術賞”



ものづくり研究開発センター デジタルものづくり課 主任研究員

山本 貴文

ものづくり研究開発センター、山本貴文主任研究員が、DMG 森精機株式会社主催の第16回「切削加工ドリームコンテスト」において、先端加工部門“芸術賞”を受賞いたしました。受賞作品は、当センターとA-PLUS(高岡市)が共同で製作した「一輪挿し～金属AMと伝統工芸の技術調和～」です。高岡地域で鑄造材料として使用される「青銅」の金属3Dプリント技術(AM: Additive Manufacturing)を確立し、3Dプリントにより造形した特殊な形状の一輪挿しに対して伝統的な装飾加工(着色や彫金)を施すことで「先端的なデジタル技術と伝統工芸の匠の業との技術調和」を表現したことが評価されました。本作品の概要は、切削加工ドリームコンテスト特設サイト(URL: <https://www.dmgmori.co.jp/corporate/dreamcontest/index.html>)より視聴できます。なお、この受賞は、フロンティア研究推進事業「地場銅器産業の新商品開発を支援する銅合金材料の3D造形技術の開発」の成果です。

第20回中部科学技術センター顕彰 “指導功労者”



生活工学研究所 生活資材開発課 副主幹研究員

早苗 徳光

生活工学研究所、早苗徳光副主幹研究員の取り組み「経編繊維を応用した産業資材への展開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第20回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。富山県は、水着や女性用ファンデーションなどに使用される衣料用経編生地産地ですが、編機の機構を工夫することで複層構造や糸挿入構造といった多様な形態のものが編成可能なことから、産業資材用途への展開を目標に新たな生地の開発に取り組んできました。その結果、従来は困難であったガラス繊維による立体構造生地の編成技術確立し、GFRP(ガラス繊維強化プラスチック)用基材として実用化を図るなど、経編企業の新規分野への進出を支援しました。

第20回中部科学技術センター顕彰 “研究功績者”



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

ものづくり研究開発センター、山岸英樹副主幹研究員の研究「低炭素社会実現に向けた異種金属材料の高速・高強度接合技術(鍛接法)の開発」が、公益財団法人中部科学技術センター主催の第20回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(研究功績者)”を受賞いたしました。

一般に異材接合においては、通常の熔融溶接法を適用すると接合界面で脆弱な金属間化合物(IMC)が容易に形成し、実用強度を有する接合ができません。そこで材料を溶かさずにプレス加工により接合する固相接合法(鍛接法/スポット鍛接法)を開発しました。低温かつ短時間のプロセスを特徴としており、問題となるIMCをナノスケールに制御、高強度異材接合を実現します。自動車ボディの軽量化や電装機能部品などカーボンニュートラルに向けた本技術の広がりが期待されています。(巻頭ページに関連情報を掲載しています。)