

研究成果事例集

(令和5年度実施分)

静岡県工業技術研究所

令和6年5月

工業技術研究所

頁	成果事例	担当科
1	半熔融成形法の高度化技術開発	金属材料科
2	テラヘルツ波による CNF 分散性の非破壊評価	化学材料科
3	路面にピクトグラムを投影するマイクロプリズムアレイの開発 －熱ナノインプリントプロセスによる成形－	照明音響科
4	路面にピクトグラムを投影するマイクロプリズムアレイの開発 －ミーリング加工による成形－	照明音響科
5	音声認識技術を用いた自動車室内音環境の評価について －音声認識技術を活用したシステムの構築－	照明音響科
6	光干渉計によるマイクロプリズムアレイの表面粗さ測定 －熱ナノインプリントによる成形の評価－	照明音響科
7	新たな大豆食品開発のための豆乳分離技術の開発	食品科
8	乳酸菌発酵による辛味感覚の制御	食品科

沼津工業技術支援センター

頁	成果事例	担当科
9	伊豆特産サクラ葉の化粧品利用 －化粧品原料およびウェットシートの開発と抗炎症評価－	バイオ科
10	静岡県オリジナル清酒用種麴の開発	バイオ科

富士工業技術支援センター

頁	成 果 事 例	担当科
11	サステナブルファッションに寄与する廃棄衣料を利用した製紙技術の開発	製紙科
12	加温処理による紙の低密度化に関する研究 －加温処理の効果の検証及びメカニズムの追究－	製紙科
13	セルロースナノファイバー製造時のエネルギー低減のためのTEMPO酸化法の適用及び解繊方法の検討	CNF科
14	マイクロ波減圧乾燥によるCNF濃縮技術の開発	CNF科
15	AIを活用した古紙原料の判別に関する研究	機械電子科
16	AIを用いたスマート畜産への取組について －画像解析による子牛の疾病検知システムの開発－	機械電子科

浜松工業技術支援センター

頁	成 果 事 例	担当科
17	光造形で作製した微細光学部品の形状評価	光科
18	図形を投影するマイクロプリズムアレイの設計 －光学シミュレーションを用いた効率的な開発に向けて－	光科
19	IoT・機械学習を活用した長期稼働機器の遠隔診断技術の開発	機械電子科
20	電波到来方向の簡易的推定技術の検討	機械電子科
21	EV向けコネクタ・スイッチ用めっきの性能評価方法 －往復摺動負荷を与えながら接触抵抗を測定できる試験機－	材料科
22	めっきを利用した鉄-アルミニウムのスポット溶接技術の開発	材料科
23	金属3Dプリンタを活用したものづくり支援のための積層造形技術開発	材料科
24	海洋中の生分解性速度を制御する漁具用モノフィラメント糸の開発	繊維高分子材料科

半溶融成形法の高度化技術開発

[背景・目的]

半溶融成形法は、薄肉・軽量、高信頼性鋳物を達成させる成形法であり、自動車のEV化による自動車構成部材・部品の大変革に対応できるプロセスです。これまで工業技術研究所は、県内企業と試作開発・合金開発を行い、従来プロセスとの対比から本プロセスの特長を発信してきました。本プロセスでは、コスト低減、従来プロセスでは到達できない強度特性など、高付加価値を図ることで本プロセスの市場参入を促進していくことが重要です。本研究では、1) コスト及び薄肉・軽量化を目的とした半溶融成形用の素材開発、2) 軽量大型、複雑形状など一体成形できない部材への対応として摩擦攪拌接合を適用した継手の疲労強度について検討しました。

[これまでに得られた成果]

- ・半溶融成形は、半溶融状態まで加熱した素材を加圧成形する鋳造プロセスで、緻密な金属組織が得られ、高品質・高強度鋳物の製造が可能です(図1)。
- ・摩擦攪拌接合した半溶融成形材継手の疲労強度は、従来の普通鋳造材の母材よりも高いことがわかりました(図2)。
- ・高流動性の半溶融成形用の素材を作製でき、薄肉・軽量部品への展開が期待できます。矩形スラブの製造が可能となり、これにより、半溶融成形法の低コスト化につながるものと期待できます(図3)。

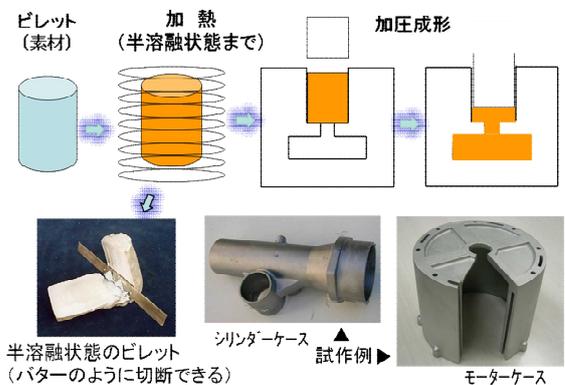


図1 半溶融成形の概略

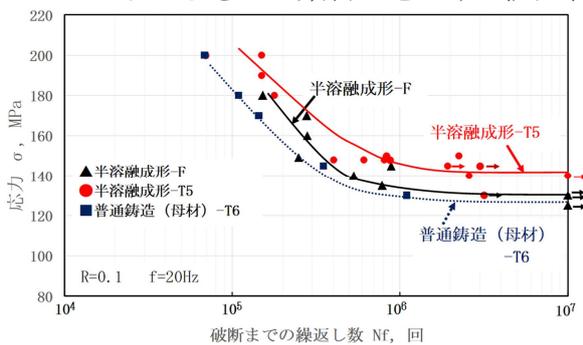


図2 疲労強度

	従来法	開発法
高流動性		
矩形スラブ		

開発法では、初晶α-Al相(図中矢印)が粒状

図3 組織の比較(半溶融成形用素材開発)

[研究成果の普及・技術移転の計画]

半溶融成形と摩擦攪拌接合の組合せは、大型複雑形状の軽量・薄肉強度部品など多様な高機能部品への展開が期待できます。また、半溶融成形法の低コスト化技術を推進することにより半溶融成形法の可能性を躍進させ、県内の自動車関連企業への技術情報を発信するとともに共同研究開発を視野に入れ、技術発展を進めていきます。

テラヘルツ波による CNF 分散性の非破壊評価

[背景・目的]

自動車や家電等の部品メーカーでは、樹脂の使用量低減やバイオマス素材の利活用に関する取組が進められています。例えば、樹脂の物性補強を目的として、セルロースナノファイバー (CNF) 等のセルロース繊維を配合する取組が行われています。しかし、複合材の品質を左右する、繊維の分散性を非破壊で測定することは容易ではありません。そこで、分光分析や非破壊検査等への適用が期待されているテラヘルツ (THz) 波を利用し、2つの CNF 樹脂複合材の分散性の違いを非破壊で推定することを試みました。

[研究成果]

これまでの研究では、THz 波により CNF 複合材中の CNF 濃度を高精度で定量できることがわかっています*。この技術を用い、組成が同一で製法の異なる2つの CNF 樹脂複合材試料の THz 波光学特性を計測しました。

赤外分光イメージング測定では、2つの試料の CNF 分散性が異なることが確認されました (図1)。同試料について、異なる測定箇所6点の THz 波吸収係数を計測し、その CV 値を算出しました。赤外分光イメージングで明らかになった、分散性の良い試料は、悪い試料と比較し、THz 波の測定周波数帯において CV 値が低く推移しており、分散性の違いが明確に区別できていることがわかります (図2)。このことは、THz 波が CNF 分散性評価に利用できる可能性を示しています。

※A. Nakanishi, N. Kanno, and H. Satozono, Sci. Rep. 12, 19284 (2022).

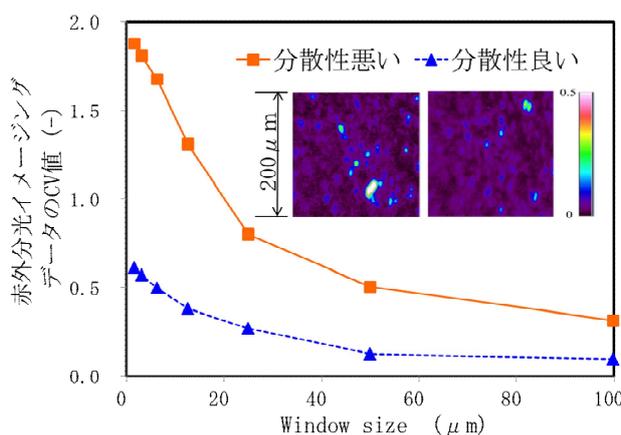


図1 赤外分光イメージングによる CNF 分散性の比較

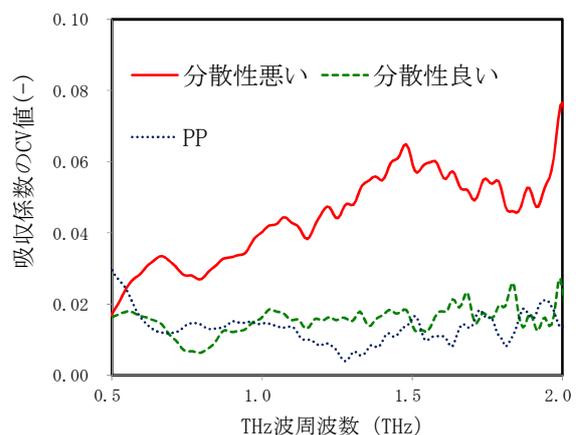


図2 THz 波による CNF 分散性の比較

[研究成果の普及・技術移転の計画]

今後は、より実使用に即した THz 波による非破壊・非接触検査を可能とするため、樹脂試料の適用範囲を広げ、開発に取り組む予定です。

路面にピクトグラムを投影するマイクロプリズムアレイの開発 —熱ナノインプリントプロセスによる成形—

[背景・目的]

人とクルマの円滑な意思疎通は、安心安全な交通社会の実現には必要不可欠です。路面にピクトグラムを投影して、運転手や歩行者に情報を伝達する「コミュニケーションライティング」の実現に有用な製品化技術の1つとして、工業技術研究所では、小型で光学性能に優れたマイクロプリズムアレイ (MPA) を開発しました。従来のレンズを用いる方法では、設計した投影距離から離れるとピクトグラムがぼけてしましますが、MPAによる方法にはピクトグラムの投影距離を後から自由に換えられる特徴があります。

[研究成果]

・開発の対象

一辺が0.1mm、高さが数十 μm 程度の微細なプリズムを400個並べた、1m前方に、幅300mmのVマークを投影するマイクロプリズムアレイモデルを対象としました。

・成形の方法

加熱して柔らかくしたアクリル樹脂に、「精密電気鋳造」で作製したニッケル製のスタンパー (金型) を押しつけてその反転形状を転写する「熱ナノインプリントプロセス」を採用しました。スタンパーの作製に必要な原盤は、フェムト秒パルスレーザー光を用いた、「二光子重合法による3Dプリント」により、微細形状の造形に適しているハイブリッド樹脂を用いて造形しました。

・成形の結果

アクリル製のマイクロプリズムアレイの成形に成功しました (図1)。また、投影装置 (図2) を作製し、設計通りのピクトグラムが投影できることも実証しました (図3)。

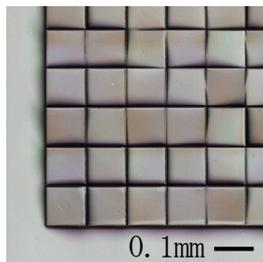


図1 成形したマイクロプリズムアレイの一部

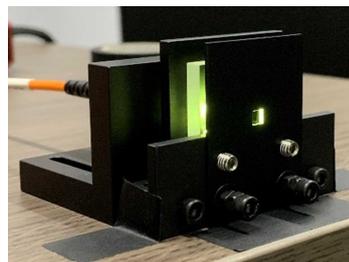


図2 MPAによるピクトグラムの投影装置

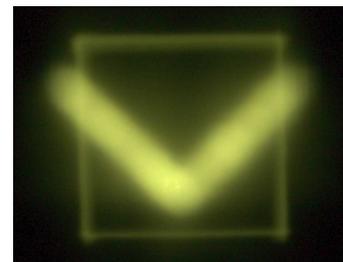


図3 成形したマイクロプリズムアレイの投影像

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・ 県内企業と共同で、マイクロプリズムアレイを用いた車載照明の普及に向けて製品開発を進めています。
- ・ 今後は、投影したピクトグラムの見やすさを評価するための技術開発も進めます。

路面にピクトグラムを投影するマイクロプリズムアレイの開発 ーミーリング加工による成形ー

[背景・目的]

人とクルマの円滑な意思疎通は、安全安心な交通社会の実現には必要不可欠です。工業技術研究所では、路面にピクトグラムを投影して、運転手や歩行者にメッセージを伝達する「コミュニケーションライティング」を実現するために、小型で光学性能に優れたマイクロプリズムアレイ (MPA) を用いた車載照明装置を県内企業と共同開発しました。

[研究成果]

・開発の対象

一辺が1mm未満、高さが数十 μm 程度の微細プリズムを1,000個以上個並べた、Vマークを投影する樹脂製のMPAを開発の対象としました。

・成形の方法

超高精度マシニングセンターで透明樹脂ブロックをミーリング加工し、MPA (図1) を成形しました。

・成形の結果

県内企業がエンドミル (工具用刃物) や加工条件 (加工ピッチ等) を最適化しながら試作を繰り返し、工業技術研究所が形状精度や照明性能の評価技術を提供してそれらの効果を検証しました。

その結果、開発当初の試作品 (図2 (ア)) に比べて、10倍以上明るく、より鮮明なピクトグラムを投影できるMPAの開発に成功しました (図2 (イ))。

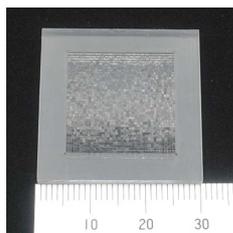


図1 開発したMPA



(ア) 改良前



(イ) 改良後

図2 開発したMPAの投影像

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・本研究で培った技術をベースに、県内企業と共同でMPAを用いた照明製品の普及に向けて照明性能を向上させる研究開発を進めています。
- ・共同研究企業ではプリズムアレイの製造方法に関する基本特許を出願し、射出成形等による量産技術のさらなる向上に努めています。
- ・見本市への出展などのPR活動を通して、車載分野に限らず、街路灯や誘導灯など、照明技術で安心安全を実現する製品として販路を開拓していきます。

音声認識技術を用いた自動車室内音環境の評価について —音声認識技術を活用したシステムの構築—

[背景・目的]

近年、EV化によるモーター騒音や車両接近通報装置の警報音等、自動車の走行音は大きく変化しています。そこで、自動車室内の静粛性のために、自動車内装はこれまで以上に重要になっています。工業技術研究所では自動車内装の開発に必要な吸音率等の音響試験を実施しています。

本研究では、自動車内装の技術支援に活用する目的で、車室内における自動車内装の評価指標の確立を目指して、近年利用が盛んな音声認識技術を活用した車室内音環境の数値化を試みます。今回は、構築したシステムを用いて雑音の無い音声データを認識評価した結果を紹介します。

[これまでに得られた成果]

構築したシステムの概要を図1に示します。認識部分では、特定の認識性能を保持できる研究開発用の音声認識ツールを用いて音声データの認識を行います。評価部分では、認識結果と正解文を比較して誤りとなった割合の算出を行います。

雑音の無い既存の英語音声データを評価した結果を図2に示します。その結果、全2,620データの単語誤り率は、2.5%となり、雑音が無ければ認識出来ることを確認しました。

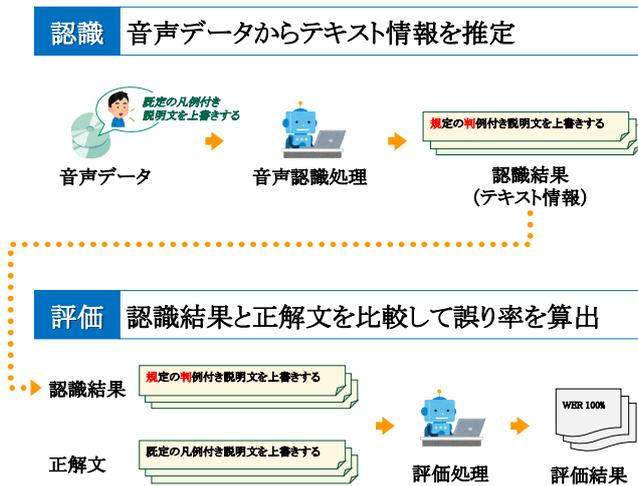


図1 構築したシステムの概要

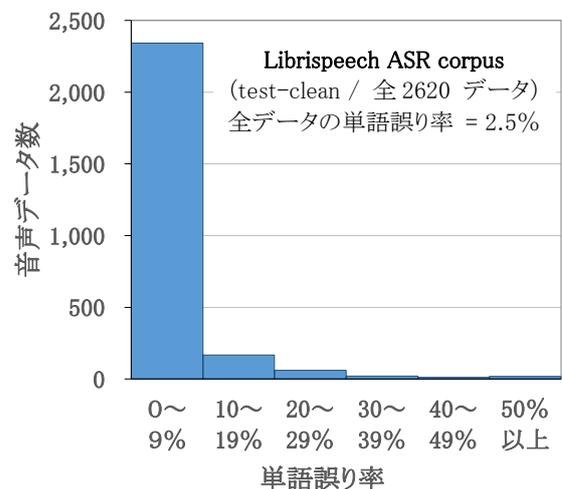


図2 英語音声の単語誤り率とその分布

[期待される効果・技術移転の計画]

今後、実車室内を再現した雑音を含む日本語音声データを認識評価するシステムの開発を行い、自動車内装が車室内音環境へ及ぼす影響を評価出来ることを目指します。それによって、自動車内装の技術支援の充実化を図ります。

光干渉計によるマイクロプリズムアレイの表面粗さ測定 —熱ナノインプリントによる成形の評価—

[背景・目的]

マイクロプリズムアレイ (MPA) は、傾斜角が異なる微細なプリズム群で構成されており、コミュニケーションランプの路面描画素子として期待されています。

MPA の品質管理のために、表面粗さ測定が必要となりますが、微細形状がゆえに接触式による測定は難しく、光学用途のため数 nm レベルの測定精度が要求されます。そこで、本研究では、光干渉計を用いて MPA の表面粗さを高精度に測定する技術を確立し、それを用いて MPA の熱ナノインプリントによる成形を評価しました。

[これまでに得られた成果]

- 光干渉計は、非接触式で、高さ方向の分解能が非常に高く、表面粗さ Sa がナノレベルの鏡面等の測定が得意です。しかし、図1に示す様に、傾斜面の測定について、十分な光量が干渉計に戻らないために発生するノイズの低減が課題でした。そこで、傾斜治具を製作し、プリズム面が測定機光軸に対して水平になるように姿勢調整することにより、ノイズを極力抑えて表面粗さを測定することが可能になりました。
- 本測定技術を熱ナノインプリントにより成形した MPA の評価に活用しました。図2に示す様に、原盤と成形したレプリカの巨視的な表面性状が同様となる結果が得られました。また、定量的な評価として表面粗さ Sa も同程度であり、熱ナノインプリントにより MPA を高精度に成形できることが確認できました。

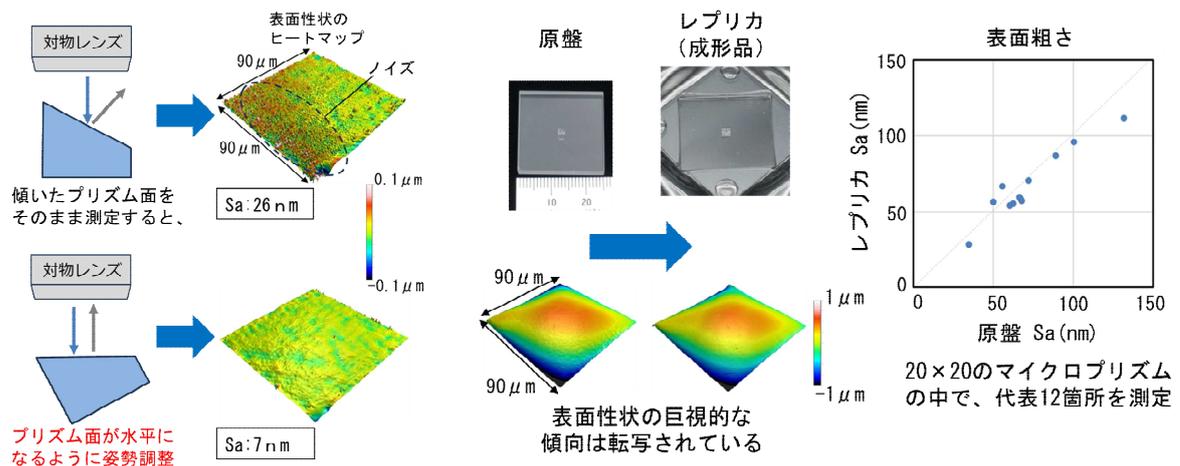


図1 傾斜治具によるMPAの表面性状測定

図2 熱ナノインプリントにより成形したMPAの評価

[期待される効果・技術移転の計画]

今後、本測定技術を車載用光学部品等の微細形状の表面粗さ測定に活用することで、企業の製品開発を支援します。

新たな大豆食品開発のための豆乳分離技術の開発

[背景・目的]

世界人口の爆発的な増加に伴い、将来的にタンパク質供給量が不足すると予測されており、その対策として、動物性素材を植物性素材に置き換えた商品への需要が高まっています。代表的な植物性素材である豆乳は、昨今牛乳の代替食品素材として様々な加工法による商品が市場を賑わせていますが、その一つとして凍結技術を活用した食品が提案されています。例えば、加熱されていない豆乳（生豆乳）を凍らせることで、上下二層に分離することができ（図1）、上層は柔らかなプリン状食品、下層は硬いウインナー状の食品に加工できます。この凍結技術の可能性を広げるために、基本的な溶液条件であるpHと食塩濃度を変えることで、分画を制御できる条件とその現象について研究を行いました。

[研究成果]

- ・生豆乳のpHまたは食塩添加濃度を変更して凍結後再び融解（凍結融解）したところ、凍結前の豆乳粒子表面付近の電位（ゼータ電位）が -23 mV から -28 mV の範囲内であれば、凍結融解後に上下二層分離することがわかりました（図2）。
- ・このことから、ある添加物を生豆乳に加えた場合、そのゼータ電位を測定することで二層分離するかどうかを判別できる可能性が示されました。

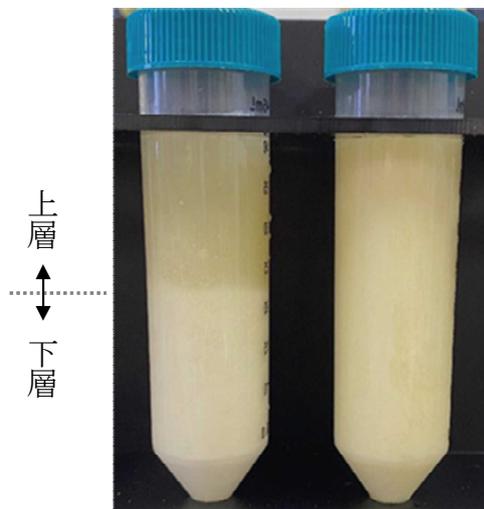


図1 凍結融解後の非加熱豆乳（左）
凍結融解後の加熱豆乳（右）

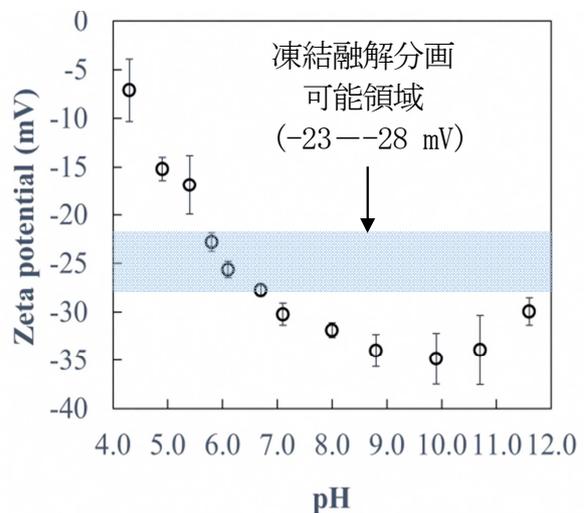


図2 pH調整生豆乳のゼータ電位

[研究成果の普及・技術移転の計画]

本研究で得た豆乳の加工技術を活用し、大豆製品の製造企業と協力して新たな食品の開発を行います。

乳酸菌発酵による辛味感覚の制御

[背景・目的]

静岡県では、海洋から分離した微生物を用いて様々な発酵食品を開発してきました。その中で、乳酸菌により唐辛子の一種であるハバネロを発酵すると、辛味がまろやかに感じられることが明らかになりました。このような「食品を食べたときに感じる感覚」に関連した市場のニーズは大きく、例えば、かけるだけで子供用甘口カレーが大人用辛口カレーになるスパイスソースが販売されています。一方で、辛味が苦手な人でもかけるだけで食べられるような調味料への需要もあり、辛味などの感覚を制御する技術の開発が望まれています。本研究では、ハバネロの辛味をまろやかにする発酵条件を決定し、そのメカニズムを解明することで、発酵により食品を食べたときの辛味・温度などの感覚を制御する技術の開発を目指しました。

[研究成果]

- ・駿河湾由来の乳酸菌でハバネロペーストを発酵することにより、辛味のレベル（辛味を感じる受容体の応答強度）が1/2以下に減少することが明らかになりました（図1）。
- ・発酵により、色や粒子の細かさなど乳化状態の変化がみられました（図2）。このことから、油に溶けやすい辛味成分が発酵により変性し、辛味がまろやかになった可能性が示されました。

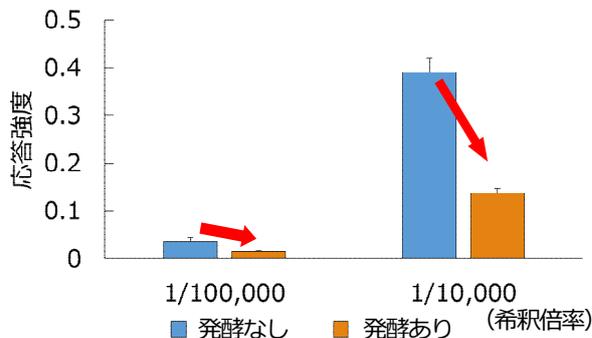


図1 ハバネロの発酵による辛味受容体 TRPV1 応答の変化

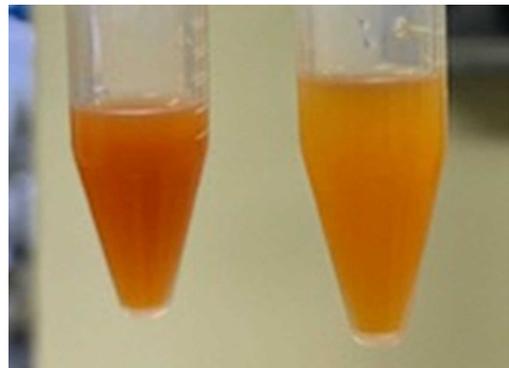


図2 ハバネロペーストの遠心分離上清
左：発酵なし 右：発酵あり

[研究成果の普及・技術移転の計画]

本研究で構築した感覚受容体応答の評価技術や、MaOI 機構の海洋微生物ライブラリーに登録された乳酸菌などを利用した発酵技術を用いて、食品・化粧品分野における冷温感・辛さなどの感覚評価や製品開発における技術支援を行います。

伊豆特産サクラ葉の化粧品利用

－化粧品原料およびウェットシートの開発と抗炎症評価－

[背景・目的]

松崎町では桜餅に使用するオオシマザクラの葉を生産しており、全国の約70%のシェアがあります。その一方で、桜餅に使えない規格外の未利用葉が生じており、これを化粧品素材として有効利用できるのではないかと考え、研究に取り組みました。

研究の検討段階で、サクラ葉エキスに抗炎症効果があることがわかりました。そこで、化粧品素材としてのサクラ葉エキスの抽出方法及び素材化と、サクラ葉エキスを配合した製品開発に取り組みました。さらにサクラ葉エキスが抗炎症効果を示す作用機序について検討しました。

[研究成果]

- ・サクラ葉エキスに抗炎症効果があることを明らかにしました(図1)。
- ・サクラ葉エキスは、炎症を引き起こす細胞内情報伝達経路の一部を阻害することで抗炎症効果を発揮していると考えられました。
- ・抗炎症効果を示す成分のひとつとして trans-p-クマル酸メチルを見出しました。
- ・オオシマザクラの葉を抽出する条件を検討し、化粧品原料として素材化しました。(株)エコライフラボ)
- ・サクラ葉エキスを使用した、介護等でも使用できるウェットシートを開発しました(図2)。(ブルネエズ(株))

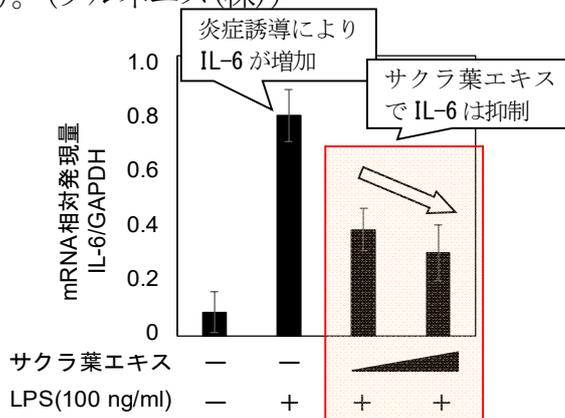


図1 サクラ葉エキスによる IL-6 の抑制

炎症を引き起こすタンパク質のひとつである IL-6 の mRNA 発現をサクラ葉エキスが抑制しました。



図2 サクラ葉エキスの素材化と製品開発

サクラ葉エキスの抽出条件を検討後、素材化し、ウェットシートに配合しました。

[研究成果の普及・技術移転の計画]

技術移転した協力機関において、化粧品原料として使用できるサクラ葉エキスとそのエキスを配合したウェットシートを販売しています。今後は、サクラ葉エキスの利用促進を図るために、細胞試験による評価技術の向上に努めます。

協力機関 (株)エコライフラボ
ブルネエズ(株)
愛知医科大学

お問い合わせ先 工業技術研究所 沼津工業技術支援センター
バイオ科
電話 055-925-1101

静岡県オリジナル清酒用種麴の開発

[背景・目的]

本県清酒業界は、地酒祭りの開催やG I 静岡によるブランディングを通じて、国内外への県産清酒の魅力発信に取り組んでいます。そのような中、業界からは話題性や魅力ある商品の開発に向けて、本県独自の清酒用種麴の開発要望が強く寄せられていました。

そこで当センターでは、静岡酵母を使う本県の清酒醸造に適した、本県初となる静岡県オリジナル清酒用種麴の開発を行いました。

[研究成果]

- 株式会社ビオックが保有する麴菌 51 株について、本県独自の選抜基準（PCR による麴菌の醸造適性評価やオフフレーバーの生成に関わる酵素活性の評価等）にてスクリーニングを行い、静岡酵母を使う本県の清酒醸造に適した、「バナナ様の吟醸香の生産性が高い」、「低酸性である」等の条件を満たした 3 株選抜しました。
- この選抜麴菌 3 株を特定の割合でブレンドした試作種麴 3 点を製造し、既存の市販種麴 1 点を加えた 4 点で、総米 6 kg 規模によるベンチスケール清酒を試作しました。この 4 点について、官能評価試験を実施し、パイロットスケール清酒を試作する種麴 1 点を選抜しました（表）。
- 上記にて選抜した種麴 1 点を用いて、総米 200 kg 規模によるパイロットスケールで清酒を試作しました。その結果、研究開始当初の開発コンセプトどおり、バナナ様の吟醸香が高く、酸度の低い酒質となり、本県の清酒醸造に適した種麴を開発することが出来ました（写真）。

表 ベンチスケール清酒の試作品の評価結果
(一部抜粋)

官能評価					
順位	平均総合評点 ¹⁾²⁾	試作No.	アルコール度 (%)	酸度	酢酸イソアミル (ppm)
1	2.64	2	16.40	1.70	5.04
2	2.82	3	15.00	1.80	4.34
3	3.18	1	15.60	1.70	4.27
3	3.18	4	15.50	1.80	4.52

1) 総合評点は評価者11名の平均点にて示す。

2) 5点法にて評価（1点：すばらしい～5点：難点あり）



写真 試作種麴（左）と総米 200 kg 規模によるパイロットスケール清酒の試作品（右）

[研究成果の普及・技術移転の計画]

本成果は、巡回指導や酒造研修等を通じて県内清酒メーカーへ普及及び技術移転を進めており、これまでに 8 社の清酒メーカーにて今回開発した本県オリジナル清酒用種麴を使った清酒の醸造を進めております。今後は、県内清酒製造者全 28 者に普及できるよう、本種麴を使って、様々な酒米や酵母と清酒の仕込み試験を実施し、醸造データの収集を続けていきます。

サステナブルファッションに寄与する 廃棄衣料を利用した製紙技術の開発

[背景・目的]

近年、ファッション産業では、ファストファッションの台頭による短いサイクルでの大量生産、大量廃棄が行われており、二酸化炭素の大量排出などで環境に多大な負荷を与えていることから、環境負荷を考慮した「サステナブルファッション」が急速に広まっています。

本研究では、廃棄繊維を有効活用する一つ的手段として、遠州地区の織物工場の製造工程から排出される不要な端材などを紙の原料としてリサイクルするための研究開発を行いました。開発したリサイクル紙を排出元の事業者にも活用してもらうことで、循環型社会のモデルケースを示し、サステナブルファッションの取組を推進することを目的としています。

[研究成果]

- ・遠州地区では、織物の耳や規格外となった織物が大量に廃棄されており（写真）、その素材は紙として利用可能な綿、麻が多く、色については、白色又は生成り色が多いという結果でした。以上のことから、遠州の廃棄繊維を紙の原料としてリサイクルすることにしました。
- ・繊維を配合すると、紙の強度が低下するため、紙料調成、製紙薬品の調整などにより強度を向上させるための検討を行いました。その結果を基に、工場実機による抄紙を行い、繊維が30%配合（綿：麻＝3：1）されている紙の抄紙に成功しました。
- ・実機抄紙したリサイクル紙の物性をパルプ100%の市販品と比較したところ（表）、市販品を上回る強度となったことから、リサイクル紙は通常の印刷用紙と同様に利用可能です。



写真 遠州地区の廃棄繊維

表 リサイクル紙の物性

紙の種類	比引張強さ (N・m/g)	比破裂強さ (kPa・m ² /g)
成果品(リサイクル紙)	47.3	4.2
市販品 (パルプ100%)	41.7	3.3

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・今回開発したリサイクル紙は、廃棄繊維の排出元の繊維関連事業者及び繊維関連団体と用途探索し、名刺、ショップカードなどに活用されています。
- ・本研究の取組を広く情報発信し、サステナブルファッションの取組の拡大を図ります。

加温処理による紙の低密度化に関する研究 — 加温処理の効果の検証及びメカニズムの追究 —

[背景・目的]

県内製紙産業は国内出荷額一位を誇り、再生紙の生産が盛んです。近年のサーキュラーエコノミーへの関心の高まりは、県内製紙産業にとって、チャンスといえます。しかし、IT 技術の伸展などに伴い紙の消費量が落ち込み、県内製紙会社は製品のさらなる品質向上とコストダウンが必要です。

当センターでは令和元年度から紙のコストダウンにつながる低密度化に関する研究を進めており、その過程でパルプを単純に加温処理するだけで紙が低密度化する現象を発見しました。そこで本研究ではラボレベルだけでなく工場実機レベルでも加温処理による紙の低密度化が可能であるかどうかを確認し、さらに紙の低密度化の要因について追究しました。

[研究成果]

- ・ フレッシュパルプを用いて、ラボレベルで加温処理（濃度 10wt%で 70℃、24h）すると、紙が 5～9%低密度化することが分かりました（図1）。
- ・ 古紙パルプでも同様に、フレッシュパルプに比べると低密度化の割合が少ないものの低密度化することが分かりました（図1）。
- ・ ラボレベルだけでなく、工場実機でも低密度化が起こる可能性が高いことが分かりました。
- ・ 紙の低密度化は、加温処理によりパルプ繊維の柔軟性が変化し、紙中の空隙が増加することが要因である可能性が高いことが分かりました（図2）。

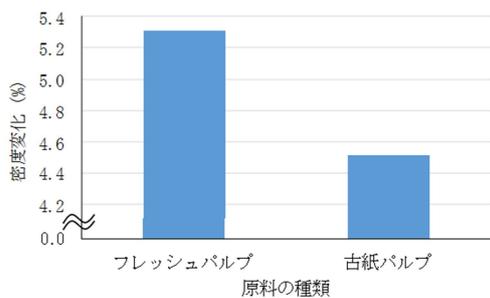


図1 濃度 10wt%、温度 70℃で 24 時間加温処理した際の紙の密度変化 ((密度変化)=100-(加温処理 24h のシート密度)/(0h のシート密度)×100)

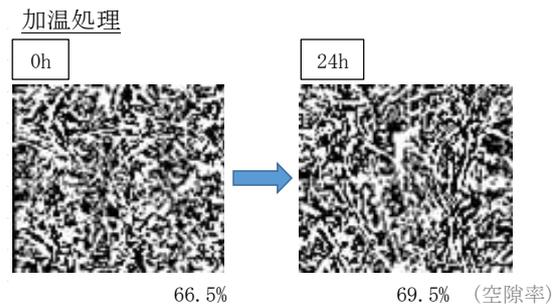


図2 未こう解LBKPを濃度 10wt%、温度 70℃で0あるいは24時間加温処理した際の紙(断面)の空隙率の変化(黒色が空隙)

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・ 得られた成果は、下級印刷用紙を製造している県内製紙会社 2 社に普及し、工場実機におけるさらなる調査を遂行中です。
- ・ 各学会などを通して普及するとともに、技術相談・指導などの現地指導によって普及します。

セルロースナノファイバー製造時のエネルギー低減のための TEMPO 酸化法の適用及び解繊方法の検討

[背景・目的]

セルロースナノファイバー(以下、CNF)は木材などの植物繊維の主成分であるセルロースをナノサイズまで微細化したバイオマス資源として、製品の付加価値向上やカーボンニュートラルに向けた用途開発に用いられていますが、一方で微細化プロセスにおけるエネルギー消費に起因するコスト高が課題となっています。そこで本研究では、大幅なエネルギー低減を可能にする TEMPO 酸化法について、微細化装置毎のエネルギー削減効果と得られる CNF 性状を調べ、各微細化プロセスの特徴を明らかにしました。

[研究成果]

- ・微細化の方法によって粘度・透明度の変化に違いが見られました。高圧ホモジナイザー(ノズル式)処理の場合には、TEMPO 酸化法を施すことで1回処理で粘度 5,000mPa・s、透明度 90%程度の CNF が得られたのに対し、未処理のパルプでは5回処理後も粘度 2,500mPa・s、透明度 13%程度にとどまりました(図1~3)。このことから、5倍以上のエネルギーを与えたとしても、TEMPO 酸化を行わずに同等の CNF を得ることは困難であると考えられます。
- ・透明度は処理を重ねる毎に上昇する一方で、粘度は過剰な処理により大きく低下することがわかりました(図2~図3)。CNF の主な用途の一つは製品への粘度付与であることから、用途毎に透明度と粘度を両立する処理条件の最適化が必要だと言えます。

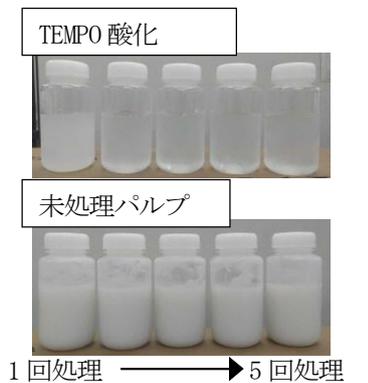


図1 作製した CNF
(高圧ホモジナイザー ノズル式)

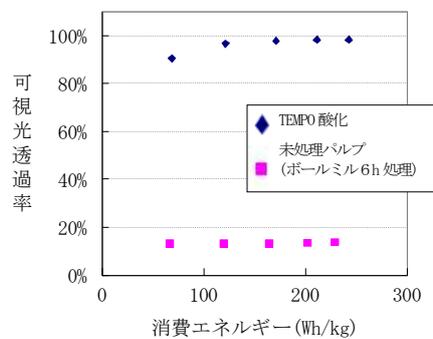


図2 可視光透過率の変化
(高圧ホモジナイザー ノズル式)

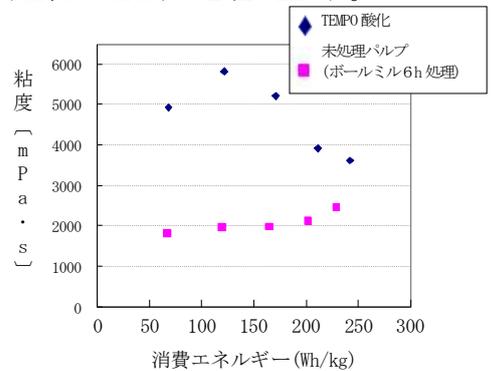


図3 粘度の変化
(高圧ホモジナイザー ノズル式)

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・本研究の成果を静岡県工業技術研究所 HP の特設ページで公開します。今回の成果に加えて TEMPO 酸化法の条件や金属元素付与の方法等も公開し、特設ページを閲覧することで誰もが TEMPO 酸化法を実践できるようにします。
- ・処理条件によって作製した TEMPO 酸化 CNF の性状が変化することが予想されるため、今後も各微細化方法毎の適切な処理条件の検討を進めていきます。

マイクロ波減圧乾燥による CNF 濃縮技術の開発

[背景・目的]

市販のセルロースナノファイバー (CNF) は、固形分 1～2%程度の水分散体が一般的であり、セルロース成分に対して数十倍の質量の水を含んでいることから輸送コストが問題となっています。水分を除去するために CNF 分散液を濃縮すると、セルロース繊維表面の水酸基が水素結合を形成し、繊維同士が凝集して固まってしまうため CNF としての機能が失われてしまいます。

本研究では、セルロース繊維の凝集を抑制する分散剤を添加し、更に減圧下でマイクロ波を照射して分散液中の水分子を直接振動させることで、再分散性が良好な CNF の濃縮技術を開発しました。

[研究成果]

2wt%CNF 分散液をマイクロ波減圧乾燥し、乾燥した CNF を元の濃度となるように再度水へと分散させて粘度を測定したところ、CNF だけでは粘度は回復しませんでした。分散剤を 1wt%添加することで粘度が回復しました。中でもポリエチレングリコール (PEG) 4000 が最も効果が大きく、CNF の粘度は 70%程度回復しました(図)。

機械解繊 CNF に PEG4000 を添加してマイクロ波減圧乾燥した試作乾燥 CNF を作製し、セルロース成分が 5wt%になるようポリプロピレン (PP) に配合した試験片を用いて 3 点曲げ試験を行いました。試作乾燥 CNF を配合した樹脂複合材料の曲げ強さ及び弾性率はどちらも市販の乾燥 CNF を 5wt%配合して作製したサンプルよりも優位となりました。このことから、今回試作した乾燥 CNF は市販品と同等以上の性能を有していることを確認できました (表)。

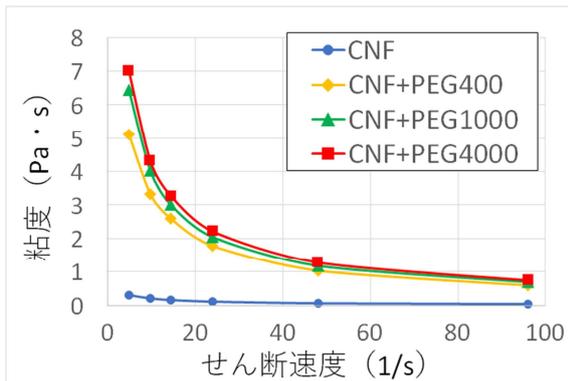


図 分散剤なし/ありでの粘度比較

表 CNF 複合樹脂材料強度試験結果

	曲げ強さ (MPa)	曲げ弾性率 (MPa)
PP	43.6	1558
PP+試作乾燥 CNF	47.4	1883
PP+市販乾燥 CNF	46.5	1772

[研究成果の普及・技術移転の計画]

研究成果は共同研究企業を通して普及を図るとともに、外部発表により CNF 複合材ユーザーや研究者へ周知します。本研究の濃縮・乾燥技術を活用して共同研究企業が製造する CNF 濃縮品の物性を向上し、樹脂成形品への応用展開に向けて研究を継続していく予定です。

AI を活用した古紙原料の判別に関する研究

[背景・目的]

対話型 AI の ChatGPT や画像生成 AI の Stable Diffusion など AI の活用が活発になっています。国・県では DX を推進しているものの、ものづくりなどへの AI 導入はまだまだ途上にあります。一方、製紙分野では、デジタル化や生活様式の変化などから、雑誌などの刊行が減り、再生紙工場では原料古紙の調達に苦労しています。原料不足により、これまで利用していない古紙や廃棄衣料を使用せざるを得ない状況で、どのような原料か分からず古紙処理などの対応が後手に回っています。例えば、UV インキ印刷物でも古紙処理を強化すれば損紙になりませんが、原料が判別できないため損紙となります。本研究では、DX 推進の一環として、再生紙工場の効率化を目的に、AI を活用して古紙原料を判別する技術の開発を目標としました。

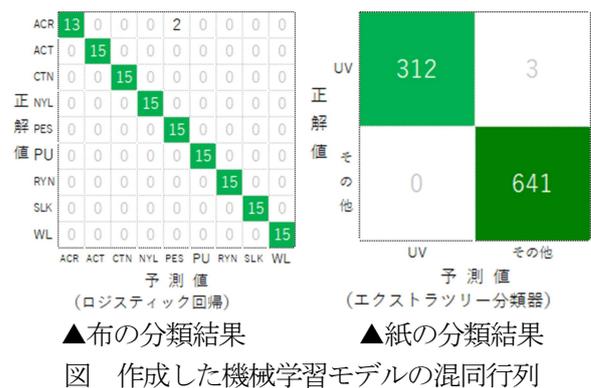
[これまでに得られた成果]

原料古紙として利用されることもある廃棄衣料の繊維の種類を判別するために、9種類の繊維の布片(表)について、光沢度計(測定角度20°、60°、75°の3測定点)、フーリエ変換赤外分光光度計(波長換算で約2,500nm～25,000nmの範囲で3,736測定点)、紫外可視近赤外分光光度計(250nm～2,500nmの範囲で2,251測定点)による光学測定データ(計5,990測定点)に対して、「Python」で実装されたオープンソースの機械学習パッケージ「PyCaret」にて機械学習モデルを作成・評価した結果、分類することができました(図)。

UV インキ印刷用紙とその他を判別するために、協力企業(3社)から提供されたUV インキ印刷用紙とその他(油性インキ印刷用紙・紙)の紙片(表)について、上記と同様に作成・評価した結果、分類することができました(図)。

表 測定に供した試料

布試料(各1)	紙試料(全65)		
	紙の種類	UV インキ印刷用紙	その他
アクリル(ACR)			
アセテート(ACT)			
コットン(CTN)			
ナイロン(NYL)			
ポリエステル(PES)			
ポリウレタン(PU)			
レーヨン(RYN)			
シルク(SLK)			
ウール(WL)			
	塗工紙	18	11
	上質紙	2	3
	中質紙	0	4
	白ボール	1	1
	計	21	19
			紙(印刷なし)
			油性インキ印刷用紙



[期待される効果・技術移転の計画]

研究成果は、協力企業などを通して普及すると共に、業界誌等へ投稿して普及を図ります。今後も DX 推進の一環として、本研究の最終目標である AI を活用して古紙原料を銘柄(新聞、雑誌、段ボールなど)別のように必要に応じた区分で判別する技術の開発を継続していく予定です。

AI を用いたスマート畜産への取組について —画像解析による子牛の疾病検知システムの開発—

[背景・目的]

近年の酪農業界では、労働力の減少と乳牛の飼育頭数の増加により、ICTを用いた効率的な個体管理の必要性が高まっています。特に、子牛の健康管理は生産効率の向上に重要な要素です。本研究では、牛舎に設置したビデオカメラを活用し、AIによる画像解析により子牛の消化器疾患を検知する手法を開発しました。この技術により、早期の疾病検知による経済的損失及び酪農従事者の作業負担の軽減が期待できます。

[研究成果]

- ・ 先行研究で、消化器疾患の子牛は行動量が低下することが分かっています。これを映像から捉えるため、動画内の物体の動きを検知する手法であるオプティカルフローを使用して、子牛個体ごとの行動量の把握が可能になりました(図1)。
- ・ 時系列データの状態検知に利用される隠れマルコフモデルを用いた疾病検知モデルを作成しました。行動量の時系列データを使用して、子牛の3種類の健康状態(健康、軟便、下痢)の検知を行い、その精度を検証しました。
- ・ 獣医師の診察に基づく牛の健康状態のラベリングデータとモデルによる予測結果を比較した混同行列を図2に示します。牛の状態を0.803の精度で検知することができました。より詳細なラベリングデータの入手や、モデルの学習用データを増やすことで疾病検知の精度改善が見込めます。

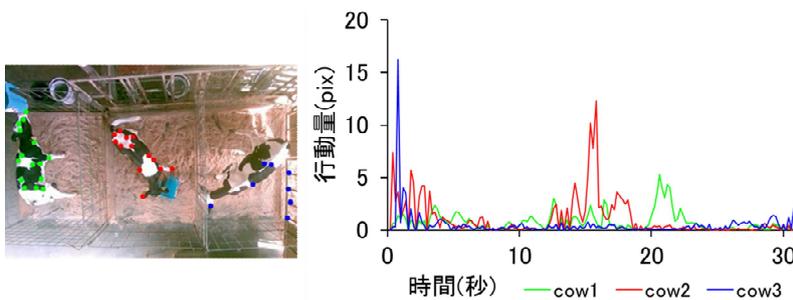


図1 オプティカルフローによる行動量解析

獣医師の判定	健康	246	42	0
	軟便	0	144	67
	下痢	0	44	244
	モデルの予測	健康	軟便	下痢

図2 隠れマルコフモデルの疾病検知精度

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・ 本成果は、共同研究機関が開発している子牛の個体識別技術と組み合わせることで、牛群中で子牛の疾病を検知することが可能になります。
- ・ 本研究で得られた知見については、工業分野における画像解析及び異常検知等にも応用可能です。

光造形で作製した微細光学部品の形状評価

[背景・目的]

LEDを光源として路面に図形を描画する微細光学部品のマイクロプリズムアレイ（以下、MPA）を開発しました。開発したMPAは、プリズムの底面の1辺が0.1mmで、高さが数十 μm の微細なプリズム群で構成されており、プリズムごとに傾斜面の角度と向きを変えて光の進行方向を制御し、遠方に図形を描画します（図1）。本方式は、装置構成が光源とMPAだけでよく、小型化できる利点があります。一方、従来の切削加工技術では、このような微細光学素子を作製することが困難でした。そこで、フェムト秒レーザーを用いた2光子重合方式の光造形技術に着目し、その有効性を検証しました。

[研究成果]

- ・1m先にブーメラン形状を投影するMPA（プリズム数：縦20個×横20個）を設計し、2光子重合方式の光造形装置で作製しました。MPAの形状評価の結果から、2光子重合方式の光造形技術が、MPAの作製に有効であることを確認できました。
- ・(外観形状) 作製したMPAの傾斜面は、積層造形に起因した段差はなく平滑でした（図2）。傾斜面の角度誤差は、その角度の大小に依存せず、平均値0.34度、標準偏差0.49度の正規分布に従う傾向でした。同程度の角度誤差であれば、投影像に顕著な影響を与えないことを光学シミュレーションで確認しました。
- ・(表面粗さ) 傾斜面の表面粗さ S_a （算術平均高さ）は35nm～132nmで、傾斜角度が小さいほど S_a が大きくなる傾向でした。これは、角度が小さい傾斜面の表面形状が、平面ではなく凸型の曲面になったことに起因しています。

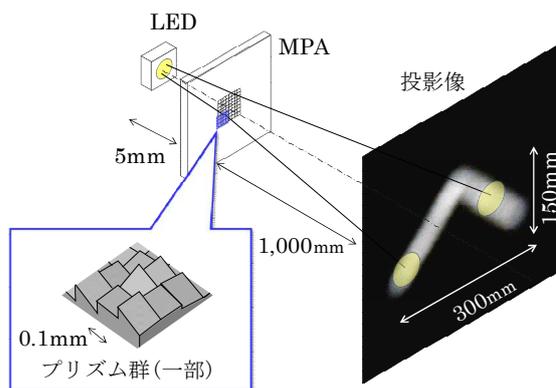


図1 MPAによる図形投影の概略図

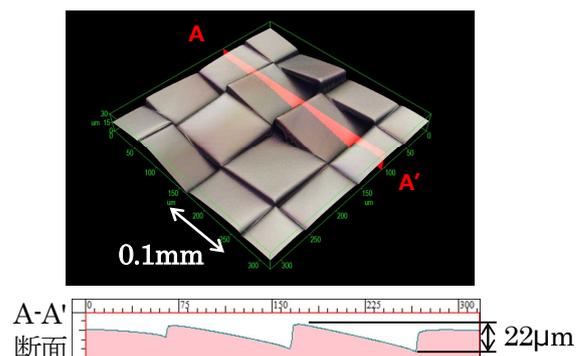


図2 光造形で作製したMPAの形状

[研究成果の普及・技術移転の計画]

今後、車載用をはじめとするコミュニケーションランプへの採用を目指します。また、本研究で蓄積した、光造形による成形や微細形状評価に関する知見を活用して、企業の製品開発を支援します。

図形を投影するマイクロプリズムアレイの設計

—光学シミュレーションを用いた効率的な開発に向けて—

[背景・目的]

近年、自動車メーカーやヘッドランプメーカーでは、自動車から歩行者に対して注意を喚起する絵文字を路面へ投影する照明装置の開発が進められています。マイクロプリズムアレイ (MPA) は、微細なプリズムを2次元アレイ状に配列した光学素子であり、これに光を通すだけで図形パターンを投影できるため、単純でコンパクトな図形投影照明装置が実現できます。しかしながら、MPAの形状を設計する手法はあるものの、プリズム数や光源距離、光源の大きさなどの設計パラメータが投影像の品質に与える影響についての詳細な知見はほとんどありません。そこで本研究では、光学シミュレーション技術を用いて、設計パラメータと投影像質の関係を調べ、MPAを用いた図形投影照明装置を効率的に開発するための設計指針を明確にしました。

[研究成果]

- 設計パラメータ (プリズム数、光源距離、光源の大きさ) を変えて設計した正方形図形を投影するMPA (図1) の投影像を光学シミュレーションで予測しました (図2)。その結果から、以下の設計指針が得られました。
 - ✓輪郭のぼけは、光源距離を長くするか光源を小さくすることで低減する。
 - ✓明るさむらは、プリズム数を増やすか光源を大きくすることで目立たなくなる。
- 得られた知見を使ってブーメラン形状の図形を投影するMPAを設計し、実際に試作品を作製し、投影像を評価しました。実際の投影像は、光学シミュレーションで予測した特徴を反映していることが確認できました。

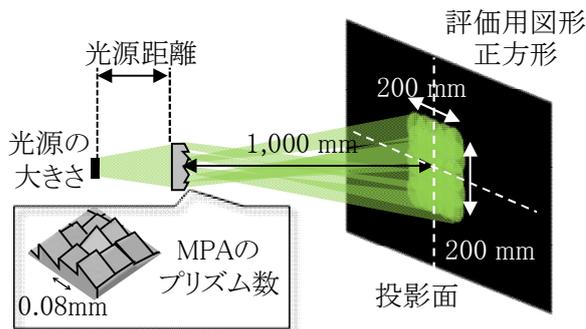


図1 MPAで正方形図形を投影する光学系

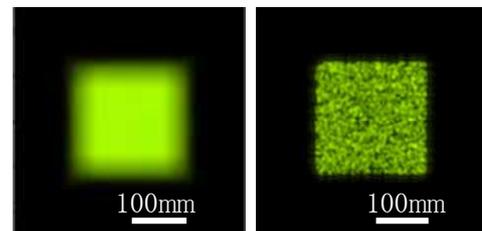


図2 光学シミュレーションの結果 (左図は輪郭のぼけ、右図は明るさむらが目立つ投影像。)

[研究成果の普及・技術移転の計画]

設計指針を明確化し投影像を予測することで、MPAの効率的な開発に貢献します。また、得られた知見を用いて光学器機の性能向上や製品開発を支援します。

IoT・機械学習を活用した長期稼働機器の遠隔診断技術の開発

[背景・目的]

生産現場で長時間稼働する設備は、一旦不具合が起こると復旧までに多大な損失が発生するため、不具合の予兆を検知し即座に稼働状態を診断する技術が求められています。機械学習を稼働状態の診断に適用する場合、正常稼働時と異常稼働時の大量のデータが必要であり、想定されるすべての異常稼働状態のデータを取得することは困難です。

そこで本研究では、機械学習の方法に正常稼働時のデータのみで稼働判定モデルを学習できる MT (マハラノビス・タグチ) システムを用い、機器の故障の予兆を自動判定する遠隔診断システムの開発を行いました。この手法は、正常稼働時のデータに対するモデル出力値の分布から異常稼働時のデータが無くても不具合の判定閾値を設定できることと、異常判定時の入力項目の要因効果から不具合箇所が推定できる特徴を持っています。

[研究成果]

- ・工場で多用されているモータの稼働診断を想定して、扇風機のモータの回転によって発生する振動を小型 IoT デバイス (M5StickC Plus) で計測し、そのデータを MT システムで稼働診断するシステムを構築しました (図1)。
- ・正常稼働に対する出力データの分布から自動設定した範囲閾値により、扇風機の羽根の一枚におもり (0.1g) を1～3個付加して異常の程度を変えた状態 (W1、W2、W3) を、正常稼働ではないと判定できることを確認しました (図2)。



図1 計測風景
赤丸：小型 IoT デバイス
青丸：おもり付加箇所

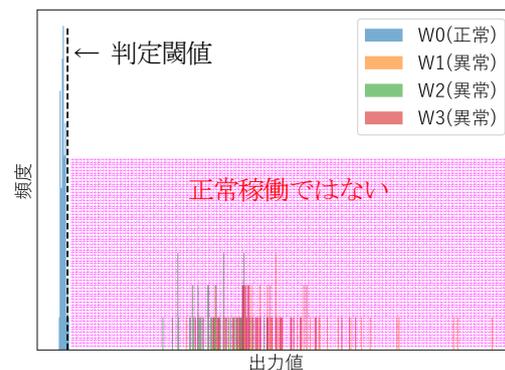


図2 診断結果
Wx：おもりにより変化させた異常稼働時のデータ
W0：正常稼働時のデータ

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・研究成果は、静岡県 IoT 推進ラボサテライト浜松で展示し、企業の IoT 導入支援に活用していきます。
- ・共同研究機関の対象機器に本手法による稼働診断の自動化を進め、技術移転を図ります。

電波到来方向の簡易的推定技術の検討

[背景・目的]

移動体（ドローン等）に対するトラブルが増加していますが、電波到来方向推定技術を利用する従来の検知システムは大規模で高額です。そこで、電波の到来方向をおおよその角度（誤差 $\pm 15^\circ$ ）で推定できる安価で簡易的なシステムを目指し、本研究では固定した2つのアンテナの受信レベル差から電波の到来方向を推定する簡易的推定技術について検討しました（図1）。

[これまでに得られた成果]

- ・利用するアンテナとして、Transverse Electro Magnetic (TEM)、対数周期、八木・宇田、ホーンの4つを選定し、アンテナゲイン、大きさ、価格の面から評価した結果、八木・宇田が適していることが分かりました。
- ・電波暗室内で発信器からの電波を2つの八木・宇田アンテナで計測しました。アンテナ正面を 0° とした時の発振器の方向（電波到来方向）を -90° から 90° まで変化させ、アンテナ間角度を 40° から 160° まで 20° 毎に測定した結果、アンテナ間角度が広い程、推定可能な到来方向範囲が広く、受信レベル差が大きくなりました（図2）。
- ・今回の測定条件では、アンテナ間角度を 160° とすることで、受信レベル差が最大となり、推定範囲が約 140° （ $\pm 70^\circ$ ）と最も広くなることを把握しました。
- ・今後、アンテナ設置条件等によるばらつきや低減及び推定方向の精度向上を追求し、屋外での検証を行いながら、システムの実用化を目指します。

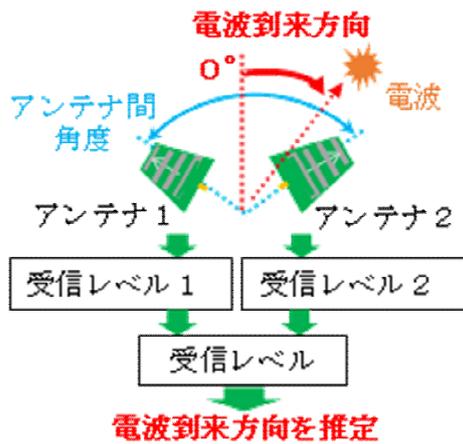


図1 電波到来方向推定の仕組み

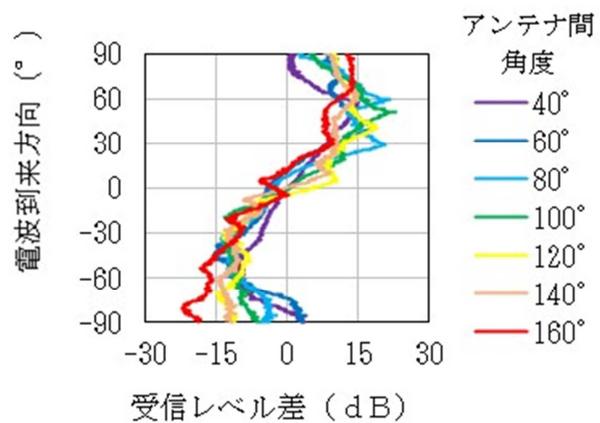


図2 2つのアンテナの受信レベル差

[期待される効果・技術移転の計画]

- ・今回得られた成果では 160° の推定範囲の中で約20%の誤差で推定できる可能性があることが分かりました。
- ・この技術を利用した小規模・低コストな簡易的電波到来方向推定システムについて、共同研究機関と連携して試作・検討し、製品化を目指します。

EV向けコネクタ・スイッチ用めっきの性能評価方法 —往復摺動負荷を与えながら接触抵抗を測定できる試験機—

[背景・目的]

輸送用機器のコネクタ・スイッチ部品の端子・接点の多くにはSn(スズ)、Ag(銀)等のめっきが施されています。輸送用機器のEV化が進むと、それらのめっきの需要が増加するとともに、めっきの高耐久性(長寿命化・接触抵抗の安定性等)が求められます。

本研究では、往復摺動負荷を与えながら通電状態での接触抵抗の測定が可能な試験機を作製し、コネクタ・スイッチ部品の端子・接点用めっきの耐久性評価を試みました。

[研究成果]

- ・樹脂3Dプリンタで作製したABS製ジグとモーターをリンク機構で接続し、モーターの回転運動を直線(往復)運動に変換する試験機を作製しました(図1)。
- ・実際のコネクタが受ける「微摺動(びしゅうどう)」を模した微小ストロークの負荷を与えた後、EPMA(電子線マイクロアナライザー)による摺動痕(接点部)の元素マッピング分析を行いました。
- ・光沢剤の添加により改良したSnめっきは、通常品と比べ接触抵抗値の変動が少なく、摩耗によるCu(基材)の露出も抑えられることが明らかになりました(図2)。

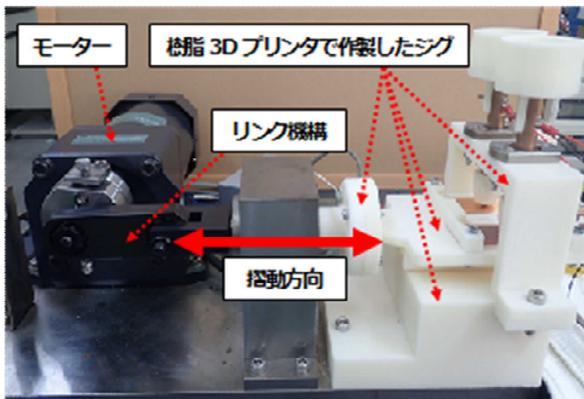


図1 試作した往復摺動負荷試験機の外観

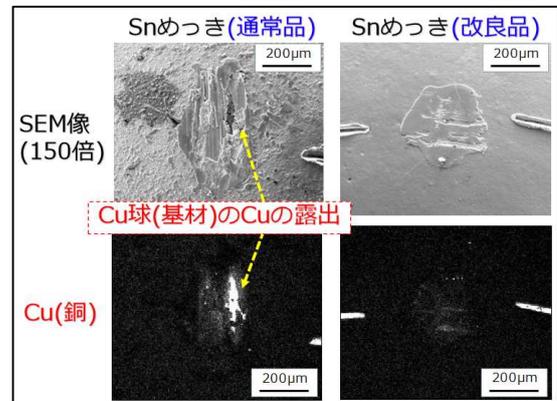


図2 Snめっき摺動痕のEPMAマッピングデータ

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・研究報告書等を通じて、技術・成果の普及を行います。
- ・協力機関であるめっき企業とともに、他の添加剤や成膜条件の効果を検討します。
- ・協力機関であるスイッチ部品企業には、今回成果が得られたSnめっきを提案し、製品化に向けた長期間の耐久性試験の実施について検討します。
- ・今後のめっきの耐久性に関する依頼・相談において、本試験機及び評価方法を活用します。

めっきを利用した 鉄-アルミニウムのスポット溶接技術の開発

[背景・目的]

鉄とアルミのスポット溶接技術は、次世代自動車等の軽量化のための異種材接合技術として高いニーズがありますが、アルミニウムが過剰に溶融し接合面に脆弱な金属間化合物が形成されやすいため十分な接合強度を得ることが難しい等の問題があります。

本研究では、鉄表面を無数の凸形状の表面にし、凸形状の隙間を溶融したアルミで満たすことで接合面積が増え接合強度が向上できるとの考えのもと、表面に微細な凸形状を生成できるめっき（ラフネスニッケルめっき）を利用した鉄とアルミの汎用スポット溶接機による接合技術の開発を試みました。

[研究成果]

- ・汎用の単相交流方式のスポット溶接機を用い、ラフネスニッケルめっきを施した鋼板（SPCC、厚さ0.8mm）とアルミ板（A1050、厚さ0.5mm）のスポット溶接の最適条件を明らかにしました。
- ・最適条件でのスポット溶接（スポット径3mm、溶接電流5,500A）により、先端の鋭いラフネスめっき条件（電流密度1A/dm²、通電量900C）で表面処理をした鋼板を用いた場合、JIS B級を上回るせん断強さ430Nが達成できました（図1）。
* JIS Z3140 B級=390N（アルミ同士を接合した場合のせん断強さ）
- ・接合部に金属間化合物は認められず（図2）、良好な疲労特性を期待できます。

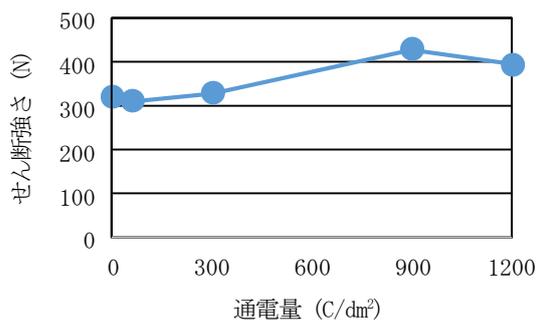


図1 ラフネスめっき通電量とせん断強さ

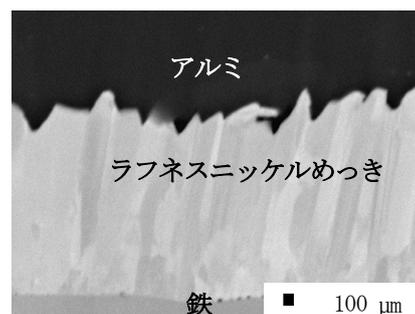


図2 ラフネスめっきの接合界面

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・学会発表等を通じて、技術、成果の普及を行います。
- ・共同研究機関と成果を共有し、新製品の開発に活用します。
- ・今後、めっき及びスポット溶接に関する依頼、相談で、本研究で得られた知見を活用します。

金属 3D プリンタを活用した ものづくり支援のための積層造形技術開発

[背景・目的]

輸送機器産業の製造現場ではデジタル化が求められており、金属 3D プリンタが解決手段の一つとして期待されています。しかし、金属 3D プリンタで使用する材料や造形物の物性情報はほとんど公開されておらず、県内中小企業での活用は進んでいません。

本研究では、次世代自動車の研究支援拠点である当センターにおいて、金属 3D プリンタの活用に関する様々な知見を蓄積し県内企業と情報共有することで、製造現場のデジタル化の進展、県内企業の競争力強化、生産性向上を促し、輸送機器産業の抱える課題の克服につなげます。

[研究成果]

- ・アルミ及び鉄系合金粉末について、造形に影響する粉末形状、流動度等の物性情報を明らかにしました。
- ・低コストのアルミ合金粉末を開発し、高い密度が得られる造形条件を見いだしました。
- ・造形シミュレーションを活用し、造形精度評価のための検証用モデルを考案しました。(図1)
- ・製品開発の共同/受託研究3件(図2)、試作支援17件、データ作成支援6件を実施しました。

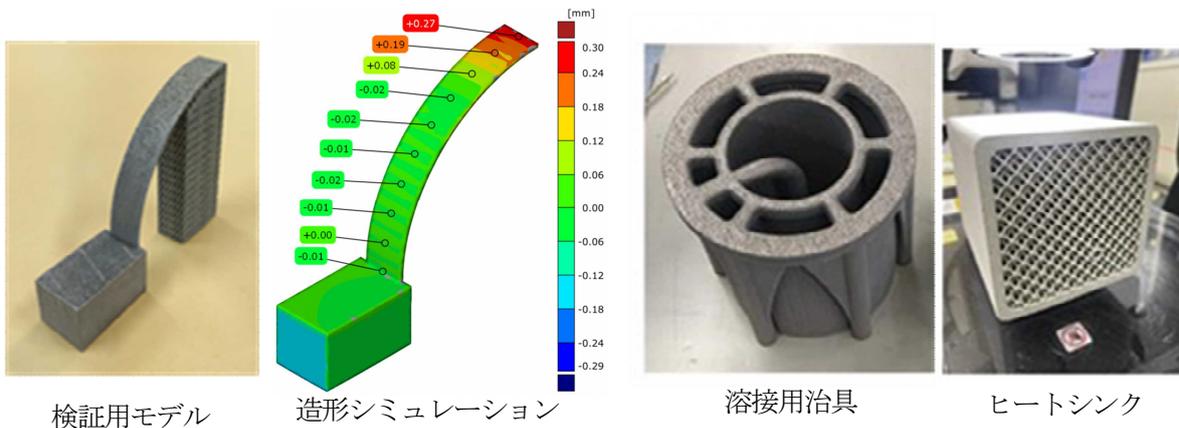


図1 検証用モデルと造形シミュレーション

図2 試作造形した部品の例

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- ・共同研究機関と連携し、開発した低コストアルミ粉末及びシミュレーションの活用について研究成果の実証を進めます。
- ・金属 3D プリンタを活用した製品開発支援、試作支援等を実施します。
- ・セミナー、ワークショップ等により研究成果の普及を図ります。

海洋中の生分解性速度を制御する 漁具用モノフィラメント糸の開発

[背景・目的]

自然界に流出した漁具は、生態系に深刻なダメージを与えています。漁具の環境負荷低減には海洋生分解性樹脂が有効ですが、既存の海洋生分解性樹脂は速やかに分解され、漁具で要望される数か月～数年単位の耐久用途に適していません。本研究では、海水中で一定期間物性を維持する漁具の開発を目的に、海中で分解が遅いポリブチレンサクシネート（PBS）と海洋生分解性に優れるポリカプロラクトン（PCL）を混合したモノフィラメント糸の作製と、機械的特性と生分解性の評価を実施しました。

[研究成果]

- PBS と PCL を重量比 1 : 1 で混合し、延伸倍率 8.5 倍で成形した結果、漁具に必要な引張破断強度 (5.46 cN/dtex) を持つモノフィラメント糸 (PBS50/PCL50 糸) が得られました。
- 海洋性細菌 (*B. cepacia*) の産出酵素を用いた 96 時間の加速分解試験では、PCL 糸の約 17% の重量減少に対し、PBS50/PCL50 糸の重量減少は約 2% であり、生分解性速度の制御が可能であることを確認しました。
- 表面形態観察から、PBS50/PCL50 糸表面の PBS が、PCL の分解を抑制する可能性を見出しました。

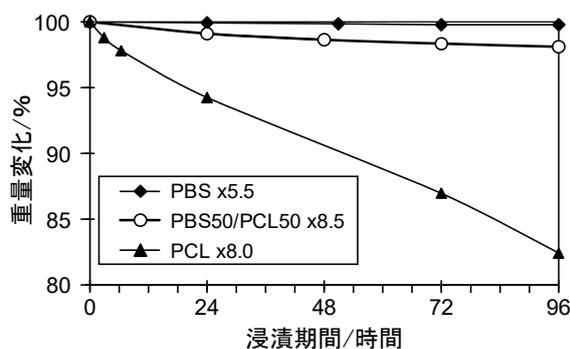


図1 分解試験による重量変化

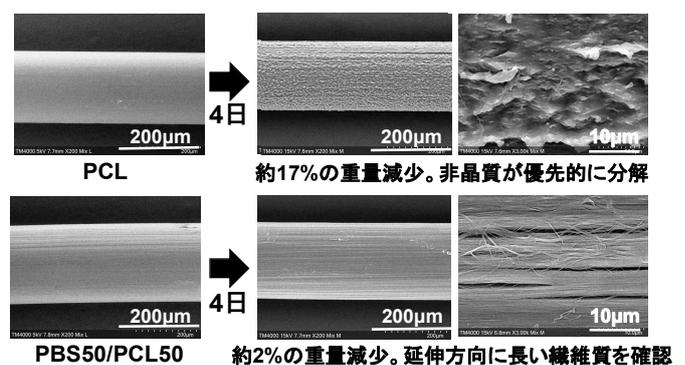


図2 PCL 糸 (上) と PBS50/PCL50 糸 (下) の表面形態

[研究成果の普及・技術移転の計画]

- 本成果に基づき環境負荷の低い漁具用モノフィラメント糸の開発を行います。
- 県水産・海洋技術研究所の協力のもと、実際の海洋中での試験により有効性を確認する予定です。
- 漁具に関わらず、生分解性速度を制御できる繊維の開発に応用します。

静岡県工業技術研究所 研究成果事例集

令和6年5月発行（2024年）

編集・発行 静岡県工業技術研究所
企画調整部

〒421-1298

静岡県静岡市葵区牧ヶ谷 2078 番地

電話 (054) 278-3028

FAX (054) 278-3066