

産学共創プラットフォーム 共同研究推進プログラム（OPERA）

終了報告書（公開版）

研究領域名称		有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開
共創コンソーシアム名称		有機材料の極限機能創出・社会システム化共創コンソーシアム
幹事機関		国立大学法人山形大学
プロジェクト担当組織		有機材料システム研究推進本部
領域統括	氏名	大場 好弘
	所属機関	国立大学法人山形大学
	部署	
	役職	特任教授
コンソーシアム HP		https://opera.yz.yamagata-u.ac.jp/

令和3年12月17日

目次

エグゼクティブサマリー	3
1 技術・システム革新シナリオ	5
2 研究領域及びキーテクノロジー	19
3 共創コンソーシアム	20
3.1 産学共同研究における費用負担の適正化・管理業務の高度化	24
3.2 共創コンソーシアムにおける知的財産の取り扱いルールの方針	27
3.3 人材育成についての方針	31
3.4 機関連携・協力体制についての方針	34
3.5 参画機関の管理方針	40
4 プロジェクト終了後の継続的な発展に向けた取組について	43
5 研究開発の状況	48
5.1 研究開発課題 1 「ソフトデバイス接着」	50
5.2 研究開発課題 1-2 「ソフトデバイス基板の気体透過」	57
5.3 研究開発課題 1-3 「ソフトマター発光デバイス」	69
5.4 研究開発課題 2-1 「印刷型高性能有機トランジスタ基盤技術」	76
5.5 研究開発課題 2-2 「印刷型センサ基盤技術と情報通信融合化」	81
5.6 研究開発課題 2-3 「3D表面微細回路印刷基盤技術」	86
5.7 研究開発課題 2-4 「バイオマテリアル技術」	91
5.8 研究開発課題 3 「ソフトアクチュエータ」	95
5.9 研究開発課題 4-1 「機能有機電気化学マトリックスの明確化」	103
5.10 研究開発課題 4-2 「イオン移動マネジメントシステムの構築」	110
5.11 研究開発課題 5 「社会システム・ソフトマターロボティクス」	116
6 非競争領域からの展開（活動実績）	125
7 社会実装に向けたロードマップ	144
8 領域統括によるプロジェクト総括と今後の展望	152
9 特殊用語等の説明	153

【コンソーシアム体制整備】（自己評価 S）

・ 仕組み

山形大学 OPERA として2つのコンソーシアムを設置。オープンな場であるソフトマターロボティクス（SMR）コンソーシアムと融合型共同研究を推進するクローズドな SOFUMO コンソーシアム（SOFUMO 勉強会）、である。これらの2つのコンソーシアムには、人文系教員である山形大学山口昌樹教授（社会システム担当）の参画に加え、ロボットデザイナー星野裕之氏（otuA 代表）、臼井昭子氏（元 NHK アナウンサー、慶大メディアデザイン研究センター卒業）、重田雄基氏（MURC）等の参画により多彩な議論がなされている。また、その成果として、各テーマの要素技術を統合した「ゲルハチ公（下の写真参照）」などのロボットも製作し、国際ロボット展 2019 や、超福祉展 2020 などで展示した。

・ SMR コンソーシアムによる積極的アウトリーチ、プレゼンス強化

SMR は新しい産業領域であるため、社会実装を担う企業に対するプレゼンス向上／新規参画を目指し、シンポジウム開催と展示会出展を中心に活動。シンポジウムは年2回（春、秋）を行い、春は SMR コンソーシアム成果報告、秋は外部情報収集を目的とし講演者を選定した。2021 年春の第4回シンポジウムではパネラーによるディスカッションなど新たな取組を行い、参加者のアクティビティ向上も図った。展示会は、国際ロボット展（下の写真参照）、Japan Robot Week、JST フェアを中心に開催を行っている。個別研究室としてナノテク展、プリンタブルエレクトロニクス展等にも出展しており、継続的なコンソーシアム維持に向け、新規企業の探索に努めている。

・ SOFUMO コンソーシアム（SOFUMO 勉強会）による融合型共同研究の推進

SMR は機械・電気・化学の分野横断であるため研究者間の課題の共通認識を得にくい課題があったので、SOFUMO 勉強会（1 回/月）を開催した。

これまで有機デバイス×3D ゲルプリンタ×ロボットの分野横断的大型連携は皆無であったため、本プログラムにより学内外の人的連携、知識の共有化、融合が進みつつあるのは、大きな成果の一つである。本 OPERA での連携・経験を活かし、融合の進展として OI 機構、OI 機構 OPERA のプログラムに申請し、採択されたことも重要な成果と捉えている。

【産学連携システム改革に関する取り組みの進捗状況】（自己評価 S）

・ 産学共同研究における費用負担の適正化・管理業務の高度化

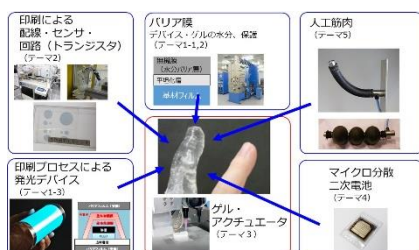
間接経費について、本事業において先行して導入決定し、全体会議にて参画企業へ説明して同意を得た。これを契機として、間接経費は平成 30 年 10 月から大学全体の制度へと展開した。

・ 共創コンソーシアムにおける知的財産の取扱いルールの方針

本学では、全国に先駆けて、共同出願企業が実施する際に不実施補償を求めないこととしている。これにより、共同研究契約手続きの迅速化につながっている。

【プロジェクト終了後のコンソーシアムの展望】

本プロジェクト終了後は、SOFUMO2.0 としてのコンソーシアムを維持発展させ、「ソフトマターで構成された機構に、主要な情報処理機能を持たせる」という「やわらか機構脳」の概念の具現化を、テーマ5の代表である多田隈理一郎准教授を中心にして継続してゆく予定である。そのための産学連携の仕組みづくりも、着実に行われている。



SMR 各技術の集積化将来像



ゲルハチ公

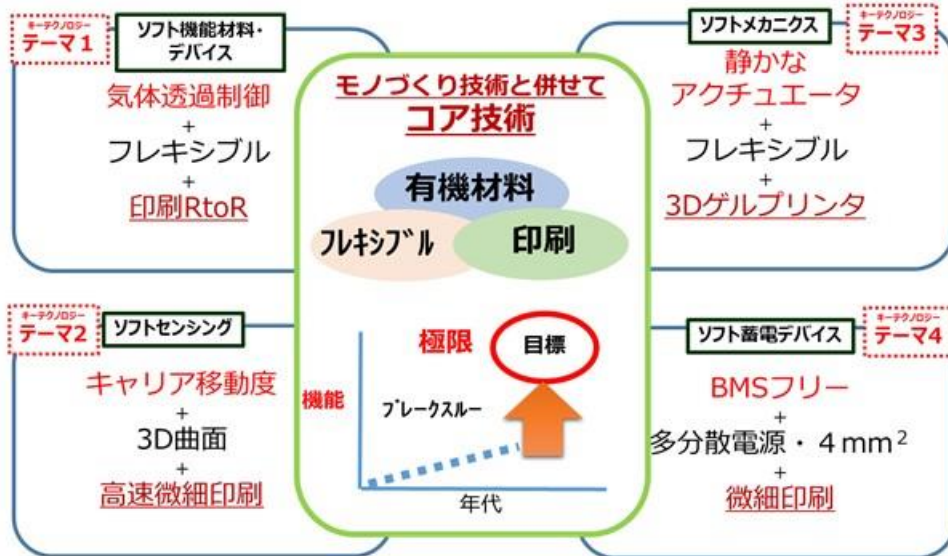


国際ロボット展（2019）

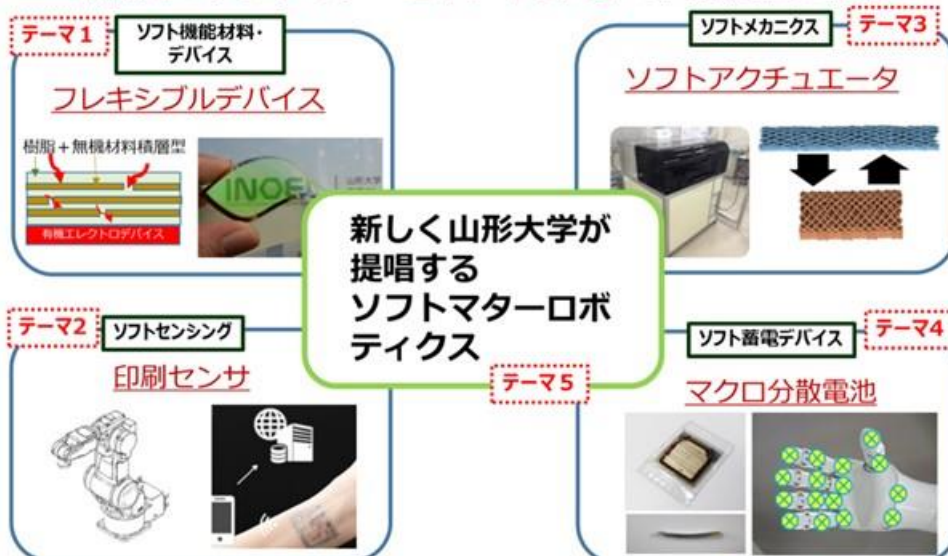
1 技術・システム革新シナリオ

本事業では有機材料の極限機能創出の学問的な挑戦から(1)ソフト機能材料・デバイス(2)ソフトセンシング (3)ソフトメカニクス(4)ソフト蓄電デバイス、これらの技術を統合した新しい新領域 (5) 社会システム・ソフトマターロボティクスの5テーマで新産業の開拓先導を目指す。(1)～(4)は本事業終了の5年後に非競争領域から競争領域に移行し産業創出を目指す。(5)は本事業終了後も5年程度は非競争領域でありその後競争領域となる位置づけになると考えている。

有機材料の本質的特徴を維持し、モノづくり技術と併せて
保有するコア技術を発展させ極限機能の創出に向けた具体的挑戦



それぞれの技術の社会実装を目指しながら
新領域「ソフトマターロボティクス」の産業創出に挑戦



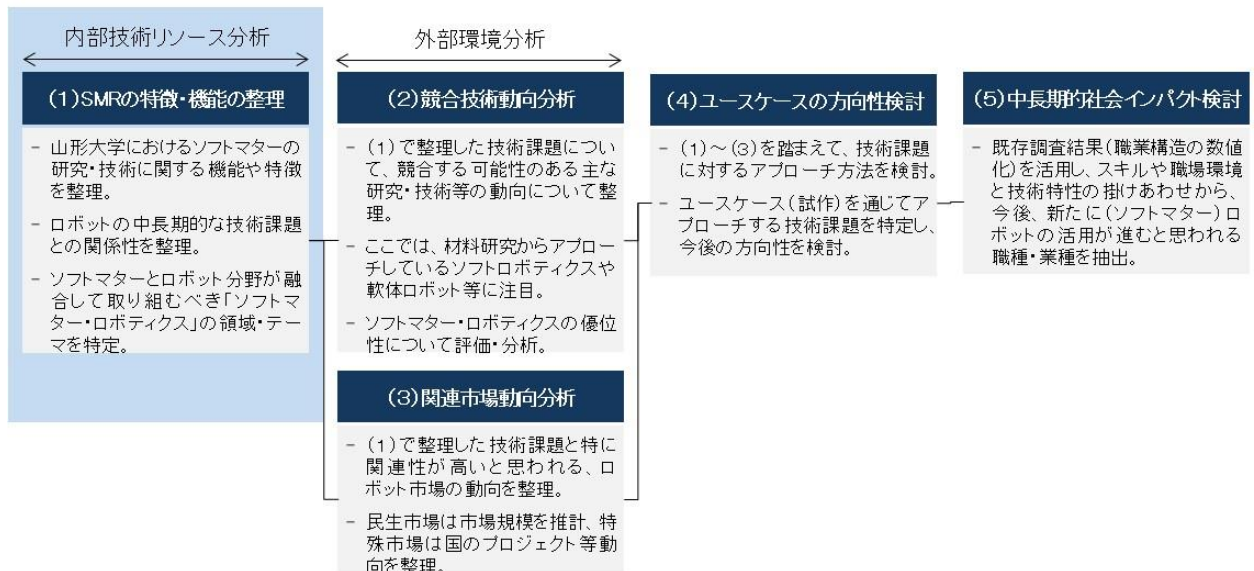
20 年後には世界の人口が 70 から 90 億人となり、高齢化の割合も 7 から 15%へと変化する。都市化がすすみ、生活水準が向上し産業は製品製造・サービス産業へさらに幸福度・感性向上産業へと産業構造及び市場価値が変遷していく。特に IoT, ビックデータ, AI ロボットに代表される第 4 次産業革命における新産業創出が期待されている（例えば、日本再興戦略 2016）。例えばロボットの場合、その多様性は広い。以下に現在活躍しているロボットのクラスタリング・マップを示す。これからも分かるように、ものづくりだけでなく、医療、介護にもその用途は広がっており、今後もその裾野が広がると考えられる。しかしながら現在の硬い素材により構成された従来のロボットでは、その適応範囲は限られる。生産現場だけでなく、人とのコンタクトを有する分野で今後の活躍が期待されているからであるが、人とのコンタクトとは無機質なものではなく、さわり心地やしなやかさなど快適性も求められるからである。それに加えてロボットが誤作動した時の安定性や、人と同じ生活空間で活動できる重さや大きさも重要である。

Figure 1: Comparison of Inorganic and Organic Material Systems. The diagram illustrates the transition from a current state (現在) to a future state (将来). In the current state, the inorganic material system (無機材料システム) is the primary system, while the organic material system (有機材料システム) is shown as a secondary system with a necessity (必要性) label. A red arrow labeled '挑戦' (Challenge) points to the future state. In the future state, the organic material system becomes the primary system, and the inorganic material system is shown as a secondary system. The bottom part shows a bar chart titled '日本再興戦略2016 600兆円に向けた「官民戦略プロジェクト10」' (Japan Revitalization Strategy 2016: 'Public-Private Strategy Project 10' towards 600 trillion yen). The chart compares '現在' (Current) and '2030年頃' (Around 2030) for 10 projects. The y-axis is '兆円' (Trillion Yen) from 0 to 100. The x-axis lists the projects. A red arrow labeled '貢献' (Contribution) points from the current state to the future state. The chart shows a significant increase in the 'サービス産業' (Service Industry) project, with a value of 410 in 2030 compared to 343 in the current state.

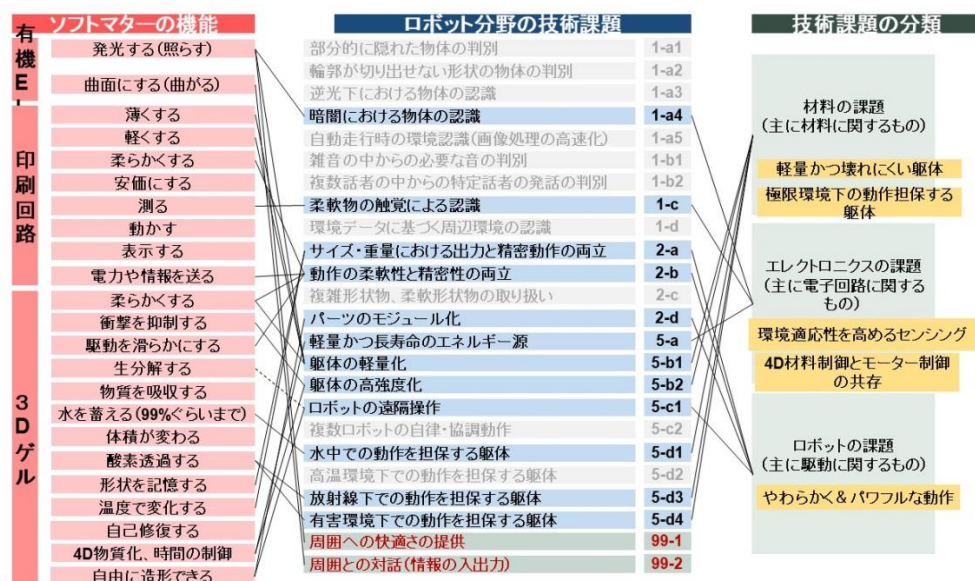
[illegible]

現在、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング（MURC）と共同してソフトマターロボティクス
の革新シナリオに関して調査をスタートしている（2018 年度）。5つの項目に対し調査・分析を
行う予定であるが、現在は（1）ソフトマターロボティクス（SMR）の特徴・機能を整理し、既
存ロボット調査の課題と比較することで関係性を整理し、SMR が取り組むべきテーマを設定する
フェーズである。

今回調査を進めた項目



本コンソーシアムが保有する固有技術を明らかとするために各技術の機能展開を行った。機能展開図に加え技術展開図も作製した。これらは異分野の研究者間での情報を共有するためのツールとしても有効であるため、チャットや共有サーバにて自由に閲覧が可能である。作製した機能展開図に対して、既存のロボット調査（NEDO TSC Foresight「ロボット分野 2.0 領域の技術戦略策定に向けて」）を参考に、ロボット技術課題との関係性を明確にした。ロボット分野 2.0 領域は、ロボットの利用分野を念頭におきつつ、人間の能力を超えることを狙う先端要素技術開発をする段階と定義づけられており、我々のソフトマターロボティクスとの研究フェーズが一致するものである。以下にソフトマターロボティクスの有する特徴とロボット分野 2.0 領域課題の関係性図を示す。



本調査は、途中段階であるため、暫定的ではあるが「柔軟物の触覚による認識」「動作の柔軟性と精密性の両立」「特殊環境（水・放射線・有害）での動作」が、特にソフトマターロボティクスにより解決可能な領域であると想定している。本調査は、今後（２）競合技術動向分析、（３）関連市場動向分析、（４）ユースケースの方向性検討と進む予定である。（２）においては NEDO, JST 調査資料を利用するだけでなく、著名な研究者のヒアリングも加えながら進める予定である。特に重要なのは（４）ユースケースの方向性検討であり設定テーマにおける開発関係者と連携しながら目標値設定を行い各種技術開発・デモンストレーション試作を行う予定である。この検討はすでに関係者が鋭意検討して設定したテーマ（サーチロボット）と並行して行う予定であるが、調査結果によっては、柔軟にシナリオ変更を行う予定である。

（２）市場の開拓を行い得る新たな価値

人と接する新たなロボットとして、従来の金属等からなる硬い素材を用いるのではなく、人を構成する材料に近く、あらゆる面で人と親和性が高いロボットが必要であると考えている。それは、ロボットは単なる与えられた運動エネルギーに対する仕事だけではなく、人と接することで人に快適感、親近感、安心感を与えられるいわばサービスを提供する必要があるからである。これらの背景から、山形大学では新しい産業領域「ソフトマターロボティクス」を提唱している。ソフトマターロボティクスはその名の通り有機物で構成されたソフトマターからなるロボティクスである。ソフトマターロボティクスを達成するには、駆動部分（アクチュエータ）、センサ、表示、電源部の部分に対して人が快適と感じるソフトマターな材料で構成することを目指している。従って、ソフトマターロボティクスの新たな付加価値とは、単なる運動エネルギーとしての仕事だけでなく、柔らかく、安心で、軽く、静かで、温かい、人が快適と感じることである。加えてソフトマターで形成することにより、低環境負荷・自然環境による自己分解性を付与することも可能である。これら特徴を有するソフトマターロボティクスは従来のロボティクスと同様に AI、IoT、ICT などの情報技術を利用することで、大きく発展すると考えている。その結果として、人とロボットが親和性高く共存できる超スマート社会の実現も夢ではないと考えている。

「ソフトマターロボティクス」

山形大学が考えている新産業領域における独自の造語

参加者
人文社会科学研究者
ロボティクス研究者
有機材料・デバイス研究者
計27名

分野を超えたオープンな議論
目指す姿の共有化
各テーマ連携・融合的发展性

会議体
共創会議（担当者会議）
基盤構築チーム
ソフトマターロボティクス勉強会
社会システム研究会
計13回開催

定義：

重さ、硬さ、あたたかさ、静かさ、感触、素材が、
人間に近いもので構成されているロボット工学

* ロボットの定義：外界からの情報をセンサでフィードバックして、自動的・自律的に動くシステム

ソフトマターロボティクスの付加価値

人体安全性（軽い・柔らかい）

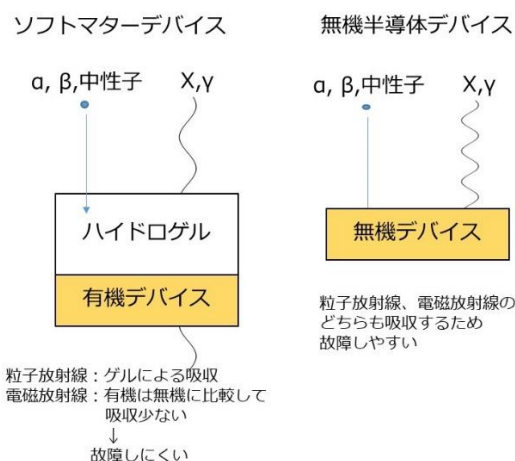
快適性（柔らかい・あたたかい・静か・感触が良い）

環境安全性（人に近い素材）



NEDO ロボット分野 2.0 領域課題との検討から「柔軟物の触覚による認識」「動作の柔軟性と精密性の両立」「特殊環境での動作」の3つに関しては、ソフトマターロボティクスにより優位な点であると考えられる。「柔軟物の触覚による認識」は特に人の手に変わりうるものであり、柔らかな物体への作業を行うには柔らかなセンサを用い解決が必要であると考えられる。「動作の柔軟性と精密性の両立」では、ソフトマターにより柔軟な動作は保証されると推測されるが、精密な動作に関しては難易度が高い。市場に求められる精密度の調査が重要であると考えている。「特殊環境での動作」においては、水・放射線・有害下においては、優位な価値が見いだせると予測する。海洋調査・廃炉ロボット・特殊な有害下での作業ロボットなどでは、非常に高価なロボットが使われているが、ソフトマターロボティクスでは、使い捨てに近い形でロボットを作成することが可能である。加えて、材料を選択することで金属や無機半導体よりも強靱な特性を有することも可能であると推測している。例えばハイドロゲルは海中での安定性は高い。また無機半導体は放射線に対して高い吸収を有することから故障が多いが、有機半導体は放射線の吸収特性が低いため、無機半導体に比較すると安定に駆動する可能性もある。また本特性を有する場合、将来的には宇宙開発でのデバイス利用も視野に入る。これらの仮説を実証することで確度の高いシナリオ策定を急ぐ。

耐放射線ロボット（廃炉ロボット）



本新領域分野は、従来のロボット研究者の連携だけでは達成が難しい。ソフトマター研究を行う化学・ソフトデバイス研究者の連携が必須であり、本プログラムにおける連携は、本分野の進展を加速するものである。

ソフトマターロボティクスを達成するにはセンサ・アクチュエータ等の革新技術が必要である。個別に、これまでの有機材料にはない極限まで機能を高めた新材料・技術が必要となる。特に有機材料の特徴である 柔らかく・優しく・エネルギーがかからなく・作りやすいなどの有機材料としての極限的な機能発現が求められる。無限の可能性のある有機の分子創成技術で、有機材料の極限機能を創出する学問的な挑戦により（接着・気体透過制御・キャリア移動度・選択的吸着・温度剛性制御・イオン移動マネジメントシステム）基盤技術の構築を行う。これらは将来的にソフトマターロボティクスに統合される技術であるが、個別に各分野において学問的・産業的に意味があるものである。

（テーマ1：有機デバイス産業化、テーマ2：センサ社会実現、テーマ3：革新的ソフトメカニクス、テーマ4：新エネルギー制御）

パーツ	キーテクノロジー	応用分野	市場 (2025年)	テーマ
センサ	有機トランジスタ	IoT産業	6.0兆円 (センサ)	2
曲面配線	3D印刷	各種産業		2
アクチュエータ	3Dゲル	ロボット等	1.2兆円	3
発光素子	バリア・膜質	ディスプレイ 照明等	1.8兆円 (OLED)	1
分散電池	ヒステリシス制御による BMSフリー	ロボット等	0.4兆円 (ロボット)	4

個別テーマで、大きな市場形成を目標としている



本プログラムでの相乗効果

- ・ソフトマターロボティクス概念とプラットフォームの形成
- ・各技術・パーツをソフトマターロボティクス用途に開発

平成 30 年度より科学研究費補助金の新学術領域研究(研究領域提案型)において新たに「ソフトロボット学」が新設された。本件には、山形大学の古川英光教授が「ソフトロボット学の創成：機電・物質・生体情報の有機的融合」において、「超柔軟素材を用いた分岐・伸展トラス機構を基軸とするロボット駆動体の設計と具現化」の研究課題の研究分担者として、参画することとなった。本拠点の「ソフトマターロボティクス」は新学術領域である「ソフトロボット」を「材料(マター)」からアプローチするものであり、連携機会の少ないロボット研究者と材料研究者を繋げ、異分野連携を実現し、新学術領域の研究を加速させる。

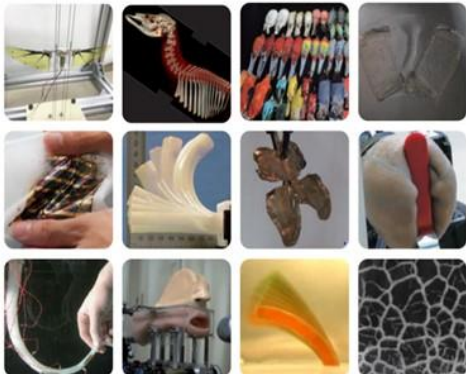
文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究(2018-2022 年度)

ソフトロボット学の創成

機電・物質・生体情報の有機的融合

Science of Soft Robot

Interdisciplinary integration of mechatronics, material science, and bio-computing



A01 班: しなやかな体 (班長: 新山 龍馬)	
弾性連続体の動的ふるまいの解明とバイオメカニクス融合	
研究代表者:	新山 龍馬 東京大学
研究分担者:	望山 洋 筑波大学
	郡司 昇久 国立科学博物館
生物の自己改変能力を実現するバイオソフトロボティクス	
研究代表者:	清水 正宏 大阪大学
研究分担者:	梅田 拓也 東京大学
	細田 耕 大阪大学
連携研究者:	小椋 利彦 東北大学
微細構造を活用した生物のやわらかい飛翔と泳泳の原理解明と実装	
研究代表者:	田中 博人 東京工業大学
研究分担者:	中田 敏雄 千葉大学
	山崎 剛史 山形鳥類研究所
A02 班: しなやかな動き (班長: 福田 重二朗)	
弾性グラディエント/薄膜を利用した自由変形可能な太陽電池の創成	
研究代表者:	福田 重二朗 理化学研究所
研究分担者:	藤枝 俊宣 早稲田大学
イオン交換膜が実現するソフトロボットのモーションコントロール	
研究代表者:	鈴木 康一 東京工業大学
研究分担者:	難波 江 裕之 東京工業大学
	安藤 欣志 産業技術総合研究所
	堀内 哲也 産業技術総合研究所
超柔軟素材を用いた分岐・伸展トラス機構を基軸とするロボット駆動体の設計と具現化	
研究代表者:	多田 隆建二朗 東北大学
研究分担者:	古川 英光 山形大学
A03 班: しなやかな知能 (班長: 中嶋 浩平)	
やわらかいダイナミクスとフレキシブルセンサー技術の融合による情報処理境界の突破	
研究代表者:	中嶋 浩平 東京大学
研究分担者:	竹井 邦晴 大阪府立大学
ストカスティックマシンの創成を通じたソフトロボティクスの研究	
研究代表者:	前田 真昌 芝浦工業大学
研究分担者:	澤田 秀之 早稲田大学
研究連携者:	三輪 貴信 早稲田大学
	重宗 宏毅 早稲田大学
コントラクトナブルな生物リズム・パターンの創成	
研究代表者:	伊藤 浩史 九州大学
研究分担者:	杉 祐樹 滋賀医科大学
	永井 健 北陸先端科学技術大学院大学

(参考意見)

・本研究領域では、応用化学や有機材料・有機半導体などの素材系研究者が含まれていない。そのため、軟素材を活用したインテグレーション系である本研究領域が OPERA と統合的に活動すると、(大規模変形の計算力学系などの不足分野もあるが) 研究組織として相乗効果が期待できる。

特に上記参考意見の通り、本拠点お強みとする有機材料・有機半導体などの素材研究者が連携することで起きる、研究組織としての相乗効果が期待されている。

また、山形大学では OI 機構連携型 OPERA (2018 年度) に申請を行っている。従来、山形大学では有機材料を中心としたデバイス等の研究が中心に行われてきたが、本 OPERA の進行の中で、有機-無機ハイブリッドの重要性も取り上げられてきた。有機-無機ハイブリッド技術はその界面制御も重要な研究要素である。OI 機構連携型 OPERA では、有機-無機ハイブリッドなどを有する技術製品をオンデマンドに作製できるコンビニファクトリーをコンセプトにそのプロセス技術を含め研究する予定であるが、ソフトマターロボティクスは OI 機構連携型 OPERA によって開発された技術を利用することが可能であり、双方で重要な技術要素である。採択されれば、本プログラムの研究加速となるが、このようなプログラムへの申請に結びついたことも、本プログラムの大きな成果の一つであると認識している。

平成 28 年度から平成 30 年度は「セラピーロボ」「サーチロボ」から「ソフトマターロボティクス」の展開を模索し、有識者等への訪問活動や各種調査および試作プロジェクトを進め、概念の構築や将来展望の検討を進めてきた。

※参考）外部連携先一覧

No.	意見交換	日時	面談者	概要
1	N Dソフトウェア㈱	2017. 6. 29	代表取締役社長 佐藤廣志	・セラピーロボ「パロ」に関する情報収集実施 ・開発者が現在はずでに不在のため連携は保留
2	富士ゼロックス㈱	2017. 10. 18 2017. 11. 8	ソフトウェア開発本部ソフトウェア開発 企画グループマネージャー 小野 真史	・コミュニケーションロボット「S e l f - b a l l」へ の各要素技術搭載での連携検討 ・現在、社内体制の変化により保留
3	O tua	2017. 11. 8 2017. 11. 29 ~ 12. 2 2018. 2. 6	ロボットデザイナー 星野裕之	・ソフトマターロボティクスの将来性議論 ・国際ロボット展出展での連携 ・ゲルロボット、ゲルミニ四駆、クラゲロボでの試作について アドバイス ・対外向けコンセプトムービーの議論
4	早稲田大学	2017. 11. 1	創造理工学部 総合機械工学科教授ヒュー マノイド研究所所長 高西 淳夫	・産学連携の好事例について紹介・アドバイス ・出口企業への紹介に快諾頂き、引き続き連携予定
5	名古屋大学	2017. 11. 14	大学院情報科学研究科 教授 武田 一哉 他	・O P E R A拠点間連携の一環として双方情報交換 ・名古屋大学O P E R Aで展開している人材育成モデルについ て山形大学の参画や、同スキーム展開を検討
6	慶應義塾大学	2017. 12. 5 2018. 2. 6	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研 究科 教授 稲蔭 正彦 慶應メディアデザイン学科卒（現：東北 大学大学院博士課程）臼井 昭子	・ソフトマターロボティクスの対外発信や、出口企業、試作プ ロジェクトについて情報交換 ・対外向けのコンセプトムービーの作成を検討
7	三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング㈱	2018. 9. 18	政策研究事業本部 副主任研究員 中田雄介 研究員 重田 雄基	・ソフトロボットの市場調査検討
8	加茂水族館	2018. 8	館長 奥泉和也	・ソフトマターロボットの海洋探査の可能性検討 ・クラゲロボのリラクセーション活用の可能性検討
9	海洋研究開発機構 海洋工学研究センタ ー海洋基幹技術研究 部	2018. 11（予定）	部長 吉田 弘	・ソフトマターロボットの海洋探査の可能性検討

「配管サーチロボ」:

古くなったインフラ内部の配管の3次元地図情報を作成するための「探査ロボット分野」を狙って研究を開始した。配管は上水道、下水道、ガス等多くの種類を有しているが、各種配管は設置から年数が経過しており、老朽化が進んでいる。例えば、下水動においては管路延長47万キロ(H27)、老朽化による道路陥没(3,300箇所)であり、今後50年経過する管路が急増している。配管をローコストで管理できるシステムは日本のライフラインを保守する喫緊の課題である。現在、内部直径が20mm以下の、狭い配管内部を移動できる探査ロボットが無い。また、作業の途中で故障した探査ロボットの胴体のために、配管が詰まったりして、それ以降の運用や探査が出来なくなるようなことを避ける必要性もある。そのため、分解性ゲルで構築できる「ソフトロボット」によるサーチロボは既存ロボットに比較して優位である。当初、振動モータを体内に配置し、その振動により繊維を伸縮させて、そのときに床面から得られる反作用の力を推力として前進するという形式の、狭い配管内部を探索するロボットを、「非競争領域」において開発していたが、山形県内のインフラ整備系の民間企業である「弘栄設備工業株式会社」に、技術を供与して、実際の製品化を目指して開発を進めてもらうという「競争領域」へと移行したために、現在は、振動モータのような剛体により構成された部品を用いない、中心部分まで柔らかいロボットを、新たに「非競争領域」における開発課題として研究開発を行っている。

配管内部を推進する方式は、伸縮波により前進(蠕動運動)するカタツムリと同様の原理を用いたものである。縦波をロボットの後方から前方に伝えて前進する機構を用いることによって、ロボットの体の直径を細くし、極めて狭隘な空間でも推進することが可能になる。今年度、形状記憶合金アクチュエータを用いた第一世代サーチロボを作製し伸縮波による前進の原理確認を行った。第2世代としては、生分解可能な有機材料を用いたアクチュエータでのサーチロボットを作製し、配管内にてロボットが詰まってしまった際でも、ロボットが自ら分解し、配管機能を妨げずに探査させることを確認する。第3世代では、前進運動性を向上しつつ、各種ソフトデバイスの搭載を図る予定である。

更に喫緊の社会的要請として、福島第一原子力発電所の格納容器内部に残存している溶融した核燃料の状態などを調査することの出来る、狭隘な空間を走行可能な探査ロボットが必要である。狭隘な空間で移動しやすく、耐放射線性を実現するソフトマターロボットの強みを活かした、今後の新たな活用方法を模索する予定であるが、特に廃炉ロボットに知見のある会津大学との連携を進める予定である。耐放射線特性を評価(GE日立に依頼)した後に本格的な連携を進める予定であるが、会津大学とは現在申請中の「卓越大学院プログラム」においても連携を予定しており、本プログラムの連携も加えて、大きな融合反応が期待される。



(a) 繊維振動型サーチロボ



(b) 伸縮波型サーチロボ



(c) 伸縮波型サーチロボの機能

会津大学連携（卓越大学院プログラム）

材料システムの卓越拠点（山形大学）

情報システムの卓越拠点（会津大学）

ソフトマターサイエンス

有機材料システム・センサ・微細加工
印刷エレクトロニクス・3Dプリンタ
・分子創製

コンピューターサイエンス

ICT・AI・
ビッグデータ解析等



幅広い連携
真の融合化



有機材料システムの
国際的拠点



スーパーグローバル
事業



すでに教員間の意見交換・連携を始めている
小川純先生（ソフトロボティクス・シミュレーション）等
SOFUMO勉強会に参加いただいている

「リラクセーションロボット（海洋探査ロボットの可能性も調査中）」:

社会的背景として、うつ・認知症・発達障害を患う人口が年々増加している。2025 年では認知症患者数は約 700 万人にまで達する事が予測されている。

また、介護労働人口の不足については、2025 年には離職率 17%となり、約 38 万人の介護労働人口が不足する見込みである。社会課題である認知症の予防および、人材不足を補うため、セラピー用にロボットが活用され始めている。例として、アニマル・セラピーを参考に開発されたアザラシ型ロボット「パロ」は、米国では「神経学的セラピー用医療機器」の承認を得た初めての医療ロボットで、認知症、発達障害、精神障害、PTSD、脳機能障害、がん患者等を対象として、30 か国・地域以上で約 5,000 体が利用されている。世界各地での治験等により、パロとの触れ合いが、人の気分を向上させ、不安、うつ、痛み、孤独感を改善することが示された。認知症者の場合には、徘徊、暴力・暴言等の問題行動を抑制・緩和する。また昼間に傾眠する人がパロと触れ合うと覚醒し、夜間によく眠れ、昼夜逆転を改善、夜間の起き出しを減らす。これらは介護者の負担を軽減し、転倒等のリスクを低減する。さらに副作用がない「非薬物療法」として、各種抗精神病薬の投薬を低減する、全く新しい医療福祉サービスである。

人と接するロボットは今後も開発が進む分野であり、高い対人親和性が求められることが予想され、ソフトマターロボティクスが解決する分野として本分野からのアプローチを進めてきた。当初は、介護用の利用を検討してきたが、ソフトマターロボット機能性だけではなく、柔軟な材料の動き、感触等によるロボットのコミュニケーション機能拡張、「セラピー」に限定するのではなく、「コミュニケーション」までその利用用途拡大させ、検討を進めてきた。

これまでのアプローチにより、「サーチロボ」「セラピー（コミュニケーション）」分野でのソフトマターロボティクスの可能性を探ってきた。概念確立のためには、様々な試作が必要であり、各テーマの連携として、各テーマより試作費を拠出する仕組みを作り、また、よりソフトマターロボティクス実現に向けたテーマおよび組織体制の見直しを行い、外部連携として、会津大学復興支援センターの小川純准教授の参画により、軟体生物の身体性理解のためのソフトボディエージェントシミュレーションに基づく、古川英光教授の研究室のゲルにより構成されたロボットの物理的解析が可能となるなど多角的なアプローチにより異分野連携を加速させている。「クラゲロボ」を利用した各ソフトデバイスの融合のプラットフォームとしても重要な試作である。

「クラゲロボ」には、生分解性の有機材料を利用することで、海洋の探査などを行い、探査の後はバクテリアに分解されて、自然に還るという、環境への負荷が小さい群型探査ロボットとしての側面も有している。現在は、リラクセーションに対して海洋探査ロボットとしての有用性も重要であるとの認識から、海洋探査ロボットの可能性を調査・探索する予定である。

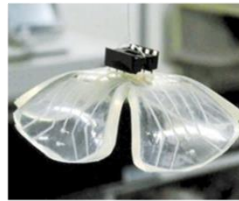
クラゲロボ

想定用途

リラクセーション
海洋探査ロボット（群ロボット）

コンセプト

- ・ソフトマターを用いた生物模倣
- ・ソフトマター+ソフトデバイスのインテグレーション



昨年度（2017年）
作製のクラゲロボ



ソフトマター+センサー+OLEDのインテグレーション
（今回は、インテグレーションの課題抽出が目的）
JSTフェアに出展

※海洋研究開発機構、山形県にある世界一のクラゲ水族館である加茂水族館との連携により、海洋探査・リラクセーションの可能性を調査中。

「その他のロボット」:

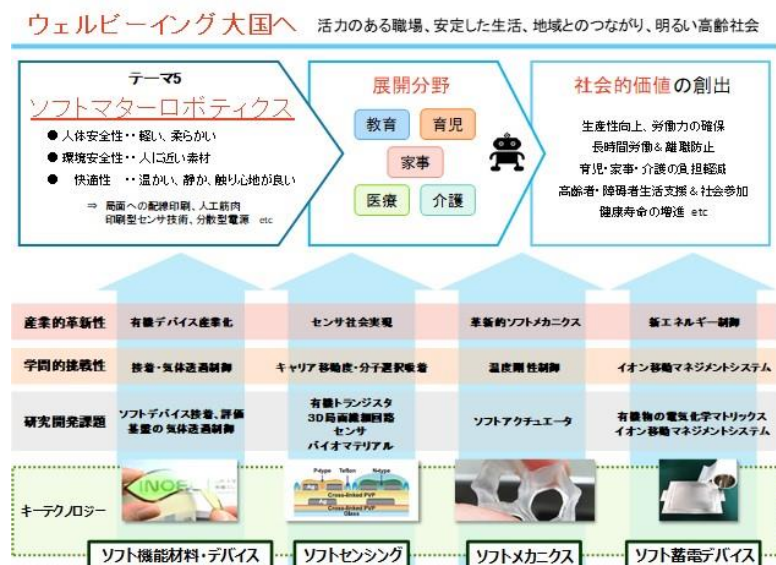
（３） プロジェクト終了後からいつ頃を目途にどのような変革をもたらすのか

(1)～(4)の４テーマで目指し産業的革新を先導する（テーマ１：有機デバイス産業化、テーマ２：センサ社会実現、テーマ３：革新的ソフトメカニクス、テーマ４：新エネルギー制御）。さらに社会システム化で、「どこでも有機システム」が身近にあり、お互いがつながっている Organic System of Everything “OoE”（※特殊用語参照）で新たな産業を創出させ社会革新・社会実装につなげる。

プロジェクト終了時には、（1）～(4)テーマの基盤技術の構築がわかる試作を行い、(5)の成果としてこれらの有機システムがどこにでもある Organic System of Everything “OoE” の基盤イメージがわかる試作品を社会に示す。事業終了から５年程度後に１つの発展として、人・モノ・情報・人工知能をソフトにつなぐ「ソフトマターロボティクス」の世界への発展につなげる。「柔らかな構造」で、有機材料のフレキシブル光源とセンサを用いた「人間の５感」で人と機械を優しくつなぎ、ソフト蓄電デバイスで「効果的に動く」、サービス・医療・福祉や介護・教育などの、サービス・幸福度向上分野でのロボットの産業化・社会的価値の創出が期待できる。

	項目	現在の 20 年後の社会
変動要因	世界人口	70 億人から 90 億人
	高齢化 人口割合	世界 7%から15%へ 日本 25%から35%へ
	産業成熟化	製品製造・サービス産業から幸福度・感性向上産業へ

	名称	学問的挑戦性	産業的革新性
キー テクノロジー テーマ	(1) ソフト機能材料・デバイス	接着 気体透過制御 有機膜質	有機デバイス産業化 フレキシブル有機エレクトロニクス関連 世界市場予想 2030 年約 3 兆円
	(2) ソフトセンシング	キャリア移動度 分子選択吸着	フレキシブルセンサ社会実現 フレキシブル印刷エレクトロニクス関連 世界市場予想 2030 年約 3 兆円
	(3) ソフトメカニクス	温度剛性制御	革新的ソフトメカニクス ソフトメカニクス世界市場予想 2025 年約 1 兆円
	(4) ソフト蓄電デバイス	イオン移動 マネジメントシステム	新エネルギー制御 蓄電池世界市場予想 2025 年約 6 兆円
	(5) 社会システム・ソフトマターロボティクス	異分野融合	製品製造・サービスから幸福度・感性向上産業へ IoT 世界市場予測 2020 年約 1500 兆円 ロボット市場・国内市場予想 2035 年約 10 兆円



ソフトマターロボティクスの各フェーズ



参考) 各要素技術の集積将来イメージ



本プログラム中の期間（5年）では、高度にソフトマターデバイス（アクチュエータ・センサ等）が集積したロボットを高生産性なプロセスにて製造することは困難であると考えている。したがって、個別に作製したソフトデバイスを組み上げることで達成されるソフトマターロボットを想定している。現在テーマ設定している「サーチロボット」に加え、調査を行っている「柔軟物の触覚による認識」「動作の柔軟性と精密性の両立」「特殊環境での動作」の課題を解決可能なロボットに対しては、個別作製・組み上げ方式により早期社会実装が可能であると予測している。

2 研究領域及びキーテクノロジー



3 共創コンソーシアム

◆ソフトマターロボティクスコンソーシアム

趣旨・目的	
有機材料極限機能創出・社会システム共創コンソーシアムの中に、本コンソーシアムが目指すソフトマターロボティクスの将来技術を多様なメンバーで議論するとともに情報発信・新規参画の促進が目的である。	
メンバー	
領域統括（責任者） 各部門責任者（研究戦略部門、知財戦略部門、人材育成部門、アウトリーチ部門） 各研究テーマ責任者（テーマ1～5） 実務推進チームメンバー（事務局） 外部協力者	
主な活動	
2017年3月17日	第1回シンポジウムを実施（東京）
2017年8月28日	第2回シンポジウムを実施（米沢）
2018年3月2日	第3回シンポジウムを実施（東京）
2018年9月3日	第4回シンポジウムを実施（米沢）
2018年9月4日	ソフトマターロボティクス グループ・ワーキングを実施
2019年3月20日	第1回合同シンポジウムを実施（東京）科研費新学術領域「ソフトロボット学」との合同シンポジウムを実施
2019年9月12日	第2回合同シンポジウムを実施（米沢）科研費新学術領域「ソフトロボット学」との合同シンポジウムを実施
2020年7月20日	第3回合同シンポジウムを実施（オンライン）科研費新学術領域「ソフトロボット学」、やわらかものづくり革命共創コンソーシアム（CNVFAB）との3領域合同シンポジウムを実施
2021年3月15日	第4回合同シンポジウムを実施（オンライン）科研費新学術領域「ソフトロボット学」、やわらかものづくり革命共創コンソーシアム（CNVFAB）との3領域合同シンポジウムを実施

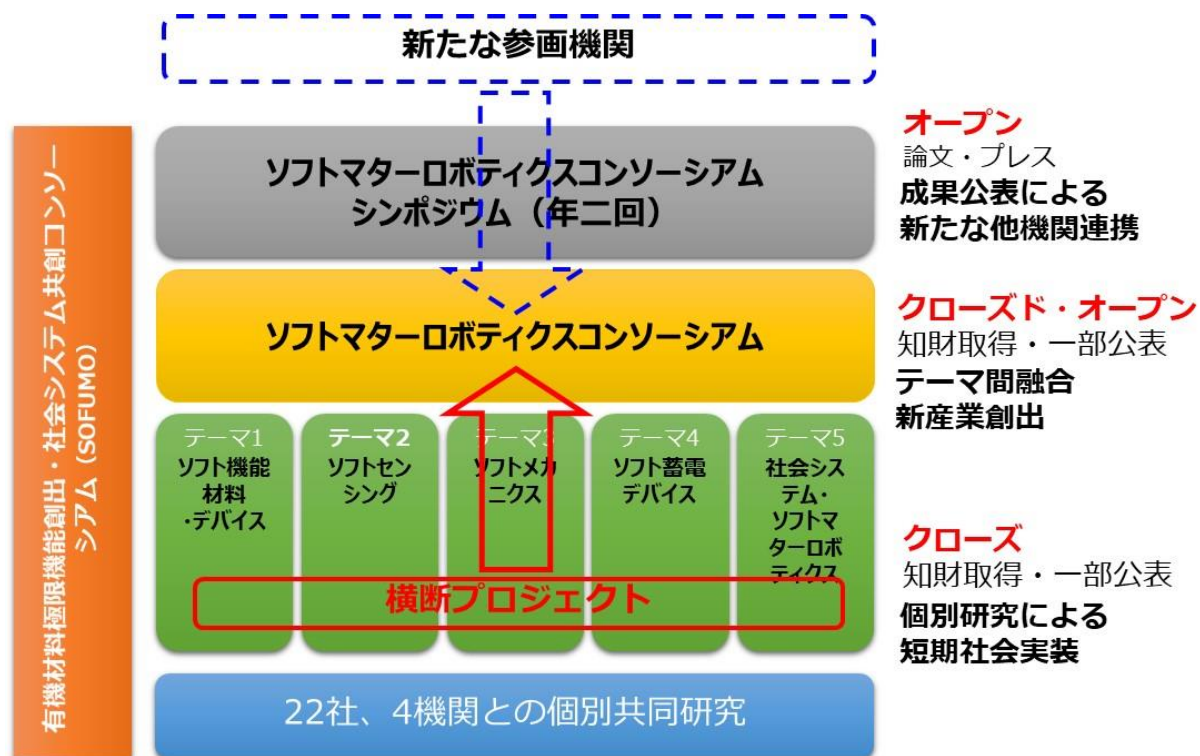
※適宜、関係メンバーにて勉強会を実施。月に1～3回のペースで実施中。

【活動状況の共有の仕組みについての方針】

個々の企業と山形大学との間の契約にもとづく共同研究を基軸とし、公開できる一般情報のみを共有している。

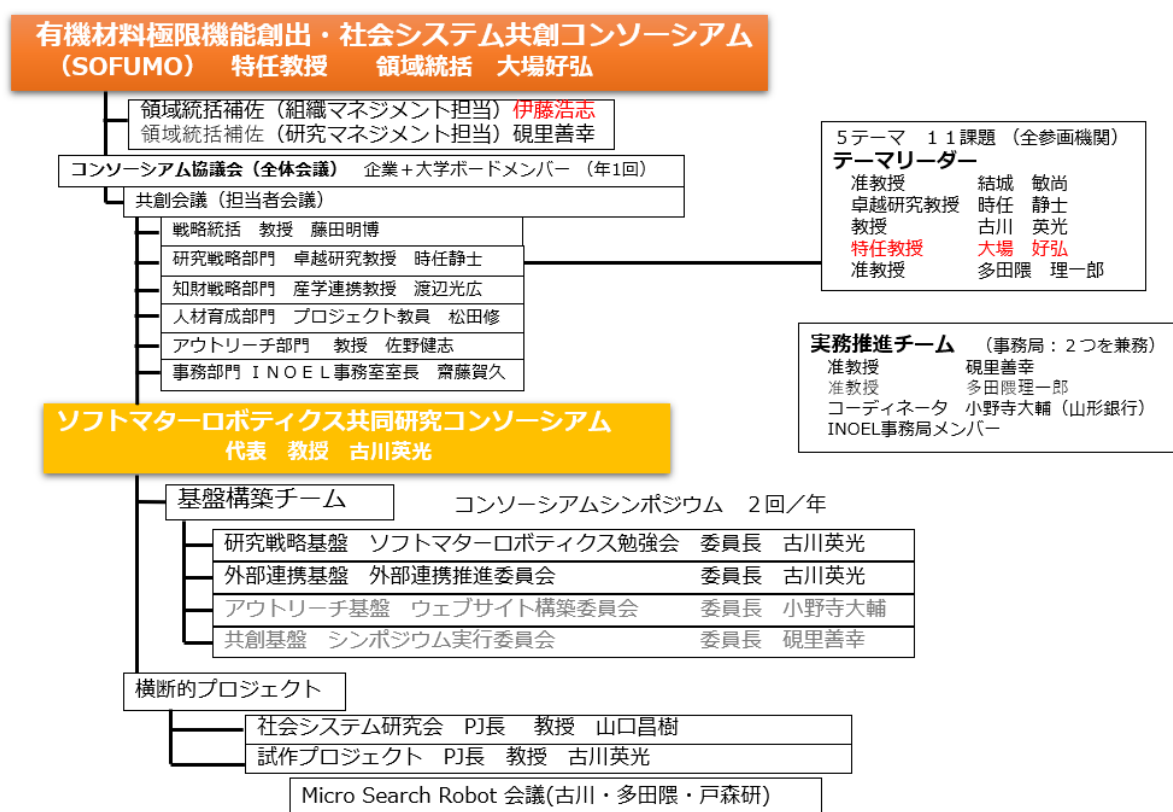
有機材料極限機能創出・社会システム共創コンソーシアムという名称が非常に長く親しみも持ちにくいことから、SOFUMO（innovative Socialization of Organic Functional Ultimate Materials Oriented toward soft-matter robotics）という略称を付けた。SOFUMO コンソーシアムの内部に、ソフトマターロボティクスの議論をより一層進めるとともに、情報発信・新規参画を促進するために「ソフトマターロボティクスコンソーシアム」を設置した。ソフトマターロボティクスコンソーシアムは各テーマにおける横断プロジェクトが可能であるようクローズド・オープンな場を設置した。各テーマにおける共同研究は個別に情報の管理を行っているが、ソフトマターロボティクスコンソーシアムでは、共有可能な情報が交換可能である。

更に情報の開示化可能なものについては、ソフトマターロボティクスコンソーシアム・シンポジウム（年2回）によって、情報を発信する。各回において、情報発信もしくは情報の収集など目的を持ってシンポジウムの開催にあたっている。尚、H30もこれまでと同様に年2回の開催する。



シンポジウム	日時	場所
第1回	2017年3月17日	東京 (TKP ガーデンシティ PREMIUM 神保町)
第2回	2017年8月28日	米沢 (グランドホクヨウ米沢)
第3回	2018年3月2日	東京 (TKP ガーデンシティ 竹橋)
第4回	2018年9月3日	米沢 (山形大学工学部 11号館)
第5回	2019年3月20日	東京 (TKP ガーデンシティ PREMIUM 神保町)
第6回	2019年9月12日	米沢 (山形大学工学部 11号館)
第7回	2020年3月 (延期)	東京 (新型コロナウイルス感染症対策に基づき延期)
第7回	2020年7月20日	米沢 (オンライン開催)
第8回	2021年3月15日	米沢 (オンライン開催)

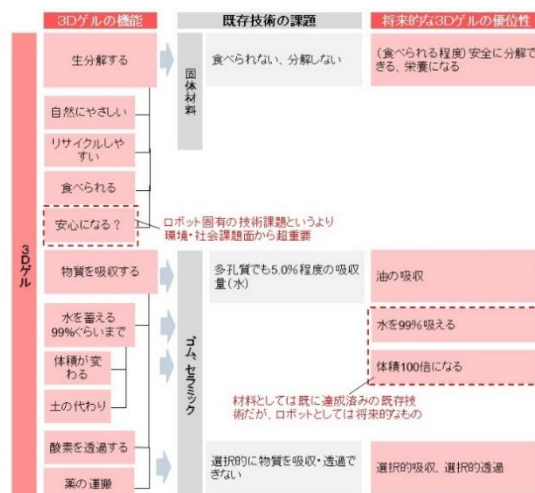
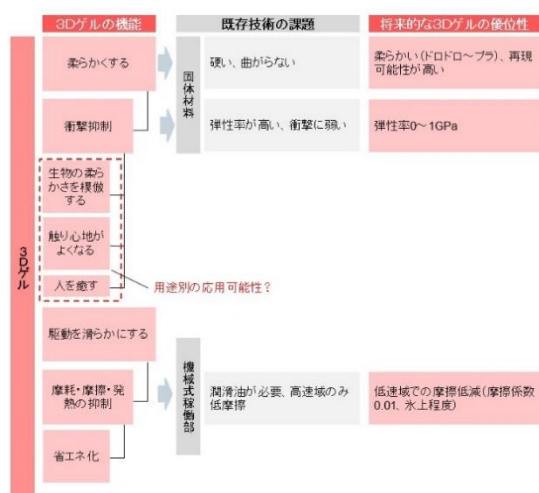
【組織体制図】



※外部連携の必要性・重要性の観点から、外部連携推進委員会を新たに組織。また、新たな取り組みとして、Micro Search Roboto 会議が新たに生まれ、学内の研究室連携が始まり、横の連携が加速している。

【機能展開図】

本プログラムは、異分野の研究者が異なる技術の特徴をしっかりと理解して進める必要がある。異分野研究者の理解を進めるために、「機能展開図」「技術展開図」を作製した。機能展開図は、その技術が有する機能を分解して表記し、現状と理想の性能差を記述したものである。機能はなるべく理解しやすい動詞にて記述することをルールとし、異分野研究者でも理解できるように工夫している。機能展開は、ソフトマターロボティクスとして一括りにせず、各個別シーズに落とし込み、潜在的に有している技術に特化した。機能展開図は、外部調査機関である三菱 UFJ リサーチ&コンサルティングのメンバーなどへの波及効果もあり効果的であった。以下に3Dゲルの機能展開図の例を示す。



【チャット機能の活用】

異分野研究者間の議論は、同分野研究者間のそれに比較して、時間を多く要する。本 OPERA では月一回の勉強会の開催など、高いアクティビティを有して活動してるが、完全に議論が完了できないという課題を有している。研究者が同一空間に参集すること無く、シームレスな議論が推進するよう「チャット機能」を活用している。チャット機能としてはFacebook Messenger を利用しており、クローズドな情報を取り扱う「学内用」と比較的オープンで学外者の利用も可能な「学内外用」の2つを利用している。スマートフォンでの利用も楽であるため、通常の e-mail に比較して関係者への連絡や議論の障壁が低く、ほぼ毎日利用されている状況である。導入により良い効果が得られているが、情報のリークなど今後も利用には最大の注意を払いながら進める。



3.1 産学共同研究における費用負担の適正化・管理業務の高度化

3.1.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

本コンソーシアムに参加する企業は、各々の基礎研究毎に共同研究費と調査推進費を含めオープンイノベーションを起こすためのコンソーシアムの在り方の検討を行っていく。

資金計上のルールについて、個々の企業との共同研究経費及び国からのマッチングファンドによる支援経費は、個々の企業との打ち合わせ合意をもとにして本コンソーシアムが管理する。なおかつ、これまで、山形大学で企業との共同研究（研究員の派遣契約を除く）を行う場合には、直接経費のみ計上して、間接経費は計上していない。これらを踏まえ、企業との共同研究において新たに間接経費を導入した。

1. 間接経費導入について

① 共同研究にかかるコストの回収

- ・管理・研究部門の共通経費については、これまで直接経費の中からオーバーヘッドによって賄ってきた。
- ・平成30年度からは、産学官連携における費用負担の適正化・管理業務の高度化を図ることから、直接経費と間接経費の費用を明確に算定し、共同研究契約を締結する。
- ・また、共同研究等においても人材育成機能を強化させることで、学生が社会に出た時に即戦力となりえるように、教育主目的経費を新設する。
- ・さらに、間接経費については、設備の維持管理や更新財源となりうるような基金化を目指す。

② 間接経費

本学においては、間接経費を管理・研究部門共通経費、グローバル等実践教育主目的経費（雇用学生以外）の2つの目的により算定した。

大学のマネジメント資金の確保と、有機材料システム関連の共同研究を通じて、新有機材料分野創成の人材育成を重点的に行うための経費である。

間接経費は、管理・研究部門共通経費が25%、グローバル等実践教育主目的経費が5%の合計30%で設定した。

2. ヤングリサーチャーの雇用経費＋教育研究支援経費について

① 財源と目的

- ・現在雇用している博士後期課程大学院生への給与は、山形大学では博士課程教育リーディングプログラム開始時に、学振特別研究員の給与等を参考にしながら、地方である地域性を考え十分な議論を経て月額15万円、年額で180万円としている。
 - ・大学院生に共同研究への補助的参加ではなく積極的貢献をしてもらうためResearch Assistantではなくヤングリサーチャー（Young Researcher）の呼び名にして統一をはかる。
- また、1名当たり年間合計300万円（月15万＋教育研究支援）に一本化した。

- a. 共同研究の間接経費（グローバル等実践教育主目的経費）
- b. 共同研究費の直接経費
- c. 補助金の直接経費

上記3つを併せて、博士後期課程大学院生一人あたり年額300万円（180万円（月額1

5万円)の給与(共同研究への参画)、120万円の教育研究支援経費(海外機関への短期長期インターンシップ・国際学会発表・研修等)

②雇用人数 11人(博士後期課程大学院生)

選抜方法については平成28年度中に確立し公募と面接を実施している。

・優秀な学生を雇用するために民間資金を用いて良い条件で処遇する新たな仕組み

山形大学では、学術振興会での博士後期課程への奨学金月学20万円などを踏まえてすでに議論をして、優秀な学生を採用教育している博士課程教育リーディングプログラム(中間審査「S」評価)において、地域性なども考慮して月額15万円の奨学金を支給している。大学院生は奨学金を得ることではなく、短期長期の海外インターンシップ・研修等の教育プログラムを受けてグローバル力と研究力を向上させることに大きな意義と魅力を感じている。優秀な学生の確保のためには、給与以上に魅力ある教育プログラム(それを遂行するための教育研究支援経費)の方がより重要である。この事業にて博士後期課程で雇用する学生には、学内での整合性から同じ15万円の金額の給与の支給のみでなく、博士課程教育リーディングプログラムの教育プログラム(年約100万円程度の教育研究支援経費が必要)を受講できるようにすることで優秀な学生に魅力ある条件を提供する。

なお、九州大学では、民間機関等と共同研究を結ぶ際、原則として、直接経費の20%に相当する額を管理費として計上する。また、研究代表者は、実施期間中に得られた研究成果について、民間機関等と協力の上、実績報告書を取りまとめる。原則として、共同契約による研究成果を公表するが、公表の時期及び方法については、秘密情報の秘密保持及び知的財産の管理活用の妨げにならない範囲において、民間機関等と協議の上決定する。

3. 間接経費導入についての説明

コンソーシアムの継続的運営のためには、間接経費の徴収について企業からの理解を得ることが不可欠である。そのため、間接経費の積算根拠を明確にし、企業への説明責任を果たすとともに、税制優遇等に関する説明、企業側の理解協力により、間接経費の確保に努めている。現状では、企業側に必要性を理解いただき、トラブルなく導入が進んでいる。今後は、主に競争領域の共同研究を推進・管理するOI推進本部と連携し、データを積み重ねて費用分析し、さらなる積算根拠の明確化に努める。

4. 全学的なガバナンス改革と戦略的投資

全学的なガバナンス改革のため、これまでは研究と産学連携をそれぞれ別の理事が担当していたが、2020年4月から一人の理事(産学官連携推進本部長及びOI推進本部長を兼務)が担うこととした。また、研究・産学連携担当理事のもとに設置する研究戦略本部会議は、これまでは全学的な研究に特化した戦略・計画を策定していたが、2021年1月から、これまでの研究に産学連携機能を加え、全学的かつ、研究から産学連携への一貫した戦略を策定することが可能な体制を構築することとしている。また、財務マネジメント改革として、間接経費を研究・産学連携担当理事が上記戦略に基づき配分する仕組みを構築した(2021年度から開始)。

3.1.2 得られた効果

新たな間接経費制度は、本 OPERA プログラムにて試行し、コンソーシアム参画企業と意見交換しながら積算根拠を明確化するなどして制度化した。平成 30 年 10 月 1 日からは全学的な制度へと発展している。これにより、教育研究設備更新や維持管理経費・光熱水費、知的財産権の管理費などが、直接経費の外枠で安定的に確保できるようになり、財務体質が強化されることとなった。

併せて、ガバナンス改革、財務マネジメント改革を行うことによって、研究から産学連携への一貫した戦略に基づき、研究拠点形成や研究環境整備、若手研究者育成等へと戦略的に投資し、産学連携を更に促進する循環型マネジメント体制を構築した。大型産学連携を創出するために基盤となる設備導入等により、2019 年度は、民間企業との 1000 万円以上の共同研究契約が 14 件（16 位/1048 機関中）、多数のコンソ運営等により共同研究費総額 923 百万円となり（15 位/同）、地方国立大学法人としては突出した成果を上げている。

産学連携がより円滑に進み、多くの共同研究が開始された。また、プロジェクトへの参画を通じて、多くの若手研究者が育成され、今後の SOFUMO コンソーシアムへと参画してくれる道筋が付いた。

3.1.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

継続的な共同研究契約と間接経費徴収のため、間接経費の積算根拠を明確にし、企業への説明責任を果たすことが重要である。税制優遇等に関する説明、企業側の理解協力により、間接経費の確保に努めていく。

平成 30 年 10 月から間接経費 30%の徴収を開始し、制度が定着しつつあるため、今後は改めて積算根拠を精査し、間接経費比率の増や戦略的産学官連携経費の徴収についても検討する。大学の産学連携体制を強化し、財務体質を強化することで、研究成果が地域社会、産業に還元され、さらなる産学連携を創出に繋がり好循環を生み出すような仕組みを構築していく。

3.2 共創コンソーシアムにおける知的財産の取り扱いルールの方針

3.2.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

山形大学は、地域に根差し世界をリードする大学として、教育研究成果の社会的実現に向けて、企業や自治体等との連携を推進し、地域社会経済の活性化に貢献することをポリシーとする。産学官連携の更なる強化を図るため、知的財産推進本部を設置し、本学が持つ知的資産等を活用・マネジメントの実効性のあるシステムの構築等を一元化している。このことにより、共同研究の拡大や外部資金獲得増で、本学の産学官連携活動を高度化・活性化し推進する。

このような観点から、職務発明については機関帰属原則の下、ランバートツールと同様の考え方に立つ知財戦略をもって知財管理を行っている。知的財産本部の下に有識実務者をもって構成する知的財産評価活用会議（隔週開催）により、職務発明の判定及び機関帰属の是非に関する経営判断を行っている。（詳細後述）

知財管理の日常的業務については、50km 以上も離れたキャンパス間での意思決定のタイムラグを生じさせないこと、また知財管理にあたっては実用化の視点から判断すべきことの理由から、知的財産創出の大半を創出する工学部キャンパスに立地し、大学研究成果の事業化を所管する国際事業化研究センター内に担当部署を配置している。

一方、有機エレクトロニクス研究センターで実施している「有機エレクトロニクス国際研究拠点事業」（JST地域卓越プロジェクト 2009～2014 年度）、及び「センター・オブ・イノベーション（COI）プログラム」（COI 拠点 2013.11～2021 年度）については、大規模な事業化を目指す国や県の支援事業であることから、研究成果の迅速な事業化・産業化の観点から、特に一般的な知財管理とは異なる独自の知財管理・活用体制を構築している。

また「山形大学有機薄膜デバイスコンソーシアム」（2013 ～2015 年度 /21 社参加）、本コンソーシアムの技術開発実績・運営を踏まえて新たに発足させた「山形大学フレキシブル有機エレクトロニクス実用化基盤技術コンソーシアム（YU-F0C）」（2016～2018 年度の3年間のプログラム）、「山形大学フレキシブルエレクトロニクス日独国際実用化コンソーシアム（YU-F1C）」（2017.10～2020 年度）、「山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム（YU-FLEC）」（2018.1～2022 年度）などにおいて、以下に示す「知財基本方針」に基づいた協議を参画企業と行い、共同研究契約に反映させてきた。

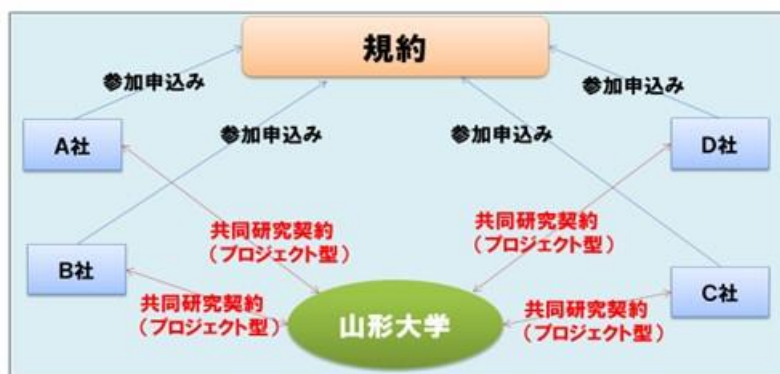
<特定大型プロジェクトにおける知財基本方針>

参加企業のモチベーションに係るものとしては、以下の項目がある。

- ① 山形大学は不実施補償を求めない → 参画企業にとってメリット大
- ② コンソーシアム活動によって生じた山形大学単独発明特許をコンソーシアム参加企業に実施許諾（無償または格安ロイヤリティ） → 事業化の意欲の増大
- ③ 山形大学「外部機関との共同研究取扱規程」に基づく共同研究契約 → 明確化

コンソーシアムへの参画の形態

- 規約: 規約を遵守(秘密保持など)することを前提に、参加申込み
- 共同研究契約: 各社ごと山形大学と共同研究契約(プロジェクト型)締結



これまでのコンソーシアムにおける知的財産の取り扱いについても実績があるが、上記の他、下記についてコンソーシアム参画企業のメリットに十分留意し、高いモチベーションを維持した取り組みやすい具体的仕組みについて検討を進めている。提案は大学が積極的に提示し、十分参画企業との意思疎通を図っていくものとし、以下のとおり運用する方針である。

① 全体概要

- ・基本的に特許は山形大学が一元的に管理し、知財ごとに、収入総額（契約に基づく研究費収入＋知財収入）が最大化できると判断する方法でライセンスする。

② プロジェクト実施期間中のフォアグラウンド IP の取り扱い方針

- ・大学の単独発明について、共同研究開発を実施する参画企業に対して、大学は実施許諾を受けるオプションを付与する。

また、コンソーシアムの他の参画企業から要請があれば、オプションを付与された参画企業と協議の上、実施許諾の条件を検討する。

- ・大学と参画企業の共同発明について、共同出願人である参画企業に対して、大学は実施においては特段の事情のある場合を除き不実施補償料を求めない。また、コンソーシアムの他の参画企業から要請があれば、共同出願企業と協議の上、実施許諾の条件を検討する。

③ プロジェクト実施期間終了後のフォアグラウンド IP の取り扱い方針

- ・プロジェクト実施期間中に準じる。

④ プロジェクト実施期間中のバックグラウンド IP の取り扱い方針

- ・大学が保有するバックグラウンド IP について、参画企業の事業化促進の観点から、参画企業からの要請を受けて、低廉実施を基本に協議の上、実施許諾を検討する。
- ・山形大学での単願の特許を多くして群をつくっていきたい考えである。しかし、参画企業が保有する特許をライセンスすることは非常に難しい。このため山形大および参画企業が保有特許について、山形大管理のもとでパテントプールを形成するにはいたっていない。
- ・山形大学のライセンスは、山形大学の単独出願による特許について、特許毎の契約（所謂、パテントバイパテント契約）及び関連特許を含めた複数特許の契約（所謂、特許群契約）が可能な取扱になっている。
- ・コンソーシアムでも、関連特許を含めた複数特許（即ち、特許群）の契約が可能である。ただし、現時点では対象とする特許群が山形大学の単独出願による特許となる。
- ・参画企業のライセンスポリシーは個々の企業により異なり、山形大学として尊重する。
- ・コンソーシアムの参加企業又は非参加企業より、「特許群ごとのライセンス」を要請された場合、参画企業の単独出願による特許を含めて特許群の契約を実施するためには、参画

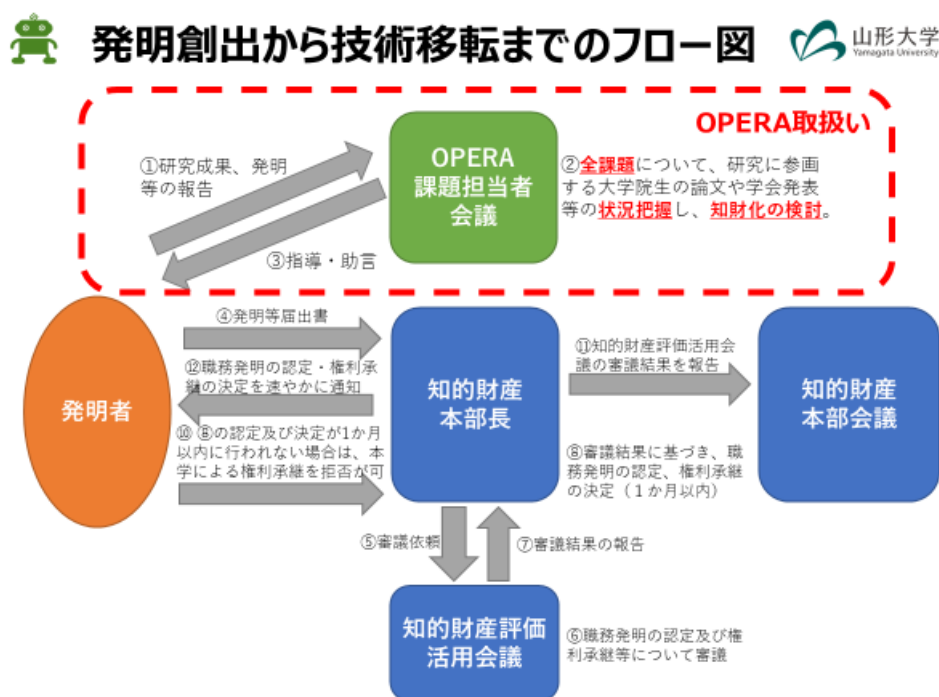
企業との協議により、同意を得なければならない。この同意が得られれば、「山形大学及び参画企業が保有する特許について、山形大学の管理のもとでパテントプールを形成する」ことが可能になっている。

〔マネジメント体制〕

山形大学の知的財産部門を総括する知的財産本部は、発明の評価等を行う知財評価活用会議を主催しており、発明創出から技術移転までの評価を審議している。この知財評価活用会議は、2回／月の頻度で開催され、届出られた発明に対する職務発明の認定、特許を受ける権利の承継の要否を審議すると共に、特許出願、審査請求、拒絶理由通知への応答、権利維持、許諾契約等の要否・継続の審議がなされる。また、2020年度から、知的財産評価活用会議にオープンイノベーション推進本部から知財クリエイティブマネージャー（以下、「知財 CM」）及び法務クリエイティブマネージャー（以下、「法務 CM」）が参画し、発明の価値判断、事業化や採算性といった観点での審査を強化している。また、発明創出の早い段階から、知財 CM、法務 CM が発明者の相談に応じることで、発明内容を的確に理解し出願すべき特許とノウハウの切り分けを適切に行っている。

発明者に学生がいる場合には、同会議で審議する発明等届出書に記載されている寄与率、学会等での発表に関する事項により、学生の貢献度を把握するとともに、本来の希望である学会発表等を阻害しないように適切に管理している。また届出者（職員の発明者）にインタビューを行い、学生の寄与率の認定、発表日等の確認を実施している。加えて、本 OPERA プログラムでの取り扱いとして、研究に参画する大学院生の論文や学会発表等に際して、毎月開催する OPERA 課題担当者会議で状況把握することによって、公知になる前に知財化の検討が可能となるようマネジメント体制を構築している。

発明創出から技術移転までのフロー概要図を下記に示す。



プロジェクト実施期間中においては、本プロジェクトに資金を拠出している企業を優先して知的財産を実施する。

プロジェクト終了後においては、OPERA プロジェクトに参画した企業に限らず、広く社会から、知的財産を実施したい民間企業を募り、効果的かつ迅速に、知的財産の社会実装を進めてゆく。

上記の仕組みを適用している企業は、まだ無いが、既に、多くの企業から、共同開発に関するオファー等を頂いていることから、今後は、具体的な共同研究開発プロジェクトの推進に関するタスクを分担してくれる様々な企業が現れるものと思われる。

3.2.2 得られた効果

知財評価活用会議に知財 CM、法務 CM が加わったことにより、大学としての発明等届出書の審議を迅速に行うことが可能となった（判断のスピードアップ）。発明届出書の前段階である発明者への事前インタビューを重視することで、発明届の質が向上している。学生の本来の希望である学会発表等を阻害せずに、迅速な知財化を図っている。

知財 CM、法務 CM が日常的に事業・研究の方向性と特許との関連を精査することで、効率的なパテントポートフォリオの構築を図ってきている。

3.2.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

知財評価活用会議のメンバーに加わった知財 CM、法務 CM を中心として、引き続き出願すべき特許とノウハウの切り分けを適切に行いつつ、本学が有するバックグラウンド IP を含め、ソフトマターロボティクスを実現するために必要な技術群を整理する。

Phase2 でのインテグレート、Phase3 での事業化に向けて、引き続き特許調査等によりさらに必要な特許を整理し、継続的に出願していく方針である。

3.3 人材育成についての方針

3.3.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

1. 人材育成について

①基本方針

共同研究推進のために必要な人材を雇用育成する（個々の企業との合意に基づく）。

本プログラムの共同研究を実施する中で、今後の有機エレクトロニクス市場の成長、グローバル化に対応するために、民間企業等と共に先端的研究者、高度開発技術者、技術経営者、高度基盤技術者を育成する。また、今後の基礎研究の探求のため、新しい知を生み続ける重厚な知的蓄積の形成と経済・社会の変革につながる非連続的なイノベーションの源泉となる知識の創出を目指すため、本学の若手研究者が本プログラムに主体性をもって参画させることと、RA（リサーチ・アシスタント）を積極的に雇用することで、研究補助業務を通じて若手研究者としての研究遂行能力の育成を図る。

②各研究開発課題における若手人材育成のための具体的方針

各研究開発課題で約1名程度のポスドク・学生等の雇用をそれぞれ行うことにしている。このRAの雇用にあたっては、本プログラムの基礎研究に関連する研究のポスター発表を通じ採用して、1年毎に本研究に対する論文への貢献度をもって、特別賞与を支給する仕組みの構築を検討する。

具体的には、山形大学では「Young Researcher」制度を整備する。博士後期課程はAssistantや学生でなくResearch Scientistとして雇用する制度である。共同研究費における直接経費の5%をグローバル等実践教育主目的間接経費として拠出していただき、15万円×12ヶ月＝180万円の人件費にあてるとともに、JST委託費における直接経費を活用して120万円程のグローバル実践教育支援を実施することで、合計300万円／年間の拠出を行って若手の人材育成に取り組む。グローバル実践教育支援経費を活用してインターンシップや海外での学会発表等の支援を行うことによって、学生にとっては、研究に専念することによるスキルアップ、企業との共同研究実施・グローバルな活動による実践力の向上等につながる魅力的なプログラムを提供する。

2. 人材の好循環のための大学改革

①インセンティブシステム

インセンティブシステムの設計として、これまでは本OPERAプログラムの実施場所である山形大学工学部独自で卓越研究教授制度（個別契約による給与設定、学内運営業務の免除）があったが、全学的な人事給与マネジメント改革により、年俸制の適用により間接経費獲得額の10%の業績給（最大1,000万円）（スター教授枠の場合には業績給も含め年俸が最大約3,000万円）も可能となるような制度を構築した（2021年4月から開始）。

（参考）

「産学官連携による共同研究強化のためのガイドライン【追補版】—産学官連携を通じた価値創造に向けて—」（令和2年6月30日、文部科学省・経済産業省）において、山形大学の取組みが好事例として掲載。

【山形大学】

学長のリーダーシップのもと、有機材料システム分野へ資源を集中。外部資金から給与がまかなわれるINOELの教員については、原則として教育等の義務が免除される。

- ✓ 山形大学では、2009年頃から、有機ELから「有機エレクトロニクス」、さらに「有機材料システム」へ範囲を広げつつ、学長のリーダーシップのもと、「選択と集中」により強力に拠点化を推進してきた。2013年には、外部資金100%で運営する「有機エレクトロニクスイノベーションセンター（INOEL）」が開所された。
- ✓ また、山形大学工学部では、大型共同研究を推進するための人事改革の一環として、「卓越研究教授」制度を導入した。さらに、企業等から事業化リーダーを「スーパーイノベーター（産学連携教授）」として積極的に招聘した。
- ✓ 卓越研究教授の給与は、一般の教員とは異なり、年俸制を採用している。年俸は、基本年俸に加え、業績年俸として業績評価に基づく業績給や外部資金の獲得額に応じた給与が支給される。スーパーイノベーターは任期付きのポストで、自身の給与も含めすべて獲得した外部資金からまかなわれている。
- ✓ スーパーイノベーター等の企業出身教員によって構成されるINOELでは、産業、事業への貢献をファーストプライオリティに据え、原則として教育等の実施が免除されている。

②クロスアポイントメント（詳細は、「3.7 機関連携・協力体制についての方針」を参照）

人材の好循環により産学連携を推進するため、クロスアポイントメント制度の規程を改正し、これまでは教員のみが対象であったところを、プロジェクト研究員や研究支援者等も対象として追加した。

また、制度利用促進のため、クロスアポイントメント適用者へのインセンティブとして本学の給与水準を超えて支給するクロスアポイントメント手当を新設した（2021年4月から）。

3. 産学共同人材育成 科学技術イノベーションプラットフォーム

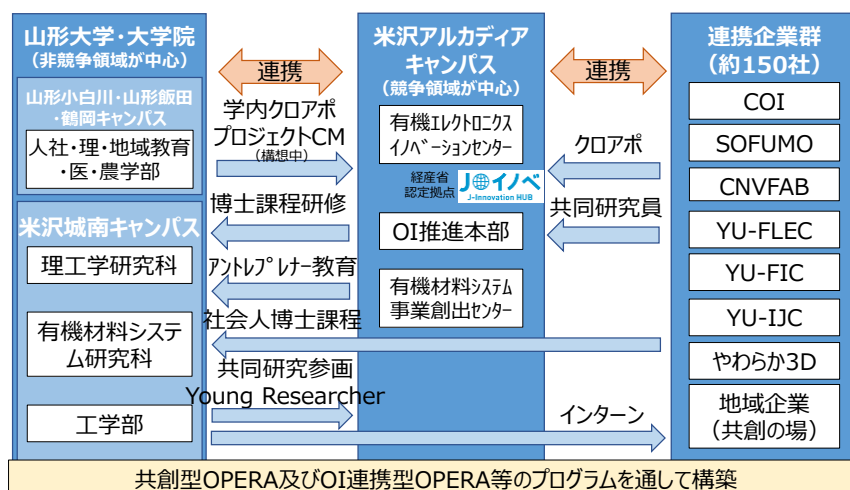
山形大学は、基礎研究だけでなく、事業化に向けた応用研究のための拠点を有していることが特徴である。人事制度としてのYoung Researcher制度、インセンティブ設計、クロスアポイントメント制度等をシステムチックに運用し、基礎研究拠点、応用研究拠点、民間企業において人材交流を促進することによって、科学技術イノベーションを先導する人材を育成するためのプラットフォームを構築する。

科学技術イノベーションプラットフォーム

産学共同人材育成

科学技術イノベーションプラットフォーム

OI推進本部が位置する米沢アルカディアキャンパスが人材循環のハブとなり、各種コンソーシアム等で連携実績のある企業群（約150社）とともに、科学技術イノベーションを先導する人材を産学共同で育成し、イノベーション創出に貢献する。



3.3.2 得られた効果

Young Researcher 制度（学生延べ 14 名）、インセンティブ設計（卓越研究教授（スター教授）2 名）やクロスアポイントメント制度（民間から 1 名）等の人事制度改革により、産学共同で科学技術イノベーションを先導する人材育成システムを構築した。

また、若手人材育成制度として R2 補正の文部科学省「科学技術イノベーション創出に向けた大学フェローシップ創出事業」にマテリアル分野で支援人数 10 名として採択された。Young Researcher 制度は OPERA プログラムの実施拠点である工学部のみが対象であったが、フェローシップは理工学研究科（理学系）、医学系研究科にも対象を拡大している。研究に専念するための支援経費として、年額 250 万円（研究専念支援金 180 万円、研究費 70 万円）を支給する。運営支援組織としてマテリアル人材育成コンソーシアムを立ち上げ、有料会員として 5 社の企業参画があった（R3.6 現在）。

3.3.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

フェローシップについては、コンソーシアム参画企業を勧誘し、企業数を増加させ、安定的な財源を確保することによって、支援対象者・分野の拡大を目指す。

また、オープンイノベーション推進本部と連携し、教員がプロジェクトクリエイティブマネージャーとして競争領域での研究開発に従事する学内クロスアポイントメントの制度化を目指すなど、産学共同人材育成システムをさらに発展させる。

○ 参画学生の状況

- ・ 参画学生総数： 19 名
- ・ 進路状況内訳
 - ①進学： 1 名
 - ②就職（アカデミア）： 3 名
 - ③就職（OPERA の参画企業）： 0 名
 - ④就職（その他）： 12 名

3.4 機関連携・協力体制についての方針

3.4.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

全体会議（年１回、全員参加）にて、コンソーシアム全体のルール・課題・改善点等の協議を行っており、大学と参画企業の組織横断的な取り組みを実施している。

参画企業に対しては、すでにある契約をベースにして個々の企業との共同研究を強力に推進している。個々の企業へのメリットをベースに、公開できる一般内容のみに限って協力連携することで、組織横断的な取り組みを可能とする。

今後大きな市場発展が期待できる有機材料に必要な基礎研究を進め、異なる分野の会社、大学等の研究機関、金融機関が同一目標に向けて集結し、様々な社会問題への解決を図る。大学等の研究機関や金融機関からは、基礎研究や社会課題の解決のため、本学のコーディネータとして参加してもらう。

さらに本事業終了後については、産業化にむけて山形大学を中核に、ベンチャーキャピタルを国内外から効果的に集められる機関連携・協力体制をつくる方針である。

①施設・設備の利用

参画企業が本学施設の利用を円滑に運用するため、共同利用が可能な機器を一括管理する共同機器分析センター、産学連携の拠点であるイノベーションセンター、及びxEV 飯豊研究センター内の施設、機器利用（利用料）についてルール化を図り、運用を開始している。本学の研究設備は、本共同研究を遂行するため、本コンソーシアム参加者が優先的に使用できる仕組みを構築している。

②クロスアポイントメント

人材の好循環により産学連携を推進するため、クロスアポイントメント制度の規程を改正し、これまでは教員のみが対象であったところを、プロジェクト研究員や研究支援者等も対象として追加した。企業とクロスアポイントメントの交渉を進める際に、特に大企業では、企業側の就業規則の関係で対応できない事例があったが、2020年4月から、本学では初となる民間企業（地域企業）とのクロスアポイントメントが、OI 機構連携型 OPERA プログラムで開始した（プロジェクト研究員１名）。地域企業から受け入れることで、本 OPERA プログラムにて最先端の研究に従事することで、人材育成として有意義である。

また、制度利用促進のため、クロスアポイントメント適用者へのインセンティブとして本学の給与水準を超えて支給するクロスアポイントメント手当を新設した（2021年4月から）。

③他機関・人文社会科学分野との連携

すでに有機材料システムの分野では海外との基礎研究で積極的連携を図ってきている。国内でもERATO川原万有情報網プロジェクト（研究統括・東京大学・川原圭博准教授）と、山形大学有機エレクトロニクス研究センター（時任静士センター長）との間で、目的型基礎研究で将来の産業化にむけて足りない部分であるセンサーネットワーク・IoTを補完し、さらに、ソフトマターロボティクスに繋げる計画であり、包括的な連携を進めている。さらに、機関としての押印はないが、物材機構・塚越一仁主任研究員とも連携を進めているなど幅広く研究者と連携している。

人文社会科学の知見をプラットフォームに取り込むため山形大学 人文社会科学系教員6名（代表者：山口昌樹 人文学部 教授）から編成される社会システム研究会を有機材料極限機能創出・社会システム化共創会議の下に設置する。個人ベースでの参画ではなく組織的対応とすることにより、期待される機能が発揮されるよう研究会の形態として立ち上げるというガバナンス面での工夫を施す。なお、参画する教員の専門は行動経済学、認知科学、中小企業論、地域産業論、環境法、銀行論である。

当該研究会はプラットフォームにおいてキーテクノロジーを融合して社会システム化する側面に知見を適用することを想定している。とりわけ、労働力人口の減少等の社会課題を踏まえ、実社会における需要を同定することにより重要な技術課題を選別して研究現場へフィードバックするといった活動が展開できる。

貢献が期待できる項目としては次のようなものが挙げられる。行動経済学と認知心理学の研究者が人と優しく繋がるソフトマターロボの形態が利用者に与えるストレスについて仮想現実システムを利用してプロトタイプデザイン評価を行う。中小企業論の研究者が産業用ロボットについてソフトマターへの潜在的な需要を企業へのインタビュー調査によって探索する。地域産業論の研究者はソフトマターロボティクスが社会システムとして展開する領域を従来から想定されているサービス、医療、介護、教育以外へ拡張する可能性を模索する。流通、建設といった3K業界へのアシスティブロボの導入、高齢者向け小型機器、スマート農業機器といった有望分野を調査する。環境法の研究者は社会システムとしてソフトマターロボティクスが到来した際に予想される廃棄・リサイクル等をめぐる環境負荷や社会的軋轢への対策を提言して社会システムとしての持続可能性を担保する。

こうした検討項目を統括し、研究開発部門との意見交換、革新シナリオのブラッシュアップに携わる者として COI プロジェクトにおいて人文社会科学系研究者を取り纏めている教員（山口昌樹教授）を配置している。

④組織横断的な体制構築

平成29年度からは、産学官連携推進本部体制を整備した。目的としては、関連機関との連携及び派遣により、産学官連携の推進を加速させることにある。

産学官連携推進本部には以下の部門を置く。

- ・URA 部門

教員から構成される。URA 活用推進本部を発展的に吸収し、関連部門との連携により、各プロジェクト等の管理運営支援を可能とする。

- ・企画マネジメント部門

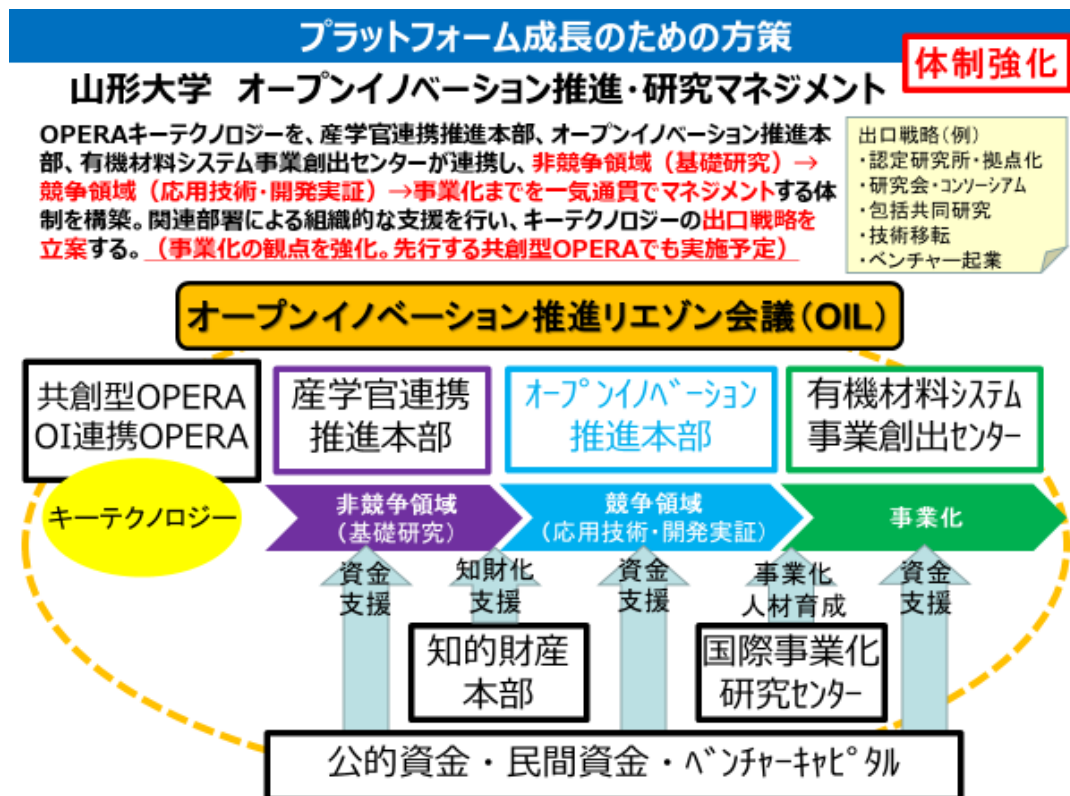
各事務部門から構成される。各キャンパス研究支援担当に、本部職務を兼務させることにより、部局横断や外部機関との交渉を可能にし、併せて、新たな取り組みに関する企画やリスクマネジメントなどを含めたシステム化の検討や対応を行う。

さらに、2019年1月に設置したオープンイノベーション推進本部と連携し、オープンイノベーション推進リエゾン会議（OIL）を開催し、本事業及びOI 機構連携型 OPERA の研究開発課題が競争領域の研究開発プロジェクトへと発展させることを視野に活動を行っている。

現行の組織である、有機材料システム事業創出センター・国際事業化研究センター・知的財産本部・YU-COE 推進本部と連携することで、学内の研究体制が横串で繋がり、基礎研究から応用研

究、事業化まで一貫通貫でマネジメントし、OPERA キーテクノロジーの出口戦略を立案する体制を構築した。

本事業終了後については、上記研究管理体制により、産業化にむけて山形大学を中核に、コンソーシアムの自立的な運営体制の構築、ベンチャーキャピタルを国内外から効果的に集められる機関連携・協力体制等の出口戦略を構築する方針である。



また、産学連携だけでなく外部機関との連携を図るため、産総研ロボット革命イニシアティブ協議会および山形大学次世代ロボットデザインセンターとの連携を図った。どちらの機関もソフトマターロボティクスではなく、従来型のロボットではあるが、それぞれの違いを相互で認識することで、相補的に発展できると考えている。また将来的には学会においてソフトマターロボティクスという研究領域が発展できるよう働きかけていく予定である。



さらに、外部機関との連携を強化・推進するため、ソフトマターロボティクス共同研究コンソーシアム内に外部連携推進委員会を設置した。本委員会のメンバーが中心となり、本事業を加速させるために会津大学等との連携協議を行い、研究開発テーマ3：ソフトメカニクス及び研究開発テーマ5：ソフトマターロボティクスでの連携が開始している。

2018年度からは、インテグレーション系で学術的な研究を推進する科研費新学術領域「ソフトロボット学」と、有機材料・有機半導体などの素材研究や産学連携を強みとする本学により、相乗効果のある連携体制を構築した。

具体的には、研究活動での連携・交流や、両機関合同でのソフトロボット創世シンポジウム開催（計4回）などを行った。

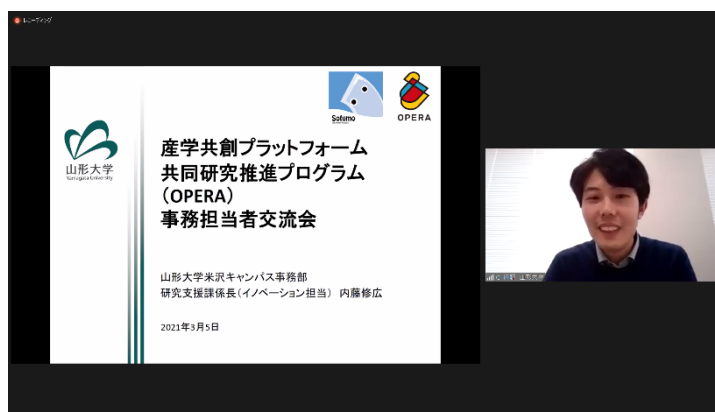
連携の成果として、今後の研究開発活動の方向性として、柔らかい材料の身体性を活用し、末梢の機構にも中枢神経系的な情報処理を行わせ、システムの本質的な機能を担わせる「やわらか機構脳」という新概念の提唱に至っている。



⑤管理部門連携

管理部門での連携では、山形大学がHOSTとなり、これまでのOPERA7拠点+共創プラットフォーム育成型・OI機構連携型8拠点の担当者が集い、平成30年12月に事務担当者交流会を開催した。研究者のみならずマネジメント部門を含めた今後の有機的な連携について模索し、好事例の共有・活用等、拠点間連携を推進した。

また、令和2年3月の事務担当者交流会では、本プロジェクト終了後のコンソーシアム活動や学内体制についても検討状況、事例発表を行った。他拠点の状況等も参考に、本拠点の活動にフィードバックしている。



3.4.2 得られた効果

シンポジウムや展示会、ホームページ等を通した多面的な情報発信により、今後ソフトマターロボティクスを展開し社会実装を目指すうえで重要となる、デザイン・アート分野の研究者（大阪芸術大学・東京大学等）との連携や、新規機能性（例えば耐放射線性等）の創出を目指す研究者（会津大学、日立 GE 等）との連携へと発展している。

新型コロナの影響で、リアルな会場でのシンポジウム等のイベントは制限されたが、一方でオンライン形式での開催によって、会場まで足を運ぶ必要がなく気軽に参加できるため、これまで以上の人数の参加に繋がっている（3 倍増）。新領域であるソフトマターロボティクスの発展には、裾野の拡大が非常に重要である。

3.4.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

今後、Phase2 の活動を進めるにあたって、柔らかい材料の身体性を活用した「やわらか機構脳」という新たな概念を生み出した。ソフトマターロボティクスの事業化に向けて、新たな概念での産学共同による研究開発活動を継続する。コンソーシアムを形成することで、活動資金を確保する。

戦略的アウトリーチ活動は、コロナ禍の影響で対面での活動が非常に制限されている。一方で、オンライン形式でのシンポジウムは、参加者が大幅に増加する結果となった。展示会についても、リアルな会場とオンラインでの商談を組み合わせるなど、新たな方策が検討されている。今後は、コロナ禍の新たなスタイルでの戦略的アウトリーチ活動を模索し、継続して取り組んでいく。

3.5 参画機関の管理方針

3.5.1 構築した仕組みの概要及び運用状況

ソフトマターロボティクス自体、非常に新しい概念・分野である。このため、本共創プラットフォーム開始後に、ソフトマターロボティクスコンソーシアムを山形大学が主導して立ち上げている。このコンソーシアムに、介護メーカー、高齢者ハウスメーカー、自動車メーカー、農業関連メーカー等などの企業等も参画してもらうことでさらなる企業の巻き込みを図った。

有機材料極限機能創出・社会システムの構想へ賛同する企業については、個別の新規参入を促した。個々の企業との個別の共同研究の契約と成果等の状況によっては途中脱退が起こりうることを理解すると共に、年度毎に研究内容の成果についてシンポジウムや展示会、ホームページを通して多方面に発信することで、新たな共同研究先の開拓を図った。

また、分野を超えてオープンな議論を展開するソフトマターロボティクス勉強会を実施し、同勉強会への企業や大学の招聘・参画推進、フェイスブックを利用した情報共有により、参画機関の新規参入を促した。

↓ Facebook Messenger を用いた内部の情報共有・意見交換（グループチャット）



↓ Facebook による一般情報共有・公開



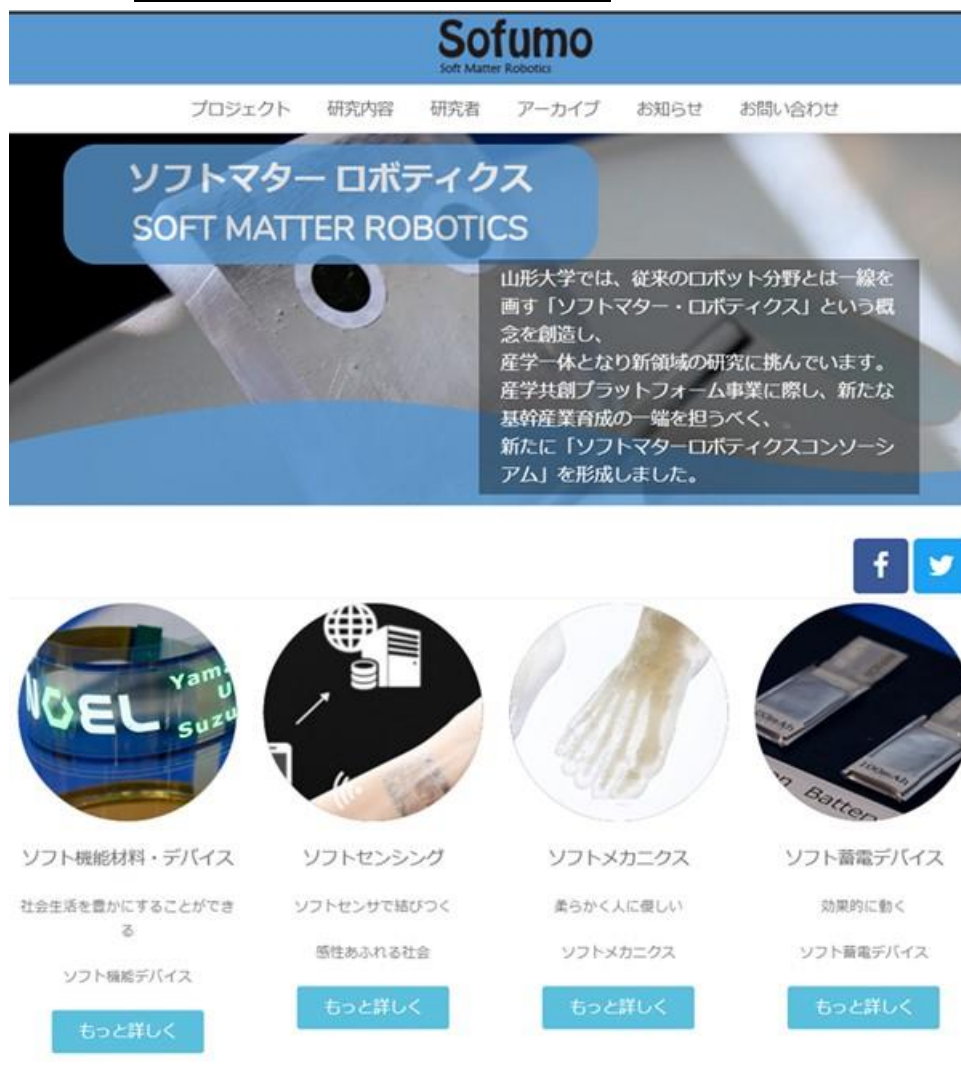
事業開始時以降の参画企業の加入脱退状況は、脱退3社、新規加入13社であり、参画企業数は順調に増加した。プロジェクト開始時にはゼロだった参画企業が、このように順調に増加したことにより、今後のコンソーシアムも、同様に発展してゆくことが期待できる。

平成30年度には、外部連携推進委員会（委員長：高橋辰宏教授）を新たに新設し、また、シンポジウムや展示会、ホームページ等を通した多面的な情報発信により、今後ソフトマターロボティクスを展開し社会実装を目指すうえで重要となる、デザイン・アート分野の研究者（大阪芸術大学・東京大学等）との連携や、新規機能性（例えば耐放射線性等）の創出を目指す研究者（会津大学、日立GE等）との連携へと発展している。

本事業の進展に応じて、研究内容が競争領域へと展開することとなり、参画企業が本事業の途中で脱退するケースが発生している。多面的な情報発信によって新規企業の参画増の活動を行うとともに、共同研究中の企業が上記のように研究継続困難となった場合の備えとして、コンソーシアムや研究会活動を活発化させて、共同研究参画企業のサプライチェーン上のコンペティターとなる企業を待機させる waiting list 方式を導入した。

参考）山形大学産学共創プラットフォーム公式ホームページ

(URL <https://opera.yz.yamagata-u.ac.jp/>)



【シンポジウム開催状況】

	日時	場所
第1回	2017年3月17日	東京（TKP ガーデンシティ PREMIUM 神保町）
第2回	2017年8月28日	米沢（グランドホクヨウ米沢）
第3回	2018年3月2日	東京（TKP ガーデンシティ 竹橋）
第4回	2018年9月3日	米沢（山形大学工学部 11 号館）
第5回	2019年3月20日	東京（TKP ガーデンシティ PREMIUM 神保町）
第6回	2019年9月12日	米沢（山形大学工学部 11 号館）
第7回	2020年3月（延期）	東京（新型コロナウイルス感染症対策に基づき延期）
第7回	2020年7月20日	米沢（オンライン開催）
第8回	2021年3月15日	米沢（オンライン開催）

※各位置付け

春（東京開催）：新規ソフトマターロボティクスの成果発表会

秋（米沢開催）：本プログラム参加の研究者に向けた勉強会

3.5.2 得られた効果

シンポジウムや展示会、ホームページ等を通じた多面的な情報発信により、今後ソフトマターロボティクスを展開し社会実装を目指すうえで重要となる、デザイン・アート分野の研究者（大阪芸術大学・東京大学等）との連携や、新規機能性（例えば耐放射線性等）の創出を目指す研究者（会津大学、日立 GE 等）との連携へと発展している。

新型コロナの影響で、リアルな会場でのシンポジウム等のイベントは制限されたが、一方でオンライン形式での開催によって、会場まで足を運ぶ必要がなく気軽に参加できるため、これまで以上の人数の参加に繋がっている（3 倍増）。新領域であるソフトマターロボティクスの発展には、裾野の拡大が非常に重要である。

3.5.3 今後の課題、プロジェクト終了後の運用方針

今後、Phase2 の活動を進めるにあたって、柔らかい材料の身体性を活用した「やわらか機構脳」という新たな概念を生み出した。ソフトマターロボティクスの事業化に向けて、新たな概念での産学共同による研究開発活動を継続する。コンソーシアムを形成することで、活動資金を確保する。

戦略的アウトリーチ活動は、コロナ禍の影響で対面での活動が非常に制限されている。一方で、オンライン形式でのシンポジウムは、参加者が大幅に増加する結果となった。展示会についても、リアルな会場とオンラインでの商談を組み合わせるなど、新たな方策が検討されている。今後は、コロナ禍の新たなスタイルでの戦略的アウトリーチ活動を模索し、継続して取り組んでいく。

4 プロジェクト終了後の継続的な発展に向けた取組について

(1) 共創プラットフォーム体制の継続及び非競争領域から競争領域への割合増加への対応

プロジェクト終了後もコンソーシアムの体制を継続することを予定している。テーマ1～5までの領域について、産業化を目指すため新たな企業の参加を促す。また、非競争領域部分のコンソーシアムでの共有すべき部分の割合が低下し、企業との個別のクローズな競争領域部分が多くなることが予想させるため、民間企業からの資金をさらに多く投入することを予定している。

(2) 山形大学の保有施設と蓄積ノウハウの有効活用

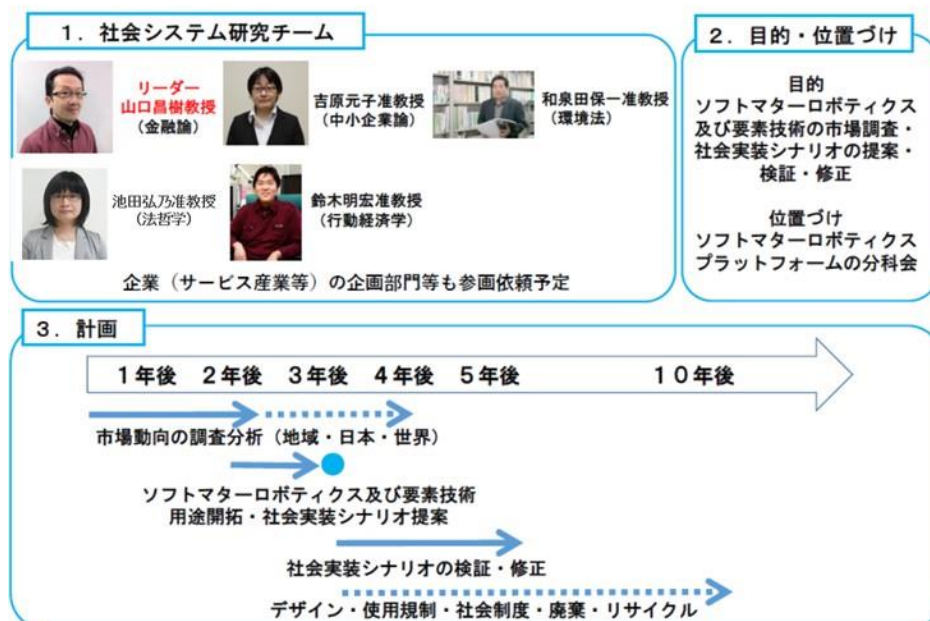
山形大学では、技術の橋渡しに関する機能を有する有機エレクトロニクスイノベーションセンターの組織・施設を保有している。ここでは個別の企業が個々の秘密を保持しつつコンソーシアム形式での開発を進めることができる。また、社会実装にむけた実証試験施設であるスマート未来ハウスも保有している。これらを積極的に活用し、社会実装にむけて開発・事業化推進を進めていく。

(3) ベンチャーキャピタル

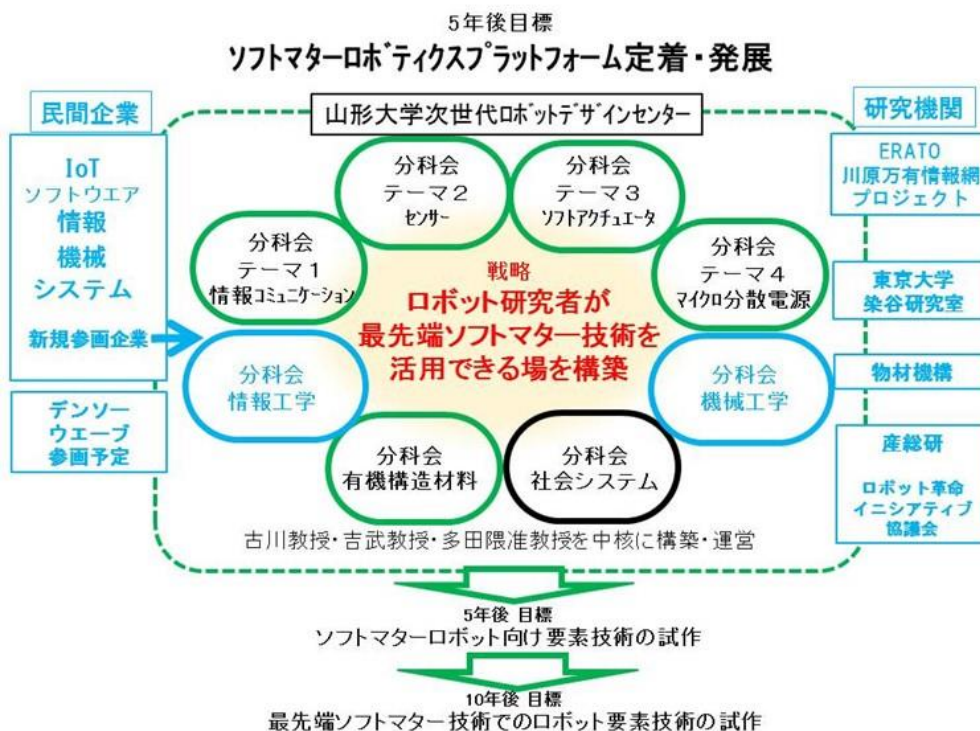
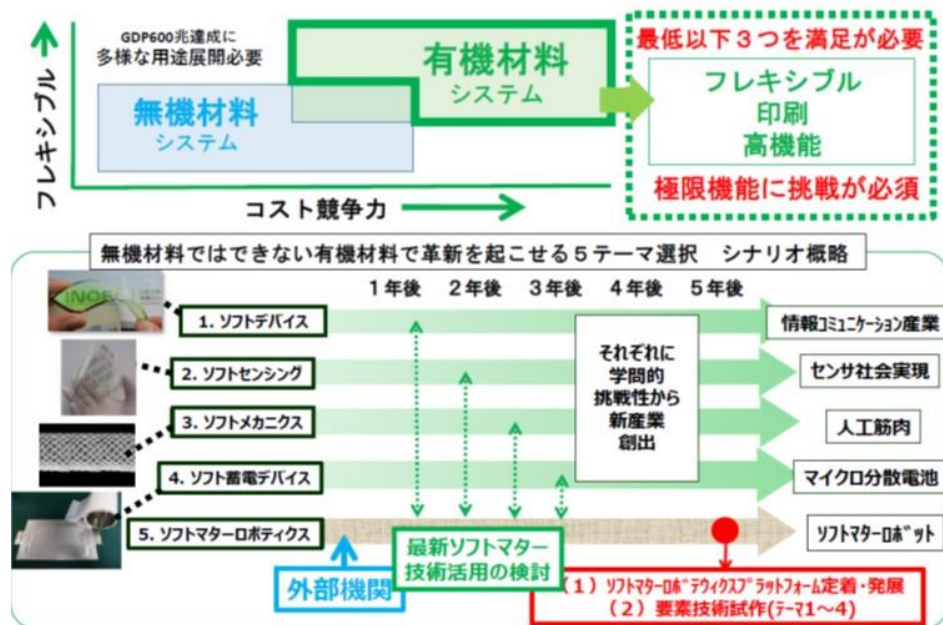
テーマ(1)から(4)は事業終了後競争領域になることが予想される。産業化にむけてベンチャーキャピタルからの資金を効果的にあつめるための仕組みの構築を、人文学部の経験ある教員を中核にして事業終了後予定している。



人文・社会科学者のチームの取り組み内容・役割



テーマ設定と「テーマ5」の5年後目標



世界的に優位性のある共創コンソーシアムの形成・発展に向けて、人文社会学・医学・農学・理学等の学部間の垣根を超えて大学内の横断的連携をするために、学長を本部長に設置した有機材料システム研究推進本部を活用する。有機材料システム研究推進本部は、学部間横断の連携をベースに、フレキシブル印刷エレクトロニクス・蓄電デバイス・高分子成形加工・ゲル・3Dプリンタ・ICT・デザイン・システム・メカニクスなど、異分野融合・ソフトとハードのシステム化を目指している。このため人文社会学の力も用いて基礎先端研究から新融合分野「有機材料システム」の産業化までを目指しており、教職員・学生・連携スタッフ等含む約500名、7施設が

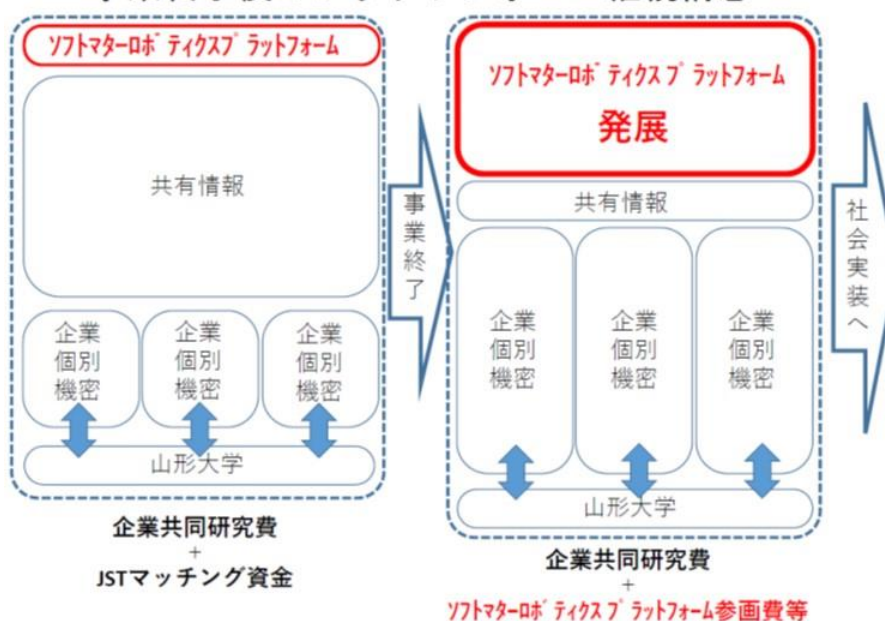
らなる国際的拠点である。(次ページ図参照)

具体的な構想として、ソフト機能材料・デバイス、ソフトセンシング、ソフトメカニクス、ソフト蓄電デバイスの4テーマで、それぞれ基礎先端から産業化を目指した目的型基礎研究を展開する。それらと平行して、これら4テーマの技術を統合システム化してソフトマターロボティクス分野を目指して目的型基礎研究から産業化を目指す構想である。

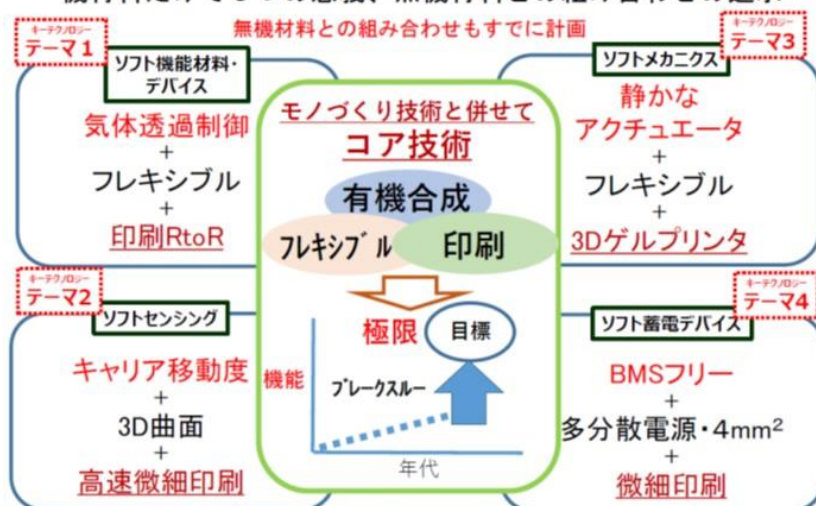
基本的には有機材料にこだわりその実現を目指す、特にフレキシブルとプリンタブルには固執しつつも、さらに分野の統合によるシステム化の思想に基づき、すでに無機材料とのハイブリッドも柔軟にとりいれた計画になっている。

たとえば、ソフトセンシングにおいては、印刷ができる極限まで移動度の性能を高めた有機半導体材料と合わせて、印刷のみで熱処理をすることなく金属配線が形成できる金属ナノインクとその関連技術の基礎研究をする計画である。また、ソフト蓄電デバイスでは、電気化学的に極限まで安定な有機材料と、無機材料とのハイブリッドで電池材料を形成する基礎研究を展開する計画になっている。

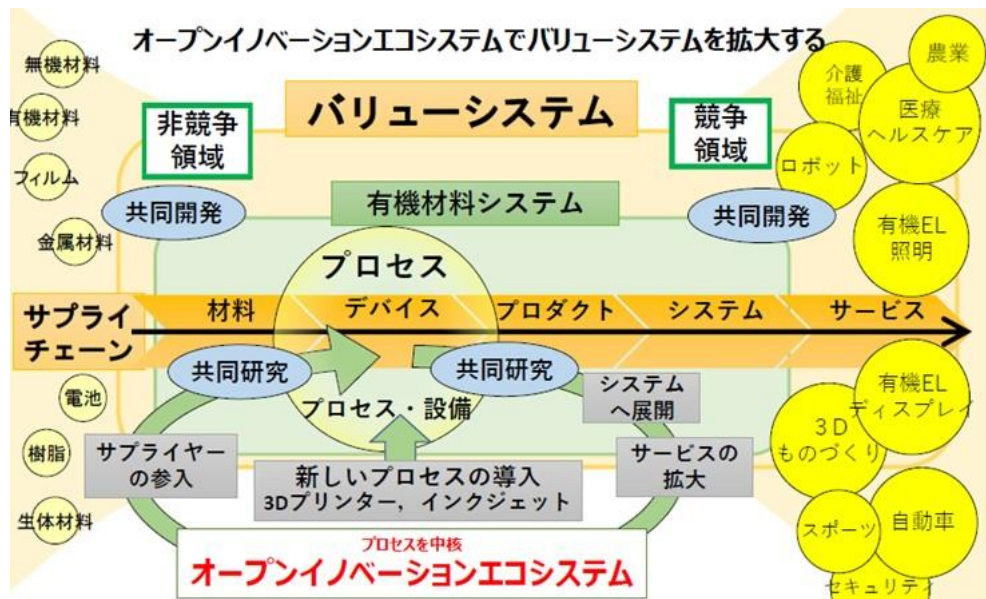
事業終了後のプラットフォーム継続構想



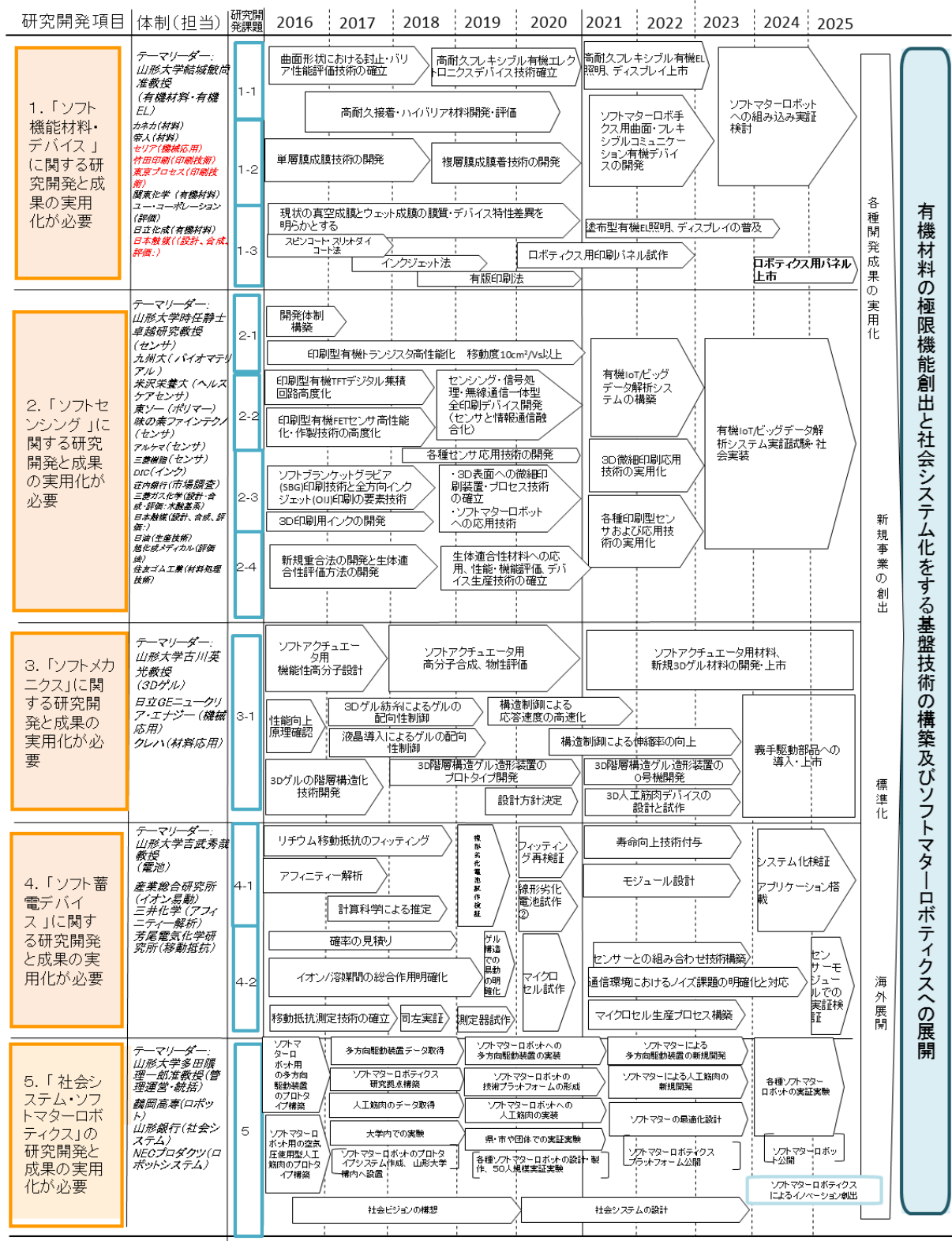
世界的に優位性あるコンソーシアム形成・発展への構想、有機材料だけで5つの意義、無機材料との組み合わせの追求



OI機構（2018/09/12採択）との情報交換会（年2回）を通じた競争領域移行への円滑な支援と、新たな非競争領域の検討を行い、山形大学の取り組みに向けた戦略として、オープンイノベーションエコシステムを確立させる。



『産学共創プラットフォーム山形拠点』 計画ロードマップ



5 研究開発の状況

○研究開発費（委託研究費及び民間資金）の推移

[単位：千円]

		2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度
委託研究費	調査推進費*	20,005	20,120	24,495	19,706	21,619	0
	研究開発費	127,701	134,744	142,100	140,510	127,121	23,561
民間資金	共同研究費等(a)	132,690	140,000	139,305	178,316	167,997	19,792
	リソース提供計(b)	10,000	10,000	0	0	0	0
	民間資金総額 (X)=(a)+(b)	142,690	150,000	139,305	178,316	167,997	19,792

*調査推進費はマッチングファンドの対象外

○研究開発課題一覧

- ① 研究開発課題 1-1： ソフトデバイス接着
 (山形大学、株式会社カネカ) (実施期間：H28 年 11 月～H30 年 3 月)
 (山形大学、株式会社モレスコ) (実施期間：H30 年 4 月～R3 年 9 月)
- ② 研究開発課題 1-2： ソフトデバイス基板の気体透過制御
 (帝人(株)、セリアエンジニアリング(株)、竹田印刷、東京プロセスサービス)
 (実施期間：H28 年 11 月～R3 年 9 月)
- ③ 研究開発課題 1-3： ソフトマター発光デバイス
 (山形大学、関東化学(株)、(株)ユー・コーポレーション、昭和電工マテリアルズ(旧日立化成(株))、(株)日本触媒)
 (実施期間：H28 年 11 月～H33 年 3 月)
- ④ 研究開発課題 2-1： 印刷型高性能有機トランジスタ基盤技術
 (山形大学、東ソー株式会社) (実施期間：H28 年 11 月～R3 年 3 月)
- ⑤ 研究開発課題 2-2： 印刷型センサ基盤技術と情報通信融合化
 (山形大学、米沢栄養大学、アルケマ(株)、三菱ケミカル(株)、横河電機(株)、セパレータデザイン(株)) (実施期間：H28 年 11 月～H33 年 3 月)、(味の素ファインテクノ) (実施期間：H28 年 4 月～H30 年 3 月)
- ⑥ 研究開発課題 2-3： 3D 表面微細回路印刷基盤技術
 (山形大学、DIC(株)、三菱ケミカル(株)、(株)荘内銀行))
 (実施期間：H28 年 11 月～R3 年 3 月)
- ⑦ 研究開発課題 2-4： バイオマテリアル技術
 (九州大学、三菱ガス化学(株)、(株)日本触媒(2018 年度まで)、旭化成メディカル(株)、日油(株)(2019 年度まで)、住友ゴム工業(株)、第一工業製薬(株)(2019 年度から)) (実施期間：H28 年 11 月～R3 年 9 月)
- ⑧ 研究開発課題 3： ソフトアクチュエータ

(山形大学、日立GEニュークリア・エナジー(株)、(株)クレハ、帝人(株)、
江崎グリコ(株)、エヌ・デーソフトウェア(株)、住友精化(株)、(株)ジンズ
ホールディングス、三菱ケミカル(株)) (実施期間：H28年11月～R3年9月)

⑨ 研究開発課題4-1：機能有機電気化学マトリックスの明確化

(山形大学、三井化学(株)(2017年度まで)、セパレータデザイン(株)(2018年度～))
(実施期間：H28年11月～R3年9月)

⑩ 研究開発課題4-2：イオン移動マネジメントシステムの構築

(山形大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、(有)芳尾電気化学研究所) (実
施期間：H28年11月～R3年9月)

⑪ 研究開発課題5：社会システム・ソフトマターロボティクス

(山形大学、鶴岡工業高等専門学校、(株)山形銀行、NECエンベデッドプロダクツ(株)
(～2017年度まで)、弘栄設備工業(株)(2018年度まで)、(株)弘栄ドリームワークス
(2019年度～)) (実施期間：H28年11月～R3年9月)

5.1 研究開発課題1 「ソフトデバイス接着」

キーテクノロジー	ソフト機能材料・デバイス
研究開発テーマ	ソフト機能材料・デバイス
課題代表者	結城 敏尚 山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンター 准教授
実施期間	2016 年 11 月～2021 年 9 月
共同研究機関	山形大学、(株) カネカ (2017 年 3 月まで)、(株) モレスコ・(株) イデアルスター (2018 年 4 月～2021 年 9 月)

5.1.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 1-1	MS1-1	ソフトエレクトロデバイスの保護に最適な封止性能を実現する材料、及びデバイス作製プロセスの開発。	計画達成度 (100%) 常温常湿下において、曲率半径： $R < 5$ mmの動的な繰返し折り曲げ試験を実施し、10万回試験後のサンプルに生じる欠陥、破壊モードを解析し、耐久寿命 3 万時間以上を達成する最終目標について、2021 年 6 月(当初の達成時期より半年遅れ)に達成したことを確認した。

5.1.2 最終目標に対する成果の詳細

フレキシブルエレクトロニクスデバイスにおいて、超薄膜・フレキシブル・ソフト・曲面形状を生かした各実装環境下における耐久性向上は重要な要素技術課題である。本研究では、フレキシブル基材上に形成されたソフトデバイスの保護に最適な封止性能を実現する材料、及びデバイス作製プロセスを開発する。特に機能層に有機材料を用いた有機エレクトロニクスデバイスの場合、有機材料の劣化の観点から水分・酸素から保護する必要がある、封止技術は必須である。具体的には、曲面形状を保持した状態（曲率半径： $R < 10$ mm）で外部環境からの水分等の活性分子がデバイスの信頼性に与える影響を評価し、その劣化のメカニズムの解明を目指す。

【アプローチ】

- 気体透過分子が各種バリア接着材料／構造を持つソフトデバイスに及ぼす影響を解析し、その劣化メカニズムの解明を目指す。
- 封止構造への水分子拡散の評価・解析およびシミュレーション技術の確立

樹脂＋吸着剤分散型 樹脂＋無機材料分散型 樹脂＋無機材料積層型

有機エレクトロデバイス 有機エレクトロデバイス 有機エレクトロデバイス

バリア接着層の例

従来技術の弱点を体系的に解明し、新たな高機能材料・デバイス構造を創出し、「柔軟性＋バリア性＋屈曲性」を極限まで高める。

・令和３年度最終目標

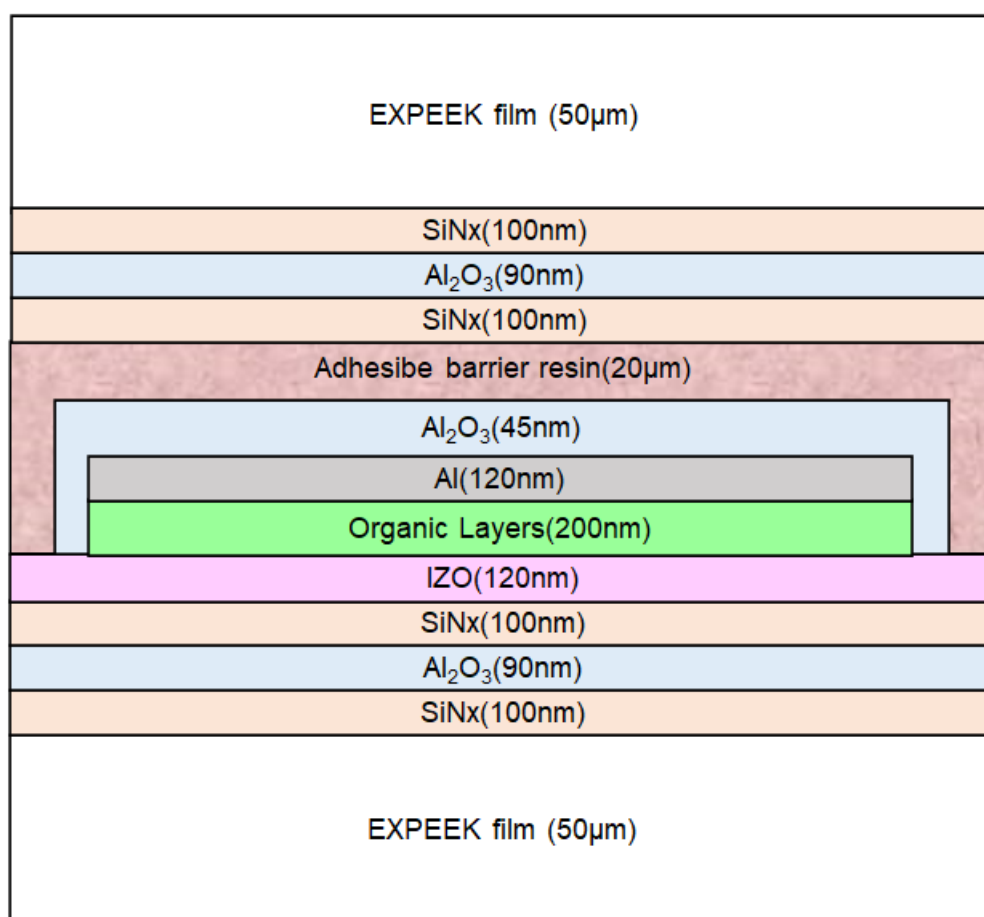
常温常湿下において、曲率半径： $R < 5\text{ mm}$ の動的な繰り返し折り曲げ試験を実施し、１０万回試験後のサンプルに生じる欠陥、破壊モードを解析し、耐久寿命３万時間以上を達成する封止・バリア基盤技術の確立を確認する。

・成果

1. 目標達成（１００％）

(ア)バリア接着層を有するフィルムにより封止保護された有機ＥＬデバイスの屈曲試験（曲率半径： $R=3.5\text{ mm} < 5\text{ mm}$ ）１０万回を実施した。その結果、本構造において、屈曲試験１０万回後でもバリア膜が破壊せず、バリア性を保つことが確認できた。

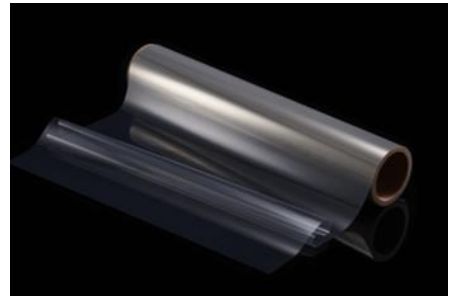
(イ)更に、同条件で１０万回の試験を追加した場合でも、バリア膜が破壊せず正常点灯する有機ＥＬデバイスを確認できた。



フレキシブル有機ＥＬサンプル構造（断面）

本検討に用いたフレキシブルデバイス用のフィルム基材は、高耐熱フィルム EXPEEK®（倉敷紡績株式会社）を新たに用いた。このフィルムは、二軸延伸 PEEK 樹脂フィルム的一种で高い $T_g: 320^{\circ}\text{C}$ を有し、耐薬品性、良好な透明性、低熱収縮性を兼ね備えている。

この EXPEEK フィルム基材上に無機バリア膜を成膜（山形大学）し、その上に有機 EL 素子を成膜し、さらにその上に、原子層積層法（ALD）を用いて Al_2O_3 膜を成膜（山形大学）した。この Al_2O_3 膜は、バリア性の付与というよりも、その後に封止側のバリア付きフィルムと接着バリア樹脂（モレスコ）との密着性を向上させる目的で形成した。接着バリア樹脂付き封止フィルム（樹脂は、モレスコが塗工）との張り合わせは、 80°C の温度下、ロールラミネーターで圧着（山形大学）した。



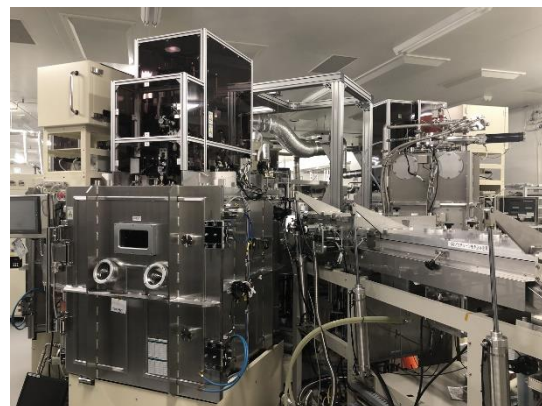
原子層積層装置（ALD）



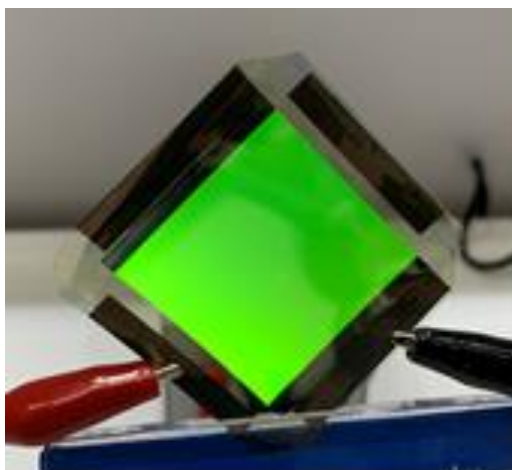
スパッタ装置



アライメント加熱ロールラミネーター



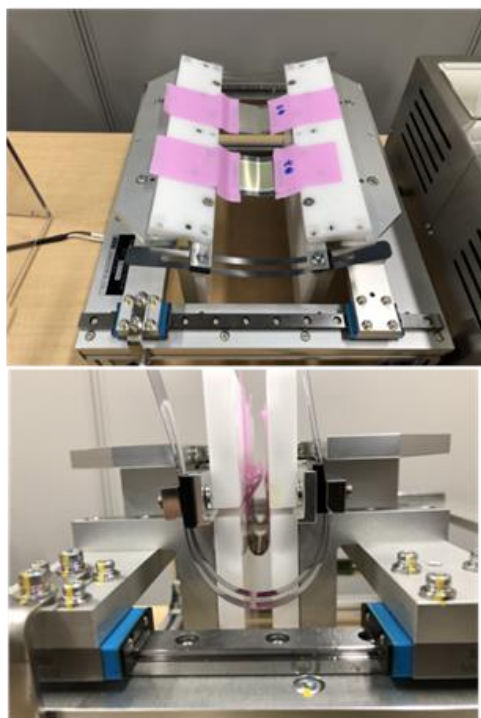
真空蒸着機



外径 50 mm × 50 mm × 3.2 mm のフレキシブル有機 EL 素子

0 mm、発光画素 32 m

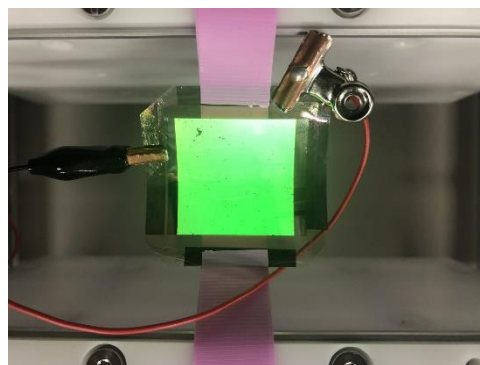
作成したフレキシブル有機 EL 素子を例に、代表的な屈曲試験を、曲率半径 $R=3.5$ mm、室温環境、10rpm で 10 万回実施した。



屈曲試験機

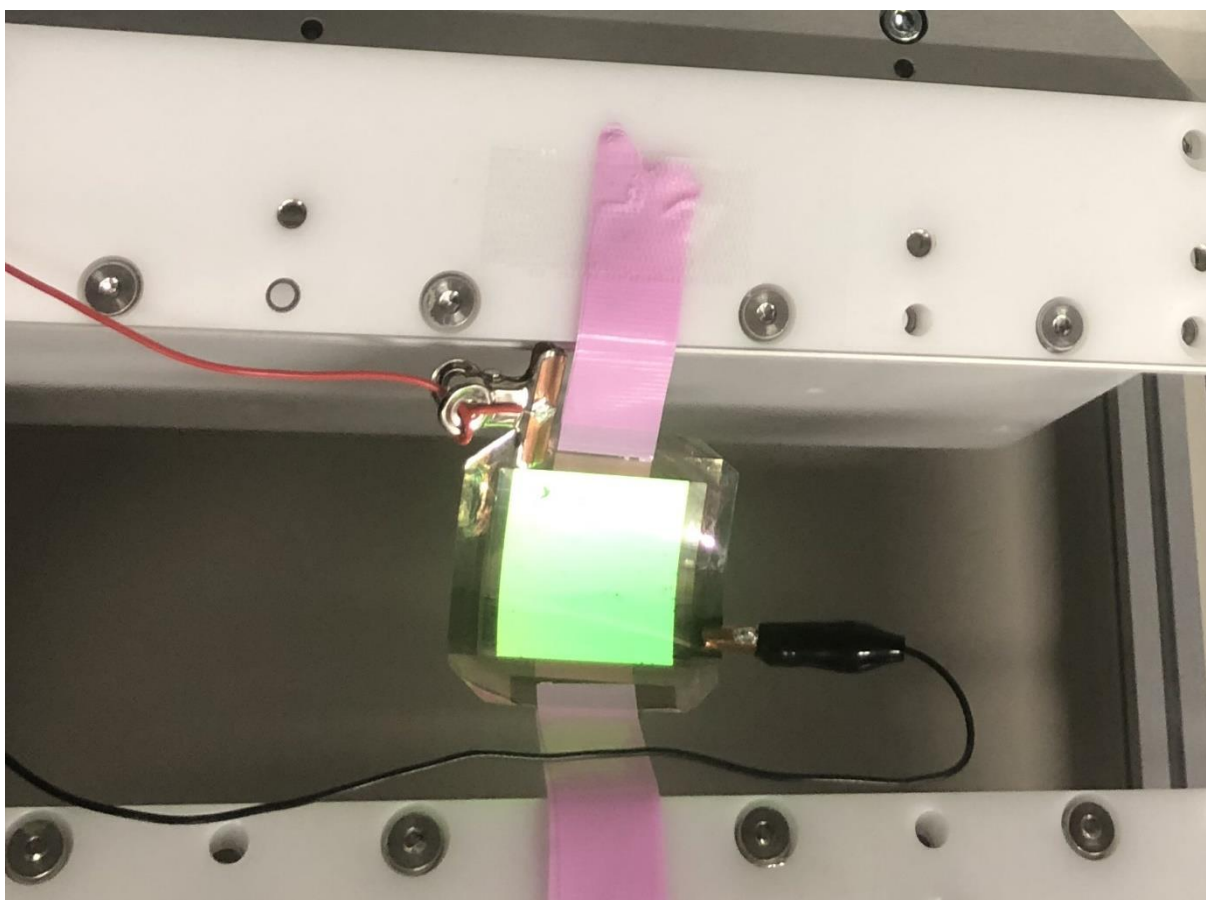


10 万回屈曲試験後



曲率半径 $R=3.5\text{mm}$, 10万回屈曲試験後の点灯状態確認。バリア膜が破壊せず、屈曲部が正常に点灯していることを確認。





曲率半径 $R=3.5\text{mm}$, 20万回屈曲試験後の点灯状態確認。バリア膜が破壊せず、屈曲部が正常に点灯していることを確認。

5.1.3 プロジェクト終了後の活動方針

本研究開発課題 1-1「ソフトデバイス接着」の最終目標については、本年度中に達成する見込みである。

本プロジェクト終了後の社会実装に向けた活動については、近年の急速なカーボンニュートラル社会の実現に向けた技術開発が求められる中、本研究開発技術は、有機薄膜太陽電池 (OPV) への応用、実用化が大いに期待される。その為、本プロジェクト終了後も共同研究企業と研究開発を継続し、社会実装へ向けた取り組みを加速していく予定である。

多くのセンサ・デバイスの機能層や電極は、外界の水蒸気や酸素により劣化が起こるためバリア構造（パッシベーション構造）は必要である。したがって、本研究の成果は単に有機 EL だけでなく、多くのセンサ・デバイスの保存性・信頼性を向上する基盤技術である。Phase 2 以降では、センサ、電池、回路等の集積化を進める予定であり、その基盤技術として本研究は発展的に連携を予定している。特に二次電池では活性な電極を用いるため、水分には敏感に劣化する。これは有機 EL と共通の課題であり、二次電池への応用により信頼性向上が望める。特に透明なハイバリアは、電池内部の観察も可能であるため、電池の劣化解析や出荷検査等にもメリットが有ると考えている。センサ分野においては、二次電池ほどの要求は無いものの Ag 配線の

酸化など配線、電極などの保護は用途により必要であり、プリントエレクトロニクスの高信頼性に寄与できる。

5.1.4 その他

特になし。

5.2 研究開発課題 1-2 「ソフトデバイス基板の気体透過」

キーテクノロジー	ソフト機能材料・デバイス
研究開発テーマ	ソフト機能材料・デバイス
課題代表者	古川 忠宏
実施期間	山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンター 准教授
共同研究機関	山形大学、帝人（株）、（株）セリアエンジニアリング（2017 年度～）、竹田印刷（株）（2017 年度～）、東京プロセスサービス（株）（2017 年度～）

5.2.1 マイルストーンと達成状況

課題 番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課 題 1-2	MS1- 2-1	フィルムの洗浄の最適方法を確定する	フィルムの洗浄の最適方法を確定する (100%)
	MS1- 2-2	HMDSO 以外のプレカーサーを評価する	CVD 用プレカーサーの評価 (100%)
	MS1- 2-3	各層間の密着信頼性を得られる材料を確定する	高信頼性を得るための界面制御 (100%)
	MS1- 2-4	バリア層の水蒸気透過率 $1 \times 10^{-4} \text{g/m}^2 \cdot \text{day}$ 以下	バリア膜組成の解析と特性評価 (90%)
	MS1- 2-5	バリア層の水蒸気透過率 $1 \times 10^{-5} \text{g/m}^2 \cdot \text{day}$ 以下	複層プロセス (100%)
	MS1- 2-6	作製したサンプル上に、透明電極または OLED 照明素子を形成して問題点を抽出する	OLED 照明用としての複合評価 (100%)
	MS1- 2-7	位置合わせソフト・ハードの改良と検証・アライメントと線幅の確認手段の設置	位置合わせソフト・ハードの改良と検証・アライメントと線幅の確認手段の設置 (50%)
	MS1- 2-8	印刷時に基板が版から速やかに剥がれること	印刷時に基板が版から速やかに剥がれること (60%)
	MS1- 2-9	EPC の検討と装置への設置	EPC の検討と装置への設置 (0%)
	MS1- 2-10	生産スピードを 1m/min を目標とした、基板送り、アライメント、印刷後のアライメント確認、インキ返し の速度アップのための要素技術を確立する	生産スピードを 1m/min を目標とした、基板送り、アライメント、印刷後のアライメント確認、インキ返しの速度アップのための要素技術を確立する (0%)
	MS1- 2-11	・ 乳剤の表面コート検討開発・樹脂を使わない材料でのスクリーン版の開発	乳剤の表面コート検討開発・樹脂を使わない材料でのスクリーン版の開発 ・効果確認用のスクリーン版を作製し、山

		・ 効果確認用のスクリーン版を作製し、山形大学で有機EL照明を作製して評価する	形大学で有機EL照明を作製して評価する(100%)
	MS1-2-12	・ マイクロシープ用原版作製 ・ 高メッシュ品を東京プロセスサービス・竹田印刷での評価 ・ 効果確認用のスクリーン版を作製、山形大学で評価	マイクロシープ用原版作製 ・高メッシュ品を東京プロセスサービス・竹田印刷での評価・効果確認用のスクリーン版を作製、山形大学で評価(0%)
	MS1-2-13	画像形成用乳剤材料、メタル形成用メッキ技術の開発及び版の評価(OLED照明作製)	画像形成用乳剤材料、メタル形成用メッキ技術の開発及び版の評価(OLED照明作製)(0%)
	MS1-2-14	課題 2-11~13 開発項目で開発したスクリーンマスク仕様で、本開発の印刷条件に合わせた実印刷での寸法変化確認。1ロット位置精度を維持できるスクリーンマスクの開発。テストは山形大学で行う。	課題2-11~13開発項目で開発したスクリーンマスク仕様で、本開発の印刷条件に合わせた実印刷での寸法変化確認。1ロット位置精度を維持できるスクリーンマスクの開発。テストは山形大学で行う。(0%)

5.2.2 最終目標に対する成果の詳細

まず計画時の目標を以下に記述する。

実施期間中目標

機能層に有機材料を用いた有機エレクトロニクスデバイスの場合、有機材料の劣化の観点から水分・酸素から保護する必要がある。フレキシブル有機エレクトロニクスデバイスを実現するに当たり、プラスチック製のフレキシブルフィルムを用いてもデバイスの高信頼性を確保するためには、デバイスを劣化させる要因となる水分やガスの透過を遮断するハイガスバリア膜をプラスチック基材上に形成することが必須となる。そこで、ロール to ロールによる化学気相成長法(CVD)によりハイガスバリア膜を形成する際の成膜ガス種、成膜条件を検討し、膜の組成や特性との関係を体系的に研究する。また、フィルム表面や膜界面の制御を行うことで良好な膜を形成するプロセス研究を行う。これらの研究に基づく知見は、ソフトマターメカトロニクスだけでなく、広くフレキシブルデバイスに利用可能であるが、本研究では特にソフトマターメカトロニクスに必要なスクリーン印刷を主体とした印刷の基礎技術に関する検討を進める。

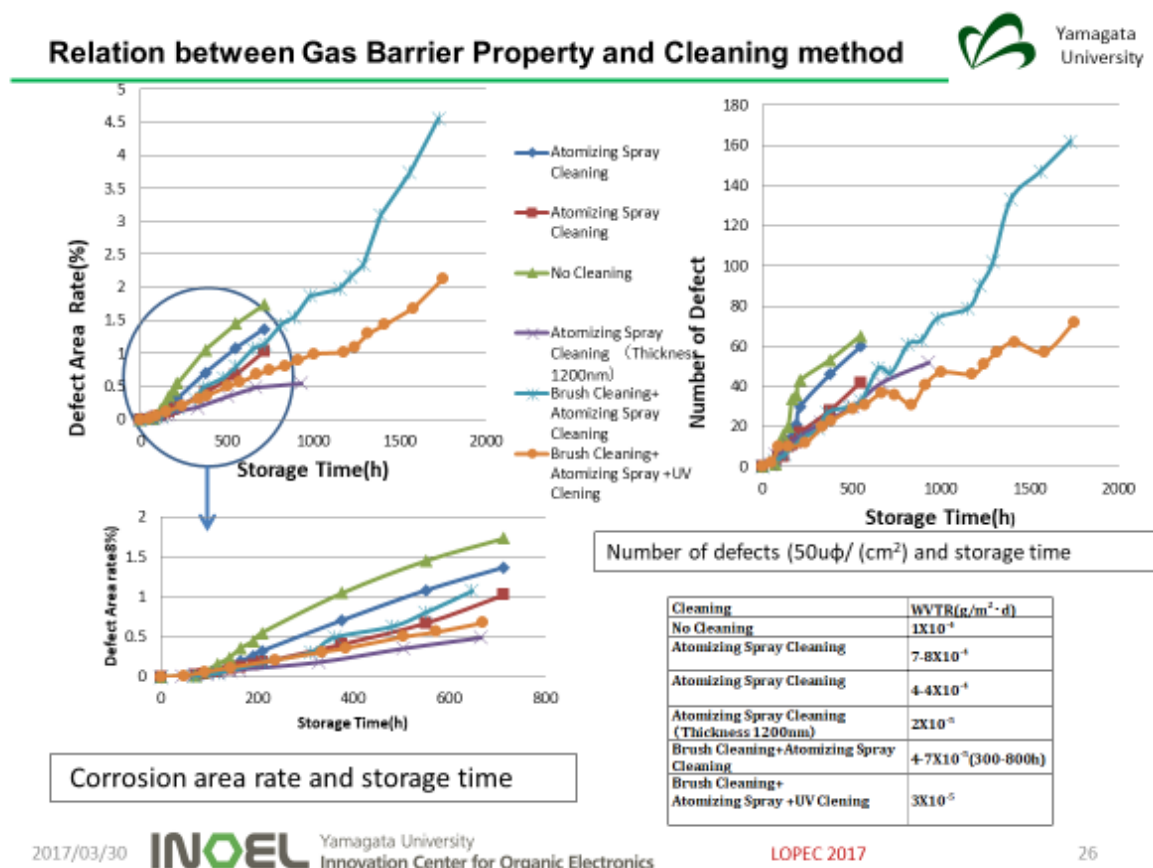
目標

- ・ ハイガスバリア膜をプラスチックフィルム上に安価に形成するための基礎技術を確立する
 - ・ バリア膜1層で水蒸気透過率 $1 \times 10^{-4} \text{g/m}^2 \cdot \text{day}$ 以下(3年経過後)、バリア膜2層で $1 \times 10^{-5} \text{g/m}^2 \cdot \text{day}$ 以下(5年経過後)
 - ・ スクリーン印刷を主体とした印刷基礎技術の確立
- ① スクリーン版のコンタクトによる汚染の低減(なきこと)
 - ② アライメント精度の向上($\pm 20 \mu\text{m}/200\text{mm}$ 以内 できれば $10 \mu\text{m}$ 以内)
 - ③ スクリーンメッシュによる印刷パターン凹凸の低減(パターン膜厚に対して15%以内)

④ 細線印刷（ $20\mu\text{m}$ 以下）で 100 ショット以上の安定性）

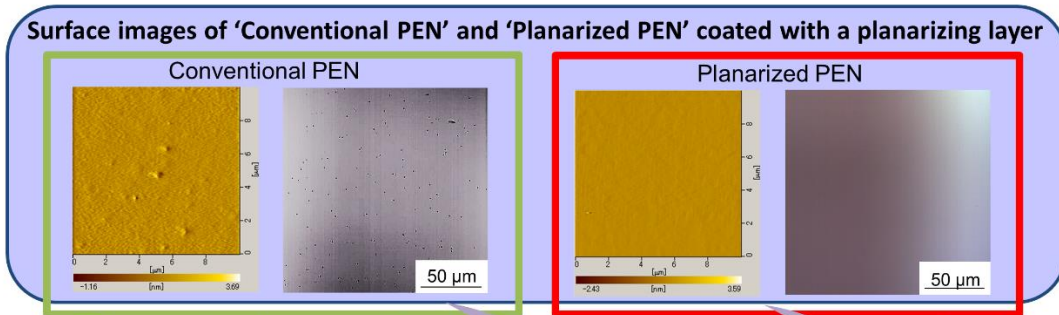
バリア関連の成果

A. 当初、PEN フィルムの上に有機ケイ素化合物である HMDSO（ヘキサメチルジシロキサン）をプリカーサーとして CVD でバリア膜を成膜することでハイガスバリアフィルムを開発した。成膜前洗浄、特に物理的な洗浄方法であるブラシ洗浄の効果が高く、洗浄でバリア性能が 1 桁向上することがわかった[MS1-2-1]。この結果は LOPEC 2017 で報告（Gas Barrier Film for OLED Devices）した。発表時の代表的なスライドを以下に添付する。



B. バリア膜の性能には PEN フィルムの表面状態が大きく影響することも分かった。PEN フィルムの表層には数十 nm の突起が観察されたが、バリア膜の厚みでカバーできハイガスバリアフィルムが得られたが、この上に透明電極である IZO（インジウム錫の酸化物）をスパッタするとバリア性能は一桁低下することがわかった。これを回避するため、平坦化を向上させるアンカー層を形成することで IZO 付きバリアフィルムのバリア性能の低下を回避できることがわかった[MS1-2-4]、[MS1-2-5]。この内容は IDW '17 で報告（High Gas Barrier Film for OLED）した。また、バリア性能の評価に Ca の腐食観察を用いているが、Ca の腐食と OLED の代表的な欠陥であるダークスポットの相関があることを示した[MS1-2-6]。この評価方法をベースとし、後述するが新しい標準を作成した。

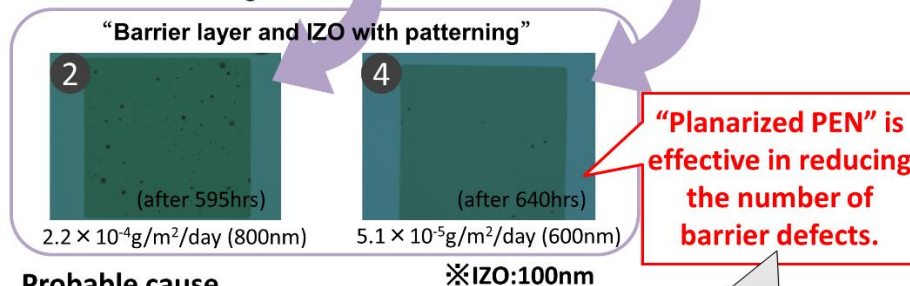
The effect of the planarization of PEN on the barrier property



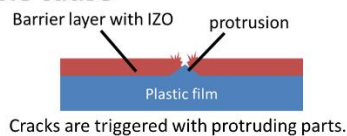
Micro protrusions were found.

Micro protrusions were not found.

<Ca corrosion images under 40 °C and 90 %RH>



Probable cause



"Planarized PEN" is effective in reducing the number of barrier defects.

This is generally well known, but there has been no report!

Comparison of defect by Ca corrosion method and OLED

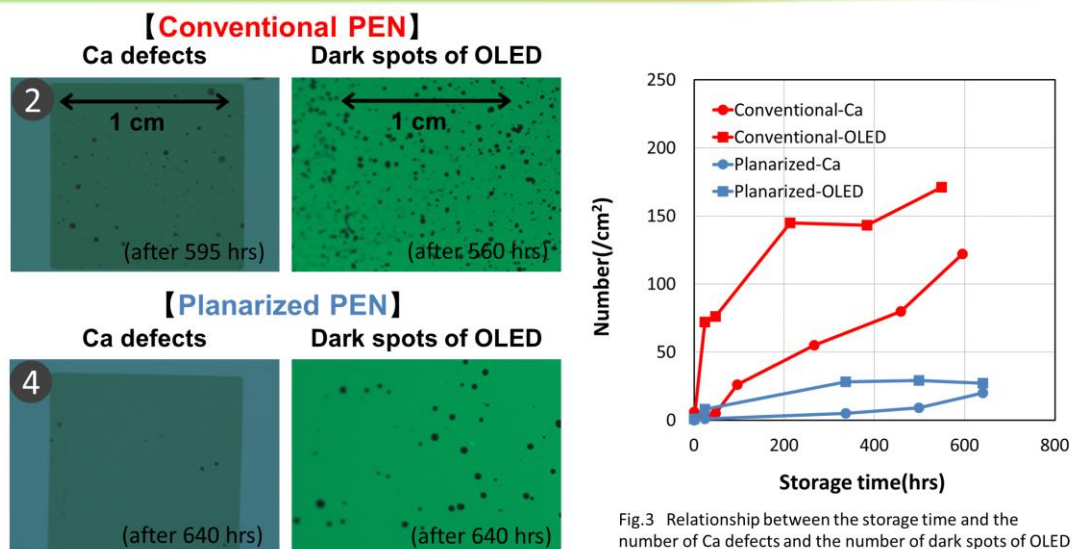
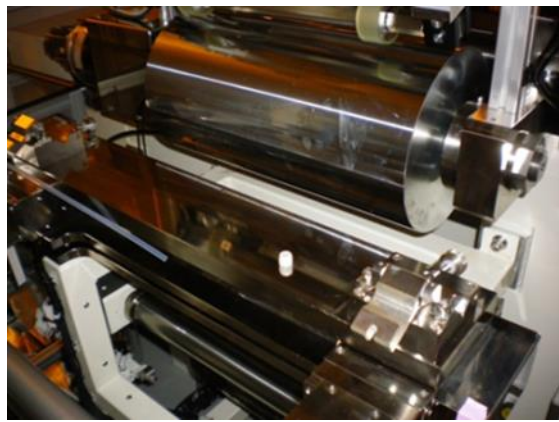


Fig.3 Relationship between the storage time and the number of Ca defects and the number of dark spots of OLED

There was correlation between the Ca defects and the dark spots of OLED!

C. アンカー層の変更によりハイガスバリアフィルムの反の改善

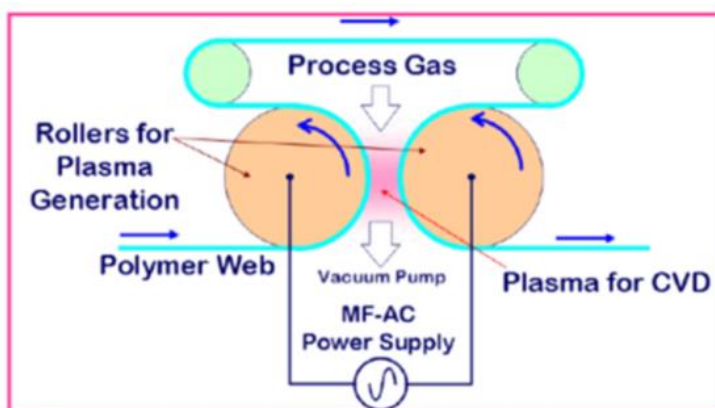
ハイガスバリアフィルムの性能は、従来のものから ADEKA 社製アンカーコートを用いることで大幅に改善された。アンカーコートは大学所有の R2R のスリットコーターで塗工した。



大学所有の R2R スリットコーター

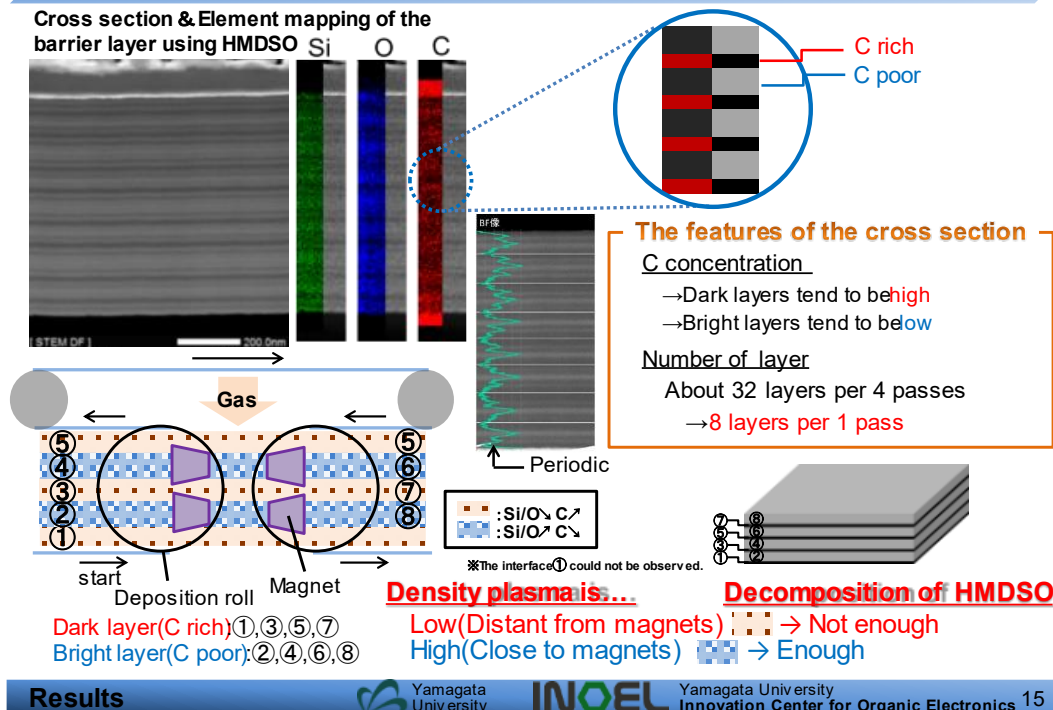
また、このアンカー層を用いると、基板の反りが大幅に抑制できた。この反り抑制は ADEKA 社製アンカー層が従来のものより柔らかいと考えているが、まだ物性は未測定である。学内に適当な機器がないので、機器所有の工業試験場での計測を考えている。

D. バリア膜の構造解析を行った。ロールプロセスで作製するガスバリアー膜はシートプロセスと違い、成膜時に搬送や巻き取りなど色々なストレスがバリア膜にかかり欠陥が発生しやすい。そのため、バリア膜の組成とバリア効果の関係を調べた。調べた結果、成膜機構上バリア膜の組成が均一でないことがわかった。これは成膜ロール中にある磁石の影響によるもので、磁場の強弱により転化が進んだより SiO₂ に近い層と、カーボン分が残っている柔らかい層が堆積した構造になったと推測される。なお、ロールプロセスで膜全体を SiO₂ 層に近い膜ができる成膜条件に設定した場合、バリア膜は欠陥だらけでバリア性能の劣ることも分かった。このことは、シートプロセスで導いた最適条件をロールプロセスで適応することはできないことを示している。ロールプロセスでは、バリア性の良い硬い膜と、バリア性は劣るが欠陥を防止するための柔らかい膜の積層構造が良いバリア性能を得るためには重要であることがわかった。この内容は IDW '18 (Development of High Gas Barrier Film Using Novel Precursor by Roll to Roll PECVD) で報告した。



CDV 成膜室の構成

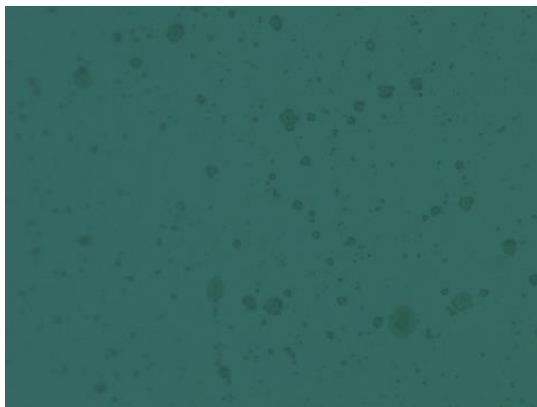
Cross section of barrier layer using HMDSO as a precursor by Roll to Roll



E. HMDSO 以外のプリカーサーを数種検討した。その中で目的のバリア性能を発揮できたのは TG-41 (東ソー製) のみであった。このプリカーサーを用いて成膜したバリア膜は高透明であるが、生産性が大幅に悪い。そのため、HMDSO と TG-41 の積層膜も検討した[MS1-2-2]。この内容は IDW '17 で 2 件報告した (Development of High Gas Barrier Film Using Novel Precursor by Roll to Roll PECVD) (High Gas Barrier Films with Heterogeneous Multilayer)。

F. 当初の予定になかったが PET 上へのバリア膜形成を試みた。

PET 用の条件は耐熱温度が低いことから PEN と同一条件が使えないことがわかり、搬送するスピードを上げ、反復の回数を増やすことで一定のバリア性の結果が出たが、結果が安定していなかった。一度は 10^{-5} 乗台の水蒸気透過率は得られたこともあったが、繰り返し再現実験をすると 10^{-4} 乗台のバリア膜であることがわかってきた。図でカルシウム腐食法での欠陥を示す。左側は PET 上に製膜したバリア (191 時間後)、右側は PEN 上に成膜した (616 時間後) カルシウムの状態を観察したものである。PET 上は時間が短いにもかかわらず、欠陥個数、大きさともに大きいことがわかる。

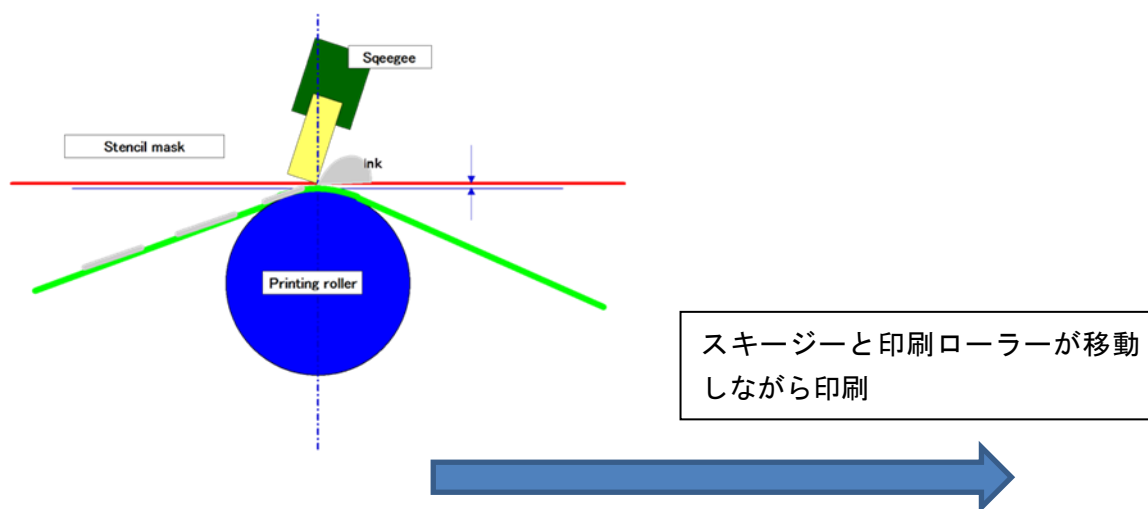
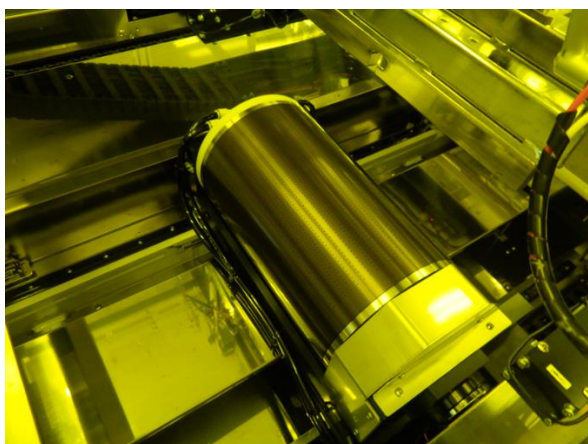


PET 上のカルシウムの観察結果（191 時間後）

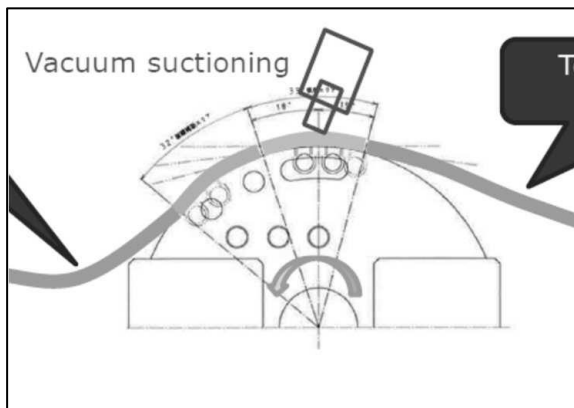
PEN 上のカルシウムな観察結果（616 時間後）

スピードを上げたことで、柔らかい層が薄くなったことが原因で我による欠陥が増加したと推測して、2021 年度になってから条件の再検討を続け、バリア膜の膜厚を 3 割程度厚くすることで、 1×10^{-5} のバリア膜を形成することに成功した

E. スクリーン印刷機の位置合わせ制度向上を基板の版離れ向上のため、印刷ロールを吸着型に変更した。[MS1-2-7] [MS1-2-8]

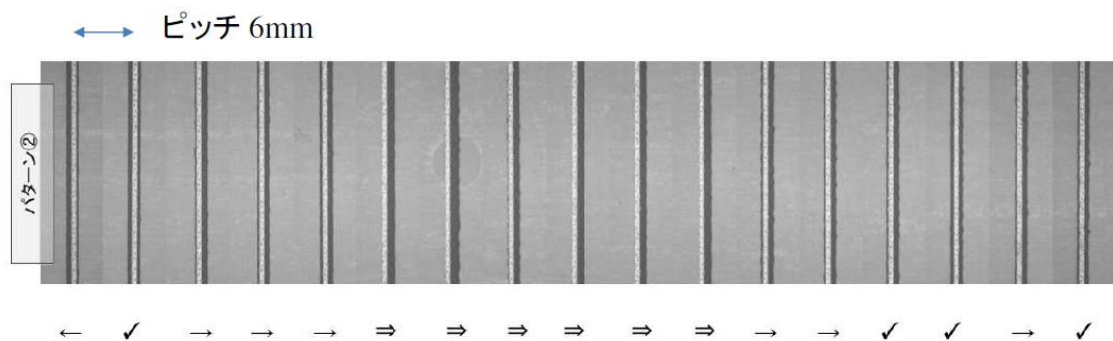


スクリーン印刷 印刷部分の移動機構



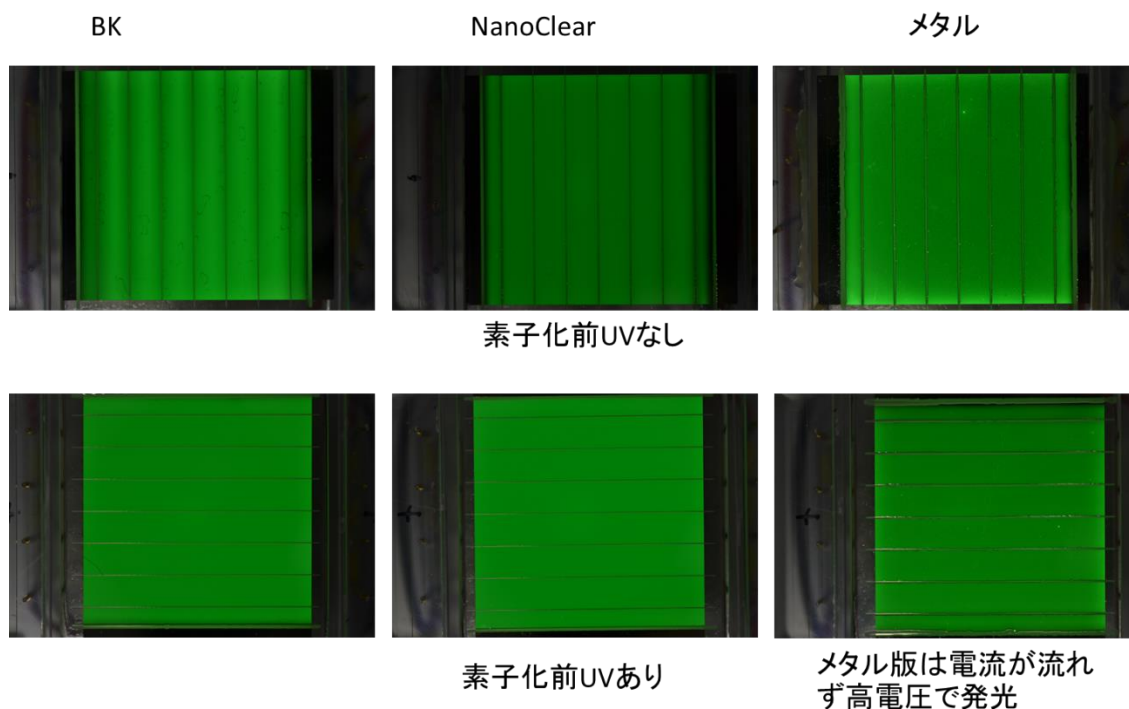
印刷ロールの吸着穴

これでアライメント位置での位置ずれはなくなったが、パターンの局所的なずれが発生している。全体にずれているのではなく、印刷方向での局所的なずれである。



この印刷時の位置精度の異常は原因まで判明している。印刷のローラーの回転はギアを2か所使って力を伝達しており、このギアのギア目が印刷ずれの原因であった。改善に関しては手間、費用面もあり調整中である。そのためこれ以降の印刷関連のテーマは大幅に遅延し中止した。

F. 通常のスクリーン印刷版は版材に乳剤を使用し、この部分が印刷基材に接触する。以前より、乳剤が基材表面に移行し、OLED をその基材上に形成すると、表面に移行した乳剤が絶縁膜となり発光不良が起こることがわかった。乳剤所上への表面処理、版材質の変更でこれを防止できることがわかった。[MS1-2-11]



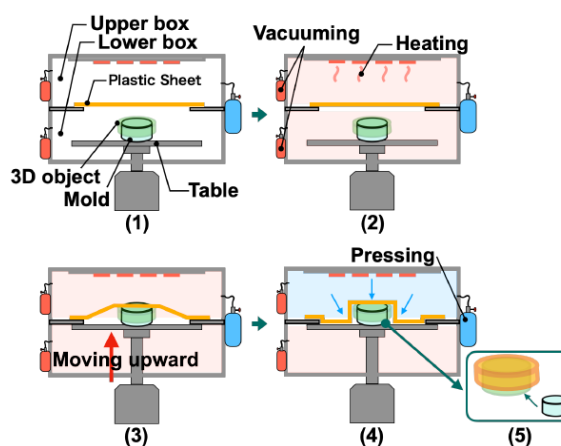
G. 本テーマとソフトマターロボティクスをつなぐため、電極配線の3D加工技術（熱成形加工）の材料開発及び評価にも取り組んでいる。

電極付きフィルムを3次元加工するときの、電極の断線機構について実験し知見を得た。

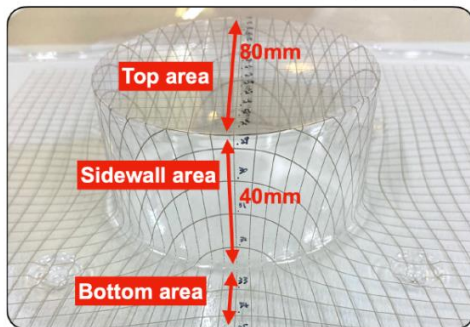
我々はTOM成型機で2次元の配線基板を3次元に加工している



TOM 成型機 加工プロセス



3D 成型時の配線の伸びによる断線機構は、印刷時のへこみの場所を起点に断線することがわかり、印刷時の均一性が向上されると伸びによる断線が大幅に減少することがわかった。この内容は IDW' 20 で報告した (Advanced Technology for 3D Electronics: Effect of Process Conditions of Pressure Forming on Electric Wiring Integrated PC Sheet)。

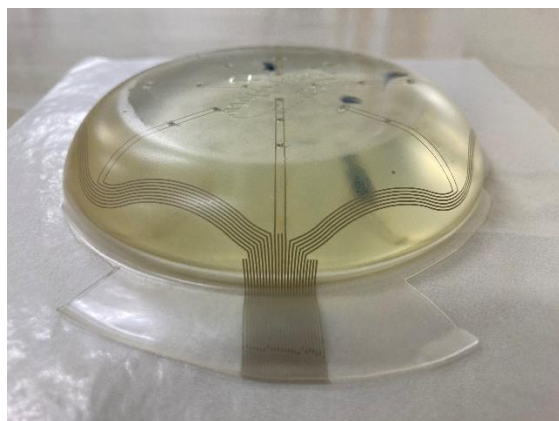
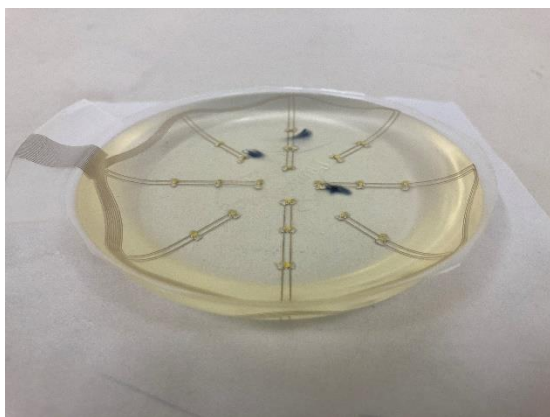


Marking point	8-9	12-13	10-11	9-10
Sheet elongation rate [%]	61.0	71.0	120.0	160.0
Line height [μm]	21.3	20.6	21.0	23.2
Line width [μm]	222.8	250.9	219.4	220.5
Line cross section	2977.0	2994.9	2960.2	3248.6
Surface photos				

さらに、柔らかい材料の 3 次元成型を試みた。柔らかいプラスチックは高温領域で t_g がないため、熱成型しても元の形状に戻ってしまう。そのため、架橋前の樹脂を熱成型することで 3 次元形状に加工できることがわかった。



現在これに電極配線と LED 装着を試みており、9 月までに第一回目の試作品を完成させる予定である。



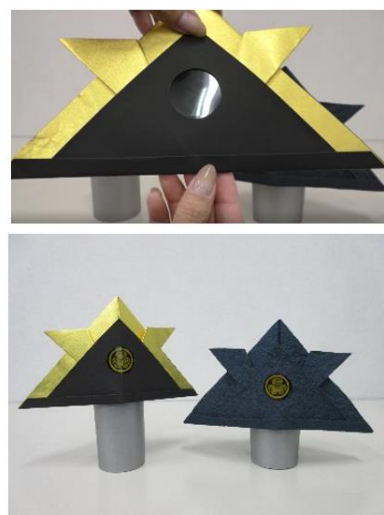
5.2.3 プロジェクト終了後の活動方針

ガスバリアフィルムに関しては、終了時までには PET フィルムで達成できるであろう。この開発は 2018 年度より学会発表を避けている。理由はノウハウ的な要素が強くなり、競争領域に踏み出す時に、不利になると判断したからである。この技術の有力な用途として、サイネージ用途がある。

これに関しても我々は開発を展開している。写真は竹田印刷と共同開発した試作品である。彼らの顧客に徳川美術館があり、これらはギフトに最適な製品である。これらの製品はスイッチと薄電池を搭載しており、スイッチを押すと OFED が光る構成になっている。また、現在は米沢市のマスコットキャラクターを使った製品も試作しており、土産物として高価に売れる商品として期待できる。ハイガスバリアフィルムとこれから作製される OLED 照明は当面は高価なため、このような用途展開を組み合わせ、市場参入する必要がある。



サイネージ用 OLED メモ帳、印籠、しおり



兜

印刷関係、特に 3D 成型技術はすでに競争領域の具体的製品を目指した共同開発が 2 件入っている。柔らかい材料の 3 次元成型は当面非競争領域の研究として続ける予定である。

多くのセンサ・デバイスの機能層や電極は、外界の水蒸気や酸素により劣化が起こるためバリア構造（パッシベーション構造）は必要である。したがって、本研究の成果は単に有機 EL だけでなく、多くのセンサ・デバイスの保存性・信頼性を向上する基盤技術である。Phase 2 以降では、センサ、電池、回路等の集積化を進める予定であり、その基盤技術として本研究は発展的に連携を予定している。特に二次電池では活性な電極を用いるため、水分には敏感に劣化する。これは有機 EL と共通の課題であり、二次電池への応用により信頼性向上が望める。特に透明なハイバリアは、電池内部の観察も可能であるため、電池の劣化解析や出荷検査等にもメリットが有ると考えている。センサ分野においては、二次電池ほどの要求は無いものの Ag 配線の酸化など配線、電極などの保護は用途により必要であり、プリンテッドエレクトロニクスの高信頼性に寄与できる。

5.2.4 その他

当プログラムで培ったバリアの評価方法を2018年に SEMI で標準化した。SEMI はエレクトロニクス材料、設計、装置、ソフトウェア、デバイス、サービスの工業会で標準はフォーラム標準である。ここで山形大学-古川忠宏、帝人-伊藤晴彦（OPERA プログラム企業側参加者）、明治大学-永井一清（ISO スタンドアードのこの分野の代表者）、住友ベークライト-江口敏正が中心になり“SEMI D78 – Test Method of Water Vapor Barrier Property for Plastic Films with High Barrier for Electronic Devices”を作成し出版した。通常はバリアの評価は水蒸気透過率(WVTR)で行われるが、この標準はバリア膜の欠陥に着目した標準であり WVTR 測定する ISO 標準より価値があるものと考えている。

また、OPERA プログラムで学生（修士課程）4 名が4 件の査読付き国際学会（IDW-International Display Workshops）で発表した。

また、例年 JFlex 展に山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンターとして出展しているが、2019 年、2020 年のプロセス関連分野のアワード受賞にこのテーマは大きく貢献した。



5.3 研究開発課題 1-3 「ソフトマター発光デバイス」

キーテクノロジー	ソフト機能材料・デバイス
研究開発テーマ	ソフト機能材料・デバイス
課題代表者	硯里 善幸 山形大学 有機材料システム研究推進本部 准教授
実施期間	2016 年 11 月～2021 年 3 月
共同研究機関	山形大学、関東化学(株)、(株) ユー・コーポレーション、日立化成(株)、 (株) 日本触媒 (2017 年度～)

5.3.1 マイルストーンと達成状況

課題 番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課 題 1-3	MS1- 3-1	ソフトマター上の表面改質	VUV 処理により、ソフトマターであるシリコン表面上にバリア・デバイスの形成が可能となった。
	MS1- 3-2	ソフトマター上への薄膜形成技術 /2x2mm 角デバイス歩留まり 50%	バリア層とデバイスの機能層をウェットプロセスにすることにより、シリコン基板上に有機 EL 素子 (2x2mm 角) を歩留まり 80%以上で形成することに成功した。
	MS1- 3-3	非接触印刷法による HIL 印刷技術獲得	非接触印刷法として、3D 形状にも比較的適応が容易であるジェットディスペンサーを用いて印刷条件検討を行ったが、液滴の大きさから塗布ムラが発生しており、さらなる検討が必要である。

5.3.2 最終目標に対する成果の詳細

目標 1：ソフトマター上に塗布型中間層/無機膜層を導入することで、ソフトマター上への有機 EL 素子が作製できる技術を確立する (2mm 角素子にて、発光が歩留まり 50%以上で可能な領域)

→ シリコン樹脂上 (PDMS) に 2x2 角発光デバイスを歩留まり 88%で作製。(目標達成)
また、33x33mm 角発光デバイスにも成功している。

目標 2：ソフトマター上への塗布手法として、候補は多数あるが、非接触型印刷手法を検討する。インクジェットならびにジェットディスペンサーを候補とする。有機 EL 層の第一層目である正孔注入層 (HIL) にて技術確認をする (2mm 角素子にて、発光が歩留まり 50%以上で可能な領域)

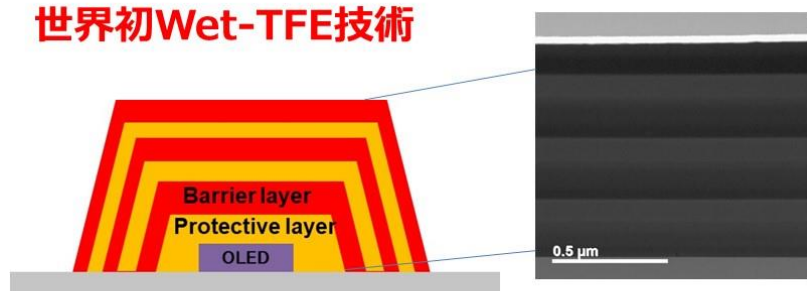
→ 装置コストが安く、3D 形状にも比較的容易に対応可能なジェットディスペンサーにて HIL 印刷を検討したが、塗布ムラが改善できていない。(目標未達)

○ソフトマター上へのデバイス作製技術

特に有機 EL はデバイスの膜厚が薄い ($\sim 0.5 \mu\text{m}$) こともあり、平坦なガラスやフレキシブルデバイスとして特殊なポリイミド上に形成されてきた。例えば、平坦な基板上に形成された有機 EL 素子を凹凸のある基材に転写する報告されているが、ソフト材料上への直接形成は報告例が無い。今回ソフト材料として、PDMS (ポリシロキサン基材) を選択した。基材として Super-PDMS (フコク物産) を用いた。

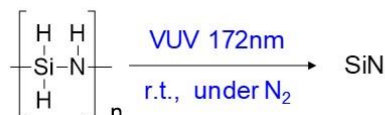
当研究室では、ソフトマター上にウェットプロセスにて、バリア構造を形成する研究を推進してきた。これはプレカーサ膜に VUV 光 (真空紫外光 172nm) を照射することで、緻密な無機膜をえる手法である。令和元年度、この技術を進め、ポリシラザン (PHPS) に VUV 光照射することで SiN 層を生成し封止性能を向上させた。(ACS Appl. Mater. Interfaces, 11(46), 43425–43432 (2019)) 令和元年度 WVTR は $3 \times 10^{-3} \text{g/m}^2/\text{day}$ 、有機 EL の保存試験では 500 時間 ($60^\circ\text{C}/90\%$) であり、ウェットコートによる封止技術としては、世界最高峰の性能を達成した。

世界初Wet-TFE技術



当研究室のプロセスの特徴

- 窒素下 (不活性雰囲気下)
- 室温
- VUV光照射 ($\lambda < 200\text{nm}$)



窒素下、VUV照射による
緻密な膜の生成

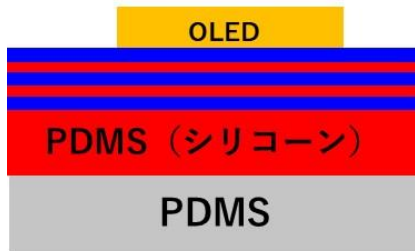
60°C/90%RH保管試験

Encapsulation	0h	1h	24h	168h	282h	528h
Bare OLED						
PDMS only						
Wet TFE 1unit						
Wet TFE 3unit						
Glass lid						

500hr@60°C/90%は
ほとんどダメージなし！

令和二年度、本バリア膜の緻密化プロセスの把握とバリア性能の向上を推進した結果、現時点のバリア性能は $\text{WVTR} = 10^{-4} \text{g/m}^2/\text{day}$ レベルを達成している (現在論文執筆中)。基板表面上の凹凸をバリアにて平坦に知っているが、それに加えてデバイスでの被覆特性が重要である。本バリア構造上に OLED $2 \times 2\text{mm}$ 素子を作製し、その歩留まり評価を行った。この素子は正孔注入層 (HIL) をウェットコートすることで、異物に対する被覆特性を向上させている。その結果、被覆特性 (歩留まり) はほぼ 88% (成功素子 7/8) であった。

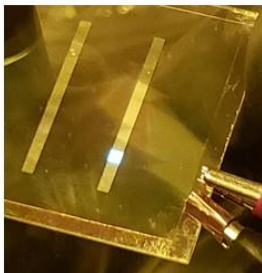
デバイス構造



表面平滑性



SEM image (バリア表面)



表面平滑化技術 + HIL 塗布技術

**2x2mmデバイスでは、ほぼ歩留まり
88%で、デバイス発光を確認**

素子短絡状況の観察

有機 EL のような縦型デバイスが異物により、どのように短絡するかを断面 TEM 画像から観察した。その結果を以下に示す。異物として、粒径制御された SiO₂ 粒子を用いている。

蒸着膜では、異物の影（異物下部）が成膜されず、上部電極（Al）と下部電極（ITO）が接触していることが分かる（短絡）。一方で HIL コート（スピコート）したデバイスでは、異物下部に薄膜が入り込み被覆しており、短絡を防いでいることが分かる。HIL に PEDOT/PSS（CH8000：水分散液）を 90nm ウェットコートした場合には、膜厚の約 5～10 倍の異物まで被覆できることが、電気特性から明らかとなった（論文投稿中）。

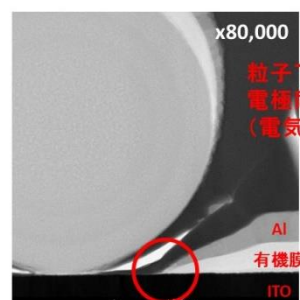
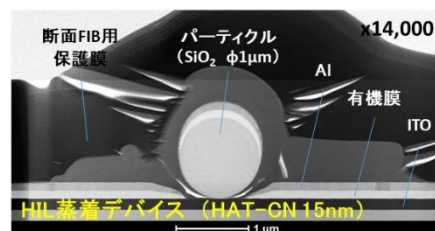
現在、溶媒と被覆特性の影響を検討しており、当初の予想とは反し濡れ性とは関係がないことも明らかとなっている。現在、その理由の調査と被覆特性の最適点、添加バインダーによる効果の検討を進める予定である。

LiF/Al 0.7nm/100nm
Alq ₃ 40nm
BAIq 10nm
CBP:Ir(ppy) ₃ 6wt% 35nm
NPD 25nm
HIL
ITO 150nm
Substrate (Glass)

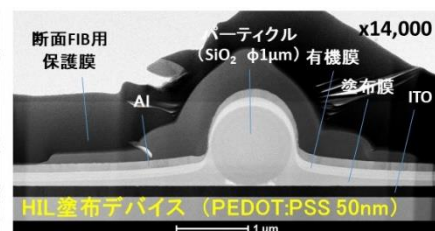
デバイス構成



SiO₂粒子分散液
(粒径: 0.2~5 μm)

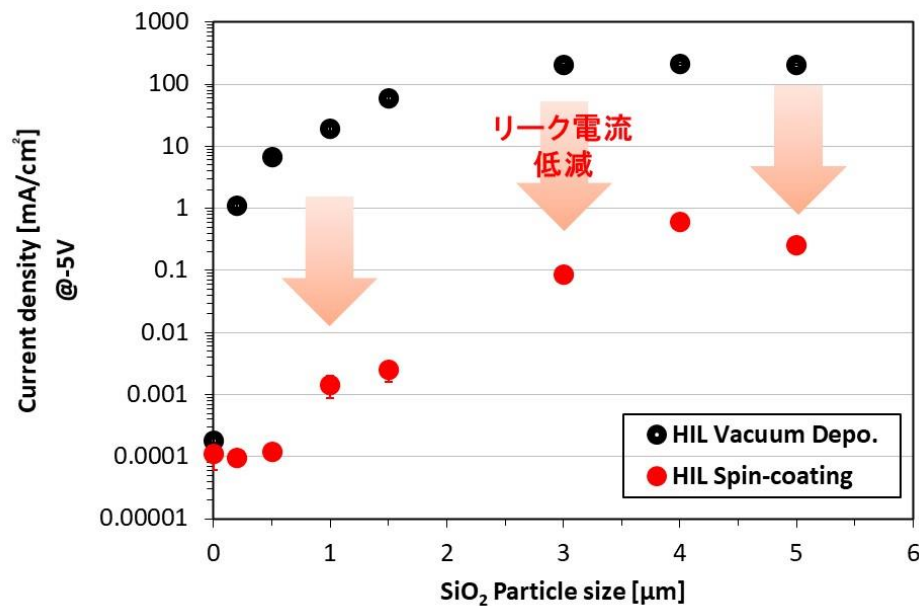


粒子下部で
電極同士が接触
(電氣的短絡発生)



塗布膜により
粒子下部を被覆
(電氣的短絡抑制)

異物への被覆状態（断面 TEM 画像）



リーク電流と異物サイズの関係性（蒸着 vs ウェットコート）

○非接触印刷法

デジタルファブリケーションやソフトマテリアルの 3D 形状への印刷を考えた場合、非接触印刷法、特にジェットディスペンサ、インクジェット法が望まれる。本研究ではジェットディスペンサに着目した。ジェットディスペンサの液滴サイズはインクジェットに比較して遥かに大きいですが、装置が比較的安価であり、3D への対応も比較的容易であることから、本研究ではジェットディスペンサを用いた。ジェットディスペンサは武蔵エンジニアリング製を用い、インクとして PEDOT/PSS (CH8000 水分散液) にアルコールを混合 (1 : 1) した溶液を用いた。ジェットディスペンサの塗布パターンによっても、塗布ムラは異なるが、全ての方法で、ムラが確認されている。これはジェットディスペンサの液滴サイズが大きいことに依存している。今後は乾燥スピードを遅くすることにより、よりレベリングを促す方向を予定している

5.3.3 プロジェクト終了後の活動方針

当初設定した目標のうち、ソフトマター上への OLED デバイス作製については、目標を達成している。しかしながら、大サイズのデバイスを作製するには、凹凸に対する被覆特性の向上が必要な状況であり、塗布溶液と被覆特性の解明と改良を進める予定である。非接触印刷手法については、新規性が高くかつ安価なジェットディスペンサにおいては液滴サイズの問題から、目標は現時点で達成できていない。インクの調整により目標達成を目指す。また報告例の多いインクジェットでは問題なく印刷できると考えているため、確認を急ぐ。

社会実装に向けて、ソフトマターに限らず凹凸上の上にデバイスを作製する潜在ニーズは大きいと考える。従って、検証としては OLED にて行なうものの、社会実装先としてはエレクトロニクス全般に向けて、成果を発信する予定である。また凹凸上へのバリア形成技術のニーズもあると考えていることから、今後広く情報発信を行なう予定である。広くプリントドエレクトロニクス技術として山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンターでのコンソーシアム形成も計画をしている。

多くのセンサ・デバイスの機能層や電極は、外界の水蒸気や酸素により劣化が起こるためバリア構造（パッシベーション構造）は必要である。したがって、本研究の成果は単に有機 EL だけでなく、多くのセンサ・デバイスの保存性・信頼性を向上する基盤技術である。Phase 2 以降では、センサ、電池、回路等の集積化を進める予定であり、その基盤技術として本研究は発展的に連携を予定している。特に二次電池では活性な電極を用いるため、水分には敏感に劣化する。これは有機 EL と共通の課題であり、二次電池への応用により信頼性向上が望める。特に透明なハイバリアは、電池内部の観察も可能であるため、電池の劣化解析や出荷検査等にもメリットが有ると考えている。センサ分野においては、二次電池ほどの要求は無いものの Ag 配線の酸化など配線、電極などの保護は用途により必要であり、プリントドエレクトロニクスの高信頼性に寄与できる。

特に本技術は、真空プロセスを用いずウェットプロセスにてハイバリアを形成できる。これをインクジェット等、デジタルファブリケーションに対応した簡易な方法で形成できれば、KT2：印刷型センサの水蒸気・ガスの保護、KT3：ソフトマター表面の素材保護・改質、KT4：二次電池用電池の水蒸気・酸素劣化抑制に連携・応用可能である。Phase2 でのデバイス集積化の基盤技術としてプロセス技術も含め、研究を進める。

5.3.4 その他

展示会

第11回 オートモーティブ
ワールド
クルマの先端技術展

第11回 国際カーエレクトロニクス
技術展 (カーエレJAPAN)

会期: 2019年1月16日[水]~18日[金] 会場: 東京ビッグサイト

硯里研究室(単独)にて出展
ブース: E40-37



第12回 オートモーティブ
ワールド
クルマの先端技術展

第12回 国際カーエレクトロニクス
技術展 (カーエレJAPAN)

オートモーティブワールド2020 [国際]カーエレクトロニクス技術展

日時: 2020年1月15日(水)~17日(金)

会場: 東京ビッグサイト 青海展示棟

ブース: A15-31 山形大学 硯里研究室

<https://www.car-ele.jp/ja-jp.html>



ソフトマターロボティクス特集(山形新聞)
2019/01/06~10 (5日間)



第一回
全体: 硯里



第二回
クラゲ: 古川英光先生



第三回
ミミズ: 多田隼先生

5.4 研究開発課題 2-1 「印刷型高性能有機トランジスタ基盤技術」

キーテクノロジー	ソフトセンシング
研究開発テーマ	ソフトセンシング
課題代表者	松井 弘之 山形大学 有機材料システム研究科 准教授
実施期間	平成 28 年 8 月～令和 3 年 3 月
共同研究機関	山形大学、東ソー（株）

5.4.1 マイルストーンと達成状況

課題 番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課 題 2-1	MS2- 1-1	チャネル長 $5\mu\text{m}$ 、動作電圧 5V の条件下において移動度を $3\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上とする。	(計画達成度 100%) 2 V の小さな動作電圧で移動度 $8\text{ cm}^2/\text{Vs}$ を示す印刷型有機トランジスタを開発し、その高移動度の起源を明らかにした。
	MS-2- 1-2	真空フリー・フォトリソグラフィフリーの全印刷プロセスにより、Arduino などのマイコンと直接接続可能なフレキシブル有機センサモジュールを作製する。	(計画達成度 100%) エンハンスメント型とデプレッション型の特性を示す 2 種類の有機半導体材料とデジタル印刷法を用いて増幅回路とバッファ回路を作製することで、Arduino と直接接続可能な有機センサモジュールを開発した。

5.4.2 最終目標に対する成果の詳細

成果 1： 反転オフセット印刷法を用いて作製した有機トランジスタで、動作電圧 2 V、移動度 $8\text{ cm}^2/\text{Vs}$ を達成

数 μm 程度までの微細化が可能な反転オフセット印刷法を用いて Ag 電極を作製し、有機半導体 TMES-pentacene をチャネル層とする有機トランジスタの開発を行った。その結果、4 端子測定における移動度が $8\text{ cm}^2/\text{Vs}$ という高い性能を得ることに成功した。また、このときの動作電圧は僅か 2 V であり、多くの電子回路と互換性がある低い電圧での動作が可能であることが示された。

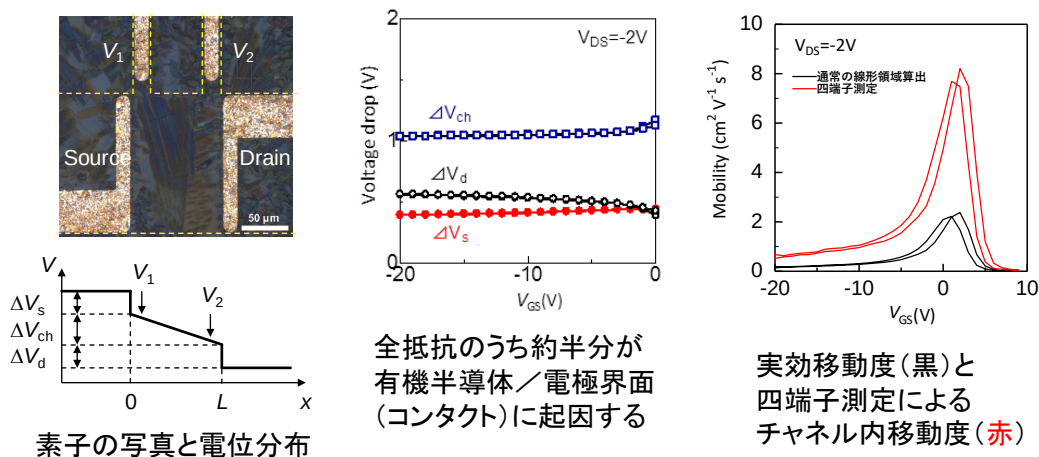


図 2-1-1. (左) 四端子測定の様子。(中) 四端子測定によって得られた各部位での電位降下。ΔVs: ソース電極部、ΔVd: ドレイン電極部、ΔVch: チャネル部。(右) 実効移動度とチャネル内移動度。

このように高い移動度が得られた要因の理論的裏付けとして、TMES-pentacene の単結晶構造解析を行うとともに、バンド計算による有効質量の見積もりを行った。元々TMES-pentacene には 1 つの結晶構造が知られていたが、薄膜中での構造とは異なるものであった。本研究では、TMES-pentacene の新たな多形の結晶構造を発見し、それがトランジスタで用いられる薄膜中の構造と一致することを突き止めた。更に、得られた結晶構造を元にバンド計算を行い、他の有機半導体材料と比較したところ、TMES-pentacene は他の高移動度有機半導体材料と比べて最も優れた有効質量を示すことが明らかとなった。これは、TMES-pentacene が高い移動度を示す理由を裏付けるとともに、今後の材料開発における指針を与える結果である。

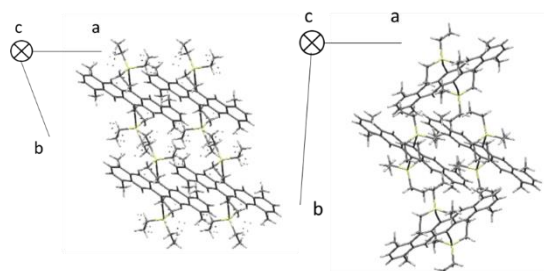


図 2-1-2 既報告のバルク相（左）と新規に発見した薄膜相（右）の結晶構造

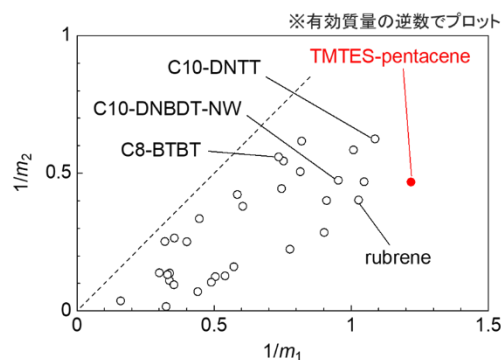


図 2-1-3 材料ごとの有効質量の比較

成果 2 : 印刷法で作製可能な 5 V 駆動有機オペアンプの開発

アナログ回路の中核を成すオペアンプを印刷型有機 TFT によって作製し、5 V 電源での駆動に成功した。また、周波数帯域はインクジェット法によるものでは 50 Hz であったが、短チャネル化が可能な反転オフセット印刷法を用いたところ 2 kHz まで向上した。

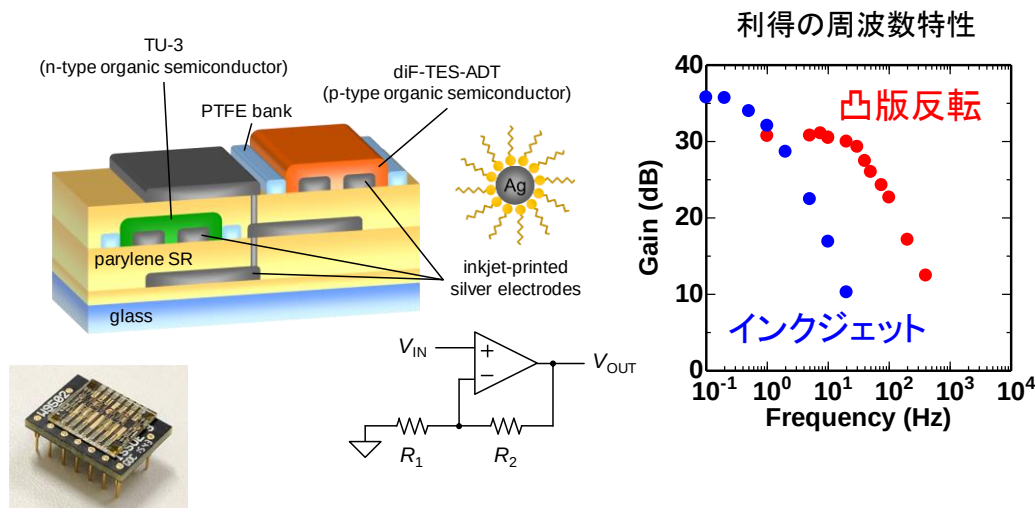


図 2-1-4. (左) 有機オペアンプのデバイス構造。(右) 有機オペアンプの利得の周波数特性。

成果 3 : Arduino などのマイコンと直接接続可能な有機センサモジュールの開発

図 2-1-1 (a) に、印刷型高性能有機トランジスタから成る増幅回路のみを用いて、入力抵抗が $150\text{ k}\Omega \sim$ 無限大の回路へ信号を伝送した時の結果を示す。出力先の回路の入力抵抗が下がるにつれてグラフの傾きが緩やかになり、利得が低下してしまっていることが分かる。従って、この場合には入力抵抗が $150\text{ k}\Omega$ の無線通信モジュールなどは使用できない。一方、図 2-1-1 (b) に、増幅回路とバッファ回路を組み合わせた場合の結果を示す。バッファ回路を組み合わせることにより、入力抵抗が $150\text{ k}\Omega$ の無線通信モジュールに対しても、著しい利得の低下は見られないことが分かる。このように、印刷型高性能有機トランジスタから成る増幅回路とバッファ回路を統合することにより、有機センサからの信号を増幅し、入力抵抗が $150\text{ k}\Omega$ 程度以下の無線通信モジュールへ伝送可能なシステムを開発することに成功した。

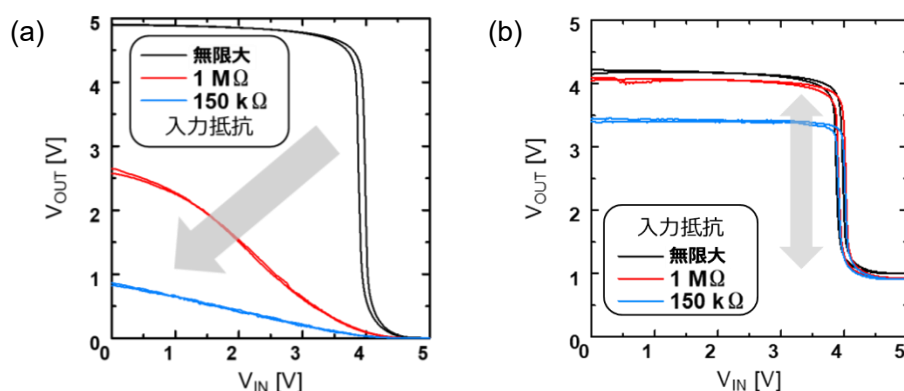


図 2-1-5 印刷型高性能有機トランジスタから成る増幅回路とバッファ回路の入出力特性
(a) 増幅回路のみの場合、(b) 増幅回路とバッファ回路を組み合わせた場合

成果 4 : 超フレキシブル近接センサの開発

ロボティクス用センサとして、印刷型高性能有機トランジスタから成る超フレキシブル近接センサを新たに開発した。本センサは、厚さ $2\text{ }\mu\text{m}$ という極薄形状でありながら、数 cm～数十 cm 離れた位置での近接を検出することが出来る。本センサの作製工程を図 2-1-2 に示す。最初に、ガラス基板上にフッ素系高分子であるテフロンをスピンコートし、その上に炭化水素系高分子であるパリレンをコーティングした。その上に、印刷法によって有機トランジス

タ回路を作製し、保護層としてパリレンを再度コーティングした。最後に、テフロン／パリレン界面を力学的に剥離することで極薄フィルムとした。一つの基板上に作製した有機トランジスタの特性ばらつきは図 2-1-3 (a) に示す通りで、本センシング目的においては十分な均一性を示した。剥離工程および環境光の影響を調べたところ、図 2-1-3 (b) に示す通り、いずれに対してもデバイスは安定であることが確かめられた。作製した超フレキシブル近接センサをロボットハンドに貼り付けた様子を図 2-1-4 (a) に示す。このように、本センサは様々な曲面形状の物体上に搭載することができる。このような状態であっても本近接センサは正常に動作し、数 cm の距離にある人の手などを検出できるだけでなく、その位置や大きさについてもある程度知ることが出来る。

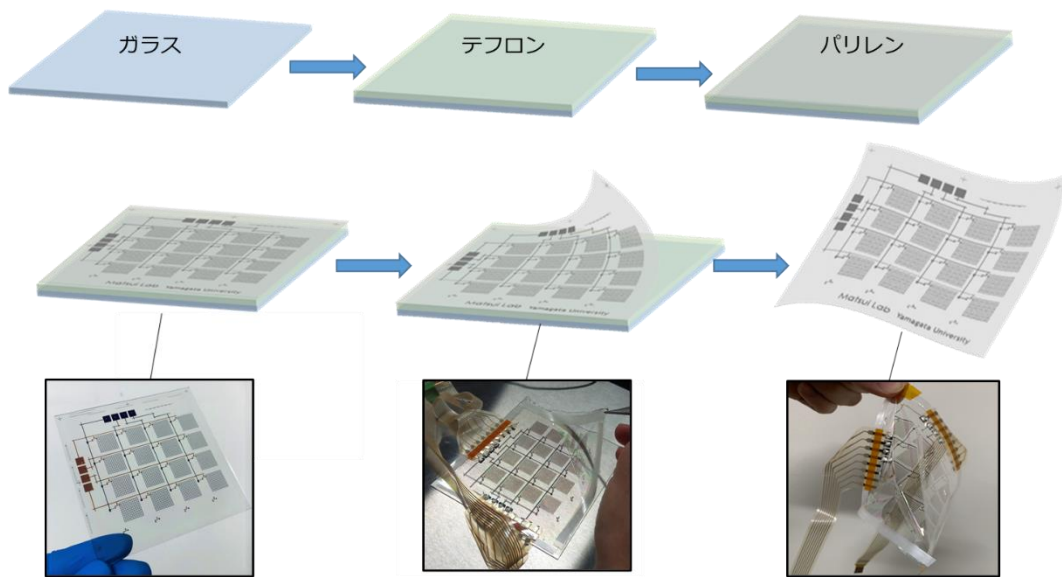


図 2-1-6 厚さ 2 μm の超フレキシブル近接センサの作製方法

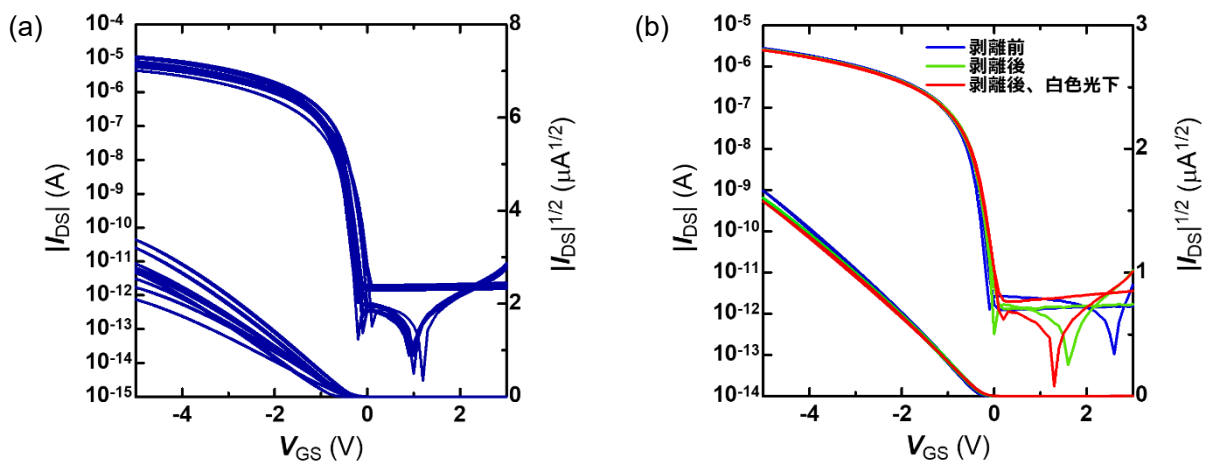


図 2-1-7 厚さ 2 μm の超フレキシブル近接センサ内の有機トランジスタ特性
(a) 剥離工程および環境光の影響、(b) 素子間の特性ばらつき

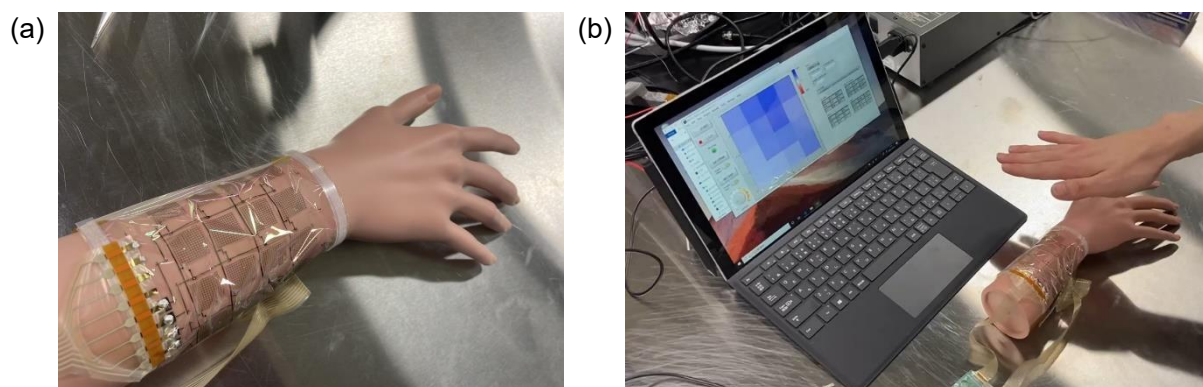


図 2-1-8 (a) 超フレキシブル近接センサの写真、(b) 近接センシングの様子

5.4.3 プロジェクト終了後の活動方針

プロジェクト開始時に設定していたトランジスタ性能に対する目標設定（真空フリー・フォトリソグラフィフリーの全印刷プロセスにより、チャンネル長 $1\mu\text{m}$ 以下、動作電圧 5V 以下で移動度 $10\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以上の性能を有する有機トランジスタを開発）から、よりソフトマターロボティクス応用を意識した目標設定（マイコンとの直接接続やセンサ開発）へと、プロジェクト期間中に方針を変更した。

トランジスタ性能においては、チャンネル長が $1\mu\text{m}$ に至らなかったものの、 2V の低い動作電圧で高い移動度 $8\text{cm}^2/\text{Vs}$ を実現することに成功した。

Arduino などのマイコンと直接接続可能な超フレキシブル有機センサモジュールについては、センサ、有機増幅回路、有機バッファ回路、無線通信システムなどの構成要素の開発は既に終わっており、全体を一体化した試作を行う段階にある。また、本システムに関連して特許出願を行っており、現在特許審査中である。共同研究企業とともに現在も開発を継続している。

新しい動作原理に基づく超フレキシブル近接センサについては、2021 年 3 月に特許出願を行い、現在は共同研究企業とともにより具体的な応用展開を探索中である。

5.4.4 その他

特になし

5.5 研究開発課題 2-2 「印刷型センサ基盤技術と情報通信融合化」

キーテクノロジー	ソフトセンシング
研究開発テーマ	ソフトセンシング
課題代表者	関根 智仁 山形大学 有機材料システム研究科 助教
実施期間	平成 28 年 8 月～令和 3 年 3 月
共同研究機関	山形大学、米沢栄養大学、アルケマ（株）、三菱ケミカル（株）、横河電機（株）、セパレータデザイン（株）、味の素ファインテクノ（株）

5.5.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 2-2	MS2-2-1	3 V 駆動型当該 FET センサおよびそれを使った増幅回路の作製。	(計画達成度 100%) 3 V 駆動型当該 FET センサおよびそれを使った増幅回路の作製に成功した。また、印刷法で作製することで機能一体型のセンサデバイスの開発を進めた。
	MS-2-2-2	機能性材料を用いた人やモノに適合しやすいフレキシブルでソフトなセンサの開発	(計画達成度 100%) 人やモノに適合しやすいフレキシブルでソフトなセンサ自体の開発も同時に推進した。
	MS-2-2-3	作製したセンサから得られたセンシング情報の解析と活用に関する基盤技術の構築、およびロボットへの展開。	(計画達成度 100%) 得られたセンシング情報の解析と活用に関する基盤技術の構築、およびロボット応用に取り組んだ。

5.5.2 最終目標に対する成果の詳細

成果 1： 物理センサと有機 FET センシング回路の集積による脈拍センサ開発

要素技術として開発した脈拍センサをヘルスケアモニタリング用センサ搭載のフレキシブル基板上に一体化させ、ウェアラブルなデバイスを開発した。また、実際に図 1 に示すようなセンサを開発した。ここでは、測定した被検者の脈拍データを無線通信で計測することに成功した。さらに、フレキシブル基板上にセンサと印刷法で作製した有機 TFT を集積した増幅回路と一体化したデバイスを作製した。これを被験者の腕や首に貼り付けることで脈拍波形を効率的に取得することに成功した。加えて、これらの波形解析法を用いて、被験者の健康状態を定量化することにも成功した。これらはセンサの感度を増幅することで達成できており、S/N 比の向上による微弱信

号の計測が可能な物理センサを開発に成功した（図 2-1）。

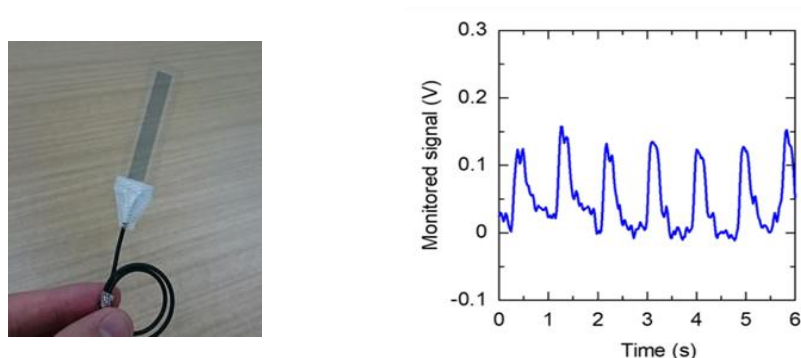


図 2-1 物理センサとそれを用いた微弱信号検出

成果 2：ヒトのバイタルデータ計測に向けた有機センサデバイス開発

これまで培った高周波 SiLSI + 有機センシング集積回路による、GHz 帯無線通信の実証試験に加え、更に、強誘電性高分子材料である P(VDF-TrFE) 共重合体を用いた印刷圧力センサを開発した。これと有機 TFT 増幅回路を、同一基板上で印刷製法により一体作製することで S/N 比 10 倍の有機センサを開発した。従って、計測したバイタル信号を同一基板上で増幅することが可能になり、センサとしての S/N 比を向上することができた。本信号電圧増幅率を要するセンサを用いて微弱圧力であるヒトの脈拍や呼吸などのバイタルデータの計測にも成功した。これらの成果は、ヒトやロボットに実装し圧力やひずみ、摩擦などの物理データの測定に応用可能であり、ソフトロボティクスに有用なデバイス開発に有用な知見である（図 2-2）。

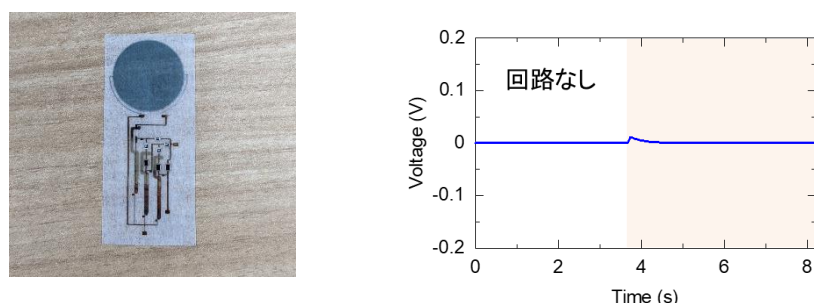


図 2-2 有機 TFT センシング回路を実装した有機センサと測定シグナル

成果 3： ロボットスキンへの搭載を目指したフレキシブル印刷型有機センサによる触覚センシング

同一プラスチック基板上に強誘電性高分子材料である P(VDF-TrFE) 共重合体と印刷 TFT を用いたセンサデバイスを開発したが、さらにこれらのセンサを用いて微弱な触覚信号（とくにすべりに関わるせん断応力）を測定し、その周波数解析など電気的特性の解明を進めた。具体的には、人工指上に形成した当該センサを垂直方向に 1 N の応力を印加した状態でせん断応力を加えたときの信号を検出した。このとき、センサ表面の動摩擦係数によって信号の周波数帯域に変化が表れることが分かった。これらデータの蓄積とセンサの高性能化によりソフトロボティクスに有用なデバイスを継続的に開発できる可能性があることが示された。

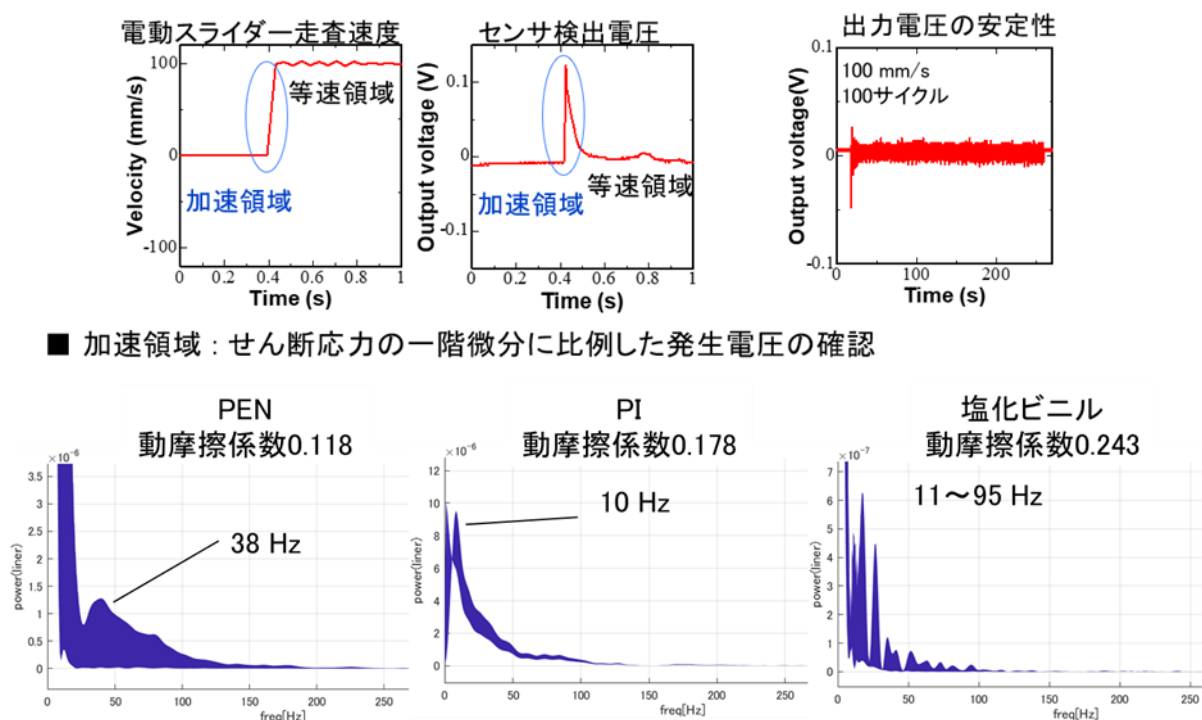
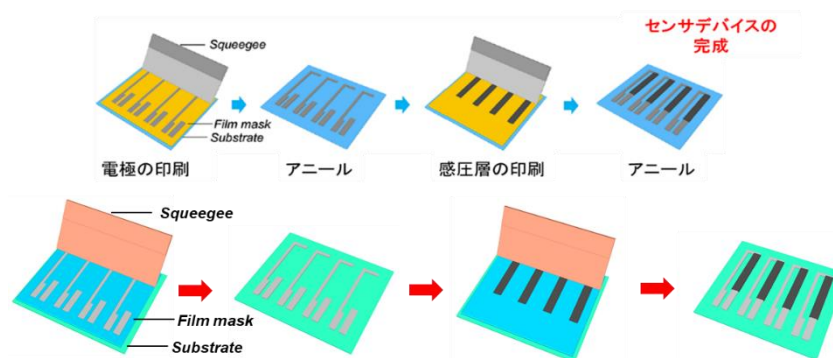


図 2-3 作製したセンサを用いたせん断応力に対する応答性試験とその特性

成果 4： 高感度ひずみ検出センサの開発

これまで、同一プラスチック基板上に強誘電性高分子材料である P (VDF-TrFE) 共重合体と印刷 FET を用いたロボットスキン用センサの開発を行ったが、さらにこれらのセンサを用いて微弱な触覚信号（とくにすべりに関わるせん断応力）を測定し、その周波数解析など電気的特性の解明を進めた。ソフトロボット応用にむけて、これらに加えて印加されたひずみを検出できるフレキシブルセンサは、触覚デバイス応用上重要である。当該センサの実現にむけて、本研究期間では①機能性高分子および導電性を有するカーボン材料の組み合わせによるコンポジットインクの開発、②フレキシブル基板上に形成できる薄膜ひずみセンサの開発の 2 点に注力した。本センサにおいては、ベンゾフェノンおよびジフェニルアミンをベースポリマーとし、さらにカーボンブラックを添加することによる感圧層材料を形成した。特に、作製したひずみセンサは、印加ひずみ 25%に対しても信号を検出することができ、機械的耐久性や繰り返し特性などの物性評価も行い、センサの基礎的特性を明らかにすることができた（図 2-4）。



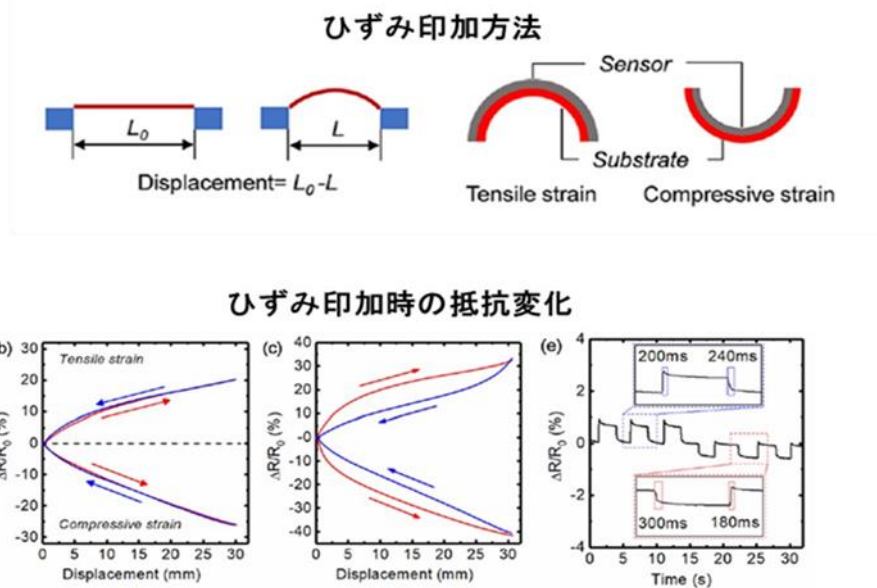


図 2-4 作製したフレキシブルひずみセンサの材料開発とデバイス作製

また、当該センサを用いて実際にロボットハンドに対する触覚付与の可能性検討も行った。ソフトなロボットハンドにセンサを貼付し、オブジェクトを把持したときの検出信号を電圧変化として検出した。この時、オブジェクト例として市販のタマゴを用いたが、ハンドとオブジェクトの接触による信号検出に成功した（図 3）。これは、本研究で作製したセンサのロボット触覚付与に向けた重要な知見であり、ソフトロボットにおける知覚センサへ応用可能であることが示唆された（図 2-5）。

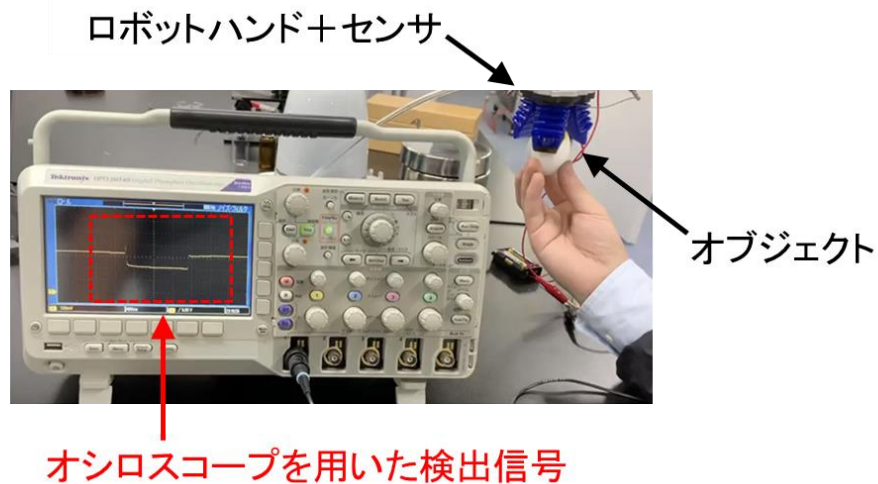


図 2-5 フレキシブルセンサによるソフトロボットにおける把持信号の検出

5.5.3 プロジェクト終了後の活動方針

プロジェクト開始時に設定していた有機 FET の性能（1 V 以下駆動）は達成できなかったものの、概ね同等程度の駆動電圧で機能発現が可能なセンサデバイスを作製した。本課題の目標である印刷製法で作製、融合されたフレキシブルでソフトなセンサを、あらゆるモノと人に実装可能なかたちでその有用性と応用可能性を本研究期間中に示すことができた。

今後は、更なる機能性センサと無線通信の機能を融合した一体型センシングデバイスを開発、およびこれに資する材料開発やシステム構築など一体的な研究を推進する。また、AI やビッグデータとの連兼による当該技術の、クラウドコンピューティングネットワークでのデータ解析によるセンシング情報活用サービスについても、その可能性について追及していく。

5.5.4 その他

特になし

5.6 研究開発課題 2-3 「3D 表面微細回路印刷基盤技術」

キーテクノロジー	ソフトセンシング
研究開発テーマ	3D 表面微細回路印刷基盤技術
課題代表者	時任 静士 山形大学 有機材料システム研究科 卓越研究教授
実施期間	平成 28 年 11 月～令和 3 年 3 月
共同研究機関	山形大学、DIC（株）、三菱ケミカル（株）、（株）荘内銀行

5.6.1 マイルストーンと達成状況

課題 番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課 題 2-3	MS2- 3-1	SBG（グラビア法）において、線幅 50 μ m 以下の導電性インクの立体物への印刷、および絶縁性インクの平坦成膜（最大高さ粗さ Rz < 1 μ m）	ロール状のソフトブランケットを開発し、3D 曲面上に線幅 50[μ m]レベルの印刷パターンを形成できる印刷プロセス技術を確認し、その有用性を実証した。
課 題 2-3	MS2- 3-2	OIJ（インクジェット法）において、インクタンク内の圧力制御と 128 チャンネルのマルチノズル化による全方向へのラスタ印刷の実現	マルチノズル式のインクジェットヘッドを採用した全方向印字可能な印刷プロセス技術を確認し、複雑な 3D 曲面上への銀配線パターン形成を実証した。

5.6.2 最終目標に対する成果の詳細

・最終目標

（１）ソフトブランケットグラビア印刷技術：

従来のブランケット用いる印刷技術をベースに、曲面や段差面を含む複雑な立体表面（3D 曲面）へ銀インクなどの機能性インクを印刷できる新技術を創出するとともにその試作機を開発し、さらにはその有効性を実証する。具体的には、ソフトロボットのボディー表面にセンサや回路などを直接に作製できる新技術の社会実装を目指す。

（２）全方向インクジェット印刷技術

インクジェット技術をベースに多軸ロボットアームと組み合わせることで、より複雑な立体物表面への機能性インクの印刷を可能にする技術を創成する。また、量産性を確保するために、マルチノズル化での安定吐出の技術を確認する。さらに、ロボットアームの操作性向上として、立体物への配線の投影アルゴリズムとロボットのティーチングを結合させることで、この工程の生産性を大幅に向上させる技術開発の実現を目指す。

・成果

1. ソフトブランケットグラビア印刷技術

1) 目標に対する達成度 100%

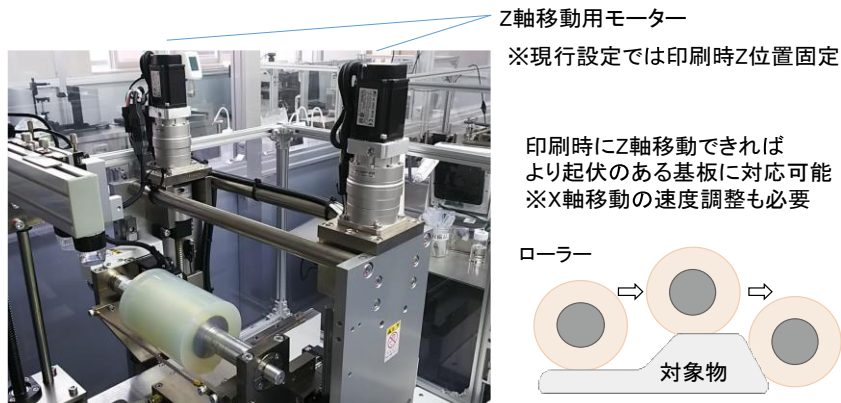
2) 技術内容：

立体物の 3D 表面に機能性材料および加飾インクの直接印刷方法においては、印刷原理は異なるが、「①3D-MID 法」、「②エアロゾル描画法」、「③パッド印刷法」の 3 つが今後の競合となる可能性がある。しかし、多装置・多数工程を要し相当な時間が必要、ランニングコストが高額、精度安定性、小領域しかパターンニングできないなどが多い課題である。

本技術は、柔らかいロール状のブランケットを用いて、微細インクパターンを 3D 曲面に直接に転写する技術を開発した。配線幅としては 50 μ m レベルが実現可能である。微細パターン形成や量産性にも優れており、実用的な新技術である。また、新たにブランケットの上下機構を装備することで、大きな段差の立体表面にもインクを精度良く印刷可能となっている。

その装置 概要と銀インクを車体模型上に印刷した例を下記にします。複雑な配線パターンが曲面上に形成できることが実証できた。

【上下機構搭載の SBG 装置】



【曲面印刷の例】



3) 技術の特徴：

ブランケットの回転でインクを対象物表面に転写する方式であるため、短時間で大面積の印刷が可能である。また、印刷パターンの微細化についても、従来の平面用のグラビアオフセット方式には劣るものの、線幅50ミクロンレベルの印刷は可能であり、実用的な技術と言える。

4) 従来技術・競合技術との比較：

従来のグラビアオフセットは対象物の平面への印刷のみに対応している。曲面や段差面には対応できない。本技術は、柔軟でかつインクの受理・転写に適したソフトブランケットを開発し、その上下機構を設けることで、従来は困難であった高い段差を含む曲面への印刷が可能である。

2. 全方向インクジェット印刷技術

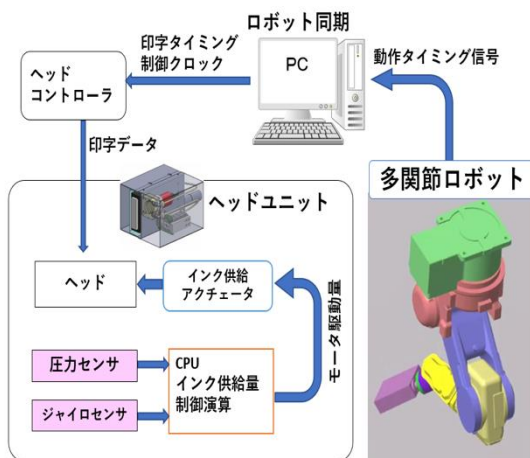
1) 目標に対する達成度 100%

2) 技術内容：

SBG方式では対応が困難なより複雑な3Dの立体物表面にも適用できる技術として、インクジェット技術とロボット技術を結合した新技術の開発を目指した。最終的な目標であるマルチノズルヘッド化は、圧力センサと組み合わせて圧力フィードバック制御を行うことで、生産性に優れた128ノズル印字型にすることで実現した。これにより、大幅な生産性向上が期待できる。さらに、ロボット軌跡の計算アプリ（印刷パターンアルゴリズム）を開発し、ティーチング無しで立体印刷が容易に行える技術を開発し、さらに実用的な印刷装置となった。

下記にシステム構成とヘッドの外観、印刷パターンアルゴリズムの概要を示す。これらの技術を用いて、ガラス容器曲面に銀ナノ粒子インクで配線を形成し、さらにLEDを実装した回路も3D電子回路の例として示す。

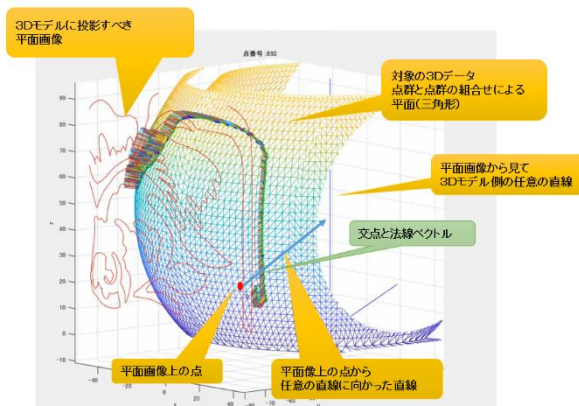
【システム構成図】



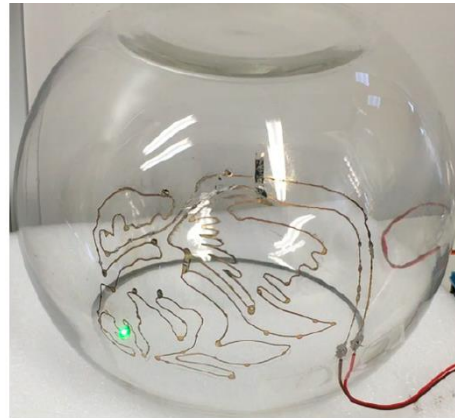
【ヘッド部詳細】



【印刷パターン形成アルゴリズム】



【曲面への配線形成】



3) 技術の特徴：

マルチノズルのインクジェットヘッドを多関節ロボットアームに取り付けることで、あらゆる方向（全方向）へのインク吐出が可能である。その際のインクタンク内の圧力を制御することで、ほぼ同じ速度でのインク吐出ができるため、再現性の良い印刷が実現できている。また、印刷パターンアルゴリズムを開発したことで、煩雑なティーチングをしてなくても立体表面にインクを印刷可能となった。これにより3曲面向けの実践的な印刷プロセス技術となっている。

4) 従来技術・競合技術との比較：

段差が大きい複雑な立体物表面に精度良く銀インクなどを印刷可能なインクジェット技術は無い。本技術は、インクタンク内の圧力制御機構と128CHのマルチノズル化で、全方向へのラスタ印刷が可能で、生産性の面でも優れている。また、ティーチング無しでの印刷を可能にしたことで、製造現場等で使いやすいプロセス技術となった。

5.6.3 プロジェクト終了後の活動方針

本課題の最終目標は概ね達成できている。これまで、将来の競争領域への展開を想定して、単独での特許出願を行っていた。事前に関連する特許調査を行うとともに、有効な特許が確保できる内容に厳選して特許申請した。また、この成果を広く公開することで、企業との共同研究等の勧誘を進めた。具体的には、エレクトロニクス実装学会誌への技術の寄稿、研究会での招待講演、さらには企業と大学のマッチングを推進しているイベント（2021年8月開催）への参加も予定している。

この技術に興味を示す企業に技術紹介するとともに、装置メーカーに特許の実施許諾を行い実験用装置の販売を開始し、本技術の普及を進める。また、更なる技術革新を目指した企業と共同研究も模索する計画である。

5.6.4 その他

本課題を担当する時任研究室では、毎年、東京ビックサイトで開催される展示会（JFlex 展示会）に出展し、本課題の成果を試作品も含めて公開している。展示成果は高い評価を受けており、これまでに数回の表彰を受けている。

5.7 研究開発課題 2-4 「バイオマテリアル技術」

キーテクノロジー	ソフトセンシング
研究開発テーマ	ソフトセンシング
課題代表者	小林 慎吾 九州大学 先導物質化学研究所 特任准教授（学術研究員）
実施期間	2016 年 11 月～2021 年 9 月
共同研究機関	九州大学、三菱ガス化学株式会社、株式会社日本触媒（2018 年度まで）、旭化成メディカル株式会社、日油株式会社（2019 年度まで）、住友ゴム工業株式会社、第一工業製薬株式会社（2019 年度から）

5.7.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 2-4 (2-4-8)	MS2-4 (MS2-4-8)	生体適合性ソフトセンサ材料の設計・合成を行い、ソフトセンシングデバイスへの実装を達成する。	（計画達成度 100%） 各技術開発で得られた知見に基づいた新規高分子の設計と合成を行い、体内埋込型、皮膚貼付型デバイスへの実装をそれぞれ達成した。
課題 2-4-1	MS2-4-1	生体適合性材料の精密合成技術を確立する。	（計画達成度 100%） 生体適合性発現に必要な高分子構造と物性の特徴をおおよそ特定し、生体不適合なポリオレフィン系高分子に対する血液適合性の付与を達成するまでに至った。
課題 2-4-2	MS2-4-2	水酸基に着目した精密高分子設計・合成技術の開発を行う。	（計画達成度 100%以上） 水酸基を導入した高分子のうち、血液適合性発現に最適な化学構造を特定した。
課題 2-4-3	MS2-4-3	親水性官能基に着目した生体適合性高分子を合成し、その応用を図る。	（計画達成度 100%） 血液適合性、抗タンパク質吸着特性を示す高分子の製品化により、競争領域への移行を達成した。
課題 2-4-4	MS2-4-4	生体適合性高分子の表面構造を制御する技術を開発する。	（計画達成度 100%以上） 期間中に開発した表面処理技術については、生産プロセスの検討へと移行した。
課題 2-4-5	MS2-4-5	生体適合性材料の大量合成技術を開発する。	（計画達成度 100%） 簡便に合成でき、かつ水溶液に添加するだけで高い抗タンパク質吸着特性を付与できる高分子を見出した。

課 題 2-4-6	MS2-4- 6	生体適合性高分の表面処理技術を開発する。	(計画達成度 80%) 表面処理技術の確立と、がん診断用マイクロチップのメーカー試作までを達成した。医学部と共同で実性能評価を継続中。
課 題 2-4-7	MS2-4- 7	ポリウレタン系生体適合性高分子を合成し医療用途への応用を図る。	(計画達成度 100%) 市場で広く利用されている競合他社品を凌駕する抗血栓性を示すポリウレタン系材料を見出した。

5.7.2 最終目標に対する成果の詳細

(課題 2-4-8) 生体適合性ソフトセンサ材料の設計・合成 (計画達成度 100%)

課題 2-4 の全体を通じてはバイオマテリアル技術の確立を目標とし、生体適合性ソフトセンサへの実装を目指した材料開発を小課題 (MS2-4-8) として設定した。課題 2-4 内の各小課題で得られた知見から生体適合性ソフトセンサに最適な化学構造を有する高分子材料を設計・合成し、①体内埋込型、②皮膚貼付型デバイスへの実装をそれぞれ達成した。①体内埋込型デバイスへの適用では、心筋の拍動をリアルタイムモニタリングするデバイスへの実装を達成した (*Science Advances*, 4(10), eaau2426, 2018)。開発品未コートの状態では拍動のモニタリング可能時間が数分程度であるのに対し、開発品をコートすることにより長時間のモニタリングが可能であることを実証した。また、②皮膚貼付型デバイスでは皮膚表面の pH をモニタリングするデバイスへの実装を達成した (*Science Advances* 2021, in press)。

(課題 2-4-1) 生体適合性材料の精密合成技術の確立 (九州大学：計画達成度 100%)

当該小課題 (MS2-4-1) では、柔軟性と生体適合性を兼ね備えたソフトセンサ用生体適合性材料の開発を目的とし、その材料設計法、および合成技術の確立を目標とした。具体的には、①高分子の主鎖や側鎖に導入する置換基の化学構造、導入位置、導入量、配列を厳密に制御できる高分子合成法の開発を通じ、②生体適合性に強く影響する中間水の制御技術の確立、③生体適合性材料のタンパク質の吸着選択性を制御できる技術の確立を目標とした研究を行った。①高分子合成法の開発では、ビニル型高分子の側鎖の間隔 (下図 2-4-1 の化学構造で、x の数) を 0~7 炭素まで厳密に制御できる合成手法を確立することができた。また、²H 固体 NMR 測定法による解析の結果から、②水と相互作用する官能基の導入位置が側鎖末端側であればあるほど水和能力が向上し、水和水の運動性が低下することにより中間水量を増加させることがわかった。以上の結果を受けた高分子構造のデザインの結果、③疎水的なポリオレフィン系高分子に対してもポリ (2-メトキシエチルアクリレート) (PMEA) に匹敵する極めて高い血液適合性を付与しうるまでに至った。(下図 2-4-1)

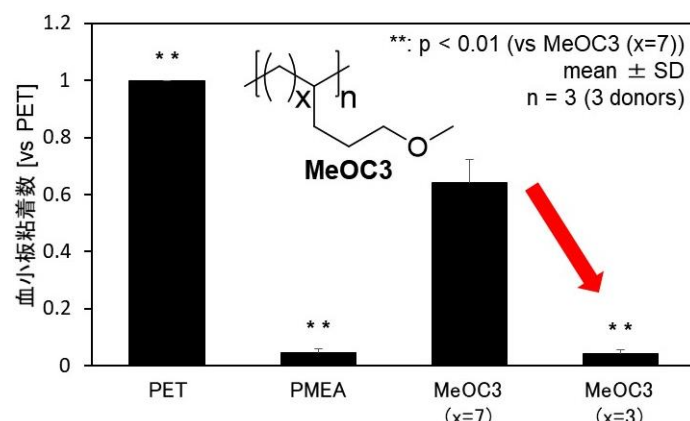


図 2-4-1. 新規ポリオレフィン系高分子が発現する血小板粘着抑制能。図中の化学構造で $x = 3$ の時 PMEa と遜色のない性能を発現する。

(課題 2-4-2) 水酸基に着目した精密高分子設計・合成技術の開発 (計画達成度 100%以上)

当該小課題 (MS2-4-2) では、高分子の側鎖に導入する官能基として特に水酸基に着目し、抗血栓性及び抗菌性高分子の設計、合成、ヘルスケア用途展開に関する検討を行った。水酸基の導入位置や周囲の化学構造を種々変更した高分子の合成を行い、血液適合性を発現させるためには、①メタクリル酸骨格よりもアクリル酸骨格がより優れており、②側鎖水酸基の運動性が向上するような構造 (例えばエチレングリコール骨格の挿入) を持たせる必要があることが分かった。得られた高分子の機能評価の結果、PMEa と遜色のない極めて高い血小板粘着抑制能を示すことが明らかとなった。

(課題 2-4-3) 親水性官能基に着目した生体適合性高分子の合成 (計画達成度 100%)

当該小課題 (MS2-4-3) では、側鎖に親水性官能基を導入した高分子に特に着目し、その設計、合成、および生体適合性評価を通じ、ヘルスケア用途への応用展開について検討を行った。当該研究開発により、①血液適合性、②タンパク質吸着・微生物吸着の抑制、③細胞接着性、④親水性かつ耐水性、を示す新規高機能性高分子が得られた。この高分子は「生体適合性ポリマー (RX-6-GA シリーズ、RX-6-GB シリーズ)」として製品化され、上市を達成した (参照: <https://www.shokubai.co.jp/ja/rd/materials10.html>)。

(課題 2-4-4) 生体適合性高分子の表面構造制御技術開発 (計画達成度 100%以上)

当該小課題 (MS2-4-4) では、従来の透析膜が抱える問題点 (残血、凝固など) を改良するため、①高分子の水和構造と表面特性、並びに②高分子と血液成分との相互作用の観点から、生体適合性発現に好適な表面構造制御技術の確立を目指した研究開発を行った。九州大学 (小課題 2-4-1) で開発された新規高分子を適用した結果、製品性能の向上が認められたため、実生産プロセスへの適用検討へと移行した。

(課題 2-4-5) 生体適合性材料の大量合成技術開発 (計画達成度 100%)

当該小課題 (MS2-4-5) では、九州大学 (課題 2-4-1) の技術を応用した新規水溶性高分子の合成と、その生化学的特性の把握を通じ、主に体外で使用される医療用高分子素材の開発を行った。種々の構造改変を行った水溶性高分子の合成と特性評価を行った結果、水溶液として添加するだけで疎水性高分子の表面に吸着され、高いタンパク質吸着抑制能を付与できる新規高分子が見いだされた。

(課題 2-4-6) 生体適合性高分の表面処理技術開発 (計画達成度 80%)

当該小課題 (MS2-4-6) では、九州大学 (課題 2-4-1) が開発した血液適合性と細胞接着選択性を併せ持つ高分子を基に、より効率的に血中循環がん細胞を血中から選択的に回収する高分子材料の開発と、早期がん診断用マイクロチップに適用するための表面処理技術の開発を行った。当該がん診断用デバイスの製品化を目指し、医学部と連携した検討を継続中である。

(課題 2-4-7) ポリウレタン系生体適合性高分子の合成と医療用途への応用 (計画達成度 100%)

2019 年度より開始した当該小課題 (MS2-4-7) では、九州大学 (課題 2-4-1) が展開している「中間水コンセプト」に基づき、血液適合性・柔軟性を併せ持つ医療用ポリウレタンの研究開発を行った。得られた新規ポリウレタンは競合する他社現行品を凌駕する血液適合性と機械的強度を発現することを確認した。

5.7.3 プロジェクト終了後の活動方針

「課題 2-4 バイオマテリアル技術」では、ヒトとロボットの境界を柔らかに取り持つ「ソフトマター」を適用したセンシングデバイスに対し、特に医療分野で必須となる生体適合性を簡便に付与するための要素技術開発を行った。各参画企業・機関での技術開発で得られた知見を統合して進められた小課題 2-4-8 では、現状で生体適合性ソフトセンサに最適な高分子材料が見いだされ、①体内埋込型デバイス、②皮膚貼付型デバイスへの実装と、性能の実証をそれぞれ達成した。課題推進中にも製品化と競争領域への移行を達成した参画企業が見られたが、参画企業のうち 3 社についてはプロジェクト期間終了後も医療用生体適合性高分子材料の開発に関する共同研究の継続を予定している。当該要素技術開発において得られた知見は、高分子合成、表面処理、デバイス作成、理論体系の構築までを網羅して多岐に渡っており、今後も医療・介護分野におけるソフトマターロボティクスの展開を見据えた要素技術開発を行っていく予定である。

5.7.4 その他

特記事項無し。

5.8 研究開発課題3 「ソフトアクチュエータ」

キーテクノロジー	ソフトメカニクス
研究開発テーマ	3D ゲルプリンターと高機能ゲルを融合するソフトアクチュエータ製造技術の確立
課題代表者	古川 英光 山形大学 大学院 理工学研究科 教授
実施期間	2016 年 11 月～2021 年 9 月
共同研究機関	山形大学、日立GEニュークリア・エナジー（株）、（株）クレハ、帝人（株）、江崎グリコ（株）、エヌ・デーソフトウェア（株）、住友精化（株）、（株）ジンズホールディングス、三菱ケミカル（株）

5.8.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS番号	マイルストーン内容	達成状況
課題3-1	MS3-1-1	筋肉の最大発生力 0.35MPa を超える新規ソフトアクチュエータ機構の開発及び筋肉の伸縮率 20%を超える形状記憶ソフトアクチュエータを3D ゲルプリンターで造形する技術の開発、眼球型ゲルロボットの開発とゲルハチ公ロボットへの統合	新規ソフトアクチュエータ製造技術に立脚し、電気駆動によるゲルの構造制御技術を推進している。浸潤状態や外場による体積変化の動作原理を用いた眼球型ゲルロボットを開発し、テーマ5で開発しているゲルハチ公ロボットへの統合を行った。（計画達成度 100%）
	MS3-1-2	アクチュエータへ応用可能な形状記憶ゲルにおける 3D プリント条件の検証	感温性ゲルの 3D プリント条件を定め、アクチュエータの開発に成功した。環境温度を調整することでアクチュエータへの応用可能性を示した論文が受理された。（計画達成度 100%）
	MS3-1-3	クラゲ型ロボットのアクチュエータ、ゲル圧力センサー、ソフトハンドの開発	クラゲ型ロボット開発は競争領域に移行し、人エクラゲ水槽の販売に至った。イオン液体を用いたゲル圧力センサーについて論文発表した。大阪大学との共同研究にも発展した。（計画達成度 100%）

5.8.2 最終目標に対する成果の詳細

・最終目標

3D ゲルプリンターにより 3D 造形可能で、筋肉の最大発生力 0.35MPa、伸縮率 20%を凌駕する、新規ソフトアクチュエータ製造技術の確立、眼球型ゲルロボットの開発とゲルハチ公ロボットへの統合を目指す。また、アクチュエータへ応用可能な形状記憶ゲルやセンサーへ応用可能な導電性イオンゲルにおける 3D プリント条件を検証し、ソフトハンドの開発やクラゲ型ロボットの開発を目指す。

クラゲロボットはハイドロゲル材料を 3D プリント技術により実在のクラゲの形に造形する術を模索し、水生生物観賞水槽で水流を与えることで造形したクラゲロボットが実際のクラゲのような揺らぎある動きを再現できる方法を確立することを目標とする。

ゲルハチ公はソフト材料によるずっと触りたくなるポジティブな感情の創出を福祉分野における医療介護従事者およびサービス受給者の双方に向けた心のケアによる満足感に繋げ、職業性ストレス予防と高齢者の QoL 向上、人との共生を目指すソフトマターロボティクスの技術である。国内で 12 兆円規模（2020 年調べ）である癒し（抗疲労）ビジネス、1.6 兆円規模のペット関連市場に含まれる「高齢者向け生活、医療、介護サービス」の中に位置する「癒し、見守り、コミュニケーションを提供する動物型ソフトロボットの普及」という社会的ニーズの高まりがある。ゲルハチ公は対人親和性の高いソフト材料開発からソフトデバイス開発、3D プリント技術、人工知能までを連携させた独自のコミュニケーションロボットとして、前述の関連市場への導入が期待されており、また、人間と触れ合う中で、認識する音、映像、体感を人工知能で独自の自己解釈しながら成長するゲルハチ公のソフトウェア機能が、3D プリンティング技術と連携して開発されていることで、顧客依願型ペットロボット、メモリアルサービスを提供する市場への参入も期待できる。研究開発の観点においても、ゲルハチ公は柔らかさ、感触、あたたかさ、静かさ、重さが生物に近いもので構成されているソフトマターロボットの対人親和性を高めるためのソフト材料開発、ソフトデバイス開発の要素技術をモジュール化し、統合する「やわらかものづくり研究プラットフォーム」としての役割を担っている。この「やわらかものづくり研究プラットフォーム」が実現されるためには、ゲルハチ公のようなソフトマターロボットがもつやわらかいボディに組み込まれるソフト材料が人に与える心理的効果の実証試験、ソフト材料だからこそ実現する人工知能の新しい事例、実用的なソフトアクチュエータの応用事例、フレキシブルセンサの実証モデルとしてのソフトマターロボットの適用事例を進めていき、将来のソフトマターロボットサービスを利用するユーザにどのようなポジティブな影響を与えられるか学術的に示すことが目標となる。

硬い銅像で気軽に触れることができないハチ公像をやわらかい素材で再構成することで、触ったり、抱きしめてみたいりしたくなる気持ちを研究開発したものがゲルハチ公である。柔らかい材料に加え、ほとんどの人が実際には観たこともない秋田犬「ハチ」らしさを表現するゲルハチ公の人工知能とのコミュニケーションも組み合わせ、象徴としての銅像を人と触れ合えるソフトロボットに進化させた、新しいソフトマターロボット製品としての社会実装を進める。

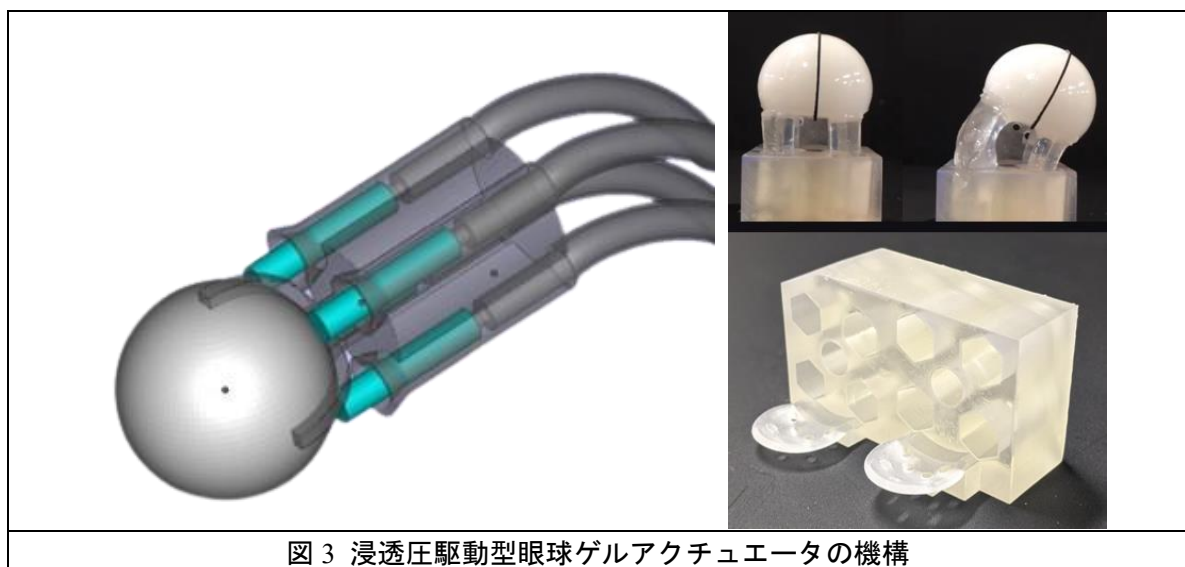
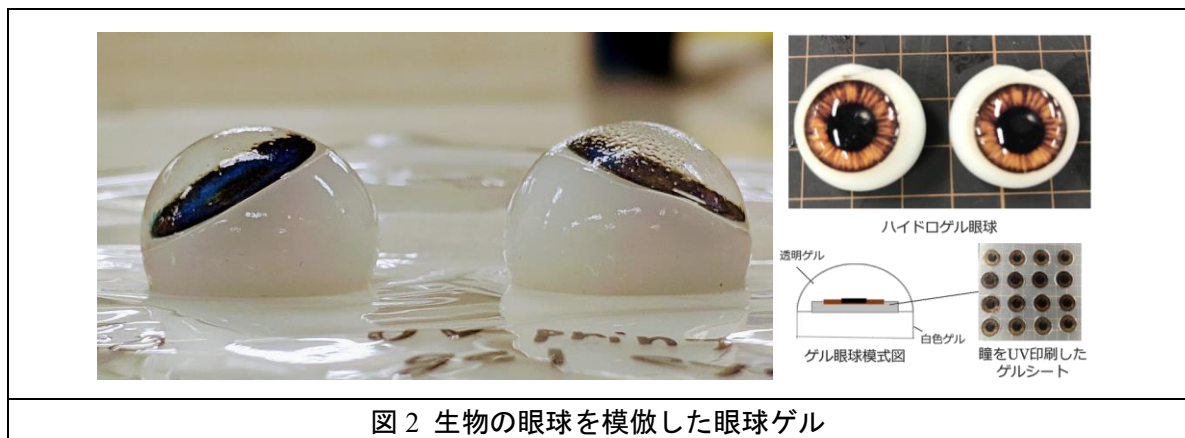
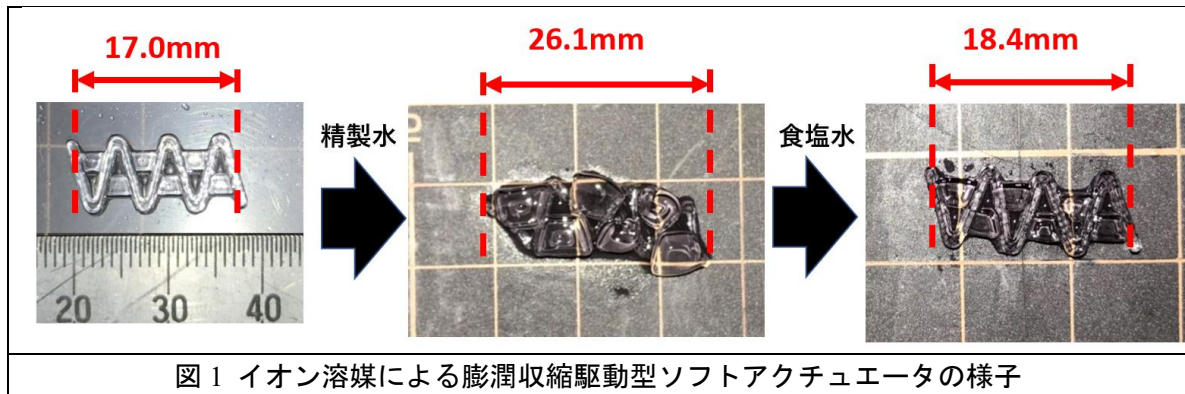
・ 成果

（目標による達成度 100%）

（概要）3D ゲルプリンターにより 3D 造形可能で、アクチュエータに応用可能な熱刺激応答高分子材料（形状記憶ゲル）の開発に成功した。これにより新規ソフトアクチュエータ製造技術を確立した。さらに、熱刺激応答高分子材料による新領域 4D プリンティング・ソフトグリッパや膨潤収縮駆動型ソフトアクチュエータ、導電性ゲルセンサーを開発した。これらの研究を通して、やわらか素材を用いソフトマターロボット躯体を作製するための基礎的技術を構築した。

伸縮率 29.6%-53.6%の浸透圧駆動型ゲルアクチュエータ（図 1）を用いて、相互架橋網目構造ゲル（ICN ゲル）と UV 印刷技術の組み合わせで開発した強膜、角膜および瞳孔を模倣した眼球ゲル（図 2）の駆動検証を実施した。また、眼球型ゲルアクチュエータのロボット応用として、本プロ

ジェクトの成果の一つであるソフトマターロボット「ゲルハチロイド」の頭部に実装するための機構を 3D プリンタにより開発した（図 3）。1つの眼球ゲルに対して2本の浸透圧駆動型ゲルアクチュエータをUV 架橋により接着し、蠕動ポンプを用いて溶媒をゲルに吐出することで静音かつ左右の眼球運動が可能な写実的眼球デバイスとして駆動することを確認した（図 4）。



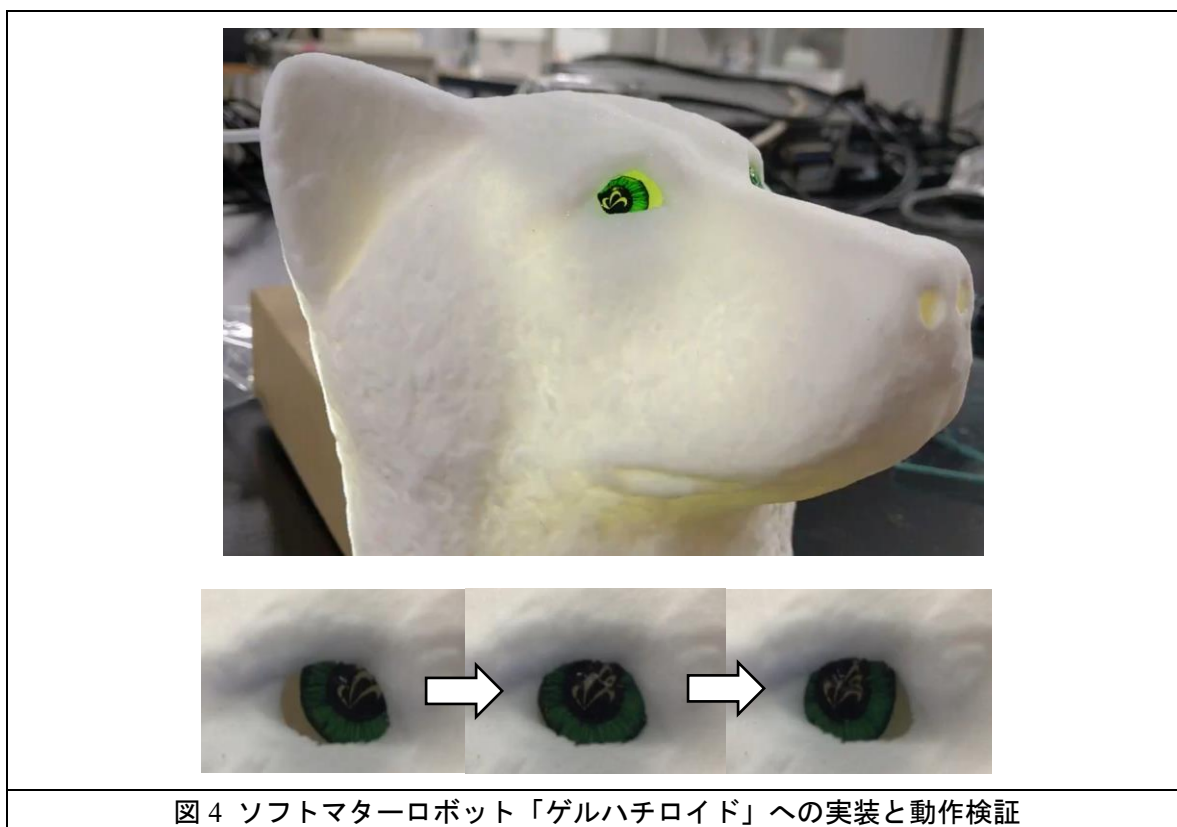


図4 ソフトマターロボット「ゲルハチロイド」への実装と動作検証

形状記憶ゲルのロボット応用として、前述のソフトマターロボット「ゲルハチロイド」の脚関節部にニクロム線を内包した3D印刷された形状記憶ゲルを実装することで、温度依存型の形状記憶性の変形機構を開発した。本関節はニクロム線に電圧を与え、加熱することで人の力で容易に曲げることができ、冷却後は変形した形状を保持することができる。再び加熱することで関節の変形は3D造形時の形状に初期化されることを明らかにした。図5に開発した形状記憶ゲル関節とゲルハチロイドにおける脚変形へ応用した事例を示す。

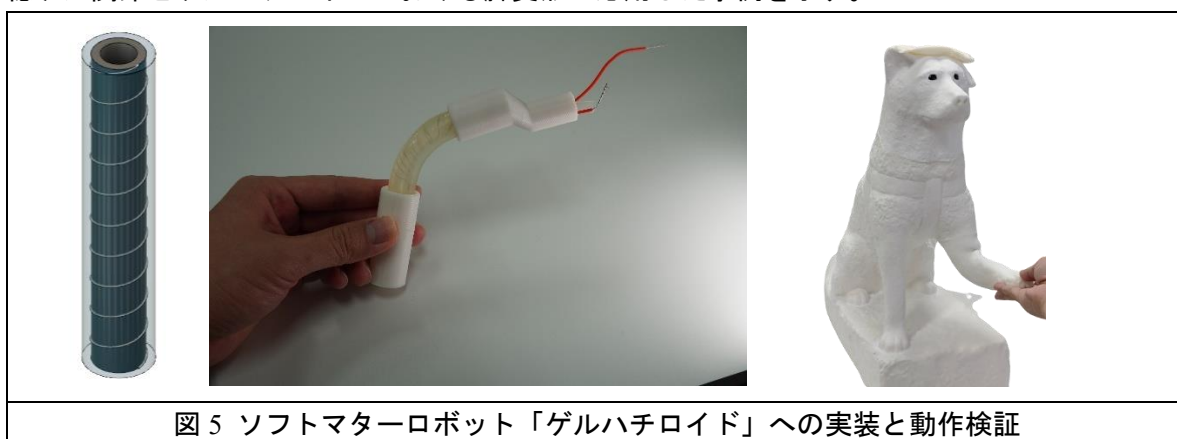


図5 ソフトマターロボット「ゲルハチロイド」への実装と動作検証

(ア) 従来技術・競合技術との比較

本研究課題で開発した眼球型ゲルアクチュエータは、ゲルアクチュエータと眼球ゲルがUV架橋により接合されており、従来研究で開発されているロボット眼球のように金属による接合部品を不用としており、省スペースへの配置が可能となる。また、駆動原理は液体溶媒による液滴のため、蠕動ポンプから送り出す流量もごく少量でよいいため非常にモータ音が小さく静音である。一般的な眼球デバイスは電圧または空圧駆動であり、静音にて動作させる技術は少ない。

また3D印刷技術を用いることで眼球ゲルの形状にも作用することができ、涙腺などの流路を

形成することができる。質感においても、実際の生体に近いゲル材料を用いることで、高精度な写実的模倣を可能としている。

形状記憶ゲルアクチュエーターを応用した関節においても静音で動作させることができる。従来のロボットの関節に用いられるサーボモータのような高速な運動はまだ未達だが、既存のモータはシリコンのような重く弾力に富んだ材料を動作させようとする場合、非静音の大出力で動作させるかを選択する必要があるが、本成果の場合、静音かつ形状変化の維持および初期姿勢への復元させることができる。

ゲルハチ公は頭部がソフト材料であり、胴体はUV硬化性の硬い樹脂である異なる造形物が合体しており、剛柔に大きなギャップをもっているが、同じ白色により造形しているため、見た目ではその剛柔差は確認できず、触れることでのみ数 10kPa のヤング率の差を実体感できる仕様となっている。この剛柔のギャップにより、銅像のハチ公像のように硬い触感の胴体を触れたあとに柔らかい頭部を触れることで強烈な剛柔の違和感を体験させ、入念に確認したくなる心理誘導を実現した。ゲルハチ公は時々刻々と得られるセンサ情報と自己感情のマッチングを学習しつづける人工知能システムを導入した。ここには事前に決められたマッチングの法則はなく、頭をなでるなど多くの人が繰り返し行うコミュニケーション方法に対して行動を認識する学習がよく進み、その行為に対して特有の自己感情を割り当てることができる仕様を実現した。この独自のシステムにより、マイク、カメラおよび圧電センサを入力とする深層ニューラルネットワークモデルの学習が収束していく過程を感情表現として応用する仕様が達成され、人とのふれあいで徐々に性格が決まっていくような感情計算の演出をできるようになっており、LED 首輪の発色、吠える声、振動として、視覚、聴覚、触覚情報として相手に伝達できる。それにより、身体障害（味覚、嗅覚を除く）の有無、老若男女に差別なく、かつ生き物と接しているような錯覚を生み出すコミュニケーションを体感することができる。加えて、ゲルハチ公は実際の犬の視力とされる視力 0.3 程度の視界から認識しうる数メートル域のモニタリングによる映像の解釈、犬の可聴域として知られる 65Hz-50,000Hz での環境音から音響解釈、人からの指圧による接触感知により、実際の犬の生体的特徴を模倣しており、相対者の人数、表情、周囲の色彩情報、音の強弱、高低、触れた部位、触れ方の認識も可能。ゲルハチ公は多岐にわたるセンサから人の行動をモニタリングでき、人を見守りながら、ともに成長して、共生できる先進的なソフトロボットになっている。

またゲルクラゲの開発の先進性としては、従来の水生生物の模型に用いられてきたプラスチックやビニールとは違い、水を含むゲルを材料として使うことで、生きたクラゲに非常によく似たやわらかさや滑らかさ、さらに水中での泳ぎの動きを再現することができた。この成果により 50[kPa]以下のヤング率をもつ ICN ゲルの椀形状の造形方法を確立し、このゲルクラゲは地上では自重で形状を保てなく、水中では弾性によりクラゲの筋収縮運動の模倣が可能であることを示した。この技術について、発売開始発表の前段階（2019 年 9 月）で特許を出願。将来的には先進性・独自性のあるサービスとして、ネット上で提供される水生生物の 3D 設計データをユーザーが自らダウンロードし、3D ゲルプリンターで直接造形するデータドリブンのビジネスとしても展開が可能。また、やわらかクラゲロボットに用いられているゲル材料については、環境に優しく、生分解性をもつ材料にすることを目指しており、環境に優しいクラゲ型海洋ドローンなどの未来のソフトロボットの開発につながることを期待され、山形大学ではシミュレーション研究も適用しながら、クラゲロボットの改良研究を進めている。

5.8.3 プロジェクト終了後の活動方針

本研究課題の目標は計画当初は、3D ゲルプリンターで製造可能な新型アクチュエーターの開発であったが、研究が当初の計画以上に進展したことから、アクチュエーターの駆動方式を熱刺激応答だけでなく、浸透圧駆動型にも広げた。また、3D プリンティングしたアクチュエーターがそのままグリッパーになる成果は、4D プリンティングの研究として注目されるに至った。

本研究課題からスピナウトしたゲルクラゲロボットは、後述するように製品化に成功した。また、ゲルハチロイドの研究は、後述するように国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「官民による若手発掘支援事業」に採択され、プロジェクト終了後も産学連携で研究開発を進める。

ゲルハチ公の今後の展開としては、硬い銅像で気軽に触れることができないハチ公像をやわらかい素材で再構成することで、触ってみたり、抱きしめてみたりしたくなる気持ちを研究開発したものがゲルハチ公である。柔らかい材料に加え、ほとんどの人が実際には観たこともない秋田犬「ハチ」らしさを表現するゲルハチ公の人工知能とのコミュニケーションも組み合わせ、象徴としての銅像を人と触れ合えるソフトロボットに進化させた、新しいソフトマターロボット製品としての社会実装を進める。

5.8.4 その他

参画学生のその後の進路 本事業に参画していた Shiblee MD Nahin Islam 氏は、2019 年 9 月に博士課程を修了し博士（工学）取得した後、古川研究室にて研究支援者として所属、ポスドクとしての研究が継続できるように支援を行なった。また、2020 年 4 月から日本科学未来館研究エリア「知的やわらかものづくり革命」プロジェクトに勤務を開始し、2020 年 6 月からは山形大学助教（任期付き）に昇任した。現在、日本科学未来館の同プロジェクトにて、4D プリンティングの研究者として活動している。

また、本事業に参画していた山田直也氏は、2019 年 9 月に博士課程博士（工学）取得後、古川研究室にて研究支援者として所属し、ポスドクとしての研究ができるように支援した。その後、2020 年 4 月より山形県工業技術センターのパーマネントの職員に採用され、栄転を果たした。

ひらめきときめきサイエンス「3D ゲルプリンターで「やわらか」ロボットの魅力に迫る」2020 年 11 月 15 日 旧長井小学校第一校舎にて開校した。ゲルハチ公の展示だけでなく、ゲルハチ公を基に開発を進め、涙を流す機能や体のぬくもりを持たせた「ゲルハチロイド」の展示も行い、アウトリーチ活動を行った。『「当日は、古川研の技術であるゲルハチ公を基に、涙を流す機能や体のぬくもりを持たせた「ゲルハチロイド」のお披露目がありました。ゲルハチ公や 3D プリンターなどの最先端技術の講義、最後には特別にゲルクラゲに触れる体験が行われるなど、まさに「科学にふれる」一日となりました。』との感想があった。

実績：「2019 年、渋谷。超福祉の日常を体験しよう展（超福祉展、東京都渋谷区）」、「2019 年度 共生社会実現フォーラム」（神奈川県横浜市）、「国際ロボット展 2019」（東京都江東区）、「TCT JAPAN 展 2020」（東京都江東区）、「次世代 3D プリンタ展 2020」（東京都江東区）、山形県鶴岡市役所、山形県長井市旧長井小学校第一校舎で福祉用コミュニケーションソフトロボット、東京オリンピック・パラリンピックでのユニバーサル未来社会推進協議会におけるロボットショーケース展示（令和 3 年 7 月 30 日）として展示、紹介実績がある。

5.9 研究開発課題 4-1 「機能有機電気化学マトリックスの明確化」

キーテクノロジー	ソフト蓄電デバイス
研究開発テーマ	ソフト蓄電デバイス
課題代表者	大場 好弘 有機材料システム研究推進本部 特任教授
実施期間	2016 年 11 月～2021 年 3 月
共同研究機関	山形大学、三井化学株式会社、セパレータデザイン株式会社

5.9.1 マイルストーンと達成状況

課題 番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課 題 4-1	MS4- 1-1	非発電領域有機化学種抽出を行う (対象化合物 36 種以上)	(計画達成度 100%) フィルム化可能な化学種が少ないことから修飾ポリエチレンを追加した。クロスリンク技術を用い異なる結晶構造のポリオレフィン膜の作成を 6 種行った。基本となる有機化学種の抽出はこれにて完了となるが、この中から事業化製品に移行できるものを選別するプロセスに移行した。
	MS4- 1-2	分子量、官能基の有無による化学種の分類 (要素化合物 1 あたり化学種 6 種以上)	放射光による空孔の分析を行った。一方で 18650 型の電池を組み立て充放電することでセパレータにストレスを加え、空孔がどのように変化するかについても調査を進めた。結果として充放電によりセパレータの初期形状が保てるものとそうでないものがあることを実験事実として確認できた。
	MS4- 1-3	計算科学によるリチウムイオン配位の推定	ポリオレフィンとリチウムイオンのアフィニティーについては分子軌道法解析による収束解は得られなかった。現象としては 4-2 の NMR 解析で測定された易動度を代挿することにした。一方でアラミドについては安定場としての解が得られているので、これについても NMR データとの相関を確認することでアフィニティーの確認を進めた。
	MS4- 1-4	電池試作構成要素別リチウムの移動抵抗・易動度の測定とフィッティング検証	非発電領域における抵抗発生は「物質」だけではなく「空孔構造の変化」についての解釈を併せてすべきことが明確となった。
	MS4-	パラメータ変更しフィッティング適	一般的なポリオレフィンを対象にリチウ

	1-5	正要因の明確化	ムイオンの移動の速度差についての調査を行った。解を簡略化するために「物質」のみに特化した、中性子解析から「充放電過程」における負極の各ステージ構造は従来の認識とは異なり規格化されておらず、実際は混成構造あることが明確になった。
	MS4-1-6	機能有機材料マトリックスとヒステリシス解析を達成し線形劣化機能電池を作成する	5で化学種の違いによる電池部材の劣化抑制が認められたため、アラミドでは対照実験が構成できなかった。一方でポリオレフィンと修飾ポリオレフィンでは、評価する電池系の設計を終了し、R1年度に実際の電池で評価した。 ポリオレフィンへのアラミドの塗装技術については本研究とは別に開発を進めていた水系アラミドが完成できたことから本課題遂行の目途が立てた。
	MS4-1-7	ポリオレフィン化合物とリチウムイオンのアフィニティー解析	電池メーカーの設備を活用し43Ahの試作を行った。劣化モードを確認するためにサイクル特性・保存特性を調査している。 43Ah 電池では目標とするサイクル特性（1000 サイクル 85%維持に対して 77%維持）を維持できなかった。評価時間を短縮するために対象をより高密度な4Ah 円筒電池に変更したが、計画は4Ahの電池であったが、劣化解析用の材料が多く必要であったために容量を10Ahと増加させた。 なをベースセパレータには計画通り異なる特性を持つ2種類のポリオレフィンを用いた。
	MS4-1-8	添加剤入り電解液を使用した電気化学系での適用試験検証	電解液には3つの特徴的な添加剤を用いてサイクル特性の維持とハイレート特性の確認を行えた。

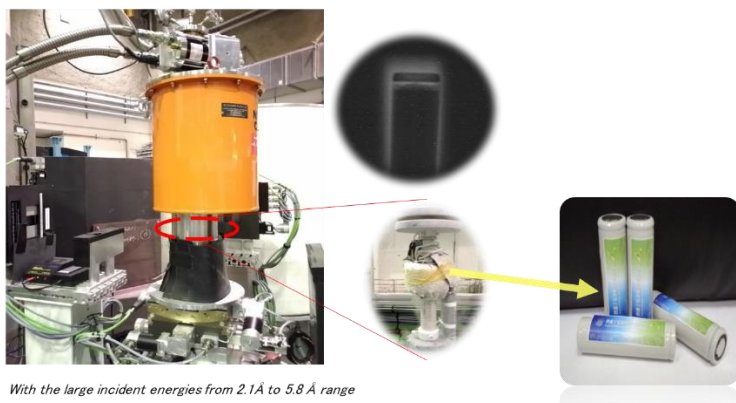
5.9.2 最終目標に対する成果の詳細

放射光・NMR（4-2）を活用した非発電領域の抵抗のマトリックスについて本テーマに大きな影響を与える2つの事実が明確になった。

プロトタイプの電池の充放電試験は中性子を活用した解析を行うことで、負極活物質の充放電ステージは規格化されたものであるという従来の常識を覆し、規格化されたものの混成であることが明確になった。また充放電によって空孔そのものが変化している事実が明確になった。

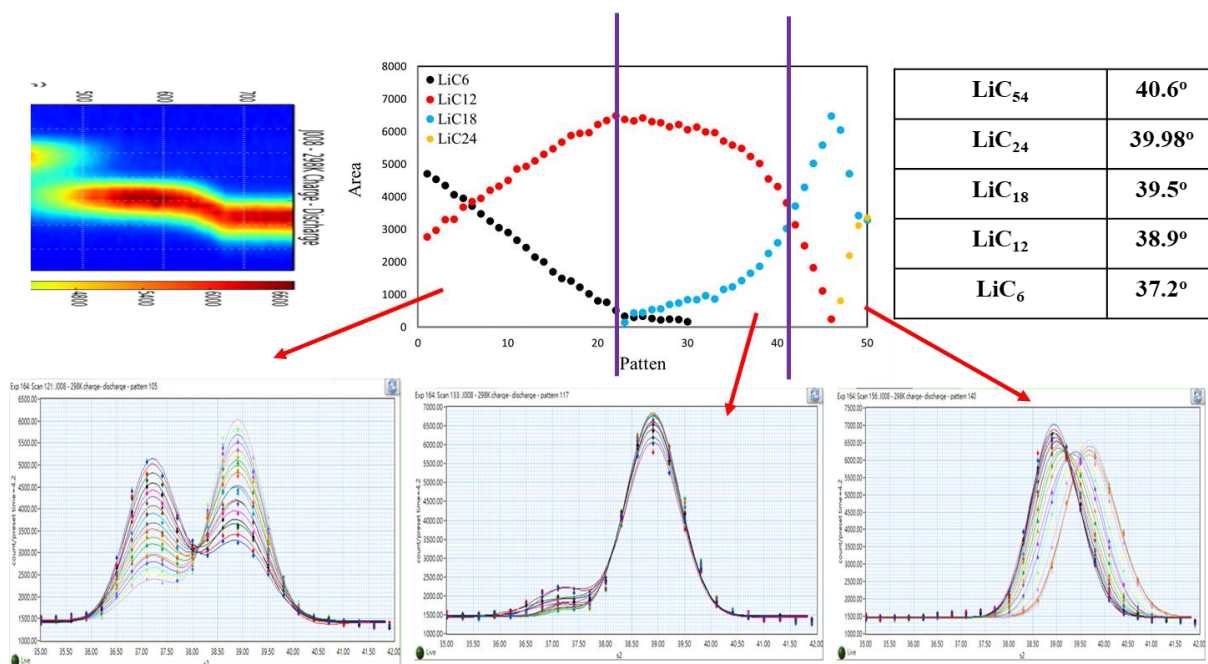
このことは当初目標とした BMS フリーの電池設計においては「正極負極セパレータの空孔の変化が少ないこと」「負極はステージ構造を持たない、または混成ステージでの抵抗が線形である物質を選択する」ことが重要となってくる事が明確となった。

The High Flux cold-triple axis spectrometer SIKA at OPAL, ANSTO.

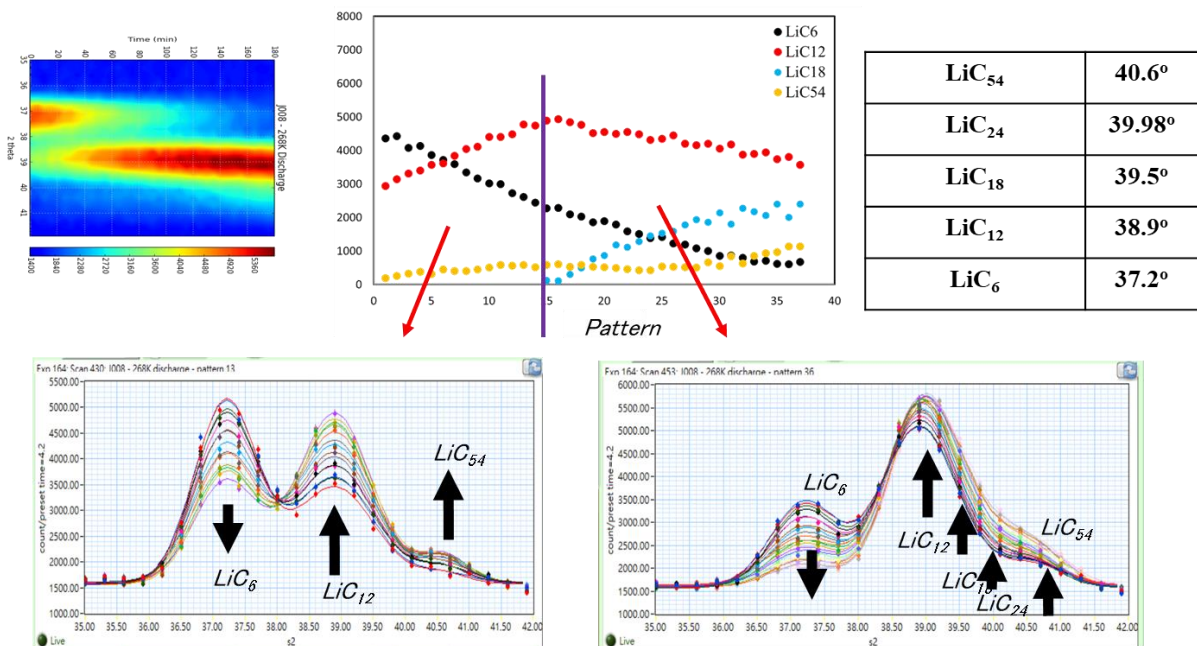


With the large incident energies from 2.1 Å to 5.8 Å range

298 K でのステージ構造の変化(教科書通り)

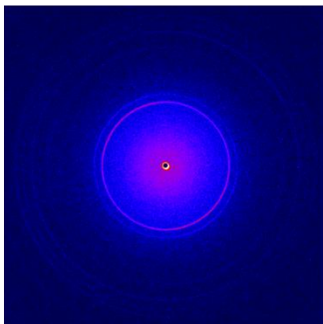


268 K でのステージ構造の変化(教科書とは違う)

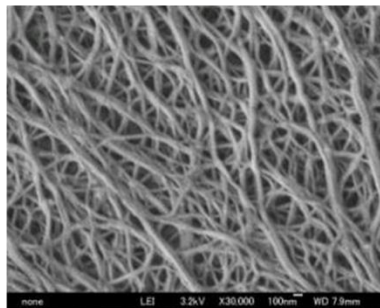


測定結果例A

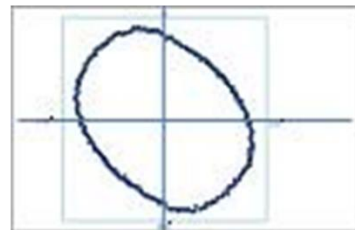
WAXD 二次元画像



SEM画像 (30,000倍)

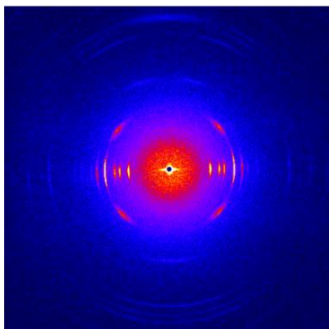


$2\theta = 20.8 \sim 21.8^\circ$

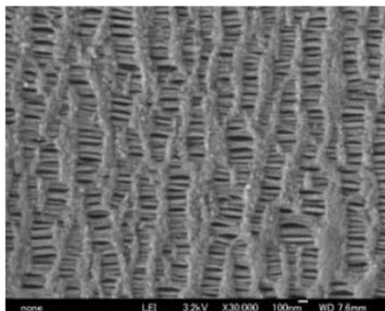


測定結果例B

WAXD 二次元画像



SEM画像 (30,000倍)

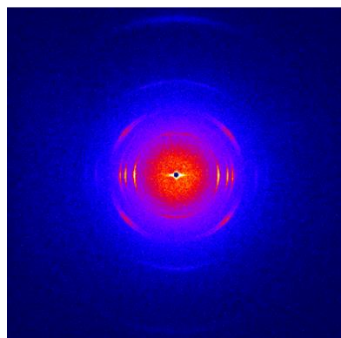


$2\theta = 20.8 \sim 21.8^\circ$

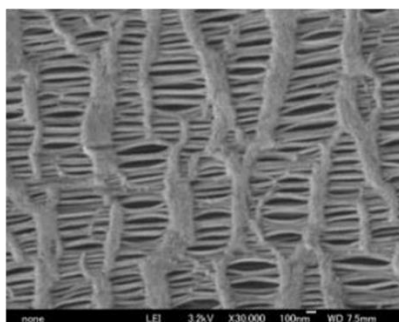


測定結果例C

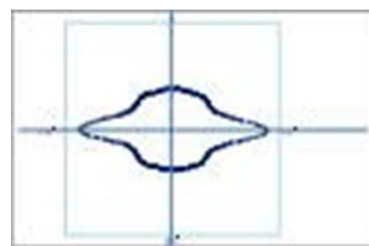
WAXD 二次元画像



SEM画像 (30,000倍)



$2\theta = 20.8 \sim 21.8^\circ$



電池の劣化を化学劣化と物理劣化に区分し、起電に関与しない有機物の部分の変化（主要因は物理変化）によるリチウムの移動と拡散との関係を明確にすることで、電池劣化におけるヒステリシスの変化を明確にでき、結果としてBMSの簡略化につなげる技術開発を進めてきた。2017年度ポリアミドの選択。また結晶性樹脂の配向と孔径および孔形を明確にする測定方法の開発に成功、2018年度40Ah級電池試作と簡易BMSの設計試作、と進めてきたが、最終的に電池試作をするため確認作業を行う。2019年度の研究から「均一で安定した反応であると報告されている負極」において「極めて不均一な反応発生をしていること」が確認されたため、最終年の電池設計は特定の温度領域下での使用に限定されるものになるものの、計画通り対象とする電池設計を進めた。本研究で絞り込まれた異なる2種類のポリアミドと、異なる2種類のポリオレフィンを選択し、特定の温度（25℃）で10Ah級（当初計画では4Ah）の電池設計を行い、同電池の試作・性能評価を行った。

(正極: 357C02)

◆ Cathode Electrode

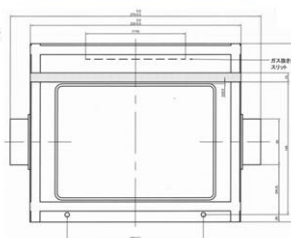
Items	Unit	Review Spec	Specification	Tolerance
Energy Density	Wh/oz	5.37	Theory	
Bulk				
Active Material	Type	NMC532	•	
Conducting Agent	Type	Carbon	•	
Binder	Type	PVDF	•	
Loading Density(Both side)	mg/oz	33	±0.5	
Al foil	Thickness	20	Matl C.O.A	
(Rolled Type)	Slitting Width	240	±1.0	

計算式: (正極S * 両面 * 枚数) * Loading Weight (左記参照)

$\{(16.5 * 11.5) * 2 \text{枚}(\text{cm}^2)\} * 5.37 \text{mAh/cm}^2$
 $= 2038 \text{mAh} = 1.936 \text{Ah}$ (対拉面換算)
 ⇒ 電極効率が92%なので、**想定容量は 1.781mAh**

通常時 0.31C 最大時 3.1C

(参考: セルサイズ)

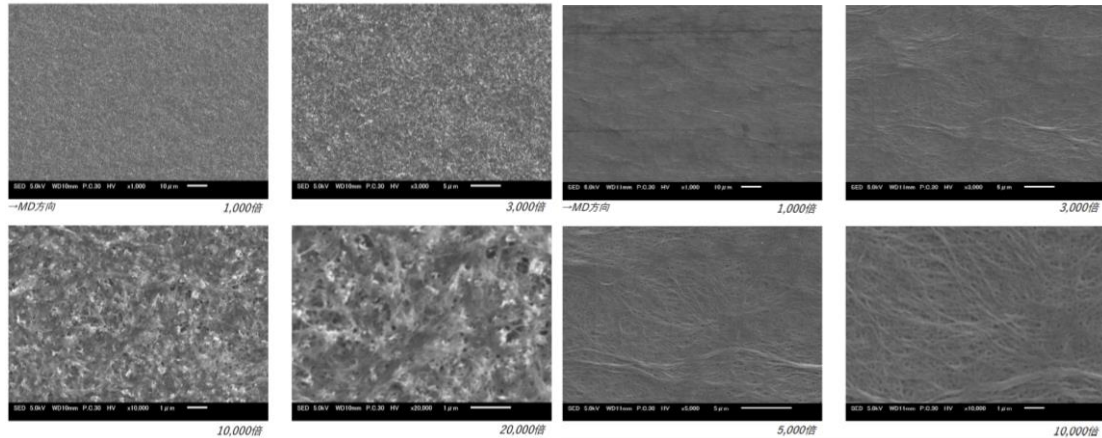


(負極: 357A02)

◆ Anode Electrode

Items	Unit	Review Spec	Specification	Tolerance
Energy Density	Wh/oz	5.49	Theory	
Bulk				
Active Material	Type	SMG-A5	•	
Conducting Agent	Type	Carbon	•	
Binder	Type	SBR	•	
Loading Density(Both side)	mg/oz	16	±0.5	
Cu foil	Thickness	10	Matl C.O.A	
(Rolled Type)	Slitting Width	240	±1.0	

	膜厚			G		目付	空孔率	突刺	引張強度		引張歪		弾性率		熱収縮:105℃		:120℃	
	CE	30mm毎		CE	50/100mm毎				CE		CE		CE				8hr/CE	
サンプル	(μm)	AV(μm)	(R)	(sec/100cc)		(g/m2)	(%)	(N)	MD(MPa)	TD(MPa)	MD(%)	TD(%)	MD(MPa)	TD(MPa)	MD(%)	TD(%)	MD(%)	TD(%)
ポリオレフィンA	12.2	12.3	0.9	263	264	7.7	33	5.7	180	268	228	140	1,034	1,445	3.9	-0.4	11.1	1.4
ポリオレフィンB	12.3	12.4	0.9	241	270	6.5	44	5.6	355	131	44	189	2,976	750	5.7	22.4	14.5	32.3
ポリアミドA	13.1	13.0	0.1	291		8.2		4.8	244	162	99	173	2,259	1,167	1.9	0.4	3.0	1.6
ポリアミドB	11.5			197		6.6		4.5	174	203	136	96	1,320	1,351	0.9	0.1	0.9	0.6



本研究で絞り込まれた異なる 2 種類のポリアミドと、異なる 2 種類のポリオレフィンを選択し、特定の温度（25℃）で 10Ah 級（計画では 4 Ah）の電池設計を行い、同電池の試作・性能評価を行った。

（明確になった事実：データの特長）

ポリオレフィンでは単独で電解液アフィニティーが大きな方がヒステリシスは少ない
厚み比較では 12 μm と 9 μm で相関がズレている。

アラミド空孔比較では細密な微粒ポリアミドの方が、空孔維持率が高くヒステリシスは少ない。
これらを総合すると非晶部の多いポリオレフィンを活用し微粒ポリアミドを修飾した多孔質フィルムがヒステリシスの少ない電池設計を可能にすることが分かった。

（従来技術）

データとして公表された情報は見つけ出せていない。（特許化）

（競合技術）

ポリオレフィンを使用しない粒径アラミドの多孔質膜がよりヒステリシスの低い多孔質膜となる可能性があり、それを検証する必要があるが、現時点で公開された情報は見つけ出せていない。
（特許化）

5.9.3 プロジェクト終了後の活動方針

最終年度には計画通りに電池としての設計評価を行い、どのような空孔が非ステリ煤の影響を受けないのかという仮定の検証に近づいたが「確証」が得られないままであった。一方で検証未了ではあるものの独自の BMS を設計し電池パックにした評価を行い競争領域へ向かうための準備（アウトリーチ）を進めた。

（テーマ 4 共通）

- ・電池劣化におけるヒステリシスの変化やイオン移動挙動の分析を活かしながら、他テーマの「バリア性能技術」「印刷有機トランジスタ技術」等と連携し、安全性と量産化を共に追求した独自 BMS 設計の電池製作を目指す。

5.9.4 その他

（テーマ 4 共通）

・最終的なパック設計を実施し、簡易なパック（3Kwh 級）を作成してセルとモジュールでの性能比較を行った。これによりパックとしての線形劣化の SOC 領域を明確にしの競争領域への展開に備える。



5.10 研究開発課題 4-2 「イオン移動マネジメントシステムの構築」

キーテクノロジー	ソフト蓄電デバイス
研究開発テーマ	ソフト蓄電デバイス
課題代表者	竹田 さほり 国立研究開発法人産業技術総合研究所 (電池技術研究部門・主任研究員)
実施期間	2016 年 11 月～2021 年 3 月
共同研究機関	山形大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、(有) 芳尾電気化学研究所

5.10.1 マイルストーンと達成状況

課題 番号	MS 番号	マイルストーン内容	達成状況
課 題 4-2	MS4- 2-1	各種電解質の構造に応じて、拡散係数とイオン易動度測定結果からイオン種毎の易動度や塩の解離度などイオンダイナミクス物性を求める技術確立し、易動度の見積もり精度を $\pm 1E-11 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$ 以下とする	(計画達成度 100%) 拡散係数とイオン導電率の測定結果を用いてモデル理論に基づく解析を実施し、イオン種毎の易動度や塩の解離度、カチオン輸率などイオンダイナミクス物性を求める技術確立した。
	MS4- 2-2	各種電解質の構造に応じて、イオンに働く相互作用力を見積もる技術確立し、相互作用力の指標であるマイクロ粘性率の見積もり精度を $\pm 5E-4 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下とする	各種電解質の構造に応じて、イオンに働く相互作用力の指標であるマイクロ粘性率を見積もる技術確立した。
	MS4- 2-3	ゲル構造因子(ポリマー種、ポリマー濃度、リチウム塩種など)やセパレータ構造因子(孔形状、サイズなど)とイオン易動度や相互作用力との関係を定量的に明らかにする	空路経路構造とイオン移動挙動との関連を明確にした。また、工法の異なるセパレータを用いてその確からしさを検証した。
	MS4- 2-4	各種電解質の構造に応じて、電解質中劣化物質の化学構造・存在量を決定する。存在量の見積もり精度を相対標準偏差で $\pm 10\%$ 以内とする。	加熱劣化試験およびサイクル劣化試験を用い、その内から回収した劣化物の LC/MS 解析を行った。
	MS4- 2-5	劣化物質の化学構造・存在量とリチウムイオン移動速度との関係を定量指標化する。	実電池による分析では抽出液量の少なさや電極材の混在などから信頼性・再現性の高いデータ取得が困難であったため、セルの改良について検討を行っている。
	MS4- 2-6	各種電解質の構造に応じて、拡散係数とイオン易動度測定結果からイオン種毎の易動度や塩の解離度などイ	改良したセルを用いて劣化物質がイオン移動挙動に及ぼす影響を明らかにし、空間経路構造の影響とも関連させて電解質

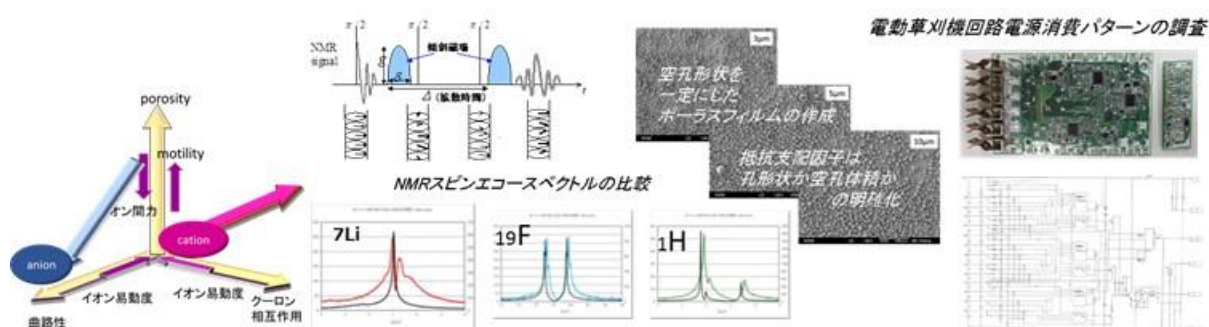
		オンダイナミクス物性を求める技術 を確立し、易動度の見積もり確度を $\pm 1\text{E-11 m}^2\text{s}^{-1}$ 以下とする	構造の最適化を図った。ヒステリシスが 顕著に表れるハイレート試験においてセ パレータの曲路率と容量維持率の関数を 明確化できた。
	MS4- 2-7	各種電解質の構造に応じて、イオン に働く相互作用力を見積もる技術を 確立し、相互作用力の指標であるミ クロ粘性率の見積もり確度を $\pm 5\text{E-4}$ $\text{Pa}\cdot\text{s}$ 以下とする	測定誤差 10%以内を達成
	MS4- 2-8	ゲル構造因子（ポリマー種、ポリマ ー濃度、リチウム塩種など）やセパ レータ構造因子（孔形状、サイズな ど）とイオン易動度や相互作用力と の関係を定量的に明らかにする	0.8~1.2Mのリチウムイオン濃度範囲で 移動抵抗の直線性を確認（精度 10%誤差）
	MS4- 2-9	回路電源消費パターンの調査	テーマ 4-1 に組み込んで評価中
	MS4- 2-10	移動度に基づく電池設計パターン毎の 電池設計の事前評価と明確化	駆動に関しては代表的な消費電力パター ンを測定した。 一方でセンシングに関する消費非電力パ ターンを明確にするための方法論を模索 中 課題解決のための納期を 1 年間延長
	MS4- 2-11	回路向けマイクロ電池試作検証	他の課題からの移動度に関するデータが 出始めた。挽回するために電池ユーザお よび電池メーカーとの協力を得て電池設 計を開始する合意を得た。
	MS4- 2-12	回路向けマイクロ電池試作検証	電池設計の段階で研究は停止しており、 不足材料の入手後に電池試作を行う。

5. 10. 2 最終目標に対する成果の詳細

電池内のイオン移動マネジメントの達成を目指し、セパレータ中のイオン易動度の支配因子を明らかにするため、1) サイズの異なるポリエチレン (PE) 粒子の電解液ペーストや空隙構造の異なる PE セパレータを用いて、空隙経路構造とイオン移動挙動との関係を調べた (図 1)。空隙サイズが $1\mu\text{m}$ を超える経路移動では、経路の曲路率は ~ 1 となり、マイクロ粘性率も電解液単体のものとほぼ一致し、イオン移動に対する経路壁の影響は無視できるのに対し、経路幅が減少して $1\mu\text{m}$ 以下になると曲路率は急激に増大しイオンと経路壁間の相互作用（マイクロ粘性率 β ）の増大が易動度を支配することが分かった。さらに 2) 膜の延伸率の異なる PE セパレータを作成し、空隙経路サイズや経路の配向性とイオン移動挙動との関係を調べた (図 2)。図は膜形態の異方性に対するイオン移動のし易さを示しており、 f 値が 0.8 以上になると急激に易動度が低下しイオン/膜間の相互作用力が増大することを示している。空隙経路サイズの測定から、 f 値 > 0.8 では経路の径構造の異方性（円形から楕円形への変化）が増大しており、短径方向で相互作用が増大しイオン易動度が大きく減少したと考えられる。

劣化反応進行場におけるリチウムイオン易動度やイオンに働く相互作用力の見積もりについては、加熱劣化試験及び充放電試験後の電池から回収した電解液の LC-MS 解析を行った結果、アニオンおよび溶媒由来の複数の副生成物を同定することができ、また電池充放電時の負荷の違いに相関して、生成種や生成量が変化することが分かった。これら副生成物が存在する環境下で、イオン易動度や相互作用力がどのように変化するかを評価するため、拡散係数測定の実験系構築を進めた。

本研究の特徴は、当所が独自に開発を進めた、カチオン・アニオン易動度を独立に求めそれら易動度の大きさを決めるマイクロ粘性率を成分ごとに求める測定解析技術を用いて、世界で初めて経路内のイオン移動挙動をマイクロレベルで定量的に解明した。文献調査等からも、この技術に匹敵する競合技術は存在しない。本研究の結果、電池出力性能を決める主素材であるセパレータ膜を合理的に設計・開発する指針が確立できた。



膜の延伸倍率、すなわち空間経路構造の異なる一連の PE セパレータを用いてマイクロ電池を試作した。電解質構造については前年度までの検討を踏まえ、配位力の高い構造である L1 電解液 (EC:DEC=1:1) とした。充放電試験終了後の電池から電解液を回収して電池反応によって生じる劣化物質の解析を行うとともに、充放電試験そのものの結果について検証した。レートを変えた時の電池ごとの容量維持率の結果を図 1 に示す。試験後に回収した電解液中の劣化物質は種類・量ともに少なく、イオン移動速度への影響を検証するのは難しいレベルであった。これは、図 3 に示すようにいったん 4C までレートを上げた後の 0.2C での容量維持率が、最初の 0.2C での容量維持率と比較してほとんど低下していないことから、用いた試験条件下では電池反応による劣化の度合いが小さすぎたためと考えられた。一方、2C および 4C のような高レートでの容量維持率は用いたセパレータによって大きく異なっており、図 4 に示すように膜厚のほぼ同じセパレータについては曲路率との間に良い負の相関関係が得られ、本研究で確立したセパレータの空間経路構造とイオンの動的挙動の相関性について実証することができた。

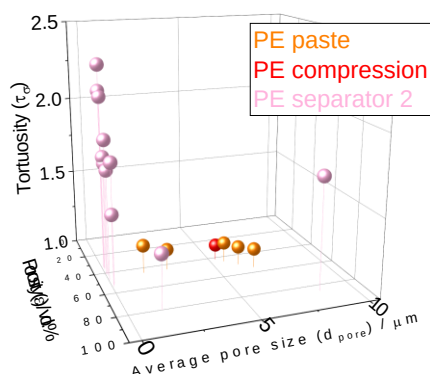


図 1 経路の曲路率(Tortuosity)と経路径(d_{pore})との相関性、PE paste: PE 粒子と電解液とを混練、PE compression: PE 粒子の圧着膜に電解液を浸潤、PE separator: PE の微多孔膜の電解液を浸潤

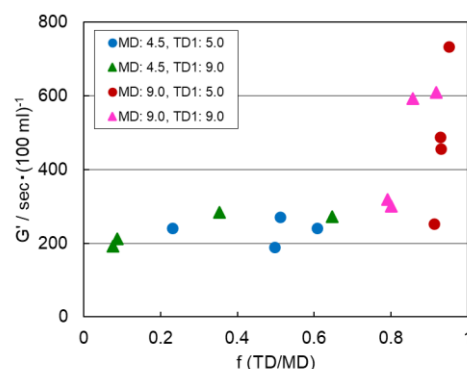


図 2 セパレータ膜の縦横弾性率比 ($f(TD/MD)$) に対する空隙経路の規格化ガーレ値 (G')

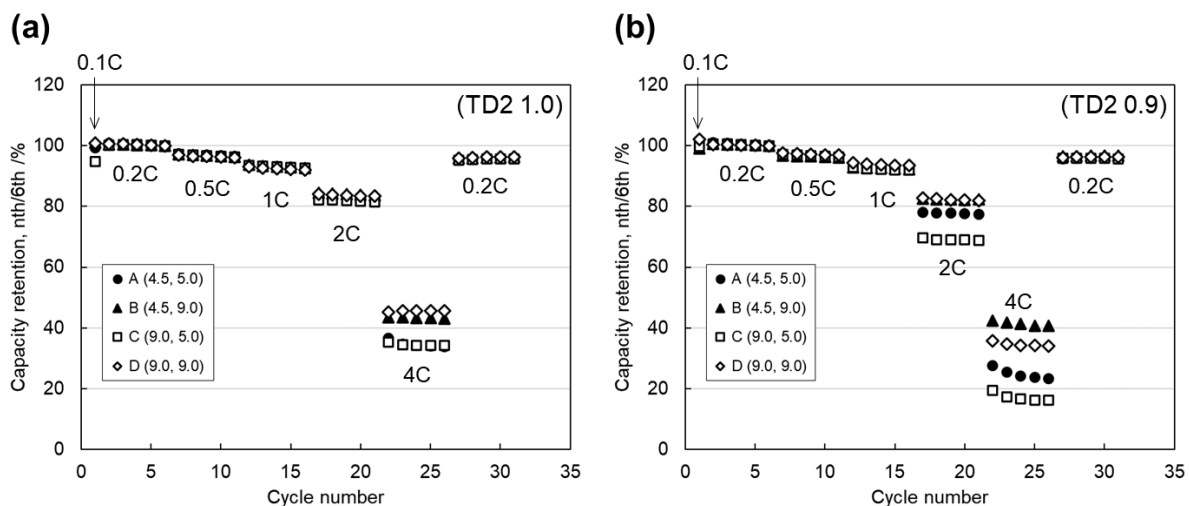


図3 異なる延伸倍率のセパレータを用いて試作した電池の充放電試験におけるレートごとの容量維持率

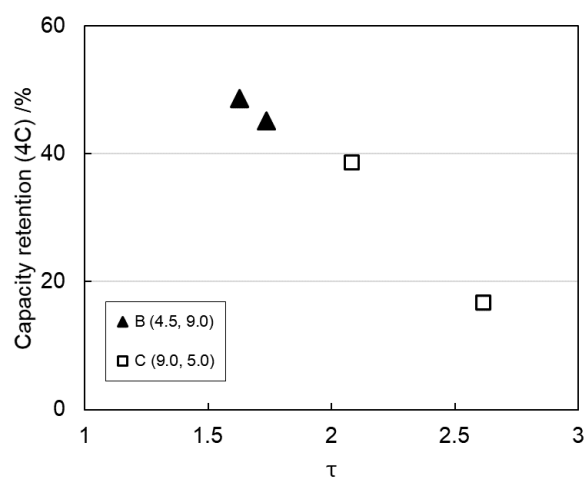


図4 4C レートにおける容量維持率とセパレータの曲路率

2019 年度までに得られた知見に基づき有機トランジスタや有機センサーの電源としてイオンの移動を制御した薄型 2 次電池（10mAh／セル）の設計と試作を進めた。

※将来的なソフトマターロボットへの搭載を見据えたプロトタイプとの位置づけ

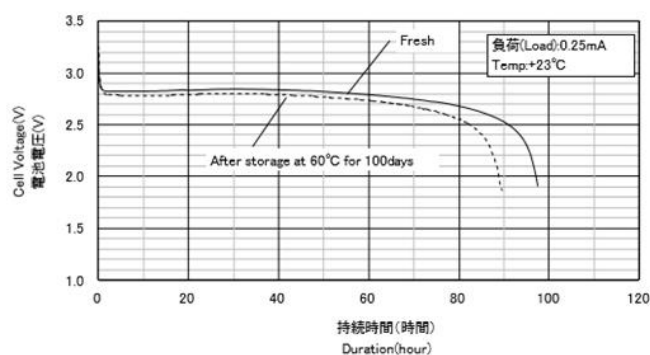
【テーマ 2 とテーマ 4 の連携】

テーマ 2 からのセンサー用電池の要求事項。

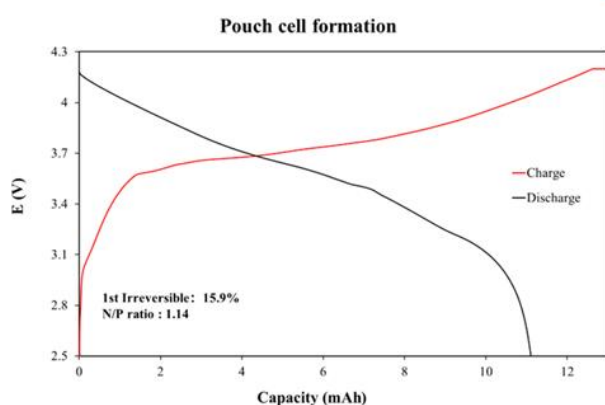
（ 目標厚み 350 μm 容量 10mA h 作動電圧 2.5 V 以上 最大瞬間電流 16mA 以上 ）

		要求仕様	1 次電池	2 次電池
サイズ	縦	—	25.5mm	25.0mm
	横	—	27.5mm	30.0mm
厚み	正極	—	—	86 μm

	負極	—	—	70 μ m
	外包	—	—	120 μ m $\times$ 2
	全体	—	0.55mm	0.4mm
体積		—	0.39 cc	0.30 cc
重量	正極	—	—	97mg
	負極	—	—	85mg
	アルミパウチ	—	—	620mg
	全体	—	0.5g	0.8g
容量		>10mAh	22mAh	11mAh
公称電圧		>2.5V	3V	3.7V
最大瞬間電流		>16mA	—	33mA
消費電力量		25Wh	54Wh	40.7Wh



現状の1次電池



連携作成2次電池



目的とするテーマ2用の電池は特殊な薄膜型アルミパウチが入手できないために完成できなかった。アルミパウチが入手出来次第製造する。

また、

目標厚み：アルミパウチが来てからの試作になる。

設計容量は 10mAh：電極設計完了

設計作動電圧は 2.5V であるが 3.0V で設計完了

最大瞬間電流は 16mA 予定であるが、設計上はヒステリシスの線形化で 50mA となっているが、電池が出来ていないので実証はされていない。

一方でヒステリシスが顕著に表れるハイレート試験においてセパレータの曲路率と容量維持率の関数を明確化できた。

（明確になった事実：データの特長）

一方で、ヒステリシスが顕著に表れるハイレート試験においてセパレータの曲路率と容量維持率の関数を明確化できた。

（従来技術）

データとして公表された情報は見つけ出せていない。（特許化）

（競合技術）

データとして公表された情報は見つけ出せていない。（特許化）

5. 10. 3 プロジェクト終了後の活動方針

- ・ 目的とするテーマ 2 用の電池は特殊な薄膜型アルミパウチが入手できないために完成できなかったため、アルミパウチが入手出来次第製造する方針である。

また、最大瞬間電流は 16mA 予定であるが、設計上はヒステリシスの線形化で 50mA となっているが、電池が出来次第の実証方針である。

また 2019 年度に 4-2-1 から「空形の異なる孔内ではイオンの移動が異なる」ことが確認されたことから、強制的に空孔を変化させることのできるセパレータの設計を進めているが、現在未達のため今後も継続方針である。

（テーマ 4 共通）

- ・ 電池劣化におけるヒステリシスの変化やイオン移動挙動の分析を活かしながら、他テーマの「バリア性能技術」「印刷有機トランジスタ技術」等と連携し、安全性と量産化を共に追求した独自 BMS 設計の電池製作を目指す。

5. 10. 4 その他

（テーマ 4 共通）

- ・ 最終的なパック設計を実施し、簡易なパック（3Kwh 級）を作成してセルとモジュールでの性能比較を行った。これによりパックとしての線形劣化の SOC 領域を明確にしの競争領域への展開に備える。



5.11 研究開発課題5 「社会システム・ソフトマターロボティクス」

キーテクノロジー	社会システム・ソフトマターロボティクス
研究開発テーマ	社会システム・ソフトマターロボティクス
課題代表者	多田 隈 理一郎 山形大学 大学院理工学研究科 機械システム工学専攻 准教授
実施期間	2016 年 11 月～2021 年 3 月
共同研究機関	山形大学、鶴岡工業高等専門学校、(株) 山形銀行、NEC エンベデッドプロダクツ(株) (～2017 年度まで)、弘栄設備工業 (株) (2018 年度まで)、(株) 弘栄ドリームワークス (2019 年度～)

5.11.1 マイルストーンと達成状況

課題番号	MS番号	マイルストーン内容	達成状況
課題 5	MS5-1	テーマ 1～4 の進捗管理を行い目標の時期までの商品化を確実にする。	(計画達成度 100%) 当初の計画通り、テーマ 1～4 の進捗を管理しつつ、従来型の、「剛体の力学」に基づくロボットの技術の調査を進めた。その上で、テーマ 1～4 の技術融合商品の試作による、社会実装の確度の検証を行った。 さらに、テーマ 1～4 の技術を活用した末端商品を具現化し、市場開発を行うことで、新しいソフトマターロボットの可能性を研究した。 それらに加えて、テーマ 3 の DN ゲルを活用した摩擦制御機能を有する脚部を搭載したソフトマター管内探索ロボットを試作し、学会誌に論文を投稿して、社会実装の確度の検証を行った。また、そのモックアップを展示会に出展することで、プロジェクトの外部への周知を行った。
	MS5-2	従来型ロボットの技術調査を行い、常にハードロボとソフトマターロボティクスの技術方向性の社会適性を意識した市場開発を行う。	同上
	MS5-3	テーマ 1～4 の技術融合商品（デバイス）の試作による、社会実装の確度の検証を行う。	同上
	MS5-4-1	テーマ 1～4 の技術を活用した末端商品を具現化し、市場開発を行うことで、データ駆動デバイスと超分散	同上

		型ソフト蓄電システムの融合から創出される新しいソフトマターロボットの可能性を研究する。	
	MS5-4-2	テーマ2の印刷技術に基づくソフトな力センサや、テーマ3のDNゲルを活用した摩擦制御機能を有する脚部を搭載したソフトマター管内探査ロボットを試作し、社会実装の確度の検証を行う。試作機を用いたフィールド実験と並行して、展示用モックアップを用いたプロジェクトの外部への周知を行う。	同上
	MS5-5	従来型ロボット技術開発動向調査を実行し情報を提供する	同上
	MS5-6	ソフトマターロボティクス技術の対照となるハードロボの試作による対照実験の実施により、より正確な市場の広がりの方角性を見極める。	(計画達成度 100%) 従来型ロボット技術開発動向調査を実行し情報を提供した。 また、ソフトマターロボティクス技術の対照となるハードロボの試作による対照実験の実施により、より正確な市場の広がりの方角性を見極めた。
	MS5-7	テーマ 1～4 の計画的進捗により適正な時期に融合技術の絞り込みを行える情報を提供する。	同上
	MS5-8	人工筋肉によるソフトマターロボットののためのアクチュエータの開発を行い、実際のソフトマターロボットに使用する。	(計画達成度 100%) テーマ 1～4 の計画的進捗により適正な時期に融合技術の絞り込みを行える情報を提供した。 また、人工筋肉によるソフトマターロボットののためのアクチュエータの開発を行い、自歪ロボットという、実際のソフトマターロボットに使用した。 さらに、柔軟な多方向駆動装置によるソフトマターロボットののためのアクチュエータの開発を行い、実際のソフトマターロボットに使用した。 その上で、ソフト蓄電デバイスとの融合でソフトマターロボティクスの特徴の一つであるデータ駆動用分散型電源の開発を進めた。 それらと並行して、日本が抱える社会課題に対応する 10 年後の社会におけるロボット利用についての社会ビジョンの

			策定を進めた。湾曲型人工筋肉をベースとした自歪ロボットの試作が完成し、圧力供給部や制御部などの内蔵を進めている。 自歪ロボットのシミュレーションの前に湾曲型人工筋肉単体の運動をモデル化する必要が生じた。また、課題目標 12 の進捗に伴いロボットの変形に影響があるため計画を修正した。 システムの内蔵を優先的に進めロボットのベースを完成させるために計画を修正した。まず市販の 9 軸センサを導入しロボットの姿勢計測を進めている。 平面上での移動が可能になったが、ロボットに負荷のかかる変形が見られた。そのためロボットの変形方法を見直し、繰返しの駆動に対して再現性を向上させる。システムの内蔵によりロボットの慣性パラメータが変化するため、再度平面での実験を行う。
	MS5-9	多方向駆動装置によるソフトマターロボットのためのアクチュエータの開発を行い、実際のソフトマターロボットに使用する。	同上
	MS5-10	ソフト蓄電デバイスとの融合でソフトマターロボティクスの特徴の一つであるデータ駆動分散型電源の開発を行う。	同上
	MS5-11	日本が抱える社会課題に対応する 10 年後の社会におけるロボット利用についての社会ビジョンを策定する。	同上
	MS5-12	日本が抱える社会課題に対応する 10 年後の社会におけるロボット利用についての社会ビジョンを策定する。	同上
	MS5-13	人工筋肉によるアクチュエータの開発を行い、自歪ロボットという、実際のソフトマターロボットに使用した。	同上
	MS5-14	コンピュータシミュレーションにより、人工筋肉による自歪ロボットの運動計画を生成した。	同上

MS5-15	ゲルハチロイドのようなソフトマターロボットを、ソフトセンシング技術やソフトデバイスと融合し、柔らかさを維持したまま、触力覚センシングや、発熱機能などをソフトマターロボットに搭載した。	同上
MS5-16	平面上での自歪ロボットの移動実験を制御パラメータを調節しながら複数回実施し、制御アルゴリズムの改良を行った。	同上

5.11.2 最終目標に対する成果の詳細

配管探索ロボットが解決を目指す社会課題として、高度経済成長期に建設された上下水道や配管が老朽化し、築 50 年以上経過する管路が急増していることが挙げられる。

例えば、平成 27 年度の段階において、下水道の管路長は全国で 47 万キロに達しており、老朽化による道路陥没は全国で 3,300 箇所にも上っている。このような、上下水道やガス管などの地図情報を所得しつつ、故障箇所を特定する作業を自動化し、点検やメンテナンスを省力化することが大きな社会課題となっている。

このような社会課題に対応可能な、繊毛を振動させて推力を発生する配管探索ロボットを製作し、T 字型の枝分かれを有する複雑かつ狭隘な形状の配管内部で、能動的に方向を転換し、かつ鉛直上向きにも登れるという機能の実現を目標として、実際の配管探索に用いることが可能なように、制御用マイコンと電源とを内蔵した配管探索ロボットを図 5-1 に示すように複数種類開発し、それぞれ無線で通信して制御した。

具体的には、内径 $\Phi 75\text{mm}$ 、内径 $\Phi 40\text{mm}$ 、内径 $\Phi 13\text{mm}$ の 3 種類の配管に対応可能なサイズの配管探索ロボットを、図 5-1 に示すように開発した。

特に、内径 $\Phi 75\text{mm}$ に対応可能な配管探索ロボットは、節を 3 個以上、直列に接続することにより、配管走破能力を高めることが可能であり、さらに、図 5-1 左図に示すように、先端に曲がった角を取り付けて、それをモータで回転させることによって、90°折れ曲がったエルボ部を通過することや、T 字型の枝分かれ付き配管において、能動的に方向を選択して、鉛直上向きにも移動することが可能である。この $\Phi 75\text{mm}$ という寸法は、一部の下水道管と同じ規格であり、その中に入っていくことが可能な配管探索ロボットとして開発を進めている。

さらに、 $\Phi 40\text{mm}$ の配管探索ロボット（図 5-1 中央）の積載節内部には、加速度センサとジャイロセンサとを配置して、それらの出力信号により、配管探索ロボットが走行した配管経路の三次元地図を作成できるようにした。また、頭部にはカメラを取り付けて、配管内部の映像を撮影することで、故障箇所を特定することも可能とした。この $\Phi 40\text{mm}$ という寸法も、一部の下水道管と同じ規格であり、図 5-1 中央の配管探索ロボットは、それに対応可能なタイプとなる。

上水道の一部には、さらに細い $\Phi 13\text{mm}$ の内径のものも存在するため、それと同じ外径の配管探索ロボットを、図 5-1 右のように開発し、水平方向のみならず、鉛直上向き方向にも、重力に逆らって推進することを可能とした。

また、脚部に DN ゲルを配置して、それに通電することにより移動する方式のソフトマターロボットも、実際の配管探索に使用可能なサイズで製作し、各種の動作実験を行った。さらに、ネオジム磁石とホールセンサの組合せによる、内蔵用のソフトセンサも開発し、このセンサの出力信

号により、ロボットの体幹の変化もセンシングできるようにして、高精度の歩容を可能とした。

以上のような研究課題を達成できたことにより、マイルストーンは全て達成できたと評価できる。

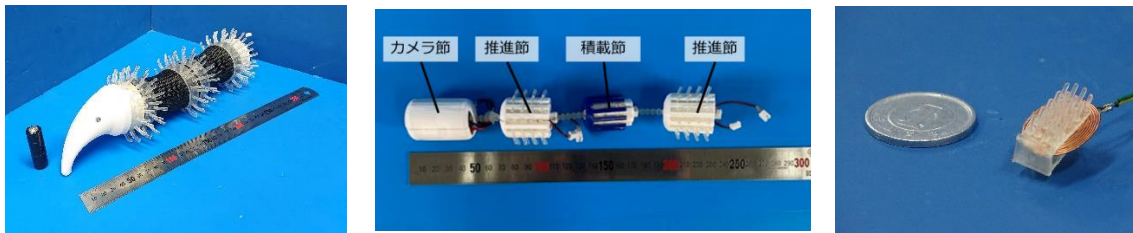


図 5 - 1 左から、内径 $\Phi 75\text{mm}$ 、 $\Phi 40\text{mm}$ 、 $\Phi 13\text{mm}$ の配管に対応可能な配管探索ロボット

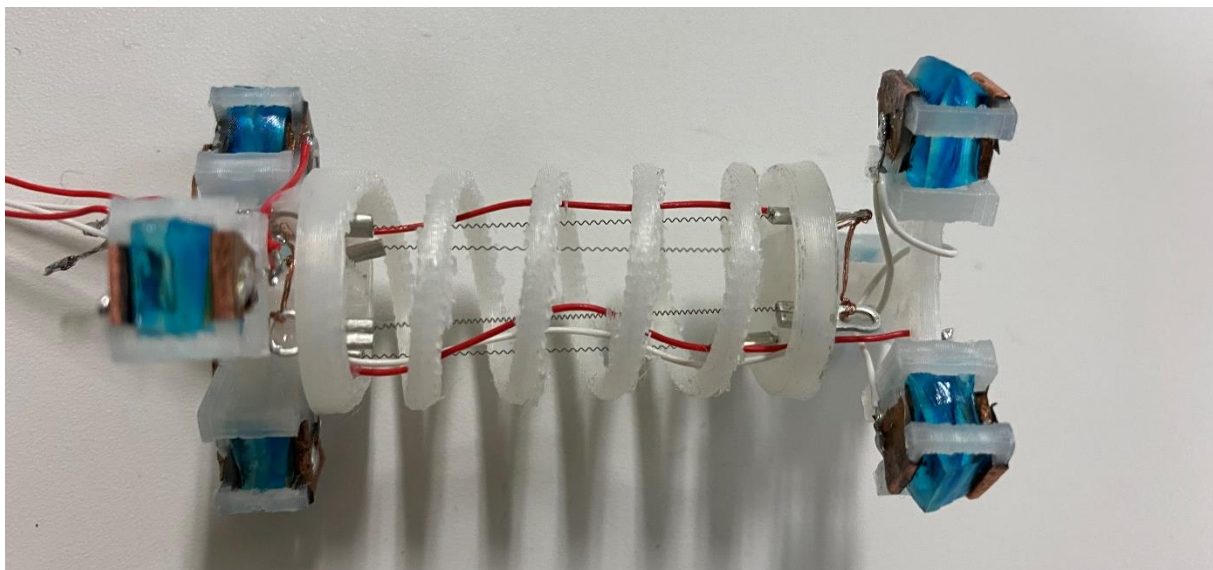
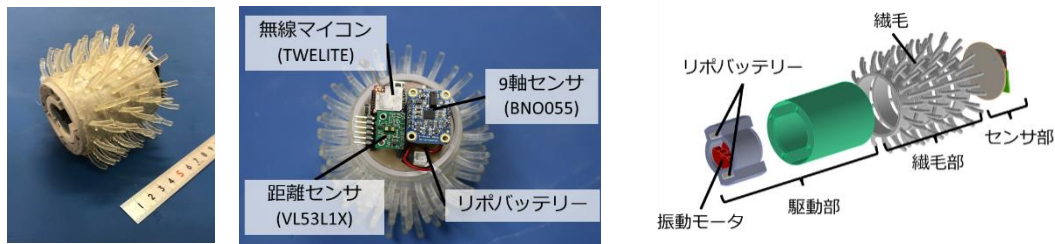


図 5 - 2 脚部に DN ゲルを有し、それに通電して移動するソフトマターロボットの単節

なお、開発機におけるプロジェクト開始時の数値目標と達成率は以下のとおりとなっている。

① $\phi 75\text{mm}$ 試作機



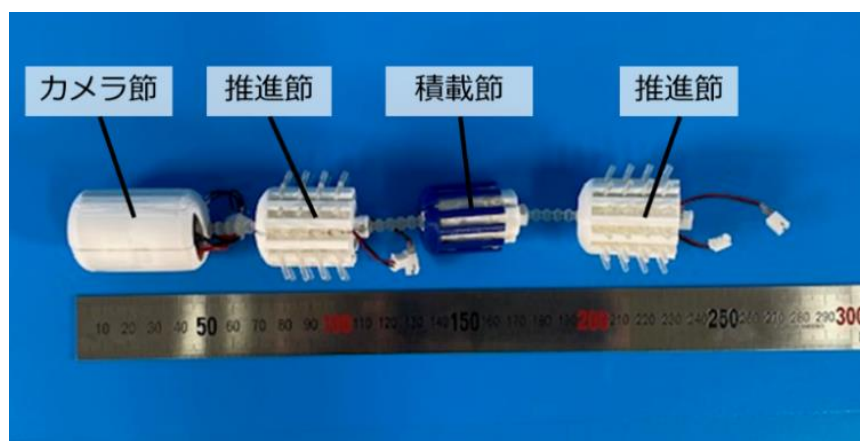
$\phi 75\text{mm}$ の配管探索ロボの単節



$\phi 75\text{mm}$ の配管探索ロボの節を直接に3個連結して先端に角を付けたもの

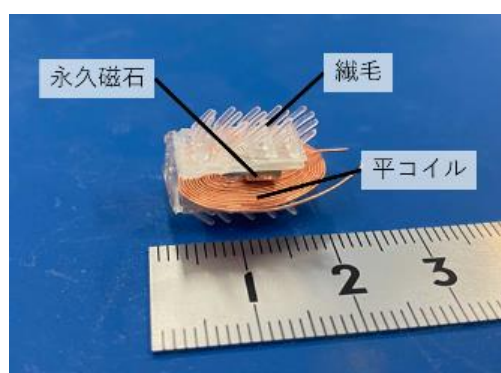
項目	達成した数値	プロジェクト開始時の 数値目標	達成レベル [%]
対応配管径 [mm]	$\phi 75$	$\phi 75$	100
単節の全長 [mm]	80	100	100
3 節連結して角を 付けたときの全長 [mm]	300	350	100
外径 [mm]	80	80	100
外径(繊維毛を除く) [mm]	54	54	100
単節の重量 [g]	135	200	100
3 節連結して角を 付けたときの重量 [g]	430	500	100
繊維毛長 [mm]	16.9	18	100
繊維毛径 [mm]	3	3	100
推進速度 [mm/s]	280	200	100

② φ40mm 試作機



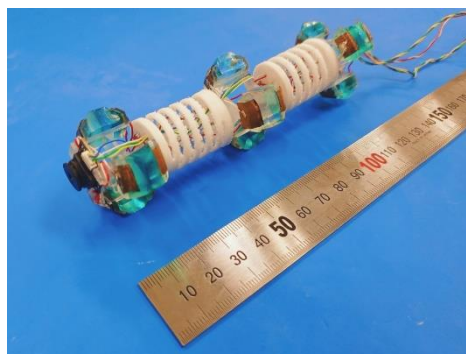
項目	達成した数値	プロジェクト開始時の 数値目標	達成レベル [%]
対応配管径 [mm]	φ40	φ40	100
全長 [mm]	219	240	100
外径 [mm]	40	44	100
重量 [g]	110	140	100
推進速度 [mm/s]	310	300	100

③ φ13mm 試作機



項目	達成した数値	プロジェクト開始時の 数値目標	達成レベル [%]
対応配管径 [mm]	φ13	φ13	100
全長 [mm]	17	20	100
外径 [mm]	13	13	100
外径(繊維毛を除く) [mm]	5.6	7	100
重量 [g]	1	2	100
推進速度 [mm/s]	35	30	100

④脚部に DN ゲルを用いた試作機



項目	達成した数値	プロジェクト開始時の 数値目標	達成レベル [%]
対応配管径 [mm]	φ 40	φ 40	100
全長 [mm]	130	150	100
外径 [mm]	40	40	100
重量 [g]	27	40	100
推進速度 [mm/min]	25	20	100

5.11.3 プロジェクト終了後の活動方針

Φ13mm の内径の上水道管にも対応し、T字型の枝分かれを含む複雑な形状の配管を通過しつつ、地図情報を所得し、故障箇所の写真を撮影するという機能を有する、実際の配管探査に使用可能な繊維振動型移動ロボットを製作するという最終目標は達成できる見込みである。プロジェクト修了後は、拠点メンバーである弘栄ドリームワークス株式会社と共に、繊維振動型の各種配管探査ロボット（図5－1）を実用化して、社会実装を行い、競争領域での共同研究を展開してゆく予定である。

図5－1左の、回転する角を有するタイプの配管探査ロボットは、角の部分にブラシのような機能を持たせることにより、配管内部の地図情報を所得しつつ、洗浄作業を行うことなども、SOFUM02.0のフェーズでは、将来課題として取り組む予定である。

5.11.4 その他

アウトリーチ活動として、今回開発した内径 $\Phi 75\text{mm}$ の配管に対応可能な配管探査ロボットは、実際の建屋内の配管を用いた、山形県発のロボットコンテストである「パイプロボコン」に用いる予定で、弘栄ドリームワークス株式会社と準備を進めている。このパイプロボコンは、既に弘栄ドリームワークス株式会社の関連会社が製作した、車輪を用いた別タイプのロボットによるプレ大会が、各地の科学館などで開催されており、コロナ禍が落ち着いた後に、より大規模の「全国大会」を、山形県内で開催する予定である。

車輪を用いたタイプのロボットは、既に市販化に向けて準備が進んでおり、本プロジェクトにおいて、山形大学で開発された、繊維毛を振動させて推進する方式の配管探査ロボットも、ロボットキットとしての販売の可能性を協議中である。実際に商品として販売された場合には、広い意味での、競争領域への移行と言える。

さらに、テーマ1～4の技術融合商品（デバイス）の1つとして開発されたソフトマターロボットである「ゲルハチ公」は、図5－3の写真に示すように、山形県内の旧長井小学校校舎において長期展示を行い、社会実装の可能性の検証を行った。



図5－3 旧長井小学校校舎におけるゲルハチ公の展示

6 非競争領域からの展開（活動実績）

ソフトマターロボットの骨格部分に使用可能な球状歯車を開発し、その内容を、IEEE Transaction on Robotics 誌にフルペーパー論文として投稿した。本論文で説明した球状歯車は、Twitter や YouTube などの SNS で大きな反響を呼び、当該論文は世界的に多く閲覧され、IEEE Transaction on Robotics 誌において、2021 年 6～7 月に、最も多く読まれた論文としてランキング 1 位となった。その後、2021 年 11 月の段階においても、ランキング 1 位の座に留まっている。

株式会社モレスコの新規に開発したフィルムラミネート封止方式の技術が適用されたフレキシブル有機太陽電池は、南三陸さんさん商店街の「Sun²エナジースポット」としてフレキシブル有機太陽電池（発電エリア 280mm×960mm×11枚）の実証実験中である（2018 年 3 月～）。

更に、2019 年 7 月より、山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンターの 2F エントランスにて、大型フレキシブル有機太陽電池の設置実証実験を山形大学と共同で開始し、この技術の競争領域への移行を進めている。

参考ウェブサイト（山形大学）：[press191106.pdf \(yamagata-u. ac. jp\)](https://www.yamagata-u.ac.jp/press/191106.pdf)

PRESS RELEASE

令和元年（2019年）11月6日

印刷方式によるフレキシブル有機薄膜太陽電池の実証試験を開始 ～株式会社MORESCO・株式会社イデアルスター・INOELの共同研究～

【本件のポイント】

- 有機薄膜太陽電池で発電した電力を日照量や発電量の計測、及び計測したデータの通信に使用する実証試験を開始
- 有機薄膜太陽電池は、ロール・ツー・ロール印刷方式で作製するため安価で、製造から廃棄までの温暖化ガス生成を大幅に低減することが可能。また、半透明であるため窓に設置しても太陽光を遮ることが無く、プラスチックフィルムを用いているためフレキシブルで、薄く、軽く、割れないという特長を持つ



【概要】

山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンター（INOEL）では、株式会社 MORESCO（<http://www.moresco.co.jp/>）と株式会社イデアルスター（<http://www.idealstar-net.com/>）との共同研究により、ロール・ツー・ロール印刷方式で作製した有機薄膜太陽電池モジュールの実証試験を開始しました。

評価に用いた有機薄膜太陽電池モジュールの大きさは、1m×0.34mで、INOELの2階の窓に8枚設置しました。この太陽電池モジュールで発電した電力を利用して、日照量や温度、電力（電圧と電流）を計測し、その値を1階のディスプレイまで送信します。送信された太陽電池モジュールの実証試験の様子は、デモ展示としてINOELへの来所者の皆さんにご覧いただけるようにしています。

今回の実証試験では、気象データなどの計測や計測結果の通信用途に有機薄膜太陽電池を応用することで、ボタン電池の代替としての用途開発も併せて行います。

遠隔地で計測した様々なデータを電池交換無しで送受信するシステムや、屋内での人の移動や見守り用の機器など、IoT向けデバイスやセンサー用の電力としての応用等が期待されます。

【背景】

フレキシブルで軽く割れない、透明性の高い安価な太陽電池といったシリコン系太陽電池には無い特徴を持つ太陽電池の創製が待たれており、新たな用途への展開が期待されています。

【研究手法・研究成果】

本有機薄膜太陽電池モジュールは、半透明であるため窓に設置しても太陽光を遮ることが無く、プラスチックフィルムを用いていることから、フレキシブルで、軽く、割れないという特長を持っています。また、太陽光発電用に普及している結晶シリコンに比べ、屋内での発電効率が高いという特長があるため、屋内での発電用途向けへの応用が期待されます。

開発した有機薄膜太陽電池モジュールはロール・ツー・ロール印刷方式で作製するため、従来のシリコン系太陽電池と比較して製造コストが安価であり、製造から廃棄までの温暖化ガスの生成を大幅に低減できるため、よりクリーンな再生可能エネルギーを生み出すことができます。

【今後の展望】

今回の実証試験を踏まえて、通信システム用の電源への適用やボタン電池代替などの可能性を検証します。

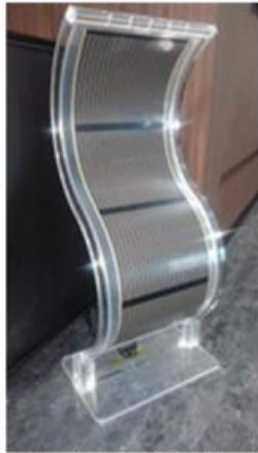
※本研究の一部は、「産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム(OPERA) (科学技術振興機構 (JST))」の支援を受けています。

お問い合わせ

山形大学学術研究院 産学連携教授 仲田 仁（有機エレクトロニクスイノベーションセンター担当）
TEL 0238-29-0575 メール nakada@yz.yamagata-u.ac.jp

印刷方式によるフレキシブル有機薄膜太陽電池の実証試験を開始

～株式会社MORESCO・株式会社イデアルスター・INOELの共同研究～



フレキシブル有機薄膜太陽電池モジュール
(1mX0.34m)

INOEL

山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンター

産学連携教授 仲田 仁

産学連携教授 向殿 充浩

准教授 古川 忠宏

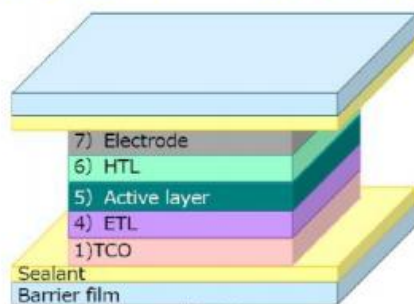
准教授 結城 敏尚

1

【有機薄膜太陽電池 OPV (Organic Photovoltaic)】

OPVは発電部分に有機材料を用いる太陽電池です。ロール・ツー・ロール印刷方式で作製するため安価で、従来のシリコン系太陽電池に比べて製造から廃棄までの温暖化ガス生成を大幅に低減することが可能です。

【太陽電池パネルの構造と製造プロセス】



OPV断面図

- 1)透明電極(TCO) 成膜
- 2)パターニング
- 3)基板洗浄
- 4)電子輸送層(ETL)印刷
- 5)発電層(Active layer)印刷
- 6)正孔輸送層(HTL)印刷
- 7)電極印刷
- 8)集電電極取付
- 9)封止

TCO: Transparent Conductive Oxide
ETL: Electron Transport Layer
HTL: Hole Transport Layer

【OPVの特長】

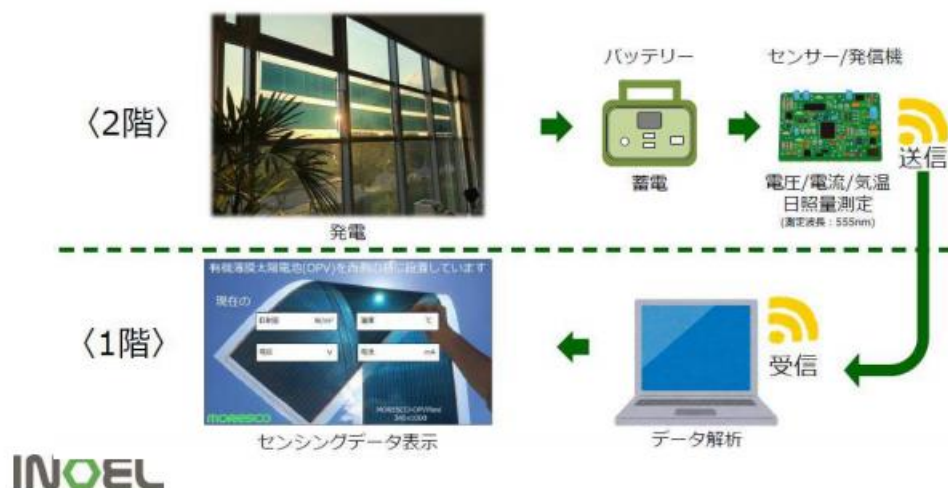
半透明であるため窓に設置しても太陽光を遮ることが無く、プラスチックフィルムを用いているためフレキシブルで、薄く、軽く、割れず、設置場所を選びません。

INOEL

2

【開発したアプリケーション・実証試験】

評価に用いた有機薄膜太陽電池モジュールの大きさは $1\text{m} \times 0.34\text{m}$ で、INOELの2階の窓に8枚設置しました。この太陽電池モジュールで発電した電力を利用して、**日照量や温度、電力(電圧と電流)**を計測し、その値を1階のディスプレイまで送信します。送信された太陽電池モジュールの実証試験の様子は、デモ展示としてINOELへの来所者の皆さんにご覧いただけるようにしています。



3

【OPVの応用展開】

今回の実証試験では、**気象データなどの計測や計測結果の通信用途**に有機薄膜太陽電池を応用することで、**ボタン電池の代替**としての用途開発も併せて行います。**遠隔地で計測した様々なデータを電池交換無しで送受信するシステムや、屋内での人の移動や見守り用の機器**など、IoT向けデバイスやセンサー用の電力としての応用等が期待されます。

<共同研究先>

- ・株式会社MORESCO(<http://www.moresco.co.jp/>)
- ・株式会社イデアルスター(<http://www.idealstar-net.com/>)

※本研究の一部は、「産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム (OPERA) (科学技術振興機構(JST))」の支援を受けています。

INOEL

4

参考ウェブサイト (株式会社 MORESCO ホームページ) :

https://www.moresco.co.jp/products/organic_thin_film_solar_battery.php

HOME > 製品情報 > 有機薄膜太陽電池 (OPV)

フレキシブル有機薄膜太陽電池 (OPV)



クリーンなエネルギーで未来を、創造する。

当社 有機薄膜太陽電池(OPV)はフレキシブルで軽量のフィルム状の太陽電池です。
半透明で意匠性も高いことから、窓などに貼り付け発電しながら、
同時にインテリアとして楽しむことができます。
現在、商品ラインナップの拡充を進め、ビルや建築物などの商業施設のみならず、
研究機関や公的機関、官公庁への展開を推進しております。

OPV導入先・関係者からのコメントはこちら >

特長

OPV

よりクリーンにエネルギーを創造

再生可能エネルギーの一つである太陽光を利用した従来の太陽光発電(太陽電池、太陽光パネル、ソーラーパネルなど)に比べて、よりクリーンにエネルギーを作り出すことができます。

①簡単な設置が可能



持ち運びが簡単



廃棄物が少ない



※モレナとモレオは当社マスコットキャラクターです。

その他 形状のOPVもラインナップしております。

項目	外観	サイズ	重量	特長	用途
MORESCO-OPV Flexi Leaf		10x10 [cm]	約10g	一見、太陽電池とは想像できない、 極軽量コンパクト	装飾や 学校教材 など
MORESCO-OPV Flexi OPTree Powered by Sunew		3x3x3 [m]	約700kg	スタイリッシュな ベンチ型 USB給電付属	屋外休憩施設/ 災害時の 非常用電源 など

用途に応じてカスタマイズできますので、ご相談ください。

外観や仕様の一部を変更する場合があります。

掲載データは例を示すもので、数値を保証するものではありません。



“MORESCO-OPV Flexi”は、地球環境にやさしい再生可能 エネルギーにより、未来のeco社会へ貢献します

MORESCO-OPV Flexiは軽くて柔軟だけでなく、色・サイズ・機能など、使用環境や目的に合わせて選択できる太陽電池です。

項目	外観	素子幅 [mm]	長さ [mm]	特長
MORESCO-OPV Flexi 約300×300	青(半透明)	300	300	フレキシブル 対応/簡単な 設置が可能
MORESCO-OPV Flexi 約300×1000	緑(半透明)	300	1000	

用途に応じてカスタマイズできますので、ご相談ください。



参考ウェブサイト：

https://www.moresco.co.jp/products/opv_interview.php

<http://socialcapital-jp.com/product/index.html>

導入例①

南三陸sun²有機ソーラー



南三陸さんさん商店街と有志企業等*のコラボレーションにより、
2018年3月に「南三陸sun²有機ソーラー」が誕生しました。

*有志企業等（順不同）

金沢大学理工研究域サステナブル エネルギー研究センター

教授 高橋光信

東京大学工学院工学研究科（工学部）

特任教授 松尾豊

※南三陸sun² 有機ソーラー事務局提供

株式会社隈研吾建築都市設計事務所

株式会社MORESCO

株式会社イデアルスター

株式会社ソーシャルキャピタル

導入例②

兵庫県庁



兵庫県では、環境にやさしい太陽電池の普及啓発活動を実施しており、その一環として兵庫県庁の2号館13階みどり展望園に、MORESCOのOPVを設置しています。窓に設置したOPVの電力で、ジオラマの照明および電車模型を駆動させています。みどり展望園は平日の午前9時～午後5時に開園しており、一般の方も自由にご見学いただけますので、ぜひ、間近でOPVをご覧ください

導入例③

山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンター



山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンター(INOEL)にて、OPVの実証試験を開始しました。このOPVで発電した電力を利用して、日照量や温度、発電量(電圧と電流)を計測しております。今回の実証実験を踏まえて、通信システム用の電源への適用やボタン電池代替などの可能性を検証します。

参考ウェブサイト (株式会社 MORESCO ホームページ) :

PRESS RELEASE



2020 年 12 月 10 日

各 位

会社名 株式会社 **MORESCO**
代表者名 代表取締役会長 赤 田 民 生
(コード番号 5018 東証第一部)
広報室長 金 澤 智 美
問合せ先 TEL 078 - 303 - 9058
MAIL mpress@moresco.co.jp

有機薄膜太陽電池（OPV）を利用した「OPTree」を神戸どうぶつ王国に設置しました。

株式会社 MORESCO（以下「当社」）、神戸どうぶつ王国、神戸市は、地球温暖化の原因となる二酸化炭素の排出が少ない持続可能な社会の実現を目指し、神戸どうぶつ王国に太陽光で発電するベンチ「OPTree」を設置しましたので、お知らせいたします。

<概要>



「OPTree」は、葉の形状に見立てた 5 枚の有機薄膜太陽電池（OPV）で発電し、ベンチの下にあるバッテリーに充電されます。ベンチには 5 か所の USB 充電口がついており、スマートフォン等を充電することができます。また、災害時の非常電源としての役割も期待されます。発電部に使用している OPV は、薄くて軽く、フレキシブルなフィルム状の太陽電池で、製造時や廃棄時の二酸化炭素の排出量が少なく、クリーンにエネルギーを作ることができます。当社は持続可能な社会の実現を目指し、この OPV の普及に取り組んでいます。

取り組みの背景のひとつである地球温暖化は、自然環境に大きな変化をもたらし、私たちの生活や動物の生息環境を脅かしています。このような問題の解決に貢献するため、自然エネルギーの普及促進を目指している神戸市と、環境保全活動や SDGs に積極的に取り組んでいる神戸どうぶつ王国に協力いただき、大人から子供まで多くの方に意識していただけることを期待して、神戸どうぶつ王国に「OPTree」を設置しました。今後も OPV 等の低炭素化製品の普及活動を通して、持続可能な社会の実現に貢献してまいります。

持続可能な社会の実現のために 再生可能エネルギーの活用

地球温暖化による自然環境の変化により、食べるものや生息環境を失ってしまい絶滅が危惧されている動物が多くいます。また地球温暖化は動物だけでなく、私たちの生活にも大きな影響を与え始めています。

地球温暖化は様々な要因が重なって進行していますが、温暖化への影響度が高い要因として、温室効果ガスである二酸化炭素(CO₂)が挙げられます。

私たちの普段の生活のなかで少しずつでもCO₂の排出を減らすことができれば、地球温暖化の進行を遅らせ、動物や私たちの暮らしを守ることにつながります。



絶滅危惧種 コヒトカバ



絶滅危惧種 ハシビロコウ



絶滅危惧種
レッサーパンダ

私たちに
できること

- ・エネルギーや資源の無駄遣いを減らす
- ・CO₂の排出量がより少ない商品やサービス等を選ぶ
- ・再生可能エネルギーを活用する

取り組み

神戸どうぶつ王国では、(株)MORESCO、神戸市と協力して、太陽光で発電するベンチ OPTreeを設置しました。



有機薄膜太陽電池(OPV)
薄くて軽く、曲げることができるOPVを湾曲した強化ガラスに挟んで、葉の形状に見立てた発電パネルです。

太陽光発電パネルの中でもより地球にやさしい!

約1/5にCO₂削減

一般的な太陽電池と比べて製造時のCO₂の排出量が、約1/5まで削減できます。また廃棄物量も大幅に削減できます。

有機薄膜太陽電池(OPV)の特長や導入例などを(株)MORESCOのHPにて、紹介しています。ぜひアクセスください。

神戸市の取り組みはこちら↓

↑HPはこちらから

神戸どうぶつ王国 <https://www.kobe-oukoku.com/>

神戸市 <https://www.city.kobe.lg.jp/>

参考ウェブサイト（日本経済新聞）：

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOJB132110T10C21A1000000/?unlock=1>

オフィスで太陽光発電 MORESCO、室内光にも対応

2021/2/8 20:04 | 日本経済新聞 電子版

化学品メーカーのMORESCOはオフィス向けのフィルム型太陽電池を今春から売り出す。発電した電気はオフィス内でパソコンや携帯電話の充電などに利用してもらう。脱炭素の動きに対応した企業の環境負荷低減を後押しする。得意とするニッチ分野を開拓し、新たな収益源とする。



半透明パネルなので光を遮らない=大成提供

パネルは横1メートル、縦60センチメートル（木枠を含む）の有機薄膜太陽電池2枚を1セットとした。有機薄膜太陽電池は、透明なフィルムに炭素を含む化合物などを塗布してつくる。パネルは主に窓の内側に設置して使用する。曇りの日や部屋の光でも発電できる。

発電層は100～200マイクロメートル（マイクロは100万分の1）と薄く、窓に貼っても外からの光を通し、一定の部屋の明るさを保てる。価格は蓄電池や木枠込みで1セット45万～50万円を見込む。内装会社のデザインオフィスライン（東京・渋谷）、ビル管理会社の大成と共同で商品化し、1年目は500セットの販売を目指す。

環境意識の高い企業を中心に売り込むが、現時点では普及へ課題は多い。一般的なシリコン製太陽電池の発電効率が20%前後とされる中、同社の有機薄膜太陽電池は5%程度。材料価

格も高く、量産によるコスト低下も途上だ。耐用年数も5年程度を見込み、シリコン製の15～25年より劣る。

ただ政府が2050年の二酸化炭素の排出実質ゼロ目標を打ち出したことが追い風だ。同社は18年に電子看板向けなどにフィルム型の薄膜太陽電池を発売。足元で年間販売額は1000万円以下にとどまるが、市場開拓は他社に先駆ける。発電材料の組み合わせや印刷手法の向上で、当初は2～3%だった発電効率も5%へ改善した。

ニッチ市場で高いシェアの商品群		
商品	シェア	用途など
ハードディスク表面潤滑剤	世界80%	ナノレベルの薄膜で保護
自動車向け高温用グリース基油	世界100%	車向けの潤滑油
水-グリコール系難燃性作動液	国内70%	潤滑性や耐熱性を高める
ダイカスト用離型剤	国内50%	熱した金属と金型を切り離す
高真空ポンプ油	国内70%	半導体などの生産性向上

(注) 20年2月期時点、同社ホームページから

同社と共同研究を進める山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンターの仲田仁教授は「シリコン製との違いを打ち出し普及していく。弱い光でも発電する特徴をいかし、屋内で使えるセンサーなどに応用できる」と説明する。

同社は1958年設立で、2021年2月期の連結売上高見込みは240億円。パソコン磁気ディスクと磁気ヘッドの隙間に塗る極薄の潤滑剤は世界シェアの約8割。半導体製造装置向けなどの高真空ポンプ油は国内シェア7割を占め、いくつかのニッチトップ商品を持つ。薄膜太陽電池は大人用紙おむつなどに使われるホットメルト接着剤事業から派生した。技術改良と新用途提案を通じ、まず23年に2億～3億円の売り上げを目指す。

参考ウェブサイト（日本経済新聞）：

<https://www.nikkei.com/nkd/company/article/?DisplayType=1&ba=1&ng=DGKKZ068934850Y1A200C2LKA000&scode=5018>

MORESCO、オフィス内発電を開拓 フィルム型太陽電池、室内光にも反応

2021/2/9付 | 日本経済新聞 地域経済

化学品メーカーのMORESCOはオフィス向けのフィルム型太陽電池を今春から売り出す。発電した電気はオフィス内でパソコンや携帯電話の充電などに利用してもらう。脱炭素の動きに対応した企業の環境負荷低減を後押しする。得意とするニッチ分野を開拓し、新たな収益源とする。

パネルは横1メートル、縦60センチメートル（木枠を含む）の有機薄膜太陽電池2枚を1セットとした。有機薄膜太陽電池は、透明なフィルムに炭素を含む化合物などを塗布してつくる。パネルは主に窓の内側に設置して使用する。曇りの日や部屋の光でも発電できる。

発電層は100～200マイクロメートル（マイクロは100万分の1）と薄く、窓に貼っても外からの光を通し、一定の部屋の明るさを保てる。価格は蓄電池や木枠込みで1セット45万～50万円を見込む。内装会社のデザインオフィスライン（東京・渋谷）、ビル管理会社の大成と共同で商品化し、1年目は500セットの販売を目指す。

環境意識の高い企業を中心に売り込むが、現時点では普及へ課題は多い。一般的なシリコン製太陽電池の発電効率が20%前後とされる中、同社の有機薄膜太陽電池は5%程度。材料価格も高く、量産によるコスト低下も途上だ。耐用年数も5年程度を見込み、シリコン製の15～25年より劣る。

ただ政府が2050年の二酸化炭素の排出実質ゼロ目標を打ち出したことが追い風だ。

同社は18年に電子看板向けなどにフィルム型の薄膜太陽電池を発売。足元で年間販売額は1000万円以下にとどまるが、市場開拓は他社に先駆ける。発電材料の組み合わせや印刷手法の向上で、当初は2～3%だった発電効率も5%へ改善した。

同社と共同研究を進める山形大学有機エレクトロニクスイノベーションセンターの仲田仁教授は「シリコン製との違いを打ち出し普及していく。弱い光でも発電する特徴をいかし、屋内で使えるセンサーなどに応用できる」と説明する。

同社は1958年設立で、2021年2月期の連結売上高見込みは240億円。パソコン磁気ディスクと磁気ヘッドの隙間に塗る極薄の潤滑剤は世界シェアの約8割。半導体製造装置向けなどの高真空ポンプ油は国内シェア7割を占め、いくつものニッチトップ商品を持つ。

薄膜太陽電池は大人用紙おむつなどに使われるホットメルト接着剤事業から派生した。技術改良と新用途提案を通じ、まず23年に2億～3億円の売り上げを目指す。

（沖永翔也）

参考ウェブサイト（山形大学 INOEL YU-FLEC）：

<https://inoel.yz.yamagata-u.ac.jp/F-consortium/2021-03%20PV%20EXPO.html>



山形大学
有機エレクトロニクスイノベーションセンター

Japanese
English

フレキシブル基盤技術研究グループ (仲田/古川/結城/向殿 研究グループ)



山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンター (INOEL)

〒992-0119 山形県米沢市アルカディア1丁目808-48 TEL: 0238-29-0575 FAX: 0238-29-0569

仲田 仁 (産学連携教授) [nakada\(at\)yz.yamagata-u.ac.jp](mailto:nakada(at)yz.yamagata-u.ac.jp) 向殿 充浩 (産学連携教授) [koden\(at\)yz.yamagata-u.ac.jp](mailto:koden(at)yz.yamagata-u.ac.jp) (スパムメール防止のため半角@を(at)にしています。)

[ホーム\(仲田/古川/結城/向殿グループ\)](#)
[メンバー](#)
[お知らせ・トピックス](#)
[技術紹介](#)
[成果発表](#)
[活動紹介](#)
[お問い合わせ](#)

【成果展示】

2021年3月3日(水)～3月5日(金)

[仲田 産学連携教授 / 株式会社MORESCO / 古川 准教授 / 結城 准教授 / 向殿 産学連携教授]

『国際太陽光発電展 (PV EXPO) 2021』(東京ビッグサイト&オンライン)の山形大学INOELのブースにて、株式会社MORESCOと共同でフレキシブル有機薄膜太陽電池 (OPV) 技術を出展しました。

本展示会では、ロールtoロール (R2R) 印刷技術を用いて作製したフレキシブルな有機薄膜太陽電池を展示致しました。半透明で、薄く・軽いフレキシブルな有機薄膜太陽電池はクリーンなエネルギーを生み出す次世代太陽電池として期待されており、多くの来場者の皆様に興味を持っていただけました。

■ 出展品: ロールtoロール (R2R) 印刷技術を用いて作製したフレキシブルな有機薄膜太陽電池

■ 配布パンフレットは [こちら](#)

■ 参考

- ・MORESCO社HP: https://www.moresco.co.jp/news/20210312_2937.php
- ・展示会情報: <https://www.pvexpo.jp/ja-jp.html>
- ・Web記事 (STELLA通信): <https://www.stellacorp.co.jp/media/2021pv.html>

■ 写真



山形大学INOELブース



フレキシブル有機太陽電池



展示風景



左から、仲田教授 (山形大)、細岡部長、矢野課長、赤田会長 (MORESCO)

[戻る\(ホーム\)](#)

参考ウェブサイト（株式会社 MORESCO ホームページ）：

Language  EN

MORESCO
株式会社 MORESCO

会社情報 製品情報 CSR IR情報 採用情報

サイト内検索

お問い合わせ・SDS請求

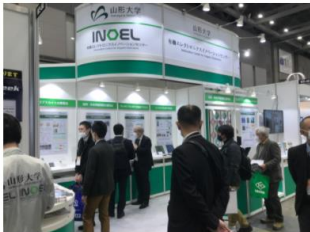
更新情報

HOME > 更新情報 > スマートエネルギーWeekに出展しました

スマートエネルギーWeekに出展しました

2021年03月12日

2021年3月3日～5日に東京ビッグサイトで開催されたスマートエネルギーWeekに山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンターのブースにおいて当社のフレキシブル有機薄膜太陽電池(OPV)を出展しました。連日数多くの皆様にお立ち寄りいただき、この場を借りてお礼申し上げます。



当社のフレキシブルOPVは、薄くて軽く、様々な色やサイズに対応でき、様々な用途へ応用できます。様々なアイテムへのご活用ならびにOPVに関するコラボレーション等、お気軽にご相談ください。

https://www.moresco.co.jp/news/20210312_2937.php

(2-1)

最近、バリアフィルムの供給依頼がある。共同研究ベースではなく、経費ベースでの購入を希望されるので、小さなベンチャー企業を設立する可能性がある。

(2-2)

【プロトタイプ作製】

- 有機センサと無線通信回路を組み合わせたリストバンド型圧力センサ
- 有機センサによるフレキシブルなロボットスキン

【外部資金の獲得】

■2018 年度

公益財団法人 松籟科学技術振興財団（研究代表者：関根智仁、研究協力者：時任静士）。
“ブレンデッドリラクサーポリマーを用いた全印刷型低電圧駆動 OTFT の作製と論理回路応用”。

■2018 年度

公益財団法人 SBS 鎌田財団（研究代表者：竹田泰典、研究協力者：関根智仁）。
“低コスト簡易 RF タグ駆動を目指した印刷型有機整流回路の開発”。

■2018 年度

公益財団法人 永守財団（研究代表者：関根智仁）。

“触覚フィードバックシステムを指向した印刷型平面ソフトアクチュエータの開発”。

■2020 年度

NEDO が助成する課題設定型産業技術開発費助成金「革新的ロボット研究開発基盤構築事業」の一環として、技術研究組合産業用ロボット次世代基礎技術研究機構と共同研究契約を締結（研究代表者：時任静士）。

“ロボットへのセンサデバイス実装技術の研究開発”。

(2-3)

【外部資金獲得】

2017 年～2019 年度（2 年間）

公益財団法人 フジクラ財団（研究者：泉小波）

「ソフトブランケットを用いた曲面上への印刷」

2018 年度

NEDO NEP (NEDO Entrepreneurs Program)（提案者：泉小波）

「曲面・立体物表面への機能性材料の直接印刷による新規製造技術」

(3)

The International Society for Optical Engineering (SPIE)において、慶應義塾大学などのグループと協力して 3D printing demonstration session を開催した。

3D Printing Demonstration Session

Monday 27 March - 4:00 to 6:00 pm
Location: Salon F



Session Chairs:
Ajit Khosla,
Yamagata Univ. (Japan)



Hidemitsu Furukawa,
Yamagata Univ. (Japan)

This demonstration session is a part of conference 3D167 on Nano-, Bio-, and Info-Tech Sensors and 3D Systems and will cover new 3D printing technologies such as soft robotics, molecular models, and food. Each demonstration will include a brief oral talk describing the technology. All registered attendees are welcome.

TENTATIVE DEMONSTRATIONS:

The flexibility controlling study for 3D printed splint

Jianyou Li, Hiroya Tanaka, Keio Univ. (Japan)

The concept of 3D printed splint appeared in few years ago, and its light weight and ventilation can improve the comfortableness for patients. In this study, two main techniques to control the infilling densities and printing temperature are applied on printing splint prototype. The gradual increasing of infilling density from splint outside to inside would turn the partial strength from hard to flexible. Besides, higher printing temperature can also achieve stronger hardness after cooling. Such structural can provide high strength in outside surface to keep the immovable function, and give flexible touch of inside surface to decrease friction on the patient's skin.

3D printing and IoT for personalized everyday objects in nursing and healthcare

Yoshihiro Asano, Hiroya Tanaka, Shoko Miyagawa, Junki Yoshida, Keio Univ. (Japan)

Today, 3D printing in medical use are mainly focusing on the symptom itself, not on everyday lives of patients. However, with life span extending, many of us will live a life with chronic disease for long time. To support their lives, we use 3D printing for making

everyday objects from a nursing / healthcare perspective. In our project, we invited many kinds of people such as engineers, nurses and patients to our research activity and found methodologies for collaboration. Also we're developing the IoT sensing system, which monitor activities of 3D printed objects remotely.

3D printing of protein molecules

Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, Yamagata Univ. (Japan)



Protein molecules play many critical roles in our body. They have large and complex structures, and understanding of the relationship between their structures and biological functions is a crucial key for biology and medicines. At the present, to conceptualize structures of proteins, we rely on computer graphics of their three-dimensional (3D) structure. On the other hand, physical models can convey "intuitive" understanding, and that is really useful for education and even for peer discussion. The first author Kawakami invented a new molecular model called "Kawakami model", which is a soft, transparent handleable model, can be fabricated by 3D printing and transparent silicone resin. A full-color printed amino acid chain structure is embedded in the silicone body. The silicone body represents the molecular surface of a protein molecule. Users can simultaneously feel the molecular surface, view through the main chain structure, and even manually simulate molecular docking. This model is already commercialized and available upon request. So far many Kawakami models have already been shipped and being used as effective discussion tools for the classroom/laboratory, exhibition in museums/institutes, and outreach activities. In this session, some Kawakami models will be presented, and demonstration of "hands-on" protein-ligand docking and protein-protein interaction will be performed.

Smart walking stick for blind people: an application of 3D printer

Fadur Rahman, Md. Asama Ibtai, Univ. of Rajshahi (Bangladesh); Md. Masnat Kabir Hidemitsu Furukawa, Yamagata Univ. (Japan)

A prototype of the smart walking stick has been designed and characterized for the people who are visually impaired. The proposed system was designed into two stages, i.e. hardware and software. Two ultrasonic sonar sensors were used to detect in front obstacle and street surface obstacle such as a manhole. The distance between sensor and the obstacle is calculated by the received signal. The calculated distance value is compared with the pre-defined value and determines whether the obstacle is present or not. An Up-Mini 3D printer was used to print the sensor holders which were mounted on the walking stick. Therefore, the sensors were fixed in the right position. Another sensor was used for the detecting the water on the walking street. The performance for detecting the obstacles and water indicate the merit of the smart walking stick.

3D gel printing and applications

Kazuyuki Sakai, Masato Wada, Kyusochiro Takamatsu, Azusa Saito, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, Yamagata Univ. (Japan)



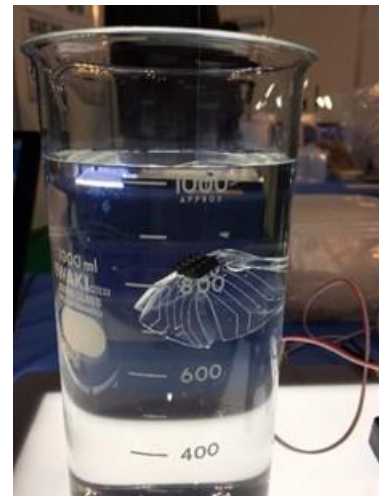
We have developed 3D gel printer from 8 years ago. Around two thousand years ago, high strength gels were invented by Japanese researchers. However, it was difficult to process high strength gels (Fig. 1), because gel is soft material and complex synthesis procedures are needed. In SWEL, we develop a new type of high strength gels (OCN4, P-CHS3), which can be used for 3D gel printer. Furthermore, we developed two types of 3D gel printer, "Bathbub type" and "Dispenser type" in Strategic Innovation Promotion Program (SIP) supported by cabinet office, government of Japan. Figure 2 shows 3D models made by high strength gels. Not only 3D gel printer, we have studied another processing methods using laser cutter, using mold. Figure 3 shows 3D gel printers. Another side of important specific of high-strength gel is low friction. Taking this advantage, we have studied gel-sheet, gel-O-ring, and so on. The apparatus of Fig. 4 is gel friction meter to measure friction and/or toughness of the gel. This is also supported by the national project named "Green Tribology Innovation Network" in the area of Advanced Environmental Materials, Green Network of Excellence (GREENE). We will show samples made by high strength gels in the demo session.



(写真は山形大学 LPIC-GMP のウェブサイトより転載)

また、現在、課題 3 グループでは、クラゲ型のゲルロボットをソフトマター・ロボティクスにおけるコンセプトモデルの一つとして製作中であり、そのコンセプトモデルを、国際ロボット展 2017 や SPIE - The International Society for Optical Engineering, Smart Structure NDE, 3D printing demonstration session 2018 において展示し、その概念の説明を行った。

SPIE では、前述した形状記憶ゲルの 3D プリント技術に関する成果の発表も行った。



上記のように研究開発を進めてきた人エクラゲについて、やわらかく生体クラゲの魅力を持ったやわらかクラゲロボットとしての商品化の検討が進み、コミュニケーション型介護ロボットとして、欧州で介護・医療における効果について研究論文発表されているセラピーロボット「パロ」の販売実績がある地元企業が販売を開始した（下図）。2020 年 4 月にクラウドファンディング（Makuake）にて販売を開始したところ、大きな反響があり、東京 FM 様、テレビ東京様、大手新聞紙など、全国的な報道媒体に取り上げられ、22 万円の価格で 9 件の販売実績を作った。その後、セットバージョン 2 として価格を 12 万円にしたバージョンも作られ、販売が展開されている。クラウドファンディングで購入したお客様からのコメントでは、『不規則にたゆたう海月が幻想的かつ美しいです。』『映像は神秘的で本物のクラゲにしか見えなかったもので、早く間近でみたいたいです。』とあった。ペットを飼うことができない方が新型コロナウイルス禍で自宅待機せざるを得ない中、自宅で鑑賞できるようにすることや、介護・医療施設の利用者や従事者への新しい癒しアイテムとなることが期待される。

代表的な報道

1. 「柔らかロボ 山大工学部の挑戦 海洋探査のクラゲ型 最後は溶けごみゼロ」、山形新聞、2019 年 1 月 7 日（22 面）
2. 「人エクラゲで癒やし いかが？ 山大など 介護施設向けに来月から試験販売」、朝日新聞、2020 年 3 月 18 日（山形版 29 面）
3. 「ふわふわ・・・癒やしのクラゲロボ 山形大学工学部と ND ソフトが開発」、山形新聞、2020 年 4 月 5 日（13 面）
4. HONDA SMILE MISSION 「人エクラゲで癒しの水槽を作った大学教授をリサーチせよ」、東京 FM、2020 年 7 月 23 日
5. ワールドビジネスサテライト・トレンドたまご「癒される？人エクラゲ」、テレビ東京、2020 年 7 月 28 日

他 15 件

Makuake

プロジェクト 活動レポート 応援コメント

プロジェクト

月のクラゲ
Moon Jellyfish

再生

癒しの
人エクラゲ

山形大学×NDソフトウェア株式会社

応援購入総額
1,980,000円
目標金額 1,000,000円
198%

サポーター 9人
残り 終了
終了しました

【限定 20 セット】いつまでも眺めていたくなる、人エクラゲをインテリアに

#アート #リラックス #ギフト

アート・写真 山形

Twitter B 埋め込み

実行者の最新投稿 2020.07.29 more 応援購入する

Moon Jellyfish

月のクラゲ 



Set.1 200,000 yen (税抜)

月のクラゲ 4匹
水槽 HALO30 1個
MCRLED

Set.2 120,000 yen (税抜)

月のクラゲ 3匹
水槽 LIFE15 1個
MCRLED

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

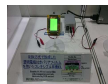
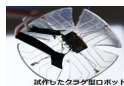
領域名: 有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

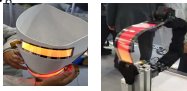
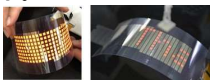
項目				実績		備考	
① プロトタイプ				36	件		
② 実用化				1	件		
③ 事業化(製品・サービス等の提供)				1	件		
④ 起業(ベンチャー企業等の設立)				0	件		
⑤ 知的財産権の状況	出願	領域全体	国内	30	件		
			外国	0	件		
		うちパイトール適用	国内	25	件		
			外国	0	件		
	登録	領域全体	国内	0	件		
			外国	0	件		
		うちパイトール適用	国内	0	件		
			外国	0	件		
	ライセンス			0	件		
	ライセンス収入		件数	0	件		
金額			0	千円			
⑥ 成果の発信	プレス発表(イベント告知は除く)			2	件		
	成果発信イベントの開催			16	件		
	展示会への出展	国内	40	件			
		外国	5	件			
⑦ 掲載・放映	雑誌掲載(WEB含む)			46	件		
	新聞掲載(WEB含む)			122	件		
	テレビ放映			9	件		
⑧ 外部資金の獲得	成果の展開に関連して (全実施期間)	採択	1	件			
		金額	2,298	千円			
	研究開発費として (全実施期間)	採択	15	件			
		金額	121,540	千円			
⑨ 論文	論文			99	件		
	うち査読論文			96	件		
	その他著作物(総説、書籍など)			13	件		
⑩ 発表	口頭発表			187	件		
	ポスター発表			94	件		
	招待講演			88	件		
	その他			0	件		
⑪ 受賞				31	件		
⑫ 参加者	領域全体			105	人		

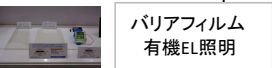
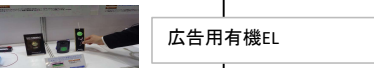
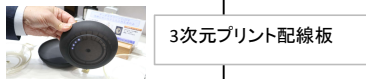
(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

領域名: 有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

① プロトタイプ

No	成果名称	発表等時期	担当機関 (企業・大学等)	概要	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	バリアフィルム	2017/3/1	山形大学 帝人	PEN上にR2RでCVD成膜でバリア膜を形成	課題1-2
2	形状記憶合金アクチュエータ使用型 管内探査ロボット	2017/3/17	山形大学	管内探査ロボットの要素技術となりうる形状記憶合金アクチュエータを、ソフトマターロボットコンソーシアムの第一回キックオフシンポジウムにて展示した。	課題5
3	繊維型管内探査ロボット	2017/3/17	山形大学	管内探査ロボットの要素技術となりうる繊維振動型アクチュエータを、ソフトマターロボットコンソーシアムの第一回キックオフシンポジウムにて展示した。	課題5
4	印刷電極付きフレキシブルOLED	2018/2/14	山形大学 帝人(株) セリアエンジニアリング	バリアフィルム上に印刷配線を伴ったOLED(Jflex2018に展示) 	課題1-2
5	印刷型センサ	2017/3/14	(山形大学、アルケマ(株))	フレキシブル脈波センサ	課題2-2
6	印刷型センサ	2017/9/5	(山形大学、アルケマ(株))	高感度増幅型圧力センサ	課題2-2
7	クラゲ型ゲルロボット	2017/11/29～ 2017/12/2	山形大学	クラゲ型のゲルロボットをソフトマター・ロボティクスにおけるコンセプトモデルの一つとして国際ロボット展2017に出展した。 	課題3
8	草刈ルンバ	2017/8/24	山形大学 (株)やまびこ 飯豊町	リチウムイオン電池の解析・開発技術を活かし、安全性や駆動時間の長時間化、軽量化、長寿命化を兼ね備えた小型屋外作業機械の試作	課題4
9	繊維型管内探査ロボット	2017/11/22～ 2017/11/23、 2017/11/29～ 2017/12/2	山形大学	管内探査ロボットとして使用可能な、繊維振動方式のソフトマターロボットを製作して、ロボットフェスタふくしま2017と2017国際ロボット展にて展示した。 	課題5
10	R2R方式で作製した透明電極付きバリアフィルム	2019/1/30	山形大学 帝人(株)	バリアフィルム+IZO JFlex2019に展示 	課題1-2
11	バリアフィルムを用いたOLED	2019/1/30	山形大学		課題1-2
12	バリアフィルムを用いた曲面OLED	2019/1/30	山形大学	Jflex2019に展示	課題1-2
13	フレキシブル有機表示器	2019/1/16-18	山形大学	オートモーティブワールド展2019にてフレキシブルな有機EL表示器を展示。 	課題1-3

14	フレキシブル有機ELパネル(マグネット脱着可能)	2019/1/16-18	山形大学	オートモーティブワールド展2019にてマグネットによる脱着可能なフレキシブルな有機ELパネルを展示。 	課題1-3
15	空気圧駆動式の人工筋肉による自歪型移動ロボット	2018/10/17~2018/10/19	山形大学	空気圧駆動式の人工筋肉で各辺を構成した正六面体型の自歪型移動ロボットを製作して、Japan Robot Weekにて展示した。 	課題5
16	ヘビ型ロボ	2018/10/17~2018/10/19	山形大学	管内探索ロボットとして使用可能な、形状記憶合金アクチュエータによる伸縮方式のヘビ型ロボットを製作し、Japan Robot Weekにて展示した。 	課題5
17	フレキシブル有機ELデバイス	2019/6/13	山形大学INOEL(株)MORESCO		課題1-1
18	自歪走行ロボット(正六面体)	2019/7/23	山形大学	人工筋肉で全体を構成したソフトロボットの試作	課題5
19	印刷方式によるフレキシブル有機太陽電池	2019/11/6	山形大学INOEL(株)MORESCO	https://www.yamagata-u.ac.jp/jp/files/3915/7301/5430/press191106.pdf	課題1-1
20	繊毛振動型管内探索ロボット	2019/12/18	山形大学		課題5
21	フレキシブル・パッシブマトリクス有機ELパネル	2020/01/15~17, 1/29~31	山形大学、日本ゼオン	オートモーティブワールド2020展(東京ビッグサイト)、JFLEX2020展(東京ビッグサイト)にて、硯里研究室で開発しているフレキシブルなパッシブマトリクス有機ELパネルを展示。 	課題1-3
22	透明フレキシブル・有機ELパネル	2020/01/15~17, 1/29~31	山形大学、日本ゼオン	オートモーティブワールド2020展(東京ビッグサイト)にて、硯里研究室で開発している透明フレキシブル有機ELパネルを展示。 	課題1-3

23	超薄型フレキシブル有機ELパネル	2020/01/15～17, 1/29～31	山形大学	課題1-3 オートモーティブワールド2020展(東京ビッグサイト)、JFLEX2020展(東京ビッグサイト)にて、硯里研究室と日本触媒との共同開発技術を導入した超薄型フレキシブル有機ELパネルを展示した。 	課題1-3
24	フレキシブル有機ELデバイス	2020/1/29-1/31	山形大学INOEL(株)MORESCO	https://inoel.vz.vamagata-u.ac.jp/F-consortium/2020-01%20JFLEX.html	課題1-1
25	バリアフィルム	2020/1/29	山形大学 帝人	そりを抑えたバリアフィルム 	課題1-2
26	広告用有機EL	2020/1/29	山形大学 竹田印刷	9を用いたアプリケーション 	課題1-2
27	有機EL照明	2020/1/29	山形大学	9を用いたアプリケーション	課題1-2
28	3次元プリント配線	2020/1/29	山形大学	プリント配線板+タッチパネル+LED 	課題1-2
29	ロールtoロール(R2R)印刷技術を用いて作製したフレキシブルな有機薄膜太陽電池	2021/3/3-3/5	山形大学INOEL(株)MORESCO	『国際太陽光発電展(PV EXPO)2021』(東京ビッグサイト&オンライン)	課題1-1 https://www.moresco.co.jp/news/20210312_2937.php https://www.stellacorp.co.jp/media/2021pv.html
30	フレキシブル有機EL用耐熱バリアフィルム	2020/12/9-12/11	山形大学INOEL 倉敷紡績株式会社	『JFlex 2021』展(東京ビッグサイト&オンライン)	課題1-1
31	広告用有機EL	2021/2/26	山形大学 竹田印刷	1を用いたアプリケーション	課題1-2
32	3次元プリント配線	2021/2/26	山形大学	プリント配線板+タッチパネル+LED	課題1-2
33	超フレキシブル近接センサ	2021/3/16	山形大学	厚さ2 μmの近接センサアレイ(4x4ピクセル)	課題2-1
34	静電気可視化スキャナ	2021/3/16	山形大学	スタティックマーク(帯電模様)を可視化可能なセンサ	課題2-1
35	繊維振動型移動ロボット	2021/1/20	山形大学		課題5
36	繊維振動型管内探査ロボット	2021/1/20	山形大学		課題5

② 実用化

No	成果名称	発表等時期	担当企業等	概要	備考 (課題番号等)
----	------	-------	-------	----	---------------

1	印刷方式によるフレキシブル有機薄膜太陽電池	2019/11/6	(株) MORESCO、山形大学	印刷方式によるフレキシブル有機薄膜太陽電池の実証実験を開始 https://www.yamagata-u.ac.jp/ip/files/3915/7301/5430/press191106.pdf 	研究課題1-1、1-2
---	-----------------------	-----------	------------------	--	-------------

③ 事業化(製品・サービス等の提供)

No	製品・サービス等の名称	発売等時期	担当企業等	概要	備考 (課題番号等)
1	癒しの人エクラゲ 月のクラゲ	2020年4月中旬	NDソフトウェア(株)	HP https://tukinokurage.official.ec/?fbclid=IwAR0EVr4-dtiGRaZCcF_S_K2dX-Lpo9nr76BQ2z8JQJ1rgsoxGWprcV-wMrMマクアケ https://www.makuake.com/project/ndsoft/	研究開発課題3

④ 起業(ベンチャー企業等の設立)

No	法人名称	設立時期	シーズ	概要	備考 (課題番号等)
1					

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

領域名: 有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

⑤-1 知的財産権(出願) A特許 | Bその他の知的財産権

A 特許

No	知財の名称	出願番号	ハイ・ドール 適用	出願人	国内/外国	備考備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	電気化学計測装置	2017-029966	○	国立大学法人山形大学	国内	課題2-2
2	印刷装置	特願2017-089619	○	山形大学	国内	(2-3)2017/4/28出願
3	グラビアオフセット印刷用凸版及びグラビアオフセット印刷方法	特願2017-099347	○	山形大学、三菱ケミカル株式会社	国内	(2-3)2017/5/18出願
4	グラビアオフセット印刷用コート剤及びグラビアオフセット印刷方法	特願2017-099348	○	山形大学、三菱ケミカル株式会社	国内	(2-3)2017/5/18出願
5	多関節マニピュレーター	特願2018-042833	○	山形大学	国内	(3)
6	体内留置物用材料	特願2017-47363		国立大学法人九州大学, 株式会社日本触媒	国内	(2-4)
7	単量体組成物、重合体、ハイドロゲル、医療用具、及び医療用具用成形品	特願2018-100613		国立大学法人九州大学, 株式会社日本触媒	国内	(2-4)
8	共重合体、水性溶液、架橋体、光硬化性組成物、塗膜、医療用具用材料及び医療用具	特願2019-013537	○	国立大学法人九州大学, 株式会社日本触媒	国内	(2-4)
9	繊維強化材料、及び繊維強化材料の製造方法	特願2019-013537	○	国立大学法人九州大学, 株式会社日本触媒	国内	(2-4)
10	ハイドロゲル、医療用具、及び医療用具用成形品	特願2018-106178		国立大学法人九州大学, 株式会社日本触媒	国内	(2-4)
11	偏心作用を利用した推進装置	特願2017-74948、特開2018-176835		山形大学	国内	(5)公開日:平成30年11月15日
12	吐出装置/インクジェット装置の圧力制御	特願2020-066914(令和2年4月2日)	○	山形大学	国内	
13	吐出装置のロボット軌道生成方法及びロボット軌道生成プログラム/立体物印刷におけるロボット軌道計算方法	特願2020-066915(令和2年4月2日)	○	山形大学	国内	
14	医療用検査装置及び細胞検査方法	特願2019-082075	○	山形大学、住友ゴム工業株式会社	国内	
15	抗血栓性材料及びそれを用いた医療用器具	特願2019-093293	○	九州大学、三菱瓦斯化学(株)	国内	
16	抗血栓性材料、及び抗血栓性材料の使用	特願2019-093292	○	九州大学、三菱瓦斯化学(株)	国内	
17	ジエン系モノマー、それから得られるポリマー、該ポリマーを含む抗血栓性材料	特願2019-187569	○	九州大学、三菱瓦斯化学(株)	国内	
18	抗血栓性材料、抗血栓性材料の使用	特願2019-187570	○	九州大学、三菱瓦斯化学(株)	国内	
19	-	-	○	-	国内	研究開発課題2-1 未公開
20	-	-	○	-	国内	研究開発課題2-3 未公開

21	-	-	○	-	国内	研究開発課題2-3 未公開
22	不織布及び赤血球含有生体由来液処理 フィルター	特願2020- 080649	○	国立大学法人九州 大学, 旭化成メディ カル株式会社	国内	研究開発課題2-4
23	-	-		-	国内	研究開発課題2-4 未公開
24	推進装置及び推進装置を備えた探査ロ ボット	特願2020 -061706	○	山形大学	国内	研究開発課題5
25	関節装置及び歯車セット	特願 2020 - 09968 1	○	山形大学	国内	研究開発課題5
26	差動機構	特願 2021 -015334	○	山形大学	国内	研究開発課題5
27	電気化学計測装置	特願2022- 001875	○	山形大学	国内	課題2-2 特願2017-029966の分割出願
28	水生生物模型	特願2019- 192167	○	山形大学	国内	
29	-	-	○	-	国内	未公開
30	-	-	○	-	国内	未公開
31						

B その他の知的財産権（実用新案権、意匠権、回路配置利用権、育成者権など）

No	知財の名称	出願番号	ハイ・ドール 適用	出願人	国内/外国	備考
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

領域名: 有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

⑤-2 知的財産権(登録) A特許 | Bその他の知的財産権

A 特許

No	知財の名称	特許番号	ハイ・ドール 適用	出願人	国内/外国	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

B その他の知的財産権（実用新案権、意匠権、回路配置利用権、育成者権など）

No	知財の名称	登録番号	パイトール 適用	出願人	国内/外国	備考
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

〔終了報告〕 OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

領域名: 有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

⑥ 成果の発信

No	発表 年月日	発表タイトル、イベント名など	発表機関	主な対応者	発信形式	備考
1	2017.2.15～17	コンバーティングテクノロジー 総合展(東京ビッグサイト)	国立大学法人 山形大学	課題2-3	展示会への出展(国 内)	
2	2017.2.15～ 2.17	プリンタブルエレクトロニクス 展2017(東京ビッグサイト)	国立大学法人 山形大学	課題1-1, 1-2,1-3,2- 1,2-2,2-3	展示会への出展(国 内)	
3	2017.3.27(現 地時間)	SPIE 3d demo session (コロ ラド州デンバーで開催)	国立大学法人 山形大学	課題3	展示会への出展(外 国)	
4	2016.11.19 ～11.20	やまがた環境展2016	国立大学法人 山形大学	課題5	展示会への出展(国 内)	
5	2017.3.17	ソフトマターロボティクスコン ソーシアム第1回キックオフシ ンポジウム	国立大学法人 山形大学 国立大学法人 九州大学	課題1～5	成果発信イベントの 開催	
6	2018/2/14-16	プリンタブルエレクトロニクス 2018	山形大学	テーマ1、2	展示会への出展(国 内)	(1-2)(2-1～2- 3)
7	2018/3/14-15	LOPEC 2018	山形大学	古川忠宏 (YU-FIC)	展示会への出展(外 国)	(1-2)
8	2017/8/31- 9/1	イノベーションジャパン2017	山形大学	全テーマ	展示会への出展(国 内)	全テーマ
9	2017/10/13	フレキシブル有機エレクトロニ クス 第4回 研究会	山形大学	テーマ2	成果発信イベントの 開催	(2-1～3)
10	2017/11/22- 23	ロボットフェスタふくしま	山形大学	多田隈理一 郎	展示会への出展(国 内)	(5)
11	2017/11/29- 12/1	国際ロボット展	山形大学	全テーマ	展示会への出展(国 内)	(3)
12	2018/3/4-8	SPIE Smart Structure 3D printing demo session	山形大学	古川英光	展示会への出展(外 国)	(3)
13	2018/8/30	JSTフェア2018	山形大学	古川英光、 多田隈理一 郎	展示会への出展(国 内)	全テーマ
14	2018/10/17～ 2018/10/19	Japan Robot Week	山形大学	多田隈理一 郎	展示会への出展(国 内)	全テーマ
15	2018/11/8	フレキシブル有機エレクトロニ クス 第5回 研究会	山形大学	時任研究室	成果発信イベントの 開催	(2-3) 時任研究室 成果発表会
16	2019/1/16～ 2019/1/18	オートモーティブワールド 2019	山形大学 硯里 研究室、信越化 学工業	硯里研究室	展示会への出展(国 内)	(1-3) 会期:平成31年 1月16日(水)～ 18日(金) 会場:東京ビッグ サイト 東ホール ブース:E40-37 山形大学 硯里 研究室
17	2019/1/30～ 2019/2/1	JFlex2019展(山形大学 INOEL)	山形大学INOEL	仲田／古川 ／結城／向 殿	展示会への出展(国 内)	(1-1)
18	2019/1/30～ 2019/2/1	JFlex2019展(山形大学 ROEL)	山形大学ROEL	プリンテッドデ バイス 技術研究部 門	展示会への出展(国 内)	(2-1.2-2.2-3)

19	2019/1/30～ 2019/2/1	JFlex2019展(東ソー株式会社)	東ソー株式会社	ファンクショナルポリマー 研究所	展示会への出展(国内)	(2-1) ※山形大学 INOEL、山形大 学ROELとは別 ブースです。
----	------------------------	---------------------	---------	---------------------	-------------	---

20	2019/3/1	高分子学会有機エレクトロニクス研究会第8回異業種交流会	山形大学INOEL 仲田／古川／ 結城／向殿研 究グループ	川村	展示会への出展(国 内)	(1-1)
21	2019/3/19～ 2019/3/21	Lopec	山形大学	古川忠宏	展示会への出展(外 国)	(1-2)
22	2019/5/22-23	Flex Japan	SEMI	古川忠宏(山 形大学)	展示会への出展(国 内)	東京
23	43670	MSサイエンティフィック(株) セミナー『最新機能性フィル ム評価ーバリア性、濡れ性、 ナノインデント、塗工性まで ー』(2019.7.24 / 東京). 「有機エレクトロニクスデバイ スの実用化の現状とフレキシ ブル化への取り組み～有機 ELを中心に～」	山形大学	結城敏尚(山 形大学)	成果発信イベントの 開催	https://www.ms-scientific.com/information/seminar/seminar-b1
24	43679	「第1回YU-FLECセミナー」 (2019.8.2 / 東京). 結城敏尚:「YU-FLECの取り 組み・研究事例紹介」	山形大学	結城敏尚(山 形大学)	成果発信イベントの 開催	https://inoel.yz.yamagata-u.ac.jp/F-consortium/2019_08%20YU-FLEC.pdf
25	2019/9/3-9/9	超福祉展2019	山形大学	山形大学	展示会への出展(国 内)	http://peopledesign.or.jp/fukushi/#outline
26	2019/9/17	東北ブロック・ユニットケア研 究会2019	NDソフトウェア 株式会社	古川英光	展示会への出展(国 内)	山形
27	2019/10/23- 2019/10/25	第二回医療と介護の総合展 (メディカルジャパン)	NDソフトウェア 株式会社	古川英光	展示会への出展(国 内)	東京
28	2019/11/5	立体曲面印刷技術(SBG, O IJ)の進	第6回フレキシブル有機エレクト ロニクス研究会	山形大学	成果発信イベントの 開催	https://tokitolabo.yz.yamagata-u.ac.jp/uploads/6thflyer_ver6_190927-1.pdf
29	2019/11/6	「フレキシブル有機薄膜太陽 電池の実証試験を開始～株 式会社MORESCO・株式会社 イデアルスター・INOELの共 同研究～」	株式会社 MORESCO	株式会社 MORESCO	プレス発表	http://www.more-sco.co.jp/news/info/642-2019-11-06-13-00-00
30	2019/11/6	「印刷方式によるフレキシブル 有機薄膜太陽電池の実証 試験を開始～株式会社 MORESCO・株式会社イデア ルスター・INOELの共同研究～」、山形 大学学長記者会見	山形大学	仲田仁(山形 大学)	プレス発表	https://www.yamagata-u.ac.jp/jp/files/3915/7301/5430/press191106.pdf
31	2019/12/15	神奈川県共生社会実現 フォーラム	山形大学	山形大学	展示会への出展(国 内)	http://www.pref.kanagawa.jp/docs/m8u/kyousei-forum/2019-kyousei-forum.html
32	2019/12/18- 21	2019国際ロボット展	山形大学	山形大学	展示会への出展(国 内)	https://biz.nikkann.co.jp/eve/irex/
33	2019/12/18- 2019/12/21	2019国際ロボット展	山形大学	小川純(山形 大学)	展示会への出展(国 内)	
34	2019/12/18- 2019/12/21	2019国際ロボット展	山形大学	多田隈理一 郎(山形大 学)	展示会への出展(国 内)	繊維振動型管内 探索ロボットの展 示
35	2020/1/7- 2020/1/10	CES2020	YumeCloud	古川英光	展示会への出展(外 国)	

36	2020/1/29-1/31	JFlex 2020	山形大学INOEL	山形大学INOEL	展示会への出展(国内)	https://www.convertechexpo.com/files/PressRelease_2020013001.pdf
37	2020/1/29/31	Jflex	加工技術研究会	古川忠宏(山形大学)	展示会への出展(国内)	東京
38	2020/1/29-31	ソフトブランケット装置による曲面への印刷技術	コンバーティングテクノロジー総合展/JFlex2020	山形大学	展示会への出展(国内)	
39	2020/1/29-31	マルチノズルインクジェット装置による自由曲面への印刷技術	コンバーティングテクノロジー総合展/JFlex2020	山形大学	展示会への出展(国内)	
40	2020/1/29-2020/1/31	TCT Japan	山形大学SOFUMO	山形大学SOFUMO	展示会への出展(国内)	
41	2020/1/29-31	JFlex	山形大学	時任静士	展示会への出展(国内)	ROEL、プリントデバイス技術研究部門として
42	2020/2/26-2020/3/28	次世代プリンタ展	山形大学	古川英光	展示会への出展(国内)	
43	2020/6/18	『JIVM 2020』展(Virtual展示)	山形大学INOEL	山形大学INOEL「山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC)」	展示会への出展(国内)	https://ohno-inkjet.com/?p=34243
44	2020/8/1	『JIMP』(Japan Inkjet Marketing Place)展(Virtual出展)	山形大学INOEL	山形大学INOEL「山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC)」	展示会への出展(国内)	https://ohno-inkjet.com/?p=34243
45	2020/10/22-10/23	『第10回 おおた研究・開発フェア ONLINE』展	山形大学INOEL	山形大学INOEL「山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC)」	展示会への出展(国内)	https://www.pio-ota.jp/ota-r-and-d-fair/10/
46	2020/12/9-12/11	『JFlex 2021』展(東京ビッグサイト&オンライン / 2020年12月9日~11日)	山形大学INOEL	山形大学INOEL「山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC)」	展示会への出展(国内)	https://www.convertechexpo.com/prev.html#prev2021
47	2021/3/3-3/5	『国際太陽光発電展(PV EXPO)2021』(東京ビッグサイト&オンライン)	山形大学INOEL	山形大学INOEL「山形大学フレキシブルエレクトロニクス産学連携コンソーシアム(YU-FLEC)」	展示会への出展(国内)	https://inoel.vz.yamagata-u.ac.jp/F-consortium/2021-03%20PV%20EXPO.html
48	2020/12/9-11	Jflex 2021	加工技術研究会	古川忠宏(山形大学)	展示会への出展(国内)	東京国際展示場
49	2020/12/9-11	マルチノズル型全方向インクジェット(OIJ)印刷装置	JFlex2021	山形大学	展示会への出展(国内)	
50	2020/4/3	2周年記念シンポジウム、やわらか3D共創コンソーシアム	山形大学	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	オンライン
51	2020/12/2-12/4	やわらか3D共創コンソーシアム合同部会	山形大学	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	オンライン

52	2020/8/4 - 8/7	「スマートプロフェッショナルエンジニア最先端研修」	山形大学	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	米沢市
53	2020/09/19	日本科学未来館研究エリア公開ミーティングvol.3、オンライントークイベント	山形大学	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	オンライン
54	2020/9/28-11/30	イノベーションジャパン2020	山形大学	古川英光(山形大学)	展示会への出展(国内)	オンライン
55	2020/10/25	「やわらか材料の可能性をさぐれ!」,日本科学未来館化学の日オンライントークイベント	山形大学	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	オンライン
56	2020/10/28	「3Dプリンターが切り開く未来」,山形県立鶴岡工業高等学校模擬講義	山形大学	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	米沢市
57	2020/8/30、2020/10/18、2020/12/27、2021/1/10、2021/2/7	アドバイザー,IHRP実行委員会、協賛読売新聞ほか「海洋プラ問題を解決するのは君だ! 高校生×研究×社会問題解決プログラム」	高分子学会	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	オンライン
58	2020/11/15	3Dゲルプリンターで「やわらか」ロボットの魅力に迫る,JSPS ひらめきときめきサイエンス~ようこそ大学の研究室へ	山形大学	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	長井市
59	2020/12/13	アドバイザー,高分子学会「高分子未来塾ユースacademiaゼミ」	高分子学会	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	オンライン
60	2020/11/24	アドバイザー,山形大学主催・男女共同参画「教材開発のための先進研究」	山形大学	古川英光(山形大学)	成果発信イベントの開催	山形市
61	2021/1/20-1/22	第5回ロボデックス ロボット開発・活用展	山形大学	プロジェクト参加者全員	展示会への出展(国内)	東京ビッグサイト
62	2021/2/3-2/5	第3回次世代3Dプリンタ展	山形大学	古川英光(山形大学)	展示会への出展(国内)	幕張メッセ
63	2021/1/20-2021/1/22	第5回 ロボデックス	山形大学	プロジェクト参加者全員	展示会への出展(国内)	繊維振動型管内探査ロボットの展示

〔終了報告〕 OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

領域名: 有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

⑦掲載・放映

No	発表 年月日	メディア名 掲載・放映内容の概要	発表機関	主な対応者	形式	備考
1	2016.10.1	(日刊工業新聞) 多田隈理一郎准教授(研究者紹介) 山形大学ソフトマターロボットの取り組み紹介	国立大学法人 山形大学	課題5	新聞掲載(WEB含む)	
2	2016.11.1	(朝日新聞) 県科学技術奨励賞受賞「全方向歯車」	国立大学法人 山形大学	課題5	新聞掲載(WEB含む)	
3	2016.11.10	(日本経済新聞) 電池技術を活かした電動農機の製品化 ダム無人監視艇の来年中の製品化を目指す	国立大学法人 山形大学	課題5	新聞掲載(WEB含む)	
4	2016.11.20	(読売新聞) 有機ELの次世代の光源へ期待 透明で曲げることが出来る有機EL材料の開発	国立大学法人 山形大学	課題1-3	新聞掲載(WEB含む)	
5	2016.7.6	(日経テクノロジーオンライン) 凹凸のある3次元曲面に電子回路を印刷	国立大学法人 山形大学	課題2-3	雑誌掲載(WEB含む)	
6	2016.10.19	(日経エレクトロニクス 2016年11月号 pp.66-69) 印刷、埋め込み、無線化、基板配線の代替提案が続々	国立大学法人 山形大学	課題2-3	雑誌掲載(WEB含む)	
7	2016.10.19	(日経エレクトロニクス 2016年11月号 pp.70-72) 配線抵抗を一気に下げる、電源・アナログ・RFも流す	国立大学法人 山形大学	課題2-3	雑誌掲載(WEB含む)	
8	2016.10.10	(接着剤新聞) 「若手交流会の開催 高分子構造とレオロジー」	国立大学法人 山形大学	課題3	新聞掲載(WEB含む)	
9	2016.11.15	(日経産業新聞) 「産業用機器やロボット製造 3Dゲルプリンターで」日経産業新聞	国立大学法人 山形大学	課題3	新聞掲載(WEB含む)	
10	2016.11.15	(日本経済新聞) 「3DゲルプリンターでVB 山形大、実用化へ」	国立大学法人 山形大学	課題3	新聞掲載(WEB含む)	
11	2016.11.15	(山形新聞) 「3Dプリンターの活用 医療、介護の製品開発」	国立大学法人 山形大学	課題3	新聞掲載(WEB含む)	
12	2016.12.1	(日本経済新聞) 「山形大学ベンチャー 続々」	国立大学法人 山形大学	課題2 課題3	新聞掲載(WEB含む)	
13	2017.3.8	(日本経済新聞) 「柔らかロボ」開発始動-山形大 新材料、家庭でも安全に」	国立大学法人 山形大学	課題1~5	新聞掲載(WEB含む)	
14	2017.3.8	(日経産業新聞) 「やわらかロボ 開発着手-山形大 家庭向け、今秋試作品」	国立大学法人 山形大学	課題1~5	新聞掲載(WEB含む)	
15	2017.3.29	(山形新聞) EV特有の技術学ぶ 米沢・勉強会 事業参入へ県内企業	国立大学法人 山形大学	課題4	新聞掲載(WEB含む)	
16	2017.3.29	(米澤新聞) 世界的拡大中のEV学が 県内新規参入検討企業が山 大解析センターで勉強会	国立大学法人 山形大学	課題4	新聞掲載(WEB含む)	

17	2018/3/15	メディア:山形新聞 概要:「山形大 NEDO主催・ 起業家支援プログラム 2 チームがW受賞」	山形大学	泉小波	新聞掲載(WEB含 む)	(2-3) (社会総合記事)
18	2017/10/19	メディア:米沢新聞 「曲面への膜状印刷実現へ」 山工大 泉准教授の研究がJ ST採択」	山形大学	泉小波	新聞掲載(WEB含 む)	(2-3) (1面記事)
19	2017/4/21	メディア:日経テクノロジーオ ンライン 概要:「曲面に電子回路を形 成、印刷プロセス新技術」	山形大学	時任静士	雑誌掲載(WEB含 む)	(2-3)

20	2017/7/3	メディア:日刊工業新聞 概要:ソフトマターロボティクスについて	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含む)	(3)
21	2018/2/23	メディア:山形新聞 概要:ソフトマターロボティクスのコンセプトモデル(クラゲ型ロボット)について。	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含む)	(3)
22	2018/2/23	メディア:日本経済新聞(東北版) 概要:ソフトマターロボティクスの概念について。	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含む)	(3)
23	2017/11/28	メディア:日刊工業新聞 概要:繊維毛型管内探査ロボットについての紹介	山形大学	多田隈理一郎	新聞掲載(WEB含む)	(5)
24	2018/4/9	メディア:日経xTECH(クロステック)	山形大学	松井弘之	雑誌掲載(WEB含む)	(2-1)
25	2018/4/9	メディア:日経xTECH(クロステック)	山形大学	松井弘之	雑誌掲載(WEB含む)	(2-1)
26	2018/4/20	メディア:米沢新聞 概要:「有機トランジスタの劣化要因探る 山大 松井准教授の研究、文科省の科研費に採択」	山形大学	松井弘之	新聞掲載(WEB含む)	(2-1) 1面
27	2018/5/2	がん細胞を効率検出-九大、コスト1/100程度に-, 日本経済新聞(2018.05.02朝刊掲載)	九州大学	田中賢	新聞掲載(WEB含む)	(2-4) https://www.nikkei.com/article/DGXMZO30044720R00C18A5LX0000/
28	2018/11/5	メディア:日経xTECH(クロステック) 概要:「ウェアラブル・バイオ・センサーへ前進、印刷有機回路で乳酸検出」	山形大学	松井弘之	雑誌掲載(WEB含む)	(2-1)
29	2018/11/21	メディア:山形新聞 概要:配管探査用のミミズ型サーチラボの機能と研究活動に関する記事。特に、従来型の車輪型探査ロボットとの比較。	山形大学、弘栄設備工業(株)	多田隈理一郎	新聞掲載(WEB含む)	(5)
30	2019/1/1	メディア:配管技術(雑誌)第61巻第1号 概要:配管探査用のミミズ型サーチラボの機能と研究活動に関する記事	山形大学	多田隈理一郎	雑誌掲載(WEB含む)	(5)
31	2019/1/8	メディア:山形新聞 概要:配管探査用のミミズ型サーチラボの機能と研究活動に関する記事	山形大学	多田隈理一郎	新聞掲載(WEB含む)	(5)
32	2019/1/16	生体適合性ポリマー『RX-6-GBシリーズ』, IPROS医薬食品技術	九州大学、日本触媒	田中賢	雑誌掲載(WEB含む)	(2-4) (https://ls.ipros.jp/) https://ls.ipros.jp/product/detail/2000393098/?utm_source=mailmag&utm_medium=sougou_l&utm_campaign=20190116&utm_content=article+1st+title&mmid=lth_20190116A_article+1st&hub=47+6315

33	2019/1/30	山形新聞 東根市市民セミナー「タントまなべ学園」にて有機ELの講義を行った	山形大学	硯里善幸	新聞掲載(WEB含む)	(1-3)
34	2019/4/5	月刊ソフトマター2019.4月号『第1回ソフトロボット創世シンポジウムが開催』	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含む)	
35	2019/4/5	月刊ソフトマター2019.4月号, No.013, 2019年4月5日発行(P22-24) 「第1回ソフトロボット創世シンポジウムが開催」	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含む)	
36	2019/4/12	化学工業日報記事「有機EL用バリアフィルム-R2Rで電極まで」	山形大学	山形大学	新聞掲載(WEB含む)	
37	2019/4/12	化学工業日報	山形大学	古川忠宏(山形大学)	新聞掲載(WEB含む)	
38	2019/4/16	日刊工業新聞 経営ひと言／山形大学・古川英光教授「柔らかさ必要」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含む)	
39	2019/5/5	月刊ソフトマター2019.5月号, No.014「やわらか3D共創コンソーシアム、1周年記念シンポジウムを開催」	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含む)	
40	2019/5/8	朝日放送、関西ローカル ニュース番組「キャスト」(毎週月～金 午後3時50分～7時) 「3Dプリンターの現状とこれから」	山形大学	古川英光	テレビ放映	
41	2019/5/15	コンパティック2019 5月号 Vol.554 No.47(P89)『急成長する世界市場、10年の遅れを取り戻せるか 課題解決に向けて、産官学で企業の実用化支援 近畿経済産業局「3D積層造形によるモノづくり革新拠点化構想」キックオフイベント』	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含む)	
42	2019/6/2 2019/6/9	TBS 「未来の起源」に出演	山形大学	戸森央貴(山形大学)	テレビ放映	https://www.youtube.com/watch?v=GRX4I7w-V9w
43	2019/6/25	九大のがん診断研究プロに投資 西日本シティ銀,日刊工業新聞(2019.06.25掲載)	九州大学	田中賢(九州大学)	新聞掲載(WEB含む)	
44	2019/7/1	日本工業出版「クリーンテクノロジー」	山形大学	時任静士	雑誌掲載(WEB含む)	
45	2019/8/20	日本触媒 生体適合性ポリマー 中間水で血液凝固抑制, 化学工業日報(2019.08.20掲載)	九州大学	田中賢(九州大学)	新聞掲載(WEB含む)	
46	2019/8/27	河北新報「ハチ公像」感情ゆたかに 山形大グループ開発 ゲル素材活用 軟らか AI駆使 鳴き声変化』	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	
47	2019/8/27	河北新報ONLINE NEWS『軟らか「ハチ公」感情豊かに AI駆使し鳴き声変化 山形大学グループが開発』	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	https://www.kahoku.co.jp/tohoku/news/201908/20190827_53037.html
48	2019/9/3	シブヤ経済新聞『渋谷ヒカリエなどで「超福祉展」ゲル素材ハチ公像、難聴体験VRも』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含む)	https://www.shibuken.com/headline/14419/
49	2019/9/3	読賣新聞『「感情」伝えるハチ公ロボ』	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	https://www.yomiuri.co.jp/local/yamagata/news/20190902-OYTNT50049/

50	2019/9/4	山形新聞『山形大制作触って やわらかハチ公』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
51	2019/9/4	山形新聞『渋谷にやわらかハ チ公 山形大が制作』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	https://www.yamagata-np.jp/news/201909/03/kj_2019090300057.php
52	2019/9/4	朝日新聞『福祉分野の新製 品を体感 渋谷で「超福祉の 日常」展』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
53	2019/9/6	東京新聞(TOKYOWeb)『ハチ 公ロボ触って 渋谷で9日ま で「超福祉体験」展』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
54	2019/9/6	東京新聞『ハチ公ロボ触って 渋谷で9日まで「超福祉体験」 展 障害者、高齢者、LGBT 心の垣根取り除く』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
55	2019/9/6	イッツコムチャンネル(11ch) 『2020年、渋谷。超福祉の日 常を体験しよう展』	山形大学	古川英光	テレビ放映	https://www.itscom.co.jp/ch/program/blog/592837?fbclid=IwAR2Yyh7sKZ1HUsqxeO8N62CGcBidZXapMPII7G4Mw9RYD7mbMMn6ROOv-9I
56	2019/9/6	山形テレビ『YTSゴジダス』	山形大学	古川英光	テレビ放映	
57	2019/9/25	荘内日報『柔らか樹脂で生ま れた「ゲルハチ公」』	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含 む)	
58	2019/10/4	NHKニュース「おはよう日本」	山形大学	山形大学	テレビ放映	https://www3.nhk.or.jp/news/html/20190927/k10012102211000.html
59	2019/11/5	月刊ソフトマター2019.11月号 No.020「やわらか3D共創コン ソーシアム、11/20に滋賀で 第2回やわらかものづくり研 究会・ゲル部会を開催」	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含 む)	
60	2019/11/6	山形放送「news every」 ・山形テレビ「スーパー」チャ ンネルYTSゴジダスⅢ」 ・TUY「Nスタやまがた」 ・さくらんぼテレビ「Live News」 山形大学 学長定例記者会見 にて成果発表。「印刷方式に よるフレキシブル有機薄膜太 陽電池の実証試験を開始～ 株式会社MORESCO・株式会 社イデアルスター・INOELの 共同研究～」	山形大学	山形大学	テレビ放映	https://www.yamagata-u.ac.jp/jp/files/3315/7301/5709/press191106_01_IINOEL_providing_test.pdf
61	2019/11/7	山形新聞(11月7日) 有機の力～太陽電池の新た な形 山形大センター、民間 と開発。「印刷方式によるフレ キシブル有機薄膜太陽電池 の実証試験を開始～株式会 社MORESCO・株式会社イデ アルスター・INOELの共同研 究～」	山形大学	山形大学	新聞掲載(WEB含 む)	https://www.yamagata-np.jp/news/201911/07/kj_2019110700120.php

62	2019/11/8	朝日新聞(11月8日) 山形) 軽くて曲がる印刷方式 の太陽電池 山大が実証試 験。「印刷方式によるフレキシ ブル有機薄膜太陽電池の実 証試験を開始～株式会社 MORESCO・株式会社イデア ルスター・INOELの共同研究 ～」	山形大学	山形大学	新聞掲載(WEB含 む)	https://www.asahi.com/articles/ASMC654YVMC6UZHB009.html
63	2019/11/21	日本経済新聞電子版「NDソフト、山形大学の技術で医療関連機器」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
64	2019/11/22	日本経済新聞「医療関連機器4製品 NDソフト、山形大技術で」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
65	2019/12/1	リバネス研究応援vol16. p14-16『理論から実装へ、動き出すソフトマター topic.1材料、機械、情報の掛け算でものづくりを変える』	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含 む)	
66	2019/12/1	Impact、Volume 2019、Number 10、December 2019、pp.9-11(3)	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含 む)	DOI: https://doi.org/10.21820/23987073.2019.10.9The softer side of robotics, Evolutionary Soft Robotics
67	2019/12/19	ITmediaNEWS『2019国際ロボット展: “やわらかいハチ公ロボ”降臨 AI搭載で声掛けや触れ合いに反応』	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含 む)	https://www.itmedia.co.jp/news/articles/1912/19/news081.html
68	2020/1/1	シルバー新聞『国際ロボット展開幕』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
69	2020/1/4	山形新聞『山形大、4月から日本科学未来館で研究 3Dプリンター使ったものづくり』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
70	2020/1/5	月間ソフトマター1月号、No.022、22-23頁「やわらか3D共創コンソーシアム第1回ロボット部会が開催」	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含 む)	
71	2020/1/12	BSフジ2020年1月12日(日) 11:30～12:00 放送 2020年1月19日(日)11:30～12:00 再放送科学番組ガリレオX「未来に実現?! 夢の技術 2050年までの科学予測が描き出す世界」	山形大学	古川英光	テレビ放映	
72	2020/1/17	日本経済新聞(中部経済面)「中部地方の企業山形県が誘致へ名古屋でセミナー」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
73	2020/1/18	山形新聞「名古屋で企業立地セミナー」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
74	2020/2/1	月刊機能材料 R2R方式による有機EL 用透明電極付きバリアフィルムの開発と展開	山形大学	古川忠宏(山形大学)	雑誌掲載(WEB含 む)	
75	2020/2/19	TechEyesOnline『【展示会レポート】2019国際ロボット展』	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含 む)	
76	2020/2/28	PRINT&PROMOTION(WEB版)『開催中レポート「第2回次世代3Dプリンタ展」 速度・精巧さ・色など進化 出展中止も多数』	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含 む)	

77	2020/3/5	月間ソフトマター3月号 『TCTJapan2020が開催、3D プリンティングの材料・評価技 術が集結』	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含 む)	
78	2020/3/11	米沢日報デジタル(WEB版) 『山形大学「ゲルクラゲ ロ ボット」を開発、販売へ』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
79	2020/3/13	日刊工業新聞(34面)『柔らか い素材でロボ 山形大とNDソ フト「ゲルクラゲ」共同開発』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
80	2020/3/13	日刊工業新聞オンライン (WEB版)『柔らかい素材でロ ボ 山形大とNDソフト、「ゲル クラゲ」共同開発』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
81	2020/3/17	日本経済新聞(WEB)観賞用 の人エクラゲ、NDソフトと山 形大が共同開発	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
82	2020/3/18	朝日新聞(山形版29面)人エ クラゲで癒やし いかが？ 山大など 介護施設向けに来 月から試験販売	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
83	2020/3/18	日本経済新聞(東北経済43 面)本物そっくりに動く人エ クラゲ	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
84	2020/3/26	日刊工業新聞(25面)「ゲルで 概念覆す」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
85	2020/3/26	日刊工業新聞電子版『経営 ひと言／山形大学・古川英光 教授「ゲルで概念覆す」』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	
86	2021/3/3-3-5	STELLA通信,「PV EXPO 2021 山形大学が有機系太陽 電池で孤軍奮闘」.	山形大学INOEL (株)MORESCO	山形大学 INOEL (株) MORESCO	雑誌掲載(WEB含 む)	https://www.stellacorp.co.jp/media/2021pv.html
87	2020/5/10	人工肺「エクモ」の血栓、発生 原因を解明 東大教授ら, 日 本経済新聞電子版 (2020.05.10掲載)	九州大学	田中賢(九州 大学)	新聞掲載(WEB含 む)	https://www.nikkei.com/article/DGXMZO58921170Q0A510C2CR8000/
88	2020/5/11	人工肺の血栓原因解明 コロ ナ重症患者治療の弱点 東大 教授ら, 日本経済新聞朝刊 (2020.05.11掲載)	九州大学	田中賢(九州 大学)	新聞掲載(WEB含 む)	https://www.nikkei.com/article/DGKKZO58923520Q0A510C2CR8000/
89	2020/4/1	化学と工業(日本化学会) 2020年4月号、326頁,『定義も 用途も広がる「ゲル」』	山形大学	古川英光・小 川純	雑誌掲載(WEB含 む)	課題3
90	2020/4/5	月刊ソフトマター4月号N o.025, 22頁,「第2回次世代3D プリンタ展が開催」	山形大学	古川英光	雑誌掲載(WEB含 む)	課題3
91	2020/4/5	山形新聞、(13面)「ふふわ わ…癒やしのクラゲロボ 山 形大学工学部とNDソフトが開 発」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	課題3
92	2020/4/6	朝日新聞デジタル,「(地域発) 山形県から 人エクラゲで癒 やされて 山形大など開発、 介護施設向け」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	課題3
93	2020/4/6	朝日新聞、(5面) 「人エクラゲでいよされて 山 形大など開発 介護施設向 け」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含 む)	課題3
94	2020/4/8	The Government of Japan Twitter,「ハチ公の日」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含 む)	課題3
95	2020/4/8	Twitter,日本科学未来館,「や わらかロボ! ゲルハチ公」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含 む)	課題3

96	2020/5/14	朝日新聞、(山形17面)、『触りたくなる「ゲルハチ公」 触られ方に応じ鳴き声・振動・光山大が開発 福祉など活用期待』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含む)	課題3
97	2020/5/14	朝日新聞デジタル、「なでくれワン！やわらか「ハチ公」は癒しのロボ」	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含む)	課題3
98	2020/5/17	朝日新聞、(山形15面)、『「やわらかロボット」どう役立つ？ 触れ合って成長 人の代わりにも』	山形大学	古川英光	新聞掲載(WEB含む)	課題3
99	2020/6/5	月刊ソフトマター6月号No.027, 10頁-13頁,「特集 ソフトマターの機械要素としての適用 ソフト3D界面研究から展開するソフトマターの機械要素への適用～ソフトマターのデジタル化が駆動するやわらかものづくり革命～」	山形大学	古川英光・小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
100	2020/6/25	毎日新聞 オンライン,軟らかハチ公ロボット 山大、シリコーン使い開発 福祉分野での活用期待/山形	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
101	2020/7/23	東京FM、HONDA SMILE MISSION,「人エクラゲで癒しの水槽を作った大学教授をリサーチせよ」	山形大学	古川英光	テレビ放映	課題3(HP http://www.tfm.co.jp/smile/)
102	2020/7/28	テレビ東京、ワールドビジネスサテライト,トレンドたまご,「癒される？人エクラゲ」	山形大学	古川英光	テレビ放映	課題3
103	2020/8/13	日本経済新聞Web,「山形大学、ゲルハチ公に温度センサー 抵抗感なく検温」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
104	2020/8/14	日本経済新聞、(東北経済31面),「犬型ロボに温度センサー山形大抵抗感なく検温」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
105	2020/9/2	シブヤ経済新聞,『渋谷ヒカリエなどで最後の「超福祉展」オンラインシンポジウム中心に』	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
106	2020/9/2	シブヤ経済新聞Web, フォトフラッシュ,『人との距離を測り鳴き声を発するほか近づきだけで検温ができる「ゲルハチ公」＝渋谷ヒカリエなどで「超福祉展」』	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
107	2020/9/2	日テレNEWS24,2020年9月2日,「字で感情、柔らかロボ…福祉×テクノロジー」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
108	2020/9/3	山形新聞、(22面)、『体温測る「ゲルハチ公」癒されながら確認「ピッ」山形大学工学部開発 ロボット改良』	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
109	2020/9/3	山形新聞Web,『体温測る「ゲルハチ公」山形大工学部開発、ロボット改良』	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
110	2020/10/6	朝日新聞デジタル,「やわらかロボ、有機EL体験して 山大が中学生向け講座」	山形大学	古川英光・小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
111	2020/10/6	朝日新聞、(19面),「ゲル・有機EL…先端の研究見に来て 来月 山大が中学生向け講座」	山形大学	古川英光・小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
112	2020/10/15	日本経済新聞WEB,「犬型ロボット「ゲルハチ」質感リアルに進化 山形大」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3

113	2020/10/16	日本経済新聞(東北版39面),「山形大学が改良 犬型ロボ、質感リアルに「ゲルハチロイド」眼球にゲル素材」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
114	2020/10/21	朝日新聞デジタル「機械だって涙流します 犬型ロボットで探る、人の共感」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
115	2020/10/21	朝日新聞(19面),涙・ぬくもり…「ゲルハチ」進化 山犬触れ合う人の「共感」測定へ」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
116	2020/10/24	読売新聞(26面),全身柔らかハチ公ロボ 山犬が製作	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
117	2020/10/25	読売新聞WEB,「足の裏に肉球・触るとぬくもり・瞳から涙も…ハチ公ロボお披露目」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
118	2020/10/29	RBOT CREATORS MAGAZINE,【ゲル×ロボット】やわらかな体を手に入れることで、ロボットはより生き物らしくなる	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
119	2020/11/16	山形新聞(12面),「目から“涙”新機能に驚き 柔らか「ハチ公」改良版 旧長井小で一般公開」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
120	2020/11/20	秋田魁新報(7面),「ぬくもりあるロボ」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
121	2020/11/27	共同通信,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
122	2020/11/27	yahoo!JAPANニュース,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能」山形大が開発「ゲルハチロイド」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
123	2020/11/27	北海道新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
124	2020/11/27	WEB東奥日報,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
125	2020/11/27	秋田魁新報,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
126	2020/11/27	山形新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
127	2020/11/27	福島民友新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
128	2020/11/27	新潟日報モア,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
129	2020/11/27	東京新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
130	2020/11/27	下野新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
131	2020/11/27	千葉日報オンライン,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
132	2020/11/27	茨城新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
133	2020/11/27	神奈川新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3

134	2020/11/27	静岡新聞NEWS,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
135	2020/11/27	山梨日日新聞電子版,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
136	2020/11/27	岐阜新聞WEB,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
137	2020/11/27	北日本新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
138	2020/11/27	中日新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
139	2020/11/27	神戸新聞NEXT,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
140	2020/11/27	福井新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
141	2020/11/27	京都新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
142	2020/11/27	奈良新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
143	2020/11/27	高知新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
144	2020/11/27	徳島新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
145	2020/11/27	中国新聞デジタル,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
146	2020/11/27	信濃毎日新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
147	2020/11/27	宮崎日日新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
148	2020/11/27	日本海新聞,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
149	2020/11/27	琉球新報,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
150	2020/11/27	沖縄タイムス,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
151	2020/11/27	dmenuニュース,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
152	2020/11/27	msnニュース,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
153	2020/11/27	47NEWS,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
154	2020/11/27	so-netニュース,「柔らか犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3

155	2020/11/27	gooニュース、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
156	2020/11/27	livedoorNEWS、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
157	2020/11/27	RakutenInfoseek NEWS、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
158	2020/11/27	ORICON NEWS、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	新聞掲載(WEB含む)	課題3
159	2020/11/27	LINE NEWS、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
160	2020/11/27	産経新聞、「柔らかく犬型ロボにぬくもり 山形大開発、癒やし機能も」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
161	2020/11/27	富山新聞、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
162	2020/11/27	デイリー、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
163	2020/11/27	四国新聞、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
164	2020/11/27	BIGLOBEニュース、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
165	2020/11/27	modelpress、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
166	2020/11/27	佐賀新聞、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
167	2020/11/27	東奥日新聞、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
168	2020/11/27	西日本新聞、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
169	2020/11/27	北國新聞、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
170	2020/11/27	中部経済新聞、「柔らかく犬型ロボにぬくもり 山形大が開発、癒やし機能も」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
171	2020/11/27	NewsPicks「柔らかく犬型ロボにぬくもり 山形大が開発、癒やし機能も」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
172	2020/11/27	山陽新聞、「柔らかく犬型ロボットに癒やし機能 山形大が開発「ゲルハチロイド」」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
173	2020/12/25	中部経済新聞(15面)、「柔らかく犬型ロボにぬくもり 山形大が開発、癒やし機能も」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
174	2020/12/25	中部経済新聞WEB、「柔らかく犬型ロボにぬくもり 山形大が開発、癒やし機能も」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3
175	2021/1/7	産経新聞、「機械＝冷たい」変わるか 体温再現、涙流す犬型ロボット」	山形大学	小川純	雑誌掲載(WEB含む)	課題3

176	2021/1/7	JSTnews (3頁-5頁).(特集) 柔らかなロボットが示す有機 材料の新たな可能性	山形大学	古川英光・小 川純	雑誌掲載(WEB含 む)	課題3
177	2021/1/26	日刊工業新聞 概要: 繊維振動で進む配管点 検ロボ	山形大学	多田隈理一 郎(山形大 学)	新聞掲載(WEB含 む)	課題5

〔終了報告〕 OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

領域名: 有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

⑧ 外部資金の獲得

No	配分機関	事業・制度名称	実施期間	新規/ 継続	実施期間内 配分総額[千円]	配分総額 [千円]	採択機関	資金の使途	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	JST	A-STEP機能検証フェーズ(試験研究タイプH30年度)	2018/12/20 - 2019/12/31	新規	2,298	3,000	山形大学	成果の展開に関連して	印刷プロセスによるフレキシブル有機ELの封止構造の開発
2	経済産業省	戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン事業)	2017/08～2020/02	継続	4,880	22,500	㈱NSC	研究開発費として	車載・屋外フレキシブル有機EL/パネル用大型・高強度ケミカル加工と封止構造の開発
3	経済産業省	戦略的基盤技術高度化支援事業(サポイン事業)	2019/08～2022/02	新規	8,800	26,400	㈱ユーコーポレーション	研究開発費として	少量多品種・低コスト化を実現する有機ELの革新的製造プロセスの開発
4	JST	COI・感性和デジタル製造を直結し、生活者の創造性を拡張するファブ地球社会創造拠点	2013-2022.3		10,000	194,023	慶應義塾大学	研究開発費として	研究開発課題3
5	JSPS	ひらめきときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ 3Dゲルプリンターで「やわらか」ロボットの魅力に迫る	2020/11/15	継続	430	33,600	山形大学	研究開発費として	研究開発課題3
6	JST	基盤A	2017.4-2022/3/31	継続	5,100	27,100	山形大学	研究開発費として	研究開発課題3
7	JSPS	基盤C	2018.4-2021/3/31	継続	50	150	山形大学	研究開発費として	研究開発課題3
8	NEDO	戦略的イノベーション創造プログラム(SIP第2期)	2018.11/1-2023/3/31	継続	14,000	108,000	立命館大学	研究開発費として	研究開発課題3
9	JSPS	新学術領域研究	2018-2023/3/31	継続	5,000	20,000	東北大学	研究開発費として	研究開発課題3
10	JST	OPERA	2018-2023/3/31	継続	6,000	30,000	山形大学	研究開発費として	研究開発課題3
11	JSPS	科学研究費補助金 基盤研究(A)	2019/04/01-	継続	1,000	4,500	大阪大学	研究開発費として	研究開発課題3
12	山形大学	YUCOE(S)	2019/4/1-2020/3/31	新規	5,000	5,000	山形大学	研究開発費として	研究開発課題3
13	東北経済産業局	サポイン事業	2019/9/2-2022/3/31	継続	7,000	27,000	山形大学	研究開発費として	研究開発課題3
14	農林水産省	ムーンショット事業	2021/1-2022/3	新規	14,000	52,000	筑波大学	研究開発費として	研究開発課題3
15	やわらか3D共創コンソーシアム	共同研究・学術指導	2018/4-2021/3/31	継続	39,780	103,780	山形大学	研究開発費として	研究開発課題3
16	N社	奨学寄附金	2020/4/1-2021/3/31	新規	500	500	山形大学	研究開発費として	研究開発課題3
17									

【終了報告】 OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

領域名:有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

⑨ 論文

No	書誌情報 (書式: 著者名、タイトル、掲載誌名(書籍名)、巻、 号、ページ、発行年)	発表機関 (参画機関の み)	形式(査読の有無)	掲載状況	備考 (関連する研究開発課題番号 等)
1	R. Shiwaku, Y. Takeda, T. Fukuda, K. Fukuda, H. Matsui, D. Kumaki, and S. Tokito, Sci. Rep. 6, 34723 (2016).	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-1 課題2-2
2	R. Shiwaku, H. Matsui, K. Hayasaka, Y. Takeda, T. Fukuda, D. Kumaki, and S. Tokito, DOI: 10.1002/aelm.201600557	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	オンライン 掲載	課題2-1 課題2-2
3	"Soft Blanket Gravure printing technology for finely patterned conductive layers on three-dimensional or curved surfaces" Konami Izumi, Yasunori Yoshida and Shizuo Tokito, Jpn. J. Appl. Phys. (2017) in press	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	受理	課題2-3
4	"Effects of silver nanowire concentration on resistivity and flexibility in hybrid conducting films" Konami Izumi, Yuto Ochiai, Daisuke Shiokawa, Yasunori Yoshida, Daisuke Kumaki and Shizuo Tokito, Jpn. J. Appl. Phys. (2017) in press	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	受理	課題2-3
5	"Highly conductive metal interconnects on three-dimensional objects fabricated with omnidirectional ink jet printing technology" Yasunori Yoshida, Hikaru Wada, Konami Izumi and Shizuo Tokito, Jpn. J. Appl. Phys. (2017) in press	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	受理	課題2-3
6	"Development of a silver nanoparticle ink toward fine line patterning using gravure offset printing" Daisuke Shiokawa, Konami Izumi, Ryo Sugano, Tomohito Sekine, Tsuyoshi Minami, Daisuke Kumaki and Shizuo Tokito, Jpn. J. Appl. Phys. (2017) in press	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	受理	課題2-3
7	K. Osawa, S. Kobayashi, M. Tanaka, Synthesis of Sequence-Specific Polymers with Amide Side-chains via Regio-/stereoselective Ring-opening Metathesis Polymerization of 3-Substituted cis-Cyclooctene, Macromolecules, 2016, 49, 8154-8161.	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-4
8	Kazuyuki Sakai, Hiroaki Kumagai, Mei Abe, Yuta Watanabe, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Imaging of the nano-structure of soft and wet materials by new type of DLS method", SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, April 2016, 98020S-98020S-6, doi:10.1117/12.2219858.	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
9	Toshiki Kameyama, Masato Wada, Masato Makino, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Friction and wear evaluation of high-strength gel", SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, April 2016, 98020Q-98020Q-6, doi:10.1117/12.2218117.	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3

10	Parbhej Ahamed, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Single molecule force spectroscopy study of γ -polyglutamic acid by using atomic force microscopy", SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, April 2016, 80200-980200-5, doi:10.1117/12.2218040.	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
11	Takafumi Ota, Taishi Tase, Koji Okada, Kyuichiro Takamatsu, Azusa Saito, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Establishment of gel materials with different mechanical properties by 3D gel printer "SWIM-ER"", SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, April 2016, 98020L-98020L-6, doi:10.1117/12.2218247.	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
12	Hiroaki Kumagai, Masanori Arai, Kazuyuki Sakai, Gong Jin, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Modeling the transparent shape memory gels by 3D printer Acculas", SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, April 2016, 98020K-98020K-6, doi:10.1117/12.2218236.	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
13	Naofumi Naga, Saki Hashimoto, Tomoharu Miyanaga, Hidemitsu Furukawa, "Fluorescence Resonance Energy Transfer of Fluorescent Molecules in Joint-Linker Type Organic-Inorganic Hybrid Gels", Macromolecular Chemistry and Physics, p2671-2678 (2016), (First published: 6 October 2016), DOI: 10.1002/macp.201600272	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
14	酒井和幸, 熊谷大慧, 阿部五月, 渡邊洋輔, 山田直也, 古川英光, 藤本拓, 南絵里菜, 光上義朗, 足立芳史, 「走査型顕微光散乱装置による吸水性高分子ゲルの内部構造解析」, 高分子論文集 Vol. 73 (2016), No. 6, pp. 539-546, (2016/11/07), doi.org/10.1295/koron.2016-0036	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
15	Kumkum Ahmed, Naofumi Naga, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Development of ionic gels using thiol-based monomers in ionic liquid", SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, April 2016, 980005-980005-8, doi:10.1117/12.2219240	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
16	Mei Abe, Masanori Arai, Azusa Saito, Kazuyuki Sakai, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Internal structure analysis of particle-double network gels used in a gel organ replica", SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, April 2016, 98020I-98020I-7, doi:10.1117/12.2218235	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
17	Taishi Tase, Koji Okada, Kyuichiro, Takamatsu, Azusa Saito, Masaru, Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Development of gel materials with high transparency and mechanical strength for use with a 3D gel printer "SWIM-ER"", SPIE Smart Structures and Materials + Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, April 2016, 98020J-98020J-6, doi:10.1117/12.2218054	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
18	Formation of thermally resistant films induced by vinylene carbonate additive on a hard carbon anode for lithium ion batteries at elevated temperature RSC. Adv., 6, 75777-75781 (2016) Yi-Hung Liu, Sahori Takeda, Ikue Kaneko, Hideya Yoshitake, Masahiro Yanagida, Yuria Saito, Tetsuo Sakai	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題4-1

19	Dependence of thermal stability of lithiated Si on particle size J. Power Sources, 335(15), 38-44 (2016) Chao Li, Tongfei Shi, Decheng Li, Hideya Yoshitake, Hongyu Wang	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題4-2
20	Improved performance in micron-sized silicon anodes by in situ poly-merization of acrylic acid-based slurry J. Materials Chemistry A, 4, 16982-16991(2016) Chao Li, Tongfei Shi, Decheng Li, Hideya Yoshitake, Hongyu Wang	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題4-2
21	Erick Moya; Kenichi Shimakawa; Akira Satou; Adrian Zambrano; Kenjiro Tadakuma; Riichiro Tadakuma, "Study on the Inertial Stabilization of a Payload by Center of Gravity Displacement", 2016 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2016), Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan, pp. 266-271, December 13-15, 2016	国立大学法人 山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題5
22	"A Printed Organic Circuit System for Wearable Amperometric Electrochemical Sensors", R. Shiwa, H. Matsui, K. Nagamine, M. Uematsu, T. Mano, Y. Maruyama, A. Nomura, K. Tsuchiya, K. Hayasaka, Y. Takeda, T. Fukuda, D. Kumaki, S. Tokito, Sci. Rep., in press.	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-1
23	"A Printed Organic Circuit System for Wearable Amperometric Electrochemical Sensors", R. Shiwa, H. Matsui, K. Nagamine, M. Uematsu, T. Mano, Y. Maruyama, A. Nomura, K. Tsuchiya, K. Hayasaka, Y. Takeda, T. Fukuda, D. Kumaki, S. Tokito, Sci. Rep., in press.	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-1
24	"Organic Complementary Inverter Circuits Fabricated with Reverse Offset Printing", Y. Takeda, Y. Yoshimura, R. Shiwa, K. Hayasaka, T. Sekine, T. Okamoto, H. Matsui, D. Kumaki, Y. Katayama, S. Tokito, Adv. Electron. Mater. 4, 1700313 (2017).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-1
25	"Compactly Designed Organic Complementary D-Type Flip-Flop Circuits Fabricated with Inkjet Printing", K. Hayasaka, H. Matsui, Y. Takeda, R. Shiwa, Y. Tanaka, T. Shiba, D. Kumaki, S. Tokito, Adv. Electron. Mater. 3, 1700208 (2017).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-1
26	"Switching Time in Ferroelectric Organic Field-Effect Transistors" Ryo Sugano, Tomoya Tashiro, Jun Sato, Tomohito Sekine, Hiroyuki Matsui, Daisuke Kumaki, Fabrice Domingues Dos Santos, Atsushi Miyabo, and Shizuo Tokito Physica Status Solidi A, 1701059 (2018)	山形大学、アルケマ株式会社	論文(査読有り)	掲載	課題2-2
27	"Fully Printed Wearable Vital Sensor for Human Pulse Rate Monitoring using Ferroelectric Polymer" Tomohito Sekine, Ryo Sugano, Tomoya Tashiro, Jun Sato, Hiroyuki Matsui, Daisuke Kumaki, Fabrice Domingues Dos Santos, Atsushi Miyabo, and Shizuo Tokito Scientific Reports, 8, 4442 (2018)	山形大学、アルケマ株式会社	論文(査読有り)	掲載	課題2-2
28	泉 小波、吉田 泰則、時任 静士、 「受理特性に優れたソフトブランクグラビア (SBG)印刷技術」、エレクトロニクス実装学会誌、Vol. 22 掲載予定	山形大学	論文(査読有り)	受理	課題2-3

29	Yoshida Konami (吉田 小波)、 “Fundamental Researches of Soft Blanket Gravure Printing Technology for Three- Dimensional Object Surfaces”, (3次元立体物表面へのソフトブランケットグラビ ア印刷技術に関する基礎研究)、 Graduate School of Science and Engineering Yamagata University, March (2018). (山形大学大学院 理工学研究科、2018年3月)	山形大学	論文(査読有り)	受理	課題2-3
30	K. Izumi, Y. Yoshida, and S. Tokito, “Improved fine layer patterning using soft blanket gravure printing technology”, Flexible and Printed Electronics, Vol. 3, No. 1, p. 15011, (2018).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-3
31	中村 裕之、吉田 泰則、泉 小波、熊木 大介、時 任 静士、 「ソフトブランケットグラビア印刷技術を用いた線 幅が異なる配線の同時印刷」、エレクトロニクス 実装学会誌、Vol. 21, No. 2, p. 137, (2018).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-3
32	K. Izumi, Y. Yoshida, and S. Tokito, “Real-time observation of the reception of silver ink in soft blanket gravure printing”, IEEE (Electronics Packaging (ICEP), 2017 International Conference), (2017).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-3
33	H. Nakamura, Y. Yoshida, K. Izumi, D. Kumaki, and S. Tokito, “Simultaneous printing of interconnects with different line width using soft blanket gravure printing”, IEEE (Electronics Packaging (ICEP), 2017 International Conference), (2017).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-3
34	K. Izumi, Y. Yoshida, and S. Tokito, “Novel soft blanket gravure printing technology with an improved ink transfer process”, Flexible and Printed Electronics, Vol. 2, No. 2, p. 24003, (2017).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-3
35	S. Kobayashi, M. Wakui, Y. Iwata, M. Tanaka, Poly(ω -methoxyalkyl acrylate)s: A nonthrombogenic polymer family with tunable protein adsorption, Biomacromolecules, 18 (12), 4214-4223 (2017).	九州大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-4
36	K. Sato, S. Kobayashi, A. Sekishita, M. Wakui, M. Tanaka, Synthesis and Thrombogenicity Evaluation of Poly(3-methoxypropionic acid vinyl ester): a candidate for blood compatible polymer, Biomacromolecules, 18, 1609-1616 (2017).	九州大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-4
37	田勢 泰士、齊藤 梓、太田 崇文、佐藤 慧、高松 久一郎、吉田 一也、川上 勝、古川 英光、“3Dゲ ルプリンターでの造形に適した低粘度ゲル材料 の開発と機械特性の評価”、日本機械学会論文 集、Vol. 84 Issue 858 pp. 17-00459, 2018	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
38	RSC Adv., 7 (2017) 54844-54851 A micro-sized Si-CNT anode for practical application via a one-step, low-cost and green method Chao Li, Yuhang Ju, Li Qi, Hideya Yoshitake and Hongyu Wang	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題4-1

39	Electrochimica Acta 225 (2017) 11–18 A flexible high-energy lithium-ion battery with a carbon black-sandwiched Si anode Chao Li, Tongfei Shi, Hideya Yoshitake, Hongyu Wang	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題4-1
40	Solid State Communications 269 (2018) 39–44 Investigation of carbon-coated silicon oxide phase changes during charge/discharge by oxygen and lithium K-Edge X-ray absorption fine structure spectroscopy Takakazu Hirose, Masanori Morishita, Hideya Yoshitake, Tetsuo Sakai	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題4-1
41	Solid State Ionics 303 (2017) 154–160 Study of structural changes that occurred during charge/discharge of carbon-coated SiO anode by nuclear magnetic resonance Takakazu Hirose, Masanori Morishita, Hideya Yoshitake, Tetsuo Sakai	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題4-1
42	Solid State Ionics 304 (2017) 1–6 Investigation of carbon-coated SiO phase changes during charge/discharge by X-ray absorption fine structure Takakazu Hirose, Masanori Morishita, Hideya Yoshitake, Tetsuo Sakai	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題4-1
43	J. Phys. Chem. C, 122(2018) 5864–5870 Understanding the Improved High-Temperature Cycling Stability of a LiNi _{0.5} Mn _{0.3} Co _{0.2} O ₂ /Graphite Cell with Vinylene Carbonate: A Comprehensive Analysis Approach Utilizing LC-MS and DART-MS Yi-Hung Liu, Sahori Takeda, Ikue Kaneko, Hideya Yoshitake, Takashi Mukai, Masahiro Yanagida, Yuria Saito, and Tetsuo Sakai	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題4-2
44	Lina Sun, Yu Kurosawa, Hiroto Ito, Yukihiro Makishima, Hiroshi Kita, Tsukasa Yoshida and Yoshiyuki Suzuri “Solution processing of alternating PDMS/SiO _x multilayer for encapsulation of organic light emitting diodes” Organic Electronics, 2019, 64, 176–180	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題1-3
45	Lina Sun, Yu Kurosawa, Tsukasa Yoshida, and Yoshiyuki Suzuri, “Solution Processed Alternating Organic/Inorganic Multilayer for OLED Encapsulation Flexible and Printed Electronics” ECS Trans. , 88(1) 121–128 (2018)	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題1-3
46	Lina Sun, Yu Kurosawa, Tsukasa Yoshida, and Yoshiyuki Suzuri, “Vacuum Ultraviolet-Assisted Sol-Gel Processing of Zn, Sn, Zn-Sn Oxide Thin Films for OLED Encapsulation Electrochemical Materials and Devices” ECS Trans., 88(1) 399–408 (2018)	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題1-3
47	“A Printed Organic Circuit System for Wearable Amperometric Electrochemical Sensors”, R. Shiwaku, H. Matsui, K. Nagamine, M. Uematsu, T. Mano, Y. Maruyama, A. Nomura, K. Tsuchiya, K. Hayasaka, Y. Takeda, T. Fukuda, D. Kumaki, S. Tokito, Sci. Rep. 8, 6368 (2018).	山形大学、東ソー	論文(査読有り)	掲載	課題2-1 課題2-2
48	“Printed 5-V organic operational amplifiers for various signal processing”, H. Matsui, K. Hayasaka, Y. Takeda, R. Shiwaku, J. Kwon, S. Tokito, Sci. Rep. 8, 8980 (2018).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-1 課題2-2

49	"Printed Organic Complementary Inverter with Single SAM Process Using a p-type D-A Polymer Semiconductor", Y. Takeda, T. Sekine, R. Shiwaku, T. Murase, H. Matsui, D. Kumaki, S. Tokito, Appl. Sci. 8, 1331 (2018).	山形大学、三菱ケミカル	論文(査読有り)	掲載	課題2-1 課題2-2
50	"Charge Carrier Distribution in Low-Voltage Dual-Gate Organic Thin-Film Transistors", R. Shiwaku, M. Tamura, H. Matsui, Y. Takeda, T. Murase, S. Tokito, Appl. Sci. 8, 1341 (2018).	山形大学、三菱ケミカル	論文(査読有り)	掲載	課題2-1
51	"Detection of 1,5-anhydroglucitol as a Biomarker for Diabetes Using an Organic Field-Effect Transistor-Based Biosensor", H. Furusawa, Y. Ichimura, K. Nagamine, R. Shiwaku, H. Matsui, S. Tokito, Technologies 6, 77 (2018).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-1 課題2-2
52	"A push-mode piezo inkjet equivalent circuit model enhanced by diaphragm displacement measurements" Yasunori Yoshida, Konami Izumi, Shizuo Tokito AIP Advances,9,025319(2019)	山形大学	論文(査読有り)	受理	課題2-3 博士学位論文
53	"Three-dimensional interconnect layers inkjet printed on plastic substrates using continuous-wave xenon light sintering" Yasunori Yoshida, Hikaru Wada, Konami Izumi, and Shizuo Tokito Jpn. J. Appl. Phys.,58,016507(2018)	山形大学	論文(査読有り)	受理	課題2-3
54	"受理特性に優れたソフトブランケットグラビア(SBG)印刷技術" 泉小波, 吉田泰則, 時任静士 エレクトロニクス実装学会,21,3,234-239(2018)	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-3
55	W. Lee, S. Kobayashi, M. Nagase, Y. Jimbo, I. Saito, Y. Inoue, T. Yambe, M. Sekino, G. G Malliaras, T. Yokota, M. Tanaka, T. Someya, A Nonthrombogenic, Stretchable, Active Multielectrode Array using Organic Electrochemical Transistors, Science Advances, 4(10), eaau2426 (2018).	九州大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-4
56	F. Khan, F. Aratsu, S. Kobayashi, M. Tanaka, A Simple Strategy for Robust Hydrogel Preparation and Characterisation Derived from Chitosan and Amino Functional Monomers for Biomedical Applications, Journal of Materials Chemistry B, 6, 5115-5129 (2018).	九州大学	論文(査読有り)	掲載	課題2-4
57	Ajit Khosla, Shreyas Shah, MD Nahin Islam, Shiblee, Sajjad Mir, Larry Nagahara, Thomas Thundat, Praveen Kumar, Shekar, Masaru Kawakami, and Hidemitsu Furukawa, "Carbon fiber doped thermosetting elastomer for flexible sensors: physical properties and microfabrication", Springer Nature, Aug 2018, [Paper #SREP-18-00061C]	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
58	K. Yoshida, H. Yahagi, M. Wada, T. Kameyama, M. Kawakami, H. Furukawa and K. Adachi "Enormously Low Frictional Surface on Tough Hydrogels Simply Created by Laser-Cutting Process", Technologies 2018, 6, 82	山形大学、鶴岡工業高等専門学校	論文(査読有り)	掲載	課題3

59	K. Ahmed, N. Naga, M. Kawakami, and H. Furukawa, "Extremely Soft, Conductive, and Transparent Ionic Gels by 3D Optical Printing", Macromol. Chem. Phys. 2018, 1800216	山形大学	論文(査読有り)	掲載	課題3
60	多田隈理一郎、「下水道管点検ロボットの開発<狭隘空間探査用のソフトロボットの機構と制御>」、配管技術、2019年1月1日号	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載(解説記事)	課題5
61	多田隈理一郎、「山形大学におけるソフトマターロボティクスの取り組み」、日本ロボット学会誌、Vol.37, No.1、pp.50～52	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載(解説記事)	課題5
62	Lina Sun*, Yu Kurosawa, Tsukasa Yoshida and Yoshiyuki Suzuri*, "Vacuum Ultraviolet Photochemical Sol-Gel Processing of Zn, Sn, Zn-Sn Oxide Thin Films for Encapsulation of Organic Light Emitting Diodes", Journal of the Electrochemical Society, 166(9), 3176-3183 (2019)	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
63	Minoru Takagi, Kazunari Yoshida, Hiroyuki Hoshino, Riichiro Tadakuma, Yoshiyuki Suzuri and Hidemitsu Furukawa*, "Sliding Walk with Friction Control of Double-Network Gel on Feet of Inchworm Robot", Front. Mech. Eng., 5,44(2019)	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
64	Shin-ichi Iida*, Tetsushi Murakami, Yu Kurosawa, Yoshiyuki Suzuri, Gregory L. Fisher, Takuya Miyayama, "TOF-SIMS MS/MS Depth Profiling of OLED Devices for Elucidating the Degradation Process", Rapid Communications in Mass Spectrometry, 34(7), e8640 (2019)	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
65	Lina Sun*, Kaho Uemura, Tatsuhiro Takahashi, Tsukasa Yoshida and Yoshiyuki Suzuri*, "Interfacial Engineering in Solution Processing of Silicon-Based Hybrid Multilayer for High Performance Thin Film Encapsulation", ACS Appl. Mater. Interfaces, 11(46), 43425-43432(2019)	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
66	Hiroyuki Matsui, Yasunori Takeda, Shizuo Tokito, "Flexible and Printed Organic Transistors: from Materials to Integrated Circuits", Organic Electronics 75, 105432 (2019).	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	
67	Jimin Kwon, Hiroyuki Matsui, Woojo Kim, Tokito Shizuo, Sungjune Jung, "Static and Dynamic Response Comparison of Printed, Single- and Dual-Gate 3-D Complementary Organic TFT Inverters", IEEE Electron Device Letters 40, 1277 (2019).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
68	Mika-Matti Laurila, Hiroyuki Matsui, Rei Shiwaku, Mikko Peltokangas, Jarmo Verho, Karem Lozano Montero, Tomohito Sekine, Antti Vehkaoja, Niku Oksala, Shizuo Tokito, Matti Mäntysalo, "A Fully Printed Ultra-Thin Charge Amplifier for On-Skin Biosignal Measurements", IEEE Journal of the Electron Devices Society 7, 566 (2019).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	

69	Yasunori Takeda*, Tomohito Sekine, Yi-Fei Wang, Tomoko Okamoto, Hiroyuki Matsui, Daisuke Kumaki, Shizuo Tokito*, "High-Speed Complementary Integrated Circuit with a Stacked Structure using Fine Electrodes Formed by Reverse Offset Printing", ACS Applied Electronic Materials, 2, pp: 763-768 (2020). 【Selected "Front Cover"】	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
70	Yi-Fei Wang*, Tomohito Sekine, Yasunori Takeda, Koji Yokosawa, Hiroyuki Matsui, Daisuke Kumaki, Takeo Shiba, Takao Nishikawa, Shizuo Tokito*, "Fully Printed PEDOT:PSS-based Temperature Sensor with High Humidity Stability for Wireless Healthcare Monitoring", Scientific Reports, vol. 10, pp: 2467-2474 (2020).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
71	M-Y. Tsai, F. Aratsu, S. Sekida, S. Kobayashi, M. Tanaka, "Blood-Compatible Poly(2-Methoxyethyl Acrylate) induces Blebbing-like Phenomenon and Promotes Viability of Tumor cells in Serum-Free Medium", ACS Applied Bio Materials, DOI: 10.1021/acsbiomaterials.0c00230	九州大学	論文(査読有り)	掲載	
72	M. Tanaka, S. Kobayashi, D. Murakami, F. Aratsu, A. Kashiwazaki, T. Hoshiba, K. Fukushima, "Design of Polymeric Biomaterials: The Intermediate Water Concept", Bull. Chem. Soc. Jpn., 92, 2043-2057 (2019).	九州大学	論文(査読有り)	掲載	
73	K. Jankova, I. Javakhishvili, S. Kobayashi, R. Koguchi, D. Murakami, T. Sonoda, M. Tanaka, "Hydration States and Blood Compatibility of Hydrogen-Bonded Supramolecular Poly(2-Methoxyethyl Acrylate)", ACS Appl. Bio Mater., 2, 4154-4161 (2019).	九州大学	論文(査読有り)	掲載	
74	T. Araki, F. Yoshida, T. Uemura, Y. Noda, S. Yoshimoto, T. Kaiju, T. Suzuki, H. Hamanaka, K. Baba, H. Hayakawa, T. Yabumoto, H. Mochizuki, S. Kobayashi, M. Tanaka, M. Hirata, T. Sekitani, "Long-term Implantable, Flexible, and Transparent Neural Interface Based on Ag/Au Core-Shell Nanowires", Adv. Healthcare Mater., 8, 1900130 (2019).	九州大学	論文(査読有り)	掲載	
75	MD Nahin Islam Shiblee, Kumkum Ahmed, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "4D Printing of Shape-Memory Hydrogels for Soft-Robotic Functions", Adv. Mater. Technol., 4, 1900071, 2019/5	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
76	Naoya Yamada, Masato Wada, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "The Optical Microscopic Observation of Frictional Interface between High Strength Gels and a Glass Ball by Ball-on-Disk Method", Microsyst. Technol., 2019	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
77	貝沼友紀、古川英光, "3Dゲルプリンターから進展するソフトマターの共創イノベーション", PETROTECH, 42, 9, 2019	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	

78	齊藤梓、古川英光, “3Dプリンティング技術を用いたソフトマターの社会実装”, 月刊ソフトマター, 23	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	
79	Sahori Takeda, Yuria Saito, Ikue Kaneko and Hideya Yoshitake, “Effect of Cross-Sectional Shape of Pathway on Ion Migration in Polyethylene Separators for Lithium-Ion Batteries”, J. Phys. Chem. C, vol. 124, No. 3, pp1827–1835, 2020	産業総合技術研究所、山形大学	論文(査読有り)	掲載	
80	Hiroki Tomori, Kenta Hiyoshi, Shonosuke Kimura, Naoya Ishiguri and Taisei Iwata, “A Self-Deformation Robot Design Incorporating Bending-Type Pneumatic Artificial Muscles”, Technologies, Special Issue Smart Systems (SmaSys2018), Vol. 7, Issue 3, pp. 1–12, 2019	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
81	Kazuki Abe, Gaku Matsui, Kenjiro Tadakuma, Mitsuhiko Yamano, Riichiro Tadakuma, “Development of the Omnidirectional Transporting Table Based on Omnidirectional Driving Gear”, Journal of Advanced Robotics, Vol. 34, Issue 6, pp. 358–374, 2020	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
82	Adrian Zambrano, Kazuki Abe, Ikumi Suzuki, Theo Combelles, Kenjiro Tadakuma, Riichiro Tadakuma, “Study on Visual Machine-Learning on the Omnidirectional Transporting Robot”, Journal of Advanced Robotics, 2020	山形大学	論文(査読有り)	掲載	
83	“Flexible inkjet-printed dual-gate organic thin film transistors and PMOS inverters: Noise margin control by top gate”, S. Singh, Y. Takeda, H. Matsui, S. Tokito, Organic Electronics 85, 105847 (2020).	山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題2-1
84	“Artificial Cutaneous Sensing of Object Slippage using Soft Robotics with Closed-Loop Feedback Process” Tomohito Sekine*, Yi-Fei Wang, Jinseo Hong, Yasunori Takeda, Reo Miura, Yushi Watanabe, Mai Abe, Yoshiki Mori, Zhongkui Wang, Daisuke Kumaki, Fabrice Domingues Dos Santos, Atsushi Miyabo, Sadao Kawamura, Shizuo Tokito* Small Science, vol. 1, pp: 2100002–2100010 (2021).	山形大学	論文(査読無し)	掲載	研究開発課題2-2
85	“Printed Strain Sensor with High Sensitivity and Wide Working Range Using a Novel Brittle-Stretchable Conductive Network” Yi-Fei Wang*, Tomohito Sekine, Yasunori Takeda, Jinseo Hong, Ayako Yoshida, Hiroyuki Matsui, Daisuke Kumaki, Takao Nishikawa, Takeo Shiba, Tadahiro Sunaga, Shizuo Tokito* ACS Applied Materials & Interfaces, vol. 12, pp: 35282–35290 (2020).	山形大学	論文(査読無し)	掲載	研究開発課題2-2
86	時任静士、増市幹雄、佐藤信行, “3Dプリンテッドエレクトロニクスの創成”, エレクトロニクス実装学会誌VOL.23, No.6, pp.459–464 (2020)	山形大学	論文(査読無し)	掲載	研究開発課題2-3
87	T. Sonoda, S. Kobayashi, K. Herai, M. Tanaka, Side chain spacing control of derivatives of poly(2-methoxyethyl acrylate): impact on hydration states and antithrombogenicity, Macromolecules, 53, 8570–8580, 2020	九州大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題2-4

88	M. Tanaka, S. Morita, T. Hayashi, Role of Interfacial Water in Determining the Interaction of Proteins and Cells with Hydrated Materials, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 198, 111449, 2021.	九州大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題2-4
89	T. Sonoda, S. Kobayashi, M. Tanaka, Periodically Functionalized Linear Polyethylene with Tertiary Amino Groups via Regioselective Ring-Opening Metathesis Polymerization, Macromolecules, 54, 2862-2872, 2021.	九州大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題2-4
90	田中 賢, 次世代高機能材料の動向(6)~バイオ機能材料~, Yano E plus, no.149, p.3-14, 2020年8月号, 2020.	九州大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	総説 研究開発課題2-4
91	田中 賢, 生物に学ぶ生体適合材料ー生体系の水の構造から学ぶ生体適合材料の設計, バイオミメティクス(生体模倣技術)の医療への応用, 医学のあゆみ, Vol.275, No.8, p.918-924, 2020.	九州大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	総説 研究開発課題2-4
92	田中 賢, 松田 直樹, 界面におけるナノバイオテクノロジー, MRS-J NEWS (日本MRSニュース), Vol.33, No.1, p.4-5, 2021.	九州大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	総説 研究開発課題2-4
93	古川英光、貝沼友紀、小川純、渡邊洋輔、川上勝、“3Dゲルプリンターで加速するハイドロゲル研究の広がり”, C & I commun, vol.45, No.2, pp.19-22, 2020夏号	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	総説 研究開発課題3
94	古川英光、素描“やわらかロボット”, 高分子, Vol.69, No.5, pp.198, 2020	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	総説 研究開発課題3
95	古川英光、山崎裕太、金井柊馬、亀山貴顕、“やわらか材料の活用が3Dプリンターの効果を高める”, 工業材料, Vol.68, No.7, pp.39-43, 2020	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	総説 研究開発課題3
96	渡邊洋輔、小川純、古川英光、“3Dゲルプリンターからソフトロボティクスへ”, 計測と制御, Vol.59, No.11, pp.810-816, 2020	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	総説 研究開発課題3
97	小川純、須藤郁馬、古川英光、“ソフトマターとエレクトロニクスの融合が拓くソフトマターロボティクスの新展開”, No32, pp.10-13, 2020	山形大学	その他著作物(総説、書籍など)	掲載	総説 研究開発課題3
98	Kazunari Yoshida*, Kyosuke Nezu, Ajit Khosla, Masato Makino, Masaru Kawakami, and Hidemitsu Furukawa, “Behaviors of 3D-printed objects made of thermo-responsive hydrogels: motion in flow and molecule release ability”, Microsyst. Technol. ,2020	山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3

99	Yuta Hara, Kazunari Yoshida*, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Koh Hosoda, and Hidemitsu Furukawa, "Very Wide Sensing Range and Hysteresis Behaviors of Tactile Sensor Developed by Embedding Soft Ionic Gels in Soft Silicone Elastomers", ECS J. Solid State Sci. Technol., vol. 9, No.6, pp.61024,2020	山形大学、大阪大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
100	Md Sazzadur Rahman, MD Nahin Islam Shiblee, Kumkum Ahmed, Ajit Khosla, Jun Ogawa, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Flexible and Conductive 3D Printable Polyvinylidene Fluoride and Poly(N,N-dimethylacrylamide) Based Gel Polymer Electrolytes", Macromolecular Materials and Engineering, vol.305, No. 9, pp.2000262,2020	山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
101	Tasuku Nakajima, Takayuki Kurokawa, Hidemitsu Furukawa, Jian Ping Gong, "Effect of the constituent networks of double-network gels on their mechanical properties and energy dissipation process", Soft Matter, vol. 16, No. 37, pp.8618-8027,2020	山形大学、北海道大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
102	Sheng-Joue Young, Yi-Hsing Liu, MD Nahin Islam Shiblee, Kumkum Ahmed, Lin-Tzu Lai, Larry Nagahara, Thomas Thundat, Tsukasa Yoshida, Sandeep Arya, Hidemitsu Furukawa, Ajit Khosla, "Flexible ultraviolet photodetectors based on one-dimensional gallium-doped zinc oxide nanostructures", ACS Appl. Electron. Mater., vol. 2, No.1 1, pp.3522-3529,2020	国立聯合大学、国立成功大学、山形大学、芝浦工業大学、ジョンスホプキンス大学、NY州立大学バッファロー校、ジャンムJJK大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
103	Sheng-Joue Young, Yi-Hsing Liu, Zheng-Dong Lin, Kumkum Ahmed, MD Nahin Islam Shiblee, Sean Romanuik, Praveen Kumar Sekhar, Thomas Thundat, Larry Nagahara, Sandeep Arya, Rafiq Ahmed, Hidemitsu Furukawa, Ajit Khosla, "Multi-Walled Carbon Nanotubes Decorated with Silver Nanoparticles for Acetone Gas Sensing at Room Temperature", Journal of The Electrochemical Society, vol. 167, No. 16, pp.167519,2020	国立連合大学、山形大学、サイモンフレイザー大学、ワシントン州立大学バンクーバー校、国立成功大学、国立虎尾科技大学、芝浦工業大学、ジョンスホプキンス大学、NY州立大学バッファロー校、ジャンムJJK大学、インドナノサイエンスナノテクセンター	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
104	David M Stevens, Bonnie L Gray, Daniel B Leznoff, Hidemitsu Furukawa, Ajit Khosla, "3D Printable Vapochromic Sensing Materials", J. Electrochem. Soc., vol. 167, No. 16, pp.167503,2020	サイモンフレイザー大学、山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
105	Julkarnyne M. Habibur Rahmana, MD Nahin Islam Shiblee, Kumkum Ahmed, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Rheological and mechanical properties of edible gel materials for 3D food printing technology", Heliyon, vol. 6, No. 12, pp.e05859,2020	山形大学、芝浦工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
106	MD Shiblee, Kumkum Ahmed, Yuta Yamazaki, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Light Scattering and Rheological Studies of 3D/4D Printable Shape Memory Gels Based on Poly (N,N-Dimethylacrylamide-co-Stearyl Acrylate and/or Lauryl Acrylates)", Polymers, vol. 13, No. 1, pp.128,2020	山形大学、芝浦工業大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3

107	Rafiq Ahmad, Marya Khan, Prabhash Mishra, Nushrat Jahan, Md Aquib Ahsan, Imran Ahmad, Mohammad Rizwan Khan, Yosuke Watanabe, Mansoor Ali Syed, Hidemitsu Furukawa, Ajit Khosla, "Engineered Hierarchical CuO Nanoleaves Based Electrochemical Nonenzymatic Biosensor for Glucose Detection", J. Electrochem. Soc., vol. 168, No. 1, pp.17501, 2021	ジャミラ・ミリア・イスラミア中央大学、モスクワ物理技術研究所、仁川大学校、山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
108	Chika Kamezawa, Tomokazu Numano, Yoshihiko Kawabata, Shota Inoue, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, Kazuyuki Hyodo, Wataru Yashiro, "Dynamic X-ray elastography: A new tool for characterizing soft materials", MRS Communications, 2021	東北大学、総合研究大学院大学、高エネルギー加速器研究機構、東京都立大学、高島製作所株式会社、山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
109	Sonali Verma, Sandeep Arya, Vinay Gupta, Sarika Mahajan, Hidemitsu Furukawa, Ajit Khosla, "Performance Analysis, Challenges and Future Perspectives of Nickel Based Nanostructured Electrodes for Electrochemical Supercapacitors", J. Mater. Res. Tech., vol. 11, pp.564-599, 2021	ジャンムJJK大学、カリファ科技大学、ジャンムJKカレッジ、山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
110	Yuki Takishima, Kazunari Yoshida, z Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa, "Fully 3D-Printed Hydrogel Actuator for Jellyfish Soft Robots", J. Sol. State. Sci. Tech., 2021	山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題3
111	Sahori Takeda, Yuria Saito, and Hideya Yoshitake, "Restricted Diffusion of Lithium Ions in Lithium Secondary Batteries", J. Phys. Chem. C, vol. 124, No. 47, pp.25712-25720, 2020	産業総合技術研究所、山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題4-2
112	Kazuki Abe, Kenjiro Tadakuma, and Riichiro Tadakuma, "ABENICS: Active Ball Joint Mechanism With Three-DoF Based on Spherical Gear Meshings," IEEE Transactions on Robotics, Volume: 37 Issue: 5, pp.1806-1825, Oct. 2021	山形大学	論文(査読有り)	掲載	研究開発課題5

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

領域4有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

⑩ 発表

No	発表者	タイトル	学会名等	場所	年月日	発表機関 (参画機関のみ)	発表形式	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	向殿充浩	高分子学会 有機エレクトロニクス研究会 第6回異業種交流会	高分子学会 有機エレクトロニクス研究会	米沢	2017/3/9	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題1-1
2	結城敏尚、古川忠宏	山形大学産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム「ソフトマターロボティクスコンソーシアム第1回シンポジウム」	ソフトマターロボティクスコンソーシアム第1回シンポジウム	東京	2017/3/17	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題1～5
3	向殿充浩	米沢市主催異業種交流会	異業種交流会	米沢	2017/3/29	国立大学法人山形大学	招待講演	課題1-3
4	松井弘之、早坂和将、竹田泰典、塩飽黎、Kwon Jimin, Jung Sungjune、田中康裕、時任静士	インクジェット印刷電極を用いた5 V駆動有機オペアンプの開発	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/17	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題2-1
5	塩飽黎、松井弘之、早坂和将、竹田泰典、福田貴、熊木大介、時任静士	印刷技術で作製した超低電圧駆動有機インパータ回路	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/17	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題2-1
6	早坂和将、松井弘之、竹田泰典、塩飽黎、田中康裕、芝健夫、熊木大介、時任静士	印刷型有機Dフリップフロップの動的特性解析とその回路応用	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/17	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題2-1
7	竹田泰典、早坂和将、塩飽黎、吉村悠大、岡本朋子、田中康裕、松井弘之、熊木大介、片山嘉則、時任静士	凸版反転印刷電極による有機トランジスタの作製と相補型集積回路応用	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/17	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題2-1
8	松浦陽、熊木大介、福田貴、時任静士	フィルム基板上に作製した印刷銅電極を有する有機トランジスタ	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/17	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題2-1
9	関根智仁、菅野亮、田代智也、松井弘之、熊木大介、Fabrice Domingues Dos Santos、宮保淳、時任静士	ヘルスケア応用を指向した大面積印刷型圧力センサの開発	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/15	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題2-2

10	菅野亮, 田代智也, 関根智仁, 松井弘之, 熊木大介, Fabrice Domingues Dos Santos, 宮保淳, 時任静士	有機強誘電体メモリトランジスタの書込時間	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/15	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題2-2
11	佐々木開, 松井弘之, 熊木大介, 古澤宏幸, 時任静士	有機トランジスタを用いた匂い分子の電気化学的検出	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/16	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題2-2
12	土屋和彦, 野村綾子, 松井弘之, 熊木大介, 古澤宏幸, 時任静士	シンプルな構成の酸化還元膜-酵素積層膜を用いた延長ゲート有機トランジスタ型乳酸センサの開発	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/14	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題2-2
13	古澤宏幸, 植松真由, 市村祐介, 原田脩平, 土屋和彦, 松井弘之, 熊木大介, 時任静士	延長ゲート有機トランジスタ型バイオセンサを用いた有機酸の検出	応用物理学会 春季学術講演会	横浜	2017/3/14	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題2-2
14	Konami Izumi, Yasunori Yoshida and Shizuo Tokito	Soft Blanket Gravure (SBG) Printing Technology for Fine Patterned Layers on Three-Dimensional Curved Surfaces	ICFPE2016	米沢	2016/9/7	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題2-3
15	Konami Izumi, Yuto Ochiai, Daisuke Shiokawa, Yasunori Yoshida, Daisuke Kumaki, Shizuo Tokito	The Effect of Silver Nanowire Concentration on Resistivity in Hybrid Conducting Films	ICFPE2016	米沢	2016/9/7	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題2-3
16	Yasunori Yoshida, Hikaru Wada, Konami Izumi and Shizuo Tokito	Highly Conductive Metal Interconnects on Three-Dimensional Objects Fabricated with Omnidirectional Ink Jet Printing Technology	ICFPE2016	米沢	2016/9/7	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題2-3
17	Daisuke Shiokawa, Konami Izumi, Daisuke Kumaki and Shizuo Tokito	Development of Silver Nanoparticle Ink for Gravure Offset Printing of Metallic Lines with Low Resistivities	ICFPE2016	米沢	2016/9/7	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題2-3

18	中村裕之、 吉田泰則、 泉小波、熊 木大介、時 任 静士	ソフトブランケットグラビア (SBG)印刷技術による 線幅が異なる銀配線の 同時印刷	MES2016	名古屋	2016/9/8	国立大学法人山 形大学	口頭発表	課題2-3
19	泉 小波、 吉田 泰 則、 時 任 静士	受理特性に優れたソフト ブランケットグラビア (SBG)印刷技術	MES2016	名古屋	2016/9/8	国立大学法人山 形大学	口頭発表	課題2-3
20	吉田 泰則、 泉 小波、時 任 静士	“全方向インクジェット(OI J)印刷技術による立体 物両面エッジ乗り越え大 電流配線形成” 、MES2016、2C1-1	MES2016	名古屋	2016/9/8	国立大学法人山 形大学	口頭発表	課題2-3
21	松村 叡、松 浦 陽、泉 小波、吉田 泰則、熊木 大介、 時 任 静士	銅ナノ粒子インクを用い た印刷型サーミスタの作 製	第77回応用物 理学会秋季学 術講演会	新潟	2016/9/15	国立大学法人山 形大学	ポスター発 表	課題2-3
22	塩川 大介、 泉 小波、熊 木 大介、時 任 静士	“グラビアオフセット印刷 用銀ナノ粒子インクの作 製と微細配線の形成” 第64回応用物理学会春 季学術講演会、14a-313- 6	第77回応用物 理学会秋季学 術講演会	新潟	2016/9/15	国立大学法人山 形大学	口頭発表	課題2-3
23	園田敏貴、 小林慎吾、 田中賢	開環メタセシス重合によ る側鎖間隔を制御した PMEA類似体の合成と抗 血栓性評価	日本バイオマテ リアル学会シン ポジウム2016	福岡	2016/11/21	国立大学法人九 州大学	ポスター発 表	課題2-4
24	古川英光	デザインナブルゲルの革新 的3Dプリンティングシス テムによる新分野の進展支 援と市場創出	NBCIテクノロ ジー委員会3D プリンタ分野講 演会、テクノロ ジービジネス推 進協議会	東京	2016/10/20	国立大学法人山 形大学	招待講演	課題3
25	古川英光	「3Dプリンタブルな低摩擦 ゲルの機械要素への適 用を目指して」	RadTech Asia 2016	東京	2016/10/26	国立大学法人山 形大学	招待講演	課題3
26	古川英光	「デザインナブル3Dゲルか ら開拓するソフトマター ・イノベーション」	第5回 E- Colloid 先端エ レクトロニクス のためのコロイ ド界面化学、日 本化学会 コロ イドおよび界面 化学部会	東京	2016/11/7	国立大学法人山 形大学	招待講演	課題3
27	古川英光	「3Dプリンターを挺子に地 域から世界へ放つイノ ベーションを！」	産・学・官連携 フォーラム	福島	2016/11/25	国立大学法人山 形大学	招待講演	課題3
28	古川英光	「3Dプリンタゲルな低摩 擦ゲルの機械要素への 適用を目指して」	第1回ACCEL SRT 公開シン ポジウム ソフト &レジリエント ライボロジー (SRT)の基礎	東京	2016/11/28	国立大学法人山 形大学	招待講演	課題3
29	古川英光	「～研究・技術職における 博士号の必要性～」	フレックス大学 院コース生募 集のための特 別シンポジウム	米沢	2016/12/9	国立大学法人山 形大学	招待講演	課題3

30	古川英光	「3Dゲルプリンターが開拓するソフトマターロボティクス」	第1回ロボティクス ロボット開発・活用展, リードエグジビション ジャパン(株)	東京	2017/1/19	国立大学法人山形大学	招待講演	課題3
31	古川英光	「3Dゲルプリンターはポリマー材料科学研究のパーソナルアシスタントロボット」	第1回ポリマー材料科学若手研究会	岡山	2017/1/20	国立大学法人山形大学	招待講演	課題3
32	古川英光	「ゲルプリンター方開拓するデジタルファブリケーションの未来」	Global Engineering Education Collegium研究会主催講演会	埼玉	2017/1/30	国立大学法人山形大学	招待講演	課題3
33	古川英光	「接着・粘着におけるレオロジーの実用面での重要性」	第4回日本接着学会関東支部若手交流会	東京	2017/2/3	国立大学法人山形大学	招待講演	課題3
34	古川英光	「3Dプリンターはメーカーズのパーソナルアシスタントロボットになる」	YMN平成28年度総会並びに研究会	山形	2017/2/18	国立大学法人山形大学	招待講演	課題3
35	古川英光	「3Dプリンタの食品加工への応用と新食品開発の未来」	CMCリサーチセミナー	東京	2017/2/24	国立大学法人山形大学	招待講演	課題3
36	古川英光, 吉田一也, 川上勝	「3Dゲルプリンターで開拓するソフトマター・ロボティクス」, 2017年度第64期春季学術講演会, パシフィコ横浜, (2017年3月15日)	2017年度第64期春季学術講演会	横浜	2017/3/15	国立大学法人山形大学	招待講演	課題3
37	古川英光, 川上勝, 牧野真人, アジトコースラ, 酒井和幸, 齊藤梓, 吉田一也	「3Dゲルプリンターが開拓する医療・福祉のためのデザイナブル材料科学」, 首都大学東京, (2017年3月16日)	日本金属学会春季講演大会	東京	2017/3/16	国立大学法人山形大学	招待講演	課題3
38	K. Takamatsu, N. Yamada, M. Wada, K. Ahmed, M. Kawakami, S. Kassegne, H. Furukawa, and A. Khosla	“3-D Printed Polymer MEMS”	PRiME2016	Honolulu, Hawaii	2016/10/4	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題3
39	M. Wada, N. Yamada, A. Khosla, M. Makino, M. Kawakami, H. Furukawa	“Development of Instrument for Simultaneous Measurement of Rotating and Sliding Friction of Hydrogels”	PRiME2016	Honolulu, Hawaii	2016/10/4	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題3
40	M. H. Kabir, K. Ahmed, H. Furukawa	“Sensor Based Low Cost Agriculture Monitoring System Using Polymeric Hydrogel”, PRiME2016, CONVENTION CENTER: Exhibit Hall 2, Honolulu, Hawaii, 4 October 2016, Poster	PRiME2016	Honolulu, Hawaii	2016/10/4	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題3
41	H. Furukawa	“(Keynote) 3D Gel Printer for Soft and Wet Matter Engineering and Gel MEMS”	PRiME2016	Honolulu, Hawaii	2016/10/4	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題3

42	Masato Wada	"Friction Properties Evaluation for High Performance Gel Ring", MIRAI hall, Frontier Center for Organic Materials (11th building) Yamagata University, Yonezawa, Japan, October 13 (Thu) – 14 (Fri), 2016, Poster		米沢	2016/10/13	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題3
43	Masato Makino	"Chiral Separation of Propeller-Like Particles in Shear Flow and Rotating ElectricField"		米沢	2016/10/13	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題3
44	Masato Makino	"Digital Fabrication Space "Eki-Fab"", MIRAI hall, Frontier Center for Organic Materials (11th building) Yamagata University, Yonezawa, Japan, October 13 (Thu) – 14 (Fri), 2016, Poster		米沢	2016/10/13	国立大学法人山形大学	ポスター発表	課題3
45	Kumkum Ahmed	"Mechanically Robust and Conductive Hydrogel having Shape Memory Behavior"	IRC2016	北九州	2016/10/26	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
46	Hidemitsu Furukawa	"Development of System to Visualize Internal 3-D Fluctuation of Soft & Wet Materials with Scanning Microscopic Light Scattering"	IRC2016	北九州	2016/10/26	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
47	Ajit Khosla, Hidemitsu Furukawa	"GMP+LPIC Vision: 3D Printer of Green Materials will be Your Personal Assistant Robot for Science and Engineering", GMAP/LPIC 2017, The 100 th Anniversary Hall, Yamagata University, January 27, 2017, Oral	GMAP/LPIC 2017	米沢	2017/1/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
48	Ajit Khosla	"Carbon nanoparticle doped micro-patternable nano-composites for wearable sensing applications"	2017 Smart Structures/ND E	アメリカオレゴン	2017/3/26	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
49	Hidemitsu Furukawa	"3D printing of soft-matter to open a new era of soft-matter MEMS/robotics"	2017 Smart Structures/ND E	アメリカオレゴン	2017/3/26	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
50	Kei Sato, Ajit Khosla, Azusa Saito, Samiul Basher, Takafumi Ota, Taishi Tase, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	"Development of low-cost open source 3D gel printer "RepRap SWIMER"	2017 Smart Structures/ND E	アメリカオレゴン	2017/3/26	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
51	Kumkum Ahmed, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	"Poly ionic liquid based nano composites for smart electro-mechanical devices"	2017 Smart Structures/ND E	アメリカオレゴン	2017/3/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3

52	Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	"3D printing of protein molecules"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
53	Faidur Rahman, Md. Allama Ikbai, Univ. of Rajshahi (Bangladesh); Md. Hasnat Kabir, Hidemitsu Furukawa	"Smart walking stick for blind people: an application of 3D printer"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
54	Kazuyuki Sakai, Masato Wada, Kyuuichiro Takamatsu, Azusa Saito, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	"3D gel printing and applications"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
55	Masato Makino, Azusa Saito, Mai Kodama, Kyuuichiro Takamatsu, Hideaki Tamate, Kazuyuki Sakai, Masato Wada, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	"3D printing in social education: Eki-Fab and student PBL"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
56	Mai Kodama, Azusa Saito, Masato Makino, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	"3D printing for food"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
57	Hironori Tamamushi, Masaru Kawakami, Ajit Khosla, Hidemitsu Furukawa	"Single molecule dynamics of polyproline by using AFM"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3

58	Masato Wada, Naoya Yamada, Ajit Khosla, Masato Makino, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	"Creation of the gel low friction surface with surface machining"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
59	Mai Kodama, Azusa Saito, Ajit Khosla, Masato Makino, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	"Application of 3D printer to food"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/27	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
60	Ajit Khosla	"Micro-nano sensors, systems, and devices for precision medicine", 2017 Smart Structures/NDE, Portland Marriott Downtown Waterfront Hotel Portland, Oregon, United States, March 28, 2017, Oral	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/28	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
61	Ajit Khosla	"Review 3D printing technologies for micro-nano systems"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/28	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
62	Masato Makino, Daisuke Fukuzawa, Takahiro Murashima, Hidemitsu Furukawa	"Simulation of 3D food printing extrusion and deposition"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/28	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
63	Kazuyuki Sakai	"Development of gel dosimeter with 3D printer"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/28	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
64	Azusa Saito, Takafumi Ota, Taishi	"Design of the mechanical properties of the gel by the 3D gel printer "SWIM-ER"	2017 Smart Structures/NDE	アメリカオレゴン	2017/3/28	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
65	面川一畝, 赤松正人, 古川英光, 山野光裕	「形状記憶ゲルの熱物性測定」	第37回日本熱物性シンポジウム	岡山	2016/11/28	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
66	酒井和幸, 熊谷大慧, 阿部五月, 渡邊洋輔, 山田直也, 古川英光, (日本触媒) 藤本拓・南 絵里菜・光 上義朗・足立芳史	「走査型顕微光散乱装置による吸水性高分子ゲルの内部構造解析」	第28回高分子ゲル研究討論会	東京	2017/1/16	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
67	阿部五月, 酒井和幸, 古川英光	「走査型顕微光散乱 (SMILS)を用いた微粒子調製ダブルネットワークゲルの内部構造解析」	第28回高分子ゲル研究討論会	東京	2017/1/16	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
68	田勢泰士, 太田崇文, 佐藤慧, 高松久一郎, 齊藤梓, 川上勝, 古川英光	「3D ゲルプリンタ SWIM-ER 用ゲル材料の改良と評価」	第28回高分子ゲル研究討論会	東京	2017/1/16	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3

69	熊谷大慧, 酒井和幸, 古川英光	「透明形状記憶ゲル眼内レンズの製作」	第28回高分子ゲル研究討論会	東京	2017/1/16	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
70	齊藤梓, 佐藤慧, バシヤールサミウル, 太田崇文, 田勢泰士, 高松久一郎, 川上勝, 古川英光	「ゲル研究者のための低コストオープンソース3Dゲルプリンターの開発」	第28回高分子ゲル研究討論会	東京	2017/1/17	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
71	太田崇文, 田勢泰士, 佐藤慧, 高松久一郎, 齋藤梓, 川上勝, 古川英光	「3D ゲルプリンタ「SWIM-ER」の活用・応用に向けて」	第28回高分子ゲル研究討論会	東京	2017/1/17	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
72	井上翔太, 酒井和幸, 川上勝, 古川英光	「3D ゲルプリンターで作る高強度ゲル線量」	東北学生会 第47回学生員卒業研究発表講演会	仙台	2017/3/8	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
73	瀧田裕美子, 小玉麻衣, 玉手英明, 齊藤梓, 川上勝, 古川英光	「食品 3D プリンター用可食材料のテクスチャー及び粘弾性」	東北学生会 第47回学生員卒業研究発表講演会	仙台	2017/3/8	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
74	矢萩光, 和田真人, 吉田一也, 川上勝, 古川英光	「高分子ゲルリングの摩擦特性」	東北学生会 第47回学生員卒業研究発表講演会	仙台	2017/3/8	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
75	田中政直, 田勢泰士, 太田崇文, 齊藤梓, 川上勝, 古川英光	「3D ゲルプリンター用のカラーゲル材料の開発」	東北学生会 第47回学生員卒業研究発表講演会	仙台	2017/3/8	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
76	安藤優貴, 齊藤梓, 川上勝, 古川英光	「3D プリンターに用いる新しい機能性フィラメントの開発」	東北学生会 第47回学生員卒業研究発表講演会	仙台	2017/3/8	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
77	ムハマドフィルダウスビンダウド, 牧野真人, 高松久一郎, 川上勝, 古川英光	「液滴の蒸発:液滴間相互作用と障害物の影響」	東北学生会 第47回学生員卒業研究発表講演会	仙台	2017/3/8	国立大学法人山形大学	口頭発表	課題3
78	仲田仁, 向殿充浩	「ニーズファースト型」産学連携によるフレキシブル有機エレクトロニクス技術	「プリンタブルエレクトロニクス2018」展	東京	2018/2/14	山形大学	口頭発表	(1-1)
79	向殿充浩	高分子学会 有機エレクトロニクス研究会 第7回異業種交流会(2018.3.9, 米沢)	高分子学会 有機エレクトロニクス研究会 第7回異業種交流	米沢	2018/3/9	山形大学	口頭発表	(1-1) http://inoel.yz.yamagata-u.ac.jp/F-consortium/2018-03.html
80	結城敏尚, 古川忠宏	山形大学産学共創プラットフォーム共同研究推進プログラム「」(2018.3.2, 東京)	ソフトマターロボティクスコンソーシアム第3回シンポジウム	東京	2018/3/2	山形大学	口頭発表	(1-1)

81	古川忠宏	LOPEC (Large-area, Organic & Printed Electronics Convention) 国際会議におけるOESの展示コーナーに出展 (2018.3.14~3.15/ミュンヘン)	LOPEC	ミュンヘン	2018/3/14	山形大学	口頭発表	(1-1) http://inoel.yz.yamagata-u.ac.jp/F-consortium/2018-03b.html
82	Kodai Taira, Tadahiro Furukawa, Norifumi Kawamura, Mitsuhiro Koden, T. Takahashi	, High Gas Barrier Film for OLED, The 24th International Display Workshops(2017/12/7 仙台)	High Gas Barrier Film for OLED, The 24th International Display Workshops	仙台	2017/12/7	山形大学	ポスター発表	(1-2) 査読付き 国際学会
83	塩飽黎, 松井弘之, 長峯邦明, 植松真由, 眞野泰誠, 丸山祐樹, 野村綾子, 土屋和彦, 早坂和将, 竹田泰典, 福田貴, 熊木大介, 時任静士	“フレキシブル印刷有機回路の乳酸センサ応用”	第65回応用物理学会春季学術講演会	東京	2018/3/18	山形大学	口頭発表	(2-1)
84	塩飽黎, 松井弘之, 長峯邦明, 植松真由, 眞野泰誠, 丸山祐樹, 野村綾子, 土屋和彦, 早坂和将, 竹田泰典, 福田貴, 熊木大介, 時任静士	“フレキシブル印刷有機増幅回路のイオンセンサ応用”	第65回応用物理学会春季学術講演会	東京	2018/3/18	山形大学	口頭発表	(2-1)
85	塩飽黎, 松井弘之, 長峯邦明, 植松真由, 眞野泰誠, 丸山祐樹, 野村綾子, 土屋和彦, 早坂和将, 竹田泰典, 福田貴, 熊木大介, 時任静士	“フレキシブル印刷有機回路の乳酸センサ応用”	第65回応用物理学会春季学術講演会	東京	2018/3/18	山形大学	口頭発表	(2-1)
86	圓岡岳, 松井弘之, 竹田泰典, 岡本朋子, 田邊弘介, 時任静士	“凸版反転印刷電極を用いた有機トランジスタの四端子測定”	第65回応用物理学会春季学術講演会	東京	2018/3/18	山形大学	口頭発表	(2-1)
87	塩飽黎, 松井弘之, 菅野亮, 福田貴, 熊木大介, 時任静士	“高分子バッファ層を用いた全印刷OTFTの高性能化”	第78回応用物理学会秋季学術講演会	福岡	2017/9/7	山形大学	口頭発表	(2-1)

88	竹田泰典, 早坂和将, 塩飽黎, 森田進, 岡本朋子, 田中康裕, 松井弘之, 熊木大介, 田邊弘介, 時任静士	“凸版反転印刷電極を用いた相補型有機オペアンプと発振器の開発”	第78回応用物理学会秋季学術講演会	福岡	2017/9/7	山形大学	口頭発表	(2-1)
89	Tomohito Sekine, Ryo Sugano, Tashiro Tomoya, Jyun Sato, Daisuke Kumaki, Fabrice Santos, Atsushi Miyabo, Shizuo Tokito	“Flexible Printed Pressure Sensors with Organic TFTs for Healthcare Applications”	Materials Research Society (MRS) 2017 Fall Meeting	ボストン	2017/11/28	山形大学、アルケマ株式会社	ポスター発表	(2-2)
90	Tomohito Sekine	“Printed Wearable Physical Sensor using Ferroelectric Polymer”	International Conference on Flexible and Printed Electronics 2017 (2017ICFPE)	韓国	2017/9/7	山形大学、アルケマ株式会社	招待講演	(2-2)
91	佐藤純, 菅野亮, 田代智也, 関根智仁, 松井弘之, 熊木大介, Fabrice Domingues Dos Santos, 宮保淳, 時任静士	“強誘電性高分子を用いた全印刷型曲げセンサの作製”	第65回応用物理学会春季学術講演会	東京	2018/3/20	山形大学、アルケマ株式会社	ポスター発表	(2-2)
92	関根智仁, 菅野亮, 田代智也, 佐藤純, 竹田泰典, 熊木大介, Fabrice Domingues Dos Santos, 宮保淳, 時任静士	“高感度印刷型圧力センサによる脈波伝搬速度の測定”	第65回応用物理学会春季学術講演会	東京	2018/3/18	山形大学、アルケマ株式会社	口頭発表	(2-2)
93	田代智也, 菅野亮, 佐藤純, 関根智仁, 松井弘之, 熊木大介, Fabrice Domingues Dos Santos, 宮保淳, 時任静士	“High-k高分子絶縁膜を用いた印刷型有機薄膜トランジスタにおける短チャネル効果の抑制”	第65回応用物理学会春季学術講演会	東京	2018/3/18	山形大学、アルケマ株式会社	ポスター発表	(2-2)

94	齋藤 光、吉田 泰則、泉小波、時任 静士	「ソフトブランケットグラビア(SBG)印刷の特異的な銀インク受理プロセス」	第32回 エレクトロニクス実装学会 春季講演大会	千葉	2018/3/6	山形大学	口頭発表	(2-3)
95	泉小波	「ソフトブランケットグラビア印刷の特異的な銀インク受理プロセス」	JIEP 2017ワークショップ	静岡	2017/10/27	山形大学	ポスター発表	(2-3)
96	泉小波、和田輝、吉田 泰則、時任 静士	「受理特性に優れたソフトブランケットグラビア印刷技術II (Soft Blanket Gravure (SBG) Printing Technology with Improved Receiving Process II)」	第27回マイクロエレクトロニクスシンポジウム (MES2017)	名古屋	2017/8/29	山形大学	口頭発表	(2-3)
97	吉田泰則、和田輝、泉小波、時任 静士	「全方向インクジェット(OIJ)印刷技術による樹脂製立体物表面への印刷配線形成 (Fabrication of Printed Interconnects on the Surfaces of Three-Dimensional Resin Objects by Ommidirectional Ink Jet (OIJ) Printing Technology)」	第27回マイクロエレクトロニクスシンポジウム (MES2017)	名古屋	2017/8/29	山形大学	口頭発表	(2-3)
98	K. Izumi, Y. Yoshida, and S. Tokito	"Real-Time Observation of the Reception of Silver Ink in Soft Blanket Gravure Printing"	International Conference of Electronics and Packaging (ICEP 2017)	山形	2017/4/21	Yamagata University	口頭発表	(2-3)
99	H. Nakamura, Y. Yoshida, K. Izumi, D. Kumaki, and S. Tokito	"Simultaneous Printing of Interconnects with Different Line Width Using Soft Blanket Gravure Printing"	International Conference of Electronics and Packaging (ICEP 2017)	山形	2017/4/21	Yamagata University	ポスター発表	(2-3)
100	松村 観、泉小波、吉田 泰則、松井 弘之、熊木 大介、時任 静士	「インクジェット印刷法を用いた酸化銅(I)抵抗体の作製」(Fabrication of copper(I)-oxide-based resistors by ink-jet printing)	電子情報通信学会 電子デバイス研究会 (ED)	仙台	2017/4/20	山形大学	口頭発表	(2-3)
101	Masaru Tanaka, Shingo Kobayashi, Takashi Hoshiba, Kazuki Fukushima, Fumihiko Aratsu, Daiki Murakami	"Design of multi-functional soft-biomaterials based on the Intermediate Water Concept"	European Materials Research Society (2017 E-MRS Spring)	ストラスブール	2017/5/22-26	九州大学	口頭発表	(2-4)
102	Masaru Tanaka, Shingo Kobayashi, Takashi Hoshiba, Kazuki Fukushima, Fumihiko Aratsu, Daiki Murakami	"The roles of interfacial water on proteins and cell adhesions"	European Materials Research Society (2017 E-MRS Spring)	ストラスブール	2017/5/22-26	九州大学	口頭発表	(2-4)

103	Toshiki Sonoda, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	"Synthesis and Blood Compatibility Evaluation of Novel PMEA Analogs Having Precisely Placed Side-chain Branches via regio/stereo-Selective Ring-opening Metathesis"	第66回高分子学会年次大会	千葉	2017/5/29-31	九州大学	口頭発表	(2-4)
104	Shingo Kobayashi, Miyuki Wakui, Rikiya Sato, Masaru Tanaka	"A study on blood compatibility of poly(ω -alkoxyalkyl acrylate)s"	第66回高分子学会年次大会	千葉	2017/5/29-31	九州大学	口頭発表	(2-4)
105	藤田直輝, 小林慎吾, 田中賢, Regio	選択的な開環メタセシス重合による水酸基の配列を制御したエパールの合成とその抗血栓性評価	第66回高分子学会年次大会	千葉	2017/5/29-31	九州大学	ポスター発表	(2-4)
106	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	開環メタセシス重合による側鎖間隔を制御した新規PMEA 類似体の合成と抗血栓性評価	第46回医用高分子シンポジウム	東京	2017/7/24-25	九州大学	ポスター発表	(2-4)
107	藤田直輝, 小林慎吾, 田中賢	開環メタセシス重合による水酸基の配列を制御したEVOH 類似体の合成とその抗血栓性評価	第46回医用高分子シンポジウム	東京	2017/7/24-25	九州大学	ポスター発表	(2-4)
108	田中賢, 小林慎吾, 村上大樹, 荒津史裕, 干場隆志, 福島和樹	Design of Multi-Functional Soft-Biomaterials Based on the Intermediate Water Concept	Biomaterials International 2017	福岡	2017/8/20-24	九州大学	口頭発表	(2-4)
109	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	Synthesis and Blood Compatibility Evaluation of Novel PMEA Analogs Having Precisely Placed Side-Chain Branches Via Regio-/Stereoselective Ring-Opening Metathesis Polymerization	Biomaterials International 2017	福岡	2017/8/20-24	九州大学	ポスター発表	(2-4)
110	関下明日香, 柏崎亜樹, 小林慎吾, 佐藤力哉, 田中賢	Synthesis of Molecular Weight Controlled Novel Poly(Vinyl Acetate) Derivatives and Their Biocompatibility Evaluation	Biomaterials International 2017	福岡	2017/8/20-24	九州大学	ポスター発表	(2-4)
111	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	Synthesis and Blood Compatibility Evaluation of Novel PMEA Analogs with Precisely Placed Side-chain Branches via regio/stereo-Selective Ring-opening Metathesis Polymerization	28th Annual Meeting of the European Society for Biomaterials (ESB 2017)	アテネ	2017/9/4-8	九州大学	ポスター発表	(2-4)
112	小林慎吾	A Study on Blood-compatibility of Polymers with Precisely Designed Molecular Architectures	Japan-Taiwan Bilateral Polymer Symposium 2017	米沢	2017/9/5-8	九州大学	口頭発表	(2-4)
113	関下明日香, 柏崎亜樹, 小林慎吾, 田中賢	分子量分布を制御した新規ポリ酢酸ビニル誘導体の合成と機能性評価	第66回高分子討論会	愛媛	2017/9/20-22	九州大学	口頭発表	(2-4)
114	藤田直輝, 小林慎吾, 田中賢	側鎖長およびその間隔を制御した水酸基導入ポリマーの合成と抗血栓性評価	第66回高分子討論会	愛媛	2017/9/20-22	九州大学	口頭発表	(2-4)

115	甘三奇, 渋谷智和, 小林慎吾, 佐藤力哉, 羽場修, 田中賢	Synthesis and blood compatibility evaluation of poly(meth)acrylates with one hydroxyl group in side chain	バイオマテリアル研究東北地区交流会	仙台	2017/9/25	九州大学	ポスター発表	(2-4)
116	藤田直輝, 小林慎吾, 田中賢	側鎖長およびその間隔を制御した水酸基導入高分子の合成と抗血栓性評価	第39回日本バイオマテリアル学会大会	東京	2017/11/20-21	九州大学	ポスター発表	(2-4)
117	関下明日香, 柏崎亜樹, 小林慎吾, 田中賢	リビングラジカル重合法によるポリ酢酸ビニル誘導体の合成と生体親和性評価	第39回日本バイオマテリアル学会大会	東京	2017/11/20-21	九州大学	口頭発表	(2-4)
118	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	側鎖導入間隔を拡張した新規PMEA類似体の合成と抗血栓性の変化	第39回日本バイオマテリアル学会大会	東京	2017/11/20-21	九州大学	口頭発表	(2-4)
119	葩島由二, 橋井則貴, 鮫島啓, 松橋祐輝, 福井千恵, 戸井田瞳, 野村祐介, 森下裕貴, 平井晴香, 小林慎吾, 田中賢, 岩崎清隆	閉鎖型拍動循環回路を利用した血液適合性評価マーカの性能検証	第39回日本バイオマテリアル学会大会	東京	2017/11/20-21	九州大学	ポスター発表	(2-4)
120	宮島敦子, 小森谷薫, 比留間瞳, 加藤玲子, 鮫島啓, 松橋祐輝, 保延慶紀, 平井晴香, 小林慎吾, 田中賢, 岩崎清隆, 葩島由二	開放系及び空気非接触/拍動循環型閉鎖系回路による血液適合性試験の比較	第39回日本バイオマテリアル学会大会	東京	2017/11/20-21	九州大学	ポスター発表	(2-4)
121	田中賢, 小林慎吾, 干場隆志, 福島和樹, 柏崎亜樹, 荒津史裕, 村上大樹	Molecular design in polymeric biomaterials: Intermediate water at hydrated biological and synthetic interfaces	17th Kyushu-Seibu/Pusan-Kyeongnam Joint Symposium on High Polymers (18th) and Fibers (16th)	北九州	2017/12/14-16	九州大学	口頭発表	(2-4)
122	藤田直輝, 小林慎吾, 田中賢	Synthesis and Blood Compatibility Evaluation of Novel Polymers with Hydroxy Groups via Regio-/Stereoselective Ring-opening Metathesis Polymerization	17th Kyushu-Seibu/Pusan-Kyeongnam Joint Symposium on High Polymers (18th) and Fibers (16th)	北九州	2017/12/14-16	九州大学	ポスター発表	(2-4)
123	藤田直輝, 小林慎吾, 田中賢	側鎖長およびその間隔を制御した水酸基導入高分子の精密合成	2017年度「帝人21世紀フォーラム」	東京	2018/2/3-4	九州大学	ポスター発表	(2-4)
124	K. Yoshida, K. Horii, R. Mitsumori, A. Saito, M. Kawakami, H. Furukawa, A. Takashima, Y. Fujii, and I. Nishio	"Effect of chemical compounds on artificial cell models", Radisson Resort Orlando-Celebration (Orlando, US), December, 2017.	The EMN meeting on Droplets 2017, General Workshop B37	オーランド	2017/11/1	山形大学	ポスター発表	(3)

125	吉田一也, 川上勝, 古 川英光	“生体親和性柔軟素材 による球体造形”	日本機械学会 2017年度年次 大会	埼玉	2017/9/3-6	山形大学	口頭発表	(3)
126	吉田一也, 川上勝, 古 川英光	“生体親和性柔軟エラス トマーによる球体造形”, 口頭発表 1Z07, 愛媛大 学(城北キャンパス), 9月, 2017.	第66回 高分子 討論会	愛媛	2017/9/20	山形大学	口頭発表	(3)
127	MD N. I. Shiblee, K. Ahmed, A. Saito, H. Furukawa	“Fabrication of shape memory gels using 3D printer”	SPIE Smart Structures + Nondestructive Evaluation	デン バー	2018/3/4-8	山形大学	口頭発表	(3)
128	K. Yoshida, Y. Takishima, Y. Hara, M. Kawakami, and H. Furukawa	“3D printing for gel robotics”	SPIE Smart Structures + Nondestructive Evaluation	デン バー	2018/3/4-8	山形大学	口頭発表	(3)
129	滝島勇希, Bhiblee MD Nahin Islam, 川上 勝, 古川英 光	“導電性SMGを用いたソ フトアクチュエータの作製 ”	日本機械学会 第1回若手ポス ターシンポジウ ム	東京	2017/11/17	山形大学	ポスター発 表	(3)
130	吉武秀哉	「Analysis of deterioration of Lithium- ion battery for xEV and its application to ESS」	台湾電池協会	台湾	2017/10/17	山形大学	口頭発表	(4-2)
131	瀬口 昌俊, 木村 遥輔, 工藤 弘瀬, 多田 隈 理 一郎	“狭隘空間を探索する素 状移動ロボットの研究”	計測自動制御 学会 東北支部 第311回 研究 集会	米沢	2017/10/20	山形大学	口頭発表	(5)
132	吉武秀哉	「技術で創る町づくり～有 機エレクトロニクスイノ ベーションセンター蓄電 部門の産官学金連携の 試み～」	技術フォーラム 2017 山形県 設備設計事務 所協会	山形	2017/9/1	山形大学	口頭発表	(5)
133	全テーマ	ソフトマターロボティクス コンソーシアム第2回シン ポジウム	ソフトマターロ ボティクスコン ソーシアム	米沢	2017/8/28	山形大学	ポスター発 表	全テーマ
134	全テーマ	ソフトマターロボティクス コンソーシアム第3回シン ポジウム	ソフトマターロ ボティクスコン ソーシアム	東京	2018/3/2	山形大学	ポスター発 表	全テーマ
135	仲田／古川 ／結城／向 殿研究グル ープ	「印刷・フレキシブル有機 ELの開発に向けた各種 部材・素材の開発動向と 評価」	(株)&Tech セミ ナー	東京	2018/11/30	山形大学	招待講演	(1-1)
136	仲田／古川 ／結城／向 殿研究グル ープ	「印刷技術による透明導 電ポリマー／銀ナノワイヤ 積層電極技術」	(株)技術情報 協会 セミナー	東京	2019/2/22	山形大学	招待講演	(1-1)
137	M. Koden, T. Furukawa, T. Yuki, H. Nakada	“Roll-to-roll and printing technologies for electrodes of flexible OLED lighting”	the 16th International Symposium on the Science and Technology of lighting (LS16)	ヨー ク シャー	2018/6/17- 22	山形大学	招待講演	(1-2)
138	T. Furukawa	“Substrates for Organic Electronics – Ultra-thin Glass, Stainless Steel Foil and High Gas Barrier Plastic Film”	Advanced Materials-2018 (WCAM2018)	中国/厦 門	2018/9/13- 15	山形大学	招待講演	(1-2)

139	K. Taira, Taiga Suzuki, W. Konno, H. Chiba, H. Itoh, M. Koden, T. Takahashi, T. Furukawa	"Development of High Gas Barrier Film Using Novel Precursor by Roll to Roll PECVD"	IDW'18	名古屋	2018/11/12-14	山形大学 帝人	口頭発表	(1-2) 雇用学生発表
140	T. Suzuki, W. Konno, K. Taira, H. Chiba, H. Itoh, M. Koden, T. Takahashi, T. Furukawa	"High Gas Barrier Films with Heterogeneous Multilayer"	IDW'18	名古屋	2018/11/12-14	山形大学 帝人	ポスター発表	(1-2) 雇用学生発表
141	T. Furukawa, M. Koden	"Novel R2R and Printing Technologies for Electrodes of Flexible OLED Lighting",	International Conference on Display Technology	中国/広州	2018/4/9-12	山形大学	招待講演	(1-2)
142	上村 佳歩, 吉田 麗娜, 飯田 真一, 高橋 辰宏, 硯里 善幸	「PHPSを用いた有機ELの塗布型TFE封止構造の開発」	第66回応用物理学会春季学術講演会	東京	2019/3/11	山形大学	口頭発表	(1-3)
143	Lina Sun, Yu Kurosawa, Tsukasa Yoshida and Yoshiyuki Suzuri	"Solution processed alternating organic/inorganic multiayer for OLED encapsulation", , Yonezawa, , oral.	First International Conference on 4D Materials and Systems (Electrochemical Society)	米沢	2018/8/28	山形大学	口頭発表	(1-3)
144	Lina Sun, Yu Kurosawa, Tsukasa Yoshida and Yoshiyuki Suzuri	"VUV-assisted photochemical sol-gel processing of metal oxide thin films", , Yonezawa, , oral.	First International Conference on 4D Materials and Systems (Electrochemical Society)	米沢	2018/8/29	山形大学	口頭発表	(1-3)
145	関根 智仁、竹田 泰典、松井 弘之、熊木 大介、Fabrice Domingues Dos Santoce、宮保 淳、時任 静士	"高感度印刷型圧力センサによる脈波伝搬速度の測定"、、、名古屋(2018年9月).	第79回応用物理学会秋季学術講演会	名古屋	2018/9/18-21	山形大学、Piezotech、アルケマ株式会社	招待講演	(2-2)
146	塩飽 黎、松井 弘之、長峯 邦明、植松 真由、眞野 泰誠、丸山 祐樹、野村 綾子、土屋 和彦、早坂 和将、竹田 泰典、福田 貴、熊木 大介、時任 静士	"フレキシブル印刷有機回路の乳酸センサ応用"	第79回応用物理学会秋季学術講演会	名古屋	2018/9/18-21	山形大学、東ソー	招待講演	(2-1, 2-2)

147	竹田 泰典、 塩飽 黎、村 瀬 友英、関 根 智仁、松 井 弘之、熊 木 大介、時 任 静士	“電極処理不要なp型高 分子半導体を用いた相補 型リングオシレータ回路”	第79回応用物 理学会秋季学 術講演会	名古屋	2018/9/18- 21	山形大学、三菱 ケミカル	口頭発表	(2-1, 2-2)
148	田村 真貴、 塩飽 黎、竹 田 泰典、村 瀬 友英、松 井 弘之、時 任 静士	“デュアルゲート構造によ る高分子半導体トランジ スタの実効移動度とス イッチング特性の向上”	第79回応用物 理学会秋季学 術講演会	名古屋	2018/9/18- 21	山形大学、三菱 ケミカル	ポスター発 表	(2-1)
149	上野 知英、 塩飽 黎、和 田 英樹、福 田 貴、熊木 大介、時任 静士、松井 弘之	“温度可変測定による印 刷型有機トランジスタのト ラップ解析”	第79回応用物 理学会秋季学 術講演会	名古屋	2018/9/18- 21	山形大学、東ソー	ポスター発 表	(2-1)
150	山田 将也、 竹田 泰典、 植松 真由、 時任 静士、 松井 弘之	“有機ショットキーダイ オードを用いた13.56 MHz 整流回路の半導体材料 および膜厚依存性”	第79回応用物 理学会秋季学 術講演会	名古屋	2018/9/18- 21	山形大学	ポスター発 表	(2-1, 2-2)
151	関根智仁	高感度印刷型圧力セン サによる脈波伝搬速度の 測定, 19a-211A-1 (2019).	応用物理学会 講演奨励賞受 賞記念講演	東京	2018/9/1	山形大学、 ARKEMA株式 会社	招待講演	(2-2)
152	関根智仁	印刷型マルチセンサを実 装したソフトロボットハンド による触覚信号の検出	第66回応用物 理学会春季講 演会	東京	2019/3/9-12	山形大学、 ARKEMA株式 会社	ポスター発 表	(2-2)
153	宮澤	強誘電体高分子を用いた 全印刷型すべり覚センサ の作製	第66回応用物 理学会春季講 演会	東京	2019/3/9-12	山形大学、 ARKEMA株式 会社	ポスター発 表	(2-2)
154	宮澤	強誘電体高分子を用いた 全印刷型すべり覚センサ の作製	第66回応用物 理学会春季講 演会	東京	2019/3/9-12	山形大学、 ARKEMA株式 会社	ポスター発 表	(2-2)
155	関根智仁	印刷銀電極のエレクトロ ケミカルマイグレーション 解析と耐久性向上	第28回マイク ロエレクトロニ クスシンポジウ ム秋季大会	大阪	2018/9/6-7	山形大学、 ARKEMA株式 会社	口頭発表	(2-2)
156	関根智仁	印刷型有機圧力センサ のヘルスケアへの応用展 開	JIEP研究会	東京	2018/12/13	山形大学	招待講演	(2-2)
157	関根智仁	印刷型有機圧力センサを 用いた血流速度検出とヘ ルスケアへの応用展開	九州JIEP研究 会	福岡	2018/11/16	山形大学	招待講演	(2-2)
158	関根智仁	印刷型PVDFセンサとウ ェアラブルセンサ応用	学振181委員会	東京	2018/10/29- 30	山形大学	招待講演	(2-2)
159	高岡貴行、 吉田泰則、 泉小波、時 任 静士	“ソフトブランケットグラ ビア印刷技術により作成 した三次元曲面上の電気 配線の特性評価”	2019年電子情 報通信学会総 合大会	東京	2019/3/19	山形大学	口頭発表	(2-3)
160	吉田泰則	“全方向インクジェット (OIJ)印刷技術の開発”	フレキシブル有 機エレクトロニ クス研究会	東京	2018/11/8	山形大学	口頭発表	(2-3)
161	高岡貴行	“ソフトブランケットグラ ビア(SBG)印刷技術の開 発”	フレキシブル有 機エレクトロニ クス研究会	東京	2018/11/8	山形大学	口頭発表	(2-3)
162	泉小波	“曲面や立体物表面上へ の電子デバイス製造を目 指した印刷技術開発”	フレキシブル有 機エレクトロニ クス研究会	東京	2018/11/8	山形大学	口頭発表	(2-3)

163	齊藤光, 吉田泰則, 泉小波, 時任静士	“ソフトブランケットリバーソフセット(SBR)印刷に適した絶縁材料インクの開発および曲面への応用”	第28回 マイクロエレクトロニクスシンポジウム MES2018	大阪	2018/9/7	山形大学	口頭発表	(2-3)
164	泉小波, 中村裕之, 吉田泰則, 時任静士	“ソフトブランケットグラビア(SBG)印刷による異種基板配線の新規相互接続技術および曲面上の回路への応用”	第28回 マイクロエレクトロニクスシンポジウム MES2018	大阪	2018/9/7	山形大学	口頭発表	(2-3)
165	松村勲, 泉小波, 吉田泰則, 時任静士	“全方向インクジェット印刷技術による柔らかい立体物曲面上タッチセンサの直接形成”	第28回 マイクロエレクトロニクスシンポジウム MES2018	大阪	2018/9/7	山形大学	口頭発表	(2-3)
166	吉田泰則, 和田輝, 泉小波, 時任静士	“連続波キセノン光焼成によるプラスチック基板に対する密着性の高い3次元インクジェット印刷配線の形成”	第28回 マイクロエレクトロニクスシンポジウム MES2018	大阪	2018/9/7	山形大学	口頭発表	(2-3)
167	Masaru Tanaka	Design of building biomaterials based on the intermediate water concept	Ceramics and Building Materials Symposium	エジプト	2018/5/1	九州大学	招待講演	(2-4)
168	田中賢	ソフトバイオマテリアルの設計と応用-中間水コンセプトの健康・医療、他産業分野への展開-	先端化学・材料技術部会 新素材分科会/ライフサイエンス技術部会 材料分科会 共催 講演会	東京	2018/5/8	九州大学	招待講演	(2-4)
169	田中賢	生体親和性に優れた診断・治療用ソフトバイオマテリアルの設計, 名古屋国際会議場/愛知県市,	第67回高分子学会年次大会	名古屋	2018/5/25	九州大学	招待講演	(2-4)
170	上原広貴, 柏崎亜樹, 小林慎吾, 田中賢	スルホペタインを有する両親媒性ブロックコポリマーの刺激応答性評価	第67回高分子学会年次大会	名古屋	2018/5/25	九州大学	ポスター発表	(2-4)
171	瀬上裕斗, 上田智也, 村上大樹, 田中賢	ランダム共重合による高分子/水界面の微細構造の制御と抗血栓性への影響	第67回高分子学会年次大会	名古屋	2018/5/25	九州大学	ポスター発表	(2-4)
172	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	側鎖導入間隔を拡大した新規PMEA類似体の抗血栓性と水和状態	第67回高分子学会年次大会	名古屋	2018/5/25	九州大学	ポスター発表	(2-4)
173	田中賢	Design of soft-biomaterials based on the interfacial water structure for advanced medical devices	10th International Symposium on Organic Molecular Electronics (ISOME 2018)	鳥栖	2018/6/1	九州大学	招待講演	(2-4)
174	荒津史裕, 蔡孟諭, 関田将伍, 小林慎吾, 田中賢	中間水を有する血液適合性高分子材料におけるがん細胞の生存性向上メカニズムの解析	第8回物質・デバイス領域共同研究拠点活動報告会及び平成29年度ダイナミックアライアンス成果報	札幌	2018/6/29	九州大学	ポスター発表	(2-4)
175	田中賢	中間水コンセプトによる生体親和性材料のデザイン-産官学連携による基礎から社会実装-	生体機能関連化学部会若手の会	宮崎	2018/7/19-20	九州大学	招待講演	(2-4)
176	田中賢	生体親和性高分子による血中循環がん細胞(CTC)の分離回収技術	第58回日本臨床化学会年次学術集会	名古屋	2018/8/24-26	九州大学	招待講演	(2-4)

177	小林慎吾, 園田敏貴, 藤田直輝, 田中賢	バイオマテリアルの機能制御を志向した等間隔分岐高分子の合成	第67回高分子討論会	札幌	2018/9/12	九州大学	口頭発表	(2-4)
178	上田智也, 村上大樹, 小林慎吾, 田中賢	グラフト密度を制御したPMEA薄膜の作製とタンパク質吸着挙動の解析	第67回高分子討論会	札幌	2018/9/14	九州大学	ポスター発表	(2-4)
179	藤田直輝, 小林慎吾, 田中賢	高分子の抗血栓性および水和構造に関する側鎖末端官能基の影響	第67回高分子討論会	札幌	2018/9/14	九州大学	ポスター発表	(2-4)
180	田中賢	生体親和性に優れた医療デバイス用ソフトマテリアルの設計	化学工学会第50回秋季大会	鹿児島	2018/9/20	九州大学	招待講演	(2-4)
181	田中賢	生体親和性材料による血中循環癌細胞の分離と回収	第77回日本癌学会学術総会	大阪	2018/9/28	九州大学	招待講演	(2-4)
182	田中賢	界面の水で生体と仲良し～バイオ界面水の役割の理解と制御～	第8回CSJ化学フェスタ2018	東京	2018/10/23	九州大学	招待講演	(2-4)
183	関田将伍, 荒津史裕, 蔡孟諭, 柏崎亜樹, 小林慎吾, 田中賢	血液適合性高分子材料上におけるがん細胞のBlebbing様現象と生存性の相関, 神戸国際会議場/兵庫県市, 2E-08.	第40回バイオマテリアル学会大会	神戸	2018/11/12-13	九州大学	口頭発表	(2-4)
184	葩島由二, 井上祐貴, 鮫島啓, 松橋祐輝, 保延慶紀, 福井千恵, 戸井田瞳, 野村祐介, 森下裕貴, 平井晴香, 小林慎吾, 秦信子, 森下明彦, 財前絹子, 宮浦英樹, 橋田久美子, 松田仁美, 田中賢, 岩崎清隆, 石原一彦	高分子材料の血液適合性評価マーカの性能検査	第40回バイオマテリアル学会大会	神戸	2018/11/12-13	九州大学	ポスター発表	(2-4)
185	上原広貴, 小林慎吾, 田中賢	高分子ミセルの細胞内取り込みに対する水和状態の影響	第40回バイオマテリアル学会大会	神戸	2018/11/12-13	九州大学	ポスター発表	(2-4)
186	宮島敦子, 小森谷薫, 比留間瞳, 野村祐介, 森下裕貴, 加藤玲子, 井上祐貴, 鮫島啓, 松橋祐輝, 青山祐介, 熊谷直紀, 保延慶紀, 頼卓然, 平井晴香, 小林慎吾, 田中賢, 岩崎清隆, 石原一彦, 葩島由二	空気非接触/拍動循環型閉鎖系回路による高分子材料の血液適合性評価	第40回バイオマテリアル学会大会	神戸	2018/11/12-13	九州大学	ポスター発表	(2-4)

187	田中賢	バイオ界面水の役割の 解明と制御-社会実装か ら基礎学理まで-	ナノバイオ界面 制御技術によ る機能性材料 創成研究会	福岡	2018/11/27	九州大学	口頭発表	(2-4)
188	M. Tanaka	Design of soft- biomaterials based on the interfacial water structure for advanced medical devices	The 3rd Aquaphotomics International Symposium	淡路	2018/12/4	九州大学	口頭発表	(2-4)
189	Katja Jankova (Atanasova) , Shingo Kobayashi, Daiki Murakami, Masaru Tanaka	Solid Poly(2- methoxyethyl acrylate) with Changed Viscosity, Hydration Structure and Protein Adsorption	The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018)	広島	2018/12/4-7	九州大学	口頭発表	(2-4)
190	Toshiki Sonoda, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	Effect of expansion of the side-chain spacing of PMEA on blood compatibility and hydration state	The 12th SPSJ International Polymer Conference (IPC2018)	広島	2018/12/4-7	九州大学	口頭発表	(2-4)
191	岡崎恭貴, 小林慎吾, 田中賢	一次構造を制御した PMEA 類似体の合成と水 和構造解析	第8回日本バイ オマテリアル学 会九州ブロック 講演会	北九州	2018/12/14	九州大学	ポスター発 表	(2-4)
192	田中賢	界面水制御による生体親 和性高分子の設計	第14回関西支 部若手の会	大阪	2018/12/17	九州大学	口頭発表	(2-4)
193	田中賢	界面水制御による生体親 和性材料の設計	理研-九大 ナノ デバイス工学 分野連携ワー クショップ	福岡	2018/12/26	九州大学	口頭発表	(2-4)
194	田中賢	Roles of intermediate water in cell-material interactions	エンジニアリン グネットワーク・ ワークショップ	東京	2019/2/26	九州大学	招待講演	(2-4)
195	古川英光	「持続可能な社会と先端 技術を支えるレーザープロ セッシング技術」	「ゲルサイエン ス」電気学会	東京	2018/6/11	山形大学	招待講演	(3)
196	古川英光	「3Dゲルプリンターから進 展するソフトマターの共 創イノベーション」	超分子研究会・ 精密ネットワ ークポリマー研 究会 第2回合同 講座	東京	2018/11/5	山形大学	招待講演	(3)
197	Kazunari Yoshida, Masato Wada, and Hidemitsu Furukawa	"Friction Control in High-Strength Hydrogels"	EMN Hawaii Meeting on Polymer	ハワイ	2019/3/26- 30	山形大学	招待講演	(3)
198	原 祐太, 吉 田 一也, Ahmed Kumkum, 川上 勝, 古 川 英光	「ソフト材料を用いた圧力 センシングシステムの構 築」	第 26 回機械材 料・材料加工技 術講演会 (M&P2018)	米沢	2018/11/2-4	山形大学	口頭発表	(3)
199	滝島 勇希, 吉田 一也, 齊藤 梓, 川 上 勝, 古川 英光	「空圧駆動海洋探査クラ ゲ型ロボットの作製」	第 26 回機械材 料・材料加工技 術講演会 (M&P2018)	米沢	2018/11/2-4	山形大学	口頭発表	(3)

200	矢萩 光, 吉田 一也, 和田 真人, 川上 勝, 古川 英光	「低摩擦ゲルを用いたシール材の開発」	第28回 日本MRS年次大会	北九州	2018/12/18-20	山形大学	ポスター発表	(3)
201	吉田一也, 矢萩光, 和田真人, 亀山敏貴, 川上勝, 古川英光, 足立幸志	「レーザ加工により作製した高強度ハイドロゲルの低摩擦表面」	第28回 日本MRS年次大会	北九州	2018/12/18-20	山形大学	口頭発表	(3)
202	亀山 貴顕, 飯島 哲朗, 吉田 一也, 川上 勝, 古川 英光	「ハイドロゲルを用いた3D プリント可能なゲルロボットの作製」	日本機械学会東北学生会 第49 回学生員卒業研究発表講演会	秋田	2019/3/5	山形大学	口頭発表	(3)
203	安達香奈子, 根津京介, 吉田一也, 牧野真人, 川上勝, 古川英光	「マイクロ流体デバイス内におけるリン脂質二重膜小胞のサイズと軸集中の関係」, 日本機械学会東北学生会 第49 回学生員卒業研究発表講演会, 口頭発表 No. 406, 2019年3月.	日本機械学会東北学生会 第49 回学生員卒業研究発表講演会	秋田	2019/3/5	山形大学	口頭発表	(3)
204	Yamagami, S.; Takeda, S.; Saito, Y.; Kaneko, I.; Yoshitake, H.	Ion mobility and tortuosity of the pathways in separator membranes,	The 19th International Meeting on Lithium Batteries (IMLB2018)	京都	2018/6/17-22	産業技術総合研究所、山形大学	ポスター発表	(4)
205	田中賢	Design of soft-biomaterials based on the interfacial water structure for advanced medical devices	SOCIETY FOR BIOMATERIALS 2019 ANNUAL MEETING & EXPOSITION (SFB 2019)	Washington State Convention Center/Seattle, WA, USA	2019/4/4 (2019/4/3-6)	九州大学	招待講演	
206	田中賢	界面水制御による生体親和性高分子の設計	自然共生高分子セミナー(1)	大阪大学大学院理学研究科理学部D棟4階401号室/大阪府豊中市	2019/4/26 (2019/4/25-26)	九州大学	招待講演	
207	松井 弘之	オンデマンド印刷で作る有機トランジスタの回路およびセンサ応用	第30回理工学研究科セミナー	米沢	2019/5/21	山形大学	招待講演	
208	吉田麗娜	Vacuum Ultraviolet-assisted Sol-gel Processing of Metal Oxide Thin Films	E-MRS Spring Meeting 2019	Nice Acropolis Congress Centre (Nice, FRANCE)	2019/5/26	山形大学	口頭発表	
209	Toshiki Sonoda, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	Effect of side-chain spacing of poly(2-methoxyethyl acrylate) on cell adhesion behavior	第68回高分子学会年次大会	大阪府立国際会議場/大阪府大阪市	2019/5/30 (2019/5/29-31)	九州大学	口頭発表	
210	中田善知, 小林直記, 牧野勇樹, 菅原飛鳥, 田中賢	新規親水性アクリルポリマーの中間水と血液適合性	第68回高分子学会年次大会	大阪府立国際会議場/大阪府大阪市	2019/5/31 (2019/5/29-31)	九州大学	ポスター発表	

211	岡崎恭貴, 小林慎吾, 田中賢	一次構造を制御した PMEA類似体の合成と水 和構造解析	第68回高分子 子学会年次大会	大阪府 立国際 会議場/ 大阪府 大阪市	2019/5/31 (2019/5/29- 31)	九州大学	ポスター発 表	
212	佐藤力哉, 吉田航, 菅 沼杏子, 森 大樹, 田中 賢	エポキシにPMEA及び PEGをグラフトした抗血 栓性材料の合成と評価	第68回高分子 子学会年次大会	大阪府 立国際 会議場/ 大阪府 大阪市	2019/5/31 (2019/5/29- 31)	九州大学	ポスター発 表	
213	硯里善幸	低コスト化可能な有機EL のフレキシブル技術の研究	JACI公益社団 体 新化学 技術推進協会	新化学 技術推 進協会	2019/5/31	山形大学	招待講演	
214	安達香奈 子, 根津京 介, 吉田一 也, 牧野真 人, 川上勝, 古川英光	マイクロ流体デバイスに よる脂質ベシクルのマー ジネーションと分離	第42回日本バ イオレオロジー 学会年会	北九州 国際会 議場	2019/6/1- 2019/6/2	山形大学	ポスター発 表	
215	古川英光, 川上勝	「やわらか3Dものづくり革 命」～3DPによる食品、臓 器モデル、ゲル、金属、 モビリティのコンテンツを コンソーシアム内の5部会 で共創～	山形県食品加 工研究会総会	ホテル キャッス ル3階万 葉	2019/6/12	山形大学	招待講演	
216	黒澤優	塗布型HILによる基板表 面上の異物カバレッジ 特性の解明	有機EL討論会 第28回例会	東京国 際交流 館	2019/6/14	山形大学	口頭発表	
217	古川英光	光を利用した3Dプリン ターの開発動向とコンテ ンツ創造への展開	電子情報通信 学会・ポリマー 光部品技術特 別研究専門委 員会「3Dプリン ティングの基礎 と最新応用技 術～インダスト リー4.0の黎明 期から現代まで を追う～」	慶應義 塾大学 新川崎タ ウンキャン パス	2019/6/20	山形大学	招待講演	
218	上原広貴, 柏崎亜樹, 小林慎吾, 田中賢	細胞接着選択性を示す 高分子を用いた微粒子 の作製	第48回医用 高分子シンポ ジウム	産業技 術総合 研究所 臨海副 都心セ ンター/ 東京都 江東区	2019/07/01 (2019/07/01 -02)	九州大学	ポスター発 表	
219	T. Sano, Y. Suzuri, M. Koden, T. Yuki, H. Nakada, J. Kido	Organic Light Emitting Diodes for Lighting Applications	AM-FPD 19	Ryukoku Universit y Avanti Kyoto Hall Kyoto, Japan	2019/7/3	山形大学	招待講演	
220	岡崎恭貴, 小林慎吾, 田中賢	一次構造を制御した PMEA類似体の合成と水 和水の運動性評価	第56回化学 関連支部合同 九州大会	北九州 国際会 議場/福 岡県北 九州市	2019/7/12	九州大学	ポスター発 表	
221	硯里善幸	フレキシブル有機ELの課 題と、当研究室の取り組み	日本実装技術 振興協会 高 密度実装技術 部会	川崎市 産業振 興会館	2019/7/18	山形大学	招待講演	

222	田中賢	医療高分子の開発と生体親和性発現機構の解明	市村賞受賞記念フォーラム	グランドハイアット福岡/福岡県福岡市	2019/7/21	九州大学	口頭発表	
223	H. Matsui, G. Tsuburaoka, W. Fujiwara, H. Katagiri, and S. Tokito	Crystal Structure, Band Calculation and Crystal Orientation Imaging of Printed TMTEs-Pentacene Thin-Film Transistors	CEMS Topical Meeting	和光	2019/7/25	山形大学	招待講演	
224	山野 光裕, 三好 竜平, 安田 寿彦, 西岡 靖貴, シビルエムディナヒンイスラム, 吉田一也, 古川 英光, 多田 隼 一郎	形状記憶ゲルとワイヤ駆動機構を用いたロボットハンドの開発-第3報: システムの小型化とロボットアームへの搭載-	Dynamics and Design Conference 2019 (D&D2019)	九州大学伊都キャンパス	2019/8/27-30	山形大学	口頭発表	
225	古川英光	3Dゲルプリンターとあらゆるもののづくり革命	山形大学工学部ものづくり技術経営学専攻MOT事務局「もっとみらいコンソーシアム第10回定期総会特別講演」	山形大学工学部100周年記念会館2F迎賓室	2019/8/28	山形大学	招待講演	
226	松井 弘之	有機半導体とオンデマンド印刷法で作る電気回路およびセンサ	産学交流夏季セミナー	米沢	2019/8/30	山形大学	招待講演	
227	古川英光	パネルディスカッション、「都市開発とダイバーシティの調和! ~ユニバーサル未来社会推進協議会渋谷超福祉ワーキンググループ2019~」	渋谷. 超福祉の日常を体験しよう展	渋谷ヒカリエ8F	2019/9/6	山形大学	招待講演	
228	古川英光	ソフト&ウェットマター工学と3Dゲルプリンティング	日本機械学会2019年度年次大会	秋田大学 手形キャンパスD3 室	2019/9/10	山形大学	招待講演	
229	滝島勇希, 吉田一也, 齊藤梓, 川上勝, 古川英光	3Dゲルプリントアクチュエーターの作製	第二回ソフトロボット創世シンポジウム	山形大学米沢キャンパス	2019/9/12	山形大学	ポスター発表	
230	根津京介, 牧野真人, 川上勝, 古川英光	粒子輸送3Dプリントヒドロゲルカプセルの研究	第二回ソフトロボット創世シンポジウム	山形大学米沢キャンパス	2019/9/12	山形大学	ポスター発表	
231	原祐太, 吉田一也, KumkumAhmed, AjitKosla, 細田耕, 川上勝, 古川英光	イオンゲルを用いた接触センサーの開発	第二回ソフトロボット創世シンポジウム	山形大学米沢キャンパス	2019/9/12	山形大学	ポスター発表	

232	関根 智仁, Yi-Fei Wang, 洪 振瑞, 竹田 泰典, 熊木 大介, Fabrice Domingues Dos Santos, 宮保 淳, 時任 静士	フィードバックシステム応用を指向したソフトロボットハンドの触覚信号検出	第80回応用物理学会秋季学術講演会	北海道	2019/9/18	山形大学	口頭発表	
233	Yifei Wang, Tomohito Sekine, Yasunori Takeda, Kosuke Muraki, Mai Abe, Daisuke Kumaki, Jun Okabe, Tadahiro Sunaga, Shizuo Tokito	Screen printed highly sensitive piezoresistive strain sensor with broad sensing range for human motion monitoring and robotic sensing	第80回応用物理学会秋季学術講演会	北海道	2019/9/18	山形大学	口頭発表	
234	黒澤優	PEDOT/PSSによる基板上パーティクルのカバーレッジ特性の解明	第80回応用物理学会秋季学術講演会	北海道大学	2019/9/18	山形大学	口頭発表	
235	庄司 樹, 和田 英樹, 福田 貴, 杉本 俊之, 時任 静士, 松井 弘之	静電誘導を利用した有機FET型非接触センサ	第80回応用物理学会秋季学術講演会	札幌	2019/9/19	山形大学、東ソー(株)	ポスター発表	
236	和田 英樹, 塩飽 黎, 福田 貴, 時任 静士, 松井 弘之	dual-gateおよびtri-gate構造を用いた印刷型有機トランジスタの閾値電圧制御	第80回応用物理学会秋季学術講演会	札幌	2019/9/19	山形大学、東ソー(株)	ポスター発表	
237	滝島勇希, 吉田一也, 齊藤梓, 川上勝, 古川英光	3Dゲルプリントによるクラゲロボットアクチュエータの作製	第68回高分子討論会	福井大学文京キャンパス	2019/9/25	山形大学	口頭発表	
238	原祐太, 吉田一也, Ahmed Kumkum, 川上勝, 古川英光	3次元造形可能ソフト材料を用いた接触センサーの開発	第68回高分子討論会	福井大学文京キャンパス	2019/9/25	山形大学	口頭発表	
239	岡崎恭貴, 藤原渉, 小林慎吾, 田中賢	一次構造を制御したPMEA類似体における水和水の運動性評価	第68回高分子検討会	福井大学文京キャンパス/福井県福井市	2019/9/27 (2019/9/25-27)	九州大学	ポスター発表	

240	安達 匠, 山野 光裕, 安田 寿彦, 西岡 靖貴, シビル エム ディナヒン イスラム, 吉田 一也, 古川 英光, 村瀬 響子, 砂田 カ	柔軟な模型眼のための ゲル膜の変形機構	第55回日本眼 光学学会総会	石川県 立音楽 堂	2019/10/5	山形大学	口頭発表	
241	山野 光裕, 安達 匠, 安田 寿彦, 西岡 靖貴, シビル エム ディナヒン イスラム, 吉田 一也, 古川 英光, 村瀬 響子, 砂田 カ	ゲル柔軟膜の変形を利用した伸縮機構	第55回日本眼 光学学会総会	石川県 立音楽 堂	2019/10/5	山形大学	口頭発表	
242	古川 英光, シビル エム ディナヒン イスラム, 渡邊 洋輔, 吉田 一也, 小川 純, 川上 勝, 山野 光裕, 村瀬 響子, 砂田 カ	ソフトマターロボティクス によるゲル模型眼の研究	第55回日本眼 光学学会総会	石川県 立音楽 堂	2019/10/5	山形大学	口頭発表	
243	田中賢	がん細胞を選択的に分離回収できる新世代医療材料の創製	IPCC事業 (2019年度第1回KTC大学合同新技術説明会・技術相談会)	福岡国際会議場/福岡県福岡市	2019/10/6	九州大学	招待講演	
244	Kanako Adachi, Kazunari Yoshida, Masato Makino, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	Relationship between Gelatin Solution Viscosity and the Size of Vesicles Formed by the Droplet-Shooting Method	Smasys2019	Yonezawa Campus, Yamagata University	2019/10/10	山形大学	口頭発表	
245	Takaaki Kameyama, Ikuma Sudo, Jun Ogawa, Kazunari Yoshida, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	Mimicking Human Emotion for Soft Matter Robotics	Smasys2019	Yonezawa Campus, Yamagata University	2019/10/10	山形大学	口頭発表	
246	Shuma Kanai, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa	Development of Water Transpirable Mimetic Skin Using Hydrogel	Smasys2019	Yonezawa Campus, Yamagata University	2019/10/10	山形大学	口頭発表	

247	Yuki Takishima, Kazunari Yoshida, Azusa Saito, Masaru Kawakami, and Hidemitsu Furukawa	Creation of 3D Print Gel Actuator	236th ECS Meeting	Hilton Atlanta, Atlanta, US	2019/10/16	山形大学	口頭発表	
248	Kyosuke Nezu, Masato Makino, Kyui shiro Takamatsu, Masaru Kawakami, and Hidemitsu Furukawa	3D-printed Hydrogel Capsule for Transporting Particles in Flow Channel	236th ECS Meeting	Hilton Atlanta, Atlanta, US	2019/10/16	山形大学	口頭発表	
249	Yuta Hara, Kazunari Yoshida, Kumkum Ahmed, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, and Hidemitsu Furukawa	Development of Touch Sensor Using Ion Gel	236th ECS Meeting	Hilton Atlanta, Atlanta, US	2019/10/16	山形大学	口頭発表	
250	Julkarnyne M. H. Rahman, M. Nahin. I Shiblee, Naoya Yamada, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, and Hidemitsu Furukawa	3D Printable Edible Actuator	236th ECS Meeting	Hilton Atlanta, Atlanta, US	2019/10/16	山形大学	口頭発表	
251	岡崎恭貴, 藤原渉, 小林慎吾, 田中賢	カルボニル基の位置を変更したPMEA類似体における水和水の運動性評価	第9回CSJ化学フェスタ	タワーホール船堀/東京都江戸川区	2019/10/17 (2019/10/15-17)	九州大学	ポスター発表	
252	秋山俊樹	球状全方向駆動歯車に基づく触力覚呈示装置の研究	計測自動制御学会東北支部第325回研究集会	山形大学工学部	2019/10/17	山形大学	口頭発表	
253	Hiroyuki Matsui, Rei Shiwaku, Itsuki Shoji, Hideki Wada, Kuniaki Nagamine, Shizuo Tokito	Inkjet-Printed Organic Transistor Circuits for Sensor Applications	ICFPE 2019	台北	2019/10/23	山形大学、東ソー(株)	口頭発表	
254	佐藤信行	“立体曲面印刷技術(SBG, OIJ)の進展”	第6回フレキシブル有機エレクトロニクス研究会	東京	2019/11/5	山形大学	口頭発表	
255	松井 弘之	有機トランジスタの基礎物性と応用展開	第6回フレキシブル有機エレクトロニクス研究会	東京	2019/11/5	山形大学	招待講演	

256	Hiroki Uehara, Kei Nishida, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	Evaluation of cellular uptake behavior of water-soluble PMEA analogs having different hydration state	China-Japan Biopolymer Symposium	北九州大学ひびきのキャンパス/福岡県北九州市	2019/11/6	九州大学	ポスター発表	
257	Kei Nishida, Shingo Kobayashi, Takahisa Anada, Tomoya Ueda, Masaru Tanaka	Effect of interfacial poly(2 methoxyethyl acrylate) analogue on cell attachment	China-Japan Biopolymer Symposium	北九州大学ひびきのキャンパス/福岡県北九州市	2019/11/6	九州大学	ポスター発表	
258	Shin-nosuke Nihsumura, Tomoya Ueda, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	Synthesis of Antithrombotic Silsesquioxane/PMEA Hybrid via Thiol-initiated Radical Polymerization for Exceeding the Limitation of Coatability and Stability of PMEA Homopolymer	China-Japan Biopolymer Symposium	北九州大学ひびきのキャンパス/福岡県北九州市	2019/11/7	九州大学	ポスター発表	
259	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	側鎖導入間隔を制御した新規PMEA類似体の合成と中間水発現メカニズムの解明	令和元年度九州地区高分子若手研究会・冬の講演会	TKPガーデンシティ鹿児島中央/鹿児島	2019/11/7	九州大学	ポスター発表	
260	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢 Toshiki Sonoda, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	側鎖導入間隔の拡大によるPMEA上のタンパク質の吸着挙動の変化 Effect of the side-chain spacing of PMEA on protein adsorption behavior	水圏機能材料第1回 若手スクール	志んぐ荘/兵庫県たつの市	2019/11/12	九州大学	ポスター発表	
261	上原広貴, 西田慶, 小林慎吾, 田中賢 Hiroki Uehara, Kei Nishida, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	異なる水和状態を有するPMEA類似体の細胞内取り込み評価	水圏機能材料第1回 若手スクール	志んぐ荘/兵庫県たつの市	2019/11/12	九州大学	ポスター発表	
262	竹田さほり	リチウムイオン二次電池用セパレータの製造工程における物性とイオン移動特性	第60回電池討論会	京都国際会議場	2019/11/13	産業技術総合研究所、山形大学	口頭発表	
263	竹田さほり	リチウムイオン二次電池用セパレータの製造工程における物性とイオン移動特性	第60回電池討論会	京都国際会議場	2019/11/13	産業技術総合研究所、山形大学	口頭発表	
264	古川英光	3Dプリンターと未来ものづくり	オプトロニクス社「光とレーザーの科学技術フェア2019」	科学技術館	2019/11/14	山形大学	招待講演	
265	田中賢	バイオ界面水の役割の解明と生体親和性材料設計	第2回アクアフォトミクス研究会	慶応義塾大学信濃町キャンパス/東京都新宿区	2019/11/21	九州大学	口頭発表	

266	吉田麗娜	Interfacial Engineering in Solution Processing of Silicon-based Hybrid Multilayer for High Performance Thin Film Encapsulation	有機EL討論会第29回例会	自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター	2019/11/21	山形大学	口頭発表	
267	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	側鎖導入間隔の拡大によるPMEA上のタンパク質の吸着挙動の変化	第41回日本バイオマテリアル学会大会	つくば国際会議場および筑波大学/茨城県つくば市	2019/11/24-26 (2019/11/25-26)	九州大学	ポスター発表	
268	荒津史裕, 蔡孟諭, 小林慎吾, 田中賢	血液適合性高分子材料におけるがん細胞の認識性と運動性の制御メカニズムの解析	第41回日本バイオマテリアル学会大会	つくば国際会議場および筑波大学/茨城県つくば市	2019/11/24-26 (2019/11/25-26)	九州大学	ポスター発表	
269	佐藤力哉, 阿部雅大, 森大樹, 猪野春菜, 佐藤由, 田中賢	PMEAとPEGを用いた新しい抗血栓性材料の開発	第41回日本バイオマテリアル学会大会	つくば国際会議場および筑波大学/茨城県つくば市	2019/11/24-26 (2019/11/25-26)	九州大学	ポスター発表	
270	硯里善幸	新しい価値を展開する有機ELパネル	一般社団法人電気設備学会	㈱ユアテック本社3階Aホール	2019/11/28	山形大学	招待講演	
271	Hiroyuki Matsui, Seiji Tsuzuki, Yukihiro Shimoi, and Tatsuo Hasegawa	Free Energy Minimization for the Prediction of Molecular Crystal Structures at Finite Temperatures	MRS Fall Meeting 2019	ボストン	2019/12/6	山形大学	ポスター発表	
272	田中賢	血中に含まれるがん細胞 (CTC) の選択的分離回収技術	九州大学ベンチャーエコシステム連絡会2019年度第2回	フクラシア八重洲(東京)/東京都中央区	2019/12/16	九州大学	招待講演	
273	Tomoharu Okada, Hiroyuki Matsui	Searching High-Performance Organic Semiconductors in the Cambridge Structural Database	IPOMY	米沢	2019/12/18	山形大学	ポスター発表	
274	Itsuki Shoji, Hideki Wada, Takashi Fukuda, Toshiyuki Sugimoto, Shizuo Tokito, Hiroyuki Matsui	Proximity Sensors Based on Organic FETs Using Electrostatic Induction	IPOMY	米沢	2019/12/18	山形大学、東ソー(株)	ポスター発表	

275	Hideki Wada, Rei Shiwaku, Takashi Fukuda, Shizuo Tokito, Hiroyuki Matsui	Controlling Threshold Voltage of Printed Organic Transistors with Dual-Gate and Tri-Gate Structures	IPOMY	米沢	2019/12/18	山形大学、東ソー(株)	ポスター発表	
276	Masaru Tanaka	Design of Soft-biomaterials Based on Intermediate Water Contents	Materials Research Meeting 2019	横浜シンポジア/神奈川県横浜	2019/12/10-14 (2019/12/12)	九州大学	ポスター発表	
277	古川英光	3D 造形用ゲル素材を用いたロボットハンドとロボットの用途拡大	2019国際ロボット展SIP2セミナー	東京ビッグサイト会議棟7階会議室	2019/12/19	山形大学	招待講演	
278	Masaru Tanaka	Design of Soft-Biomaterials: The "Intermediate Water Concept"	2019 International conference on Materials Science and Engineering	京都リサーチパーク/京都府下京区	2019/12/26-28 (2019/12/27)	九州大学	口頭発表	
279	吉田健人, 小林慎吾, 田中賢	側鎖導入間隔を制御した新規ポリオレフィン系高分子の合成および水和構造の解析	日本バイオマテリアル学会第9回九州ブロック講演会	北九州市立大学ひびきのキャンパス/福岡県北九州市	2020/1/10	九州大学	ポスター発表	
280	上原広貴, 西田慶, 小林慎吾, 田中賢	高分子-細胞膜の相互作用に着目した poly(oligoethylene glycol acrylate)の細胞内在化機構の解明	日本バイオマテリアル学会第9回九州ブロック講演会	北九州市立大学ひびきのキャンパス/福岡県北九州市	2020/1/10	九州大学	ポスター発表	
281	古川英光	3Dプリンターから展開するやわらかものづくりの共創イノベーション	やまがた県企業立地セミナーin名古屋	ホテルナゴヤキャッスル	2020/1/15	山形大学	招待講演	
282	古川英光	3次元ゲルプリンティングを用いたインテリジェントマテリアル製造	一般社団法人レーザー学会、学術講演会第40回年次大会	仙台国際センター	2020/1/20	山形大学	招待講演	
283	A. Uehigashi	"Gas-Barrier-Property Measuring System for Flexible Electronics with High Accuracy in a Short Time"	第8回日独ジョイントワークショップ	東京	2020/1/28	株式会社 MORESCO	口頭発表	
284	古川英光	ソフトマターロボティクスー山形大学発のニューテクノロジー	日・独ジョイントワークショップ 2019	東京国際フォーラムガラス棟7階	2020/1/28	山形大学	招待講演	
285	古川英光	3Dゲルプリンターから生まれたやわらかロボットハチ公とゲルクラゲ	YMN令和元年度総会並びに研究会	山形市市民活動支援センター高度情報会議室	2020/2/22	山形大学	招待講演	
286	佐藤信行	全方向インクジェット印刷方式の吐出安定性	エレクトロニクス実装学会	山形大学	2020/3/4	山形大学	口頭発表	

287	Toshiki Sonoda, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	Effect of Side-Chain Spacing of Poly(2-Methoxyethyl Acrylate) on Hydration States	「水圏」第1回国際ワークショップin Heidelberg	ハイデルベルク大学/ドイツ	2020/3/4-5 (2020/3/4)	九州大学	ポスター発表	
288	Masaru Tanaka	Design of Polymeric Biomaterials: The "Intermediate Water Concept"	「水圏」第1回国際ワークショップin Heidelberg	ハイデルベルク大学/ドイツ	2020/3/4-5 (2020/3/5)	九州大学	口頭発表	
289	T. Sano, Y. Okuyama, Y. Suzuri, M. Koden, T. Yuki, M. Mizukami, H. Nakada, J. Kido	Applications of organic electronics toward the new normal lifestyle	11th International Symposium on Organic Molecular Electronics (ISOME2020)	Aichi Institute of Technology/Web	2020/8/7	山形大学	招待講演	https://www.ieice.org/~ome/ISOME/Welcome.html
290	T. Yuki, T. Nishikawa, M. Sugimoto, H. Nakada, M. Koden	High Temperature Tolerant Barrier Film with Stacking Barrier Layers by Sputtering and ALD	IDW' 20, FLX2-3	Virtual Conference	2020/12/9	山形大学	口頭発表	https://www.idw.or.jp/20archive/
291	河村祐輝	Effect of Pressure Forming Conditions on PC Sheet integrating Electric Wiring for 3D Electronics Technology	IDW' 20	online	2020/12/9	山形大学、帝人、藤倉化成	口頭発表	研究開発課題1-2
292	古川忠宏	Introduction of YU-FIC "Consortium based on printing and roll-to-roll technologies"	第9回 日独ジョイントワークショップ	online	2021/2/26	山形大学	ポスター発表	研究開発課題1-2
293	松井弘之	完全フレキシブルセンシングシステム実現に向けた取り組み	第59回日本生体医工学会大会	岡山コンベンションセンター	2020/5/25	山形大学	招待講演	研究開発課題2-1
294	Hiroyuki Matsui	Flexible and Printed Organic Transistors and Their Application to Electrochemical Health Monitors	ECS Yamagata Student Chapter	オンライン	2020/7/17	山形大学	招待講演	研究開発課題2-1
295	松井弘之	電界を測るフレキシブルセンサ	第3回ソフトロボット創成シンポジウム	オンライン	2020/7/20	山形大学	招待講演	研究開発課題2-1
296	松井弘之	オンデマンド印刷で作る有機集積回路	薄膜材料デバイス研究会 第17回研究集会	オンライン	2020/11/6	山形大学	招待講演	研究開発課題2-1
297	松井弘之	有機トランジスタのデジタル印刷回路形成技術および機械学習を活用した分子設計	有機エレクトロニクス研究会	オンライン	2021/2/2	山形大学	招待講演	研究開発課題2-1
298	松井弘之、岡田智悠	マテリアルズインフォマティクスによる光・電子機能性有機材料の設計	第69回高分子討論会	オンライン	2020/9/17	山形大学	口頭発表	研究開発課題2-1

299	和田英樹、 庄司樹、宇 都渥大、杉 本俊之、松 井弘之	印刷型有機トランジスタ を用いた超フレキシブル 近接センサアレイ	第68回応用物 理学会春季学 術講演会	オンライ ン	2021/3/19	山形大学	口頭発表	研究開発課題2-1
300	川上圭太、 今宮健介、 松井弘之	印刷法による抵抗器およ び温度センサの作製と評 価	第68回応用物 理学会春季学 術講演会	オンライ ン	2021/3/16	山形大学	ポスター発 表	研究開発課題2-1
301	宇都渥大、 庄司樹、和 田英樹、杉 本俊之、松 井弘之	延長ゲート型有機トラン ジスタアレイを用いた隠 れ静電気イメージング	第68回応用物 理学会春季学 術講演会	オンライ ン	2021/3/18	山形大学	ポスター発 表	研究開発課題2-1
302	Tomohito Sekine, Yi- Fei Wang, Yasunori Takeda, Daisuke Kumaki, Fabrice Domingues Dos Santos, Atsushi Miyabo, Shizuo Tokito	Signal Detection of Object Slippage using Printed Soft Robotic Sensor	The 27th International Display Workshops	オンライ ン	2020.12月	山形大学	口頭発表	研究開発課題2-2
303	時任 静士	3Dプリンテッドエレクトロ ニクス技術の創成	エレクトロニク ス実装学会電 子部品・実装技 術委員会 第1 回公開研究会	Webinar	2020/12/17	山形大学	口頭発表	研究開発課題2-3
304	小林慎吾、 藤田直輝、 吉田健人、 田中賢	高分子-水相互作用に注 目したポリオレフィン系抗 血栓性材料の合成	第69回高分子 年次大会	福岡国 際会議 場/福岡 県福岡 市(中止)	2020/05/27- 29	九州大学	口頭発表	研究開発課題2-4
305	西田慶、穴 田貴久、小 林慎吾、田 中賢	高分子-細胞膜間の水和 状態に着目した細胞分離 法の開発	第69回高分子 年次大会	福岡国 際会議 場/福岡 県福岡 市(中止)	2020/05/27- 29	九州大学	口頭発表	研究開発課題2-4
306	Shin- nosuke Nishimura, Tomoya Ueda, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	Life Prolongation and Functionalization of Antithrombotic Poly(2- methoxyethyl acrylate) Coating via Organic- Inorganic Hybrid Strategy	第69回高分子 年次大会	福岡国 際会議 場/福岡 県福岡 市(中止)	2020/05/27- 29	九州大学	口頭発表	研究開発課題2-4

307	吉田健人, 小林慎吾, 田中賢	側鎖導入間隔を制御した 新規ポリオレフィン系高 分子の合成および水和 構造解析	第69回高分子 年次大会	福岡国 際会議 場/福岡 県福岡 市(中止)	2020/05/27- 29	九州大学	ポスター発 表	研究開発課題2-4
308	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	側鎖導入間隔の制御に よるPMEAの側鎖エステ ル基の運動性の変化と 水和状態に与える影響	第69回高分子 年次大会	福岡国 際会議 場/福岡 県福岡 市(中止)	2020/05/27- 29	九州大学	ポスター発 表	研究開発課題2-4
309	上原広貴, 西田慶, 小 林慎吾, 田 中賢	生体親和性を示すPMEA 類似体の細胞内取り込 みメカニズム	2020年繊維学 会年次大会	タワー ホール 船堀/東 京都江 戸川区	2020/6/10- 12	九州大学	口頭発表	研究開発課題2-4
310	穴田貴久, 関田将伍, 西田慶, 小 林慎吾, 田 中賢	生体適合性高分子基板 上におけるがん細胞接着 挙動解析	第69回高分子 討論会	岩手大 学上田 キャン パス→オン ライン	2020/9/16- 18	九州大学	口頭発表	研究開発課題2-4
311	小林慎吾, 園田敏貴, 吉田健人, 田中賢	側鎖導入間隔が制御さ れたモデル高分子の合 成と生体適合性制御へ の応用	第69回高分子 討論会	岩手大 学上田 キャン パス→オン ライン	2020/9/16- 18	九州大学	口頭発表	研究開発課題2-4
312	Shichen Liu, Shingo Kobayashi, Masaru Tanaka	Comparison of protein adsorption and hydration state of poly(2- oxazoline) coatings	第69回高分子 討論会	岩手大 学上田 キャン パス→オン ライン	2020/9/16- 18	九州大学	ポスター発 表	研究開発課題2-4
313	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	高分子側鎖の導入間隔 制御による水和状態と抗 血栓性の変化	第10回CSJ化 学フェスタ	タワー ホール 深堀→ オンライ ン	2020/10/20- 22	九州大学	口頭発表	研究開発課題2-4
314	田中賢	水圏機能材料のバイオ・ 環境機能開拓	第10回CSJ化 学フェスタ	タワー ホール 深堀→ オンライ ン	2020/10/20- 22	九州大学	口頭発表	研究開発課題2-4

315	園田敏貴, 小林慎吾, 田中賢	高分子側鎖の導入間隔 制御による水和状態と抗 血栓性の変化	第10回CSJ化 学フェスタ	タワー ホール 深堀→ オンライ ン	2020/10/20- 22	九州大学	ポスター発 表	研究開発課題2-4
316	吉田健人, 小林慎吾, 田中賢	側鎖導入間隔を制御した 新規ポリオレフィン系高 分子の水和構造解析	第10回CSJ化 学フェスタ	タワー ホール 深堀→ オンライ ン	2020/10/20- 22	九州大学	ポスター発 表	研究開発課題2-4
317	田中賢	生体親和性材料の表面・ 界面設計とスクリーニン グ法	生体親和性材 料Webセミナー	オンライ ン	2020/11/19	九州大学	招待講演	研究開発課題2-4
318	田中賢	生体親和性材料の設計 と製品展開	日本学術振興 会創造機能化 学第116委員会 講演会	オンライ ン	2020/12/7	九州大学	招待講演	研究開発課題2-4
319	西村慎之 介, 上田智 也, 小林慎 吾, 田中賢	抗血栓性と内皮細胞接 着性を併せ持つシルセス キオキサン/ポリ(2-メトキ シエチルアクリレート)・ハ イブリッドの合成 Synthesis of Silsesquioxane/poly(2- methoxyethyl acrylate) Hybrid with Both Antithrombogenicity and Vascular Endothelial Cell Adhesiveness	第30回日本 MRS年次大会	オンライ ン	2020/12/09- 11	九州大学	口頭発表	研究開発課題2-4
320	田中賢	Design and synthesis of soft biomaterials based on intermediate water states	11TH WORLD BIOMATERIAL S CONGRESS (WBC2020)	オンライ ン	2020/12/11- 15	九州大学	ポスター発 表	研究開発課題2-4
321	田中賢	中間水コンセプトによる 多機能生体親和性高分 子の設計	2020東海シン ポジウム(高分 子学会東海支 部)	オンライ ン	2021/01/14- 15	九州大学	招待講演	研究開発課題2-4
322	Masaru Tanaka	Design of Polymeric Biomaterials for Medical Devices and Tissue Engineering: The “Intermediate Water Concept”	2021 2nd International Conference on Materials Science and Engineering (IC-MSE 2021)	オンライ ン	2021/3/17	九州大学	招待講演	研究開発課題2-4
323	Masaru Tanaka	Role of interfacial water in determining the interaction of proteins and cells with hydrated materials	The 4th Aquaphotomics International Conference	オンライ ン	2021/3/20	九州大学	招待講演	研究開発課題2-4
324	古川英光	lightz.mold.ch ,Stay At Home With! With コロナ 時代の機能性樹脂素材 開発、株式会社LIGHTz	LIGHTz公式 instagram配信	オンライ ン配信、	2020/4/22	山形大学	招待講演	研究開発課題3
325	古川英光	やわらか4Dプリンティ ング	「やわらかさで エンジニアリ ングが変わる」, 株式会社リバ ネス知識製造 業の新時代」リ バネス第9回超 異分野融合学 会	オンライ ン配信、	2020/4/23	山形大学	招待講演	研究開発課題3
326	古川英光	外部資金獲得セミナー ～不採択と採択の境目 ～	山形大学・山形 県立米沢栄養 大学合同開催	オンライ ン配信	2020/9/8	山形大学	招待講演	研究開発課題3
327	古川英光	基調講演,「高分子ゲルが 創出するやわらか機能の 科学と工学」	高分子討論 会, 高分子学 会	オンライ ン配信	2020/9/18	山形大学	招待講演	研究開発課題3

328	小川純	ソフト材料開発と3Dプリント技術で拓くソフトマターロボティクスの分野横断的統合アプローチ	Conference on 4D and Functional Fabrication 2020~New Paradigm over 3D Technology~	オンライン開催	2020/10/15	山形大学	招待講演	研究開発課題3
329	古川英光	「やわらかものづくり革命～やわらかくても役に立つニーズはどうすれば見つかるのか?～」	米沢工業会 東海支部総会	オンライン	2020/11/1	山形大学	招待講演	研究開発課題3
330	古川英光	やわらか材料の3Dプリンティングの社会実装をどう目指すか?	日本材料学会、3Dプリンティングの現状と未来に関するウェブ講演会	オンライン	2020/11/20	山形大学	招待講演	研究開発課題3
331	古川英光	ウェアラブルテック「ニューノーマルを豊かにするソフトウェアブルテクノロジー」	第6回SICEポストコロナ未来社会ワークショップ:ソフトロボティクスが革新するニューノーマル、計測自動制御学会(SICE), 科研費新学術領域ソフトロボット学, 日本ロボット学会(RSJ)ソフトロボティクス研究専門委員会	オンライン	2020/11/28	山形大学	招待講演	研究開発課題3
332	古川英光	ソフトマターの3DプリンティングとOpen Meals	電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーションングループ 食メディア研究会主催	オンライン	2020/12/16	山形大学	招待講演	研究開発課題3
333	古川英光	「地域から挑む、やわらか3Dものづくり革命」	高岡熱中寺子屋第9期	オンライン	2021/2/20	山形大学	招待講演	研究開発課題3
334	古川英光	“4D Materials and Systems Towards Medical Applications”	M3d+it 招待講演ヨハネスケプラー大学主催	オンライン	2020/12/3	山形大学	招待講演	研究開発課題3
335	古川英光	「3D/4D Printable Materials for Medical Applications」	Traunkirchen Workshop、JOHANNES KEPLER UNIVERSITÄT LINZ主催、	オンライン	2021/2/8	山形大学	招待講演	研究開発課題3
336	古川英光	「Advanced 3D Printing Technologies for Food Innovation」	International Seminar on 3D Food Printing Technology国際セミナー、農研機構主催	Microsoft Teamsによるオンライン方式	2021/2/17	山形大学	招待講演	研究開発課題3
337	古川英光	「社会基盤を変えうる研究とその社会実装に挑戦する」	カタチと機能の共進化～我々はカタチから何を学ぶことができるのか～第10回 超異分野学会 本大会「変化・適応・進化」、リバネス	オンライン配信、	2021/3/6	山形大学	招待講演	研究開発課題3

338	安達香奈子, 吉田一也, 牧野真人, 森田雅宗, 渡邊洋輔, MD Nahin Shiblee, 小川純, Ajit Khosla, 古川英光,	リポソーム・ゲル複合系3Dプリンティング技術の開発	第71回コロイドおよび界面化学討論会	WEB開催	2020/9/14-16	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
339	金井柊馬, 小川純, 渡邊洋輔, 川上勝, 古川英光,	対光反応を伴うUV印刷されたハイドロゲル眼球, 口頭,	第56回日本眼光学学会総会~FOCUS 2020~	WEB開催	2020/9/5	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
340	鈴木舜介, 小川純, 川上勝, 古川英光,	食品3Dプリンタにより作製した食品の内部構造が圧縮破壊過程に及ぼす影響,	日本食品工学会第21回(2020年度)年次大会	WEB開催	2020/8/7	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
341	相磯孝輔, 川上勝, 古川英光,	食品3Dプリンティング	日本食品工学会第21回(2020年度)年次大会	WEB開催	2020/8/7	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
342	渡邊洋輔, 志賀郁也, 古川英光, 平井千恵, 梅本大輝, 佐野光宏,	相互架橋網目(Inter Crosslinking Network)ゲルを用いた防汚材料の検討	高分子討論会, 高分子学会	WEB開催	2020/9/17	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
343	相磯孝輔, 川上勝, 渡邊洋輔, シビルエムディナヒンイスラム, アジトコースラ, 小川純, 古川英光,	澱粉の3Dフードプリンティング	高分子討論会, 高分子学会	WEB開催	2020/9/18	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
344	森智晴, 川上勝, 渡邊洋輔, シビルエムディナヒンイスラム, アジトコースラ, 小川純, 古川英光,	オーゼティック構造を用いた柔軟な材料の物性制御	高分子討論会, 高分子学会	WEB開催	2020/9/18	山形大学	口頭発表	研究開発課題3

345	佐藤貴風、川上 勝、渡邊 洋輔、シビル エム ディ ナヒン イスラム、アジット コースラ、小川 純、古川 英光、	ゲルコーティングと表面形状変化によるソフト基板の表面摩擦制御	高分子討論会、高分子学会	WEB開催	2020/9/18	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
346	須藤郁馬、小川純、渡邊 洋輔、シビル エム ディ ナヒン イスラム、アジット コースラ、川上 勝、古川 英光、	ドアノブとの身体接触から発展するソフトマターを通じた対話システム	高分子討論会、高分子学会	WEB開催	2020/9/18	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
347	志賀郁也、小川純、渡邊 洋輔、シビル エム ディ ナヒン イスラム、アジット コースラ、川上 勝、古川 英光、	膨潤挙動依存型異種ハイドロゲルアクチュエータの開発	高分子討論会、高分子学会	WEB開催	2020/9/18	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
348	Shunsuke Suzuki, Jun Ogawa, Yosuke Watanabe, MD Nahin Islam Shiblee, Ajit Khosla, Masaru Kawakami, Jun Nango, Hidemitsu Furukawa,	Texture Control of 3D Food Printing: Effect of Internal Structure of 3D Printed Foods on their Fracture Process in Compression	PRiME2020, EC S	WEB開催	2020/10/4-9	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
349	Y. Sato, Azusa Saito, Y. Watanabe, M. N. I. Shiblee, J. Ogawa, A. Khosla, M. Kawakami, and H. Furukawa,	Material Development and Equipment Improvement for 3D Gel Printing using a Commercially-Available Stereolithography Printer	PRiME2020, EC S	WEB開催	2020/10/4-9	山形大学	口頭発表	研究開発課題3

350	Azusa Saito1, Yuta Yamazaki2, Yosuke Watanabe2, MD Nahin Islam Shiblee2, Ajit Khosla2, Jun Ogawa2, Masaru Kawakami2, Hidemitsu Furukawa2	3D Gel Printing with Commercial Stereolithography Printer	PRiME2020, EC S	WEB開催	2020/10/4-9	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
351	Yuta Yamazaki, Azusa Saito, Yosuke Watanabe, MD Nahin Islam Shiblee, Ajit Khosla, Jun Ogawa, Masaru Kawakami, Jun Nango, Hidemitsu Furukawa,	Simultaneous 3D Printing of White and Transparent Gels for Medical Models	PRiME2020, EC S	WEB開催	2020/10/4-9	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
352	Shuma Kanai, Yosuke Watanabe, MD Nahin Islam Shiblee, Ajit Khosla, Jun Ogawa, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa,	Skin-Mimic Hydrogel Materials for Soft Robots with Water-Perspiration Control Developed by 3D Printing	PRiME2020, EC S	WEB開催	2020/10/4-9	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
353	Yeh Yee Cheng, Naoya Yamada, Yosuke Watanabe, MD Nahin Islam Shiblee, Ajit Khosla, Jun Ogawa, Masaru Kawakami, Teruaki Akamatsu, Hidemitsu Furukawa,	3D Printing of Soft-Matter Mono Pump in Infant Ventricular Assist Device (VAD) for Blood Pumping	PRiME2020, EC S	WEB開催	2020/10/4-9	山形大学	口頭発表	研究開発課題3

354	Kanako Adachi, Kazunari Yoshida, Masato Makino, Masamune Morita, Yosuke Watanabe, MD Nahin Islam Shiblee, Ajit Khosla, Jun Ogawa, Masaru Kawakami, Hidemitsu Furukawa,	Formation of Liposomes Containing Pre-Gel Solution and 3D-Printing Applications by Droplet-Shooting Method	PRiME2020, EC S	WEB開催	2020/10/4-9	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
355	青山響、渡邊 洋輔、エムディナビン イスラム シブリ、アジット コースラ、小川 純、川上勝、古川英光、	ソフト材料を使用した新しい関節の開発	Conference on 4D and Functional Fabrication	WEB開催	2020/10/16	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
356	茂木勇志、渡邊 洋輔、エムディナビン イスラム シブリ、アジット コースラ、小川 純、川上勝、古川英光、	RepRapベースの3Dフードプリンターの開発	Conference on 4D and Functional Fabrication	WEB開催	2020/10/15	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
357	亀岡将成、渡邊 洋輔、エムディナビン イスラム シブリ、アジット コースラ、小川 純、川上勝、古川英光、	RepRap SWIM-ERを用いたゲル食品サンプル	Conference on 4D and Functional Fabrication	WEB開催	2020/10/15	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
358	倉持丘帆、渡邊 洋輔、エムディナビン イスラム シブリ、アジット コースラ、小川 純、川上勝、古川英光、	代替食品における3Dフードプリンターの活用	Conference on 4D and Functional Fabrication	WEB開催	2020/10/15	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
359	横江一真、渡邊 洋輔、エムディナビン イスラム シブリ、アジット コースラ、小川 純、川上勝、古川英光、	3Dゲルプリンター“Rep Rap SWIM-ER”の社会実装	Conference on 4D and Functional Fabrication	WEB開催	2020/10/16	山形大学	口頭発表	研究開発課題3

360	佐藤大介、 渡邊 洋輔、 エムディナ ヒン イスラ ム シブリ、 アジット コースラ、 小川 純、川 上勝、古川 英光、	ゲルを用いた摺動デバイ スの研究	Conference on 4D and Functional Fabrication	WEB開 催	2020/10/16	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
361	相磯孝輔、 川上勝、渡 邊洋輔、 MD Nahin Islam Shiblee、 Ajit Khosla、小 川純、古川 英光、	3D Printing of starch suspension	Smasys	WEB開 催	2020/10/29- 30	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
362	志賀郁也、 川上勝、渡 邊洋輔、 MD Nahin Islam Shiblee、 Ajit Khosla、小 川純、古川 英光、	Development of hydro gel eyeball actuators for soft-robot "gel HACHI"	Smasys	WEB開 催	2020/10/29- 30	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
363	須藤郁馬、 川上勝、渡 邊洋輔、 MD Nahin Islam Shiblee、 Ajit Khosla、小 川純、古川 英光、	Piezoelectric gel sensor with 3D printed micro channel	Smasys	WEB開 催	2020/10/29- 30	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
364	森智晴、川 上勝、渡邊 洋輔、MD Nahin Islam Shiblee、 Ajit Khosla、小 川純、古川 英光、	Development of materials with mechanical Anisotropy with 3D printed lattice structures	Smasys	WEB開 催	2020/10/29- 30	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
365	佐藤貴風、 川上勝、渡 邊洋輔、 MD Nahin Islam Shiblee、 Ajit Khosla、小 川純、古川 英光、	Development of soft materials with nonlinear mechanical responses.	Smasys	WEB開 催	2020/10/29- 30	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
366	渡邊 雄大	振動推進に基づいた配 管用移動ロボットの開発	計測自動制御 学会東北支部 第329回研究集 会	山形大 学工学 部	2020/10/30	山形大学	口頭発表	研究開発課題5

367	森智晴、川上勝、渡邊洋輔、MD Nahin Islam Shiblee、Ajit Khosla、小川純、古川英光、	Development of materials with mechanical Anisotropy with 3D printed lattice structures	Smasys	WEB開催	2020/10/29-30	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
368	佐藤貴風、川上勝、渡邊洋輔、MD Nahin Islam Shiblee、Ajit Khosla、小川純、古川英光、	Development of soft materials with nonlinear mechanical responses.	Smasys	WEB開催	2020/10/29-30	山形大学	口頭発表	研究開発課題3
369	渡邊 雄大	振動推進に基づいた配管用移動ロボットの開発	計測自動制御学会東北支部第329回研究集会	山形大学工学部	2020/10/30	山形大学	口頭発表	研究開発課題5

(終了報告) OPERA 活動実績一覧【幹事機関:山形大学】

領域名: 有機材料の極限機能創出と社会システム化をする基盤技術の構築及びソフトマターロボティクスへの展開

⑪ 受賞

No	受賞名	主催(表彰団体名)	受賞者氏名	受賞者所属機関	受賞年月	備考 (関連する研究開発課題番号等)
1	【MES2015 ベストペーパー賞】	エレクトロニクス実装学会	泉 小波	国立大学法人山形大学	2016.9.8	
2	第15回山形県科学技術奨励賞	山形県科学技術奨励賞審査委員会	多田 隈 理一郎	国立大学法人山形大学	2016.10.17	
3	平成28年度「一般財団法人FA財団論文賞」	一般財団法人FA財団	多田 隈 理一郎	国立大学法人山形大学	2016.12.9	
4	Best Speakers Award(2016年日米先端工学(JAFOE)シンポジウム事後報告会)	日米先端工学(JAFOE)シンポジウム運営委員会	古川英光	国立大学法人山形大学	2017.1.18	
5	プリンタブルエレクトロニクス展独創性部門賞	株式会社 加工技術研究会	山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンター	国立大学法人山形大学	2017.2.16	
6	プリンタブルエレクトロニクス2018大賞	株式会社 加工技術研究会	時任研究室	山形大学	2018/2/15	(2-3)
7	NEDO TCP 最優秀賞	NEDO	泉小波	山形大学 チーム名: 六合	2018/2/2	(2-3)
8	マイクロエレクトロニクスシンポジウム2016研究奨励賞	一般社団法人エレクトロニクス実装学会	中村裕之、 吉田泰則、 泉小波、 時任静士	山形大学	2017/8/29	(2-3)
9	第46回医用高分子シンポジウム 学生奨励ポスター発表	公益社団法人 高分子学会	園田敏貴	九州大学	2017/7/24	学生
10	第44回応用物理学会講演奨励賞	応用物理学会	関根智仁	山形大学	2018/9/1	(2-2)
11	「JFlexアワード・プロセス関連部門」	株式会社 加工技術研究会	INOEL	山形大学INOEL	2019/1/31	(1-1)
12	第1回JFlexアワードデバイス分野	株式会社 加工技術研究会	プリンテッドデバイス 技術研究部門	山形大学ROEL	2019/1/31	(2-1,2-3)
13	第1回JFlexアワードマテリアル分野	株式会社 加工技術研究会	ファンクショナルポリマー 研究所	東ソー株式会社	2019/1/31	(2-1)
14	第51回 市村学術賞 功績賞	市村清新技術財団	田中賢	九州大学	2019/3/1	(2-4)
15	研究奨励賞	第28回 マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES)	関根智仁	山形大学	2019/9/1	マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES)研究奨励賞
16	優秀発表奨励賞	計測自動制御学会	秋山 俊樹	山形大学	2019/10/1	
17	第1回JFlexアワードプロセス関連分野	JFlex2019	山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンター	山形大学 有機エレクトロニクスイノベーションセンター	2020/1/30	https://www.converttechexpo.com/files/PressRelease_2019013101.pdf
18	JFlexプロセス関連分野	加工技術研究会		INOEL	2020/1/31	
19	JFlexアワード2020	JFlex	時任静士	山形大学ROELプリンテッドデバイス技術研究部門	2020/2/3	
20	秦逸三賞	山形大学	本村祐希	山形大学	2021.3	バイオセンシング応用に向けた印刷型有機集積回路の開発

21	優秀学生表彰	山形大学	和田英樹	山形大学	2021.3	有機トランジスタを用いた超フレキシブル近接センサアレイの開発
22	ベストプレゼンテーション賞	山形大学	川上圭太	山形大学	2021.3	印刷法による抵抗体および温度センサの作製と評価
23	Best English Presentation Award	山形大学	鈴木朝香	山形大学	2021.3	Atomistic Simulations Investigating Interfacial Properties of TIPS-pentacene:atactic Polystyrene/Vacuum
24	九州大学共同研究等活動表彰	九州大学	田中 賢	九州大学	2020.11	研究開発課題2-4
25	日本機械学会東北支部独創研究学生賞	日本機械学会	佐藤大介	山形大学	2021.3	研究開発課題3
26	日本機械学会畠山賞	日本機械学会	亀岡将成	山形大学	2021.3	研究開発課題3
27	日本機械学会畠山賞	日本機械学会	佐藤大介	山形大学	2021.3	研究開発課題3
28	優秀学生賞	山形大学	佐藤大介	山形大学	2021.3	研究開発課題3
29	優秀学生賞	山形大学	茂木勇志	山形大学	2021.3	研究開発課題3
30	秦逸三記念賞	山形大学	安達香奈子	山形大学	2021.3	研究開発課題3
31	優秀学生賞	山形大学	佐藤洋輔	山形大学	2021.3	研究開発課題3

7 社会実装に向けたロードマップ

SOFUM0 は、SOFUM02.0 としてコンソーシアムを継続する予定である。本プログラムにおける活動（SOFUM01.0）で各テーマの基盤研究の目標は概ね達成している。各テーマにおいて、社会実装可能なものは随時進める。テーマ1では、ハイバリア・ラミネート技術を活かし MORESCO 社有機薄膜太陽電池（OPV）の社会実装に寄与した。テーマ2ではロボットのハンド等を実装しやすく、多様なセンサを材料選択にて作製可能でありマルチセンシング化が可能な点も評価され NEDO 革新的ロボット研究開発基盤構築事業に産業用ロボットセンサ開発として参画しており、このプログラムを通じて社会実装を目指す。テーマ3においては、ソフトマテリアルにより形成したアニマロイドが感性コミュニケーション能力を有することを評価され NEDO の採択を受けており、同様に本分野での社会実装を目指す。テーマ4においても、半固体電池による安全な電池は各産業において重要な技術であるため、ソフトロボット分野以外の分野を含め社会実装を目指す。またテーマ5においても上下水道の点検にむけた配管ロボットは、企業の要望もあり社会実装を目指している。特にセンサや電池の市場は1兆円を超える市場であり（2025年）、個別テーマの社会実装を加速する。

SOFUM02.0 における、上記の技術を統合した上での社会実装については、外部機関との連携により、特に配管ロボットを進めている。また同時に SOFUM02.0 における社会実装分野として i) ～ iii) の項目に示すような研究開発を計画的に進めている。

● 配管ロボット（課題5）に関する社会実装に向けた取り組みについて

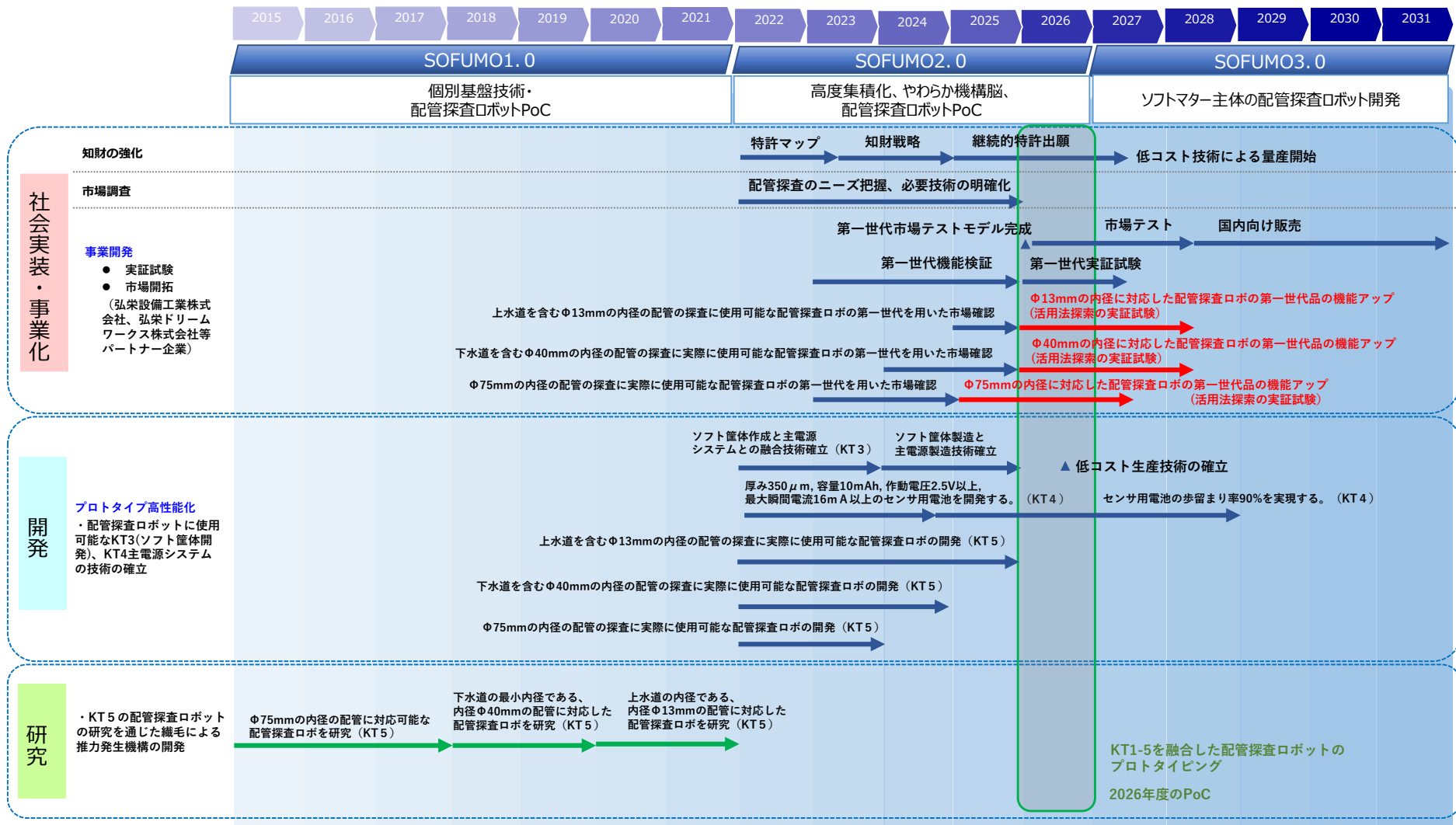
配管探索ロボットの、本事業終了後の社会実装に関する具体的目標については、次のページのロードマップに示すように、OPERA 期間中に研究を行った、繊維などの弾性体を振動させて推力を発生させる、「Φ75mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」、「下水道の最小内径である、Φ40mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」、および「上水道の内径である、Φ13mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」の3種類について、2022年度から2025年度にかけて開発を進める。

具体的には、「Φ75mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」は2023年度まで、「下水道の最小内径である、Φ40mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」は2024年度まで、および「上水道の内径である、Φ13mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」は2025年度までに、高性能化したプロトタイプを、弘栄ドリームワークス株式会社との共同研究において開発し、実際に同社の配管探索業務に利用しながら、市場確認をしつつ社会実装を進める。

研究テーマ3の「ソフト筐体開発」や、研究テーマ4の「主電源システム」の研究グループとも連携を継続し、「下水道の最小内径である、Φ40mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」、および「上水道の内径である、Φ13mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」を無線により制御する際に必要となる、柔らかい筐体（ロボットの胴体）と、その中に収納可能な小型の電源とを開発し、電源用の配線無しで配管探索可能なロボットを開発する。

「Φ75mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」、「下水道の最小内径である、Φ40mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」、および「上水道の内径である、Φ13mm の内径の配管に対応可能な配管探索ロボット」の順に、2024年度から2025年度にかけて社会実装を行い、市場でのテストを通じた機能アップを進めて、2028年度以降に国内向け販売を行う。

さらに、2026年度には、研究テーマ1～5を融合した配管探索ロボットのプロトタイプを開発し、市場におけるテストを行い、こちらについても国内での販売を目指してゆく。



- SOFUM02.0における社会実装分野

- i) 介護・見守り分野

介護・見守り分野については、山形県内の民間企業であるND ソフトウェア社と、山形大学内でコミュニケーション用ソフトウェアを開発中の横山道央准教授との共同研究を既に開始しており、2025 年までに、高齢者の体と物理的に接触しても傷つけることの無い柔らかい体を持つソフトマターロボットとしての介護・見守りロボットを開発する予定である。

- ii) 養鶏分野

養鶏分野については、山形大学農学部 of 片平光彦教授や農業関連の民間企業との共同研究を既に開始している。この養鶏場のためのロボットには、既に死んでいる鶏の体を、傷つけず回収したり、生きている鶏に怪我をさせることなく捕獲した上で、体重を計測したりする「やわらか機構脳」としてのソフトマターロボットを利用する予定であり、本プロジェクトの成果をもとにした試作を開始しているところである。

本研究開発においては、2025 年までに、鶏舎内を鶏の体を傷つけることなく移動し、死んだ鶏や異常のある鶏を非接触センサで検出した上で、優しく回収することの出来るソフトマターロボットを製作する予定である。

- iii) 食品分野

本 OPERA プロジェクトの課題担当者である山形大学の古川英光教授が「産学連携調査研究委員会／食品サンプル規格標準化 WG」の委員を務め、既に第 39 回日本ロボット学会学術講演会（2021 年 9 月 8 日）におけるオープンフォーラムを企画し、ソフトマターロボティクスの学問体系に基づいた、食品業界のデジタルトランスフォーメーションおよび自動化の推進のための議論を開始している。本 OPERA プロジェクトで明らかとなった、「柔軟物のハンドリングが困難である」という従来型の産業用ロボットの有する問題を根本的に解決可能な、ソフトマターロボティクスに基づく柔軟物マニピュレーションシステムのあり方などについて、特に山形大学からは積極的に提案を行っている。

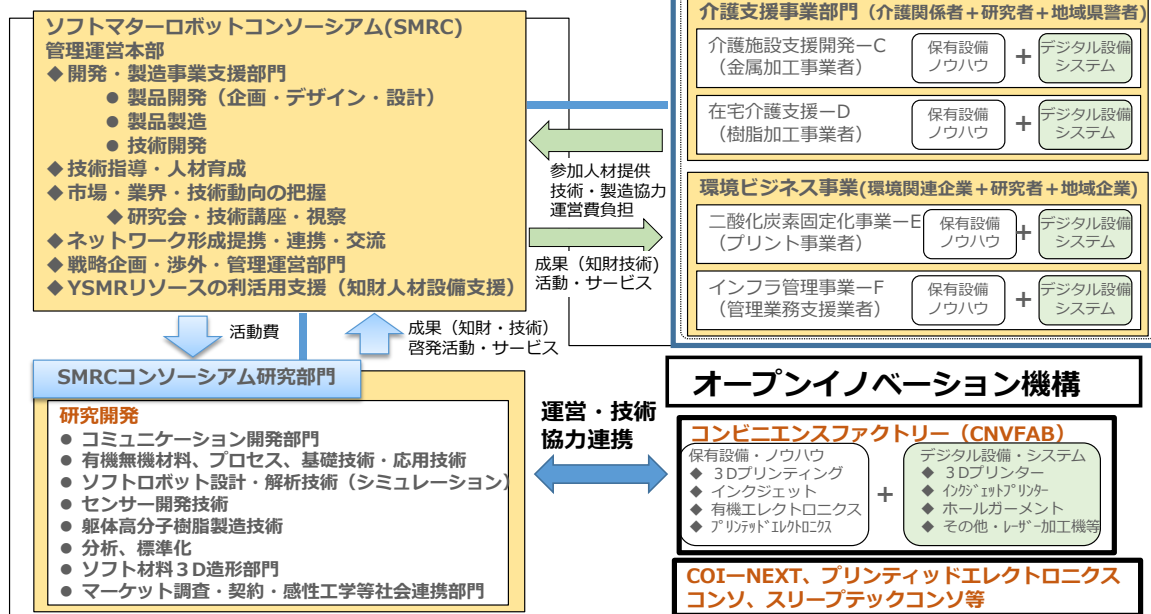
SOFUM02.0 のロードマップの策定にあたり、OPERA 期間中に製作したソフトロボット PoC の総括を行ったが、当プロジェクト SOFUM01.0 で製作したソフトロボット PoC は、柔らかい材料を用いて、人間に癒しなどを与える感性コミュニケーションを実現したり、配管内部などの狭隘空間を自在に移動し、地図情報を作成して故障箇所を特定したりことなどを目的としたものである。例えば配管探索ロボでは「5 研究開発状況」で示したとおり、目標値は十分に達成できており、時期 SOFUM02.0 に繋げてゆくために有効となる技術の蓄積が可能となっていると言える。

一方で、各テーマ（基盤技術）がインテグレートされる SOFUM02.0 コンソーシアムは、2つの開発課題を設定している。一つは、各技術の集積化であり、もう一つは新しい概念である「やわらか機構脳」である。SOFUM02.0 では、現在のコンソーシアムの形を維持しながら、新しい企業参画を促すため、新規コンソーシアムを立ち上げる予定である。

コンソーシアムの狙い

- SMR技術の融合による技術および製品の付加価値向上
- 新規市場（サプライチェーンネットワーク）の創出
- オープンイノベーションによる開発効率、事業優位性の向上

山形大学ソフトマターロボット研究センター(YSMR)本部



SOFUM2.0 コンソーシアム組織図

SOFUM1.0の中で、これまでそれぞれ開発し、性能を向上させてきた個別基盤技術を、SOFUM2.0においては、同一基盤上へと高度に集積化させる。「やわらか機構脳」とは、後に詳しく説明されているように、ソフトマターで製作した、柔らかい機構部分に、情報処理の大部分を担わせることによって、小型の脳として機能させることを目指している。その機構による小型の脳は、局所的なセンサと一体化され、各動作機構部分が半自律的に反射的に動くようにすることが目的であるために、それらのセンサの出力信号を処理する電子回路も、大きな容積を占有することは望ましくなく、同一基盤上へと高度に集積化する必要がある。このように「高度集積化」の技術を取り入れることにより、従来型のロボットのように、センサや制御回路が大きな容積を占有するようなことなく、ソフトマターで製作した柔らかい部分を、人間やその生活環境との物理的な接触を行う部分に用いた、機械学習や材料そのものの柔軟性に基づき、使用者の多様性を吸収して最適化する「やわらか機構脳」としてのソフトマターロボットを、SOFUM2.0においては研究開発してゆく。

SOFUM2.0 PoCの実現のために、「やわらか機構脳」の研究の必要性に気付いた経緯としては、ゲルハチ公やゲルクラゲ、および配管探査ロボを製作し、それを「超福祉展」や「国際ロボット展」のような展示会場で多くの来場者の前でデモンストレーションしてゆくにあたり、これらのロボットのように、人間の生活環境の中で、人間と共存し、時には人体との接触を伴うようなサービスを行うソフトマターロボットにおいては、従来型のロボットのように、センサの応答周波数や、制御回路のサイクルタイムに依存し過ぎることなく、機構部分の有する、適切な柔らかさ（機械的インピーダンス）などの「本質的な機能」により、いかなる時にも設計通りの能力を発揮し、決して人体を傷つけたりすること無く、安全に作業を続行することを可能とする必要性を認識するに至ったということがある。このような「やわらか機構脳」を取り入れたソフトマターロボットにおいては、制御回路などの占有する体積は小さくした上で、人間や外部環境と接触す

る可能性のある部分はソフトマターで構成する必要があるため、「高度集積化」の技術により、制御用電子回路やセンサ回路を、集積化してソフトマターロボット体内に配置する。

この「やわらか機構脳」を有するソフトマターロボットとしての SOFUM02.0 PoC のゴールイメージは、SOFUM01.0 でやり残したこととしての「人間との円滑なコミュニケーションを可能とし、かつ食品などの柔軟物の把持・操作を可能とする作業移動型ソフトマターロボット」である。

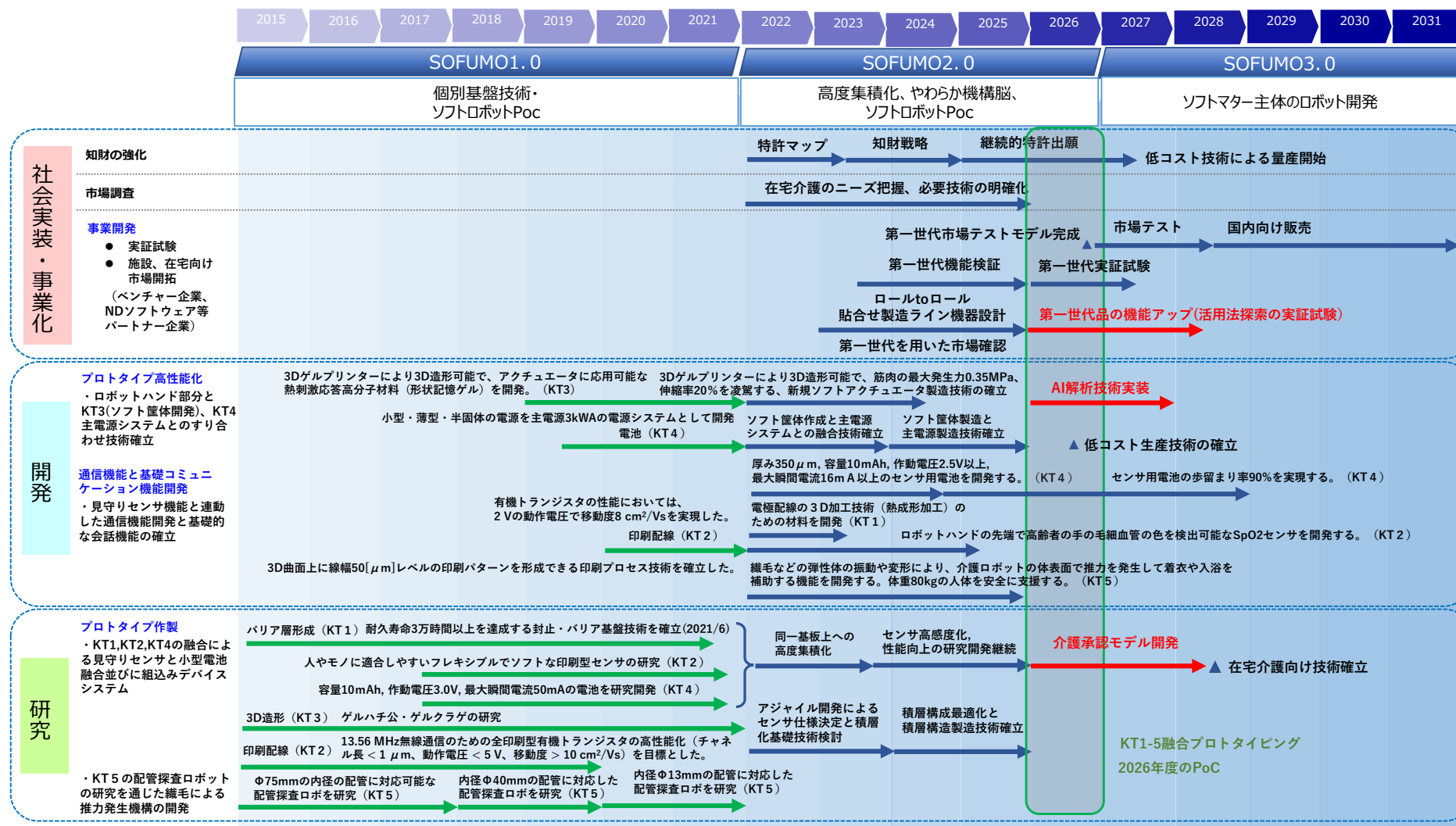
● 介護・見守り分野

本終了報告書においては、最も典型的な SOFUM02.0 の適用例である「介護・見守り分野」を例として、ロードマップを示した上で、詳細な説明を行う。

SOFUM02.0 のゴールイメージとしては、以下の項目が挙げられる。

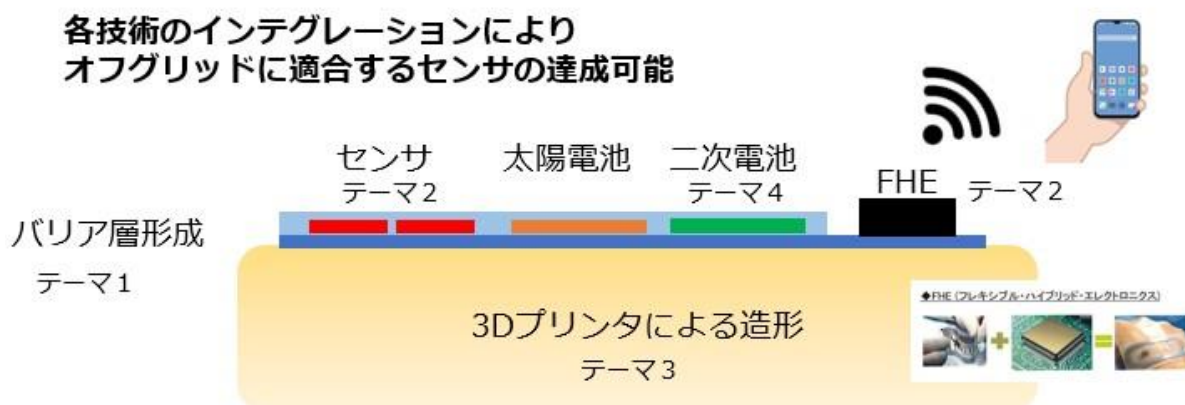
- ◆ 人間の筋肉以上の出力と伸縮率を実現するソフトアクチュエータによる作業
- ◆ 人体への物理的な支援や、食品などの柔軟物の把持・操作を可能とする柔らかいエンドエフェクタを有する
- ◆ やわらか材料で構成されるエンドエフェクタの先端に、種々のバイタルセンサ（脈拍、血圧、体温、血中酸素濃度等）を印刷技術で導入し、被介護者の安心見守り機能を強化する
- ◆ 弾性体の振動や変形により、介護ロボットの体表面で推力を発生して着衣や入浴を補助する機能を開発し、体重 80kg の人体を安全に支援する
- ◆ 物理的な接触を伴う人間との円滑なコミュニケーションを実現する

上記の項目は、養鶏分野や食品分野においても、有用となるソフトマターロボティクスの技術であるため、SOFUM02.0 において、最終目標とするものである。この SOFUM02.0 のゴールイメージの見取り図と、特に介護分野を例として、SOFUM01.0 から SOFUM02.0 を経て社会実装、上市を目指す SOFUM03.0 に至るまでの全体のロードマップを以下に示す。



●各技術の集積化

SOFUM02.0 コンソーシアムの特徴は、フレキシブルなセンサ・回路を印刷で作製出来る技術（KT2）、3D プリンタによるソフトマテリアルの 3D 造形技術（KT3）、安全で印刷製造可能な小型半固体二次電池（KT4）、デバイス等の信頼性向上可能なハイバリア技術（KT1）であり、これらは相互連携を更に加速する。例えばデバイス・センサ類は電極や配線、活性層が水蒸気や酸素により性能変動を起こすためパッシベーション膜（バリア膜）を必要とすることが多く、バリア技術を用いることで、印刷センサ・デバイスの高信頼性化が可能である。また二次電池では半固体であっても、活性な電極を用いることから水蒸気からの保護が必要である。現在は AI 蒸着フィルムを用いることが多いが、不透明であり加えてバリア性能も非常に高いとは言えない。AI 蒸着フィルムに比較して 100 倍以上バリア性能が良い透明のバリア構造の開発に成功しており、電池の高信頼性・長期性能維持に大きく寄与できる。また透明であることから内部を確認・点検可能であり、新たな付加価値を付与できる可能性もある。また 3D 曲面のソフトマテリアル上にデバイスを形成するには、印刷技術が適している。従来の半導体プロセスはフォトリソグラフィを用いており、平板を基本としている。KT1 の一部、KT2 は印刷技術を基本としていることから、3D ソフトマテリアル上に直接デバイス作製の可能である。現時点では集積化技術は完成していないものの KT4 の二次電池は印刷技術により作製可能であることから、KT1~4 の技術は基本的に印刷・3D プリンタをプロセスとした集積化が可能である。例えば、無線化された圧力センサを考えた場合、3D プリンタで形成もしくはフィルム上に、バリア構造（パッシベーション）を形成後、センサ部、電池部の印刷、覆うようにバリア構造を再度形成後、FHE（ハイブリッド技術）を用い、無線回路を設置することで、電源部も同時に同一基板上に形成が可能である。このようなデバイスの用途は、ソフトロボットに限定されたものではなく、各産業に応用可能であるが、フレキシブルな形状にできるメリットを活かし、ソフトロボット産業の発展に役立てたいと考えている。



●やわらか機構脳

従来の硬くて単純なロボットは中枢神経系だけで制御されていたが、柔らかくて複雑なロボットを動かすためには、末梢機構にも中枢神経系のような情報処理を行わせる必要がある。それを実現するのが「やわらか機構脳」であり、ロボットの要素技術としてのソフトマターによる柔らかい個々の動作機構部分に、情報処理の大部分を行わせることにより、センサの応答周波数や、制御用マイコンのサイクルタイムに依存しすぎることの無い、高度な情報処理を行う小型の脳と

して機能させ、さらにそれを局所的なセンサとアクチュエータと連動することで、各動作部分が半自律的に動くようにすることが目的である。

今後は、「やわらか機構脳」どうしがニューロンのように通信し合い、感覚器官のように振る舞うようにすることで、人間と親和性の高い、人間中心のロボットやシステムの開発につなげ、その社会実装を、民間企業の参画を促しつつ進めてゆく予定である。

8 領域統括によるプロジェクト総括と今後の展望

山形大学の強みである「有機材料の極限機能創出」という学理基盤構築と「社会システム化する基盤技術の構築」という産学連携技術確立及び「ソフトマターロボティクスへの展開」という未来社会の可能性の追求というテーマでスタートした本プロジェクトは、5 課題担当研究者と本プログラムの趣旨に賛同した参画企業技術者が活動を開始し、やがて課題間の連携や共通のソフトマターロボティクスの定義や実現に向けた模索活動でゲルクラゲ、ゲルハチ公、探査ロボットなど様々なチャレンジと新学術領域である「ソフトロボット学」及び後発の OI 連携型 OPERA プロジェクト「CNVFAB」との交流活動により新たな概念である「やわらか機構脳」の導入、社会実装を意識した更なる試作挑戦へと進展し成長してきた。

山形大学では学理探求、研究開発のみならず、製造部門・事業部門も含めた各階層で大学との連携を行う社会ニーズに対応するため、文部科学省の支援を受け、山形大学オープンイノベーション機構を H30 年に設立し、「本気の大型産学連携によるオープンイノベーションエコシステム」の実現に向けた取組を開始している。本 OPERA プログラムにおいて進展している開発課題の成果の一部は、今後 OI 機構の支援を受けコンソーシアム型プロジェクトとして社会実装、上市（学理の社会還元）に至ることをめざしている。山形大学有機材料システム研究支援本部及び山形大学オープンイノベーション推進機構と緊密に連携し、競争領域での大型民間資金による共同研究開発体制を集中管理することを計画している。学理拠点としては次世代ロボットデザインセンターを形成し、新たな次世代ソフトロボットの開発を目指す。これらの活動が、人、モノ、資金の好循環を形成して、大学の次なる研究者支援、大学院生の教育と活躍支援（Young Researcher 制度）知財の社会還元というエコシステム形成につながり、これが日本の地方大学による地方創生モデルやエコシステム形成モデルの一つになることが大いに期待される。このプログラムは「ソフトマターロボットで人と人、人とモノが優しく繋がり支えあう未来社会を支える」を実現する拠点形成に大いに役立ったことは今後の明るい展望の一つと言えます。

最後に須藤委員長はじめ各委員、文部科学省関係者、JST 関係者の皆様、学内でこの OPERA プロジェクトを共に支えてくれた企業の皆様、学内外の教員、専門サポートスタッフの皆様に心より感謝を申し上げます。

9 特殊用語等の説明

用語	説明
OoE (Organic Systems of Everything)	近年、インターネットへの接続が人だけでなくモノへ (IoT: Internet of Things)、さらに、全てへ (IoE: Internet of Everything) と発展しつつある。現在、このインターネット接続のハードはシリコン半導体を始めとする無機材料を中心としたシステムであるが、これに有機材料システムを付加もしくは置き換えて行くことによって、さらなる発展を目指す概念を OoE (Organic Systems of Everything) と称する。なお、有機材料システムは印刷で製造できるため、比較的小さな設備投資と単純な製造工程によって迅速に大量生産でき、低コスト・省エネで、リサイクル性にも優れる。また、製品が軽量で柔らかくフレキシブルなため、あらゆるモノや人と親和性が高く、幅広く社会システムに浸透することが期待される。
有機エレクトロニクス	従来のエレクトロニクスの基盤材料はシリコンである。有機材料はシリコンなどの無機材料と比較し柔らかく・軽い特徴を有する。技術の進歩でシリコンに近い半導体特性をもつ有機材料が近年できてきた。有機 EL、有機太陽電池、有機トランジスタの 3 分野を含む広い分野を有機エレクトロニクスとよんでいる。軽く・柔らかく・つくりやすい特徴をもつ。
有機トランジスタ	従来のトランジスタを構成する基盤材料はシリコンであった。技術の進歩でシリコンに近い半導体特性をもつ有機材料が近年現れてきた。有機材料は印刷でトランジスタ回路が作製可能なため、バーコーダーに代わり印刷で有機 IC タグが期待されている。生産・流通情報の記録・管理・読取りから支払いまでが簡素化できる。
キャリア移動度	有機半導体内のキャリア (プラスあるいはマイナスの電荷) の動きやすさを表す物理量。電界あたりの速度として定義される。一般的に、移動度が高い材料を用いるほど素子の駆動電圧が低くなる。
ソフトマター	チューインガム、寒天、プラスチック、パスタなど、柔らかくて簡単に変形させることができるものの総称である。金属などと異なり変形と応力の関係を簡単な式で表すことができないため、ノーベル物理学賞を受賞した故ドゥジャンは、ソフトマターを新しい学問領域として提唱した。現在では、ソフトマターの実験と理論による理解が進み我々の生活を豊かにする高機能商品が開発されている。
高強度ゲル	2001 年以後、従来の概念をくつがえす画期的な高性能ゲルが次々に開発され注目を集めている。北大の龔劍萍らは、03 年に 2 重網目構造を持つ、世界最高強度のダブルネットワークゲルの開発に成功した。従来の合成ゲルの強度は数 MPa であったが、このゲルの破断強度は 30MPa にも達し、生体軟骨の破断強度 (3~18MPa) を大きく凌駕した。
3Dゲルプリンター	2010 年、山形大の古川英光らによってゲル専用の 3D プリンター技術が開発され、高強度ゲルの自由造形が可能になったことから、高強度ゲルを用いた新しい人工筋肉の開発や、再生医療における構造材料への利用などのアプリケーション開発が強く期待されるようになっている。

	2011 年に基礎特許、2015 年に材料特許を出願済み。
ソフトセンサと生体の接触界面で起きる現象：水和	ソフトセンサを構成する材料に組織液や血液などの生体成分が接触すると、水分子が材料表面に直ちに吸着し、飽和含水状態になる。ついで、血液中に存在するタンパク質が吸着、変性し、これにより生体防御系の活性化が起き、炎症や血栓形成などが引き起こされる。したがって、材料に吸着した水分子の状態がソフトセンサの性能に大きな影響を与える。
中間水	一般的な高分子材料に水を含めると、運動性が高く自由に動き回る“自由水”と、高分子に強く結合する“不凍水”に分かれる。さらに、高分子材料の種類によっては自由水と不凍水の中間の性質を示す“中間水”が出現する。中間水は、生体親和性を有する合成高分子とタンパク質、多糖、核酸などの生体高分子に共通して観測される。また中間水の有無により、基板に吸着するタンパク質の量や接着リガンドに含まれる細胞接着部位を露出する構造変化のしやすさが変化し、血小板などの血球細胞の接着を抑制していることが明らかとなっており、生体適合性が発現するための重要な要素の一つであると考えられる。また、中間水の量や組成は高分子の 1 次構造に依存し、制御することが可能である。
生体適合性	合成材料が生体に接触した際に、異物反応などを引き起こさずに生体になじむ性質。組織細胞に接触する場合は組織適合性、血液が多量に接触する場合は、血液適合性、と定義されている。
ポリ(2-メトキシエチルアクリレート)および類似高分子	単純な化学構造を有しているにもかかわらず、優れた生体適合性と低タンパク質吸着能を示す高分子である。人工心臓やカテーテルの表面処理材として FDA、厚生労働省の認可を受けている。一方、ソフトセンサ分野での実績はまだなく、本研究開発が世界初の例となる。
材料に含水した水和構造の解析方法	材料に吸着した水の構造の評価法として、核磁気共鳴法、誘電緩和法、振動分光法（赤外、ラマン、和周波発生）、示差走査熱量法、X 線回折法、中性子散乱法などが知られている。これらの手法により、材料に吸着した水分子の構造を 3 種類（自由水、中間水、不凍水）に分類することができる。とりわけ、自由水と不凍水の中間の物性を示す中間水は、高い分子運動性を有する高分子鎖に弱く束縛され、低温下でも分子運動性の高い水であり、高分子表面にも安定に存在することが示された。また、中間水は、天然高分子と生体適合性合成高分子に共通点して観測されることがわかった。
BMS	バッテリーマネジメントシステムとは、リアルタイムにバッテリーの電圧/電流/電池容量/温度などを計測し、電池システムの自己診断、劣化対応のための管理を行うシステムをいう。過充電や過放電に対する警告を行いことで電池の安全性を確保する機能に加え、複数の電池を同時に使用する場合の電池の個体性能差、劣化によるセル電圧のバラつきを均等化するなどし電流の清流化する機能も含む。