

技術情報誌 テクノふくい

TECHNO FUKUI

No. **112**

2025.8



CONTENTS

TOPICS

- ・「ふくいオープンイノベーション推進機構
設立10周年記念講演会(IR交流会)」開催報告…………… 1
- ・ふくいオープンイノベーション推進機構設立10周年記念技術展
～一歩先を見据えた技術開発～ 開催報告…………… 2
- ・「エネルギー関連技術シーズ紹介セミナー(IR交流会)」開催報告…………… 5
- ・「知的財産セミナー(IR交流会)
～海外進出企業の取り組みと支援制度活用事例～」開催報告…………… 6
- ・産業技術先進地調査企業見学会(脱炭素関連技術分野)開催報告…………… 7
- ・成長型中小企業等研究開発支援事業(Go-Tech事業)成果事例の紹介…………… 8
- ・県内「ものづくり企業」の成長産業分野への参入
技術開発や販路開拓を伴走サポートします!…………… 9

SPOT LIGHT

- ・研究紹介 福井大学
ゴム状高分子の伸長と物性に関する分子論的検討…………… 10
- ・研究紹介 福井工業大学
IoTによる雨水利用システムの遠隔監視・制御…………… 12
- ・研究紹介 福井工業高等専門学校
簡易マスクレスフォトリソグラフィ装置の開発と赤外線分光フィルタの試作…… 14
- ・研究紹介 福井県立大学
魚介類に多い「タウリン」のアンチエイジング効果の研究
～新たな健康機能性発見に向けて～…………… 16
- ・取組紹介 (株)日本政策金融公庫
外国人雇用について…………… 18

「ふくいオープンイノベーション推進機構 設立10周年記念講演会 (IR交流会)」開催報告

ふくいオープンイノベーション推進機構 (FOIP) では、設立10周年を記念し、講演会を開催しました。

最初に、『FOIP10年の歩み』と題して、川邊FOIPディレクターから、10年を振り返り、県内のオープンイノベーションの進展や、(国研)産業技術総合研究所や大手企業等との連携、重点的に支援している5分野の活動等について紹介しました。

また、重点支援分野であるヘルスケア分野において、(株)ジャクエツ様より、2024年度グッドデザイン大賞を受賞した「RESILIENCE PLAYGROUNDプロジェクト」について、(株)ホソダSHC様より「医療従事者向け手技練習キットおよび機能性天然物」について紹介いただきました。(国研)産業技術総合研究所様からは、ウェアラブル関連の技術開発、衛星データ解析の応用研究について講演いただきました。

『ふくいオープンイノベーション推進機構設立10周年記念講演会 (IR交流会)』概要

日時：令和7年4月18日(金)13:30～16:30

場所：福井県工業技術センター 講堂

参加者：57名

主催：ふくいオープンイノベーション推進機構、(公財)ふくい産業支援センター

共催：(国研)産業技術総合研究所、福井県工業技術センター

内容

◆『FOIP10年の歩み』

ふくいオープンイノベーション推進機構 (FOIP) ディレクター／福井県工業技術センター 所長 川邊 和正

◆県内企業講演

『あそびと医療の分野を越えて～ RESILIENCE PLAYGROUNDの取り組み～』

(株)ジャクエツ スペースデザイン開発課 主任 田嶋 宏行 氏

『医療従事者向け手技練習キットおよび機能性天然物の紹介』

(株)ホソダSHC ヘルスケアグループ 細田翔太郎 氏

◆産業技術総合研究所講演

『データを軸とした強いビジネスを共創する取り組み～ふくい桜マラソンにおける事例を交えて～』

(国研)産業技術総合研究所 情報・人間工学領域 インダストリアルCPS研究センター共創場デザイン研究チーム 研究チーム長 村井 昭彦 氏

『産総研における宇宙関連研究の紹介 衛星搭載センサのキャリブレーション・AIを用いた衛星データ解析の基盤研究』

(国研)産業技術総合研究所 インテリジェントプラットフォーム研究部門 地理空間サービス研究グループ 研究グループ長 神山 徹 氏

◆名刺交換会



(株)ジャクエツ
田嶋氏の講演



(株)ホソダSHC
細田氏の講演



(国研)産業技術総合研究所
村井氏の講演



(国研)産業技術総合研究所
神山氏の講演

お問い合わせ先

(公財)ふくい産業支援センター オープンイノベーション推進部 プロジェクト推進室 嶋田

ふくいオープンイノベーション推進機構 設立10周年記念技術展 ～一歩先を見据えた技術開発～ 開催報告

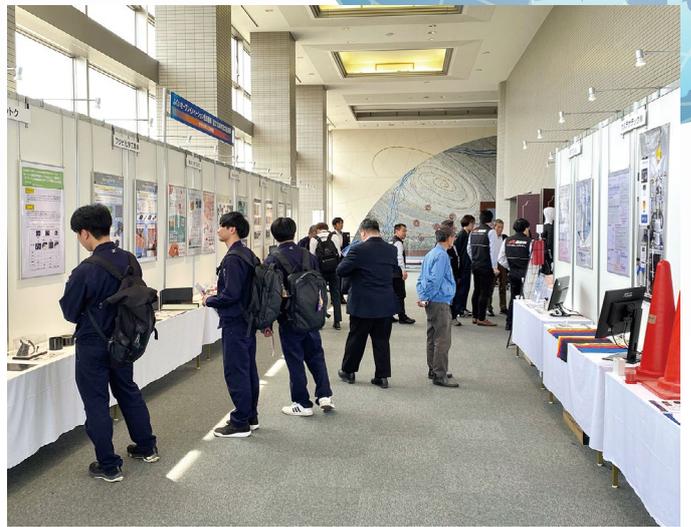
(公財) ふくい産業支援センターでは、産学官金で連携しながら県内企業の技術開発を応援し、関連技術の研究開発を推進するとともに新産業や新事業の創出を支援しています。今回、ふくいオープンイノベーション推進機構設立10周年を記念して、県民や県内外の企業の皆様へ広くPRするため、県内企業・機関の新たな技術開発や取り組み等を展示紹介するため、下記の技術展を開催しました。

『ふくいオープンイノベーション推進機構設立10周年記念技術展 ～一歩先を見据えた技術開発展～』概要

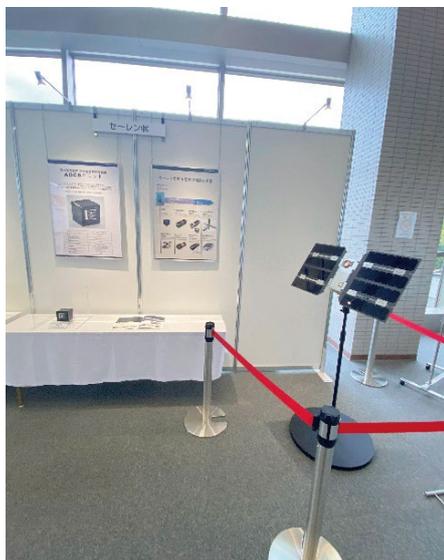
- 会 期：令和7年4月17日(木)～19日(土)
(福井県工業技術センターの一般公開期間に合わせて開催)
- 会 場：福井県工業技術センター 研修棟2階 講堂前ロビー
- 主 催：ふくいオープンイノベーション推進機構、(公財)ふくい産業支援センター
- 来場者数：572名

出展内容(出展者：11企業・機関)

企業名	出展品	概要
セーレン(株)	超小型人工衛星モックアップ品	セーレンが開発した6Uサイズの超小型人工衛星のモックアップと搭載用機器(姿勢制御装置)を紹介。
(株)ネスティ	衛星画像利用システム「Gスペース」	福井県民衛星「すいせん」などの衛星データを活用し、農林業・防災分野などの現地確認に関する行政業務の負担を軽減するソリューション群を提供している。
(株)ジャクエツ	障害の有無に関わらず誰もが遊ぶことができる遊具	障害の有無に関わらず誰もが遊ぶことができる遊具をテーマに研究しているRESILIENCE PLAYGROUNDプロジェクトを紹介。
(株)ホソダSHC	機能性天然物開発によるヘルスケア事業	同社の特許技術である機能性天然物が世界中の研究・医療機関に注目されており、「認知症などの難病」に打ち勝つ手段として、多くの医療機関で活用されている。
フクビ化学工業(株)	炭素繊維複合toughsite - タフジット -	軽量・高強度な炭素繊維複合材の中間基材をご提供いたします。福井県の開繊技術と樹脂成形のノウハウを掛け合わせ、柔軟な対応力でお客様の要望をカタチにする。
(株)ニットク	モーター用軽量高強度リング	モーター用軽量高強度リングを目的とした高精度トウプリブレグと炭素繊維複合リングを紹介。
(株)ウノコーポレーション	ロボットシステム	ノーコードでロボットティーチング出来るAIシステムを搭載し、トルクセンサーもついているので磨き、バリ取り、ねじ閉めなど職人しかできない作業をロボットが出来ることを紹介。
(株)アフレル	工場・医療機関への搬送ロボット適用支援プログラム	製造業の生産性向上を支援するため、工場内での運搬作業に費やす時間を削減できる搬送ロボット適用支援サービスを紹介。
サステナテック(株)	超臨界染色加工技術と染色試験機「SustainaDye-Mini」	水を使わず、省エネ・省力・低公害の超臨界二酸化炭素を使った繊維染色加工技術の実装化に向けた開発及び実機染色との色再現精度に優れたラボ用染色機を紹介。
(株)八木熊	マテリアル・リサイクル推進のためのアップサイクル技術	マテリアル・リサイクルを推進するために確立した技術、その技術を活用する事での具体的実績と今後の課題とその解決に向けた取り組みについて紹介。
(国研)産業技術総合研究所 北陸デジタルものづくりセンター	産業技術総合研究所の最新の研究開発紹介	産総研北陸デジタルものづくりセンターが取り組むスマートテキスタイル及び金属3D造形技術や、産総研の宇宙関連研究などについて紹介。



会場の様子



セーレン(株)の展示



(株)ネスティの展示



(株)ジャクエツの展示



株式会社SHCの展示



フクビ化学工業株式の展示



株式会社ニットクの展示



株式会社ウノコーポレーションの展示



株式会社アフレルの展示



サステナテック株式の展示



株式会社八木熊の展示



(国研)産業技術総合研究所
北陸デジタルものづくりセンターの展示

お問い合わせ先

(公財)ふくい産業支援センター オープンイノベーション推進部 技術経営推進室 川端、橋本

「エネルギー関連技術シーズ紹介セミナー (IR交流会)」 開催報告

カーボンニュートラルへの対応など、エネルギーや省エネ関連の技術は今後ますます重要となります。そこで、ふくいオープンイノベーション推進機構（FOIP）では「脱炭素関連技術」を重点支援分野の一つとしてかけて県内企業の技術開発を支援しています。その一環として、県内企業や大学等が有するエネルギー関連の技術シーズをまとめてFOIPホームページにて紹介しております。

今回、このシーズ集の中から県内の大学・高専の先生方が取り組んでいるエネルギー関連研究について、詳しく紹介し、あわせて、プロフェッショナル人材マッチング支援事業のコーディネーターから航空機産業のエネルギー関連の現状と課題について講演いただくセミナーを開催しました。

『エネルギー関連技術シーズ紹介セミナー(IR交流会)』 概要

日 時：令和7年2月20日(木)13:30～17:00

場 所：福井県工業技術センター C101およびオンライン

参加者：37名(リアル30名、Web7名)

主 催：ふくいオープンイノベーション推進機構、(公財)ふくい産業支援センター

共 催：(大)福井大学、(学)金井学園福井工業大学、(独)国立高等専門学校機構福井工業高等専門学校

内 容

◆特別講演

「航空機産業におけるエネルギー転換・リサイクルの目指す姿と現状の課題」

住友商事(株) 防衛宇宙・技術 SBU 事業開発/業務・企画チーム チーム長代理 徳永 和久 氏

◆県内大学・高専のエネルギー関連応用研究の紹介

「ライニング式地中熱空調システム」

(大)福井大学 学術研究院 工学系部門 工学領域 建築建設工学講座 環境防災工学分野 講師 寺崎 寛章 氏

「再生可能エネルギーによる地域経済活性化効果の研究」

(学)福井工業大学 経営情報学部 経営情報学科 教授 菊池 武晴 氏

「熱放射による光発電」

(独)福井工業高等専門学校 電気電子工学科 准教授 松浦 徹 氏

◆福井県の脱炭素関連施策等の紹介

福井県 エネルギー環境部 エネルギー課 新エネルギーグループ 主任 岩井 渉 氏

◆名刺交換会



住友商事(株)
徳永氏の講演



福井大学
寺崎氏の講演



福井工業大学
菊池氏の講演



福井工業高等専門学校
松浦氏の講演

お問い合わせ先

(公財)ふくい産業支援センター オープンイノベーション推進部 プロジェクト推進室 元山

「知的財産セミナー(IR交流会)～海外進出企業の取り組みと支援制度活用事例～」開催報告

ふくいオープンイノベーション推進機構(FOIP)では、県内において新たなイノベーションを創出するために、産学官金連携による技術開発や製品開発を支援しています。今回、FOIPと(公財)ふくい産業支援センターの共同主催、INPIT福井県知財総合支援窓口との共催で、知的財産を活用して海外市場に進出する県内企業の取り組みと、企業が活用できる支援制度や活用事例を紹介した知的財産セミナーを開催いたしました。

『知的財産セミナー(IR交流会)～海外進出企業の取り組みと支援制度活用事例～』概要

日時：令和7年1月28日(火)14:00～16:40

場所：福井県工業技術センター C101

参加者：34名

主催：ふくいオープンイノベーション推進機構、(公財)ふくい産業支援センター

共催：INPIT福井県知財総合支援窓口

内容

◆セミナー

(1) 「どん底人生 零細企業が夢見る、知財戦略での世界制覇の野心」

(株)秀峰 代表取締役会長 村岡 貢治 氏

知財功労賞特許庁長官賞を受賞した同社の会長より、これまで経験されたビジネスでの紆余曲折と現在までの知財戦略についてご紹介いただきました。国内出願や海外出願、拒絶対応など含めると知財の費用がかかりますが、同社は各種補助金を活用し、現在は230件以上の特許を保有しています。大手企業との取引への信頼性の担保や他社への牽制には特許取得が有効であると考え、「クレーム数×特許件数」を意識した知財戦略を続けているとのこと。



(株)秀峰 村岡氏の講演

(2) 「海外展開における知財戦略」

(株)マーベルコーポレーション 代表取締役 小澤 聖輔 氏

環境に配慮した木材の高耐久化技術の開発や製造販売等を手がける同社は、国内の特許・商標を基に、海外展開のために台湾・米国・中国に海外出願を行いました。セミナーでは、この海外出願で、スモール企業であっても海外での実力の証明になり、海外への支社設立や大型受注、農林水産省「輸出事業計画」の認定取得につながった経験をご紹介いただきました。



(株)マーベルコーポレーション 小澤氏の講演

◆支援紹介

(1) 「知財の基礎と特許庁の知財支援メニュー紹介」特許庁 総務部普及支援課 産業財産権専門官 根生 拓弥 氏

知的財産の基礎と特許庁や各機関の支援内容について説明がありました。知的財産の権利化は、取引先への安心感や、権利侵害の際の差止請求権等が得られるだけでなく、他社との市場優位性を確保でき、開発コスト等の適切な回収につなげることができるとのこと。

そのほか、国内出願や海外出願において中小企業が活用できる補助金制度やINPITなどの無料相談窓口、知的財産のe-ラーニングサービス「IPePlat」などの紹介がありました。

(2) 「INPIT福井県知財総合支援窓口の活用事例」INPIT 福井県知財総合支援窓口 支援担当者 奥田 千鶴 氏

INPIT福井県知財総合支援窓口での県内企業のサポート体制や支援制度の説明や、メールにより更新期限のお知らせがくる「特許(登録)料支払期限通知サービス」など、無料で活用できる有用なサービスを紹介がありました。

INPITでは、企業の相談内容に応じて、事業・知財戦略の策定助言や戦略に合った知財活動の方向性の提案を無料で実施しており、他機関とも連携して開発戦略、事業戦略と合わせた三位一体の経営戦略を支援しているとのこと。

産業技術先進地調査企業見学会 (脱炭素関連技術分野) 開催報告

(公財)ふくい産業支援センターが事務局を務める、ふくいオープンイノベーション推進機構(FOIP)では、重点支援分野の一つとして、「脱炭素関連技術」をかね、県内企業の技術開発を支援しています。

今回、成長分野の最先端情報や新分野進出のヒントを提供することを目的に、(一社)ふくい水素エネルギー協議会とFOIPの共催で、脱炭素に向けた水素の利活用の取り組みを調査する企業見学会を開催しました。

先進事例として、ジェイ・バス(株)にて燃料電池バス「ソラ」の製造現場を見学、アルハイテック(株)にて廃アルミから水素を生成する装置を見学しました。

また、目的地に向かう車内では、(一社)ふくい水素エネルギー協議会の羽木様より、燃料電池バス、金属による水素の製造、発電でのCO₂の排出と電力料金の関係や水素の重要性等についてご講演いただきました。

『産業技術先進地調査企業見学会(脱炭素関連技術分野)』概要

日時：令和6年12月11日(水)9:00～18:00

訪問先：ジェイ・バス(株)(石川県小松市串町工業団地30番地)
アルハイテック(株)(富山県高岡市オフィスパーク1番地)

参加者：20名

主催：ふくいオープンイノベーション推進機構

共催：(一社)ふくい水素エネルギー協議会

内容：◆挨拶 (一社)ふくい水素エネルギー協議会 代表理事 中山 浩行 氏
◆講演 (一社)ふくい水素エネルギー協議会 羽木 秀樹 氏
◆見学1 ジェイ・バス(株) 説明者：総務部 工場見学担当 中村 光男 氏
◆見学2 アルハイテック(株) 説明者：代表取締役社長 水木 伸明 氏



(一社)水素エネルギー協議会 中山氏の挨拶



(一社)水素エネルギー協議会 羽木氏の講演



ジェイ・バス(株)中村氏からの説明



アルハイテック(株)水木氏からの説明

お問い合わせ先

(公財)ふくい産業支援センター オープンイノベーション推進部 プロジェクト推進室 元山

成長型中小企業等研究開発支援事業 (Go-Tech事業) 成果事例の紹介

Go-Tech事業は、中小企業等が大学・公設試等の研究機関等と連携して行う研究開発、試作品開発および販路開拓への取り組みを支援する経済産業省の事業です。

当センターでは、事業の申請から、事業管理機関として事業の推進、終了後のフォローアップまで、一貫して支援しています。当センターで支援した事業の成果事例をご紹介します。

成果事例1

水産業の振興と生態系保全を目的とした、

環境DNA調査の社会実装を実現するプラットフォームの開発

実施年度：令和5～6年度

研究実施機関：(株)フィッシュパス、龍谷大学

研究成果概要：現在の川の生態系調査は、主に投網、潜水調査、釣り人への聞き取りによって行われており、人的・資金的負担が大きくなっています。そこで、水中のDNAを分析することで、採水のみで生態系をモニタリングできる環境DNA分析技術に着目しました。

本研究では、調査依頼から採水、分析、データ提示までを一元管理できるアプリケーションや、専門家以外でもサンプル汚染を起こさない採水キットを開発し、生物多様性や生態系保全、環境改善、漁業の変革と発展に貢献できるサービスの事業化に成功しました。



開発したサンプル採取キットと環境DNA管理アプリの画面

成果事例2

モーター用軽量高強度リングを目的とした、

高精度トウプリプレグと炭素繊維複合材リングの製造方法の開発

実施年度：令和4～6年度

研究実施機関：(株)ニットク、福井大学、福井県工業技術センター

研究成果概要：現在HEV・EV車に使用されている永久磁石モーターでは、遠心力による永久磁石の破損や飛散を防ぐため、モーターの周囲を金属リングでカバーしています。近年ではモーターの小型化が進められており、それに伴い飛散防止カバーについても軽量化が求められています。

本研究では、軽量・高強度な炭素繊維複合材(CFRP)製のリングの製造方法の開発を行いました。炭素繊維を用いた高精度なトウプリプレグ材料と、5軸制御フィラメントワインディング装置を開発し、さらに高精度な強度評価シミュレーションを実施し、軽量・高強度なCFRPリングの製造に成功しました。



開発した炭素繊維複合材リング

県内「ものづくり企業」の成長産業分野への参入 技術開発や販路開拓を伴走サポートします！

(公財) ふくい産業支援センターでは、ふくいオープンイノベーション推進機構 (FOIP) が重点支援する脱炭素、ヘルスケア (医療・看護、介護、未病・スポーツなど)、宇宙、ロボット (人手不足軽減、生産性向上など) 分野への県内企業の参入を促進するため、県内企業が抱える技術開発や販路開拓への課題に継続的に関わりながら解決を目指し、事業化を支援する『成長産業分野の開発・売込支援事業』を行っています。

本事業では、技術開発や販路開拓の課題を有する県内企業に対し、FOIPコーディネーターが伴走支援を行います。また、上記重点分野以外にも積極的に対応しますので、お困りごとがありましたらお気軽にご相談ください。

【相談窓口】 FOIPコーディネーターのご紹介

①プロフィール ②専門分野 ③ひと言

コーディネーター

やまもと まさみ
山本 雅己



①元福井県工業技術センター
所長

元(公財)ふくい産業支援センター
常務理事

- ②新技術・新製品開発支援、産学官金連携支援
- ③長年、オープンイノベーションの推進に関わってきました。お気軽にご相談下さい。

コーディネーター

こすぎ ひろあき
小杉 裕昭



①元パナソニック(株)
通信コアデバイス開発センター
所長(理事)

福井大学産学官連携本部 客員教授

- ②通信・半導体・電子部品技術を主とした技術開発、新規事業開発、及び産学官連携マネジメント
- ③40年ぶりに福井に戻ってきました。故郷の産業・文化の進展に貢献できるよう努めます。

コーディネーター

ほさか たけふみ
保坂 武文



①元ホンダ技術研究所(株)
常務取締役

元東洋電装(株)

代表取締役副社長

元福井県産業労働部 人材戦略マネージャー

- ②研究開発 物創り 商品開発
- ③進めてきた福井県宇宙産業研究をベースに次ステップである宇宙事業化構想具現化に向けて、県内企業様と共に新宇宙ビジネス・事業の展開、進展を目指します。

コーディネーター

にし けんいち
西 謙一



①NES(株) 代表取締役

臨床工学技士(臨床経験あり)

第1種電気工事士(電設経験あり)

国立高度医療研究機関や医療総合商社でニーズ発掘や新規事業開発を担当

- ②医療・ヘルスケア産業への参入や事業化の支援、医療界と異業種との境界領域最適化
- ③『医工連携』の専従者が稀であった15年以上前から携わってきました。培ったノウハウを産業界・医療福祉業界に提供して参ります。

お問い合わせ先

E-mail : crr_support@fisc.jp

(公財)ふくい産業支援センター オープンイノベーション推進部 プロジェクト推進室 三谷



研

究 紹

介

ゴム状高分子の伸長と物性に関する分子論的検討

(大) 福井大学 繊維・マテリアル研究センター 登阪 雅聡

1. はじめに

高分子は、非常に長いひも状の分子で、お互いからみ合っています。溶けた状態では、分子は「ランダムコイル」と呼ばれる、等方的な形をしています。しかし、この状態の高分子に外から力を加えて引き延ばすと、からみ合いを通じて力が分子全体に伝わり、それぞれの分子が一方方向に伸びます。そして、引き延ばされた分子は元の形に戻ろうとし、収縮力を生み出します。この力が、いわゆるゴム弾性のもとになっています。

高分子に力をかけ続けると、分子同士のからみ合いがほだけて、全体が流れるように変形します。ただし、「架橋」と呼ばれる構造で分子同士がつながって網目状のネットワークを作っていると、その流れは抑えられます。このような材料に強い力をかけると壊れることもありますが、壊れない限りは力を取り除くと元の形に戻る、いわゆる「ゴム」は、このようなネットワーク構造を持つ高分子材料です。

一方、私たちの身の回りにある多くのプラスチック製品や繊維は、架橋していない高分子から作られています。これらは高温で成形することにより製造されますが、その際に分子は引き延ばされます。その後の冷却過程で元のランダムコイルに戻ろうとする緩和や結晶化などが起こり、多種多様な微細構造が形成されます。こうした構造の違いが、製品の物性に大きな影響を与えています。

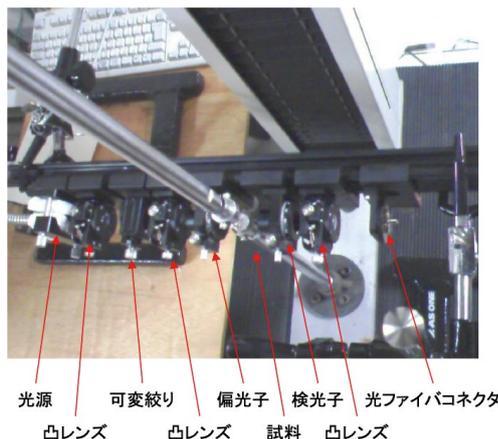


図1 透過スペクトルによる複屈折と応力の同時測定システム。市販の引張試験機に独自の光学系を組み合わせた構成。右側にある光ファイバコネクタからスペクトロメータに透過光を導く^[1]

材料の強度や熔融成形における構造形成過程を分子論的に理解するうえで、高分子鎖の伸長度と応力の関係を評価することは重要です。高分子鎖の伸長度を評価する一つの指針として、複屈折、すなわち屈折率の異方性が挙げられます。高分子を形成するモノマーの多くはモノマー間結合の方向とそれに直交する方向で異なる屈折

率を持ちます。しかしランダムコイルの状態ではモノマーの向きもランダムなので、モノマー固有の屈折率異方性が打ち消しあい、複屈折が発現しません。一方、伸長された高分子では特定の方向を向いたモノマーの割合が多くなるので、材料は巨視的な複屈折を示します。

筆者は、直交した偏光板の間に試料を配置し、透過スペクトルを用いて複屈折を測定しながら応力も同時測定する独自のシステムを構築しました(図1)。この方法の利点は、フィラーの充填などで濁った試料でも複屈折を測定できることです。本システムを用いることで、ゴム状試料の強度や伸長結晶化に関する分子論的な知見を得ることが出来ました。

2. フィラーの充填とゴム材料の強度

図2は、未充填及びシリカフィラーを充填したシリコーンゴムの真応力と複屈折の関係です。ここで先ず、未充填の場合(図2a)について説明します。伸長の程度がそれほど大きくない範囲では、非晶高分子鎖の末端間距離がガウス分布で近似できるため、「ガウス鎖」と呼ばれます。ガウス鎖では複屈折と真応力が比例する「応力光学則」が成立します。図2aでは破断に至るまでこの応力光学則に従っていますが、その時の伸長は元の長さの1.7倍、破断応力(公称応力)は0.17MPaにすぎません。未充填のシリコーンゴムは、分子がそれほど伸ばされていないにもかかわらず、弱い力で破断してしまうことがこの図から分かります。

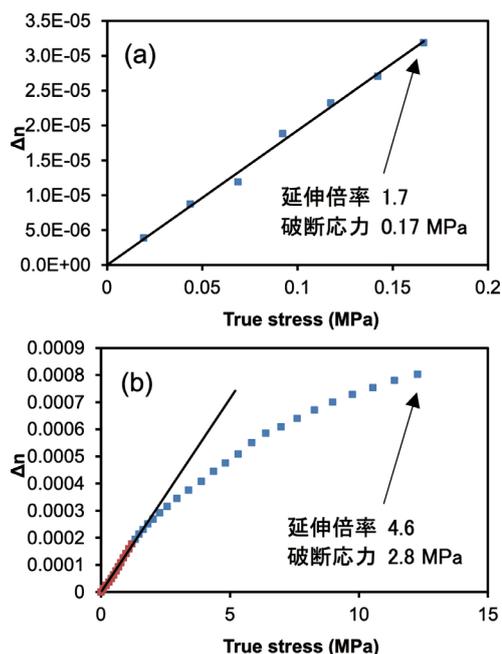


図2 シリコーンゴムの真応力と複屈折の関係。(a) 未充填試料。(b) シリカフィラー充填試料

お問い合わせ先

(大) 福井大学 繊維・マテリアル研究センター
 登阪 雅聡
 〒910-8507 福井市文京3-9-1
 E-mail : tosaka@u-fukui.ac.jp

一方、同じシリコンゴムでもフィラー充填すると、破断伸びと破断応力がそれぞれ4.6倍、2.8 MPaとなり、どちらも大きく向上しています。対応する図2bを見ると、低応力の領域では応力光学則に従っていますが、応力が高くなると初期の直線関係から外れている事が分かります。これはガウス鎖と近似できない高伸長領域まで、分子鎖が破断せずに伸びている事を示しています。

これらの結果から、シリコンゴムの分子そのものは高い破断応力に耐えるポテンシャルを持っていますが、それが発現されるためにはシリカフィラーの充填が必要なのだと分かります。シリカフィラーは応力を均等に分散させる役割を担っていると考えられています。

3. 架橋ゴムの伸長結晶化

硫黄で架橋した天然ゴムは、ある一定の倍率以上に延伸すると伸長結晶化しながら応力緩和します。その過程で分子配向がどうなっているかを調べるため、高速で所定の倍率まで延伸した後、その倍率で1時間保持しました。図3は測定された複屈折と応力の関係を示す一例です。低応力の領域では応力光学則に従って直線的に複屈折が増加しますが、図2bと同様に応力が高くなるにつれて初期の直線関係から外れることから、分子鎖がかなり伸びた状態になった事が分かります。図3のプロットで矢印の最大応力となっているところが、伸長を停止した時点に相当します。そのまま定長で保持している間に、結晶化により応力が緩和しながら複屈折が増大するため、プロットは左上へと伸びています。

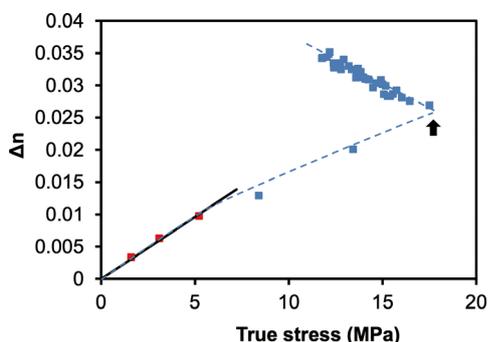


図3 硫黄架橋した天然ゴムにおける真応力と複屈折の関係。試料は高速で元の長さの6倍まで伸長され（原点から矢印までに相当）、その長さで1時間保持された

図4では、架橋密度が異なる3つの試料を元の長さの6倍まで伸ばして保持した際の結果を比較しています。最も架橋密度が低いNR5（緑）は伸長停止時の応力が最も低くなりますが、伸長結晶化に伴う複屈折の増大は最も大きくなります。そのため、応力緩和過程で左上に伸びる

部分の傾きが最も大きくなります。中程度の架橋密度を持つNR3（赤）は、応力光学則の直線関係から明確に外れた後、応力緩和します。左上に伸びる部分の傾きは、NR5よりも小さくなっています。最も架橋密度が高いNR1では、延伸初期の直線関係から大きく外れることから、最終的に分子鎖がかなり引き延ばされていると分かります。応力緩和過程において複屈折の増大はほとんどありません。複屈折の増加は、配向していなかった分子鎖が結晶化によって配向するためにもたらされます。この事を鑑みると、同じ倍率（元の長さの6倍）に延伸された試料でも、架橋密度の低いNR5では配向していない分子鎖が多く結晶化に寄与するのに対し、架橋密度が高いNR1では既に配向していた分子鎖のみが結晶化するという違いのあることが分かります。また、伸長されたNR1の複屈折は0.065程度に留まります。天然ゴムの結晶は固有複屈折が0.13と報告されているので、この試料が示した複屈折は、約半分の分子鎖が完全に伸びきっており、残りの半分はランダムコイルになっている状況に相当します。

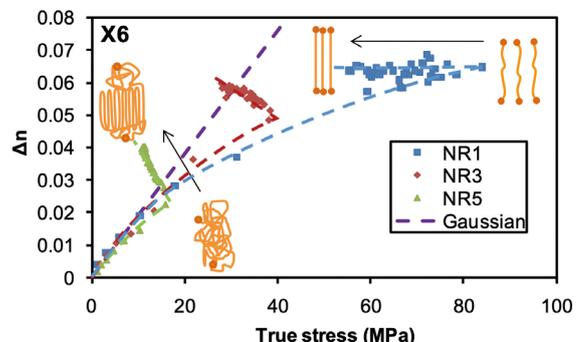


図4 硫黄架橋した天然ゴムにおける真応力と複屈折の関係。試料は高速で元の長さの6倍まで伸長され、その長さで1時間保持された。NR1が最も高い架橋密度を持ち、NR3、NR5の順に低くなる

4. むすび

筆者はこれまでに透過型電子顕微鏡やX線回折を用いた研究も報告していますが、本稿では特に複屈折を用いた研究の事例を紹介しました。複屈折は古くから知られている解析手法ですが、現在はあまり用いられていないように思えます。しかし今回紹介した事例のように、応力など他の物性と同時に測定することで、今でもなお新しい知見を得ることができる手法です。

参考文献

- [1] M. Tosaka, S. Kohjiya, Y. Ikeda, S. Toki, B. S. Hsiao, Polym. J., **42**, 474 (2010).

研

究 紹
介

IoTによる雨水利用システムの 遠隔監視・制御

(学)金井学園 福井工業大学 環境食品応用化学科 笠井利浩

1.はじめに

近年、地球温暖化の影響により降雨があれば街中では内水氾濫が頻発する一方、夏季には長期の記録的な高温による渇水被害も起こっています(図1)^{[1][2]}。現在の地球温暖化対策の進捗や世界情勢を鑑みますとこの傾向は今後益々顕著化すると考えられ、街の災害レジリエンスの観点からも何らかの対策が必要です。街中における洪水と渇水対策の一つとして雨水活用が挙げられます。降雨時には雨水貯水タンクに一時的に雨を貯留してピーク流量を減らすことで、下水負担を和らげて内水氾濫の緩和につなげ、無降雨時には降雨時に貯水した雨水を生活用水等に利用して水資源化し、今後頻度すると予想される渇水対策につなげるものです。しかし治水と利水では相反する稼働条件が求められ、利水目的では満水が良い一方、治水目的ではタンクは空の状態が最適となります。

本報では、上記相反する稼働条件を満たすIoTを導入した雨水活用システムとその運用実績を紹介します。

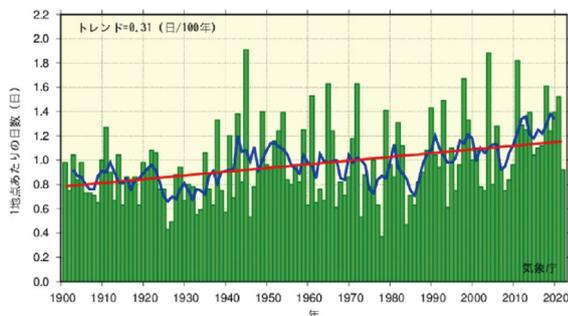


図1 日降水量100mm以上の年間日数

2. IoT雨水活用システムの概要

今回開発したIoT雨水活用システムの構成概略図は図2となります。

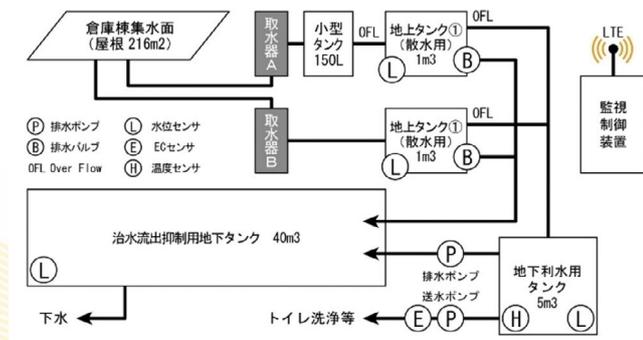


図2 IoT雨水活用システムの構成概略図

集雨面は事務所併設される倉庫であり、集水された雨水は取水器を経て利水用の1m³地上タンク2基に貯留さ

れ、そのオーバーフローは利水用5m³地下貯留槽に貯水されます。1m³地上タンクおよび5m³地下利水用タンクの排水は、40m³の治水流出抑制用地下貯留槽に一時貯留した後にオリフィスを経て下水に徐々に排水されます。本システムを設置した事業所と地上設置タンクの外観は図3です。



図3 IoT雨水活用システムの外観

左上：事業所(上空から) 右上：1m³地上タンク
左下：5m³地下貯留槽排水ポンプ 右下：制御装置

集雨面は事務所棟左横の倉庫屋根(216m²)であり、地上タンクは1000L、利水用5m³地下貯留槽内の貯留雨水は0.4kWポンプで遠隔手動または自動排水できます。水位、水温センサー等の値は常時モニタリングと排水・貯水制御が遠隔で手動または自動で行えます。制御装置はRaspberry Piを用いた回路で構成され、本システムに設置したセンサーやバルブ等が監視・制御できます。なお、利水用5m³地下貯留槽の雨水はトイレ洗浄や散水などの用途に用いられています。

3. 遠隔監視・制御システム

遠隔監視・制御システムの全体システム構成は図4です。遠隔監視・制御システムは、遠隔監視・制御装置ソフトウェア(以下、ソフトウェア)と遠隔監視・制御クラウドサービス(以下、クラウドサービス)から構成されます。ソフトウェアは、クラウドサービスとのデータや制御命令のやり取りを行う通信機能、地上タンクのバルブと利水用5m³地下貯留槽のポンプを制御する制御機能および各タンクから水位、水温、ECを計測する計測機能から構成され、制御装置内のRaspberry Pi上のソフトウェアとして実装されています。一方、遠隔監視・制御クラウドサービスは、仮想サーバ上に構築されています。

お問い合わせ先

(学)金井学園 福井工業大学 環境食品応用化学科
 笠井利浩
 〒910-8505 福井市学園3-6-1
 E-mail : kasai@fukui-ut.ac.jp

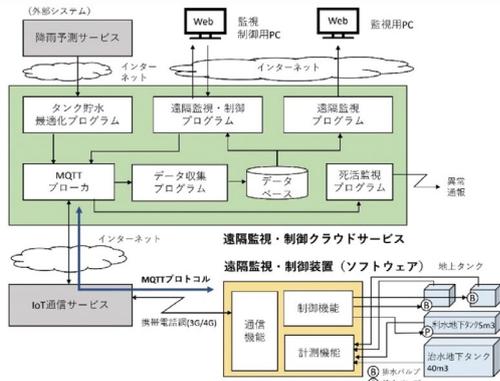


図4 遠隔監視・制御システムの全体システム構成

タンク貯水最適化プログラムは、(株)ウエザーニュースの有料の降雨予測サービスである「1kmメッシュ5分天気予報」を使用して降雨前に自動で事前排水を行うよう制御しています(図5、図6)。本システムは図7、図8のような表示、操作画面で遠隔でスマートフォンやPC等から操作が行えるようになっています。

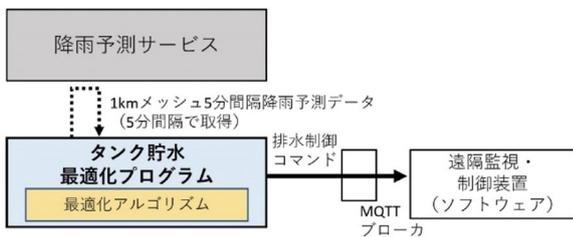


図5 タンク貯水最適化プログラム

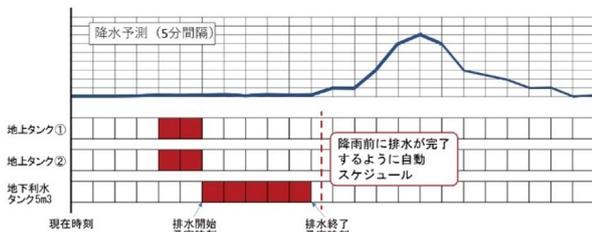


図6 雨量予測に基づく排水制御

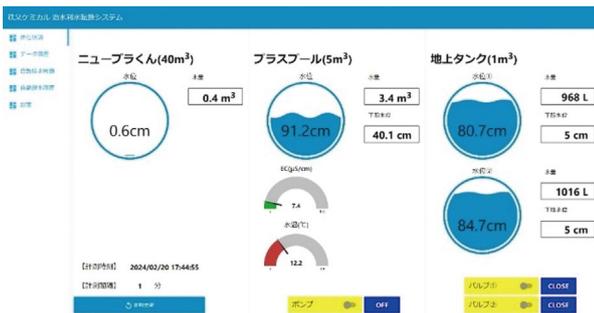


図7 IoT雨水活用システムの表示、操作画面



図8 自動排水制御の設定画面

4. IoT雨水活用システムの運用実績

2022年12月の竣工以来、IoT雨水活用システムは故障なく安定して作動しています。タンク内貯水最適化プログラムが作動し、地上タンクおよび地下貯留槽の雨水が治水容量を確保するために自動排水された時の運用状況が図9です。地上タンクは60分後の累加雨量が5mmを超えると予測された場合、地下貯留槽は30分後の累加が5mmを超えると予測された場合に、それぞれの下限水位まで雨水を排水させる設定としており、図9より、排水バルブ・排水ポンプが機能し、一時的に治水容量が増大されていることが分かります。

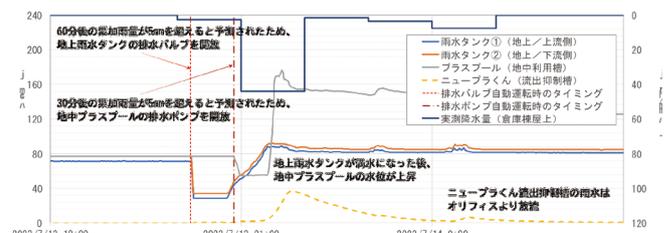


図9 地上タンク・地下貯留槽の自動排水制御の例

5. まとめ

今回、治水と利水目的では異なる雨水活用システムにIoTを導入し、システムの稼働効率の向上を目指した実施例を紹介しました。IoTの導入による効果は、ネットワークを通じたデータの共有と遠隔での一括監視・制御に活かす事でさらに大きなものとなります。

将来的に、今回紹介したようなシステムが街中に複数設置され、IoTを通じて連携稼働する雨水タンククラウドの構築を目指しています。

参考文献

- [1] 気象庁, 気候変動監視レポート2022, 109p., 2023
- [2] 日本建築学会(2024) : AIJES-W0003-2023雨水活用技術規準, 89p.

研

究 紹

介

簡易マスクレスフォトリソグラフィ装置の開発と赤外線分光フィルタの試作

(独) 国立高等専門学校機構福井工業高等専門学校 電気電子工学科 松浦徹、竹内開人、堀川隼世

1. 背景・目的

ナノテクノロジーや半導体産業において、フォトリソグラフィはなくてはならない技術であり、我々は数年前から、簡便に扱えるマスクレスフォトリソグラフィ装置の開発を行っています。半導体工程で用いられる場合、回路パターンをガラス板に描いたフォトマスクが必要となります。一方、大量生産する必要がない研究用途では、マスクを用いず投影光自体にパターンの情報をのせるマスクレスフォトリソグラフィがコスト的に有利です。

先行事例^[1]を参考に開発をスタートしましたが、当初考えていなかった問題が多々発生し、リソグラフィ工程の完成には長らく至りませんでした。令和6年度、ついに期待通りの微細構造作製を実現したため、その結果を紹介します。この結果は、著者の一人である竹内が、福井高専専攻科在籍中に行った研究の成果です。

作製の目標としたのは、赤外線領域の周波数選択板 (Frequency selective surface : FSS) です^[2]。波長 $3\mu\text{m}$ から $1000\mu\text{m}$ の電磁波である遠赤外線は、有機物の分子振動によって吸収されやすいため、赤外線分光スペクトル測定によって、有機物の化学組成を判別することが可能になります。分光スペクトル測定器としてフーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR) が実用化されていますが、測定に光学干渉計が必要なため、手軽に持ち運ぶことはできない欠点があります。

FSSアレイフィルタを用いると、スマートフォンにも搭載可能な小型遠赤外分光器が可能になります。観測したい試料に赤外線を照射し、試料に反射された赤外線を FSSアレイフィルタに通しますと、並べられた FSS ごとに異なる波長の赤外線が透過され、透過光を赤外線アレイセンサで検出することができます。その出力をコンピュータに取り込み、強度マップ画像から試料の同定を行えます (図1)。そこで、赤外線領域の FSS 構造の作製を目標に、フォトリソグラフィ設備の開発を行いました。

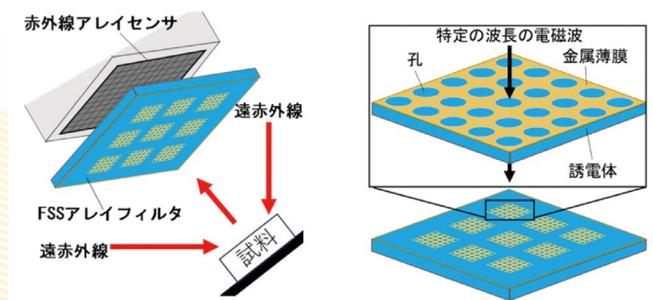


図1 小型遠赤外分光器とFSSアレイフィルタ

2. 過型FSSの設計

透過型FSSは、金属の薄膜に周期的に孔が開いている構造です。周期と孔の大きさを設計するために、オープンソースの電磁界シミュレータOpenFDTDを用いてFSSフィルタの反射率・透過率をシミュレーションしました。今回は真空中にアレイ構造が浮いている単純なモデルで数値シミュレーションを行いました。 $4\mu\text{m}$ 周期で直径 $2\mu\text{m}$ の円形孔をもつFSSモデルの反射率・透過率の計算結果より、波長 $\lambda_0 \approx 4.29\mu\text{m}$ で高い透過率を示すことが分かりました (図2)。実際にはFSSをシリコン基板上に作製するので、シリコンの大きい比誘電率 ($\epsilon_r=11.9$) により透過波長が最大 $15\mu\text{m}$ までシフトすると予想されます。これは赤外線分光フィルタとして有効な波長域にあるので、周期 $4\mu\text{m}$ で直径 $2\mu\text{m}$ 程度の孔が開いた金属薄膜構造を作製することにしました。

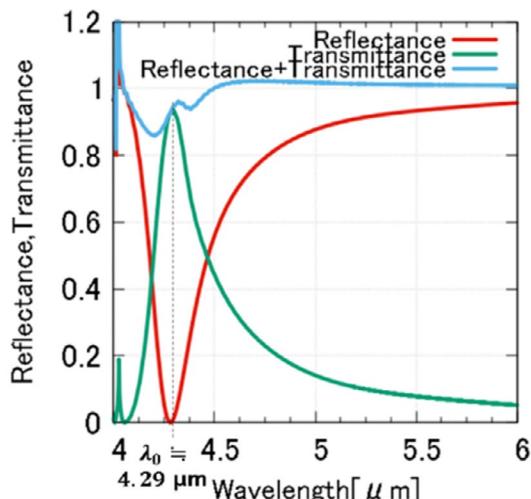


図2 シミュレーション結果
(赤：反射率、緑：透過率、水色：反射率+透過率)

3. FSS構造の作製手順

我々が作成した簡易マスクレスフォトリソグラフィ装置は、市販の小型DLPプロジェクタの投影像を、20倍の接眼レンズを通して顕微鏡に入れ、10倍の対物レンズでさらに縮小し、フォトレジスト (AZ5214E) 塗布済みのシリコン基板上に結像します。FSS構造を作るためには、DLPプロジェクタの投影解像度 (854×480) の限界に迫る必要がありました。そのため、直径 $2\mu\text{m}$ の孔ではなく、 2×2 ドットの四角構造を周期的に並べた構造を投影し、露光部と非露光部の露光量の違いを明確にするために、投影像とDLPプロジェクタの解像度を完全に一致させました。

お問い合わせ先

(独) 国立高等専門学校機構
 福井工業高等専門学校 地域連携テクノセンター
<https://www.fukui-nct.ac.jp/facility/arc/>
 〒916-8507 鯖江市下司町
 TEL : 0778-62-1111 FAX : 0778-62-2597

露光後に反転現像工程を行い、露光した部分以外を現像液で溶かすことで、レジスト膜のマスクがシリコン基板上に形成されました。真空蒸着法により厚さ30nmの金膜を蒸着し、不要になったレジスト膜マスクをリムーバー液により除去することで、FSS構造を作製しました(図3)。

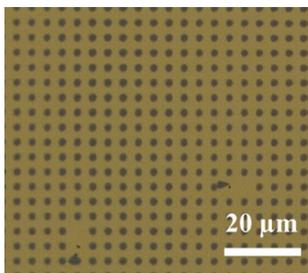


図3 作製したFSS構造の光学顕微鏡像

4. FSS構造の観察と光学測定結果

最適な作製工程を模索した結果、同一基板上に図3のFSS構造を3個作製することに成功しました。光学顕微鏡にて観測したところ、周期は平均 $3.96\mu\text{m}$ 、孔は円形に近くなり平均直径 $2.15\mu\text{m}$ でした。このFSS構造の反射率・透過率測定を、福井県工業技術センターの顕微FT-IR (パーキンエルマー社 Spotlight 400) を利用し測定を行いました(図4)。

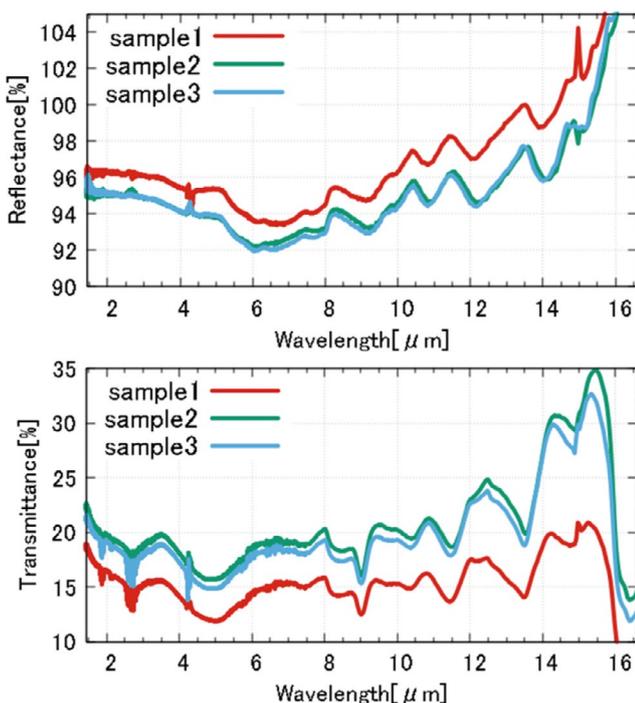


図4 作製したFSS構造の反射率(上)・透過率(下)

しかし、数値シミュレーションで得られていた透過率のピークは得られませんでした。これは、作製したFSS構造はシリコン基板上にあるため、空気とシリコン基板の界面の存在が複雑な結果を生んだのではないかと考えられます。測定で得られたスペクトルを正しく解釈するためには、シミュレーションモデルをより現実に近づける必要があります。シミュレーションモデルの改良を基に、目的とする透過特性を実現するFSS構造の再設計を行うことが次の課題です。

5. まとめ

赤外線フィルタを作製することを目標に、自作簡易マスクレスフォトリソグラフィの限界に挑戦し、FSS構造の作製に成功しました。シミュレーションでの予想とは異なりましたが、作製したFSS構造に起因する特徴的な反射率・透過率スペクトルを観測することに成功しました。

今回のフォトリソグラフィ工程の開発は、試行錯誤の結果が明確に出やすく、フィードバックしやすいものでした。今後も、卒業研究の題材としてフォトリソグラフィ工程の歩留まり率改善を行い、デバイス研究や物性研究にも応用していく予定です。

謝辞

簡易マスクレスフォトリソグラフィ開発に取り組んだ歴代の卒業研究生、小林修児氏、代継海斗氏、中田理絵氏、鈴木大也氏、笹島優希氏、タン ジ ウェイ氏、笈田龍祈氏、谷口真一氏、明新裕司氏、小柳登榔氏、小山田瑞季氏に感謝いたします。また、FT-IRの利用に際し、松井栄樹氏、福井県工業技術センターに感謝いたします。

参考文献

- [1] アームシステム株式会社、マスクレス露光装置・顕微鏡LED露光ユニット, <https://www.armssystem.co.jp/>
- [2] R. S. Anwar, et al., Frequency Selective Surfaces: A Review, Applied Sciences, Vol. 8, no. 9:1689 (2018)

研

究 紹

介

魚介類に多い「タウリン」のアンチエイジング効果の研究～新たな健康機能性発見に向けて～

(大) 福井県立大学 生物資源学部 伊藤 崇志

1. 研究の背景と目的

栄養ドリンクの成分で有名なタウリンですが、もともと私たちヒトの体の0.1%を占める大切な物質です。タウリンは魚介類にたくさん含まれる物質で、日本人はもともと魚介類の消費が多いことから、タウリンの摂取も多いことが知られています。また、日本では、タウリンは滋養強壮に効くドリンクに配合されているほか、心臓病や肝臓病のクスリとして処方されます。

私たちの体はタウリンを肝臓で生合成したり、食事で補給したりすることでタウリンを維持しています。心臓や肝臓以外にも様々な病気についてヒトでの臨床試験などで研究がされており、美容や糖尿病などの生活習慣病にも効果がある可能性があります。

最近、2023年サイエンス誌に発表された、タウリンの摂取によって老化が予防されて寿命が延伸する、という知見が注目を集めています。この論文では、ヒトやサル、マウスにおいて加齢と血液中のタウリン量との関係が調べられ、加齢に伴ってタウリンがどんどん減っていくということが報告されています。一方で、加齢したマウスにタウリンを1日1回投与してあげると、個々の臓器で観察される細胞の老化が抑制され、マウスの寿命が10%も延びました。これらのことから、加齢によるタウリンの減少が身体の老化を進めていいて、高くタウリンを維持することで老化を遅らせられると結論付けています。ところが！2025年の6月、サイエンス誌に相反する知見が報告されました。大規模なヒトのデータを解析した結果、20代から100歳までのヒトで血液中のタウリン量は変化しないか、加齢によってタウリンが減らないどころか、むしろ増加する傾向にありました。論文の筆者たちは、少なくとも、タウリンは老化を測るようなバイオマーカーにはならないと結論付けられています。(海外のネット上では、この結果に落胆の声が上がっています。)

私たちのグループでも、2023年の方の報告が発表されてから間もなく、タウリンが本当に“個々の細胞で観察される老化”を抑制することができるのか、研究をすることにしました。私たちの研究では、年を重ねるごとに進んでいく老化ではなく、病気によって誘発される細胞老化に対してタウリンがどのように作用するか検討し、今年4月、学術論文として報告しました。(Akihiro Tsuboi, Hamida Khanom et al. Redox Biology (2025))

2. 四塩化炭素によって誘発される肝臓の細胞老化に対するタウリンの効果

四塩化炭素は肝臓で分解されて毒性を持つ物質です。マウスに四塩化炭素を投与すると肝障害が誘発されます。また、この肝障害モデルでは細胞の老化が起こることが分かっていました。私たちは、このモデルにタウリンを飲み水に入れて1か月間飼育を続けて、その後の肝臓の状態を調べました。その結果、タウリンを投与したマウスでは投与していないマウスに比べて老化した細胞の数が低下していました(図1)。それに伴って、四塩化炭素による肝障害や酸化ストレス(*)はタウリンを投与したマウスで有意に抑制されました。細胞老化を抑える効果に関しては、再現性が認められたと言えると考えています。したがって、タウリンの肝臓病に対する有効性のメカニズムの一つとして、細胞の老化を抑える作用が示唆されました(図1)。(※：反応性の高い活性酸素などのような酸化物質が増加して、細胞や臓器を傷つけるようなものこと。)

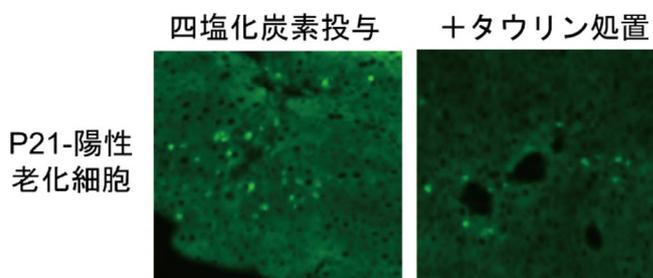


図1 タウリン投与による肝臓老化への影響。肝臓の組織切片を老化マーカーのp21に対する抗体を使って染色。緑のドットはp21陽性老化細胞

3. タウリンによる硫化水素を介した抗酸化作用

四塩化炭素は肝臓で酸化ストレスを生じることで肝障害を引き起こします。タウリンがどのように酸化ストレスを軽減しているか検討したところ、タウリンを投与すると肝臓で抗酸化物質である硫化水素の産生が亢進(**)していることが分かりました。

(**：こうしん。活性化していること。)

硫化水素とは、温泉から吹き出る有害ガスというイメージがありますが、実は私たちの体の中でも発生していて、少量であれば生理活性物質として働き、抗酸化作用の他にも、血管の弛緩作用や細胞を保護する作用など様々な機能を持っています。また、それらの作用が細胞老化の抑制に働いていることも報告されています。したがっ

お問い合わせ先

(大) 福井県立大学 生物資源学部 教授 伊藤崇志
〒910-1195 永平寺町松岡兼定島4-1-1
TEL : 0776-61-6000
E-mail : tito@fpu.ac.jp

て、タウリンの投与による硫化水素の亢進は、抗酸化作用だけでなく抗細胞老化作用にも寄与している可能性が考えられます(図2)。

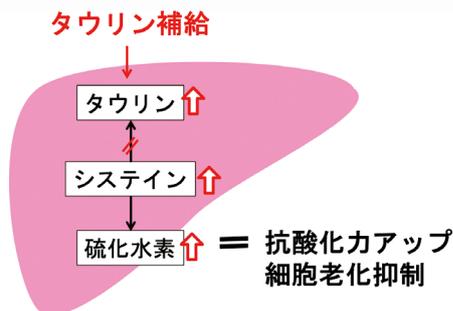


図2 今回発表した研究成果の概要。タウリン投与によって硫化水素の産生が高まることにより、肝臓老化や肝障害が抑制されることが示唆された

4. 注目すべきタウリンの作用

この研究で、今後、注目すべきタウリンの作用がもう一つ見つかったので紹介します。

体を構成する細胞が老化してしまうと、分裂もしないが死にもせず、ゾンビ化することが分かっています。ゾンビ化細胞は、周りにホルモン様の物質を分泌して、自分の周りの、まだ老化していない細胞に迷惑をかけます。炎症を誘発したり、老化を促したり、さらに、最近の報告では、肝臓の老化細胞によって分泌される因子によって、脳や腎臓などの肝臓から遠く離れた臓器においても老化が誘導されることが分かり、細胞の老化は血液にのって遠い組織まで伝播することが示唆されました。タウリンに、そのようなゾンビ化細胞が分泌する因子を抑制する効果がないか検討したところ、IGFBP-1という因子がヒットしました。肝障害のマウスでは肝臓中のIGFBP-1が増大しますが、タウリンを投与するとそれが抑制されました。注目すべきことに、肝臓中だけでなく、血液中のIGFBP-1についても同様の結果が得られました。

今回までの研究ではIGFBP-1が肝臓や全身の老化を誘導するのか、はたまた逆に肝臓や全身に良い効果があるのか、明らかにすることができませんでした。今後、IGFBP-1の作用を阻害するような実験をとおして、タウリンがIGFBP-1を介して肝臓にどのような効果を示すのか研究を進めていきます。

5. 研究成果の意義と今後の展開

私たちの研究から見えたことは、タウリンが硫化水素の産生を高める可能性があることです。タウリンと硫化水

素とも、アミノ酸であるシステインから生合成されます。タウリンを体外から補給することで、肝臓がタウリンを生合成する必要がなくなったためにシステインが余り、硫化水素の生合成により多くのシステインが使われたのではないかと考えています。これにより、肝臓の抗酸化機能が高まって、肝臓の保護作用につながっていると考えられます。タウリンと硫化水素のかかわりを深く研究することで、タウリンの応用が広がることが期待されます。

また、IGFBP-1は、通常、肝臓でしか作られないタンパク質であることが知られており、肝臓から分泌されるホルモンの働きを考えると考えられます。全身での明確な働きはわかっていませんが、加齢に伴う身体の衰えとの関連性が指摘されています。一つは、スウェーデンの高齢女性を対象とした研究では、血液中のIGFBP-1量が多い人ほど骨折のリスクが高いことが分かりました。別の基礎研究では、IGFBP-1は骨の細胞に作用して、骨吸収を促進する方向に働く、つまり、骨をもろくするように働くことが報告されています。これらの報告と今回の私たちのグループの研究成果を併せると、タウリンを投与することによって肝臓の老化を抑え、IGFBP-1の分泌が抑制されることによって、骨折のリスクが低減できる、という可能性が浮上します。高齢者の骨折は寝たきりになるリスクがあり、その予防や対策が検討されていますが、タウリンがその解決に一役買うかもしれません。今後の研究の進展が期待されます。以上のように、タウリンを多く含む魚介類を毎日食べると、肝臓で様々な細胞内のメカニズムが働くことにより肝臓やその他の臓器により効果もたらされることが分かってきました(図3)。これからも、タウリン研究を継続して、ヒトの健康に役に立つような知見を発見し、人々に広くタウリンの重要性を知ってもらえるように発信していきたいと思ひます。

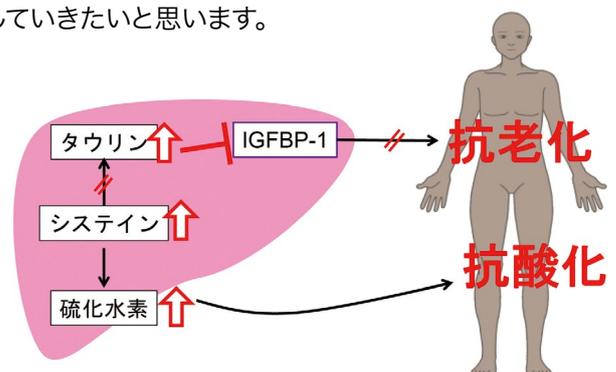


図3 研究成果から示唆される今後の展望。タウリン投与によるIGFBP-1の抑制や硫化水素の亢進が全身での抗老化作用に寄与しているかもしれない

取

組
紹
介

外国人雇用について

(株)日本政策金融公庫 福井支店 支店長 長谷川 敬 (執筆当時 (令和7年6月末))

1. 総人口減少・人手不足

厚生労働省は、2024年に生まれた子どもの数が68万6061人だったことを発表しました。この数値は、1899年に統計を取り始めて以来最も少なく、初めて70万人を割り込みました。2024年の合計特殊出生率1.15も、過去最低です。すでに幅広い業界で人手不足が顕在化し、将来の生産年齢人口(15歳～64歳)のさらなる減少が改めて危惧されます。

この状況は、合計特殊出生率が1.46で全国第2位の福井県でも変わりません。2000年(平成12年)の82.9万人をピークに福井県の人口は減少しています。

福井県の有効求人倍率は84カ月連続全国1位(2025年3月時点)で、県内企業における人手不足は非常に大きな課題です。福井県では雇用対策として様々な施策を行っており、外国人材の雇用についても、重要な施策対象の一つと位置付けられています。

福井県も他の地方と同様、若者の転出が多く、未婚や晩婚化も、次の親世代の減少につながってしまい、課題となっています。2024年の県人口は74万人で、国立社会保障・人口問題研究所によると、2040年には64万人に減少し、生産年齢人口は8万人減少すると試算されています(図1)。

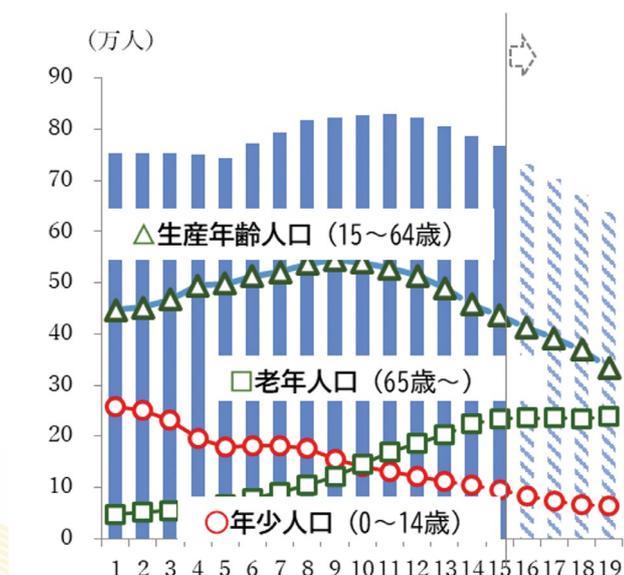


図1 福井県の総人口推移^[1]

2. 外国人雇用の現状

人口減少への対応策のひとつとして、DX化や省人化等の生産性向上とともに挙げられる外国人雇用について、

取り上げてみたいと思います。

わが国の総人口に占める外国人の比率は、2023年に2.5%。国立社会保障・人口問題研究所によると、この比率は今後上昇を続け、2070年には10.8%となると推計されています。外国人労働者の数も増加傾向にあり、2024年には230万人となっており、これは全就業者6,781万人(農林漁業を含む)の3.4%に当たります(図2)。外国人雇用事業所数も同様に増加傾向にあり、2024年には34万件となっています。これは全事業所数507万件(農林漁業を含む)の6.7%に当たります(図3)。

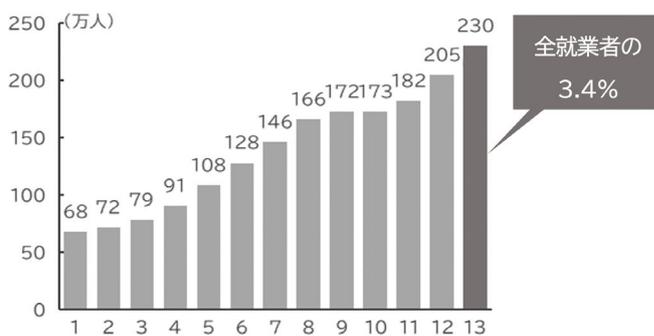


図2 外国人労働者数^[2]

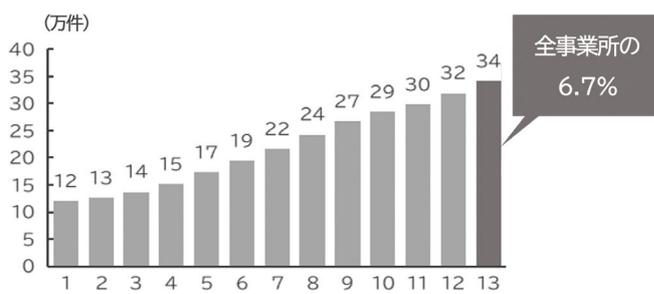


図3 外国人雇用事業所数^[2]

3. 福井県の外国人雇用

福井県内で外国人労働者を雇用している事業所は1,841。業種別では、製造業の割合が30.3%と多く、次いで建設業の17.2%となっています(図4)。また、規模別では、30人未満の事業所は1,183で64.3%と、小規模先が多いですが、雇用人数で見れば、外国人労働者13,594人のうち30人未満の事業所で働くのは約30%にとどまり、100人以上の事業所で働く人数が全体の約半数を占めています。

福井県の約4万事業所のうち約3万事業所が従業員100人未満ですが、外国人を採用している事業所の数は1,841とまだまだ少ないといえそうです。

お問い合わせ先

(株)日本政策金融公庫 福井支店
 〒918-8004 福井市西木田2-8-1 福井商工会議所ビル
 TEL : 0776-33-0030

業種	事業所数	割合
建設業	317	17.2%
製造業	557	30.3%
卸売業、小売業	276	15.0%
宿泊業、飲食サービス業	199	10.8%
医療、福祉	140	7.6%
サービス業（その他）	95	5.2%
その他	257	14.0%
計	1,841	

図4 業種別の外国人雇用事業者数^[3]

4. 外国人雇用に関する福井県の支援策

外国人雇用に関する福井県の主な施策を紹介します。福井県では、受入準備から採用、就労・生活、定着まで段階に応じた5つの支援策を進めています(図5)。

①の「外国人材受入体制整備支援事業」は、2024年7月設立のFUKUI外国人材受入サポートセンターが外国人材の雇用・定着を伴走支援するものです。企業向けには、採用・定着にかかる相談対応、外国人材向けには、日本の就職制度・慣行・採用選考から雇用契約・キャリア支援に至るまでの相談対応を行うものです。

②の「ふくい高度外国人材等活躍応援事業」は、福井県に安定的に来てもらうため、現地で育成した福井のことを分かっている人材を連れてこよとの発想から取り組まれているものです。対象国であるミャンマーの人材育成・紹介会社と連携協定を結び、同社が募集・育成を行う際、日本語学習と合わせて「福井クラス」という講座を設け、来日前から福井の地理・天候・食・文化・歴史・観光・方言などを学んでもらいます。

③の「ふくい雇用創出・定着支援事業」は、専門家派遣や研修の実施など、外国人材を雇用する企業のニーズに合わせた集中的な支援が予定されています。

④の「外国人労働者受入環境整備事業」は、県内企業が外国人雇用のために就業環境や生活環境を整備・改善する費用等について補助金を出すものです。母国語のマニュアル作成、寮の水回り整備、不動産の改修等、外国人労働者の就業環境や生活環境の改善に要する経費が補助の対象となります。

⑤の「外国人相談体制整備事業」は、福井市と敦賀市、県内2カ所に設置している外国人相談センターにおいて、相談員と通訳スタッフが直接外国人からの相談を受けるものです。英語や中国語のほか、ポルトガル語やベト

ナム語、ネパール語やタイ語などの電話通訳相談体制が敷かれています。

主な支援策	支援概要
①外国人受入体制整備支援事業	サポートセンターで外国人材の雇用・定着を伴走支援
②ふくい高度外国人材等活躍応援事業	海外での高度外国人材育成及び採用を支援
③ふくい雇用創出・定着支援事業(予定)	ビジネスマナー研修、異文化コミュニケーション研修実施等
④外国人労働者受入環境整備事業	生活・就労の環境整備を支援
⑤外国人相談体制強化事業	外国人相談窓口による対応

受入準備	採用	就労・生活	定着
←	① →	←	→
←	② →		
←	③ →	←	→
	←	④ →	←
		←	⑤ →

図5：外国人雇用に関する福井県の支援策^[4]

5. 将来の外国人雇用に向けて

2027年6月までに育成就労制度の創設が予定されています。これは、1993年に制度化された技能実習制度を廃止し、技能実習制度を抜本的に改め、長期的に日本の産業を支える外国人材を育成・確保することを目的としているものです。これからの外国人雇用が、単なる作業員ではなく、貴重な戦力として採用され、定着につながっていくことが期待されます。

参考文献

- 『国勢調査、国立社会保障・人口問題研究所「都道府県別将来推計人口(R5推計)」』
- 厚生労働省「外国人雇用の届け出状況」、総務省「労働力調査」2024年、総務省・経済産業省「経済センサス」2021年
- 福井労働局『「外国人雇用状況」の届出状況(令和6年10月末現在)』より抜粋
- 福井県産業労働部労働政策課作成資料をもとに日本政策金融公庫福井支店作成

TECHNO FUKUI

技術情報誌 テクノふくい No.112

2025年8月発行

【編集・発行】

fisc 公益財団法人 ふくい産業支援センター オープンイノベーション推進部

〒910-0102 福井県福井市川合鷺塚町61字北稲田10

TEL : 0776(55)1555 FAX : 0776(55)1554 E-mail : fstr@fisc.jp



- 電車**
- ・ハピラインふくい春江駅から徒歩 約25分
 - ・えちぜん鉄道鷺塚針原駅から徒歩 約20分

- バス**
- ・福井駅西口、京福バス2番のりば
25系統 エンゼルランド線または、
28系統 運転者教育センター線、つくしの団地下車 徒歩3分

- 乗用車**
- ・福井駅より 約20分
 - ・福井北インターチェンジから 約10km 約25分
 - ・丸岡インターチェンジから 約 8km 約20分