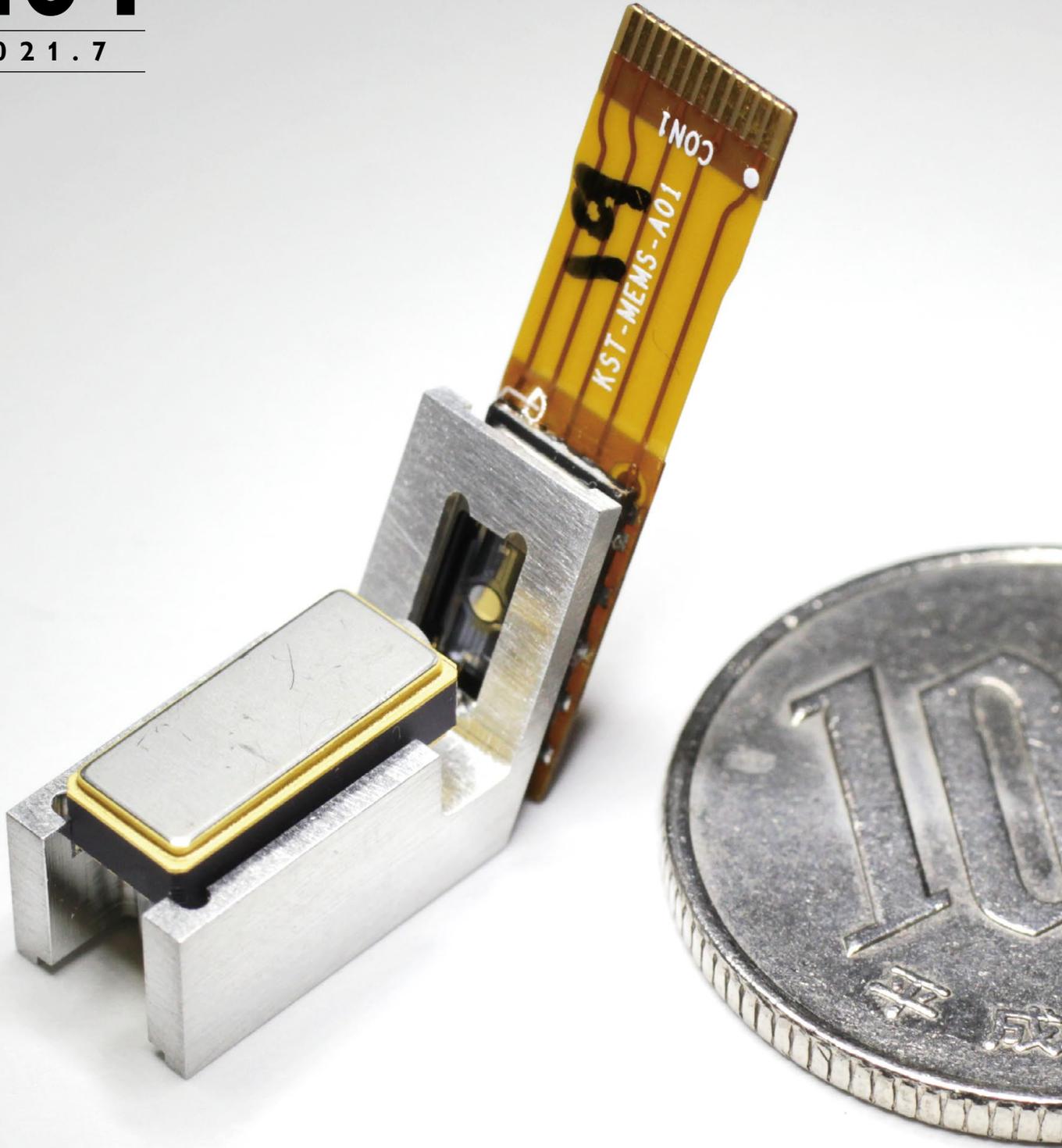


技術情報誌 テクノふくい

# TECHNO FUKUI

No. **104**

2021.7



# CONTENTS

## ごあいさつ 1

## TOPICS 2

- ・ ふくい光学エンジン研究会レーザーディスプレイWGの発足 ..... 2
- ・ 宇宙サーブスイノベーションラボ事業協同組合(SSIL)設立のお知らせ ..... 4
- ・ サポイン事業の成果である大喜(株)の発光ジャカード織物が  
「関西ものづくり新撰2021」最優秀賞を受賞 ..... 6
- ・ ふくい宇宙産業創出研究会～宇宙産業への参入促進の取り組み～ ..... 7

## SPOT LIGHT 8

- ・ 研究紹介 福井大学  
綿ニットのバット染色用全自動液流染色機の開発 ..... 8
- ・ 研究紹介 福井工業大学  
食肉の食感を再現するための培養肉製造技術の開発 ..... 10
- ・ 研究紹介 福井工業高等専門学校  
液状化による家屋傾斜が住人の健康に及ぼす影響とその対策 ..... 12
- ・ 研究紹介 福井県立大学  
ふくいサーモン養殖プロジェクト ..... 14
- ・ 取組紹介 福井信用金庫  
地域金融機関の強みを生かした地域の面的活性化 ..... 16

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

## 山本 雅己



日頃より ふくい産業支援センターの事業推進にご理解とご協力を賜り厚くお礼申し上げます。

4月より常務理事 兼 オープンイノベーション推進部長に就任いたしました山本です。

さて、当センターでは、昨年2月に、商工組合中央金庫（商工中金）様と業務提携・協力に関する包括協定を締結し、商工中金様から職員を派遣していただき、最先端の技術開発に取り組むベンチャー企業の支援に注力しているところでございます。

昨年度は、新型コロナウイルス感染症の影響で行動が制限されるなか、オープンイノベーションを中心に県内モノづくり企業の新技術・新製品開発を支援してまいりました。その結果、経済産業省の戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン）では 過去最高の5件採択されるなど、一定の成果を上げることができました。

ふくいオープンイノベーション推進機構（FOIP）は、この6月でちょうど6周年を迎え、金融機関との連携をより深め、「今できることは、今すぐやる！」の精神で技術開発から事業化までの切れ目のない支援を充実してまいります。今後とも、ふくい産業支援センターおよびFOIPをご活用いただきますよう、よろしく願いいたします。

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

## 後藤 基浩



令和3年4月1日に「ふくいオープンイノベーション推進機構（FOIP）」ディレクターに就任いたしました後藤です。

福井県では、県内の企業や大学・高専、公設試等の研究機関、金融機関が連携するFOIPを平成27年6月に設立し、地域企業の「売れる製品化」を促進しています。これまで国の競争的資金等を活用した炭素繊維複合材料の大型研究開発プロジェクトの促進など、組織・ネットワークを活かして研究開発体制を築き、革新的な研究・製品開発から製品化まで切れ目のない支援を行ってまいりました。

昨年7月、県は20年先を見据えた「福井県長期ビジョン」を策定しました。北陸新幹線開業を迎える最初の5年間は、特に「飛躍するふくい」の実現に向けたプロジェクトを実行することとしており、FOIPといたしましても「とんがろう、ふくい」をコンセプトに世界をリードする技術製品開発を進め、県内産業の多様化や規模拡大を支援します。

特に令和3年3月に自治体初の超小型人工衛星の打ち上げに成功し、宇宙産業の拠点化を目指す「福井県民衛星プロジェクト」、また、国内最大級の公的研究機関である国立研究開発法人産業技術総合研究所の支援を受け、つながる工場テストベッドの開設など県内企業のIoTやロボットなどDXを推進してまいります。

新型コロナウイルス感染症が経済活動に大きな影響を及ぼすなかではありますが、オープンイノベーションにてコロナ禍を、そしてコロナ後に向けた様々な可能性への挑戦のお手伝いをさせていただく所存ですので、皆様方の積極的なご活用をお願い申し上げます。

# ふくい光学エンジン研究会 レーザディスプレイWGの発足

## 1 光学エンジンについて

光学エンジンは、ディスプレイの最も重要な基幹部品であり、RGBの3色の光源と、3つの光源から放射される光を1つの光に重ね合わせる合波器と、映像としてスクリーンに照射する走査機構から構成されています。

福井大学では、わずか8×4×3mmのコンパクトなRGBレーザーモジュールと微小電気機械(MEMS)ミラーを統合した超小型の光学エンジンの作製に成功しました。MEMSミラーがレーザーモジュールからの光を反射する方向を電子的に制御できるため、投影領域全体にレーザー走査を行うことで高品質の2D画像を投影できます。

本モジュールを実現する際の課題の1つは、3つの独立したレーザー光源からの光を1本に組み合わせてフルカラーの光を出力することでした。これを達成するために、下図に示すように、導波路タイプの合波器を世界で初めて実現しました。

この光学エンジンは、文科省・地域イノベーション・エコシステム形成プログラムの採択を受け、開発されました。

### 【地域イノベーション・エコシステム形成プログラム】

文部科学省では、平成28年度から地域の競争力の源泉となる技術シーズを発掘し、地方創生に資する成功モデルを創出するため、地域イノベーション・エコシステム形成プログラムを実施しており、本県では平成29年度に福井大学の光制御技術をコアとしたプロジェクトが採択を受けました。

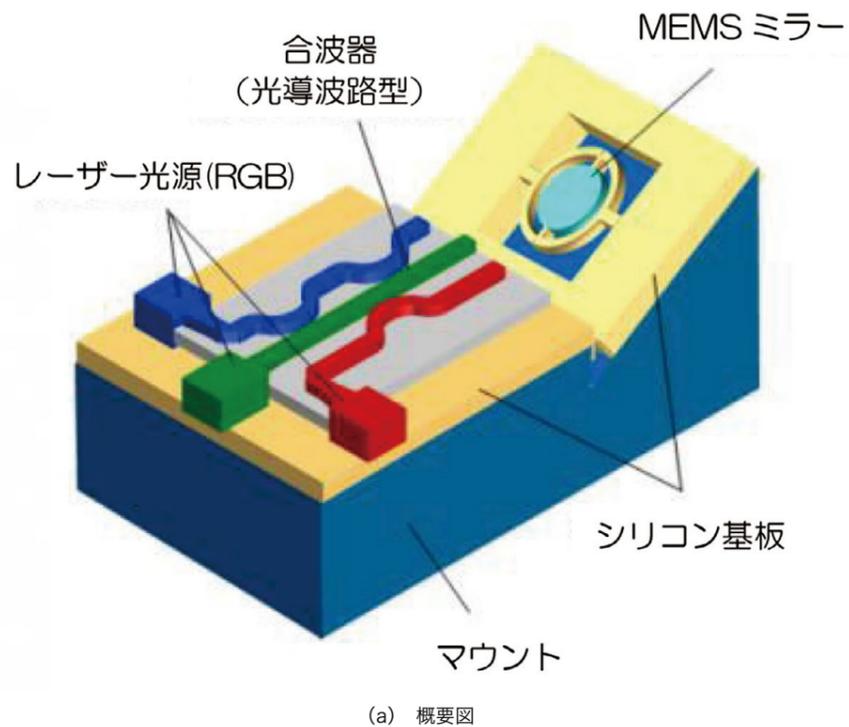
・プロジェクト名：

ワンチップ光制御デバイスによる革新的オプト産業の創出

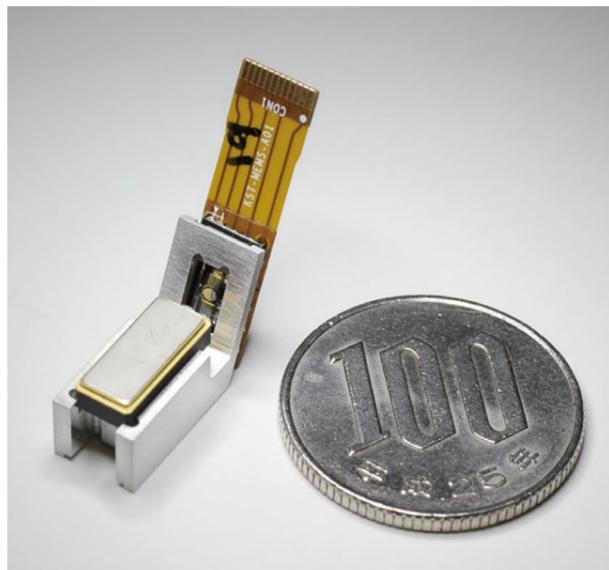
・実施主体：

国立大学法人福井大学、福井県、

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構



(a) 概要図



(b) 実物写真

図1 超小型光学エンジン

## 2 ふくい光学エンジン研究会

(公財)ふくい産業支援センターは、福井大学が開発した超小型光学エンジンから派生する様々な製品開発を支援し、新たな産業の創出および事業化展開を目指すため「ふくい光学エンジン研究会」を平成29年度に設立し、光学エンジン関連の最先端情報のセミナーなどの開催を行っています。

表1 ふくい光学エンジン研究会の活動内容

平成29年度	12月 本研究会発足
	第1回研究会開催 (12/15)
	第2回研究会開催 (3/28)
平成30年度	FS調査研究事業採択 2件
	第3回研究会開催 (7/19)
	第4回研究会開催 (2/28)
令和元年度	FS調査研究事業採択 2件
	第5回研究会開催 (7/3)
令和2年度	FS調査研究事業採択 2件
	第6回研究会WG開催 (11/6)
	第1回レーザディスプレイWG開催 (1/29)
	FS調査研究事業採択 2件

## 3 ふくい光学エンジン研究会・レーザディスプレイワーキンググループ

本研究会では、超小型光学エンジンの理解をより一層深め、製品・実用化を加速させるために、新しくワーキンググループを発足いたしました。

ワーキンググループでは、超小型光学エンジンのデモを行い、県内企業の方に実際の動作を見ていただくと共に、超小型光学エンジンを活かせる新製品はどのようなものかを2つのグループに分かれてグループディスカッションを行い、様々なニーズにおける当該デバイスの可能性について議論を行いました。



図2 レーザディスプレイワーキンググループの様子

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 ネットワーク推進室 芦原、寛

# 宇宙サービスイノベーションラボ 事業協同組合(SSIL)設立のお知らせ

この度、宇宙/空間系スタートアップ企業のコンソーシアムとして宇宙サービスイノベーションラボ事業協同組合（所在/東京都中央区、代表理事/神武直彦、以下SSIL）が設立されました。SSILは最新の研究情報・成果を有するアカデミア連携スタートアップと企業や公共団体との新たな協業機会創出を行い、宇宙ビジネスの発展・育成に貢献することが期待されています。

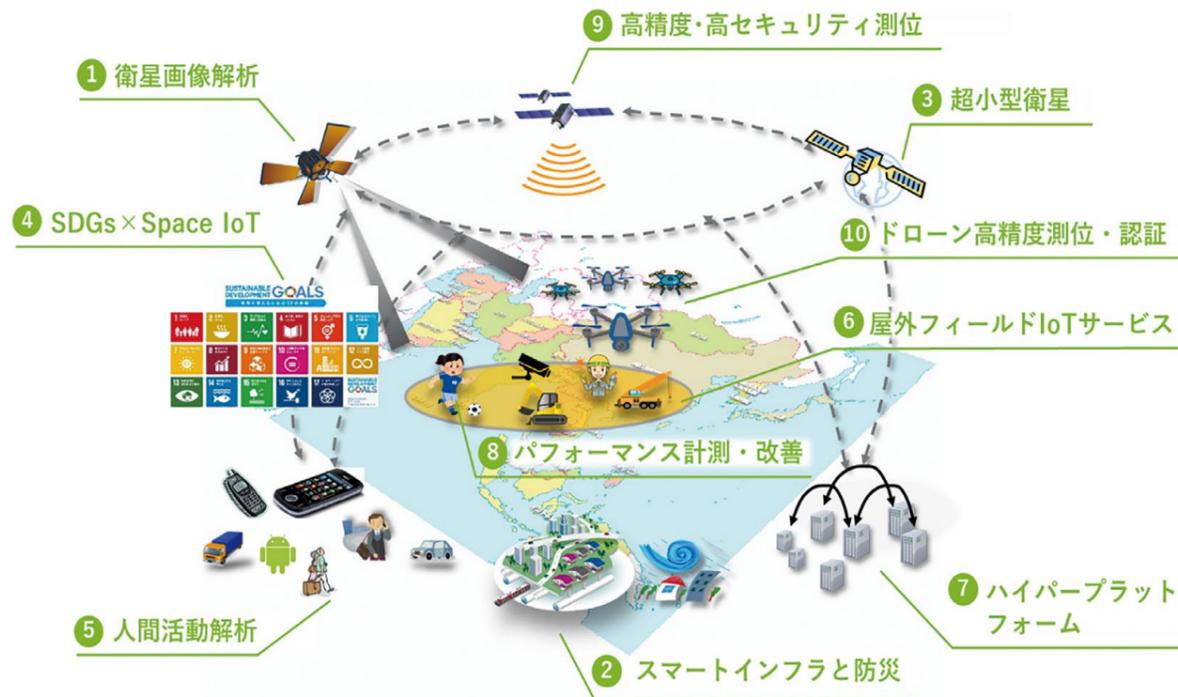
ふくい産業支援センターは、株式会社商工組合中央金庫と共にSSILの設立に向けた支援を実施いたしました。SSILの組合員となる株式会社アークエッジ・スペースと福井県は超小型人工衛星の製造で連携し、既に数機の衛星打ち上げを実現しております。今後は、SSILと県内事業者との連携促進を進め、県内宇宙産業発展に貢献してまいります。

宇宙サービスイノベーションラボ事業協同組合ホームページ：  
<https://ssil.space/>

【参画大学】※2021年5月時点  
東京大学/慶応義塾大学/東京海洋大学/山口大学/東京電機大学/神戸情報学院大学

【参画企業（組合員）】※2021年5月時点  
株式会社アークエッジ・スペース/株式会社Location Mind/株式会社HYPER CUBE/株式会社プランクユニッツ/株式会社GLODAL

■2021.5.18『Space Thinking 宇宙思考で未来を創る「宇宙サービスイノベーションラボ事業協同組合（SSIL）」設立記念シンポジウム』  
YouTube：<https://www.youtube.com/watch?v=iZARJy2KKBs>



SSIL作成資料より

## 【SSILがビジネス化を目指す事業領域】

①衛星画像解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>●複数衛星画像のキャリブレーションとベストな組合せを提供するECサイトの実現</li> <li>●衛星画像の解析・予測サービス、およびそれを行うAI人材の育成支援事業</li> </ul>
②スマートインフラと防災	<ul style="list-style-type: none"> <li>●災害情報、通行可能情報等社会インフラの情報プラットフォーム化</li> <li>●地下埋設物等のオンライン管理支援サービス事業</li> </ul>
③超小型衛星	<ul style="list-style-type: none"> <li>●超小型衛星のコンステレーションを用いて新しい社会基盤サービス（IoT通信、高精度でセキュアな測位等）を目指す</li> <li>※福井県は衛星製造分野で既に連携中</li> </ul>
④SDGs x Space IoT	<ul style="list-style-type: none"> <li>●宇宙IoTやAIを活用し、SDGsに貢献する技術開発を行う</li> <li>●様々なインフラ整備や地域開発・人流物流の影響を定量的に示し、ESG投資を促進する「指標化」と「評価」を実施</li> </ul>
⑤人間活動解析	<ul style="list-style-type: none"> <li>●位置情報の分散・連携解析エンジンの開発を通じて、位置情報の統合サービスを実現</li> <li>●開発途上国で携帯ログデータを使ったコロナ対策を支援</li> </ul>
⑥屋外フィールドIoTサービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>●省電力で利用できるIoTプラットフォームを展開し、放牧の肥育自動化や河川の水害防止など、様々な領域でのIoTプラットフォームの利用を推進</li> </ul>
⑦ハイパープラットフォーム	<ul style="list-style-type: none"> <li>●データ保護とデータ活用を両立し、AIデータプラットフォームを構築する（情報銀行、セキュアな仕組み）</li> <li>●誰もがデータプラットフォームになれる基盤を提供</li> </ul>
⑧パフォーマンス計測・改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>●人や組織、地域の能力や価値を宇宙IoTや社会調査のデータで計測し、目的に合わせて改善を行い、効果を計測する</li> <li>●その計測・改善を継続的に行うシステムをデザインする</li> </ul>
⑨高精度・高セキュリティ計測	<ul style="list-style-type: none"> <li>●高精度で対攻撃性（信頼性）の高い測位サービスを実現</li> <li>●位置情報の性能評価手法の開発、準天頂衛星活用など位置情報全般におけるコンサルティングサービスの実現</li> </ul>
⑩ドローン高精度測位・認証	<ul style="list-style-type: none"> <li>●ドローン運行を支援する総合サービスのデザインと事業化</li> <li>●3次元飛行可能ルートマップ、微気象情報サービス、通信や測位などの電波環境サービス</li> </ul>

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 ネットワーク推進室

# サポイン事業の成果である大喜(株)の 発光ジャカード織物が 「関西ものづくり新撰2021」 最優秀賞を受賞



発光ジャカード織物(LightWeave®)

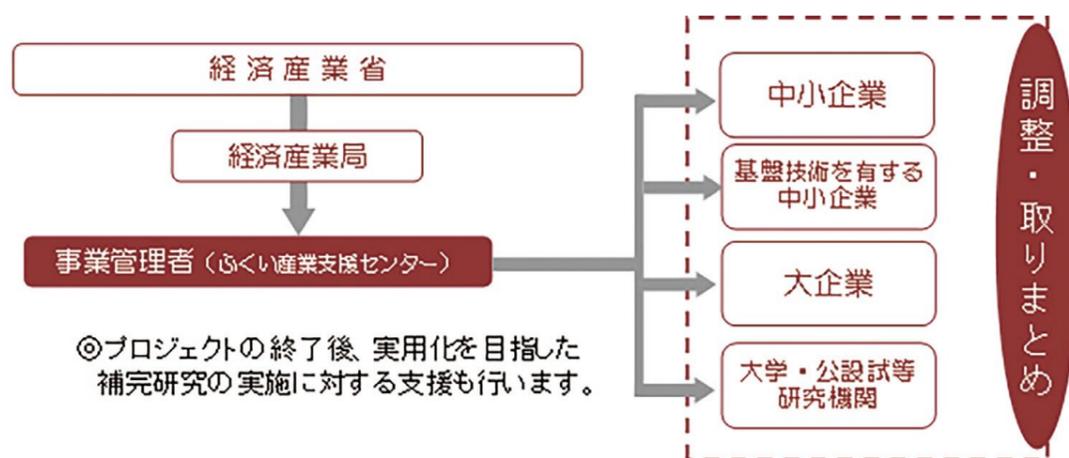
令和3年2月22日、大喜株式会社（福井県坂井市）と福井県工業技術センターが共同開発した、『発光ジャカード織物(LightWeave®)』が、近畿経済産業局の実施する「関西ものづくり新撰」の最優秀賞に選定されました。

この織物は特殊な光ファイバーを使ったもので、織物の一端

から光を入射すると、織物の表面全体が光るほか、通常の下でもジャカード独特の質感をもちます。これにより、新たな癒しの空間の演出や、プログラミングした光の点滅で車の自動運転をアシストするなど、織物自体を電装化することで未来のサービスを生み出すことが可能になります。

この技術は、平成29年から令和元年の3年間、(公財)ふくい産業支援センターが事業管理機関となって実施する戦略的基盤技術高度化支援事業（通称：サポイン事業）を活用することで生まれました。

※戦略的基盤技術高度化支援事業（通称：サポイン事業）とは、「中小企業のものづくり基盤技術の高度化に関する法律」第4条の認定を受けた特定研究開発等計画、又は、地域経済牽引事業の促進による地域の成長発展の基盤強化に関する法律の承認を受けた地域経済牽引事業計画を基本とした研究開発等の事業が応募の対象となる、経済産業省が公募する補助事業です。



## サポイン事業への応募のご相談

お問い合わせ、ご相談については随時対応いたします。お気軽にご連絡ください。

## お問い合わせ先・応募先

(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 上野

# ふくい宇宙産業創出研究会 ～宇宙産業への参入促進の取り組み～

福井県では、平成27年4月に福井経済新戦略を改訂し、革新的なビジネスモデルや製品の開発につなげていく仕組みとして「ふくいオープンイノベーション推進機構 (FOIP)」を設立し、具体的プロジェクトの一つとして「宇宙産業の参入促進」を盛り込み、人工衛星データの利活用について検討しているところです。また、県内企業に対し、宇宙産業でのニーズなど最先端の情報を提供することにより、宇宙産業への参入を支援するため、平成27年9月に、「ふくい宇宙産業創出研究会」を設立し、産業化に向けた情報提供・意見交換を行っています。

## ◆活動内容

- ◇宇宙関連産業に関する調査、研究
- ◇会員企業の発展および宇宙関連産業参入のための調査、情報収集、発信
- ◇宇宙関連産業における先端的ニーズ等提供と企業シーズ技術の募集、ニーズ・シーズのマッチング
- ◇会員の発展および地域貢献のための情報交換・研究成果等の報告、啓発等情報提供

## ◆会員募集

URL申し込み（ふくいオープンイノベーション推進機構への入会を兼ねます）。  
<http://www.fklab.fukui.fukui.jp/kougi/foip/sp/smad.html>

## ◆これまでの取り組み

- ◇人工衛星設計基礎論2020開催（2020年度）
- ◇超小型人工衛星製造現場見学会（2020年度）
- ◇人工衛星設計基礎論開催（2016年度）

## ◆研究会公開セミナーの様子



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 ネットワーク推進室 松井、末定

研  
究  
紹  
介

# 綿ニットのバット染色用 全自動液流染色機の開発

福井大学 学術研究院工学系部門 繊維先端工学講座 教授 中根幸治

## お問い合わせ先

福井大学 学術研究院工学系部門 繊維先端工学講座  
教授 中根 幸治  
〒910-8507 福井市文京3-9-1  
TEL : 0776-27-8639 FAX : 0776-27-8767  
e-mail : nakane@u-fukui.ac.jp

## 1. はじめに

私は平成2年3月に山形大学工学部高分子化学科を卒業した。大学3年生の時の唐澤幹雄先生（故人）の授業「染色化学概論」で染料の分子構造や多様さに興味を持ち、珍しく一生懸命勉強した。4年生で唐澤先生の研究室の一員となり、セルロースの気相染色に関する卒業研究を行った。昇華性の染料（アリザリン）を用い、染色も媒染も気相で行うという研究であった。山形大学工学部は福井大学工学部と同様に、紡織と色染の学科が創立当初からあり、色染科の流れを引き継いだ最後の研究室が唐澤研であった。私は在学中から大学院に進学したいという希望を持っていたが、諸事情で学部卒業後に就職した。ただ、博士の学位を取得したいという気持ちを当時から持っていたために働きながら博士の学位取得のチャンスがありそうな会社で働きたいと思い、唐澤先生と相談して名古屋の染色加工会社に入社した。私の卒業後、唐澤先生は定年を待たずしてご退職されたため私が唐澤研の最後の卒業生になった。入社当時はパブル景気の真っ只中で捺染の部署に配属され、ロータリースクリーン機への色糊の供給と色チェックの業務を2交代勤務でひたすら行った。毎日クタクタになり、作業服から浸透して体に付いた染料を会社内の大浴場で落とした後、寮に戻りそのままダウンスする生活が続いた。このままでは目標の学位取得は無理ではないかという気持ちが大きくなり、会社を辞めて平成4年4月に山形大学大学院修士課程に進学した。会社では良い上司に恵まれ、辞める時にわがままを言って非常にご迷惑をおかけしたことを今でも恥ずかしく思い出す。唐澤先生は既にご退職されていたために大学院では染色の研究はできなかったが、鈴木文男先生（故人）の研究室でゾルゲル法を利用した新素材の作製と物性・構造解析の研究に没頭し博士の学位を取得した。

縁あって平成11年4月から福井大学の小形信男先生の研究室に助手として採用していただき現在に至っているが、今はナノファイバーやナノ複合材料などの研究を主として行っている。

## 2. 再び染色の研究をする機会に恵まれた出会い

上述のように大学院入学後は染色の研究から離れた分野での研究を行ってきたが、染色の研究が好きで機会があれば染色に関連する研究を取り入れたいという気持ちはいつも心のどこかにあった。平成20年頃に山形大学での恩師の鈴木先生から「福井大学産学官連携本部の客員教授に山形大学卒業生の若生寛志さんがおられるので是非会ってみてください」とのご連絡をいただいた。若生氏は関東の大手染色会社で40年勤務され、カラーマッチングシステムの開発、チーズ染色の全自動システムの開発、アクリル織物・ニットのオートスクリーン

着色抜染の開発などを行ってこられたが、特にバット染色では第一人者であり、優れた製品を世に送り出して来られた方である。このような業績の方なので福井大学の堀照夫先生（現福井大学産学官連携本部客員教授）が当時の客員教授としてご依頼されたのだと思われる。お会いして、若生氏が山形大学の関戸実先生の研究室出身だということを知った。関戸先生の研究室の講師として私の恩師の唐澤先生が在籍されていたため、若生氏は私の大先輩ということになる。このご縁で、若生氏が福井大学に来られた時には一緒にお酒を飲ませていただくようになり、染色加工のことなど色々ご指導いただいた。その中で、バット染色を学術的に体系化したいことや、バット染色は難しいので誰でも容易に行えるような綿ニット用の染色設備を作りたいとの若生氏の想いを知り、福井大学の博士後期課程に社会人学生として入学していただき博士号を目指すことになった。実験室では関戸先生が考案されたフィルム巻層法によりバット染料のセロハン中の拡散係数を求めたり、種々の条件で木綿布のバット染色を行ったりして基礎的なデータを得た。これらの知見を基に、バット染色用自動液流染色機を日阪製作所様の方々と開発することになった。

## 3. 綿ニットのバット染色用全自動液流染色機の開発

バット染色は、バット染料をアルカリと還元剤で水に溶ける状態（ロイコ塩）とし、繊維内部に拡散・吸着させた後、酸化させて発色させるという複雑な工程が必要である（図1）。この還元および酸化工程が製品の品質に深く関係するため、バット染色は難しい染色法の一つとして知られる。バット染色物は堅牢度（日光・洗濯・汗など）が非常に優れており、ラコステのポロシャツをはじめとした高級衣料品などに用いられている。しかし、その難解な工程のため、バット染色が出来る染色工場は限られており、また、経験に頼ることの多い加工工程である。

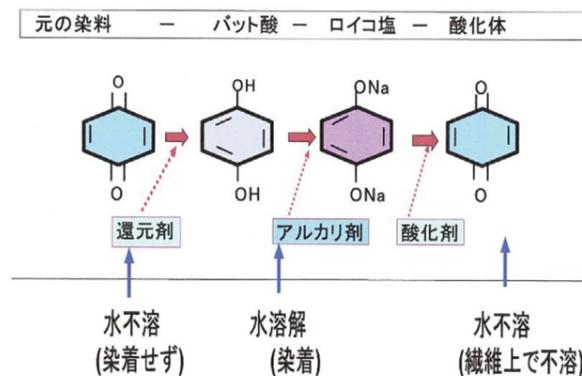


図1 バット染料の反応プロセス

綿織物においては、多くの色相でバット染料を用いた連続染色加工が行われてきた。しかし、綿ニットは、伸縮性が大きく縦方向にテンションが掛かるので、連続染色加工が困難である。したがって、綿ニットのバット染料による染色はバッチ式に頼らざるを得ない。この場合の問題として、染色時間の経過に伴う染色機缶体内での染液の還元電位やpHの変化が挙げられ、これらの制御可能な液流染色機が望まれてきた。

綿ニットを染色するバッチ式液流染色機は常圧染色機がほとんどで空気に対してオープンであるため酸化の影響を受け安定した還元染色はできない。一方、既存の高温高压液流染色機では還元液から酸化液に置換する際に必要なオーバーフロー水洗装置が付いている染色機は無かった。

以上のような背景を踏まえて、若生氏や日阪製作所様と共同でバット染色用の全自動液流染色機を開発・製品化した<sup>1)</sup>。図2にバット染色用に改良した密閉型高压液流染色機の構造を示す。連続的に缶体内の染液の還元電位とpHを測定・制御できるようにした。更に給水量の制御が可能なオーバーフロー水洗装置を取り付けた。この染色機を用いると生機を投入したら染色・水洗まで一度も缶体を開ける必要がないため、熟練した技術者でなくてもバット染色が可能となる。本開発において、実験室での結果を実機に適用する検討を30回以上繰り返した。最初は、この高压液流試験機の缶体に窒素ガスを封入して染色試験を行っていたが、その後染色工程の単純化と染色機の汎用性及びコスト面を考慮して、窒素ガスを封入しない安定した染色法について検討した<sup>2)</sup>。最終的に、黒（Indanthren Direct Black RB coll.）の濃色染めも一回の工程で行うことが可能となった<sup>3)</sup>。本染色機に用いている「染色時の各因子のその場観察」の手法は、他種の染料による染色にも適用でき、不上がり率を大幅に減少するのに役立つと考えている。開発の過程で多くの会社の方々との出会いがあり、産学での研究は、通常の実験室だけで行う研究とは違う醍醐

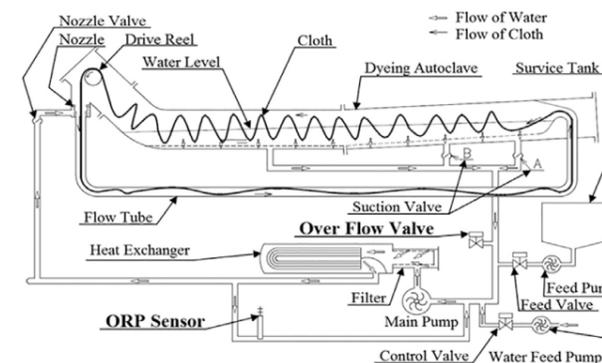


図2 バット染色用全自動液流染色機の構造

味がある。特に、染色加工の研究は実機で実証することが重要であることから企業とのつながりが必要なことを実感した。現在、開発した染色機は関西の染色工場に導入されている。また、既存の液流染色機などを改造することも可能である。

この業績により、若生氏は平成27年3月に博士（工学）の学位を福井大学より授与され、また、開発グループのメンバーは日本繊維機械学会賞技術賞を贈賞された。私にとっては染色の研究をできる機会に恵まれたことがありがたく嬉しい出会いだった。

## 4. おわりに

バット染色機開発の後、天然染料の藍や茜を用いて木綿の濃染化・堅牢度改善の検討を行ったが、残念ながら現時点では顕著な結果は得られていない。

最近気になっていることは、私が卒業研究で行った気相染色（熱転写捺染）である。ポリエステル繊維用の技術を天然繊維に利用して熱転写プリントする技術が岐阜県産業技術総合センターなどで開発されており、着色廃水が発生しないなどの利点から天然繊維の気相染色が注目されているようである。恩師の唐澤先生からは「あなたの卒業研究を発表しなさいよ」と大学卒業後に何度も言われていたがいまだに実現できていない。30年以上前の研究であるが、もしかしたら時を超えて新鮮に受け止めてもらえるかもしれないので、機会があれば発表してみたいと思っている。

近年、インクジェットや超臨界流体を利用した染色など新しい染色技術が進展しているが、従来の染色技術の中にも明らかにされていないことや改善すべきことがまだまだたくさんあるはずである。染色の研究は視覚で結果を判断するワクワク感も魅力である。これからも色々な染色研究を行ってみたいが、私自身、染色が専門と言えるほどの知識や経験はなく、いざやるにしても何に手を付けて良いのかわからないので、何か一緒に楽しめそうなことがあったらお気軽にご一報いただきご指導いただくと幸甚である。

### 参考文献

- 1) 中根幸治, 繊維学会誌, 72, p-221 (2016) .
- 2) 若生寛志ら, 繊維学会誌, 70, 33-38 (2014) .
- 3) H.Wakoh et al., Coloration Technology, 131, 136-141 (2015) .

研  
究  
紹  
介

# 食肉の食感を再現するための 培養肉製造技術の開発

福井工業大学 環境情報学部 環境食品応用化学科 古澤和也、天津瑠奈、河端祐樹

## 1. はじめに

日本では高齢化が進み、なおかつ新型コロナウイルスの感染拡大の影響もあり、人口が減少する傾向となっている。しかし、世界に目を向けると、今も人口は増加傾向にある。当然ながら、ヒトの数が増えれば食料に対する需要も増加する。結果として、食料生産のための農地や牧場の開発が今後も進むことになる。一方で、このような開発がすすむと、地球温暖化や生物多様性の喪失などの様々な課題が顕在化する。現在の農業技術を基盤とする食料生産は多くの課題を抱えており、持続可能な食料生産を実現するためには、新しい技術の開発が必要である。その一つとして近年特に注目を集めている技術が、培養肉製造技術である。

骨格筋をつくる細胞を培養増殖させて、食肉として成型したものが培養肉である。2013年にオランダのMark J. Postが培養肉でつくったハンバーグの試食会を行って以降、世界中で研究が進められている。最近では、米国イト・ジャスト社が培養鶏肉でつくったチキンナゲットをシンガポールで販売した例も報道されている。このように、実用化もなされている培養肉製造技術であるが、課題も多く残されている。例えば、これまでに培養肉製品として開発されたものの多くは、ハンバーグやチキンナゲットなどの成形肉製品の代替品で、焼き肉やステーキなどの食肉そのものの代替品の生産には至っていない。成形肉ではない肉そのものを培養肉でつくりだすためには、食肉の組織形態を再現する必要がある。

図1Aにスーパーマーケットで市販されていた豚肉の免疫蛍

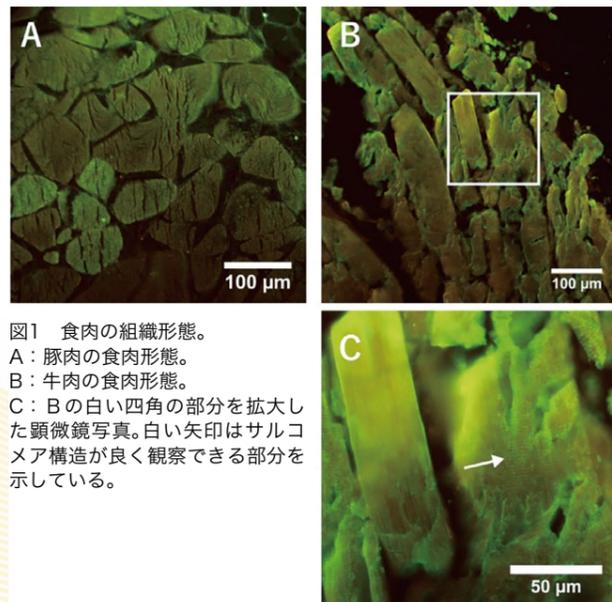


図1 食肉の組織形態。  
A: 豚肉の食肉形態。  
B: 牛肉の食肉形態。  
C: Bの白い四角の部分を拡大した顕微鏡写真。白い矢印はサルコメア構造が良く観察できる部分を示している。

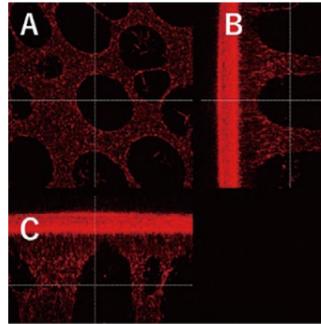


図2 MCCGの共焦点走査型レーザー顕微鏡像。  
A: XY平面。多管構造になっていることがわかる。  
B-C: YZ平面およびZX平面。一方に管構造が伸長していることがわかる。

光染色像が示されている。緑色に光っている部分が筋線維である。この画像は筋線維に対して垂直な面を観察したものであり、豚肉は複数の筋線維が束ねられてできていることがわかる。図1Bには同じくスーパーマーケットで売られていた牛肉の免疫蛍光染色像が示されている。ブタ肉と同様に、緑色に光っている部分が筋線維である。筋線維が一定方向に並んで伸びていることがわかる。また、筋線維の方向に対して垂直に並んだ縞状の構造を見ることができる(図1C)。これが横紋と呼ばれる構造であり、骨格筋の組織形態の特徴の一つである。このように、骨格筋は筋線維が一定方向に並び束ねられて作られている。食肉に特有の食感、このような組織形態と密接な関係を持っている。それゆえ、食肉そのものを培養肉でつくりだすためには、食肉の組織形態を再現する必要がある。

骨格筋の組織形態を再現するための方法として3Dプリンターを使ったバイオプリンティング法が有力視されている。しかし、バイオプリンティング法では、骨格筋をつくる細胞が一定方向に配列した構造を再現することができない。骨格筋細胞を一定方向に配向させる方法としては、骨格筋細胞をコラーゲンやフィブリンなどのハイドロゲル中に分散し、これを一定方向に進展しながら培養する方法がある。しかし、この方法では筋線維が束ねられた組織形態を再現することができない。

我々は、コラーゲン水溶液をリン酸緩衝液中に透析することで、一定方向に多管構造が配列したコラーゲングル(マルチチャンネルコラーゲングル:MCCG)を調製する技術を有している<sup>1)</sup>。図2にMCCGの共焦点走査型レーザー顕微鏡像が示されている。MCCGは、レンコンのように細長い管が一定方向に伸長した構造を持つことがわかる。このような一定方向に管構造が配列した構造は、骨格筋から細胞を取り除いて得られる細胞外基質の形態とよく似ている。従って、MCCGの多管構造に骨格筋のもととなる細胞を直接播種し、培養することで、骨格筋の組織形態を再現することができる。これが本研究において食肉の組織形態を再現するための戦略である。以下では、その方法と構築した再生骨格筋組織の組織形態について紹介する。

## 2. MCCGを使った培養肉製造法

高研(株)より購入したアテロコラーゲン(IPC-50, コラーゲン濃度: 5 mg/mL, pH3.0)をシリコンゴムの型に充填し、20 mM Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>と13 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>を含むリン酸緩衝液(pH7.0)を培養皿に加えることで矩形のMCCGを調製した。その後、0.5 mmol/mLのゲニピンを含むリン酸緩衝液に24時間浸漬することでMCCGを化学架橋した。MCCGの両端をメスで切除することで多管構造内腔を露出した。ダルベッコ変法リン酸緩衝液(PBS(-))で4回洗浄して余分なゲニピンを除去した。その後、100倍希釈したマトリゲルでMCCGの多管構造内腔をコーティングした。

マウス由来筋芽細胞様細胞株(C2C12)が培養液中に分散した細胞懸濁液を、MCCGの露出した多管構造内腔に通す様に繰り返し流し込むことで再生骨格筋組織を構築した。構築した再生骨格筋は、4週間増殖培地(10%ウシ胎児血清および1%ペニシリン・ストレプトマイシンを含むDMEM)を使って培養し、その後2週間筋分化培地中(2%ウマ血清、1%ペニシリン・ストレプトマイシンを含むDMEM)で培養することで再生骨格筋組織の筋分化を行った。酸素や栄養分の試料中への拡散効率を向上させるために、示量の培養は、小型シェーカーを使って振とうさせながら行った。

## 3. MCCGを使って構築した再生骨格筋の組織形態

図3Aに構築した再生骨格筋組織の写真が示されている。多管構造内腔に播種した細胞が線維状の細胞塊をつくり一定方向に配列している様子がわかる。図3Bおよび図3Cには、同試料の蛍光染色像が示されている。青色は細胞核、緑色はミオシン重鎖、そして橙色はコラーゲンを示している。細胞核はNucblueという細胞核染色色素で染色して可視化した。ミオシン重鎖は、免疫蛍光染色を行うことで可視化した。また、ゲニピン架橋したコラーゲンは強い自家蛍光を持つため、特に蛍光染色を行わなくてもコラーゲンを蛍光顕微鏡で観察することができる。図3Bは図3Aと同じ方向から観察した蛍光顕微鏡像である。MCCGの管構造の長軸に沿って一定方向に細胞が配向している様子がわかる。また一部の細胞は細胞融合を起こし、その結果一つの細胞に複数の細胞核が含まれる多核化を引き起こしていることがわかる。これは、筋芽細胞が筋管細胞へと分化していることを示しており、骨格筋分化が進行していることを示唆している。一方で、図1Cの顕微鏡写真で観察されるような横紋は観察されなかった。図3Cに示されている顕微鏡写真は、図3Aの観察方向に対して垂直な方向から観察したものである。管構造に対して細胞が敷き詰められている様子がわかる。空の管構造も目立つが、図1Aに示

## お問い合わせ先

福井工業大学 環境情報学部 環境食品応用化学科  
〒910-8505 福井市学園3丁目6-1  
TEL : 0776-29-2465  
e-mail : kfurusawa@fukui-ut.ac.jp

されているような筋線維が束ねられた組織形態を再現することができている。

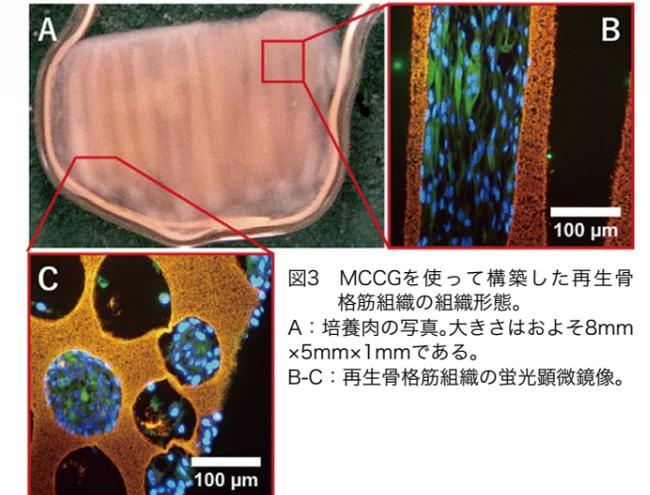


図3 MCCGを使って構築した再生骨格筋組織の組織形態。  
A: 培養肉の写真。大きさはおよそ8mm×5mm×1mmである。  
B-C: 再生骨格筋組織の蛍光顕微鏡像。

## 4. おわりに

以上の様に、我々の研究グループではMCCGを鋳型足場材料として骨格筋細胞を培養することにより、骨格筋の組織形態を高度に再現する技術を開発してきた。一方で、多管構造のすべてに細胞を敷き詰めることができていないことや、横紋構造を再現できていないことなどの課題も多く残されている。現在、我々の研究グループでは、細胞を播種する方法や、培養液組成、MCCGをコーティングする細胞外基質タンパクなどの条件検討を進めることで上述の課題を解決し、骨格筋の組織形態を完全に再現することを目標に研究を進めている。

我々のグループでは今回紹介した培養肉の製造技術の他にも、ヒトの生体組織の階層構造を再現した再生組織の構築技術や、ミニ臓器として良く知られているオルガノイドの新しい構築技術など、食品機能や薬品機能を評価するためのモデル系の開発にも取り組んでいる。こうした組織工学技術を福井県の医療や産業の発展に役立てていくことも我々の使命の一つと考えている。

## 参考文献

- 1) Kazuya Furusawa, Shoichi Sato, Jyun-ichi Masumoto, Yohei Hanazaki, Yasuyuki Maki, Toshiaki Dobashi, Takao Yamamoto, Akimasa Fukui, Naoki Sasaki, Biomacromolecules, 2012, 13, 29-39

研究紹介

# 液状化による家屋傾斜が住人の健康に及ぼす影響とその対策

福井工業高等専門学校 環境都市工学科 芹川由布子

## 1. はじめに (研究背景)

本稿では、震災後の現地調査により得られた知見、および今後の研究課題についてご紹介いたします。

これまでの大震災のたびに、図1のような甚大な液状化被害が発生し、地盤沈下や家屋の傾斜が大きな問題となりました。地盤の隆起は、道路の通行不可能箇所が発生するなどといった、災害後の迅速な救命活動の妨げとなります。さらに、傾斜している家屋に住み続けていることで、住人に健康障害が生じることがこれまでに数多く報告されています。

図2に写っている家屋は、一見何の損傷もみられませんが、健康障害を引き起こす指標とされている0.6° (10/1000) を超える傾斜量の家屋ばかりです。実際に家の中に入ると、平衡感覚を失うほどの傾斜を感じ、住人は引っ越しを選択していました。健康障害とともに住む場所を失うということは高齢者にとっては致命的な問題であり、今後の高齢化社会を先取りして解決しなければならない問題であると考えられます。

## 2. 家屋傾斜量と健康障害の関係

これまでの研究では、0.6° (10/1000) を超える傾斜量で健康障害が生じるとされていますが、どの傾斜がどのような健康障害を引き起こしているかといったことは明確ではありません。そこで本研究では、家屋の外壁・内壁・床傾斜量の計測および住人の健康状態に関するヒアリングを行いました。これらの結果をもとに、液状化による家屋の傾斜被害と健康障害の関係について明らかにすることを目的としました。



図2 液状化により傾斜した住宅街



図1 液状化による被害

2018年北海道胆振東部地震の際の現地調査では、計57棟の家屋の傾斜量 (外壁・内壁・床) を計測し、傾斜量の最大値と傾斜方向、液状化被害地点を地図上に示しました。限られた範囲内における調査であったにもかかわらず、傾斜の程度には大きなばらつきがあること、住人に様々な健康障害が生じていることが明らかとなりました。健康障害と大きく関係している傾斜量の箇所を特定し、健康障害の発症要因を明らかにする必要がありますと考え、二度目の現地調査では時間経過に伴う体調の変化など健康障害に関する詳細なアンケート調査を行いました。

本項では床傾斜量についての結果を紹介します。図3に床の傾斜量と健康障害の割合について示します。床は外壁に比べると傾斜量が大きいという傾向がありました。0.40° (7/1000) の床傾斜量で健康障害が生じており、1.41° (25/1000) を超える傾斜の場合、回答者全員が健康障害を発症しているという結果となりました。外壁傾斜では1.41° (25/1000) を超える場合でも健康障害を発症していないケースがあったため、床傾斜量は外壁傾斜量に比べ住人の健康障害に及ぼす影響は大きいと考えられます。

床傾斜量が0.6° (10/1000) 以下の場合に発症する症状としては、「ふらふら感・疲労感・不眠・頭痛・めまい」といった5項目が挙げられていました。1.81° (32/1000) を超える場合には吐き気 (嘔吐) や食欲不振など身体機能に大きく関係する症状があらわれていることがわかりました。

これらの結果から、液状化により傾斜した家屋に住み続けている場合、健康障害に関する様々な症状があらわれ、健康障害に大きく影響しているのは家屋内部、特に床の傾斜量であることが明らかとなりました。また、健康障害発症の指標となっている「0.6° (10/1000) 以下」の傾斜量の場合でも健康障害は生じており、さらに、外壁傾斜量と家屋内部の傾斜量が一致していない家屋も多く存在していることがわかりました。

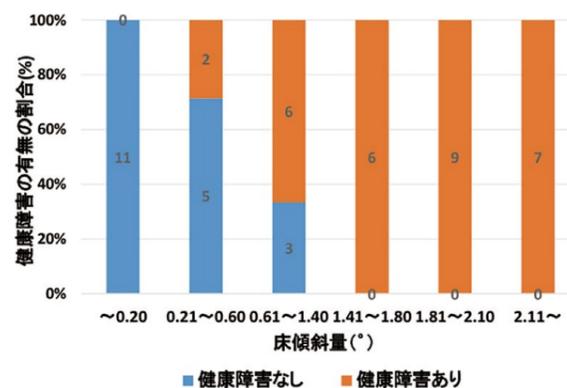


図3 床傾斜量と健康障害の割合

## 3. 住宅に対する丸太を用いた液状化対策工法

戸建住宅に対する液状化対策工法を普及させることで、前述のような液状化被害や健康障害を未然に防ぐことが可能になると考えました。そこで、丸太を用いた既設戸建住宅に対する液状化対策工法の提案・確立を目的とし模型振動実験を行っています。液状化による家屋の傾斜が住人の健康障害に大きく関係していることから、対策工法の評価については加振後の構造物模型の沈下量と傾斜角度の2点に着目します。

家屋に見立てた構造物模型をゆるい砂質土地盤 (液状化地盤) に設置し振動を加え、液状化対策効果を評価します。模型振動実験は、振動台上に土槽を固定した状態で、無対策、丸太1列配置 (図4)、丸太2列配置、丸太1列配置+構造物連結の計4ケースにおける対策効果を比較しました。

図5に各ケースにおける加振後の構造物の様子を示します。最終沈下量については大きい順に、無対策、丸太1列配置、丸太2列配置、丸太1列配置+構造物連結であり、それぞれ7.8cm、5.1cm、3.9cm、2.3cmとなりました。沈下に伴う傾斜については、加振方向に大きく傾斜する結果となりました。無対策と丸太1列配置では約10°の傾斜となり、丸太1列打設による不同沈下の抑制効果はみられませんでした。丸太2列配置では0.5°となり、1列配置に比べると傾斜量が小さい結果となりました。丸太1列+構造物連結についても傾斜量が0.5°であったことから、周囲打設の場合は、丸太を密に打設し地盤を締め固めること、丸太と構造物を一体とすることで不同沈下は抑制されることが明らかとなりました。これらの結果のまとめを図6に示します。最終沈下量の最も小さかった丸太1列配置+構造物連結は、無対策に比べ約71%減少していました。傾斜量の抑制については、丸太2列配置と丸太1列配置+構造物連結が最も効果的であり、無対策に比べ約95%抑制されている結果となりました。

今回の模型振動実験では、丸太打設による液状化抑制効果が明らかになり、丸太打設を行った3ケースは無対策に比べて沈下量および傾斜量を抑制する効果が得られました。しかし、丸太1列配置では十分な効果が得られず、丸太の本数を増や

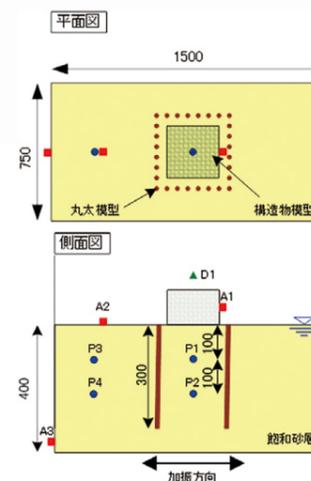


図4 実験概要図

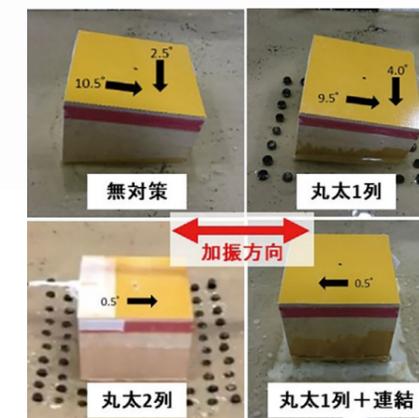


図5 加振後の構造物模型

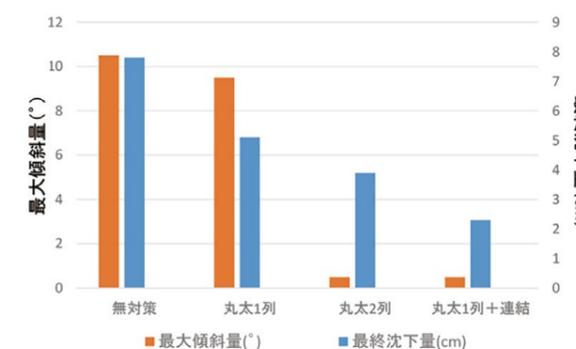


図6 各ケースの最終沈下量と最大傾斜量

す、あるいは丸太と構造物を連結することでより大きな効果が得られることが明らかとなりました。これらの結果より、丸太を構造物に連結させたことで丸太の位置が固定され、構造物直下地盤のせん断変形を抑制し沈下量や傾斜量の抑制効果が得られたと考えられます。

## 4. おわりに

これまでに、地震による液状化被害が発生した地域を訪れ、家屋傾斜量の計測と住民の健康障害に関するアンケート調査を行ってきました。目に見えた倒壊でなくとも居住地を失うことがある、そんな被害を軽減するための液状化対策工法の提案・開発を行っています。従来の「液状化を防止する」という考え方ではなく、「健康への影響を最小限に抑える」という基準を設定することで、人 (住人) に寄り添った対策工法の開発が可能になると考えています。

このような地震工学・防災工学、主に被災地現地調査やアンケート調査、液状化対策工法の開発を通して地域の防災力向上に貢献していきたいと考えています。

### お問い合わせ先

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 鯖江市下町  
 TEL: 0778-62-1111 FAX: 0778-62-2597

研  
究  
紹  
介

# ふくいサーモン養殖プロジェクト

福井県立大学 海洋生物資源学部 末武弘章、瀧澤文雄

筆者の子供の頃にはなかった生のサーモンの寿司は、今や、マグロを超えて一番人気の寿司ネタとして皆さんにも馴染みかかっています。現状では、これらのサーモンの多くは海外輸入に頼っていますが、数年前から「国産のサーモンを!」という気運が高まり、今では福井をはじめ様々なところで養殖され、漁業法の改正もあり、商社や水産系大手企業、ベンチャー企業も参入し、活況を呈しつつあります。とくに、サーモンを海水で養殖するのが盛んになっています。これらには、陸上養殖施設を利用するものと海面養殖場を利用するものがありますが、福井県では嶺南を中心とした海面養殖を行っています。

福井で海面養殖しているニジマスは「ふくいサーモン」として商標登録され福井県のプライドフィッシュにも選定されています。ふくいサーモンは大野市宝慶寺の淡水養殖場を中心に稚魚の中間育成が行われており、大野に雪が降り始め、若狭湾の水温が低下してくる12月頃に海面養殖場に移す「沖出し」

を行っています(図1)。海で大きく成長したふくいサーモンは4-5月に出荷の最盛期を迎えます。私たち福井県立大学海洋生物資源学部では2016年からふくいサーモン養殖事業に関わっています。この際には、生研支援センターの革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)の支援を得て、福井中央魚市株式会社を代表機関に、福井県水産試験場、福井県水産課、日本海区水産研究所、福井県立大学がコンソーシアムをつくり、産官学一体となった研究開発プロジェクトが始まりました。この取り組みの中で福井では孵化から淡水での中間育成、海水馴致、海面養殖までの一貫生産体制を確立しました。高温期の給餌法などの工夫により、当初は沖出しの頃は300g程度でしたが、現在では500g程度と稚魚の大型化への取り組みに成功しています。これに伴い、出荷時の平均サイズも約1.2kgから2.2kgへと大幅に伸びています。また、定期的な魚病検査を行い、淡水養殖場でのウイルス

病の発生を抑えることに成功しています。こうした取り組みにより、生残率も年々増加しています。一方で、課題もくっきりしてきました。

現在、大きな課題と考えているのは淡水養殖場から海面養殖場への移行です。淡水養殖場の冷たい淡水から海面養殖場の最大で10度以上温かい海水へと短期間で移行することから、2つのストレス要因、浸透圧の変化と水温の変化にさらされることとなります。実際にこの海水移行期には耐病性の低下が見られ、元気な時には問題にならない海水中の常在細菌が日和見細菌として感染を引き起こすということが起こっています。また、輸送のための餌止めによる空腹にも関わらず摂餌量が低下して、成長に悪影響を与えてし

まいます。そのためこれらのストレスを低減するための飼育法を開発する必要があります。

私たちはこうした課題解決のために、2020年から生研支援センターのイノベーション創出強化研究推進事業の支援を受け、福井中央魚市株式会社を代表として福井県立大学、東京大学、福井県水産試験場とタッグを組み、また、ふくい水産振興センターなどの協力を得て「サケマス類の日本式海面養殖技術の研究開発」に挑んでいます。

私たちのこれまでの研究から、水温の変化よりはむしろ淡水から海水への移行時の浸透圧の変化によるストレスが、耐病性に影響を与えることを報告しています。具体的に言うと、淡水で飼育した魚を人為的に感染させると、治ってしまうのですが、海水馴致した直後に感染させると死んでしまいます。こうした結果から、浸透圧の変化が感染に耐える力に影響を与えられました。そこで、今回のプロジェクトでは海水移行時のストレスのうち、特に浸透圧

の変化に着目しています。魚類は浸透圧調節の際には、鰓にある塩類細胞によって塩分の排出や取り込みを調節しています。そこで、魚類の浸透圧研究の専門家である東京大学の先生方の力を借りて、鰓や血液で海水馴致時にどのようなことが起こっているのかを電子顕微鏡による塩類細胞の変化、血液の浸透圧の変化、鰓ではたらく遺伝子の変化を調べ、海水馴致時のストレスを把握する指標づくりに着手しています(図2)。こうして作った指標をもとに、海水馴致ストレスを軽減するような給餌法、光調節などの飼育法の開発を福井県水産試験場と福井中央魚市株式会社で進めています。さらに、福井県立大学では海水馴致ストレスの有無による耐病性の違いを感染試験から明らかにする研究を進めています。こうして得られる成果は、ふくい水産振興センターなどの協力機関を通して、日本式のサーモン養殖技術として普及に努めていきたいと考えています。先日、回転寿司チェーンでふくいサーモンの寿司が提供

お問い合わせ先

福井県立大学 地域連携本部  
〒910-1195 福井県永平寺町松岡兼定島4-1-1  
TEL: 0776-61-6000 (代) 0776-50-6313 (直通)  
FAX: 0776-61-6011



図1 大野市宝慶寺の淡水養殖場でのサンプリング



図2 おおい町大島の海面養殖場でのサンプリング

されたことがニュースになりました。今回のプロジェクトの成果によって、県産、国産のサーモンが寿司店に提供されるのが当たり前になるような時が来ることを望んでいます。

本プロジェクトは5か年計画で初年度が終わったばかりです。福井県立大学は2022年には「先端増養殖科学科」というゲノム科学、環境科学、情報科学などを利用した最先端の増養殖を学ぶ場を新設します。本プロジェクトは「先端増養殖科学科」に変わっても引き続き継続していく予定です。産学官の距離が近く、協同して取り組めるのが福井県の大きなアドバンテージであると感じています。「先端増養殖科学科」の新設を通して、福井の、そして日本の水産業の活性化を担う人材の輩出に貢献することが私たちの務めであると考えています。

取  
組  
紹  
介

# 地域金融機関の強みを生かした 地域の面的活性化

福井信用金庫 総合企画部 副部長 高原世篤

福井信用金庫では、従来から金融仲介機能の高度化に取り組んでいるものの、個々の顧客に対する取組みでは、地域経済への効果も限定的であり、営業基盤である地域経済が停滞しているなかでは、さらなる支援の強化が必要であると考えております。

そこで、当金庫では中心市街地活性化の支援や地域の特産品の販路開拓、地域の特色を活かした観光産業の支援など、地域の面的活性化に取り組み始めました。

## 1. 中心市街地の活性化に向けた取組み

### ●「ふくしん未来Lab.」の設置

福井市中心市街地においては、人口減少、ドーナツ化等により、空き店舗や低未利用地の増加による空洞化が進んでおります。

このような中、産官学金の垣根を越えて、地域の中長期的な課題の解決、オープンイノベーション、ソーシャルイノベーションによる新たな価値の創造を目指し、様々なステークホルダー

を幅広く集め、対話を通じた新たなアイデアや問題の解決手段を見つけ出し、相互協力の下で実践するための施設「ふくしん未来Lab.」を設置いたしました。

この施設では福井市の第三セクター「まちづくり福井株式会社」との協同運営により、コロナ禍の影響を受けている中心市街地における賑わいの維持、延いては北陸新幹線福井開業後を見据えた事業者の進出を支援してまいります（図1）。

## 2. 地域の観光資源の磨き上げに向けた取組み

### ●永平寺町との包括的地域連携協定の締結

当金庫の営業地区内に位置する永平寺町においては、新型コロナウイルス感染症によるインバウンド客を含めた観光客の激減により、地域全体が多大な影響を受けております。

今後、失われた観光需要を回復していくためには、地域に眠る観光資源を磨き上げ、より一層地域の魅力を高めるとともに、感染拡大防止策を徹底し、安心・安全な新しい旅のスタイルを普及・定着させていくことが求められております（図2）。

### お問い合わせ先

福井信用金庫 総合企画部  
〒910-8650 福井市田原2丁目3番1号  
TEL: 0776-25-8544 FAX: 0776-25-2113

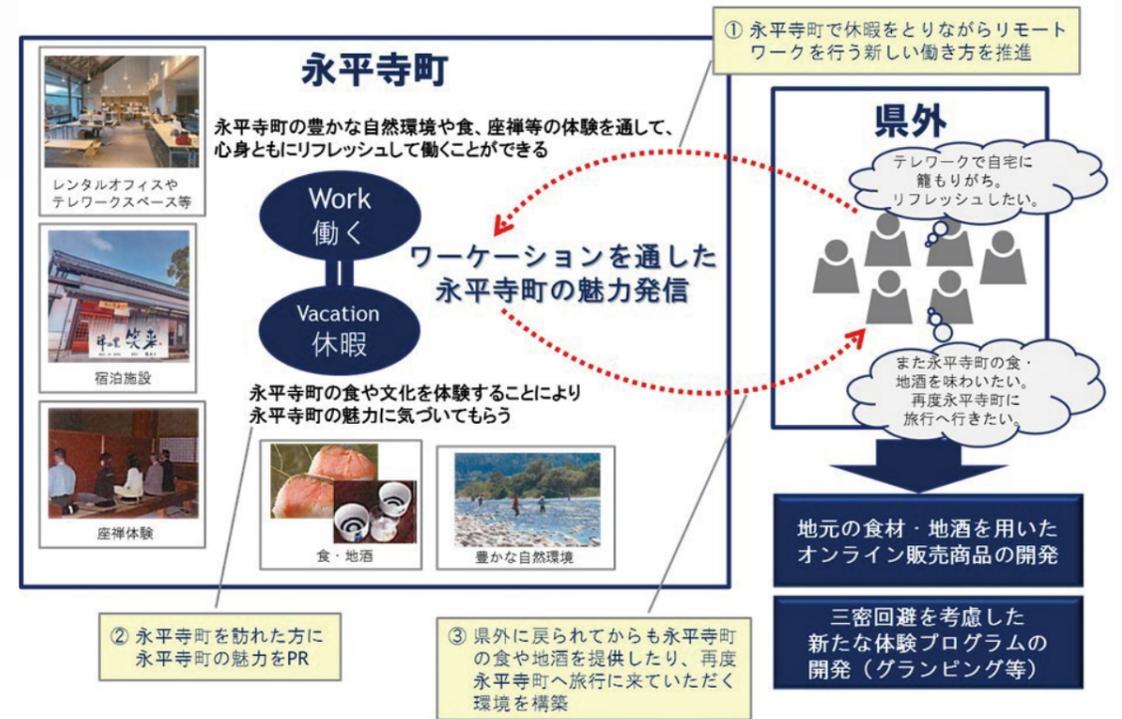


図2 取組みイメージ図

こうした観点を踏まえ、観光地域づくり法人（DMO）、観光協会、交通事業、漁業、農業、地場産業等の観光関連事業者や地方公共団体など、地域に根差した様々な関係者が連携して観光資源を磨き上げる、観光庁の「地域の観光資源の磨き上げを通じた域内連携促進に向けた実証事業」に永平寺町と共に取り組んでおります（図3）。

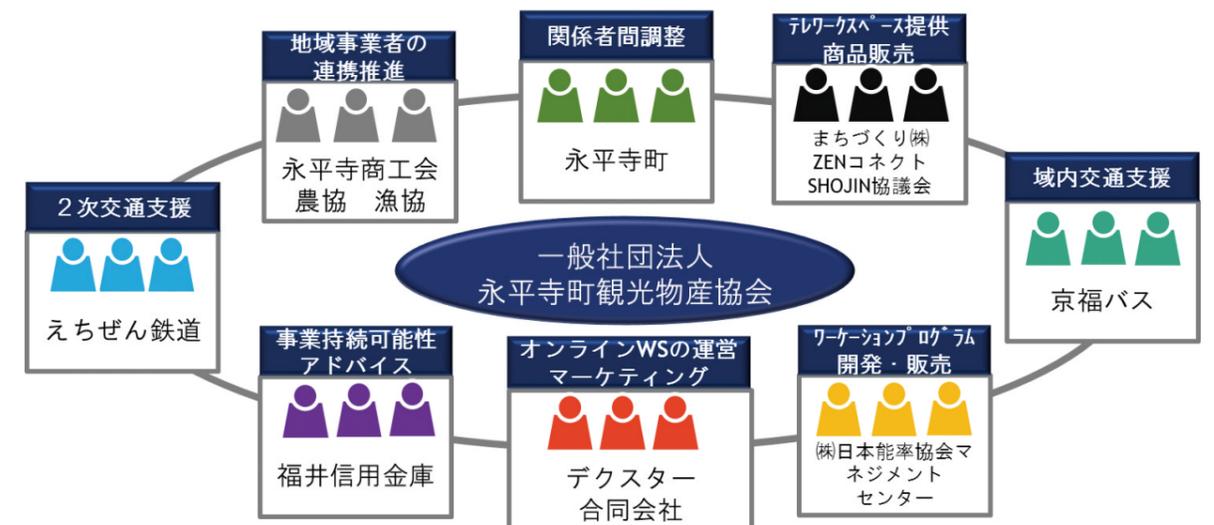


図3 推進体制図

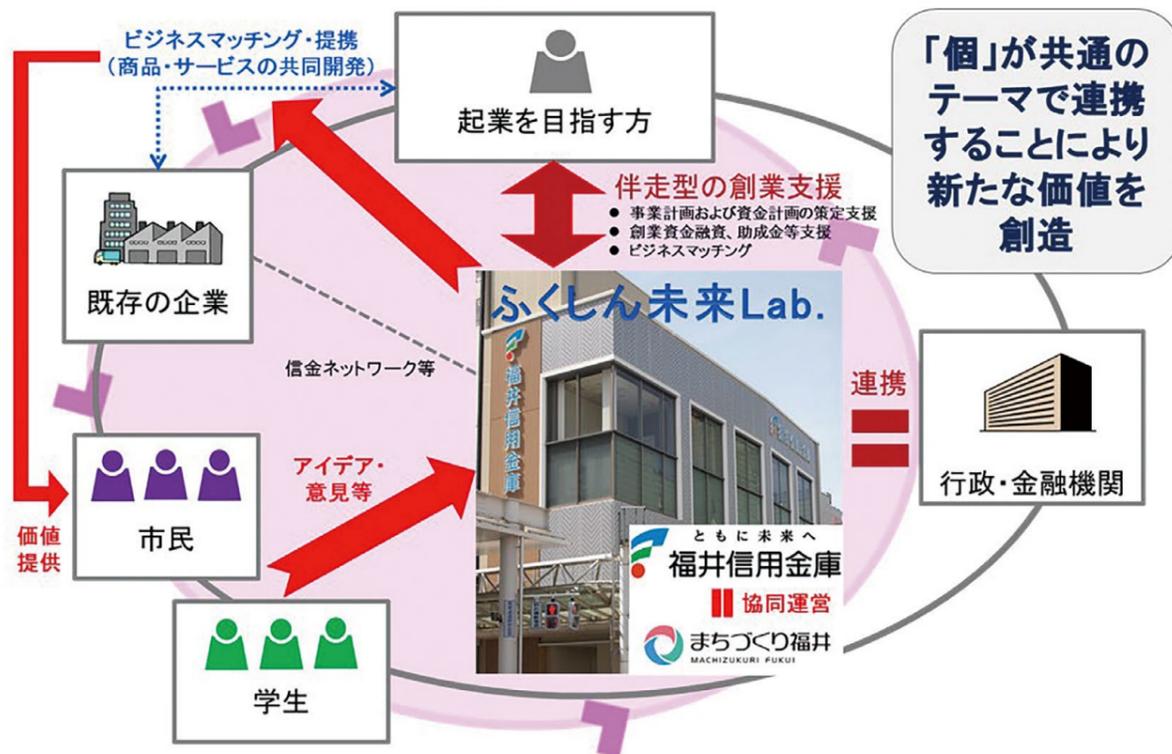


図1 「ふくしん未来Lab.」取組みイメージ図

# TECHNO FUKUI

技術情報誌 テクノふくい No.104

2021年7月30日発行

【編集・発行】

 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** ・ JR北陸本線 春江駅より徒歩 約25分

**バス** ・ JR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** ・ JR福井駅より 約20分  
北陸自動車道「福井I.C」より 約25分