



TeSH 事務局
石川県能美市旭台1-1 tesh-j@ml.jaist.ac.jp

TeSH 北陸拠点
石川県金沢市広岡1-3-10 WESTビルディング1階



<https://tech-startup-hokuriku.jp/>



INNOVATORS 2024



2025.03

2024 TeSH GAP ファンド ステップ1 シーズ集

大学発新産業創出事業 スタートアップ・エコシステム共創プログラム 地域プラットフォーム共創支援

TeSHとは

Tech Startup HOKURIKU (TeSH:テッシュ) は、
北陸先端科学技術大学院大学と金沢大学を主幹機関とし、
北陸3県の11大学、3高専を共同機関とする
北陸地域の大学・高専発スタートアップ創出プラットフォームです。

TeSHは、北陸地域の大学・高専発スタートアップを
質量ともに格段に充実させ、
北陸発の上場企業や世界にはばたく新産業を
育成することによって地域の活性化を促し、
新たな人材ニーズと設備投資につなげることで
北陸地域の社会課題の解決に貢献していきます。

Theme 01	点眼によって後眼部疾患を治療する革新的ナノ粒子の事業化 北陸先端科学技術大学院大学 栗澤 元一	02-03
Theme 02	摂食障害の治療を目的とした治療用アプリの研究開発と社会実装 金沢大学 野村 章洋	04-05
Theme 03	単一細胞種の簡易分離デバイスの商品化 富山大学 中路 正	06-07
Theme 04	有効な治療法がない希少疾患に対する増悪分子メカニズムに即した抗体医薬の創生 富山大学 山本 誠士	08-09
Theme 05	網膜虚血性疾患治療薬の開発 福井大学 沖 昌也	10-11
Theme 06	微生物由来ポリカチオン性ペプチドを応用したバイオ医薬の消化管吸収と経口投与法の事業化 福井県立大学 濱野 吉十	12-13
Theme 07	細胞技術と生体模倣システム(MPS)を組み合わせた動物実験代替のための各種臓器細胞パネルの展開事業 金沢医科大学 島崎 猛夫	14-15
Theme 08	特定波長光照射による精子活性化装置の開発と事業化 金沢医科大学 西園 啓文	16-17
Theme 09	生物標本透明化キットの事業化検証 金沢医科大学 八田 稔久	18-19
Theme 10	ソフトロボットハンドを搭載した収穫ロボットアームと収穫動作システムの事業化 北陸先端科学技術大学院大学 只野 利恩	20-21
Theme 11	トンボプロペラが提供する安全かつ効率的に運用可能なドローンシステム事業の提案 北陸先端科学技術大学院大学 HO ANH VAN	22-23
Theme 12	プラスチックの酸化劣化に悩まされない世の中へ一超効率的スクリーニングによる相乗効果を最大限に引き出す安定化剤配合の探索 北陸先端科学技術大学院大学 和田 透	24-25
Theme 13	極限の宇宙環境下でも安定駆動可能な電源装置 金沢大学 北 翔太	26-27
Theme 14	現在も他の誰も開発できていない世界初・反転層ダイヤモンドMOSFETを用いた宇宙半導体事業創出 金沢大学 徳田 規夫	28-29
Theme 15	安全性が高く環境コストも低減させる重金属汚染土壌の化学浄化方式の樹立 金沢大学 長谷川 浩	30-31
Theme 16	高機能糸状菌を活用した第二世代バイオマスリファイナリー事業 富山大学 森脇 真希	32-33
Theme 17	痛みのない、低刺激×天然由来の革新的ナノニードルパッチ ~敏感肌などの肌悩みをお持ちの方にも極上のスキンケアを~ 富山県立大学 安藤 麻乃	34-35
Theme 18	AIフロントセンシングビジネス 富山県立大学 下山 勲	36-37
Theme 19	サバ完全養殖実用化研究計画(通称:さばイバル・プロジェクト) 福井県立大学 田原 大輔	38-39
Theme 20	最大積載量50kg・飛行距離50km超VTOL型有翼電動ドローン事業 金沢工業大学 赤坂 剛史	40-41
Theme 21	特別支援が必要な子どもと全ての関係者のためのスマートシステム ーストレスフリーな支援環境の提供ー 福井工業高等専門学校 小越 咲子	42-43

点眼によって後眼部疾患を治療する革新的ナノ粒子の事業化

北陸先端科学技術大学院大学 栗澤 元一



眼球の奥まで薬を届け、薬効も高めるナノ粒子技術

患者に多大な負担をもたらす現行の治療法

このたび我々が取り組むのは、眼球の中でも後眼部に発生する疾患のうち、滲出型加齢黄斑変性症を点眼によって治療する技術です。この技術の実用化・事業化によって、現状の治療法にパラダイムシフトを起こせると考えています。

加齢黄斑変性症はその名の通り高齢者に発症する疾患であり、加齢のために網膜における老廃物の処理機能が衰えた結果、網膜の中心部に存在する黄斑の細胞や組織に異変が起り、視覚に障害が発生することを指します。視細胞への障害が比較的ゆっくりと進む萎縮型に対して、滲出型では黄斑の後ろ側にあって血管が集まっている脈絡膜の部分に、破れやすい異常な血管が新しく発生し、出血や成分の漏出によってダメージを与える現象が起ります。そのため、症状の進行も早く、放置しておく、視覚の異常や視力の悪化、失明など、極めて深刻な影響をもたらすことになってしまいます。

そのような特性のある滲出型に対して、現在の医療で標準治療として行われているのが、治療薬の硝子体注射です。異常な血管の新生を促進する因子であるVEGFと呼ばれるタンパク質

を阻害するために、抗VEGF薬を投与するわけですが、眼球の外からでは後眼部まで薬が届かないため、眼球内の硝子体に注射することで薬剤の効果を黄斑まで作用させる手段を取っています。

この治療の問題点は眼球に針を突き刺すという侵襲性の高さに加えて、1~3カ月程度の間隔での継続的な注射が必要になり、それを生涯にわたって続けなければならない点です。医療費もほかの治療に比べると高額であり、そうした負担が続くことを嫌った患者さんが治療の継続を拒否した結果、失明に至ってしまった事例もあったと聞きます。また、硝子体注射には一定の技術や配慮を要するため、治療する側に対しても少なくない負担をもたらしているのが現状です。

点眼治療の実現でこれまでの問題点を解消する

このような現状に対して、我々研究チームは緑茶カテキンの誘導体を用いたナノ粒子による薬物キャリアの利用を提案します。私の研究室が研究・開発してきたこの技術は、緑茶カテキンの化合物によって水溶液中の医薬品をナノサイズの粒子の中に

包み込み、体の組織の奥にまで送達できるようにするものです。タンパク質や抗体、低分子、核酸など、さまざまな性質の医薬品に対応し、もちろん、抗VEGF薬にも用いることができます。

従来は硝子体注射でしか患部に届けられなかった抗VEGF薬も、このナノ粒子に内包すれば、点眼薬として後眼部の黄斑にまで到達させることができます。実際にウサギを用いた実験では、抗VEGF薬(アフリベルセプト)を内包したナノ粒子の点眼投与から約1時間後に、後眼部組織からナノ粒子や抗VEGF薬が検出され、確かに薬剤を送り込めることが証明される結果となりました。

この技術によるメリットはそれだけに留まりません。ナノ粒子を構成する緑茶カテキンの誘導体には、それ自体に抗がん活性などの多様な薬効があります。その中には血管新生を抑制する作用もあり、内包した抗VEGF薬との相乗効果によって、薬効の増幅が期待できます。さらにナノ粒子の状態では患部に届くことは、薬剤を組織内に長期にわたって滞在させられることにもつながります。

硝子体注射との比較実験では、硝子体注射では投与から10日を過ぎた頃から血管新生の抑制効果が急激に衰えていったのに対して、ナノ粒子による点眼では、抑制効果自体が高かったことに加えて、その効果が約3週間持続したことを確認しました。体に負担を与えることなく患部に薬剤を送達し、従来よりも高い効果を発揮しながら、長期間にわたって作用させ続けることができる。投与の間隔が長くなり、回数も少なくなるため、当然、医療費の負担も減少します。従来の治療法が抱えざるを得なかった問題点を一気に解消し、新たな治療法として代替できる技術であると確信しています。



類似研究に対しても高い優位性を保持

抗VEGF薬をナノ粒子に内包して点眼剤とする研究は、我々のチーム以外にも類例がないわけではなく、2021年以降では少なくとも2種類の論文の存在を確認しています。

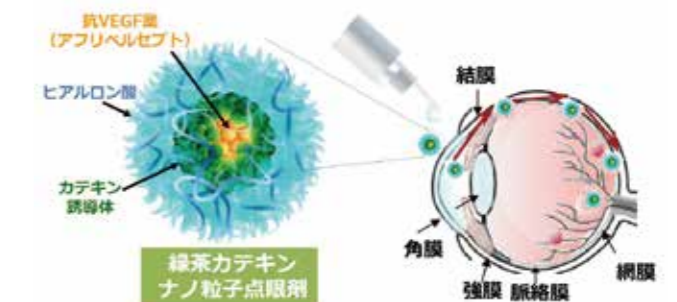
しかし、それらの技術では我々とは異なる組成の化合物を用いており、薬物の内包効率や後眼部への送達量、後眼部での保持期間、血管新生の抑制効果、材料の安全性と保存性といった各項目の比較において、緑茶カテキンによるナノ粒子技術はそれらを大きく上回っています。現時点においては、我々の技術を凌駕できる点眼薬はこの世に存在しないと言えるでしょう。

今後は研究チームでさらなる実験と検証を重ねて、緑茶カテキンナノ粒子による点眼薬の技術を確認した上で、立ち上げたスタートアップに技術移転し、点眼薬の自社開発と販売、製薬会社とのライセンス契約や共同開発をビジネスモデルとして、事業を展開していくことを想定しています。

グローバルな評価も背景に、事業化を加速

本研究は要素技術の特許の各国での登録や申請なども進んでいるほか、ナノ粒子の材料としての安全性の高さや薬効を増幅する機能があることから、副作用のない治療を実現する技術として、学会誌から数回にわたってハイライト論文に選ばれるなど、世界的にも高い評価を受けています。

このたびのスタートアップ支援を通じて、主にナノ粒子の製造や安全性試験などに必要となる資金面のサポートを希望します。サポートを得て研究を加速させ、グローバルな展開を見据えながら、速やかな実用化と事業化を目指していきます。



Contact

国立大学法人
北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292 石川県能美市旭台1-1
TEL:0761-51-1651

研究代表者 | 栗澤 元一 教授 - Motoichi kurisawa -

部署 | 先端科学技術研究科

研究開発分野 | 物質化学フロンティア研究領域

E-mail | kurisawa@jaist.ac.jp

研究機関担当者 | 永井 明彦



代表者の野村章洋教授(左)と研究チームの亀谷仁郁助教(右)

治療薬がない疾患における医療機器アプリを研究開発

進化するAI技術を医療に生かすチャレンジ

私たちが摂食障害患者向けの治療用アプリ開発に取り組むことになったのは、2022年にリリースされたChatGPTに衝撃を受けたことがきっかけでした。私はこれまで人間にしかできなかった知的な作業を高精度で実施できるAIツールの誕生が、これからの医療をどう変えていくのかに興味を持ち、医療機器としてのアプリ開発を通じて、その発展を自分の目で確かめたいと思いました。

開発対象に摂食障害を選んだのは、この障害には既存の薬がなく、回復が難しい患者さんにデジタルの力で治療効果をもたらすことができるのではないかと考えたからです。私は循環器内科の医師であると同時に、学内の拡張知能・IoT医療応用推進グループにも所属しています。そこでの活動で得た医療機器の薬事承認などにおける経験を生かせることから、神経科精神科で思春期・摂食障害外来を担当する亀谷仁郁助教と連携し、これまでにない治療用アプリの研究開発と社会実装を目標に開発をスタートしました。

全国5か所目の摂食障害支援拠点病院に指定

摂食障害は、10代から30代の女性を中心に発症します。「体が細く、体重が軽くなればダメだ」という意識が病的に強まって食事の摂取量を極端に少なくしたり(拒食)、食べた物を嘔吐するようになります。その反動として、大量の食べ物を短時間でかきこんでしまうこと(過食)もあります。こういった症状は、日常生活に支障をきたすだけでなく、死に至る危険性まであるにもかかわらず、有効な薬物療法は未だに確立されていません。

本学の附属病院は2022年に、厚生労働省から全国で5か所目の摂食障害支援拠点病院として指定を受け、同年10月から摂食障害支援センターとしての活動を行っています。摂食障害治療の環境はこれまで以上に整い、私たちもより多くの患者さんと接するようになりました。同時に自身で病気を認めたくなかったり、周囲に知られたくない気持ちから、受診に抵抗がある患者さんが予想以上に多いことも実感しました。

そうした患者さんへの配慮も含めて、現状では摂食障害の治療には、カウンセリングなどの心理的アプローチと身体管理の両面で高い専門性が求められています。コロナ禍を機に患者数が

世界的に激増したというデータもあり、摂食障害の治療に携わる精神科領域の医療機関は今まさに混乱の真っただ中にあると言えます。

摂食障害に苦しむ人を救いたい

私たちが開発・提供する治療用アプリ「Spoon」は、そのような摂食障害治療の現状に対して、専門家による独自の治療プログラムを構築し、専門治療支援を行います。

現在は、教育プログラムやデジタルダイアリーなどを組み合わせたプロトタイプを、地元のアプリ開発企業に依頼し、機能の一部ならびに全体の特許取得を申請準備中です。プロトタイプの制作にあたっては病院側で何百ページにも及ぶプログラムを書き出し、アプリに落とし込んでもらいました。患者さんの心理的負担を考慮し、体重の増減を気にしないで済む工夫や、他人に見られても摂食障害の治療用アプリとは分からない親しみあるデザイン、送信ボタンを押さなくてもデータを共有できる仕組みなどの配慮を徹底し、臨床の現場を知る医療機関ならではの工夫を凝らしています。今後はデモ機を患者さんに実際に使用してもらう予定です。

Spoonは世の中に数多く存在する健康関連のアプリとは一線を画す医療機器として、治療としてははっきりと効果があると認められ、保険が適用される保険収載を目指しています。アプリの保険収載は日本ではまだ数例で、しかも治療薬がなく、完治が困難な摂食障害の治療用アプリの運用に至っては、どこも成し遂げていません。Spoonがその糸口をつくることができれば、今後さまざまな領域の治療に応用できると考えています。



地域トップレベルの医療機関だから可能なアプリ開発

治療用アプリとしてSpoonのほかにはない特長は、本学が患者さんを実際の臨床の現場で数多く治療し、症例のデータを蓄積してきたことで得た治療プログラムの独自性にあります。日本人の特性に合わせて、一時的な回復ではなく、病気を克服して健康な日常生活を送るために、長期治療プログラムを確立しています。本学は動画を用いた治療法の啓発にも力を入れており、その動画はSpoonからも視聴することができます。デジタル療法の順調な活用が進めば、専門医と同様の治療が専門医以外の医師でも行える未来が見えてきます。

デモ機をブラッシュアップしていくことで、医療関係者が使いやすく、診療にも役立つ治療用アプリを目指しており、今後は医療の発展に尽力いただけるアプリケーションエンジニアの参加を求めています。既存の対面治療をサポートするツールとしてスタートし、将来的にはデジタル療法(DTx)が治療における大きな役割を果たす未来に貢献したいと考えています。2014年に従来の薬事法が薬機法に改正されてから、ここ数年で医療機器としてのプログラム開発は一気に加速しました。これからもこの流れは止まることはないと思われ、今回のアプリ開発をファーストステップとして、患者数が多い病気に対するアプローチも視野に入れています。私たちとともに医学界の新たな扉をひらいてくれるアプリケーションエンジニアの参加を心待ちにしています。



Spoonアプリと連動できる体重計のデモ機

Contact

国立大学法人
金沢大学

〒920-1192 石川県金沢市角間町
TEL: 076-265-2259
<https://vivespoon.app/>

研究代表者 | 野村 章洋 教授 - Akihiko Nomura -

部署 | 融合研究域融合科学系

研究開発分野 | 医療分野

E-mail | anomura@med.kanazawa-u.ac.jp

研究機関担当者 | 北 翔太



目的の細胞種を、簡便・迅速・高純度で調達できるデバイスを商品化する

求められる細胞分離技術と「セルディバイド」

iPS細胞をはじめとする細胞医療や細胞創薬など、細胞を扱う研究領域は今後さらに広がっていきます。その際に必要不可欠なのが、細胞分離技術です。我々の開発した特定細胞分離デバイス「セルディバイド」は、必要な目的の細胞群を早く、簡単に、確実に調達できます。

細胞分離技術が必要とされる場として、第一に挙げられるのが大学などの研究機関です。分子生物学や細胞生物学、バイオ医薬品開発でも、細胞分離技術が必要とされます。これまではマウスを使った動物実験が主流でしたが、近年は細胞を使っている *in vitro* (試験管の中・生体外) 実験が主流になってきているので、ニーズはさらに大きくなるものと考えられます。第二に挙げられるのが細胞医療です。本格的な実用化はまだ先だと思われませんが、研究や臨床治験は精力的に進められています。その際には純度の高い細胞を使わないと細胞のがん化が起こる危険性があります。そのリスクをできるだけゼロにするという意味でも、細胞の分離技術は絶対的に必要となってきます。

我々の取り組みの背景には、細胞を便利で安価に分離できる

機材の開発と実用化が、今後の細胞研究の大きな発展につながるという確信があります。「セルディバイド」は今後の市場ニーズに応え、細胞研究に大きく貢献できると考えています。

セルソーターによる細胞分離技術の問題点

これまで、細胞分離には主にセルソーターが使われてきました。しかし、セルソーターには大きな問題点が二つあります。一つは細胞への毒性です。セルソーターでは細胞分離の際に、分離したい細胞の表面に蛍光物質などを使ってラベリングし、これを認識して分離するという方法が採られてきました。この蛍光物質が細胞を培養する際に残り、細胞がこれを取り込んでしまうと毒性を発現したり、細胞の形質変化につながります。もう一つは加圧によるダメージです。セルソーターでは溶液を流すために加圧するので、細胞に対する物理的なダメージが避けられません。

さらに、分離して集めた細胞のうち6割ほどしか使用できないといったケースも多く、あらかじめ大量に材料を準備しなければなりません。また前述のように、より細胞の純度を求められる細胞医療には、従来の分離方法では使用に耐えられないと言

われています。

これらの問題を解決したいという想いから開発したのが、「セルディバイド」です。

二つの技術的な特徴が実現したブレイクスルー

我々が開発した「セルディバイド」には、二つの技術的な特徴があります。

一つは、オリゴペプチドによる特異的な相互作用を利用することです。細胞はそれぞれ特有の表面抗原を持ちます。分離を目的とする細胞の表面抗原に対して、特異的に相互作用するオリゴペプチドを見つけ、カラム中に担持させます。そのカラムに細胞を流し入れると、目的とする細胞だけがこのペプチドを認識して、くっついたり離れたりを繰り返します。その結果、カラムの中に入れられた細胞の中で、この細胞だけ流れが遅くなります。それ以外の細胞は流れていくので、不用品細胞が先に出てくるわけです。もう一つの特徴は、双性イオン型高分子による目的外細胞のカラム透過促進です。分離を目的とする細胞以外に対しては、非特異相互作用を抑制させることで、スムーズにカラム内を透過させます。

必要な細胞はオリゴペプチドとの相互作用で流れを遅くさせ、それ以外の細胞は双性イオン型高分子で相互作用を抑制することで流れに乗せる。この二つを最適な条件で組み合わせることで、分離がスムーズに行われます。これが、ブレイクスルーを可能にした技術です。

また、商品的な特徴として、「セルディバイド」がコンパクトな仕様で、クリーンベンチ内でも使用可能なことが挙げられます。私もかつてはセルソーターを使って細胞の分離作業を行ってしま



たので、そのときに感じた不満や不便さが、「セルディバイド」の開発につながっています。セルソーターは高額なので、大学に一つ程度といった設置数となります。そうすると、設置施設への移動時間や順番待ちなども発生するので、1日仕事になってしまうこともよくありました。それを考えると、クリーンベンチ内で短時間に作業が完了することは、誰もが魅力を感じるポイントかと思います。クリーンベンチは研究室レベルでも所持していますので、ベンチ内で手軽に細胞分離が行えるようになれば、研究のすそ野も広がると考えています。

このように、既存機器に比べて、価格はもちろん、メンテナンスコストやランニングコストも極めて安価に細胞分離が行えるのが「セルディバイド」の大きなメリットとなります。

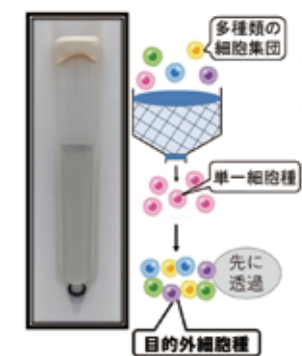
「薬都」富山をさらに一歩進め、ヘルスケアのまちに

今後の事業化については、富山県内でデバイス部品の調達から製造までを行うことができると考えています。

富山は「薬都」とよばれる薬のまちです。県内には創薬メーカーのほか、容器プラスチック成型メーカーなどもあります。何より医療に関連する長年の下地がありますので、事業が最もやりやすい場所ではないでしょうか。加えて、県内で完結できれば、万一有事があったとしても事業を止めずに継続できます。これはコロナ禍で痛感したことです。

私の夢は、「薬都」富山をさらに一歩進めて、ヘルスケアのまちと呼ばれるようにしたいということです。そんな都市はまだ全国どこにもありません。この事業に賛同いただける皆様と共に、その夢に一歩でも近づいて行けたらと考えています。

セルディバイドの仕組み



Contact

国立大学法人
富山大学
〒930-8555 富山県富山市五福3190
TEL: 076-411-4704 / FAX: 076-445-6397
http://nakaji-lab.net/ (中路研究室)
https://sanren.ctg.u-toyama.ac.jp/ (産学連携本部)

研究代表者 | 中路 正 准教授 -Tadashi Nakaji-Hirabayashi-
部 署 | 学術研究部工学系
研究開発分野 | 医療分野
E-mail | nakaji@eng.u-toyama.ac.jp
研究機関担当者 | 大西 正史 産学連携本部・准教授



副作用のない抗体治療薬で、希少疾患患者を一人でも多く救いたい

嚢胞性リンパ管腫の原因物質の同定は世界初

世の中には有効な治療法のない疾患があります。我々はこうした疾患に対して、抗体医薬の開発を通じて、治療の道を創っていきたくて考えています。

我々の研究室は病理学講座ですので、ヒトの病気を間近に診ることが出来ます。がんを筆頭に、治療が難しい病気というものはたくさんありますが、その中でも製薬会社がまだ十分に取組んでいない領域があります。希少疾患、難治性疾患と言われるものがそれです。これらの病態を解明していくことがアカデミアとしての我々の使命だと考えています。日本でも国を挙げて難病に対する取り組みを進めています。こうした状況を考えれば、我々も難病に対して積極的にコミットしていかなければならないと考えて、研究を進めてきました。

我々はヒトの病理研究と並行して、マウスを使った研究を行っており、マウスに表現型が現れた際には、これはヒトの何の病気に近いのかを精査し、ヒトの病気とどこがリンクするのかを研究してきました。今回、マウスの表現型の一つが、嚢胞性リンパ管腫という難治性疾患・希少疾患に非常によく似ていることを発見し

ました。そこで、マウスの病態モデルの解析と同時に、ヒトのサンプルを使って解析することで、嚢胞性リンパ管腫の原因物質(増悪責任分子)Amphiregulin (AREG)を世界で初めて突き止めることに成功しました。

通常であれば、そこまでがアカデミアの仕事ですが、その先には治療法＝創薬があることをつねづね考えてきましたので、我々はさらにその先に踏み込んでいきたいと思えます。

治療薬「完全ヒト抗AREG抗体」の開発

嚢胞性リンパ管腫は、本来は管状であるはずのリンパ管が異常に膨らんで巨大な袋状に異常増殖した病変です。生まれる前のリンパ管が形成される時に生ずる異常と考えられており、多くは先天性ないしは新生児から2年くらいの間に発症するとされています。国内では約1万人の患者がいると言われ、小児の難治性疾患として知られています。

我々が同定した嚢胞性リンパ管腫の原因物質AREGですが、この原因物質はマウスもヒトも種を超えて同じです。原因物質AREGに対して治療薬を創ろうとしたときに、このAREGが分泌

タンパク質、つまり細胞の外に出てくる物質であることが分かりました。であれば、抗体による治療が考えられます。

近年の治療薬のトレンドは抗体による不活性化ですので、AREG抗体によって嚢胞状のリンパ管を普通のリンパ管に戻す、というロジックで開発を進めました。原因物質に対して効果のある抗体を見つけるには、どこを抗原にするかも重要なポイントとなります。専門家とディスカッションして抗原のターゲット部位を絞り込んでいきました。こうして完成したのが、完全ヒト抗AREG抗体です。

難病に対する、副作用のない抗体治療薬を開発する

嚢胞性リンパ管腫には先行する治療薬があります。それらは有効性が認められてはいますが、副作用が100%あるという問題を抱えています。最初の治療薬として登場したピシバニールは炎症を起こします。最初の治療薬でしたので、副作用があっても受け入れられている状況です。次に出てきたシロリムスは免疫抑制剤なので、それなりに副作用が多いことが知られています。これらの治療薬は、元々副作用があることは分かっていたのですが、ほかに有効な治療薬がないので、背に腹は代えられない状況が続いてきたのです。

しかも、ピシバニール、シロリムスは作用点が明らかになっていません。それに対して我々が開発しているAREG抗体は、作用点をはっきりしています。原因物質を特定した上で、それに対抗する抗体ですので、原因物質にピンポイントで効きます。つまり、作用と効果のメカニズムがはっきりしているということです。マウス実験では非常に有効性が高く、副作用もないというデータを得



嚢胞性リンパ管腫治療薬の比較表

	ピシバニール	シロリムス	抗AREG抗体
作用点	不明 (免疫様活化?)	mTOR阻害 (血管新生シグナル?)	アンフィレギュリン阻害 (リンパ管特異的)
有効性	69%	50%	マウスでの有効性 非常に高い
副作用	100%	100%	マウスでの副作用 なし

ています。

現在、この完全ヒト抗AREG抗体の非臨床POC取得を最終ゴールとして研究に取り組んでいます。

希少疾患に苦しむ患者を、一人でも多く救いたい

アカデミアの研究は、分からないことを分かるようにすることが大前提です。我々が行ってきたことは、今まで解明されていない病態を解明して、さらにそこにアプローチすることです。多くの製薬会社が行っている創薬研究は、すでに分かっている病態に対してアプローチします。その点が我々との違いであり、アカデミア発の事業という大きなポイントだと考えています。

製薬会社が希少疾患、難治性疾患に対してまだ十分に取組んでいない理由は、ビジネスとして考えたときに、採算性や開発リスクに問題があるためだろうと推察されます。こうした疾患に対してどうしても動きが鈍くなるのは仕方のないことかもしれません。我々が創薬につながる道筋をつけていくことによって、製薬会社が参入する後押しになることを期待しています。

今後の事業化の構想ですが、難病に対する創薬、シーズ開発を行うパイプライン型ベンチャー企業の設立を検討しています。完全ヒト抗AREG抗体治療薬の開発を中心に、希少がん「血管肉腫」増悪分子の探索、低分子阻害剤のスクリーニングも行っていきたいと考えています。

希少疾患患者のアンメット・メディカルニーズを満たしたい、希少疾患に苦しむ患者を一人でも多く救いたいという思いのもとにスタートアップを立ち上げ、これにコミットしていこうと考えています。どうぞ我々にご支援をお願いします。

Contact

国立大学法人
富山大学

〒930-0194 富山県富山市杉谷2630
TEL:076-415-8879/FAX:076-434-5016
<https://sanren.ctg.u-toyama.ac.jp/>

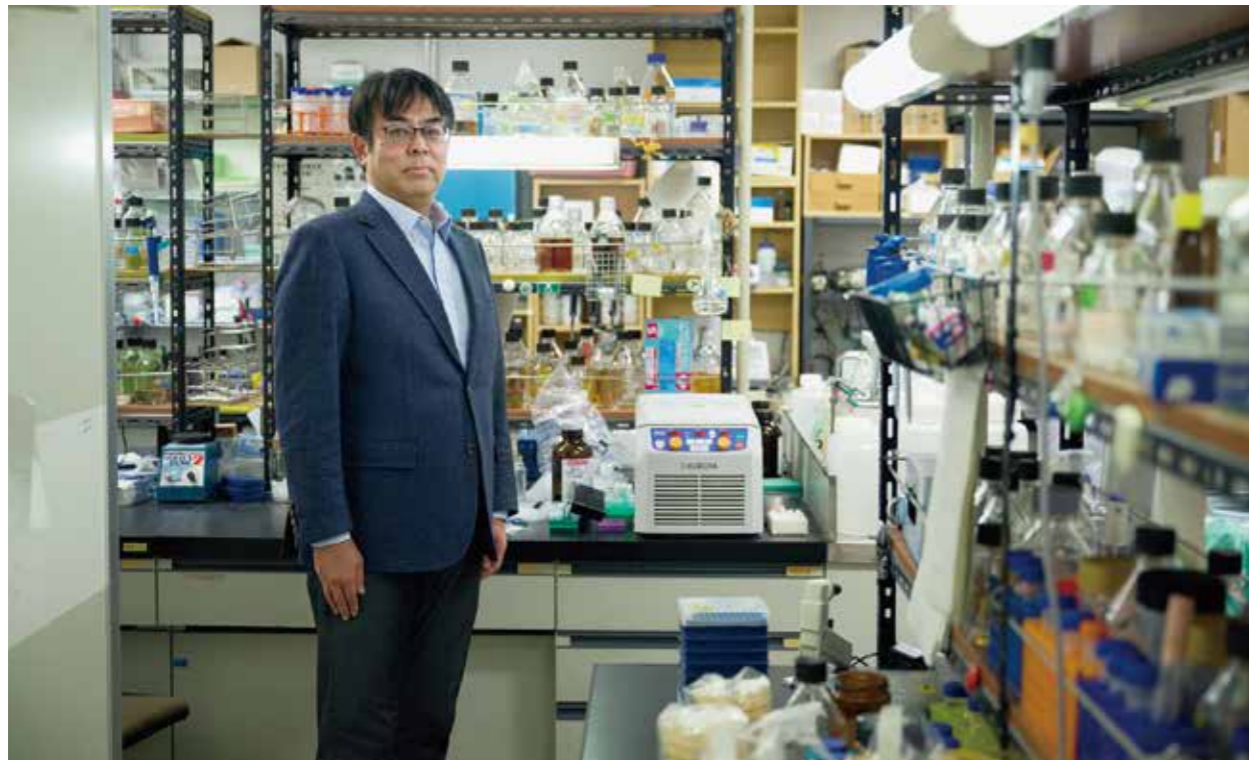
研究代表者 | 山本 誠士 准教授 - Seiji Yamamoto -

部署 | 学術研究部医学系

研究開発分野 | 医療分野

E-mail | seiyama@med.u-toyama.ac.jp

研究機関担当者 | 川谷 健一



エピジェネティクスで網膜疾患治療の常識を変える

根本的な治療につながる薬がない現状

私たちが研究対象とする「網膜虚血性疾患」とは、高血圧などの影響で静脈が詰まる「網膜静脈閉塞症」や新生児に発生する「未熟児網膜症」、糖尿病が原因となる「糖尿病網膜症」などを指します。これらの疾患は高齢化や生活習慣病の増加に伴って患者数が拡大し、日本だけで約140万人、全世界では約9300万人が悩まされていると言われています。

これらに共通するのは、網膜の一部で血液の流れが遮断されることで、その部分に血流のない「無血管領域」が生まれることです。これを放置すると、やがて、その場所にもろくて破れやすい病的な血管が発生します。すると、そこからの出血や成分の漏出が網膜に多大なダメージを与えて、視力の低下や失明へとつながってしまいます。

現在、この疾患に対する唯一の治療薬として使われているのが「抗VEGF薬」です。眼球内部の硝子体への注射で投与されるこの薬は、新しい血管をつくり出す作用を持つVEGF(血管内皮細胞増殖因子)の働きを抑制することで、病的な血管の発生を防ぐ作用があります。

ただし、それによって、生理的な(正常な)血管の発生も抑えられてしまうため、原因である無血管領域はそのまま残ってしまいます。従って、その後も症状の進行を抑えるには、同じ薬を年に5~6回のペースで定期的に投与し続けなければならないが、根本的な治療にはつながっていないのが現状なのです。

従来とは異なる発想で無血管領域を解消する

私は元々遺伝子情報が個々の細胞で必要に応じて発現する仕組みであるエピジェネティクスの研究に取り組んできました。この研究が眼病の治療にも活用できそうだと気付いてからは、白内障とともに、網膜虚血性疾患の治療薬の開発に力を注いでいます。

私たちが開発している治療薬の特長は、無血管領域の細胞の遺伝子を通じて病的な血管の発生を促している因子に対して作用し、その因子をコントロールすることで、生理的な血管を生み出す働きへと戻してやる点にあります。それによって、網膜内の無血管領域そのものを解消して、疾患の根治につながれると考えています。実際に網膜症のマウスを用いた実験では、薬の

ベースとなる低分子化合物の投与により、病的な血管の発生を抑えられただけでなく、無血管領域も縮小するという効果が認められました。

従来とはまったく異なる発想による治療薬ですので、実用化によって網膜虚血性疾患の治療を大きく変える可能性があります。疾患自体の根治が望めることに加えて、薬の定期的な投与を続ける必要がなくなります。さらに材料となる低分子化合物は安価で大量に合成できるため、薬の価格を抑えることにもつながります。患者さんにとっては、硝子体注射の繰り返しによる身体的・精神的な負担も、医療費による経済的な負担も、どちらも軽減できることになるわけです。

化合物が低分子であるため、高分子の医薬品に比べると組織移行性が高く、体内に入っていきやすいこともメリットです。ゆくゆくは点眼薬としての開発も可能であると考えており、実現すれば、さらに負担の少ない治療が提供できることでしょう。

臨床のデータを生かせる研究開発体制

私たちの研究チームには眼科医や薬剤師が参加して、臨床医療の現場からのデータや情報も参照しながら開発を進めています。彼らとの出会いや協力があつたからこそ、エピジェネティクスを眼病治療の分野で生かす研究を形にすることができています。すでに白内障治療に関するプロジェクトでは製薬会社と連携して、私たちの研究成果を元にした治療薬について開発が始まっています。

こうした実績も踏まえて、網膜虚血性疾患においても、ぜひとも治療薬の実現に向けた各ステップをクリアしていきたいと考えています。マウスでの実験結果を受けた次の段階としては、ウサ

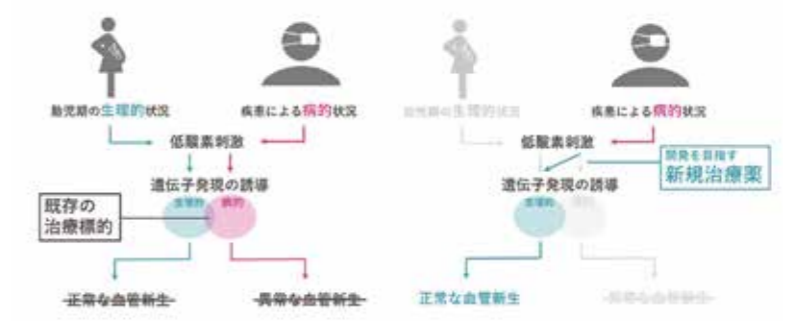
ギやサルなどを使った非臨床のGLP試験を行って、そのデータを取得する必要があります。スタートアップはデータが取得できた段階で立ち上げの準備に入り、立ち上げ後は臨床試験も含め、治療薬の上市に向けた活動を加速していきます。

拡大する市場でシェアを得る挑戦へ

新たな作用ではたらく治療薬ですから、今後は副作用の検討は当然必要となってきますし、GLP試験やその後の臨床試験に向けては、薬剤の成分調整などにも取り組んでいくことになります。

とはいえ、研究チームの連携体制は大学からのバックアップも含めて確立しており、それら研究面のハードルは十分に乗り越えられるものと確信しています。ですから、これからパートナーとしてご協力いただく皆さんには、主に実験などの資金調達や薬剤の実用化におけるノウハウ、スタートアップ立ち上げ後の経営面といった部分でのサポートをお願いしたいと考えています。

網膜虚血性疾患の治療薬の市場規模は2030年には約2兆円にまで拡大することが予測されます。現在は抗VEGF薬が唯一の治療薬として確固としたシェアを築き上げている状況ですが、私たちの治療薬にはそこに割って入ることのできるポテンシャルがあります。あたかも巨人に立ち向かうようなチャレンジではありますが、一人でも多くの患者さんを救うためにも、この研究シーズをビジネスとして育て、マーケットを獲得しようとする試みに対して、興味をお持ちいただける方からのご支援をお待ちしております。



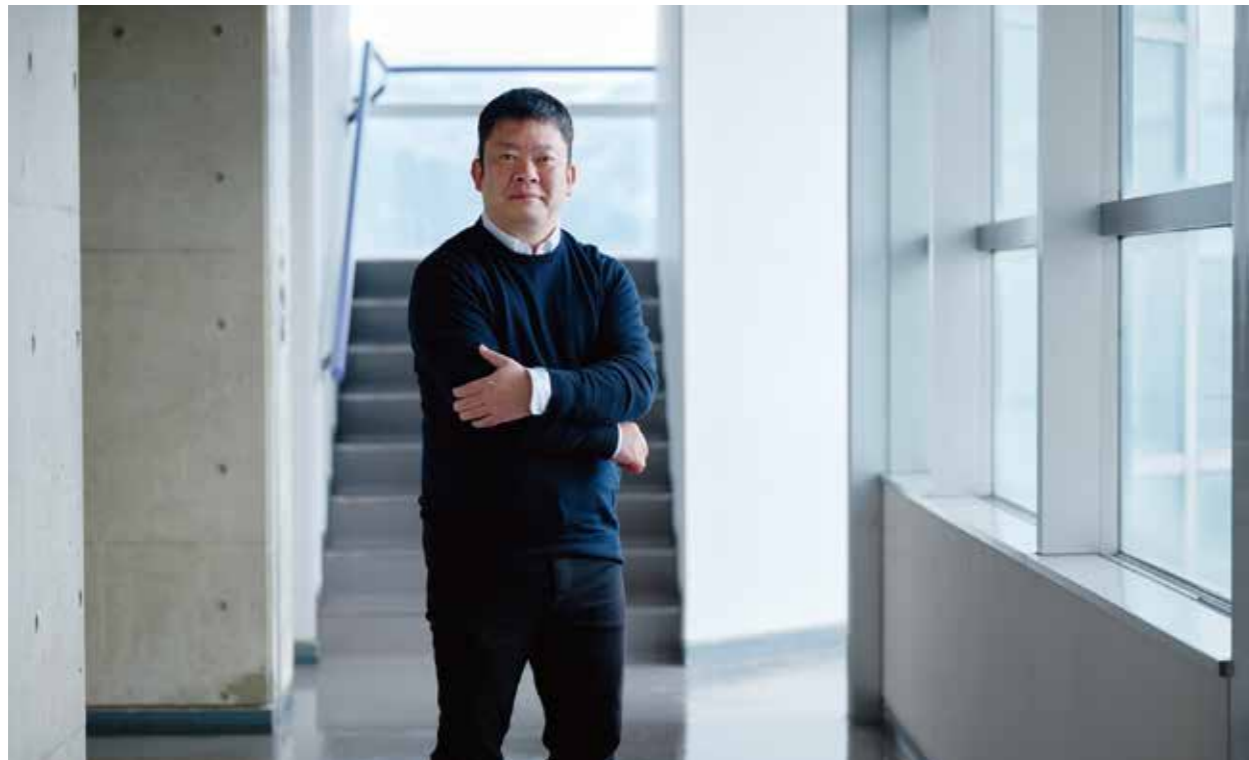
Contact

国立大学法人
福井大学

〒910-8507 福井県福井市文京3丁目9-1
TEL: 0776-27-8640 / FAX: 0776-27-8747
<https://sites.google.com/view/biochem-hp/>

研究代表者 | 沖 昌也 教授 - Masaya Oki -

部署 | 学術研究院工学系部門
研究開発分野 | 医薬品
E-mail | ma4sa6ya@u-fukui.ac.jp
研究機関担当者 | 河上 寛



バイオ医薬品を簡単・安全・安価に経口投与剤にする医薬品内包技術を開発

求められるバイオ医薬品の経口製剤化

バイオテクノロジーの発達により、近年ではバイオ医薬品を高純度で大量に作るできるようになりました。

これまで医薬品の主流は、低分子医薬品でした。低分子医薬品は開発が安価で普及しやすいなどの利点がある一方で、分子量が小さいために目的外の箇所にも作用して、副作用を引き起こすなどのデメリットがありました。これに対して、バイオ医薬品は高分子なので作用箇所が特異的で、狙った部分にピンポイントで効かせることができます。これまで副作用が大きな問題だった抗がん剤についても、バイオ医薬品の登場によって、がん細胞にだけアタックできるようになりました。

このように医薬を大きく進歩させたバイオ医薬品ですが、投与方法が限定的であることが課題でした。低分子医薬品の多くは口から飲む、いわゆる経口投与によって、消化管吸収させることができますが、バイオ医薬品は基本的にタンパク質で構成されているので、口から摂取すると胃や腸で分解されてしまい、消化管吸収できないのです。ですから、バイオ医薬品の接種・投与は、注射や点滴などの直接体内に入れる方法に限られてきました。

しかし、注射・点滴にはさまざまな問題があります。医薬品を注射剤にするためには、薬品を溶液に溶かさなければいけません。これが溶けにくく、溶かすために添加剤などを加えて濃度を薄くする必要があります。結果的に容量が増え、点滴などでは長い時間接種しなければならなくなります。

また、針を使うので、痛みなど患者への負担が大きいことも挙げられます。特に高齢者では動脈硬化などの疾患で、注射そのものが難しい方もいます。使用済みの注射針など、医療廃棄物の問題もあります。

定常的に投与が必要な疾患に対してバイオ医薬品が経口製剤化できるようになれば、患者・医療従事者の双方にとって大きなメリットとなります。

以上のように、バイオ医薬品の非注射剤化は重要な技術課題なのです。我々は独自の技術を用いて、バイオ医薬品を分解から守り、腸まで届け、消化管吸収させる医薬品内包技術の事業化を目指しています。

ポリカチオン性ペプチドを用いた 医薬品内包技術

我々が着目したのが、微生物由来のポリカチオン性ペプチド（εポリリジン）です。

εポリリジンは細胞膜を透過して細胞の中に入ることができるカチオン性（プラス電荷した）ペプチドです。細胞膜を透過するペプチドは消化管で吸収もされやすく、一緒に混ぜ込んだ物質も、これに引きずられて消化管吸収されます。

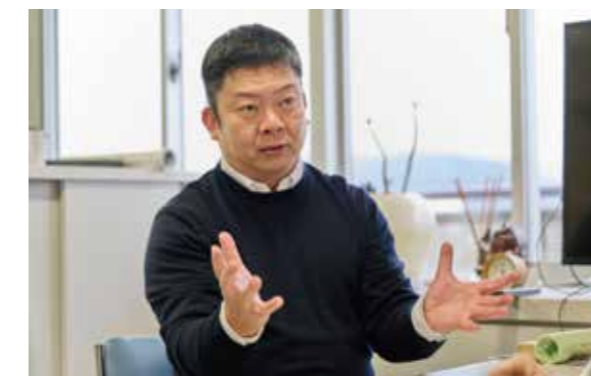
我々の研究室では創薬分野でのεポリリジンの有効活用を考えていましたので、εポリリジンとバイオ医薬品を混ぜると消化管吸収させることができるのではないかと考え、実験を始めました。

当初、混ぜ合わせたのはεポリリジンとバイオ医薬品だけでした。結果は、εポリリジンは胃で分解されずに残りましたが、バイオ医薬品は分解消化されてしまい、最初の実験はうまく行きませんでした。

次に、不溶性コンプレックスを用いてバイオ医薬品を包む方法を試みました。カチオン性εポリリジンとマイナスに荷電しているアニオン性物質を混ぜ合わせることで、不溶性のコンプレックスが作られます。そこにバイオ医薬品を内包させ、コンプレックスが腸に届いた時点で溶け出すようにすれば、うまく消化管吸収できるのではないかと考えたのです。

そこで、εポリリジンと混ぜ合わせると最適のマッチングとなる、もう片方の物質を探すという方向で研究を進めました。そして発見した物質がポリリン酸でした。

カチオン性のεポリリジンとアニオン性のポリリン酸で形成された不溶性のポリイオンコンプレックスにバイオ医薬品を内包させ、経口投与する。この方法でバイオ医薬品の代表例であるイン



Contact

公立大学法人
福井県立大学

〒910-1195 福井県永平寺町松岡兼定島4-1-1
TEL:0776-68-8171

スリンを用いてマウスを使ったモデル実験を行ったところ、ポリイオンコンプレックスが有為に血糖値を低下させることを確認しました。

混ぜ合わせるだけの技術で、 薬の摂取をより簡単・便利に

εポリリジンとポリリン酸はどちらも食品添加物として長い実績があり、安価で安全性が確認されています。εポリリジンは20～30年前に発見された、抗菌作用の強い化合物で、食品防腐剤として使われています。もう一方のポリリン酸も同じく食品添加物で、かまぼこの練り物に使われています。

我々の提案する経口製剤化技術は、製剤調整法が混ぜ合わせるだけと極めて簡便です。製剤化コストに関しても、εポリリジンは微生物培養と培養液からの精製となるので、低く抑えられます。しかも、安全性が担保された食品添加物が主原料となりますので、安全性試験の大幅な削減が期待されます。

この技術を使って、さまざまなバイオ医薬品の経口製剤化を実現したいと思います。混ぜ合わせるだけという、極めてシンプルな原理である本技術は、中小の製薬企業でも導入が可能と考えます。

薬の摂取がより簡単・便利になることで、患者さんにとって日々暮らしやすい環境が実現するよう、研究をさらに前に進めていきたいと思います。皆様からのお声掛けをお待ちしています。



研究代表者 | 濱野 吉十 教授 - Yoshimitsu Hamano -

部署 | 大学院生物資源学専攻生物資源学専攻

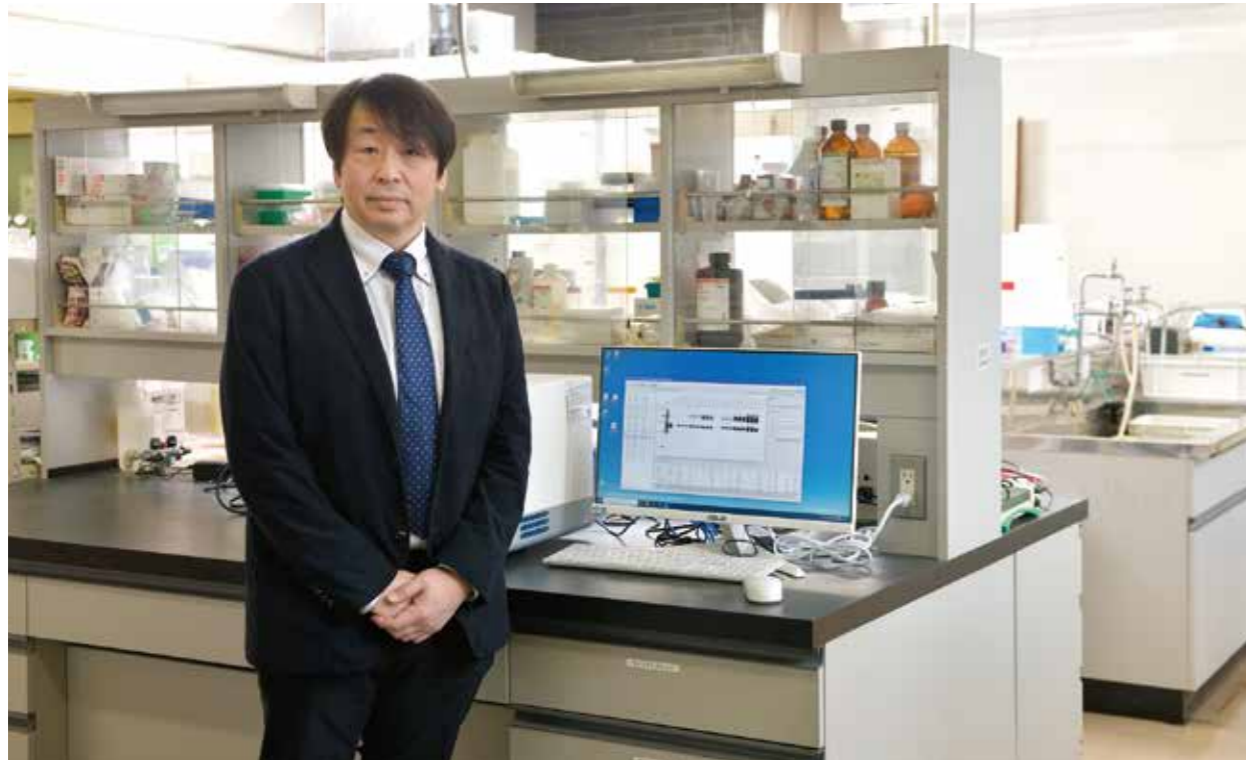
研究開発分野 | 医療分野

E-mail | y-hamano@g.fpu.ac.jp

研究機関担当者 | 連携・研究課 原田 大暉、村上 茂

細胞技術と生体模倣システム(MPS)を組み合わせた 動物実験代替のための各種臓器細胞パネルの展開事業

金沢医科大学 島崎 猛夫



安価で早く、効果的。医薬品・化粧品開発をより効率的に

「動物実験は廃止」が世界的な潮流

私たちが、「各種臓器細胞パネルの展開」に向けて研究を始めた背景には、医薬品や化粧品開発にかかわる二つの課題があります。一つは動物福祉の観点です。医薬品・化粧品の開発段階では、安全性を確認するためにマウスなどを用いた動物実験が行われています。しかし、アメリカは2035年に臨床研究のための動物実験の廃止を宣言し、実際にアメリカ食品医薬品局(FDA)の審査で動物実験以外の細胞実験などの結果をもって前臨床試験の代わりとできる法案が成立しています。この流れはヨーロッパでも同様で、日本を含めた世界的な潮流として動物実験の廃止が進んでいくことは確実です。

もう一つの理由は、動物実験の結果が、ヒトの臨床試験の結果と必ずしも合致しないケースが多いことが分かってきたからです。そこには種の違いが関係しているのでしょうか。動物実験よりもヒトの細胞を用いた方が、副作用や効果予測の精度が高まると言えるのです。

では、動物実験の代替としては、どのような方法があるのでしょうか。まず思い浮かぶのが、ES細胞やiPS細胞で臓器細胞を

作り、それらを用いて基礎研究を進めることです。ただ、この方法は作製に時間も、コストもかかってしまいます。ヒトの臨床試験機能の代替には、個人差を含めた解析が不可欠です。薬剤開発には、基礎研究、動物実験である前臨床試験、ヒトを対象とした第1相から第4相まであります。段階を踏んで実施されており、基礎研究と前臨床試験において、ES細胞やiPS細胞に置き換える試みがなされています。費用の大きなヒトの臨床試験の前に副作用や効果予測をすることが重要ですが、そのためには、個人の特性(プロフィール)による副作用を予測できる研究や前臨床試験が求められています。数千といった数多くの個人細胞をiPS細胞に置き換えるのは現実的ではありません。

遺伝子を用いず、各種臓器細胞を作製

その点、私たちの研究は、遺伝子を用いずに細胞をリモデリング(変化)させる技術です。費用も安価で、手技も難しくなく、ヒトの皮膚や血液の細胞から各種臓器の細胞をスピーディーに作製することができます。臨床試験に必要な100人、1000人、1万人から採取し、目的とする細胞を作ることも容易です。

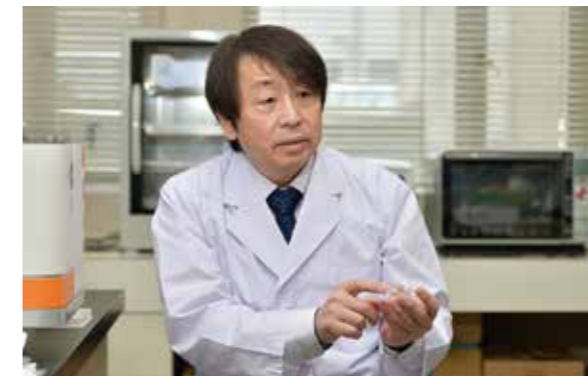
ただし、それぞれの臓器細胞を完全に再現できているわけではありません。iPS細胞が高級外車とするならば、私たちが培養する細胞は電動自転車といったイメージです。カテゴリも違えば、機能性も大きく異なるかもしれません。けれども、まっすぐにつながっているか、途中で陥没した箇所はないかなど、道路の安全性を確認するのならば電動自転車でも十分に調べられます。私たちはいま、培養した細胞が、医薬品などの副作用や効果を探るのに十分な条件を備えていることを、証明するための研究にも取り組んでいます。

独自の容器技術を組み合わせ、生体をイメージ

私たちのプロジェクトは細胞加工技術だけでなく、容器開発技術を組み合わせている点も大きな特色です。私は2017年に県内企業とともに、共培養システム「NICO-1」を開発しました。共培養とは2種類以上を一緒に培養することで、このシステム上ではそれぞれの細胞が相互に作用し、補完し合いながら新たな機能を発揮しています。同じように人体では、肝臓や腎臓など各種臓器が深く関係し合い、生命を維持しているのです。

従来は共培養の方法としては、異なる細胞同士を混ぜる「接触型」と、上下に容器を重ね、細胞同士は触れ合わずにフィルターを通して培養液を共有する「非接触型」がありました。NICO-1は後者の非接触型となりますが、培養液を共有させながら横方向に容器をつなげていく点が異なります。上下タイプとの大きな違いは観察のしやすさです。顕微鏡でのぞいたとき、上下タイプは垂直方向に容器が重なるため、それぞれの細胞が確認しにくくなります。対して、NICO-1はその心配がありません。

当プロジェクトの生体模倣システムは、このNICO-1のアイデア

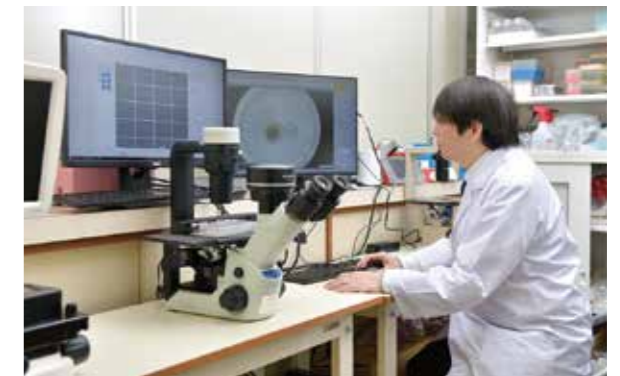


を応用したもので、区切られた1室1室が各種臓器の細胞であり、培養液は血液の代わりとしてそれぞれを結んでいます。細胞の研究者は培養の技術はあっても、入れ物となる容器とセットで開発している方はほとんどいません。反対もろしかりです。その点、私たちは細胞の培養も、容器の開発も、どちらの技術も兼ね備えています。そして、この二つの技術を融合させたものが、事業化を目指す各種臓器細胞パネルとなります。

創薬や研究現場の“スマートフォン”に

近年、世界中の人々の生活を大きく変えた製品といえば、「スマートフォン」が挙げられます。スマートフォンは、携帯電話にタッチパネル機能を付加した液晶技術を組み込むことで誕生しました。これら個々の技術に限れば、まったく新しいものというわけはありません。かねてからあったそれぞれの技術の一つにまとめる“創造性”こそが、大発明につながったのです。

今回、スタートアップを目指すプロジェクトの肝も、少しだけ先の技術を融合することにあります。長年にわたって取り組んできた細胞培養と容器開発に関する研究を組み合わせ、動物実験の代替となる技術を確認することができました。しかも、コストを抑え、スピーディーに、動物実験と同等の効果や代替できる可能性があり、製薬企業や化粧品開発企業、各種研究所、アカデミアなど、さまざまな現場の研究・開発を力強く後押しできるものと自信を持っています。ひいては世界の人々の健康と幸せに貢献する一助になればと願っており、技術内容や意義、目的、最終ゴールを共有できるパートナーとともに、これからの事業化を探っていきたいと考えています。



Contact

学校法人
金沢医科大学

〒920-0293 石川県河北郡内灘町大学1-1
TEL:076-218-8055

研究代表者 | 島崎 猛夫 准教授 - Takeo Shimasaki -

部署 | 総合医学研究所 先端医療研究領域

研究開発分野 | 再生医療・バイオ研究・細胞培養技術

E-mail | takeo@kanazawa-med.ac.jp

研究機関担当者 | 研究推進センター



不妊治療や畜産の未来に希望の“光”を

40年間で精子数は6割減少

日本をはじめ多くの国々が抱える社会的な課題に「少子化」があります。その原因の一つが精子の減少です。ある調査によると、北アメリカやヨーロッパなどの先進国は、この40年間で精子の数が59.3%、濃度が52.4%も減っているとのデータが出ています。背景には、長時間のデスクワークで精巣が圧迫されるなどライフスタイルの変化が考えられ、男性不妊症の一因となる精巣形成不全症候群(TDS)も近年急激に増加しています。この傾向は人口の多いインドや中国でも同様で、今後ますます世界的な問題になっていくことでしょう。

このような問題はヒトに限った話ではなく、畜産業ではウシなどの家畜の受胎率低下が顕著です。よりおいしい食肉を求めた飼育法が取り入れられた結果、暑さに弱くなり、受胎率の減退が進んでいると考えられています。加えて、地球温暖化の影響も色濃く、野生動物でも子が生まれにくい状況に陥っていると指摘されています。このように男性不妊治療や畜産業の活性化、野生動物の保護と、さまざまな分野に関連する問題の解決を目的に、私たちは精子活性化装置の事業化に臨んでいます。

光受容体への刺激で運動性は倍増

精子の数・濃度が減少する中、いかにして生殖能力を高めるか。私たちが着目したのは、精子の運動性を高める方法です。ヒトでも、ウシでも、あらゆる哺乳類の精子は、光を感じるタンパク質「光受容体・OPNs」を持っています。体内で行われる受精に光は関係していないように思われるかもしれませんが、OPNsは温度の違いも感じ取ることができ、その機能を生かして精子は卵巣に向かって進んでいくことができるのです。

私たちは、このセンサーに光を当て刺激を与えることで活性化できるのではないかと考えました。さまざまな光を照射したところ、同じ精子でも波長の長さによって運動性に違いが生じることが分かってきました。最も活性化されたのは、紫外線や赤外線などと違い、目に見える紫色の光でした。5年ほど前からLEDメーカーと連携して研究に取り組み、この特定波長光の照射で精子の運動率が約2倍に高まることを突き止めました。また運動率だけではなく受精率も上がっており、マウスによる実験では28%から69%へと大幅な向上を確認しています。しかも、効果が持続する点も特徴で、照射から3時間後に測定しても、精子の運動性は

ある程度維持していることが分かっています。

同じく精子に着目した技術として、薬剤で運動性のあるものとならないものを選別する方法があります。ただ、畜産業ではトレーサビリティの観点から薬剤の使用が認められないことも想定されます。その点、光照射による方法は、運動性を高めるものの、DNAなど精子の性質に変化を与えるものではありません。マウスを使った私たちの研究でも生まれた子はいずれも正常であり、安全性を実証しています。

日本とアメリカで特許取得。プロトタイプも開発

私たちのプロジェクトでは、光照射による精子活性化技術に関して、すでに日本とアメリカで特許を取得しています。今回、本事業(TeSH)の支援を受けることで、さらに複数の周辺特許を出願できました。活性化装置のプロトタイプ「SPViolet(仮称)」も開発済みで、不妊治療の現場と畜産市場どちらにも販売していきたいと考えています。

もちろん、ヒトやウシなど対象となる種によって照度や時間などの条件は、細かく調整しなければなりません。私たちが想定しているのは、色ごとに分かれたトナーをセットして使うインクジェットプリンターのような装置です。照射装置そのものはどの動物種でも共通で、それぞれの種に応じた培地(カートリッジ)を交換して利用する方法を考えています。カートリッジは使い切りの消耗品で、対象に合わせて条件を最適化します。使う側は目的に応じたカートリッジがあれば、特別な知識・技術がなくてもボタン一つで簡単に操作できる点も大きな特色です。



巨大な海外市場も視野。夢が広がる生殖医学

今後は不妊クリニックと協力し、ヒトへの臨床試験をスタートする計画です。また、石川県立大学との共同研究も決まっており、ウシへの実証実験にも乗り出します。いよいよ事業化に向けた動きを本格化する段階に入ったと胸を高鳴らせています。

見据える先は国内だけではなく、海外市場にも商機を求めていきます。例えば、特許を取得したアメリカでは、ウシの凍結精子を扱う市場だけでも1兆5000億円もの規模があるとされています。実際に、アメリカの大学からも実用化に向けた共同研究の引き合いをいただいているところで、畜産業への活用に関しては北米を足がかりに、牛肉の生産量・消費量が大きな南米への展開も視野に入れていきます。ウシだけでなく、人工授精が認められている海外での競走馬の繁殖、ヨーロッパ・中国市場を狙った養豚業への展開も思い描いており、「ディープレック・スタートアップ国際展開プログラム(D-Global)」への応募も目指していく考えです。

生殖医学は人類の未来につながる学問領域です。医学的な観点だけでなく、ビジネスの側面から見てとても夢のある分野であり、一人でも多くの学生や若手研究者にこの世界に飛び込んでほしいと思っています。その背中を後押しするためにも、今回のプロジェクトを通して生殖医学のこれからに“光”を当てることができればと願っています。



Contact

学校法人
金沢医科大学

〒920-0293 石川県河北郡内灘町大学1-1
TEL:076-218-8055

研究代表者 | 西園 啓文 講師 - Hirofumi Nishizono -

部署 | 総合医学研究所 共同利用センター

研究開発分野 | 生殖科学・発生工学・動物生産

E-mail | hirofumi@kanazawa-med.ac.jp

研究機関担当者 | 研究推進センター



120年ぶりの新プロトコル。組織透明化技術の大革命

毒性評価に必要な「催奇形性試験」が負担に

医薬品でも農薬でも、あらゆる薬品を研究・開発する際は毒性評価が不可欠です。その一つに、服薬や残留農薬などの胎児への影響を測る「催奇形性試験」があるのですが、それにかかる時間・労力・コストが現場の大きな負担となっています。

催奇形性試験の手法としては、試薬を与えたラットやマウスの胎児を摘出し、骨の形成に異常が生じていないかどうかを調べるものがあり、その際に「透明標本」を作製します。メダカやカエルなど小動物の骨を赤く染めた透明標本を、皆さんも目にしたことがあるかもしれません。肉質を分解して透明にすることで、生き物の姿や大きさはそのままに骨格を観察することができます。

ただ、この透明標本の作製がなかなか大変なのです。現在、一般的に用いられているのはDAWSON法と言われるもので、まずは筋肉を作るタンパク質がバラバラにならないように、ホルマリンなどで数日間かけて固定し、その後、魚の場合はウロコと皮をはがし、内臓も取り出して試料に浸けておきます。すると徐々に透明化が進み、最後に骨を染色するのですが、完成までにメダカ1匹でも1か月ほどかかってしまいます。実は、この手法

は1897年にドイツの解剖学者が発表した論文がベースで、現在でも1世紀以上に考案された手順が世界標準として使われています。

毒性評価の現場では、透明標本を1回の試験で膨大な数を用意しなければなりません。しかも、工程の一つ一つが手作業です。専門的な知識・技術も必要で、人手不足の深刻な現場が少なくなく、検査を海外に委託する事例も増えています。守秘義務の契約は結んでも、スクリーニング段階で国外に技術が持ち出されることでリスクは高まると言えるでしょう。

完成まで約5日。透明度は従来の10倍以上

世界中で用いられる透明化技術に、120年ぶりにメスを入れるのが、私たちの開発した「RAP (Rapid protocol for tissue cleaning) 法」です。最大の特徴は作業手順を簡略化し、大幅なスピードアップを実現した点にあります。何と言っても新たなプロトコルでは皮をはがしたり、内臓を除去したりといった解剖の必要がなく、独自の試料に浸け込むだけ。透明化のスピードもけた違いで、固定化した後であれば、小魚の場合ではわずか3時間

ほどで完成します。催奇形性試験で用いる胎児の摘出から含め、5日間ほどで透明標本を作ることが可能です。

透明度の高さも特筆すべき点と言えます。秘密は生体の色素を抜くとともに、光の屈折率をそろえることです。透き通った氷を削ったかき氷が白く見えるのは、空気と氷が混ざり合い、光が屈折しているから。光がまっすぐに進むようにすることで、透明度は格段に高まります。私たちの検証では、DAWSON法で作製した一般的な透明標本と比較し、10倍以上の透明度を実現しています。これまでは難しかった大きさの生きものの透明化も可能です。研究室には体長1メートルほどのタチウオの透明標本が飾ってあります。

もちろん、透明度の高さは催奇形性試験に関しても非常に重要で、従来は見えにくかった奇形まで判別しやすくなります。将来的には、画像化した標本をAIでチェックすることで、検査の迅速化にもつなげられるものと期待しています。

きっかけは失敗が重なった偶然

RAP法を使えば、特別な知識・技術がなくても透明標本を手軽に作製できます。「その開発の道のりは困難を極めました」と言いたいところですが、新たなプロトコルの糸口はまったくの偶然から見つかったものです。かつて、研究室で実験をしていた学生が誤った濃度で混合した試料にメダカの標本を入れ、講義に戻ってしまいました。私も失念して、そのまま放置してしまい、3時間後、お互いにミスに気付いて標本を確認しました。短時間でバラバラになっているはずが、そこには破損のない見事な透明標本ができていたのです。

失敗に失敗を重ねた出来事がきっかけとなり、組織透明化技



術の開発に取り組んできました。簡単にスピーディーに作製できることから、金沢医科大学が毎年夏休みに開催する子ども向け実験教室「ひらめき☆ときめきサイエンス」の1プログラムとしても採り入れています。かれこれ10年以上にわたって、RAP法を使って300人ほどの小学5・6年生が透明標本作りを手がけてきましたが、失敗した事例は一つもありません。当プロジェクトでは小中学校の理科実験用キットとしての事業展開も想定しています。

世界標準のガイドラインへの掲載が目標

透明標本作製のためのプロトコルは完成しました。これからは事業化に向けた動きを本格化させていく段階です。そのために、私たちは今、共同開発パートナー・ユーザーを求めています。RAP法はDAWSON法に比べて、すでに大幅なコストダウンを実現できていますが、催奇形性試験を行う製薬メーカーや、教材として使う教育機関など、多くの方々のノウハウを結集してより安価で、扱いやすいキットの開発につなげていきたいと考えています。

そして、ゆくゆくは国際的に認められた試験方法である「OECDテストガイドライン」に掲載されることを目指しています。ガイドラインへの採択でアメリカやヨーロッパなどに普及・浸透し、オーダーメイド薬の開発など医療が格段に進展することを期待しています。



Contact

学校法人
金沢医科大学
〒920-0293 石川県河北郡内灘町大学1-1
TEL: 076-218-8054
<https://anatomy1kmu.wixsite.com/mysite-1>

研究代表者 | 八田 稔久 教授 - Toshihisa Hatta -
部署 | 医学部 解剖学I
研究開発分野 | 生殖発生毒性試験、教育関連技術開発
E-mail | thatta@kanazawa-med.ac.jp
研究機関担当者 | 研究推進センター

ソフトロボットハンドを搭載した収穫ロボットアームと収穫動作システムの事業化 北陸先端科学技術大学院大学 只野 利恩



“やさしく包む”がキーワード。農家の新たなパートナーに

ロボットを人手不足解決の一手に

農業が直面する大きな課題に人手不足が挙げられます。高齢化や過疎化などによる離農が深刻で、就農者一人あたりの負担は年々、高まっています。この課題の解決策として期待されるのが、「ロボット」です。開発に取り組む企業は少なくなく、実際にアスパラガスやピーマンなどの収穫ロボットも登場しています。半面、自動化は一部の農作物にとどまっています。こういった根元や茎を刈り取る作物はいいのですが、リンゴやモモなどを“つかんでもぎ取る”動きの収穫ロボットは、まだまだ開発途上の段階です。

そこには、ロボットハンドが抱える三つの特性が深く関わっています。まずは、多くのロボットハンドが、人間の手を参考に鉄などの硬材でつくられていることです。硬いロボットの指でがっちりつかむと、果実を傷つけてしまいます。何本も重なり合った枝を避けて対象物までロボットアームを伸ばすのは難しく、途中でロボットハンドが当たって折ってしまうかもしれません。二つ目の課題としては、指の関節に相当する箇所ごとにモーターを組み込む必要があり、部品点数が多くなることです。駆動する箇所が

多いとそれだけ制御が難しくなりますし、価格はどうしても高くなってしまいます。三つ目は汎用性の乏しさです。従来のロボットは、大きさや硬さなど農作物に合わせた設計を施した専用機がほとんど。それでは使い道が限定されてしまい、価格や機能性などのデメリットが大きくなります。

柔らかなシリコン製の“赤いバラ”

とはいえ、人手不足の改善にロボットが役立つのは間違いありません。そこで硬い素材ではなく、柔らかな素材でつくる“ソフトロボティクス”を農作物の収穫に生かせないかと考え、開発したのが「ROSEハンド」です。ROSEハンドは口径10センチ、長さ10センチほどの円筒のような形状で、従来のロボットハンドの問題点を解決する特徴を持っています。素材はとても柔らかなシリコン製で、ハンドがねじれながら物をつかむ構造です。真上からのぞくと、その名の通り、赤いバラのような形をしており、やさしく包み込むため、対象物を傷つける心配はありません。

ソフトロボットハンドの動力源として主流の空気アクチュエーターを使わない点も特色です。モーター一つでハンド全体を制御

でき、既製のロボットアームにも取り付けられるので、価格面も抑えることができます。さらに、落花生を複数把持したり、缶コーヒーを持ったりと、口径内にキャッチできれば、幅広くハンドリングすることが可能です。ミカンや生卵をやさしくつかみ、マッシュルームの傘を傷つけずに収穫するのもお手のもの。引張試験値では約30kgの耐荷重もクリアしており、円筒内に対象物すべてが収まらなくてもつかむことができ、イチゴ1個からメロンくらいまでの大きさのものまで対応しています。

当然、ハンドのサイズを変えれば、より幅広い対象物を把持できます。バナナの収穫などを想定し、現在はより長いタイプのロボットハンドを開発中です。

実証実験もスタート。食品工場での活用も視野

事業化に向けた取り組みも本格化しています。2024年12月には、山形県のリンゴ農家さんに協力していただき、ROSEハンドの実証実験に臨みました。想定通りの成果が得られた一方で、実践の中で改善点もいくつか見えてきました。例えば、ロボットアームの動きなど、現場で活用するにはよりシンプルな構造にする必要を感じています。現場で分かった課題を乗り越え、より実践的で汎用性の高いロボットハンドへと機能性を高めていく計画です。

並行して、農産物の収穫以外での活用策を探っています。その一つが、食品工場への転用です。商品を傷つけずに“やさしく包む”技術を生かすことで、箱詰め作業などを自動化できないかと考えを巡らせています。ロボットハンドにセンサーを取り付け、商品の重さや大きさごとに選別する機能を追加できれば、果樹からもぎ取った直後にサイズごとに箱に振り分けるなど、農業の



Contact

国立大学法人
北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292 石川県能美市旭台1-1
TEL:080-6061-9697

収穫・出荷作業に関しても一層の効率化につながれます。

新たな農業の確立で新規参入増加へ

ROSEハンドの事業化を通して、私は、農家の皆さんの隣でロボットとともに農作業に励む未来図を思い描いています。あくまでも主役は「人」であり、ロボットは作業を補助するサポート役です。共存する農業の新しいスタイルを見せることで、1次産業に希望を抱いた若い人たちの新規参入が進めばと思っています。また、事業化にあたっては、海外にも目を向けています。人件費が高騰するヨーロッパでは省力化のニーズは高く、2024年10月に農業機器の国際的な見本市に出展したところ、海外の方にも興味を持っていただきました。

もちろん、ロボット開発をビジネスとして軌道に乗せるには、まだまだ紆余曲折が予想されます。安全性の確保や販路の開拓など、事業化への階段を上がるにつれて新たな課題も出てくることでしょう。そんな壁を、思いを共有するパートナーとともに乗り越えていきたい。ロボットアームやセンサーの開発などで協力いただく企業・大学、農業の実情を教えてくれる農家や農業法人の方々、そしてロボティクスと情報の融合を目指す学生など、たくさんの仲間を求めています。共に新しい農業の未来を切り拓いていきましょう。



研究代表者 | 只野 利恩 博士後期課程 -Rion Tadano-
部署 | 先端科学技術研究科
研究開発分野 | 機械工学、材料
E-mail | s2460003@jaist.ac.jp
研究機関担当者 | 永井 明彦

トンボプロペラが提供する安全かつ効率的に運用可能なドローンシステム事業の提案 北陸先端科学技術大学院大学 HO ANH VAN



トンボの羽に着目、衝突リスクを緩和する変形可能なプロペラを開発

ドローンビジネスの可能性を広げる

近年さまざまな産業でドローンの活用が広がっています。危険が伴う工事現場での測量、人が行うことが難しいトンネルや橋梁、送電線など公共インフラの点検、広大な田畑への農薬・肥料の散布、災害が起きた際の現状把握や物資輸送、あるいはドローンショーなどのエンターテインメントなど。ドローンビジネスの市場規模は拡大し、私たちの暮らしに便利さや楽しさをもたらしています。

自動操縦や遠隔操作で飛行するドローンは便利な反面、硬いプロペラを高速回転させるため、小型であっても建物に接触して傷を付けたら、何かを巻き込んだりする危険性があります。墜落のリスクが付きまとうこともあり、法律や条例で各種の規制が設けられています。ドローンビジネスの質と競争力を高め、今後の可能性を広げるためには、操作性はもちろん、安全性の向上が欠かせません。人やモノの安全を守るとともに、ドローン本体の墜落やダメージを防ぐ技術も重要になると言えるでしょう。

ここで私たちが提案するのが、プラスチックとシリコンを組み合わせ、構造設計した、柔らかく変形可能なドローン用プロペラで

す。何かにぶつかっても機敏に飛び続けるトンボの羽の構造からヒントを得て開発したことから、私たちは「トンボプロペラ」と呼んでいます。

折れて衝撃を吸収、すぐ元に戻って安定飛行

薄くて軽いトンボの羽には、そのフレキシブルな変形を可能にし、衝撃吸収材として働いている関節部分(Nodus)が存在します。トンボプロペラには、翼部の一部にこの関節部の機能を模倣した特殊なシリコン構造を設けています。翼部のエッジも、ブレードの鋭さを抑えつつ衝突時の力を吸収する目的でシリコンを使用しています。翼部と中心部は腱のような形状のナイロンファイバーでつないで補強しています。こうした構造により、回転するプロペラが障害物に接触すると柔軟に折れ曲がって衝撃を吸収、プロペラの損傷を防ぐとともに、ぶつかったモノの破損や人のケガのリスクを軽減します。

折れ曲がったプロペラは平均して0.4秒で元の形状に戻ります。海外の研究機関と協力して制御面もブラッシュアップを重ねており、研究室で実施したドローンの衝突実験では、空中でプロ

ペラが障害物に接触してもすぐ機体を持ち直し、再度プロペラを回転させて正常飛行を続けることを実証しています。

プロペラ全体の形状は、ドローンの重量や形状を踏まえ空気力学による解析を元に決定しており、通常の回転時は一般的な硬いプロペラと遜色のない揚力、推力を発生できるように設計しています。

ドローンの安全性については従来、プロペラを物理的に保護ゲージに収納する、センサーを搭載して衝突を回避する、といった方法で対応がなされてきましたが、本体の重量増加や操作性の低下などの課題があります。柔らかい素材を採用したプロペラについても先行する研究事例がありますが、全体が均一な素材で構成されており、安全性は確保できても揚力、推力は低下します。私たちの研究は、「安全性はプロペラに任せよう」という発想で材料設計から手がけ、これを最適化する構造設計で、安全性と飛行力の両方でアドバンテージを生み出しています。

生物に学ぶソフトロボティクスが強み

私のそもそもの専門はソフトロボティクスです。より人間の近くで活躍するロボットや、人間と物理的に接触するロボットには「柔らかさ」が欠かせません。一番は安全性のためです。ロボットの表面が柔らかければ、接触しても人がケガをするようなことはありません。また従来の硬いロボットだと、障害物を避ける制御を行うために途方もない量の計算が必要ですが、柔らかいロボットであれば、少しぶつかっても自ら変形してそれを許容できるため、完全に避ける必要はなく、必要な計算量は格段に少なくなります。

研究のアイデアの源は、自然界の生物です。周囲の環境に適応する生物の構造や機能に着目し、そのメカニズムをロボットの

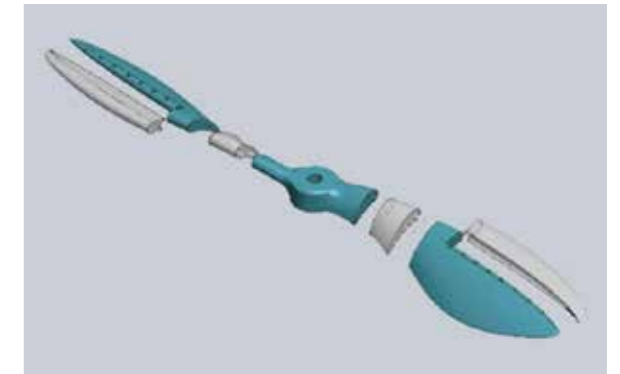


駆動装置や感覚装置に応用するという方向性で、これまでさまざまなソフトロボットの研究開発に取り組んできました。材料力学をはじめ、生物学、機械、電子電気、情報など、ソフトロボティクスを実現するための分野横断的な知識、そして生物のあり方から課題解決の糸口をつかむ独自の視点で、今回のトンボプロペラの開発につながっています。

事業化に向け量産設計が課題に

研究室でのプロペラの試作は、射出成型したプラスチックのパーツを接着して金型にセットし、シリコンゴムを流し込んで成型する方法で行っています。社会実装に向けては、工程の簡素化や精度管理など産業界のノウハウが欠かせないと考えており、量産化を見据えた開発パートナーを求めています。

事業展開については、顧客の要望に応じたプロペラの設計、提供を行うビジネスを想定しています。将来的にはソフトウェアを含めドローンそのものの開発も視野に入れています。トンボプロペラは人が集まる市街地や障害物の多い地形での飛行に優位性を発揮できると自負しており、ドローンの機体メーカーや、ドローンを活用したサービスを提供している企業とのマッチングに期待しています。



Contact

国立大学法人
北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292 石川県能美市旭台1-1
TEL: 0761-51-1584 / FAX: 0761-51-1149
<https://www.jaist.ac.jp/ms/labs/vanho/>

研究代表者 | HO ANH VAN 教授

部署 | 先端科学技術研究科

研究開発分野 | 機械工学、制御

E-mail | van-ho@jaist.ac.jp

研究機関担当者 | 永井 明彦

プラスチックの酸化劣化に悩まされない世の中へ —超効率的スクリーニングによる相乗効果を最大限に引き出す安定化剤配合の探索

北陸先端科学技術大学院大学 和田 透



安定化剤の“キラー配合”開発で、バリューチェーン全体の利益に貢献する

プラスチックの劣化防止で社会に恩恵を生む

皆さんはプラスチック、好きですか？

プラスチックはさまざまな批判もある材料ですが、発明されて以来、生産量は増加を続け、日用品をはじめ、家電、自動車など、あらゆる産業に使われてきました。安価で軽く、色も形も自在にできるといった優れた特徴が、これまでプラスチック製品の需要拡大を後押ししてきました。

しかし、あらゆるプラスチックは熱や光により劣化します。プラスチックが劣化しなくなれば、製品寿命が向上して資源が節約でき、利用用途が拡大することで軽量化や省エネルギー化が進みます。また、リサイクルも容易になります。リサイクル率が向上すれば、二酸化炭素削減にも貢献できます。このように、プラスチックの劣化を防ぐことは、社会におけるさまざまな恩恵を生むことにつながります。

ほとんどのプラスチックには安定化剤が添加されています。安定化剤はプラスチックの酸化や劣化を抑制し、樹脂の耐久性を向上させるためのもので、種類や用途に応じてさまざまな安定化剤が開発されてきました。安定化剤は相乗効果によって性能

が向上するので、何種類か混ぜて使われるのが一般的です。この混ぜたものを配合と呼びます。安定化剤は、添加量を増やすほど効きますが、副作用もあります。ですから、少量で良く効く最適な安定化剤の配合が求められています。これはプラスチックが発明されてからずっと求められてきた課題です。

我々はこの課題を、独自の技術によって解決します。

独自のスクリーニング技術で“キラー配合”を開発

我々の技術の肝は、安定化剤同士に働く相乗効果を最大限に利用した、圧倒的に高性能な配合を作り出すことです。これを我々はキラーコンテンツになぞらえて“キラー配合”と呼んでいます。

安定化剤は配合させることで機能が向上しますが、ただ配合数を増やせば良いわけではありません。配合によっては拮抗効果が発生し、かえって効果を阻害・減衰させてしまう場合もあるからです。

我々は業界で広く一般的に使われているスタンダード品に対し、約2倍の高い性能を実現したキラー配合を開発しました。この

性能は、7種の安定化剤の間に働く複雑な相乗効果に基づくものです。このような複雑な配合の開発は、他では絶対に真似できません。配合候補が多すぎることに加えて、性能試験に時間がかかりすぎるからです。

配合候補の点で言うなら、20種の安定化剤から10種を選択する場合、その組み合わせ数は単純計算で20万通りという膨大な数になります。また、性能試験に必要な時間と労力の問題もあります。劣化試験に長期間必要な上、サンプルの数が増えるほど劣化の評価に手間がかかるのです。安定化剤の適切な組み合わせを選ぶことが重要だと分かっているにもかかわらず、これまでどんな企業も実施できなかったのは、こうした理由があったためです。

我々はこの課題を、独自の超効率的なスクリーニング技術と機械学習技術を併用することで突破しました。我々が開発したハイスループットケミカルミネッセンスアナライザーは、プラスチックの劣化に伴う微弱な化学発光現象を検出することで、100検体の熱劣化挙動をその場で観察することができ、従来法で5.5年かかっていたデータを50日で取得することができます。しかも、同時に数多くのデータが取れるということは、データの質が良いということです。これにより、この技術と機械学習を組み合わせることで、4000万通りの組み合わせの中から、スタンダード品を圧倒する配合を、わずか1.5か月間で迅速に発見することに成功しました。

安定化剤のバリューチェーン全体の利益に

安定化剤のバリューチェーンは、安定化剤メーカー、プラスチック材料メーカー、成形加工業者、そしてエンドユーザーによって構成されています。このバリューチェーンの中で、我々の事業は、安定化剤メーカーとプラスチック材料メーカーの間を取り持つ



こととなります。つまり、安定化剤メーカーから安定化剤を購入して配合を調製し、プラスチック材料メーカーに供給して対価を得ます。プラスチック材料メーカーは、技術的には競合ですが、バリューチェーン的には顧客となるわけです。

我々の“キラー配合”は一般的な樹脂に対するレディメイド品で、収益の要となります。素材ごとにキラー配合を取り揃えておいて、ポリプロピレン用の強い配合が欲しいという企業には、ポリプロピレン用のキラー配合をお渡しし、ポリスチレン用の強い配合が欲しいという企業には、ポリスチレン用の配合を販売します。起業前にどれだけキラー配合を揃えられるかが、本事業の成功に直結します。また、より付加価値の高い新規材料などに対するファインチューニングも実施していきたいと考えています。

我々の事業は収益につながるだけではありません。安定化剤メーカーにとっては、生産量当たりの利益が増加し、プラスチック材料メーカーと成形加工業者は、製品の寿命が向上することで競争力が強化され、製品の信頼性が上がることで、エンドユーザーにも利益となります。このように我々の事業は、バリューチェーン全体の利益に貢献できると考えています。

我々の構想するビジネスへのご検討とご協力をどうぞよろしくお願いいたします。



Contact

国立大学法人
北陸先端科学技術大学院大学

〒923-1292 石川県能美市旭台1-1
TEL:0761-51-1632

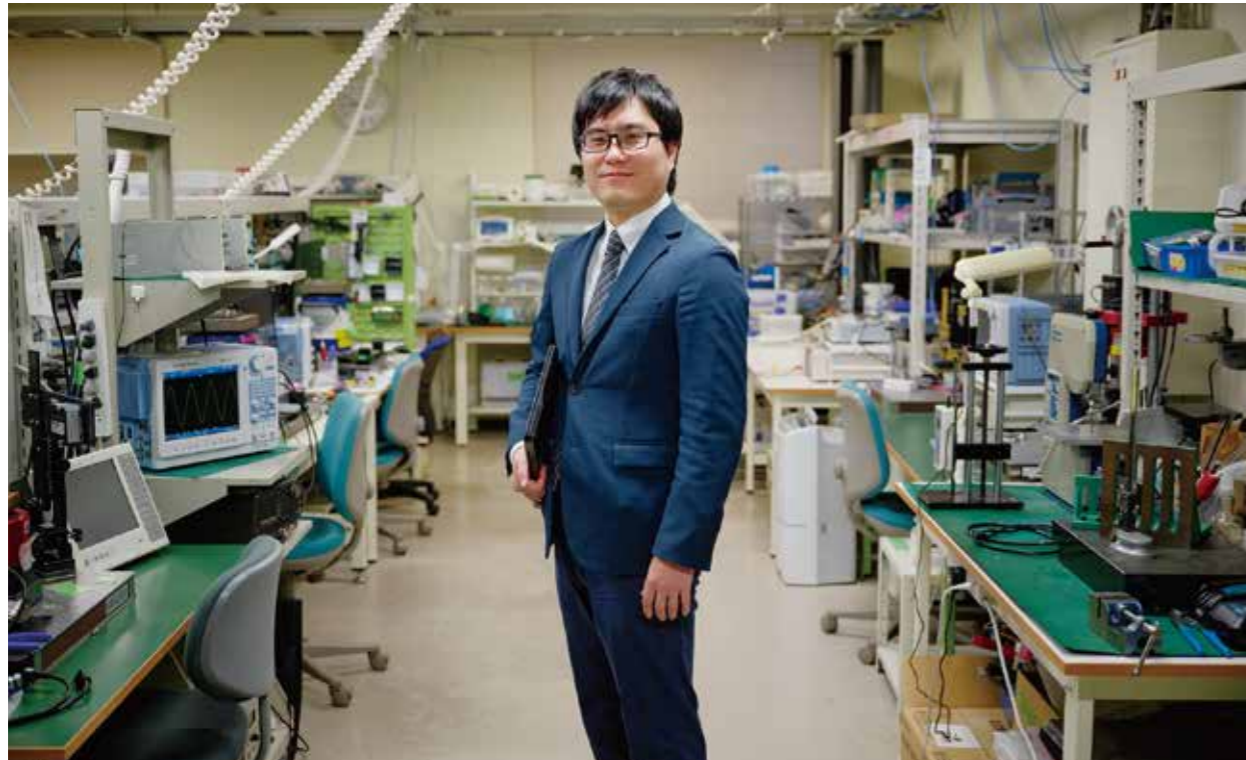
研究代表者 | 和田 透 助教 - Toru Wada -

部署 | 先端科学技術研究科

研究開発分野 | ナノテクノロジー・材料

E-mail | toruwada@jaist.ac.jp

研究機関担当者 | 永井 明彦



身近に存在する振動から暮らしに役立つエネルギーをつくる

今、未来に向けて私たちがなすべきこと

日本政府が提唱する未来社会のビジョン(Society5.0)では、IoTが現実社会の情報をリアルタイムで収集し、AIによるビッグデータ解析を行うことで、国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会を目指しています。

AIに関してはさまざまな革新的技術が普及し、社会を変えつつありますが、IoTによる情報収集においては、従来予測されていたほど広まっていないのが現状です。その理由の一つに、デバイスの電源に関する問題があります。情報を収集し活用する際には、計測対象の情報(温度、湿度、光、音、振動など)をセンサーで取得し、無線送信などでネットワーク上に伝える電力を必要としますが、現状、多くのIoTデバイスの電源には一次電池が使用されています。従って、より大量のIoTデバイスを使用する場合は膨大な数のバッテリーを交換する必要があり、コストの増大や大量の電池破棄による環境負荷が懸念されます。

そういった状況の解決策として期待されているのが、周りの環境から微小なエネルギーを収穫して電力に変換する技術である「エネルギーハーベスティング」です。これを用いれば、太陽光・

室内光・温度差・湿度変化・微風など、環境に存在するさまざまなエネルギー源から、長期間にわたって電力を供給することが可能です。

その中で私たちは振動による発電に着目しました。振動発電では身近な動きを電力に変換します。人の歩行や機械の振動、自然風、波など、あらゆる質量の移動や力の変化を電力に変換可能です。

振動発電が実用化されれば、環境負荷や作業者(マンパワー)不足に左右されることなく、どこでも簡単に情報を収集できます。例えば、劣化した交通インフラ(橋やトンネルなど)を察知することや、災害検知・防犯などへの応用が可能となります。振動発電は、Society5.0の実現に役立ち、未来の暮らしに必要な不可欠な技術となる可能性を秘めています。

「おもしろい技術」が「使える技術」へと進化

以前は「おもしろい技術」とだけ認識されていた振動発電は、現在は「社会で使える技術」の領域に達してきました。ただし、実際に現実社会で使うにはまだ工夫が必要です。対象物の振動

エネルギーを効率良くエネルギー変換素子に伝える技術や、エネルギー変換素子自体の効率を高める技術、得られた電力を効率良く蓄える技術、微小なエネルギーを活用できる電気回路の技術などが求められます。

本学では、電子情報通信学系の上野敏幸教授がいち早く振動発電の研究に取り組んでおり、2018年9月から2023年3月には、文部科学省の地域イノベーション・エコ形成プログラムに採択されました。これまで300社以上の企業の方々と社会実装に向けた対話を重ねてきたことで、振動発電の可能性に対する確かな手ごたえをつかんでいます。

ブランディングで振動発電の可能性を伝える

本学は振動発電技術について、「V-GENERATOR」という商標を取得しブランディングを行っています。振動発電の技術面における主な特徴は、変形すると材料内部の磁化状態が変化する性質を持つ「磁歪材料」を用いて発電している点です。小学校などで磁石を素早くコイルに出し入れして発電する実験をした経験がある方も多いと思いますが、磁歪材料を使えばこれと同じ効果が簡単に得られ、微小振動下においても効率良く発電できます。可動部がすべて鉄系の材料で構成されているため、ほかの発電に比べて耐久性が高いことも利点です。発電効率と耐久性の高さを生かし、最終的には極限の環境下にある宇宙空間でも壊れず、半永久的に使用可能なレベルにまで仕上げることを目標としています。

ほかにも振動発電の可能性をステークホルダーの皆さんにイメージしてもらうため、連携企業から許可を得て、実証実験の事例をWebサイト「V-PROJECT」で公開しています。さらに、さま



振動発電の実験装置

ざまな企業や団体が集まる振動発電技術のコミュニティサイト「V-COLLABO」も運用し、サプライヤーの方々から提供可能なシーズの情報を掲載いただき、ニーズをお持ちの方が自由にコンタクトを取れる仕組みも構築しました。

振動発電が世の中に新たな価値を生み出す

本学の運営事務局では、展示会の企画から技術相談や連携先の提案まで、B2Bの連携を支援する活動も行っております。これらの枠組みによって、研究にとどまらない事業化の実現を目指しています。具体例としては、橋梁や道路、下水配管などの振動を利用した異常検知のモニタリングや、鉄道車両やトラックの振動を利用した車両の位置検知システム、工場内の機械振動を利用した予知保全・寿命推定診断システム、侵入者の動きを利用した防犯システムなどを想定しています。

振動発電はまだ大きな市場が形成されておらず、新しい市場を作り出すにはさまざまな業界からの助力が求められます。今回の採択をきっかけに、発電装置の提供に必要な材料メーカーや製造メーカーはもちろん、付加価値を生み出すIoTデバイスメーカーやサービスプロバイダ、商社など、多方面のパートナーと協力したいと考えています。実際に私たちは現段階ですでに多くのパートナーと良好な関係を築いており、振動発電の普及を目的に大学で得られた情報は、惜しむことなく提供しています。産学連携から生まれるメリットを生かし、Society5.0の実現に向けて共に歩んでいきたいと願っています。



装置を建設機械に取り付けての実証実験

Contact

国立大学法人
金沢大学

〒920-1192 石川県金沢市角間町
TEL: 076-264-6101
<https://vibpower.w3.kanazawa-u.ac.jp/>

研究代表者 | 北 翔太 特任助教 - Shota Kita -

部署 | 先端科学・社会共創推進機構

研究開発分野 | 環境発電

E-mail | kita-s@staff.kanazawa-u.ac.jp

研究機関担当者 | 佐藤 肇

現在も他の誰も開発できていない 世界初・反転層ダイヤモンドMOSFETを用いた宇宙半導体事業創出

金沢大学 徳田 規夫



世界で初めて反転層型ダイヤモンドMOSFETの動作実証に成功

半導体の救世主となる「ダイヤモンド」

現在、半導体の分野では、シリコン(Si)半導体を用いた反転層チャンネルMOSFETやIGBTといったパワーデバイス(パワー半導体)が自動車や新幹線、飛行機、工業機器、医療機器などに広く利用されています。

しかし、シリコンは物性値からすでに性能限界が見えており、シリコンカーバイド(SiC)半導体や窒化ガリウム(GaN)半導体といったワイドバンドギャップ半導体が、次世代パワーデバイス材料として、期待を集めています。そして、それらを材料とした半導体以上に、パワーデバイスを高性能化できるのがダイヤモンドです。

ダイヤモンドは、移動度や絶縁破壊電界、熱伝導率、デバイス性能、耐放射性など、あらゆる面で地球上の物質中最高水準の物性値を複数有しており、究極のパワーデバイス材料と言えます。しかし、これまで世界中でダイヤモンドを使った半導体の研究開発が進められてきたにもかかわらず、実用化されることはありませんでした。

その主な理由の一つは、高品質な酸化膜およびダイヤモンド半導体界面構造の形成が困難なため、Siデバイスで最も多く用

いられているノーマリーオフ特性を有する反転層型MOSFETが実現できなかったため、1990年代後半には、世界の研究者たちは半ば研究開発をあきらめました。ノーマリーオフ特性とは、システムとしては作動中であっても作動すべき構成要素以外の電源をオフにできる機能で、半導体の安全性や信頼性、消費電力の最小化において必ず必要とされる特性です。

私自身が研究を開始した2005年には、すでにシリコン限界説が定番化されていました。そこで、ダイヤモンドに何ができるのかを調べる基礎研究から始め、2016年に我々が世界で初めて、これまで不可能とされていたノーマリーオフ特性を備えた「反転層型ダイヤモンドMOSFET」の動作実証に成功しました。

次々世代のパワーデバイス誕生までの道のり

当研究所では、プラズマ中でメタンや水素を活性化させるマイクロ波プラズマ化学気相成長法によって高品質なダイヤモンド層を横方向に成長させる技術を開発しました。さらに、不活性ガスを純水中に通気(バブリング)させ、希釈された高温の水蒸気で熱処理を行うウェットアニールにより、ダイヤモンド半導体の表

面を酸素と水素からなるOH基で終端させ、その上に原子層堆積法を用いた Al_2O_3 膜を形成して、デバイスグレードのダイヤモンドMOS界面制御技術を開発したことで、反転層型ダイヤモンドMOSFETを作製しました。

そして作製した反転層型ダイヤモンドMOSFETを用いた実験では、ゲート電圧をかけていないときにはゲート電流もドレイン電流も検出限界以下(ノーマリーオフ特性)で、ゲートにかける負電圧を大きくしていくと、MOS界面のn型ダイヤモンド半導体に空乏層が広がり、さらに負電圧を大きくすると少数キャリアである正孔がドレイン・ソース領域から流れ込むことで反転層チャンネルが形成され、ドレイン電流が流れることが実証できました。

この実証実験で高いON/OFF比を確認でき、次々世代のパワーデバイスの新たな扉が開かれました。試行錯誤を繰り返しながらこれまで誰も成し得なかったことに挑戦し続け、成功したときの感動は忘れることができません。

成功のあとに見えてきた量と大きさの課題

極限物性、耐放射性を実現可能な反転層ダイヤモンドMOSFETの開発は、今も当研究所が有する世界唯一の輝かしい技術ですが、次のステップとして解決すべき課題も見えてきました。障壁となっているのが半導体の材料であるウエハの供給体制が整わないことです。ウエハは半導体デバイスを製造するための基盤となる円盤状の材料で、半導体チップの製造プロセスにおいて中心的な役割を果たします。

ジュエリーとしてもおなじみのダイヤモンドは非常に高価な鉱石であるものの、高品質かつ大型のダイヤモンドウエハの作製技術は必要不可欠です。その対策として、2020年に学内にベン



Contact

国立大学法人
金沢大学

〒920-1192 石川県金沢市角間町
TEL:076-234-4875
<https://nanomari.w3.kanazawa-u.ac.jp/group/group03.php/>

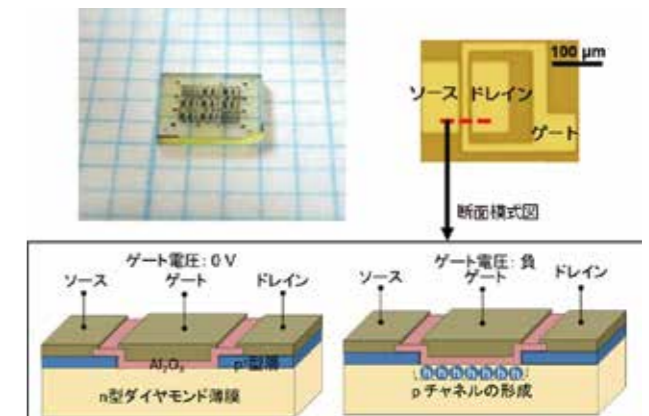
チャー企業を立ち上げ、ダイヤモンド成長技術の開発にも取り組んでいます。ただし、ダイヤモンドは地球上で最も硬い鉱石であることでも知られるように、研磨には大変な技術力を要することから、この技術が確立されるまでには相当な時間が必要であると予想しています。ダイヤは炭素だけでできているため、それさえ確立できれば、将来的にシリコンより安く提供できる可能性をもつ唯一のデバイス素材だと考えています。

ダイヤの輝きが人類の宇宙への夢を照らす

ダイヤモンド半導体を世の中にいち早く実装するため、我々が選択したのは、宇宙環境下での実証です。ここ数年、人類を月に運ぶアルテミス計画が話題となっていることもあり、時代のニーズとも一致していると考えました。

今は大変高価なダイヤモンド半導体ですが、大型のものを安定して生産できる技術が定着すれば、価格も下がり、ダイヤモンド半導体への移行も加速するでしょう。

宇宙の過酷な環境で使われる半導体には厳しい基準が設けられていますが、我々が開発した反転層型ダイヤモンドMOSFETなら、それらもクリアする自信があります。我々のダイヤモンド半導体により宇宙科学の深化、宇宙ビジネスの発展、人類の宇宙進出への貢献を目指します。ダイヤモンドは放射性耐性が最も高い素材ですから、宇宙船や人工衛星をより遠くまで飛ばすことができるようになるでしょう。我々の研究に興味を持っていただき、ダイヤモンド半導体の社会実装に取り組んでくださるパートナーを待っています。



研究代表者 | 徳田 規夫 教授 -Norio Tokuda-
部 署 | ナノマテリアル研究所
研究開発分野 | 環境(半導体)
E-mail | tokuda@se.kanazawa-u.ac.jp
研究機関担当者 | 高山 卓三



汚染土壌が100%浄化土壌に生まれ変わる処理方式を実現

限界を迎えつつある浄化システムへの対応策を

重金属にはヒ素やカドミウム、水銀などの特定有害物質が含まれます。重金属汚染土壌はその名の通り、重金属によって汚染された土壌や地下水を指し、人体に影響を与える危険性があります。重金属汚染は大きく二つに分かれており、一つは、温泉地など、元々の土壌に重金属が含まれる自然由来の汚染。もう一つが事業活動に起因する人為由来の汚染で、主に工場からの排液や廃棄物が土の中に流れ出ることによって引き起こされます。自然由来と人為由来のどちらの汚染土壌も土壌汚染対策法の対象になっています。

そのため、重金属に汚染された土壌は洗浄して無害化するか、運び出して処分する必要があります。洗浄する場合、一般的には水や酸を使うことで浄化土壌と重金属に分離しますが、水洗浄は洗浄力が弱いため重金属が残ってしまい、酸洗浄は腐食による設備の劣化や洗浄処理後に大量の中和剤を必要とするなど、それぞれがいくつかの課題を抱えています。洗浄せずに掘削除去する場合においても、汚染土壌を捨てる最終埋め立て処分場がひっ迫しており、新規増設にもコストがかかるため、解

決策が必要です。

日本では、2003年の土壌汚染対策法施行時に656件だった土壌汚染の判明事件数は増加の一途をたどり、2021年度には年間2,518件にのぼりました。処分場の能力もすでに超過状態で、汚染土壌や廃棄物が地域の環境をむしばんでいる現状に、危機感を抱かざるを得ません。

生分解性キレート剤による洗浄で環境負荷を低減

前述した状況を打破すべく、私たちが提案するのが、重金属汚染土壌を生分解性キレート剤を使って化学洗浄する方法の普及です。当研究室は世界で初めて、生分解性キレート剤による化学浄化方式を学術誌に論文として発表したパイオニアであり、豊富なデータやノウハウを保有しています。

キレート剤には、汚染土壌の中にある金属を取り除く働きがありますが、論文発表前から行われていたキレート剤洗浄では、金属を取り除いた後も分解されずに環境に蓄積されてしまいました。一方で生分解性キレート剤を主成分とする洗浄液を用い

た場合、時間とともに成分が分解されることから、洗浄したあとの残渣が発生せず、環境への負荷が格段に少なくなるメリットがあります。この研究成果を国際学術誌に発表したことで、2005年ごろから海外大学のほかの研究グループでもこの技術に対する研究開発が行われるようになりました。

残渣も有害物質もなく、健康被害もない浄化土壌

国土や資源に乏しい日本では、廃棄物の減量化と土地利用率の向上は、将来に向けて解決すべき重要な課題です。安全性が高く、環境コストを抑え、しかも残渣が出ない方法で、汚染土壌を浄化土壌と重金属に分離することができれば、土地の再利用も容易になります。現在水洗浄を行っている工場やプラントであれば、洗浄水に生分解性キレート剤を加えるだけでよく、大がかりな設備投資も必要ありません。

当研究室では、10年ほど前から滋賀県大津市にある株式会社山崎砂利商店と共同研究のパートナーシップを結んでいます。山崎砂利商店は、産業廃棄物処理業やリサイクル事業を中心に事業展開する企業で、業界トップレベルの処理能力を誇る土壌洗浄施設が稼働しています。2024年からは生分解性キレート剤による土壌汚染洗浄を浄化事業に取り入れています。

世に広めるべき環境技術をビジネスにつなげる

画期的な環境技術であるにも関わらず、私たちの論文発表後も従来の水や酸による汚染土壌の洗浄が生分解性キレート剤による方式へとなかなか切り替わらない要因は、やはり導入におけるコストの問題が大きいようです。企業の本質は少しでも多く



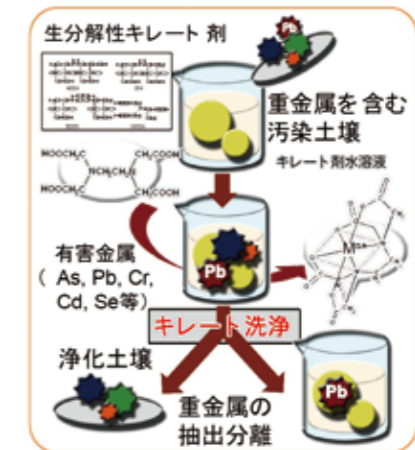
の利益を追求することにありますから、現在の処理システムに生分解性キレート剤をプラスする分の負担がネックになっているのではないかと分析しています。

そこで普及へのステップとして構想しているのが、「浄化工法協会」の設立です。本学がプラント設備・浄化剤などの消耗品の販売とプラント利用に関するコンサルティングを担う大学ベンチャーとなり、顧客である汚染土壌処理業者や地方公共団体、土木関係の事業者などに生分解キレート剤による土壌浄化の採用を推進します。重金属を含む廃棄物の浄化事業における廃棄物処理、リサイクル分野の市場規模は2022年度は52,158億円にのぼると言われており、事業化の成功は大きなビジネスチャンスとなる可能性があります。

私が環境浄化の研究を志したのは、日本の高度経済成長期に問題となった公害病がきっかけでした。小学生のころにイタイイタイ病や水俣病などに苦しんでいる人々の存在を知り、子ども心に「何とかしなくてはいけない」と思ったのを覚えています。

現在は当時より環境に対する意識は高まりましたが、何年かあとに再び土壌汚染による健康被害が発生するかもしれません。公害病に苦しむ人が二度と現れないようにするためにも、この技術の普及や事業化を実現したいと思っています。

今後の展開としては、私は研究者として技術のブラッシュアップを担当しながら、協会の運営や仕組みづくりなどのマネジメント面を担っていただける企業や団体、個人などからの支援を募りたいと考えます。事業の目的に共感いただける方がいらっしゃればぜひ力を貸していただきたい。そう願っています。



Contact

国立大学法人
金沢大学

〒920-1192 石川県金沢市角間町
TEL: 076-234-4792 / FAX: 076-234-4792
http://araim.ch.t.kanazawa-u.ac.jp/

研究代表者 | 長谷川 浩 教授 - Hiroshi Hasegawa -

部署 | 理工研究域物質化学系

研究開発分野 | 環境技術

E-mail | hhiroshi@se.kanazawa-u.ac.jp

研究機関担当者 | 岩田 誠司



第二世代バイオマスの事業化によって、地域資源を有効活用する流れを作る

カーボンニュートラル達成にバイオマスが抱える問題

近年、カーボンニュートラルという言葉が浸透してきました。日本は2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「2050年カーボンニュートラル」を宣言しており、持続可能な社会構造へ向けたエネルギー・産業の構造転換が求められています。カーボンニュートラルの達成には、二酸化炭素排出量の大部分を占める化学産業において、オイルリファイナリーからバイオリファイナリーへの転換が必要となります。かつて石油化学からバイオプロセスへの転換という点で、バイオマスが注目を浴びた時期がありました。これが穀物や糖質を主原料とした第一世代バイオマスです。すでに第一世代バイオマス発酵により生産されるバイオ燃料は世界中において事業化されていますが、現在ではさまざまな問題を抱えています。

第一世代バイオマスは食用穀物の余剰分や売り物にならない部分、もしくはそれ専用で畑で作られた穀物が利用されています。この第一世代バイオマスの問題は、食糧と競合する懸念があることです。穀物は天候によって生産が不安定となる点に加え、

価格の高騰や世界人口の増加によって、バイオマス原料に回せる資源が少なくなっています。また、貧資源国の日本では穀物を産業に利用できる余剰分はなく、輸入に頼らざるを得ません。今後この傾向はさらに加速することが予想されます。このような理由により、穀物を産業におけるバイオマス原料に使うのは難しくなっています。

こうした社会状況の中で、注目されているのが第二世代バイオマスです。第二世代バイオマスは穀物などの農産廃棄物、具体的には稲を収穫した後のわらなど作物残渣、木材や古紙などを主な原料にしようとするものです。食糧と競合せず、賦存量が多いという利点があり、廃棄物の有効活用といった面からも、第二世代バイオマスを利用した産業の実用化への期待が高まっています。しかし、技術的にクリアしなければならない問題が数多くあり、まだ実用化段階に至っていないのが現状です。私たちはこの問題に対し、高性能糸状菌を使った独自の技術を使って、第二世代バイオマス発酵を利用した有価物質生産の事業化を実現したいと考えています。

第二世代バイオマスの活用を進める高機能糸状菌

これまで第二世代バイオマス発酵が事業化できなかった理由はいくつかあります。まず、原料となる農産廃棄物などがとても強固な構造をしていることです。第一世代バイオマスの主原料は穀物のため容易に酵素分解できますが、第二世代バイオマスは強固で複雑な構造のため分解しにくいのです。この構造を作っている物質の一つがリグニンです。リグニンを分解・除去するには圧力や熱、化学物質といった作用を加える必要があり、しかも分解した物質が生物にとって有害となります。このように、既存の発酵微生物を使用した技術で第二世代バイオマス原料を分解・発酵することは非常に困難でした。

そこで、私たちが着目したのが糸状菌でした。糸状菌とはいわゆるカビのことで、*Rhizopus*属の糸状菌の中でも乳酸を生産する菌株に着目しました。糸状菌は幅広い糖質を資化できるため発酵原料が限定されず、植物を分解できる酵素を分泌するため、一般的に乳酸発酵に利用される乳酸菌にはない優れた特徴を持っています。このような特徴から、第二世代バイオマスを利用するには乳酸菌より糸状菌の方が適していると考えました。

私たちはこの糸状菌に変異誘導を行い、さまざまな糸状菌の中から目的とする環境に耐える株を選抜して育てることによって、通常の糸状菌よりさらにもう一段、発酵能力や製造能力を向上させた菌株を開発しました。これが私たちの研究の軸である高機能糸状菌です。

採算の採れる低コスト発酵プロセスの実現へ

乳酸菌などを使った既存の発酵技術（第一世代バイオマス発酵）と私たちが開発した高性能糸状菌を比較してみます。既存技術では原料となりうる穀物の主成分であるグルコース（ブドウ糖）ですが、本糸状菌ではグルコース、キシロース、そのほかガラクトースやマンノースも発酵が可能です。木材やわらなどはグルコース以外の糖質も多く含まれるため、第二世代バイオマスを余すことなく利用するにはこれらの発酵機能を持つことが重要です。また、第二世代バイオマスを分解するための前処理により遊離したリグニンは、既存技術では除去しないと生物の生育、発酵が進みませんが、本糸状菌ではリグニンの完全除去なしに発酵することが可能です。さらに、既存の乳酸菌では複数の有機酸が生成され、生成物が複雑であるのに対し、本糸状菌では単一の生成物（乳酸もしくはエタノール）を生成することができます。

Contact

国立大学法人
富山大学
〒930-8555 富山県富山市五福3190
TEL: 076-411-4704 / FAX: 076-445-6397
http://enghp.eng.u-toyama.ac.jp/labs/lb07/

ほかにも本糸状菌の優れた点として、40℃以上で高温発酵できることが挙げられます。バイオマス原料を分解する酵素の最適温度が40～60℃であり、糸状菌がリグニン存在下で40℃で発酵できるということは、原料・酵素・糸状菌すべてをタンクに入れて40℃に設定しておけば、分解から発酵まで一工程で行えるということです。一方で既存技術では、分解と発酵は別のプロセスとなり、タンクの入替えや温度の再設定が必要なため、多くのコストがかかります。このように、高性能糸状菌を使うことによって、採算の採れる低コスト発酵プロセスが実現可能になります。

貴重な地域資源を有効活用する

第二世代バイオマスの原料となる作物残渣、木材、古紙などは、考え方によっては貴重な地域資源と言えます。それぞれの地域において、これまで廃棄されるだけであった資源を利活用することで、新たな循環が生まれる可能性があります。地域社会に第二世代バイオマス事業を組み込むことによって、こうした地域資源の利用促進や持続可能な社会構造への転換が促進されると期待しています。

今後の事業化に向けてのステップとしては、まず第二世代バイオマス利用のための糸状菌に関する受託研究から始めたいと思います。技術・ノウハウをさらに蓄積し、次のステップとなるパートナー企業へのライセンスや技術コンサルティングに進みたいと考えます。新たに開発した菌や生産プロセスをライセンス化し、事業化に向けた準備を進め、最終的な目標として自社でのバイオマスを原料とした化学品の発酵製造・販売を目指します。本事業を広く知っていただき、さまざまなバイオマスの有効利用について検討する場が広がり、さらには事業化へのサポートが得られましたら幸いです。

第二世代バイオマス

	作物残渣	木材	古紙	既存技術 (乳酸菌など)	本技術 (糸状菌)
発酵原料	○	○	○	C6のみ	C6, C5, その他
発酵阻害	○	○	○	要リグニン除去	リグニンOK
生成物	○	○	○	複数の有機酸	単一の有機酸 (乳酸/エタノール)

研究代表者 | 森脇 真希 助教 - Maki Moriwaki -
部署 | 学術研究部工学系
研究開発分野 | バイオプロセス、バイオマス、微生物
E-mail | mtakano@eng.u-toyama.ac.jp
研究機関担当者 | 大西 正史 産学連携本部・准教授

痛みのない、低刺激×天然由来の革新的ナノニードルパッチ ～敏感肌などの肌悩みをお持ちの方にも極上のスキンケアを～

富山県立大学 安藤 麻乃



独自の成形技術を生かし、革新的なニードルパッチを開発

痛みや刺激が日本の消費者の抵抗感に

近年になって美容や医療などの分野で注目されているマイクロニードルパッチ(MNP)という製品があります。例えば、美容向けでは、ヒアルロン酸など肌の潤いや張りを回復できる保湿成分を材料として、長さ200 μ m程度の微細な針状に固めたものを数多く並べたパッチとして商品化されています。このパッチを肌に貼り付けると、ヒアルロン酸のニードルが刺さって皮膚の中に入り込み、成分が溶け出すことで直接組織内に浸透させることができます。

お肌の気になる場所にパッチで集中的に保湿成分を補えるMNPは、韓国などの美容マーケットではすでに一定の支持を得ている商品ですが、日本ではなかなか一般への普及が進んでいません。皮膚に針が刺さるときに神経が存在する真皮層にまで達するので、チクッとした痛みを感じてしまうことに加えて、肌に穴を空けることそのものや、成分を固める際にアルコールなどの合成化学物質が添加されることに対して、日本の消費者は抵抗感を抱いてしまうようです。

私たちが実施した30代から40代の女性を対象にしたアンケート

でも、肌へのリスクを伴うニードル治療に不安を感じる声が多く聞かれました。特に敏感肌をお持ちの方は、針や化学物質による刺激を嫌っていて、成分も無添加や天然由来のものを望む傾向がありました。ニードル治療が日本の消費者にも受け入れられるためには、MNPの利点は生かしながら、痛みや刺激を取り除くことのできる技術が必要です。

多孔質金型が無痛・低刺激の極小針を実現

私たちが研究開発しているシャープ型ナノニードルパッチ(TPU-NNP)は、従来のMNPに比べて、針の長さが20 μ m程度と約10分の1であるのが特長です。これによって、針は真皮層までは到達せず、痛みを感じることはありません。反対にパッチの1 cm^2 あたりに配置できる本数は約1万本と、MNPの10倍以上になるため、皮膚にはMNPと変わらない量の成分を均等に送り込むことができます。

このような、従来品よりもさらに微細な針を私たちが製造できるのは、本学がガス透過性多孔質金型を活用した射出成形加工に関する特許技術を保有しているからです。この金型は対象

物に押し当てる際に、その間に入り込んでくる空気のほか、対象物から発生するガスや水分なども透過させて逃がすことができるため、気泡などによる成形不良を防いで、精密な超微細加工が可能となります。

MNPではヒアルロン酸を細長く伸ばして、途中でカットする方法で針を作製するので、針の形状は先端部が平らな「富士山型」をしています。一方、TPU-NNPでは、針の先端を尖らせた「シャープ型」で成形できることから、より皮膚に刺さりやすく、確実に成分を行き渡らせることができます。また、形を保つ際にも金型による加圧と乾燥をすればよく、合成化学物質を使う必要がないため、ヒアルロン酸100%など天然由来成分だけでニードルを作って、肌に優しい製品にできることもメリットになると考えています。

金型によるニードルの成形技術についても、「極細ニードルパッチとその製造方法」として新たに特許を出願中です。国内で販売されている美容用ニードルパッチの主な製品が、いずれもMNPの問題点である痛みや刺激を克服できていないことから、TPU-NNPの事業化には極めて大きな需要が見込めると確信しています。

3社の連携で将来的な事業拡大も見込む

事業化においては、私たちが立ち上げるスタートアップの新会社が、薬剤・化粧品メーカーと受託製造メーカーとの3社で連携するビジネスモデルを思い描いています。新会社がTPU-NNPの研究開発や商品企画、製造設計、Web通販を主体にした販売を担い、薬剤・化粧品メーカーには技術やマーケティング面でのアドバイスを、受託製造メーカーには商品の製造をそれぞれお願



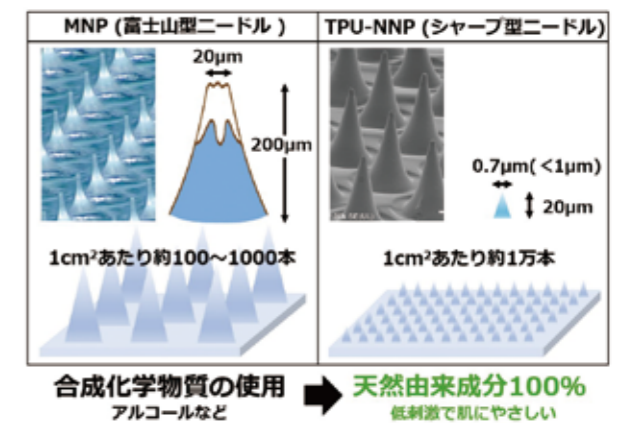
いできればと考えます。

また、美容や化粧品業界でのビジネス展開が軌道に乗れば、医療やスポーツ、食品、農業など、多様な業界への事業拡大も視野に入れています。米国での調査ではニードルパッチの市場が近年になって着実に成長しており、その背景として、医療現場で注射針恐怖症の患者が増加していることによって、代替治療としての需要が高まっているとの分析がなされているようです。TPU-NNPもさまざまな分野でのニーズに対応するために、基盤となる技術を新たな用途へと発展させる技術開発を進めていくつもりです。

研究チームとともに 市場の確立と成長を目指す

今後はまずは美容向けのTPU-NNPの事業展開に向けて、より本格的な市場調査や商品化に向けたノウハウの指導において、化粧品メーカーなどからのサポートを希望します。高品質で効果的な製品を市場に提供することで、パートナーの皆さんとともに利益を上げながら、持続的な連携体制で事業を発展させていくことが目標です。

私たちの研究チームでは代表者である私以外にも、同じ研究室の学生たちがメンバーとして参加しています。今回のテーマ採択を通じて、学生でありながらビジネスの視点を意識して研究に取り組む経験をいただいていることで、個々のメンバーが実社会に貢献できる研究者として成長できている実感があります。チーム全体の成長とともに、TPU-NNPの新しい可能性を切り拓き、マーケットで支持される革新的な製品づくりに挑戦していきます。



Contact

公立大学法人
富山県立大学

〒939-0398 富山県射水市黒河5180
TEL:0766-56-7500

研究代表者 | 安藤 麻乃 博士前期課程 - Mano Ando -

部署 | 大学院工学研究科 生物・医薬品工学専攻

研究開発分野 | 生物・医薬品工学

E-mail | takeis@pu-toyama.ac.jp

研究機関担当者 | 竹井 敏



MEMSセンサチップとAIチップの一体化で、超高感度センシングを実現する

これまで計測できなかった物理現象を計測する

コンピュータの飛躍的な発展によって、コンピュータの中の膨大なデジタルデータがリアルワールドで活用できるようになりました。科学技術分野だけでなく、金融をはじめ経済分野においてもデジタルデータが積極的に使われています。私たちの社会生活とデジタルデータはすでに不可分のものになっているのです。今後もコンピュータの中にさまざまな情報を入力し、蓄積し、それをリアルワールドで積極的に活用していくことになります。

コンピュータに情報を入れていくには、センサなどを使ってコンピュータが扱えるデータ(信号)に変換する必要があります。圧力や磁気・熱といった自然界のさまざまな物理現象や、視覚や触覚、聴覚、嗅覚、味覚といった感覚情報なども、小型・高性能のMEMS(メムス=Micro Electro Mechanical Systems)センサデバイスによって、電気信号に変換できるようになりました。

しかし情報をどんどんコンピュータ側に送り続けると、データ量が大きすぎてすぐにパンクしてしまいます。ですから、情報をセレクトして必要な情報だけを必要な時にだけ送れるようにする必要があります。例えば血糖値を計測しようとする場合には、血糖

値に異常があったときにだけ、それを知らせればよいわけです。

私たちが提唱するAIフロントセンシングとは、MEMSセンサチップとAIチップの融合によって、低ノイズ・低消費電力の超高感度センシングを実現しようとするものです。MEMSでデータを取り、AIチップによってその場でデータの解析・補正などの処理を行い、通信量をできるだけ小さくして、必要とするデータだけをコンピュータ側に送る、これを自動的に行えるようにするシステムです。MEMSチップ、AIチップ、電源、通信機能を一体化して、2ミリ角程度のチップにしたい。これが実現すれば、人体に貼り付けて使うウェアラブル化が可能になります。

これまで計測できなかった物理現象を計測するエッジセンシング、これを私たちは提案します。

センシング関連の多数の特許出願を継続的・戦略的に進める

私は以前、二足歩行ロボットの研究を行い、三次元動歩行ロボットを世界で初めて実現しました。その際にセンサ技術の必要性を痛感し、さまざまな感覚情報のセンサの研究を始めました。

私たちの技術開発の出発点には、ロボットの歩行をどれだけ人間的なものに近づけられるか、という目的があったわけです。

AIフロントセンシングを実用化していくにあたって、私たちが得意としているのが、力を測るという技術です。例えば赤外線を対象物に照射すると、対象物が特異的な波長を吸収してわずかに膨張し、音が発生します。その音を計測することで、対象物の材質や含まれている化学物質などもわかります。世の中の多様なものがセンシングできるのです。私たちは基礎から20~30年にわたって研究を続け、多数の特許出願を継続的・戦略的に進めてきました。これらの技術・ノウハウの蓄積が、AIフロントセンシングの核となります。

血糖値の非侵襲24時間モニタリングから実用化を

私たちがAIフロントセンシングで最初に実用化したいと考えているのが、血糖値の非侵襲24時間モニタリングです。これまで針を刺しての血糖値計測は行われていますが、皮膚の上から非侵襲で血糖値を測ることはまだ実現していません。それを私たちは世界一の超感度の音響センサを使って実現したいと思います。原理はこうです。光音響分光の原理で、体内のグルコースを含む液体の膨張・伸縮を、音波(圧力波)として音響センサで捉えます。これにより非侵襲のデータの取得が可能となります。

また、AIフロントセンシングは、建築・土木の分野、公共インフラ設備の保守・点検にも活用できると考えています。たとえば、高速道路の橋梁等の構造物。これらは高度成長期に建造されたものが多く、かなり劣化が進んでいます。この劣化の進み具合をAIフロントセンシングでモニタリングします。不具合が発生する

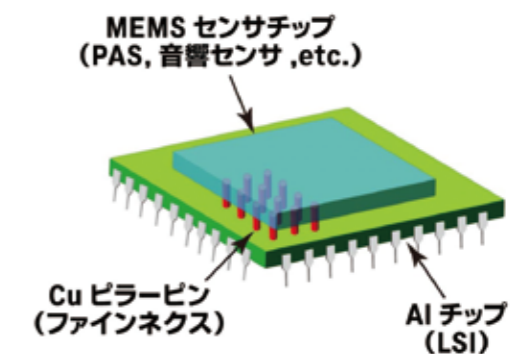
際には、その予兆が通常とは異なる音となって現れます。あらかじめ、どんな状態でどんな音が発生するかを想定しておけば、送られたデータと照らし合わせることで、劣化状況を直ちに把握することができます。

AIフロントセンシングが描く未来

AIフロントセンシングによって、未来の可能性が大きく広がります。ウェアラブル化によって、ヘルスケアに必要な普段の生活データが数値として測れるようになるわけです。これは、高齢化社会における健康維持・増進に大きく役立ちます。また、AIフロントセンシングで社会インフラをリアルタイムに計測することができれば、建て替えや修理も適切なタイミングで行えるようになります。壊れてしまったから直すのではなく、未然に防ぐという考え方は防災にもつながると思います。

AIフロントセンシングが実用化に向けて進んでいけば、研究者や企業から、こう使いたい、これに使えるか、などといったアイデアや要望が出てくるでしょう。私たちは新たなデバイス・サービスの設計や提供方法などを一緒に作り上げていきたい。さまざまな分野の研究者、企業の皆さんと協力・連携しながら、社会実装していきたい。

これがオープンイノベーションだと私は考えます。優れた研究成果は、何らかの形で社会に貢献できると信じています。



Contact

公立大学法人
富山県立大学

〒939-0398 富山県射水市黒河5180
TEL:0766-56-7500

研究代表者 | 下山 勲 学長 - Isao Shimoyama -

部署 | 富山県立大学

研究開発分野 | MEMSセンサチップ、AIセンサチップ

E-mail | i-shimoyama@pu-toyama.ac.jp

研究機関担当者 | 加藤 賢一



環境変化に強いハイブリッドサバで、日本のサバ養殖を救う

海水温上昇でサバ養殖が壊滅の危機に

実は2024年現在、サバが日本の食卓から消えてしまいかねない緊急事態が発生しています。サバの名産地だった小浜市を研究拠点に、産学官によるサバ養殖の推進プロジェクトに関わってきた私としても、思ってもみなかった危機が訪れています。

日本におけるサバは、かつては天然の漁獲量が豊富な大衆魚で、養殖の研究もほぼ行われてきませんでした。それが2000年頃から生食のニーズなどを見越して、味の良いブランドサバを養殖で育てようとする取り組みが全国各地で始まりました。

小浜市は古くからサバの一大産地であったこと、京都まで海産物を運んだ「鯖街道」の起点としても知られます。しかし近年は漁獲量が激減して、名物の「焼きサバ」や「へしこ」の材料にも他地域のサバを使わざるを得ない悩みを抱えていました。そこで本学を含めた地域の産学官が連携して、2016年から小浜産のサバを育てる「鯖、復活」プロジェクトをスタートしました。19年から天然の稚魚を畜養して育てて、「小浜よっぱらいサバ」の名前でブランド化して販売する一方、稚魚を人工的に育てる人工種苗の生産にも成功して、前途は洋々に見えました。

ところが、2023年夏の猛暑で状況は一変しました。海水温の上昇によって、海上のいけすで育てていたサバが高温に耐えられず、9割近い魚が死んでしまったのです。そこへ天然サバの記録的な不漁が重なり、種苗(稚魚)の調達も難しくなりました。ほかの地域でも同様のことが起こって、翌24年は全国の養殖サバ産地で極めて限定的な出荷しかできなくなり、中には事業を終了する産地も現れました。天然サバの漁獲量減と合わせて、日本のサバ市場は今や壊滅の危機を迎えていると言っていでしょう。

マサバ × ゴマサバのハイブリッドに挑戦

私たちはこのサバ養殖の未曾有の危機から立ち上がるための手段として、高温に強い優れたサバの人工種苗を創出・提供することに取り組みます。美味しいマサバと高温に強いゴマサバを掛け合わせて、美味しく、成長性が高く、高水温耐性を持つサバを作り出します。

異なる種類を交雑することで、それぞれの長所を併せ持ったハイブリッド種を生み出す技術は、農業や畜産の分野では当

り前の手法です。しかし、漁業分野の養殖では、海上のいけすのような比較的オープンな環境を用いるため、周辺の生態系への影響が避けられないことから、採用されてこなかった経緯があります。ただ、マサバとゴマサバの交雑種に関しては、すでに自然界にも存在していて、子を残さないことも分かっているため、生態系へのリスクを考えなくてもいいことが大きな利点となっています。

サバの人工種苗の創出についても、従来は単一種でのみ行われてきました。ハイブリッドによる試みは類例がなく、新規性の高い事業と言えます。私たちの研究ではマサバとゴマサバの交雑からハイブリッドサバを作り出し、それぞれの種の特長をよりよく発揮できる組み合わせや育て方などを探っていきます。

現場の声を生かした完全養殖システム実現へ

加えて、今回の事業でぜひとも実現したいと考えているのは、人工種苗の生産から成魚の出荷に至るまでを含めた、サバの完全養殖における総合的なシステムの確立です。

そもそもサバは養殖で育てるには、取り扱いの難しい魚です。魚体に少し触れただけでスレと呼ばれる傷が付き、稚魚を生きたまま運ぶにも細心の注意が必要で、回遊魚であるため、陸上養殖ではストレスがかかって健全に成長しにくいのです。各養殖産地や事業者たちはそれらの課題を一つ一つクリアしながら事業を進めてきましたが、事業者間で横のつながりがなく、せっかくのノウハウが共有されてこなかった現状があります。

そこで、小浜市でサバ養殖に取り組んできた私たちが、ハイブリッドサバの完全養殖システムを構築し、全国の養殖産地に提供できれば、業界全体を救うことにつながります。ビジネスとして



も、「小浜よっぱらいサバ」を完全養殖サバのフラッグシップとして売り出しつつ、人工種苗の販売や養殖システムの提供・コンサルティングなどを展開できることでしょう。

こうした構想を描けるのは、私たちのプロジェクトの中心に養殖事業者が参画していて、現場からの声や情報、ノウハウを研究に直接フィードバックできることが背景にあります。ほかにもエサや育種など多様な分野の専門家や団体が関わっており、サバ養殖の課題に総合的に対応できる体制を整えて、日本全国どこでも、どんな事業者でも利用できる汎用的なシステムづくりに挑戦します。

小浜市の地域力を結集したプロジェクト

小浜市におけるサバ養殖の産学官プロジェクトは、このたびの危機に際して、2024年4月から「さばイバル・プロジェクト」として再スタートを切りました。小浜は全国のサバ養殖産地の中でも、最も高い海水温を記録した地域でもあり、ここで有効な成果を上げることで、日本の産地全体を勇気付けられると信じています。

今後はコンソーシアムの発足や市場調査などに取り組みながら、ハイブリッド人工種苗の生産と育成に関する研究を進めていき、7年以内に人工種苗を天然種苗と同程度の価格で提供できる技術の確立を目指します。過去、農業や漁業などの第一次産業にまつわるスタートアップは、なかなか成果を上げられない現実がありました。しかし、私たちのプロジェクトは現場の事業者を軸として、産学官が緊密な連携を取れている点に強みがあります。私たちの志に共感し、事業としての有望性を見出してくださるパートナーをお待ちしています。



Contact

公立大学法人
福井県立大学

〒917-0116 福井県小浜市堅海49-8-2
TEL:0770-52-7305/FAX:0770-52-7306

研究代表者 | 田原 大輔 教授 - Daisuke Tahara -

部署 | 海洋生物資源学部先端増養殖科学科

研究開発分野 | 環境分野

E-mail | tahara@fpu.ac.jp

研究機関担当者 | 村上 茂、原田 大輝



人に寄り添い、親しまれる物流ドローンで社会を変えたい

能登半島地震をきっかけに走り出したプロジェクト

2024年元日の能登半島地震では、被災地の港が隆起したため救援物資輸送船が接岸できないという想定外の事態が発生し、支援の遅れにつながりました。その状況を知り、大きなショックを受けるとともに、ドローンならば解決できると思ったのが、私たちが大型物流ドローン開発に本格的に取り組むきっかけでした。

本学には学生が自ら考え挑戦する気風があり、当研究室の学生もビジネスプランコンテストに積極的に挑戦しています。学生の挑戦に刺激を受け、私もビジコンに挑戦して、それを発展・継続させるプランで、最大積載量50kg・飛行距離50km超えというこれまでに例がない大型物流ドローンの社会実装を目指すプロジェクトを始動させました。

50kmの距離を飛行できれば、片道50kmだけでなく、1回のバッテリー充電で数kmの距離を複数回往復できます。物資輸送などの物流はもちろん、社会生活や社会の在り方まで変革できるような大きなインパクトを目指し、物流ドローンのインフラを作って社会を変える、という志をもって日々奮闘しています。

大型ドローン研究開発までの険しい道のり

ドローン開発の歴史を振り返ると当初は用途も限定的でしたが、近年は産業用途でも多く利用されており、ドローンで撮影された映像を見る機会が増えました。身近になったドローンですが、自動車の走行が道路交通法で規制されているように、ドローンは法的には無人航空機として扱われるため、その運用は航空法に従う必要があります。

カメラを付けて撮影する場合は、プライバシーの問題にも配慮しなくてはなりません。また、総重量が150kgを超えると経済産業省から航空機製造のライセンスを取得する必要があります。

研究開発においては、飛行実験場の確保に悩まされます。特に今回は飛行距離50kmを検証する必要があり、そのための場所を探しておかなくてはなりません。海外では専用の飛行試験場を持っている研究機関もあり、そういった点は環境が整っていると思います。技術面では、ドローンの普及に伴って関連部品の流通量も増えており、一昔前と比べて部品が調達しやすくなりました。一方で、部品確保のための競争は激しくなっています。

ドローンの研究開発はさまざまな挑戦の繰り返しです。幸いな

ことに、私が所属する金沢工業大学には航空工学や複合材料分野でトップレベルの研究者・技術者の方々がいます。また手厚いサポートしてくれるTech Startup HOKURIKU(TeSH)事務局や本学事務職員の方々もいます。気持ちを奮い立たせ、さまざまなハードルを乗り越えながら研究開発を進められるのも、こうした皆様の支援あってのおかげと感謝しています。

重い機体を長く飛ばすことへのチャレンジ

多くの方々の支援を受け、2024年12月に白山市の手取川河川敷にある白山ラジコンクラブの飛行場で、横幅2.5m、奥行き1.5m、8つのプロペラを持つ試作機の飛行実験が実施できました。

試作機はバッテリーを含めて約90kgの重量になります。今後は飛行距離50kmに向けて、固定翼を搭載する予定ですが、まずはプロペラのみで浮上実験を行いました。具体的には20kgと40kgのおもりをそれぞれ積載して浮上実験を行い、成功させることができました。

今回の実験では、成果を得られたと同時に課題が明確になりました。課題は機体本体をより軽くすることなどで、設計を少し変更することとなりました。また、大型ドローンでは機体の振動問題も発生します。浮上した状態で大きな振動は確認できませんでしたので、今後は巡航飛行時の振動を検証していく必要があります。

私は民間企業の在職経験もあり、大型の無人ヘリコプターや固定翼型ドローンの研究開発に従事してきました。その時の経験も生かして技術的な問題は解決できると確信しています。引き続き実験を重ねて、大型ドローンの実用化に向けた開発を続けていきます。



唯一無二のドローン誕生へ

当研究室には、私と同じく、社会に役立つ研究開発を成し遂げたいと願う学生が多数在籍しており、今回のプロジェクトは将来の航空宇宙工学の発展を担う学生の学びの場にもなっています。

重量物を載せて長距離を飛行できるドローンは、災害対応はもちろん平時の医療支援や物流現場で活躍できると考えています。TeSHの制度やネットワークを生かし、GAPファンドによる支援に加え、ドローン制御プログラムを実装できる人材、部品を共同開発できるメーカー、航空法をはじめとした法律関係をサポートできる人材などを仲間に募りながら、スピーディーに研究開発を進めます。

私たちが社会実装を目指すドローンは、災害現場で不安や恐怖を感じている人にも希望を与えられる存在にしたいと願っています。機能性はもちろん、それ以上に人に寄り添い、親しまれる唯一無二のドローン誕生に全力で取り組みます。ぜひご期待をお願いしますとともに、この夢と一緒に挑戦したい仲間を募りますので、お気軽にお声掛けください。



Contact

学校法人
金沢工業大学

〒921-8501 石川県野々市市扇が丘7-1
TEL: 076-274-7814
<https://kitnet.jp/laboratories/labo0022/>

研究代表者 | 赤坂 剛史 准教授 - Takeshi Akasaka -
部署 | 工学部航空システム工学科
研究開発分野 | 航空工学、飛行制御、回転翼航空機、空気力学
E-mail | akasaka@neptune.kanazawa-it.ac.jp
研究機関担当者 | 米田 昇

特別支援が必要な子どもと全ての関係者のためのスマートシステム —ストレスフリーな支援環境の提供—

福井工業高等専門学校 小越 咲子



植木鉢型デバイスで発達障害の支援環境をサポートする

負担なく持続可能な支援を実現したい

皆さんは「発達障害」について、詳しい実態をご存じでしょうか。注意欠如多動症(ADHD)や自閉スペクトラム症(ASD)、学習障害(LD)などが代表例として有名ですが、百人百様のさまざまな状態像を持ちます。発達障害の当事者は主に脳機能の発達に偏りがあることで、日常生活において、感情のコントロールが難しい、片付けが苦手、忘れ物をしやすいなど、多様な「困り感」を抱えています。その一方で、優れた能力を発揮できる場合もあり、発達障害であることを公表している著名人も少なくありません。

発達障害のある子どもたちの数は、近年になって急増しています。社会で求められるスキルが多様化・複雑化していることが原因と考えられ、正確な人数は不詳ながら日本ではここ13年間で約10倍に増加しています。しかし、そんな子どもたちに対する社会的な支援体制は十分とは言えません。個々の子どもにおける困り感が百人百様であるため、家庭と学校に加えて、福祉施設である放課後等デイサービス(放課後デイ)が連携しての個別支援が義務付けられているものの、家庭では困り感への対応で親子が共に消耗するケースも多く、放課後デイでは施設数の増

加で専門性の高い人材が不足して、仕事量やスキルに見合わない低賃金でのサービス提供を余儀なくされている現状があります。

私自身も情報システムの研究者としてキャリアを重ねながら、母親として発達障害の子どもを育ててきました。その経験から、発達障害の支援に関わる人々の負担を軽減し、効果的に持続可能な支援体制を構築するために、専門分野である情報システムの活用を考えて、家庭や学校、放課後デイにおける個別支援をサポートするシステムの開発に携わっています。今回ご提案する「CASP(キャス)」も、そうした目的をかなえられるユニークなシステムとして、現場で役立てていくことを目指しています。

AIとの対話が当事者と支援者を助ける

「CASP」とは「CAT SPEAK PLANT」の頭文字で、「ネコ型のおしゃべりする植木鉢」の名前の通り、ネコ型植木鉢の機能を持つデバイスによるシステムです。

発達障害の子どもたちがこのデバイスで植物を育てていると、搭載のディスプレイやスピーカーを通して、大規模言語モデル(LLM)と独自の基本特許を用いた仕組みで、AIが語りかけて

きます。AIは自然界の動植物をモチーフとしたアバターであり、子どもたちは毎日アバターと対話しながら植物を世話することで、日々の生活リズムが整えられ、コミュニケーションなどの社会スキルもトレーニングされて、自己肯定感を育んでいきます。

この対話は子どものライフログをリアルタイムに取得することにもつながります。取得したデータは周囲の支援者にも密に共有され、家庭・学校・放課後デイの三者が連携して支援を進める手助けとなります。システムが子どもの状態を細かく把握し、評価指標を用いて分析することで、その子に個別最適化された支援計画案を自動作成することも可能です。

私たちが開発に携わった「uniSQUARE ぴこつと」のような既存の個別教育支援システムにおいても、子どもたちの情報を共有しての支援計画の作成は行われています。ただ、そのためには支援者が子どもの状態を見て、細かな情報を入力する作業がどうしても必要でした。その点をCASPは補完し強化することができ、子どもたちとデバイスの日々の対話そのままシステムに情報を蓄積します。子どもの成長を促しつつ、支援者の作業量を減らして、双方にとって負担の少ない環境を実現することが狙いです。

デバイスのレンタルで福祉施設に収益を

また、CASPではデバイスのレンタルサービスによって、福祉施設に収益をもたらすビジネスモデルの導入を想定しています。設立したスタートアップから放課後デイなどにデバイスをレンタルし、そこから再び利用者となる当事者や保護者にレンタルしていただくことで、レンタル料の差額を施設の収益とすることができます。各福祉施設が行政からの補助金に頼らざるを得ない収益構造から脱却し、収入増による経営の安定化と自立的な成長に導か



れるきっかけづくりに貢献できればと考えています。

ほかにも取得したライフログを活用する意味で、広告ビジネスへの展開も視野に入れています。例えば、ライフログのデータを元に、子どもや保護者に必要となる商品の広告や情報をデバイスから発信すれば、購入へとスムーズにつなげることができるでしょう。

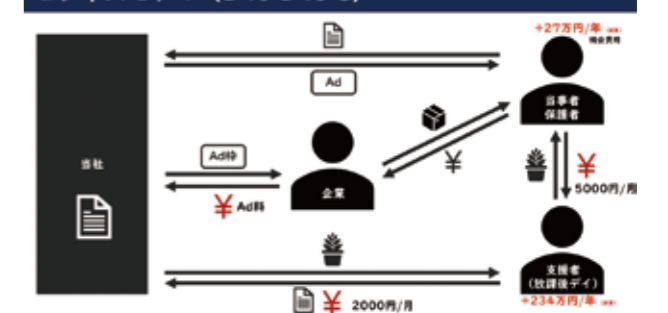
このように、CASPは発達障害を支援するITシステムの中で、福祉施設をはじめとする支援者に収益を生み出すシステムとしても過去に類例のないものです。多忙な現代社会において、発達障害の当事者とそれを取り巻くすべての人々から、身体面や精神面、経済面での負荷や不安を取り除き、ストレスフリーな家庭環境や施設運営を実現する上で、これまで見過ごされてきた問題を解決できる唯一無二のサービスだと確信しています。

実用化とビジネス化へ準備態勢は着々

CASPはすでに協力先である三つの放課後デイで、デバイスのプロトタイプを用いたヒアリング調査と実証実験を行って、いずれの施設からも高い評価と製品化への強い要望をいただきました。研究チームには工学や薬学、語学、プロダクトデザインなどの専門家が参加し、核となる技術も特許の取得や申請は済ませています。連携先も広がっていて、システム全体の実用化に向けた準備態勢は整っています。アプリのみのバージョンや植木鉢以外のバージョンの試作も行っています。

本システムを国内外に展開することで、発達障害にまつわる課題を解決し、ビジネスを通じた社会貢献を実現することが私たちの願いです。未来社会に向けてより良いシステムの構築を目指してまいります。ご支援・ご協力のほど、何卒よろしく申し上げます。

ビジネスモデル (B to B to C)



Contact

独立行政法人 国立高等専門学校機構
福井工業高等専門学校

〒916-8507 福井県鯖江市下司町
TEL: 0778-62-1881 / FAX: 0778-62-2597

研究代表者 | 小越 咲子 教授 - Sakiko Ogoshi -

部署 | 電子情報工学科

研究開発分野 | 社会課題

E-mail | ogoshi@fukui-nct.ac.jp

研究機関担当者 | 岩堀 圭吾