

TSUJIMURA, Keita

AKIYAMA, Shin'ichi

TSUKAMOTO, Kentaro

HORI, Hideo

MATSUNAGA, Tamihide

NATSUHARA, Daigo

HOSHINO, Shinichi

NOTAGUCHI, Michitaka

TAKEOKA, Yukikazu

TOMITA, Hideki

TOYODA, Hirotaka

NIITSU, Kiichi

FUKAI, Hidekazu

IRISAWA, Toshihira

TAKENAKA, Koshi

YAMANAKA, Junpei

UESUGI, Kenjiro

NAGANO, Hosei

HARADA, Shunta

INUKAI, Daiki

NATSUME, Hiroki

科学技術振興機構 研究成果展開事業  
社会還元加速プログラム(SCORE)  
大学推進型 拠点都市環境整備型



## Selected Tech Seeds for startup in Tongali

2021 Tongali GAPファンドシーズ集



東海地区の大学発ベンチャー創出を目的として、  
「Tokai Network for Global Leading Innovation (Tongali)」は、  
科学技術振興機構の研究成果展開事業<社会還元加速プログラム(SCORE)

大学推進型 拠点都市環境整備型>を活用して、  
GAPファンドとインキュベーションプログラムを実施しています。

2021年度にこのプログラムに採択された  
研究者の無限の可能性を秘めた技術シーズをご紹介します。

# STST

Selected Tech Seeds  
for startup in Tongali

2021 Tongali GAPファンドシーズ集

# INDEX

---

名古屋大学 辻村 啓太	02-03
名古屋大学 秋山 真一	04-05
藤田医科大学 塚本 健太郎	06-07
藤田医科大学 堀 秀生	08-09
名古屋市立大学 松永 民秀	10-11
豊橋技術科学大学 夏原 大悟	12-13
名古屋市立大学 星野 真一	14-15
名古屋大学 野田口 理孝	16-17
名古屋大学 竹岡 敬和	18-19
名古屋大学 富田 英生	20-21
名古屋大学 豊田 浩孝	22-23
名古屋大学 新津 葵一	24-25
岐阜大学 深井 英和	26-27
名古屋大学 入澤 寿平	28-29
名古屋大学 竹中 康司	30-31
名古屋市立大学 山中 淳平	32-33
三重大学 上杉 謙次郎	34-35
名古屋大学 長野 方星	36-37
名古屋大学 原田 俊太	38-39
名古屋大学 犬飼 大樹	40-41
名古屋大学 夏目 祥揮	42-43

## 希少疾患を起点とした創薬プラットフォームの実現に向けて

### 希少疾患の治療薬開発から 総合的な創薬ビジネスまでを目指して

現在取り組んでいるレット症候群（指定難病）を始めとした希少疾患は、95%が有効な治療法がありません。レット症候群は、1万人の女児に1人の割合で発生する遺伝性の疾患です。1歳ぐらいまでは一見正常に成長しますが、その後でできていることができなくなってしまいます。このような患者さんやご家族のニーズに応えたいと思い、研究開発の社会実装を実現すべく今回ベンチャー企業設立に向けた活動を開始しています。

ヒトゲノムのうち2%はタンパク質をコードする翻訳・いわゆる遺伝子領域ですが、残りの98%はタンパク質をコードしない非翻訳・ノンコーディング領域であることがわかっています。これまで非翻訳領域は機能のないガラクタとして考えられてきましたが最近の研究により、この非翻訳領域から非常に多くのRNA（リボ核酸）が転写されていることが明らかにされています。

非翻訳・ノンコーディング領域の異常はレット症候群をはじめとした希少疾患だけではなく、さらには、がんやALS（筋萎縮性側索硬化症）などの疾患の原因にも深く関与すると考えられています。そのため、レット症候群の治療薬からはじめて、様々な希少疾患への応用、さらには一般的な疾患への応用も目指しています。将来的には、設立するベンチャー企業で

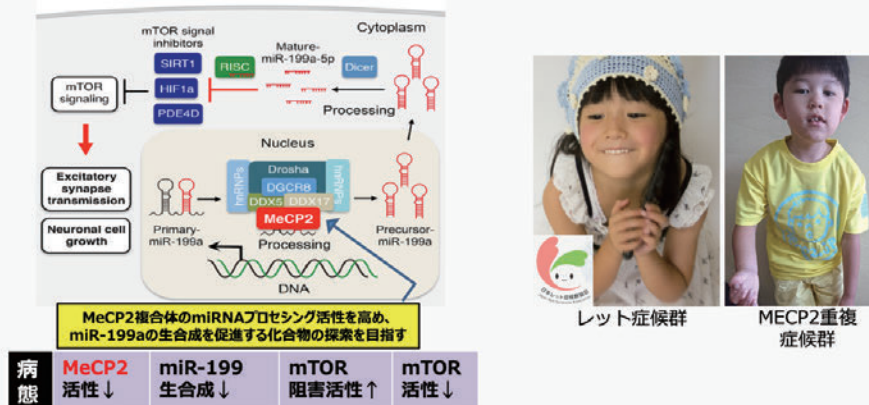
は、総合的に創薬ビジネスを手掛け、創薬プラットフォームを提供できるようにしたいと考えています。

しかしながら実ビジネスの世界ではあまり進捗がありません。なぜなら、希少疾患はビジネスとしては成立するには患者数が少ないため、製薬企業では着手しにくい領域になっています。実際そのような経験もし、社会課題を感じています。

AMED・創薬プースターのサポートによりDSANJ（創薬シーズ・基盤技術アライアンスネットワーク）の展示会に出展したところ、レット症候群への治療薬開発に取り組んでいる技術に興味を持っている多くの企業から面談を申し込んでいただきました。面談を進めていくと、レット症候群だけではなく、そこからどれくらいの疾患の範囲へ適用拡大できるかに多くの企業の関心があることがわかりました。

そこに社会課題を感じました。希少疾患の患者様は、一刻も早い治療薬の登場を日々願っておられます。しかしながら、創薬ビジネスの成立は、希少疾患の創薬だけでは十分ではないという側面があることを知り、そこが社会問題として重要だと感じました。私たちのようなアカデミアの研究者がつくるベンチャー企業ならば、仮に売り上げを第一に考えるにしても、AMEDのような大型の公的研究開発資金も調達しつつアンメットメディカルニーズのある希少疾患の治療薬開発に精力的に取り組んでいくことができるのではないかと考えています。

### レット症候群におけるmiRNA産生異常病態を解明

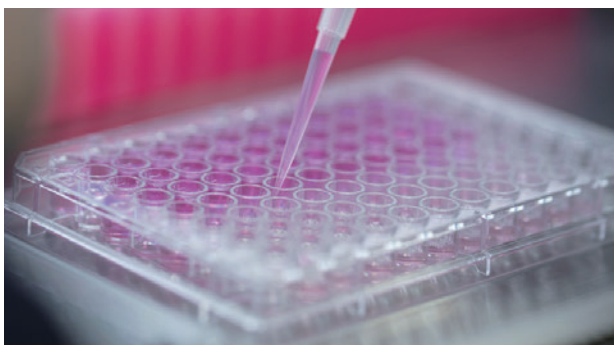


・Cell Reports 2015; Cell Reports 2021等



レット症候群

MECP2重複症候群



## RI技術では不可能であった、ノンコーディングRNAの産生プロセッシング評価の実現

切断、再結合、化学修飾などのいくつかの過程を経て機能を持つ分子になることをプロセッシングといいます。先ほども述べました非翻訳・ノンコーディング RNA のプロセッシングに着目をしました。

この非翻訳・ノンコーディング RNA の変異や発現、産生プロセッシングの異常による多くの疾患原因が次々と明らかになってきています。しかしながら、ノンコーディング RNA の実態を明らかにするための検出・測定・評価の技術は不十分です。

まず難治性希少疾患・レット症候群が RNA のプロセッシング異常により引き起こされることを見出しました。この発見を機に産生プロセッシング効率を測定できる評価系の構築に取り組んできました。

非翻訳・ノンコーディング RNA のプロセッシングの検出・評価技術には、従来、RI（放射性同位元素）を使用しており、特別な施設（放射性同位元素物質や放射線関連機器・設備を管理し実験を行うことが出来る施設）でしか実施ができませんでした。大規模かつ危険性を伴う同施設は、大学でも1箇所あるぐらいで、外部で実験を行うことができず、医療診断の現場、創薬の現場では実用することができませんでした。

このような課題を解決するために、RIを使わないプロセッシング評価手法を開発し、また特許を出願、取得しました。これにより、様々な現場でプロセッシングを評価することができるようになりました。

評価系を構築する際には、技術的に難しい核酸合成にも挑



戦しなければならず、それらを乗り越えてきましたし、また、タンパク質を対象にする局面も求められるため、タンパク質間の相互作用を評価できる系も構築しました。このような技術は独自性の高いものとなっています。さらに、創薬現場での応用を想定して、さらなる技術改良にも取り組んでいます。

## 製薬企業の経験者や医学知識のある方との協働

ビジネスモデルとして、希少疾患の根本的治療薬を作ること目標に、初期の化合物探索に焦点を当てていきたいと考えています。非翻訳・ノンコーディングの異常は希少疾患だけではなく、がんなどの一般的な疾患の原因にも深く関与していることが報告され始めています。希少疾患であるレット症候群を起点として様々な疾患領域にも応用していきたい考えです。

そのような意味で、社長人材として、創薬や医学に関する見識を持っている方などを求めています。創薬ビジネスは、そもそも安全面、資金面等でリスクがある上に、希少疾患を主戦場としようというのですから、その意義を十分に認識して、情熱をもって私たちと二人三脚で切り拓いていける方がいたら、心強いですね。

名古屋大学大学院理学研究科附属ニューロサイエンス研究センター・脳機能発達制御学グループ  
グループディレクター・特任講師

名古屋大学高等研究院・若手新分野創成研究ユニット・フロンティア“発達障害革新研究開発ユニット”代表を兼任。名古屋大学大学院医学系研究科特任助教、九州大学大学院医学研究院特任助教、奈良先端科学技術大学院大学博士研究員を歴任。AMED・難治性疾患実用化研究事業・医薬品PJ主任研究者（2021年～）、AMED・創薬総合支援事業・創薬プースター（DNW-21014）主任研究者（2021年～）研究テーマは、発達障害の病態解明研究と治療法開発。

本件に関する参照情報：特許第6869587号、DOI: 10.1016/j.celrep.2015.08.028、DOI: 10.1016/j.celrep.2021.109124

病のバイオマーカー開発に関する研究に従事。本件に関する参照情報：特許WO2020/138260、特願2021-168946。

名古屋大学  
辻村 啓太  
TSUJIMURA, Keita

電話 052-789-2963 メール tsujimura.keita.k3@f.mail.nagoya-u.ac.jp

WEB <https://braindevfun-g.jp/>

## 新しい診断法で全身性エリテマトーデスに早く気づける世界を

### 全身性エリテマトーデスの克服に向けて

全身性エリテマトーデス (Systemic Lupus Erythematosus; SLE) という病気をご存じでしょうか？

SLE は膠原病と呼ばれる自己免疫疾患の一つで、免疫が自分自身の皮膚や関節、全身の臓器を攻撃してしまう病気です。国の難病対策事業の設立時から難病に指定されています。エリテマトーデスとは赤い皮疹のことで、多くの患者に特徴的な皮膚症状が出ます。国内で約 6～10 万人、世界では 500 万人ほどの患者がいてと推定されています。男女比は 1：9 と圧倒的に女性に多く、好発年齢は 20～40 歳です。

1950 年頃までは SLE の 5 年生存率は 20% 以下で若い発症年齢を考えると極めて悲惨な病気でした。その後、ステロイドや免疫抑制薬の登場により SLE 患者の生存率は大きく改善しましたが、現代においても根本的な治療法はなく、投薬による寛解維持が治療目標になっています。SLE では皮膚症状、発熱、関節痛などの症状がみられ、多くの患者さんがグループ腎炎という人工透析や死に至る深刻な腎臓病を合併します。世界的に有名な女優・歌手のセレーナ・ゴメスさんも、SLE により腎臓移植を受けたことが知られています。また、SLE 患者さんはステロイドや免疫抑制剤を長年にわたって服用しつづけますので、顔が丸くなる満月様顔貌や感染症やガンに罹りやすくなる副作用が問題となります。このように SLE 患者さんは合併症や薬の副作用によって就学、就労、育児などライフイベントに制約が生じて QOL の低下に苦しみます。

SLE 診療で大事な事は早期診断・早期治療介入です。進行する前に治療を開始できれば、より少ない投薬量で副作用をあまり出さずに寛解を維持できるため、健常人と同等の QOL

と寿命が得られるというエビデンスも出てきています。しかしながら、SLE の初期症状は、発熱、倦怠感、皮膚紅斑、関節痛など若い女性なら誰もが経験する症状ですので、患者さん自身が発症を自覚したり、かかりつけ医が通常診療の中で早期診断したりするのは困難です。したがって、ある程度進行してから専門医を受診して SLE と診断されるケースが殆どです。現在、SLE は米国リウマチ学会の診断基準などに基づいて診断されますが、評価項目が多く複雑で、ある程度 SLE が進行しないと判断できない項目もあるので、早期診断には向いていません。実際に国内に 10 万人いるとされる SLE 患者のうち 6 万人しか難病認定を受けていません。SLE の克服に向けて早期診断・早期治療介入を実現するためには、SLE を簡便かつ迅速に診断できる検査法の開発が不可欠です。

### 尿検査による世界一簡便で高精度な SLE 診断法

SLE 研究の歴史は長く、診断に用いられる生体分子（バイオマーカー）がたくさん報告されています。しかし、それらの診断性能が十分ではなかったり、手技やコストの面で臨床での実用化が難しかったりしました。私達は、約 10 年前から慶應義塾大学の曾我朋義先生らのチームと共に腎臓病患者の代謝物の網羅的解析に取り組んでいます。この共同研究において SLE 患者にだけ存在している尿中代謝物（開発コード：CU040）を発見し、尿中 CU040 だけで SLE を鑑別できることを見出しました。尿中 CU040 の SLE に対する診断性能は、単一の診断指標としては既存のどの診断指標よりも高成績です。加えて、尿中 CU040 の濃度が高い SLE 患者は、治療開





始後の寛解達成率が高いということも判り、尿中 CU040 濃度測定によって腎予後を予測する方法も考案しました。CU040 に特異的に結合するモノクローナル抗体を開発し、ELISA (Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay ; エライザ) 法による診断キットを開発しました。これらをまとめて、尿検査による SLE 診断法として確立しました。本診断法は尿検査の第一項目として外来診療に実装できるため、将来は SLE 検査の第一選択肢として普及することを期待しています。

さらに、私達は尿中 CU040 をより簡便に測定できるイムノクロマト法による簡易診断キットを開発中です。こちらは、セルフメディケーション用や医療アクセスの悪い地域での利用展開も見込めるのではないかと考えています。また、SLE の病態解明を目指して様々な臨床検体や疾患モデル生物を用いて CU040 の機能解析にも取り組んでいます。

## コスト削減に向けて

現状の課題は CU040 の製造コストです。CU040 は全く新しい分子で市販品が存在せず、オーダーメイドで合成しなければいけないため、研究を進めるにも診断キットを販売するにも CU040 の製造コストがボトルネックとなっています。特に事業化では収益性を左右するので、大量合成によるコストダウンを目指します。

## 来たれ、名大の学風「自由闊達」を体現する人

起業に挑戦している理由は、患者さんや医師へ我々の診断キットを早く確実に届けたい想いと、CU040 の発見が SLE の原因解明や治療薬の開発に貢献できる可能性があるからで



す。起業することで社会と直接つながり、研究成果を社会へ還元する体制と社会から研究リソースを調達する体制を同時構築して SLE の克服を加速させます。

起業にあたり、創業メンバーの選定も進めているところです。専門分野、病院・医療関係者のチームづくりは進んでいますが、コロナ禍もあいまって、ビジネスパートナーとの出会いが不足しています。名古屋大学の学風である「自由闊達」を体現するような、パワフルな方を探しています。

実は私は元々魚類養殖学を専門としていました。思うところあって 14 年前に医学へのキャリアチェンジを思い立ち、周囲の協力や機会に恵まれたお陰で、今では研究だけでなく、診療ガイドラインや医師向けの解説記事の執筆も行っていきます。そのような経験もあって、新しい世界に飛び込むことは得意で、スタートアップの創業にもワクワクしながら取り組んでいます。

女性に好発する病気のため、診断薬メーカーや製薬企業だけでなく、フェムテック企業や女性用品・衣類を取り扱う企業などとも連携できたらと期待しています。SLE に早く気付いて SLE 患者さんがふつうに過ごせる世界をつくらせていきたいと願う、様々な業界の方との出会いを切望しています。

名古屋大学  
秋山 真一  
AKIYAMA, Shin'ichi

### 名古屋大学大学院医学系研究科病態内科学講座腎臓内科学 特任講師

近畿大学大学院農学研究科水産学専攻博士後期課程単位取得後満期退学。博士（農学）。三重大学大学院生物資源学研究科博士研究員、医療法人偕行会職員を経て、2009 年から現職。藤田医科大学医学部腎臓内科客員教授を兼任。ネフローゼ症候群診療ガイドライン 2020 ワーキンググループ研究協力者。腎臓病のバイオマーカー開発に関する研究に従事。本件に関する参照情報：特許 WO2020/138260、特願 2021-168946。

電話 052-744-2192 メール akiyama@med.nagoya-u.ac.jp

WEB [https://researchmap.jp/shiniichi\\_akiyama](https://researchmap.jp/shiniichi_akiyama)

## 世界初！「猫ひっかき病」由来の力で血管を増やす — 創薬技術の低コスト化で健康寿命を延ばす —

### 血管を作り出すタンパク質で手術に代わる 治療法を生み出したい

私は、細菌由来のまったく新しいタンパク質をバイオ医薬品に繋げる創薬事業を検討しています。このタンパク質は、体の中で新しい血管を作る促進剤のような役割を担うもので、私の研究チームが細菌由来としては世界で初めて発見しました。これを「BafA (*Bartonella* angiogenic factor A) タンパク質」と名付け、2020年7月に学術雑誌 Nature Communications で発表し、国内外の多くのメディアで取り上げていただいています。この事業化が実現すれば、心筋梗塞や閉塞性動脈硬化症などの血行障害によっておこる病気の治療の低コスト化が期待できます。

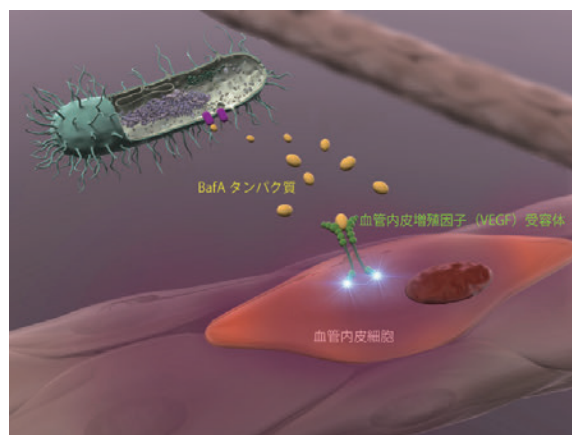
超高齢社会である日本では、心筋梗塞や閉塞性動脈硬化症に対する治療の重要性が高まっています。現状では、こうした疾患に対する治療法は主に手術となりますが、手術が難しいケースも多くあります。そこで、現在注目されているのが、血管を作り出すタンパク質を体内に入れて血行を促進する方法です。ただし、こうした機能を持つタンパク質は種類が限られています。また、最もよく知られている「血管内皮細胞増殖因子 (vascular endothelial growth factor: VEGF)」というタンパク質は、約30年前に発見されたのですが、不安定で製造コストが高いという課題があります。さらに、特許権がアメリカにあったため、日本での開発が進んでできませんでした。そのため、これらの課題を克服できるタンパク質の発見が待ち望まれていました。

今回、私たちの研究チームが新たに発見した BafA タンパ

ク質は、VEGF 様の強力な血管新生活性を持つタンパク質であることが実証されているため、うまく創薬に繋げることができれば、注射による患部局所への直接投与など手術に代わる患者負担の少ない低コストの治療法の確立が期待できます。

### 「猫ひっかき病」の研究から世界初の発見へ

私は学生のころから、「人が手を付けていないことに挑戦してみたい」という思いを強く持っていました。特に人獣共通感染症に興味を持ち、獣医学科で細菌学を学びました。細菌が「なぜその病気を起こすのか」を解明したくて研究を続けるうちに、細菌が作る病原因子は使い次第では薬にも応用できることを知り、研究がさらに面白くなりました。5年ほど前、新たな研究対象を模索していた私は、学生時代に教科書でみた「猫ひっかき病」のことを思い出しました。この病気の原因となるバルトネラ菌は、菌を持ったノミが犬や猫の血を吸うことで動物に感染し、感染した動物に引搔かれるなどして人に感染します。論文を調べてみるとこの菌には未解明のことが多いことに気づき、私は「猫ひっかき病」に着目してバルトネラ菌の研究を進めることにしたのです。この病気自体はそれほど珍しいものではないのですが、自然治癒してしまうため、あまり研究対象とされてきませんでした。このことが、「人が手を付けていないことに挑戦したい」という私の心に火をつけたのかもしれない。この病気に感染すると、血管が増えて皮膚が盛り上がった状態になることがありますが、この症状を引き起こす原因が、まさに今回発見した「BafA タンパク質」だったのです。獣医学系出身者ならではの着眼点が、新たなタンパク質の発見に







繋がったのだと思います。

BafA タンパク質ファミリーは、30 種類以上からなるバルトネラ属細菌のほとんどに存在していますが、そのタンパク質の構造はバリエーションに富んでいます。BafA タンパク質のうち 2 種類については、2019 年に特許出願（単願）が完了しています。発見されて間もないため、発見者である私が優位に実用化を進めることができると考えています。このタンパク質は、バイオ医薬品の創薬開発だけでなく、研究用の試薬にも活用できますし、いま注目されている再生医療にも応用できると期待しています。

## 世界初の発見を日本発の 創業・再生医療に展開

私は基礎研究が好きで、ずっと細菌の研究をしてきました。細菌がつくる生理活性物質には、ごく微量でも強力な作用を示すものがあり、「病原性の因子も使い方によっては役立つ」と思って細菌と向き合ってきました。いま、まさにそれが「役立つ」段階に来ていると実感しています。今回は、細菌由来の新しい

タンパク質で血行促進する技術を事業化しようとしています。今後は創薬事業への展開を見据えています。まずはタンパク質そのものを試薬標品として開発・販売する事業を展開し、ベンチャー企業の創出を目指します。BafA タンパク質の製造は、私が所属する藤田医科大学内の施設あるいは外部委託業者を活用し、販売は国内外の研究用資材の販売業者へ委託する形での事業展開を想定しています。BafA タンパク質を研究用試薬として使ってみたい、再生医療への活用を検討してみたい、という製薬会社などとパートナーシップが組めれば面白いと思います。これまでと違う、新しい方法で病気の治療に取り組みたいと思う方々と一緒に、健康寿命の長い元気な社会づくりに貢献したいと思っています。

藤田医科大学  
塚本 健太郎

TSUKAMOTO, Kentaro

藤田医科大学 医学部微生物学講座 講師 博士（獣医学）

大阪府立大学で博士号取得後、藤田保健衛生大学（現・藤田医科大学）助教を経て 2010 年より現職。専門は細菌学。「猫ひっかき病」の研究から、細菌由来としては世界で初めて「BafA タンパク質」を発見した。特願 2019-28759。DOI 10.1038/s41467-020-17391-2

電話 0562-93-9866 メール fuji-san@fujita-hu.ac.jp

WEB <http://www.fujita-hu.ac.jp/~microb/research/pathogen.html>

## 細胞が育つ高分子材料で再生医療を加速 —人工透析の負担を減らし患者さんのQOLを上げる—

### 人工透析の負担を減らして、 慢性腎疾患を治したい

私が開発しているのは、細胞の薬理効果（成長因子産生能）の上昇を促す高分子材料と細胞をセットにした臓器・組織再生促進デバイスです。具体的にいうと、細胞が接着しやすい素材と構造で設計した高分子材料、いわゆる医療用シートのようなものに、細胞を捕捉させた製品です。たとえば、腎疾患の場合、腎臓内の細胞が腎機能を失っているため、それを機能させるための治療が必要です。ところが、末期の慢性腎疾患の場合、一度失った細胞の機能を回復させることが難しいとされています。そのため、みなさんがよく耳にする人工透析治療をするのです。現在、日本では約34万人が人工透析を受けていると言われていて、一般的に週3回程度、通院して透析を受けるため、患者さんの時間的・精神的な負担が大きいです。この負担を何とかしたいと思ったのがきっかけで研究してきたのが、今回の高分子材料です。腎疾患の場合、傷害された細胞の修復あるいは細胞障害の保護を促す因子を分泌するヒト由来の他家間葉系幹細胞（MSC: Mesenchymal stem cell）を捕捉させた生分解性の高分子材料を患部に貼付します（図1）。こうして腎臓が本来の機能を取り戻すことで、人工透析を回避することが期待できます。

### 臨床での着目と新しい出会いが 研究開発に直結

私は臨床工学技士として、臨床で人工透析業務にあたりな

がら、人工透析を受ける患者さんの生活の質を高めるための研究を進めてきました。今回の研究開発は、私が人工透析を担当していた小学生の患者さんの治療がきっかけで取り組み始めました。透析の針が嫌でその子はいつも泣いていました。なかなか治療が始められず、その度に、一緒に院内を散歩したり、時間をかけて気持ちを落ち着かせました。このように、透析治療は患者さんの精神的負担が大きく、医療者である私にも負担になります。子どもに限らず、大人だって病気や治療への不安や苦しみは同じです。なんとか、不安や苦しみなく治療する方法を見つけたいと考えていた際、医療機器メーカーで研究開発に携わっていた医用材料工学を専門とする先生と出会い、白血球を除去するために使われていた細胞を捕捉することができる高分子材料に着目しました。医学分野と工学分野が融合したことにより着目できた点だと思います。

近年の再生医療では、さまざまな疾患に対してMSCを使った治療が実用化されています。しかし、MSCが患部に安定的に定着しないことと、MSCの培養時に細胞が増殖する能力が低下するという2つの問題点がありました。これを解決するために私の研究チームでは、MSCがうまく定着する「足場」になる高分子材料を開発し、さらにその「足場」に細胞の成長を促す機能を持たせることに成功したのです。高分子材料の素材や高次構造を制御することで、安定的かつ持続的に細胞の薬理効果（成長因子産生能）を増強します。腎疾患の治療に使えば、人工透析せずに済むか、透析の開始時期を遅らせることができるでしょう（図2）。この技術は、MSCと高分子材料の組み合わせにより、さまざまな臓器に応用できます。

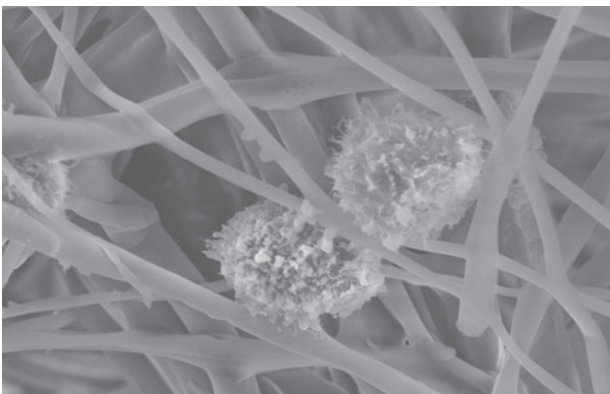


図1: 高分子材料に付着した間葉系幹細胞 (MSC) (電子顕微鏡写真)

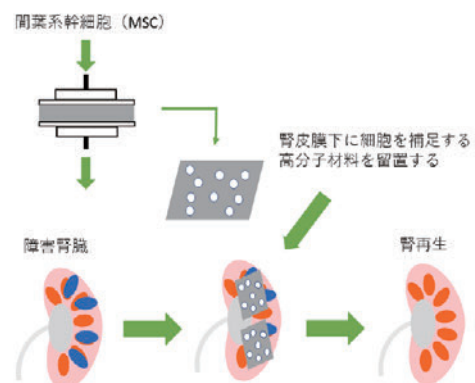
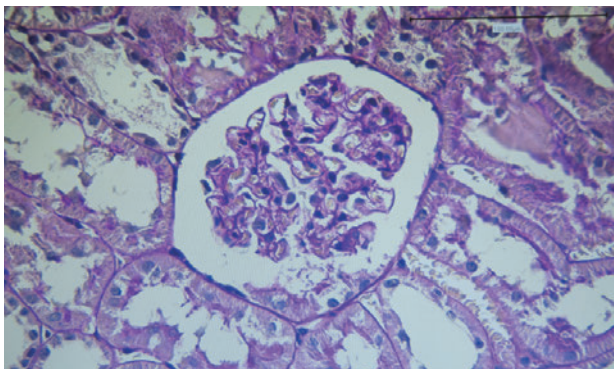


図2: 高分子材料を応用した組織損傷治療の概念図 (腎臓の場合)



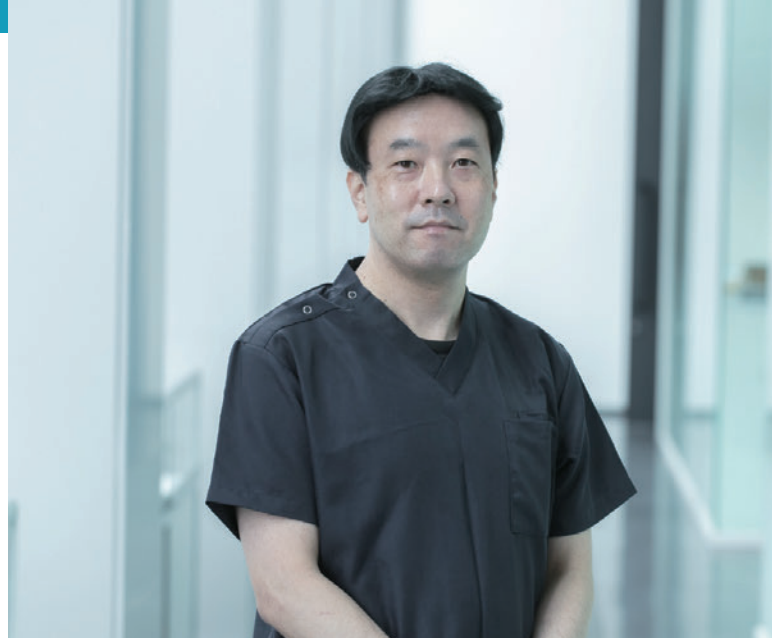
## 「細胞」と「細胞の薬理効果の上昇を促す足場」のセット販売は、治療効果と市場規模で期待大

私たちが開発している高分子材料には、4つの特徴があります。①MSCの「足場」であるだけでなく「細胞の薬理効果の上昇を促す」という付加価値機能がある、②細胞の薬理効果の上昇を促す機能が持続する構造である、③従来は単体で販売されていたMSCと高分子材料をセットにして、臨床ですぐに使える材料に設計している、④細胞を活性化する機能を付加し、これまでより少ないMSCで治療効果が期待できる、という点です。

現在、再生医療ビジネスの国内市場規模は2020年で約950億円と想定され、10年後には約10倍の1兆円と見込まれます。その中でも、MSCは再生医療等製品として世界で最も多く認可を取得している細胞で、再生医療市場の約30%を占める有望市場です。MSCとその足場となる高分子材料のセット販売は、大きな治療効果と高い市場性が期待できます。

## フレキシビリティの高い高分子材料で再生医療へ広く貢献

今回商品化を目指す高分子材料の開発・製造は、大阪府内にある企業と共同で開発予定です。高分子材料は基本的にはシート状ですが、立体成型が可能なフレキシビリティの高い材料のため、多様な臓器治療に適用できます。また、高分子材料とさまざまなMSCを組み合わせて商品化することで、腎疾患に限らず、骨折治療など患部での細胞増殖が必要な傷病に対して幅広い応用が期待できます。



## 求む！患者の顔を思い浮かべながら再生医療を変える人材

MSCが定着する高分子材料の構築、MSCの品質評価、顧客候補へのヒアリング等を経て、2022年度中の起業を目指しています。その後、MSCと高分子材料のセットの研究開発を進め、再生医療等製品としての上市を目指します。少しでも早く、アカデミアの最先端医療技術を患者さんに届けたいという思いから、事業化を実現させたいと考えています。

私の所属は医療系大学ですので、医療業務に従事しながら研究開発を進めています。これは、基礎研究に集中できる環境とは異なることもあり、簡単なことではありません。しかし、一人一人の患者さんの顔を思い浮かべながら研究開発を進めるからこそ、患者さんと医療従事者の双方に役立つ技術が生み出せるのです。患者さんを助けたいという強い思いのある方に、ぜひこの事業化に参画いただきたいです。病気になっても、痛みや苦しみの少ない治療法で、より多くの人の健康を支えたいと考えています。

藤田医科大学  
堀 秀生  
HORI, Hideo

### 藤田医科大学医療科学部 医療検査学科 講師

博士（医学）、臨床工学技士。大学教員を経て、2015年より現職。血液透析に関する研究を中心に10年以上の研究実績を有する。現在は、研究者と臨床工学技士の両方の立場から、研究と臨床で患者の治療を支える。本件に関する参照情報：DOI 10.1111/1744-9987.13540、DOI 10.1007/s10047-014-0794-9

電話 0562-93-9866 メール fuji-san@fujita-hu.ac.jp

WEB <https://www.fujita-hu.ac.jp/>

## ヒト iPS 細胞由来腸管モデルにより、新たな薬物評価、食品・飲料評価法を確立したい

### 動物実験を低減し、高効率・高精度の評価技術の実現を目指す

医薬品開発の工程の一つである薬物動態評価や、食品・飲料の安全性・機能性評価に用いる「ヒト iPS 細胞由来細胞の腸管モデル」を開発しています。ヒトの iPS 細胞 (induced pluripotent stem cells: 人工多能性幹細胞) を腸の細胞に変化させることで、ヒトの腸を再現したものです。

口から体内に取り込む医薬品・食品・飲料などは、主に腸で吸収され、代謝されます。そのため、これらの腸での吸収・代謝の状態 (動態) を正確に把握し、評価することがとても重要です。この動態に不備があると、食品・飲料の場合栄養素やサプリメントの吸収が不十分であったり、嘔吐や食欲減退等が発生したりするなど QOL に影響を与えます。また、医薬品開発においては、候補物質がその効果を最大限に発揮できず、開発中断となった事例もあります。

医薬品開発における従来の評価においては、ヒトに投与する試験 (臨床試験) の前段階の試験 (非臨床試験) として、動物実験を行ったり、代わりとなる細胞 (例: 大腸がんの細胞) に候補物質を投与したりするなどの方法が採られていました。しかし、近年、動物愛護の観点から、動物実験の廃止に向けた動きが世界的に拡大しています。また、代わりとなる細胞では、吸収時の代謝能が生体小腸と大きく異なるため、十分な評価精度が得られません。加えて、いくら非臨床試験を経ても、臨床試験において初めて動態の不備が見つかる事例もありました。

私たちの技術は医薬品開発の非臨床試験におけるこれらの課題を解決し、動物実験の削減、従来の方法以上の高精度な評価を実現しうるものです。特に、医薬品開発は、成功率 3

万分の 1、開発コスト数百億~数千億円、開発期間 10 年超を要するといわれます。この状況を改善し、副作用の少ない医薬品を高確率で安価にスピーディーに開発し、多くの人に新たな医薬品を届けることに寄りたいのです。

### ヒト生体小腸と同等機能を有する iPS 細胞由来腸管モデル

この研究領域に参入しようとした 2010 年頃、医薬品開発では、生命維持に直結する重要な評価である安全性評価に関して、各種幹細胞由来の心筋細胞・神経細胞を用いる研究が盛んに行われていました。しかし、当該研究領域は、競合となる大学・企業等が既に多数存在し、後発ではとても勝負にならないレッドオーシャンとなっていました。そこで、まだ先行研究事例が少なくブルーオーシャンに近い領域であった今の研究領域に参入しようと考えたのです。

私たちは、ヒト生体小腸と同等の薬物吸収性、薬物代謝活性、薬物輸送能、腸管バリア能を有する腸管細胞を iPS 細胞から分化誘導する技術を確立しています。これらは、米国の有力な iPS 細胞関連の研究開発企業でも実現できなかった技術で、この技術を守るため複数の特許を出願しています。この発展的な技術として、生体の組織に近い構造を有する三次元モデルの「腸管オルガノイド」の構築技術も確立しています。腸管オルガノイドを用いることで、従来生体外で培養できなかったノロウイルスや、様々な腸内細菌叢と共培養することができれば、これまでは存在しなかった評価系を構築することが可能になると期待しています。近い将来、腸管オルガノイドを用いたノロウイルス向け医薬品の開発が進むかもしれません。腸管オルガノイドに関しては、高速・大量に評価を行うハイスルー

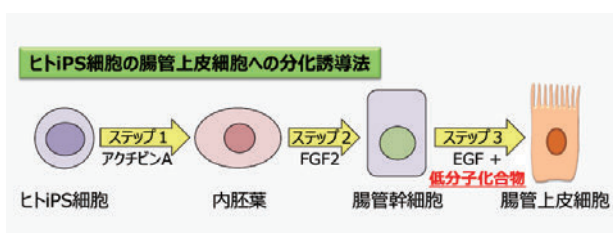


図1: ヒト iPS 細胞の腸管上皮細胞への分化誘導

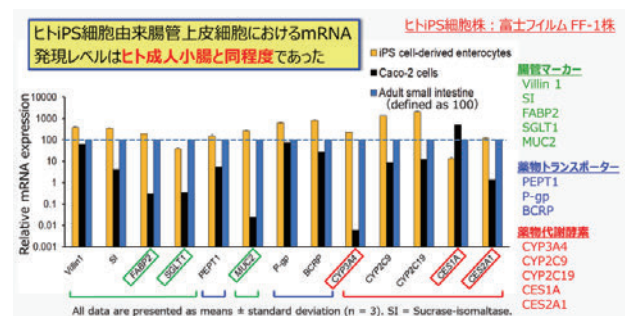


図2: ヒト iPS 細胞由来腸管上皮細胞における腸管上皮細胞マーカー及び薬物動態関連遺伝子の発現

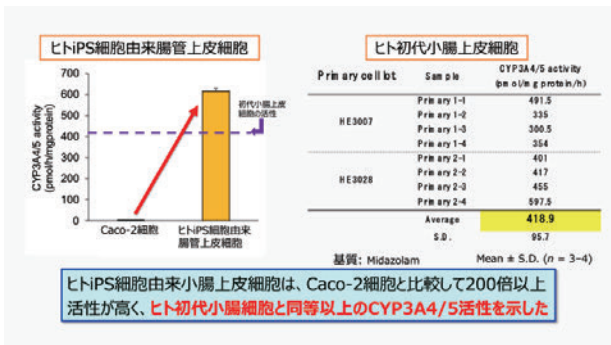


図3: ヒト iPS 細胞由来腸管上皮細胞とヒト初代小腸上皮細胞における CYP3A4/5 活性

プット解析に対応するため、二次元モデルの開発も進めています。

分化誘導に関しては、分化誘導因子に低分子化合物を用いているのが特徴です。私たちは、安定した品質で、従来技術で用いる組み換えタンパク質よりもはるかに低コストな低分子化合物を用いており、強みの一つとなっています。実は、この低分子化合物を見つめられたのは、研究資金に余裕がなかったためです。海外の大きな研究室ではロボットを用いて、分化誘導に有用な低分子化合物のハイスループット分析が行われていますが、当研究室では到底そのような実験系を組めなかったため、必死に知恵を絞り可能性のある数化合物に絞って何度も試行錯誤した結果、現在用いている低分子化合物を見出すことができました。

培養方法に関しても、iPS 細胞から腸管オルガノイドへの分化誘導に関して浮遊培養技術を確立し、特許を取得しました。これにより、学部生でも大量のオルガノイドを容易に作製することが出来るようになりました。現在、凍結して保存・輸送する技術の確立に取り組んでいます。

その他、腎細胞、肝細胞や肝細胞と腸管上皮細胞を組み合わせた生体模倣システム、脳の毛細血管内皮細胞を用いた血液脳関門モデルなどの評価系の開発を進めています。また将来的には、再生医療への応用も目指したいと考えています。



左から、松永民秀、白井晃太郎

## 製薬業界、食品業界に精通した人材を求む

薬学の道を志したのは、新しい薬を作って困っている患者やその家族などの関係者の力になりたかったからです。大学4年生の研究室配属のときに、指導教官に将来「製薬会社を作りたい」と話したところ、苦笑いされました。

現在、iPS 細胞の分化誘導等に関する保有特許関連技術のライセンスアウト、技術指導・コンサルティングを行うスタートアップ設立に向けて準備を進めています。経営者に関しては、顧客として製薬企業、食品・飲料企業を想定しているため、これらの業界・企業に精通するとともに幅広い人的ネットワークを持ち、ユーザーニーズや業界の動向をタイムリーにキャッチできる方に関わっていただきたいです。

技術者に関しては、私が技術について監修するほか、研究室の研究者・学生に希望者がいれば、スタートアップ企業でも関わってみたいと考えています。

### 名古屋市立大学 薬学部 / 大学院薬学研究科・教授、博士（薬学）

九州大学大学院薬学研究科博士課程修了、米国立衛生研究所 (NIH) 博士研究員、北陸大学薬学部講師、信州大学医学部附属病院薬剤部・准教授・副薬剤部長を経て、2009 年から現職。日本薬物動態学会理事、内閣府専門委員などを歴任。

本件に関する参照情報：

1 Kabeya T, Mima S, Imakura Y, Miyashita T, Ogura I, Yamada T, Yasujima T, Yuasa H, Iwao T, Matsunaga T. Pharmacokinetic functions of human induced pluripotent stem cell-derived small intestinal epithelial cells. Drug Metab Pharmacokinet. 2020; 35, 374-382. doi: 10.1016/j.dmpk.2020.04.334.

2 Onozato D, Ogawa I, Kida Y, Mizuno S, Hashita T, Iwao T, Matsunaga T. Generation of budding-like intestinal organoids from human induced pluripotent stem cells. J Pharm Sci, 2021, 110, 2637-2650. doi. org/10.1016/j.xphs.2021.03.014.

3 出願日：令和2年7月30日（日本）令和2年8月7日（米国）、出願番号：特願2019-571161、米国：移行手続き中、欧州：19 751 317.9、名称：多能性幹細胞から腸管上皮細胞への分化誘導方法、発明者：松永民秀、岩尾岳洋、壁谷知樹

名古屋市立大学

**松永民秀**

MATSUNAGA, Tamihide

電話 052-836-3751

メール [tmatsu@phar.nagoya-cu.ac.jp](mailto:tmatsu@phar.nagoya-cu.ac.jp)

WEB <https://www.ncu-rinsyo.jp/>

## 安い、早い、種類が多い！ウイルス・アレルゲン検査

### ウイルス・アレルゲン検査を簡単&便利に

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的な流行により、私たちはウイルス感染症の恐ろしさを改めて認識することとなりました。しかもこれで最後というわけではなく、今後も私たちは新たなウイルスに遭遇するでしょうし、その多くと共存していかなければいけません。そのような世界に私が提供したいのは、複数のウイルスを迅速に、簡単に診断補助できるマルチプレックス遺伝子診断キットです。COVID-19 感染拡大で一般の方も知るところとなった「PCR（Polymerase Chain Reaction）法」は、専門技術者による作業が必要で、かつ工程も多岐にわたります。私たちが提案している方法は難しい操作がなく、専門技術者でなくても検査することが可能です。一般的な PCR 法と比べて、1 キット上での検査項目を 10 倍、検査時間を 5 分の 1、検査コストを 100 分の 1 にすることを目指しています。ウイルス感染症だけでなく、農作物病害やアレルゲン、環境（水）検査にも応用可能です。日本のみならず、途上国などでの利用展開による世界中の方々の QOL の向上に貢献したいと考えています。

### マイクロ流路と反応容器だけの、シンプルな検査キット

マルチプレックス遺伝子診断キットは、縦 2.5cm × 横 4.5 cm 程度のシリコーン樹脂上に、調べたいウイルス等の DNA/RNA を含んだ溶液を注入するための「流路」と、溶液を反応させるための「容器」を型取りした、単純なつくりをしています。流路内を流れる溶液の表面張力と、反応容器前後に設け

た狭隘部（受動バルブ）における圧力差を利用して、自律的に次々と複数の反応容器に溶液が分注されていく仕組みです（特許出願中）。受動バルブの構造や型取り方法、反応容器の形状など、いくつもの関門をくぐり抜け、現在の形状にたどり着きました。

流路の先にある反応容器の中に、検査対象ごとに決まったプライマー（目的の DNA 塩基配列だけを増幅させるための起点となる核酸の断片）を入れておき、溶液が反応容器に分注されたら、あとは診断キットを 60℃ 程度のお湯で 30 分温めるだけ。検査対象の DNA が含まれていると、プライマーによってターゲット DNA が増幅され、溶液中にあらかじめ混合しておいた指示薬の色に変化が現れます。COVID-19 や変異株、SARS、インフルエンザウイルスやその亜種など、検出率を高めるためにそれぞれに最適なプライマーを設計し、各反応容器に入れておくことで、まとめて検査することが可能になり、検査時間の短縮につながります。

### 検査キットから、全自動システムへの展開

開発当初は、東京慈恵会医科大学と共同でデング熱やジカウイルス感染症の検出キットとしての利用を目指していました。ウイルスを媒介する蚊をすりつぶして混合した溶液中にウイルス DNA が存在すれば、その有無を判別できる、という簡易的な利用法を考えていたのです。その後、植物に感染するウイルスの検出にも展開できるかもしれないと、愛知県農業総合試験場との共同研究を進めていたところに、COVID-19 パンデミックが起きました。これにも貢献できるのではないかと、挑戦すべきではないか、という思いで検査対象を広げて試作

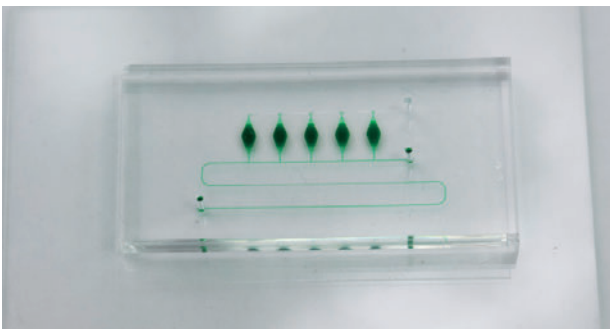


図 1: マルチプレックス遺伝子診断キット

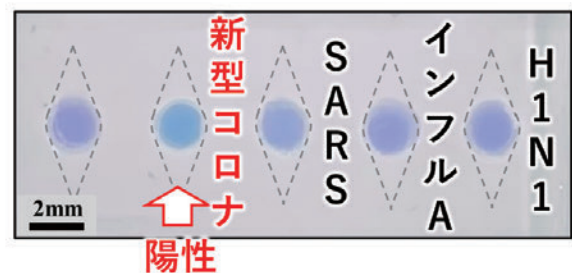


図 2: 反応後の反応器の様子（陽性の場合のみ色相が紫から水色へと変化）

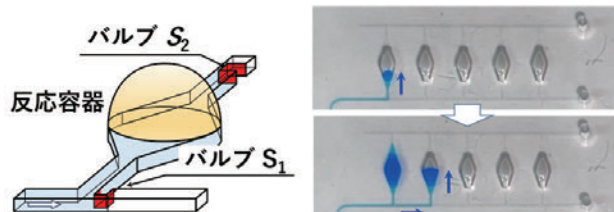


図3: 流体制御技術: バルブによる自律的な分注を実現

品の改良を行ってきました。

管路+反応容器というベースの形は共通で、プライマーをニーズに合わせてカスタマイズすることにより、様々なウイルスやアレルゲン物質に対応できるため、今後も様々なニーズに応え得ると考えています。一方で、PCR法と比べて技術的な熟練度は不要ですが、管路に溶液をうまく注入するためには、やはりある程度のスキルが必要です。この課題を克服するため、溶液注入作業を自動化するとともに、反応容器内の色の変化をリアルタイムで追ってウイルス等の量を推計したり、データをクラウド管理したりするアプリケーションを開発して、それらをまとめた製品とする展開も考えています。多くの現場で利用いただき、データが蓄積できれば、そのデータ分析から色々な示唆が得られるかもしれません。

## 2025年の大阪・関西万博、自分の技術で安心・安全を提供したい

現在は、2022年度内の起業を目指し、検査プロトコルの確立、診断キットデザインの改良、量産化を急ぎ進めているところです。農産物や食品検査の受託事業から始め、検査キットや検査アプリの製造販売を進めながら改良を進めて、全自動検査システムを開発・販売することを目指しています。

最終的には厚生労働省の承認を得ることを目指しています



左から、  
檀野直志(株式会社テクノプロ テクノプロ・R&D社 事業統括部 統括支店長)、  
夏原大悟

が、開発途中の実証実験に協力して下さる機関を探しているところです。たくさん使っていただき、たくさんの意見やデータを反映させた診断キットを作りたい。また、全自動検査システムと一緒に設計製造して下さる企業、パートナーも探している最中です。最終目標に到達するまでには、これまで以上に高い山がそびえ立っています。2025年に、私の出身でもある大阪で大阪・関西万博が開催されます。そのとき、自分の技術で多くの方に安心・安全を提供することを目指して、頂上に向かって必死に山を登っていきます。

豊橋技術科学大学 大学院工学研究科機械工学専攻 博士後期課程 1年 / 日本学術振興会 DC1

豊橋技術科学大学 大学院工学研究科機械工学専攻・博士前期課程修了。

ICPE2020 Young Researcher Award (国際学会 18th International Conference on Precision Engineering, 200件中14件受賞)、ライフサポート学会学生奨励賞受賞。

【本件に関する参照情報】

・特願 2020-190959 「マイクロ流路における分注装置およびマイクロ流路デバイス」

・ D. Natsuhara, K. Takishita, K. Tanaka, A. Kage, R. Suzuki, Y. Mizukami, N. Saka, M. Nagai and T. Shibata, "A microfluidic diagnostic device capable of autonomous sample mixing and dispensing for the simultaneous genetic detection of multiple plant viruses", *Micromachines*, 2020, 11(6), 540, DOI: 10.3390/mi11060540.

・ S. Misawa, D. Natsuhara, Y. Kiba, T. Yamamuro, R. Suzuki, T. Shibata and M. Kitamura, "Rapid identification of *Colchicum autumnale* based on loop-mediated isothermal amplification (LAMP) assay", *Forensic Toxicol.*, 2021, 39(1), 259-265, DOI: 10.1007/s11419-020-00557-4.

豊橋技術科学大学

夏原 大悟

NATSUHARA, Daigo

電話 0532-81-5239 メール d-natsuhara@mems.me.tut.ac.jp

WEB <http://mems.me.tut.ac.jp/>

## コロナワクチン量を10分の1に減らし、世界の命を救う

### ワクチン量を10分の1に減らす技術を開発

私たちの研究チームは、投与量を10分の1に減らしても、これまでと同等の効果を発揮する mRNA ワクチンの開発に成功しました。世界中で新型コロナウイルスが猛威を振るう中、2020年に mRNA ワクチンが開発されました。しかし、このワクチンにも3つの大きな課題があります。それは、①ワクチンを2回接種する必要がある、②副作用がある（発熱、アナフィラキシー等）、③コストがかかる（1人4000円かかるため発展途上国では支援なくして接種は困難）ことです。しかし、この3つの問題を一度に解決する方策があります。それが、今回私たちが開発した mRNA ワクチンです（図1）。

### GAPDHに着目したことが成功の鍵

私たちの技術は、GAPDH（グリセルアルデヒド3リン酸デヒドロゲナーゼ）に着目したことで実現しました。GAPDHはタンパク質の一種で、解糖系の酵素として、生体内の発現量が群を抜いて高い因子としても知られています。私たちは、GAPDHの構造を人工 mRNA に導入することで、人工 mRNA の発現を増大させることに成功しました。また、GAPDHの構造を最適化し、75%相補的な構造に改変することで翻訳が最大限に効率化しました。この翻訳効率化技術は、もともと国立研究開発法人日本医療研究開発機構（AMED）の研究プロジェクトでB型肝炎の根治治療を目的として開発した技術です。本技術により、これまで最もよいとされてきた標準的な mRNA と比較し、約15倍の発現効率化を達成しま

した。発現効率が10倍以上ということは、ワクチン接種量は10分の1以下で済みます。少量投与で効果があるため、1回接種で済み、副作用も軽減され、コストも10分の1以下になります。ワクチン接種の負担軽減に加え、コスト面で発展途上国での接種も広がるのが期待できます。

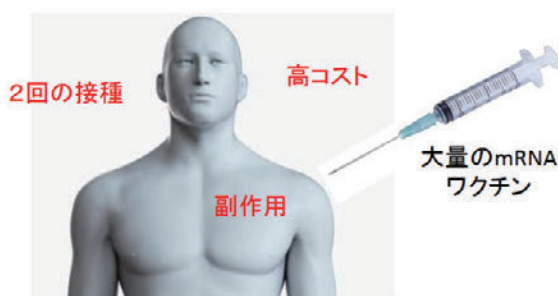
### 汎用性の高い基礎技術

私たちの技術の特長として、その高い汎用性が挙げられます。もともとB型肝炎の研究で開発した技術であることからわかるように、mRNA ワクチンの開発だけでなく、ウィルス性疾患の治療、遺伝子治療などにも応用できます。現在日本やアメリカの多数の企業と共同研究をしており、大学発技術の世界規模でワクチンなどの医薬品や遺伝子治療などに発展させることが可能です。私たち研究チームが基盤技術を持っていて、各製薬会社やバイオ企業がこの基盤技術を使うことで、各企業が持つ医薬品のターゲットやワクチンに応用できます。産学連携がうまく社会実装に繋がっている重要な成果です。

### 基礎研究ありきの社会実装

私は日ごろから、創薬を念頭に入れて研究を行っています。そのため、オリジナリティのある基礎研究を重視しています。私は10年ほど前から応用研究を始めましたが、当時既に、基礎研究から生体内の mRNA の分解メカニズムを明らかにしていました。10年前、少なくとも日本において人工 mRNA の研究者がほとんどいない中で研究を開始した時には、人工

#### 従来の技術



#### 本技術

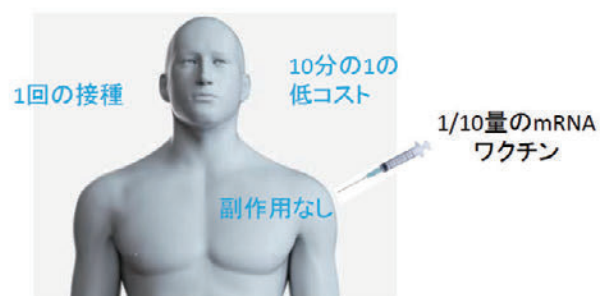


図1 : mRNA 構造改変により解決する3つの問題

10分の1以下の量で同等の発現効率を発揮する mRNA の開発に成功



**ビジネスモデル**


- 
1. 基盤技術の技術移転
    - ① コロナワクチン開発企業
    - ② 他のワクチン開発
    - ③ iPS細胞制作企業
    - ④ 遺伝子治療開発製薬メーカー
  2. 基盤技術を活用した新規ワクチン、医薬品の開発
  3. 植物育種産業への応用

図2: ビジネスモデル

mRNA の安定化が使命でした。当時、世の中では人工 mRNA と生体内の RNA とは同じメカニズムで分解されると思われていました。ところが、私の研究チームで研究を進めてみると、そのメカニズムがまったく異なることが判明し、2019 年に論文を発表しました。今回開発した人工 mRNA の安定化技術は、この分解メカニズムに基づき研究を進めたものです。また、人工 mRNA の翻訳効率化技術を研究し始めたのは約 5 年前ですが、この領域の研究者もほとんどいませんでした。だからこそ、私たちは独自性の高い技術開発に成功したのだと思います。オリジナリティのある基礎研究の蓄積があってはじめて、社会実装できる応用研究に繋がると 생각합니다。

### 3段階のビジネスモデルで数千億円超の売上を期待

ビジネスモデルとしては、3 段階を検討しています（図2）。まずは、基盤技術に関連企業へ技術移転させていきます。現在世界中でニーズの高いコロナワクチンにこの技術を移転します。その後、コロナ以外のワクチン開発などへの技術移転を通じて、技術革新をしながら用途展開します。市場規模は、コロナワクチン単独で 3 兆円規模です。最終的には、数千億円を超える売り上げを見込んでいます。現在、人工 mRNA 発現効



率化技術に関しては、大手製薬メーカーやバイオベンチャーとの共同研究を実施しており、また mRNA 安定化技術に関しても、大手製薬会社 2 社と共同開発を進めています。ここから第 2 段階として、基盤技術を活用しながら、新規のワクチンや医薬品を自社や外部企業と共同で創出するビジネスを展開し、3 段階として医療関連以外にも植物産業等へ発展するビジネスを計画しています。

### 求めるのは、気が合う人、誠実さと資金調達能力

ベンチャー起業にあたり、経営者となる人はやはり気の合う人がよいですね。誠実で信頼できる人で、資金調達能力がある人が理想的です。今回開発した技術は、さまざまなウィルス性疾患や遺伝子治療など、多岐に渡る分野に応用できます。ベンチャー起業を通して、広く社会貢献に繋がりたいと思います。

#### 名古屋市立大学 大学院薬学研究科 遺伝情報学分野 教授 東京大学博士（薬学）

もともとはシグナル伝達にはたらく G タンパク質の研究から、細胞周期を制御する G タンパク質を発見し、これが翻訳と mRNA 分解を共役する翻訳終結因子であったことから mRNA の世界に到達しました。mRNA の基礎研究を通して、mRNA に関する独自の技術を開発し、mRNA で医療に貢献する会社を設立したいと考えています。

PCT/JP2020/039160 (WO/2021/075567)、特願 2016-219227 (特開 2018-074954)、特願 2014-107562 (特開 2015-221026)

(1)Nogimori, T., Nishiura, K., Kawashima, S., Nagai, T., Oishi, Y., Hosoda, N., Imataka, H., Kitamura, Y., Kitade, Y., Hoshino, S. (2019) Dom34 mediates targeting of exogenous RNA in the antiviral OAS/RNase L pathway. *Nucleic Acids Research* 47, 432-449. doi.org/10.1093/nar/gky1087

(2)Nogimori, T., Ogami, K., Oishi, Y., Goda, R., Hosoda, N., Kitamura, Y., Kitade, Y., and Hoshino S. (2020) ABC1 acts as a positive regulator of exogenous RNA decay. *viruses* 20 (12) 174. doi:10.3390/v12020174

(3)Hoshino, S. (2012) Mechanism of the initiation of mRNA decay: role of eRF3 family G proteins. *Wiley Interdiscip Rev RNA* 3, 743-757.

名古屋市立大学  
**星野 真一**  
HOSHINO, Shinichi

電話 052-836-3427 メール hoshino@phar.nagoya-cu.ac.jp

WEB <http://www.phar.nagoya-cu.ac.jp/hp/syk/index.html>

## 植物によりそうお医者さん —農作物のWellbeing促進で未来の農業とおいしい食べ物を—

### 農業の未来をかえる植物の健康診断

私たちが開発するのは、誰もが簡単に植物の病気や栄養不足を診断し、その対処法を知ることができる検査キットです。つまり、植物のお医者さんとなってくれるツールです。この検査キットを使うと、植物の病気の早期発見ができるため、農作物の生産性向上や品種改良に大きく貢献します。

今は、植物に病変、つまり葉が黄色くなるとか、実が変に黒ずむ等、そういった目に見える変化がないと病気かどうか分かりません。植物の栄養状態も、“土のリンが不足だから植物にも影響がでるだろう”、といったように、土の成分の測定結果から推し量ることしかできません。しかし、私たちの技術は病変が目に見える前の「未病」の状態から診断することができます。人間ドックで病気の早期発見や栄養指導が行われるのと同じです。

この検査キットは、一枚の葉の絞り汁（つまり体液）数滴を検査キットに垂らすだけで診断することができます。植物の体液を調べるのは、人間が血液検査をするのと同じです。しかも、検査キットの結果はすぐにわかります。これはインフルエンザの検査と同じ感覚です。

私たちは、この検査キットの開発と普及をきっかけに未来の食を支えていきたいと思っています。気候変動による食糧難のシナリオはすぐそこまで来ています。おいしい農作物を安全にかつ安定的に生産していくために、この検査キットを役立ててもらいたい。そして、小さな葉一枚から得られる診断データの蓄積を繰り返し、その情報をまた農業に還元する循環を作りたい。こうして農業を変え、科学的根拠にもとづく農業を促進し、若い人たちも一緒に、未来の新しい農業の形を作っていきたいと思っています。



### 植物の健康診断のメリット

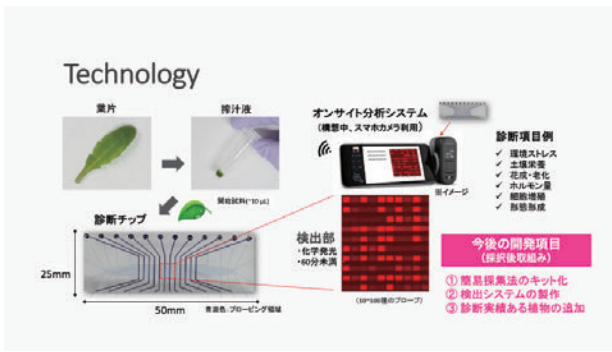
今、求められているのは肥料や農薬の“適正利用”です。消費者は「無農薬・有機肥料は体に良い」というイメージを持っており、過度な農薬や化学肥料の利用は敬遠されます。これは健康な土づくりにも関係します。一方で、安定的な食糧生産も求められ、このバランスをとるのが“適正利用”です。植物の健康診断を行えば、植物の「未病」を発見し、最小限の対処で済みます。肥料は足りない栄養素だけサプリメント的に使います。農薬は重症化してから劇薬を使うのではなく、風邪薬を飲むようにマイルドなものを使います。

現在の技術は、試料づくりが大変で診断までに時間がかかる（2週間）、検査機関に依頼するため高額（10万円以上）という課題があります。しかし、私たちは「分子マーカー埋め込みマイクロ流体チップ」を開発し、これを克服しようとしています。この技術を使うと、試料は葉の絞り汁数滴を準備するだけ、診断の所要時間最大1時間です。しかも、葉の絞り汁をチップの穴に垂らすだけなので、誰でも簡単に使えます。ここで得られた試料データは栽培条件と合わせて自動的に分析され、「診断結果」と“リンが不足。××肥料を○○g/m<sup>2</sup>施肥”といった具体的な「対処法」を利用者に直接返します。植物の反応は早いので、翌日には目には見えない効果が表れます。そこで、もう一度検査キットを使うと、“良好。追肥は必要なし。”などをフィードバックします。これにより、農薬・肥料の“適正利用”が促進されるというものです。

### 異常気象への対応や品種改良へも

検査は局所的な気象変動の時にも威力を発揮します。例え





ば大雨の後は、農家さんは肥料が流れたのを心配します。そこでこの検査キットを使うと、施肥が必要かどうかをすぐに診断することができます。

この検査キットは植物の分子を見えています。植物の種類が異なっても分子構造はほぼ一緒なため、様々な植物に適用可能です。また、分子マーカーは様々な栄養や病気を診断しますが、「収穫時期判断マーカー」も作れますし、収穫時期を調整するアドバイスも可能になると考えています。今月は台風が来そうとなったとき、収穫を早めるための対処法が分かるわけです。

もう一つ、品種改良のサイクルを早めるメリットもあります。品種改良は欲しい性質をもった親同士を掛け合わせ、その種を蒔いて性質が現れた個体を選別するのを繰り返します。検査キットを使うと、その性質が現れる前から、病気に強い、果実が甘い、といった診断ができますので、優性遺伝子をもつ個体を早い段階から選別することができます。

## データを活用した新しい農業を目指したい

私たちには、植物の小さな一滴からの情報を集めて大きく農業を変えていくというビジョンがあります。無農薬・有機肥料が好まれるなか、「適正管理された安価で健康な農作物」のブランドイメージを作ることができれば、消費者に積極的に受け



左から、吉田綾、斎藤茂樹、野田口理孝、寺野真明

入れられるでしょう。そこで、資材メーカーの皆様や契約農家を抱える食品メーカーの皆様にこの検査キットをご利用いただき、データを活用した新しい農業と一緒に作っていただいています。また、この検査キットを使えば食品ロスの問題にも対応できますし、持続的な農業にも貢献します。新しい、おいしい品種も作れます。食という基本行動に対して、安全・安心・おいしいという原点に共感いただける方とともに農業にイノベーションを起こしたい。正しい食の在り方を真剣に考えている方との新しい価値とビジネスの創出を期待します。

====

私たちは植物のお医者さんになります

ものいぬ植物たちの、こえならぬこえをききます

そして豊かで、安全で、健康な食をささえます

緑の一滴から、小さなささやきを聞き出します

それは、ささやかで、か細いこえですが、

私たちには聞こえます

そのこえに応えることは、私たち自身がしあわせになること

名古屋大学

野田口 理孝

NOTAGUCHI, Michitaka

国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学 生物機能開発利用研究センター 准教授

京都大学大学院理学研究科博士課程修了。博士（理学）。

University of California Davis 研究員、日本学術振興会海外特別研究員、名古屋大学大学院理学研究科研究員及び JST ERATO 東山ライブホロニクスプロジェクト研究員、名古屋大学大学院理学研究科特任助教、JST さきがけ研究員、名古屋大学大学院生命農学研究科助教、名古屋大学トランスフォーマティブ生命分子研究所連携研究者、文科省卓越研究員を経て、2019 年より現職。研究テーマは植物の接木のメカニズム、全身性情報伝達など

本件に関する参照情報：

Notaguchi M and Okamoto S. 2015. Dynamics of long-distance signaling via plant vascular tissues. *Frontiers in Plant Science* 6: Article 161.

2018 年 4 月 20 日：野田口理孝、岡田龍、柳澤直樹（国立大学法人 名古屋大学）「植物物質検出用流路チップ」（特願 2018-081429）

2019 年 10 月 18 日：野田口理孝、川勝弥一（国立大学法人 名古屋大学）「植物物質検出用流路チップおよび植物物質検出装置」（特願 2019-190996）

電話 052-789-5714

メール notaguchi.michitaka@b.mbox.nagoya-u.ac.jp

WEB <http://bbc.agr.nagoya-u.ac.jp/~graft/>

## 実物に迫る触り心地・使い心地の小口径人工血管で 多くの人を助けたい

### 高分子を扱うプロフェッショナルとして 小口径人工血管に挑む

血液適合性を有し、生体軟組織に匹敵する力学特性を持った小口径人工血管を開発しています。人工高分子材料を用いて3Dプリンタで安価に成形できるポテンシャルがあるため、治療手技の訓練や術前シミュレーションシステムへの導入、最終的には医療現場で使われる人工血管としての製品化を目指しています。

心血管疾患や腎疾患、動脈瘤など、血管に関わる疾患や手術は世界的に増え続けており、世界における人工血管の市場規模も、2019年の6,000億円から、さらに大きくなっていくことが予想されています。内径6mm以上の中・大口径人工血管については、生体適合性や耐久性、安全性等において求められる要件を備えた製品が開発されていますが、内径6mm未満の小口径人工血管については、開存率の点において、いまだ自己血管移植が優位です。自己血管の利用には様々な制約もあるため、より汎用性の高い小口径人工血管を開発できれば、より多くの場面で人々のQOLを高められる可能性が高まります。

学生の頃から医療に貢献したいという思いがあり、配属研究室では医療用高分子材料を用いたドラッグデリバリーシステム(DDS)などの応用研究に取り組みました。高分子材料を自在に扱えるようになると、ポストク時代には高分子ゲル自体の物性研究に取り組み、以降は様々な特性を持った高分子を作る、比較的基礎寄りの研究を進めてきました。次第に、これまでに培ってきた高分子の知見を総動員して医療応用を目指したいという気持ちが高まり、この小口径人工血管開発の研究に至ります。

### 実用化に向けて 大きな2つの課題をクリアした素材

現用されている小口径人工血管は生体血管よりも硬く、両血管吻合部で血流の乱れが生じることで血栓が生じ、開存成績不良の一因になっているとされています。そのため、血液適合性を有した上で生体血管と同じような硬さ、すなわち力学特性をもつことが実用化の第一歩となります。

第一の課題である血液適合性については、人工心肺等の医療機器へのコーティング材として厚生労働省の認可も受けている、PMEAという高分子で突破しようとしています。このPMEAという素材、体温以上の環境下では粘着質なゴム状態で、チューブ状への成形はおろか、自立することもままなりませんから、混ぜ物をして強靱性を増加させる必要があります。様々な充填剤の候補がある中で、透明でありながら強靱である角膜の構造にヒントを得て、これまでの私たちの研究からその特徴が良く分かっていたアモルファスシリカ微粒子を複合化したところ、板状に成形したものは生体血管と同様にJ型を描く応力-ひずみ曲線で特徴づけられる力学特性を示すことが分かりました。第二の課題である硬さについて、解決の道が開けてきたのです。シリカ微粒子は食品添加物にも用いられるため、ある程度安全性が担保されており、また、その特性によって複合体は光学的に透明であるという特長を持ちます。例えば手術シミュレータに導入した際に、物理的な内部状況観察やナノレベルでの動力学解析などを行いやすいという大きなメリットになりますし、実用する場合にも同様の恩恵を受けられるでしょう。生体のことは生体に学べ、といったところでしょうか。

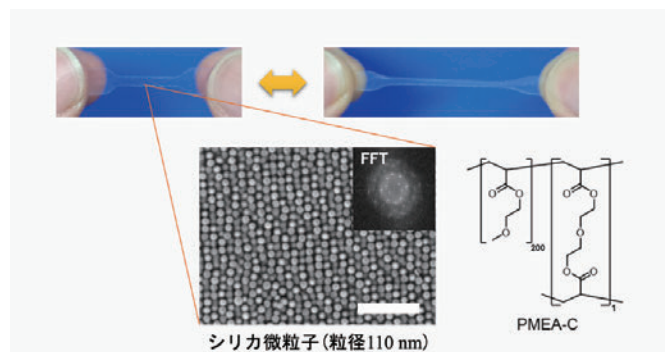


図1:PMEA-シリカ微粒子複合材料の目視画像と電子顕微鏡写真、伸張の様子

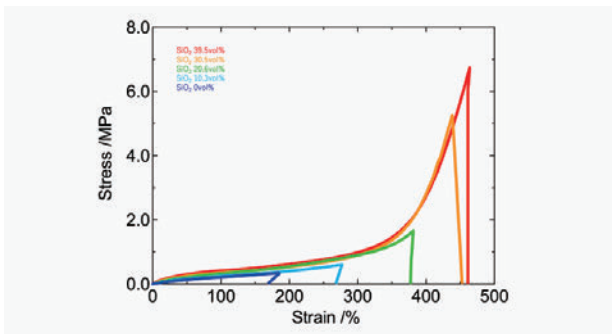


図2:PMEA- シリカ微粒子複合材料の応力 - ひずみ曲線

## チューブ型への成形と、 血管内治療技術向上への貢献

現状では、PMEA-シリカ微粒子複合材料を3Dプリンタで血管状に造形できるまで、確認できています。3Dプリンタも多種多様ですから、コスト面と成形された人工血管の特性の兼ね合いで、ベストマッチを探索していく必要があります。また、板状で得られていた特性が、チューブ型にした時にも得られるのか等、データを積み上げていきたいと考えています。実際に使う方のフィードバックなくしては、本当に必要とされる良いものになりません。多くの現場で新シミュレータを使い、学習プログラムなども含めて評価していただき、臨床経験を積む前の段階で、確実に血管内治療技術の向上を図れる製品にしたい。手術を行う側、受ける側双方にとって価値があるものになるはずです。

## 医工連携に意欲的な人材を求む

血管内治療トレーニングシミュレータのPoCを経て、その製造・販売を目的として2022年度中の起業を目指しています。当該シミュレータの開発で培った人工血管成型技術をベースとして、抗血栓性、開存性、耐久性、血液適合性、感染抵抗性、安全性に優れ、実用に耐える小口径人工血管を開発し、承認を経て上市することが起業後の中長期目標となります。本研究のような医工連携分野での研究開発を進めていると、医学・臨



Selected Tech Seeds for startup in Tongali 09-TAKEOKA, Yukikazu

床側と工学側とで、価値観が異なる場合が多々あります。そのギャップにむしろ関心を持って、どうしたら埋められるだろうかという意識や意欲を持った方に参画していただくと、うれしいですね。

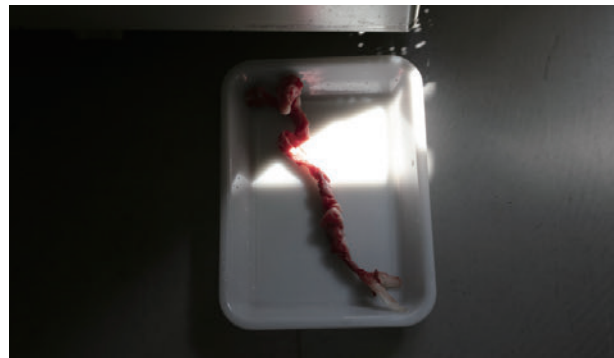


図3:力学挙動を参考にした牛の血管の写真

### 名古屋大学大学院工学研究科有機・高分子化学専攻 准教授

上智大学大学院理工学研究科博士後期課程修了後、マサチューセッツ工科大学物理学科博士研究員、横浜国立大学工学部助手、名古屋大学大学院工学研究科助教授を経て、2007年から現職。2015年度市村学術賞（功績賞）受賞。研究テーマは高機能高分子ゲル（スマートゲル）、構造発色性材料など。

【本件に関する参照情報】

- ・特願 2019-200134 「樹脂組成物および該樹脂組成物からなるエラストマー材料」
- ・Fumio Asai, Takahiro Seki, Ayae Sugawara-Narutaki, Kazuhide Sato, Jérémy Odent, Olivier Coulembier, Jean-Marie Raquez, and Yukikazu Takeoka; "Tough and 3D-printable Poly(2-methoxyethyl Acrylate)-Silica Composite Elastomer with Anti-Platelet Adhesion Property" ACS Applied Materials & Interfaces, 12, 41, 46621 - 46628 (2020), DOI:10.1021/acsami.0c11416
- ・浅井文雄、竹岡敬和、"血液適合性ポリマーの高靱性化と3Dプリンティング"、「特集：異分野と融合」高分子 (2022) 印刷中

名古屋大学  
**竹岡 敬和**  
TAKEOKA, Yukikazu

電話 052-789-4670    メール ytakeoka@chembio.nagoya-u.ac.jp  
WEB <https://ytakeoka.xcience.jp>

## 小型でも、高安定性・準メンテナンスフリーな 波長可変レーザー

### レーザーを多様な分野で 気軽に利用できる分析手法に

私たちは、高安定性・準メンテナンスフリーな波長可変レーザー光源を開発しています。きっかけは、レーザー光源に関する自身のユーザーとしてのニーズです。元々はレーザーを用いて放射線物質を分析する研究を進めていましたが、用途にピタリと合う、使いたい範囲で波長を変えられる手ごろなレーザーがなく、それならば自分たちで開発しようと思立ちました。ほしい機能をすべて盛り込んで開発した装置のキーワードは、「小型」、「高安定」、「波長可変」、「準メンテナンスフリー」で「低コスト」。盛りだくさんですが、ほしいと思う機能すべてを兼ね備えた装置を開発できたと自負しています。

私たちが目指しているのは、開発したレーザー光源が様々な分野で使われることです。大型・高価で限られた研究者に利用が限定されていたレーザー光源を比較的安価で入手でき、手軽に使えとなれば、レーザーを専門としていない方々も気軽に試すことが可能となります。たとえば、レーザーポインターや舞台演出のレーザービーム等が一般に広く知られているように、レーザーを用いた計測や分析手法がそれを専門に研究していない方にも周知されれば、既存装置への組み込みによる新たな計測・分析法の考案、非破壊検査や品質検査、生体を透視できる波長域を用いた簡易的な病気診断サポート等への応用につながると期待しています。まず研究現場での技術利用が広がれば、研究成果として一般社会でのレーザー活用も広がっていくのではないのでしょうか。

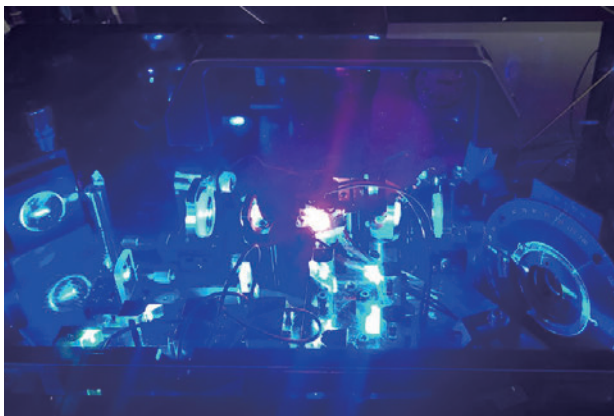


図1: 開発した波長可変レーザー光源

### 半導体レーザーと独自設計により、 大型装置と同等のレーザーを実現

レーザーを発振させる方法にはいくつかありますが、本レーザー光源で用いているのは半導体レーザーです。従来の半導体レーザーには出力が低いというデメリットがありましたが、近年その性能が向上してきています。なによりも小指の先程度と小型であることから、本レーザー光源にも半導体レーザーが主要部品の一つとして採用されています。また、波長可変にしようとする共振器が大型で複雑になり、メンテナンス性や安定性を損なう原因となります。これが、専門でない人にとって、レーザー光源が敷居の高い装置となっていた主な要因の一つです。本レーザー光源では、特許出願済の独自設計により、共振器を省スペースで配置し、装置として縦×横×奥行=25cm×45cm×30cmという、従来の約15分の1の大きさを実現しました。光源と共振器とをひとつの箱の中に納めて一体化させているため、ユーザーが自由な位置にレーザー装置を配置することができ、また、利用のたびにメンテナンスしたりする必要がありません。本レーザー光源は、原理上650nm～1000nmの範囲で波長を変えることができ、1W程度の高出力で連続発振可能です。実用例として、カーボンナノチューブの共鳴ラマン分光を行ったところ、従来品であるNd:YAGレーザー励起の波長可変光源による分析と遜色ない結果が得られています。

光源と共振器をひとつの箱に納めたといいましたが、現状では、波長を可変する際には共振器内の光学素子を手動で調整

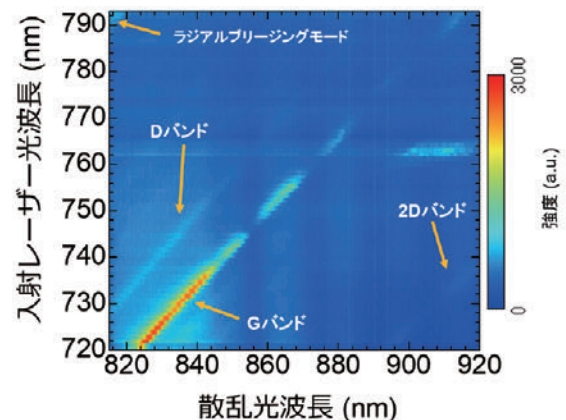
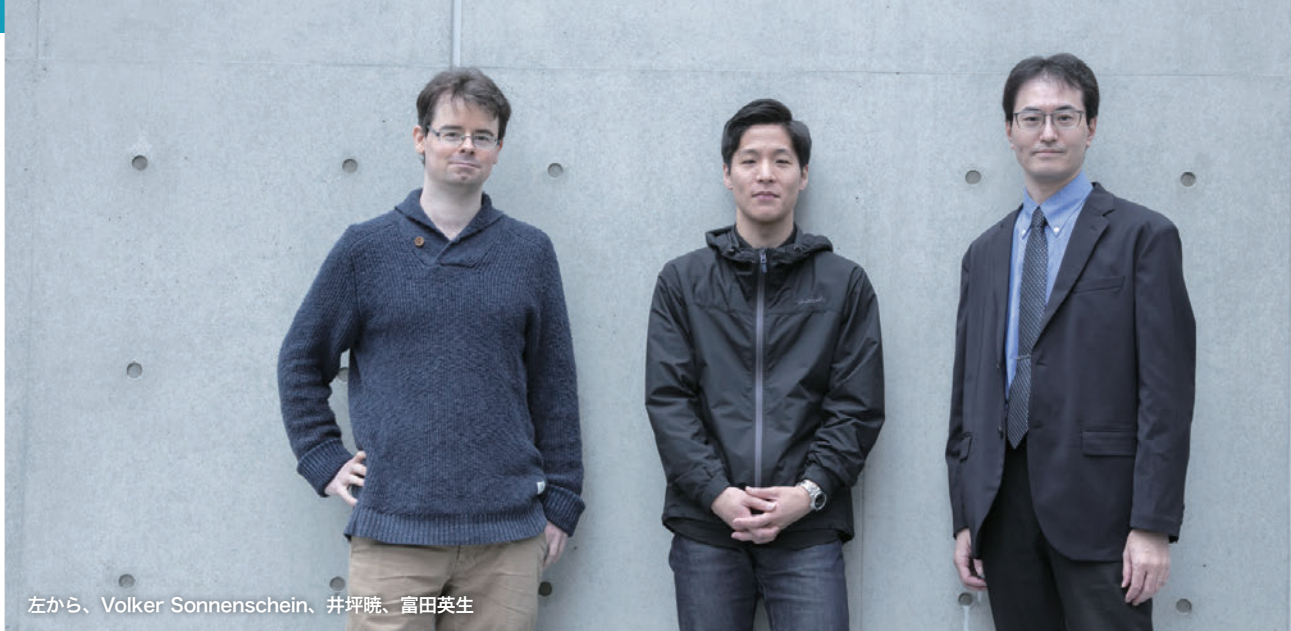


図2: 本レーザー光源を用いた共鳴ラマン分光の実例



左から、Volker Sonnenschein、井坪暁、富田英生

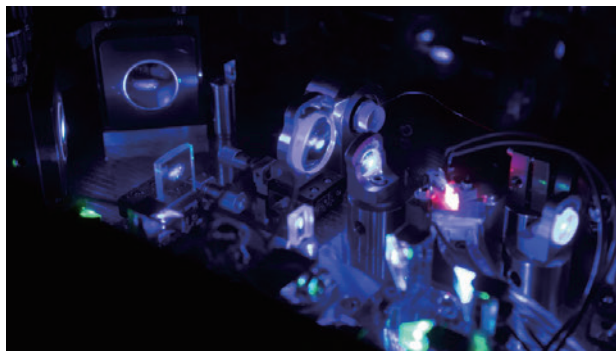
する必要がありますので、これを簡便化させる手法の検討を進めています。また、生体・植物資料などへの適用を考えた場合、もう少し可変波長域を広げたいと考えています。

### 学生が起業:使い道やカスタマイズの方法も一緒に考えます!

本レーザー光源の受注生産販売を当初の事業として、2022年度中の起業を目指しています。経営者としては、本装置の応用研究にも関わっている修士課程1年の井坪を予定しています。近年は国や大学の様々な取り組みによって理工系学生の起業意欲も高まってきているように感じます。共に研究開発した学生ですから、ビジョンを最初から共有できているため非常に心強いです。事業の展開としては、本レーザー光源単品での販売に加え、分光イメージング装置や半導体分析装置等への組み込み販売やライセンス販売なども計画しています。また、ニーズに即したレーザー光源や技術の提案、研究開発サポートなどのコンサルティングも進める中で、新たな装置、新たな市場開拓を進められればと考えています。先に挙げた生体観測への適用は始めたばかりですので、是非多くの方と意見交換し、共同開発を進めていきたいと考えています。生体応用以外にも、

波長可変レーザーを鍵として、様々な応用と一緒に考えてくださる方を求めています。

半導体レーザー自体は日本の企業が強い技術を持っている分野です。一方で、本レーザー光源に用いたその他の部品は、海外のメーカーから購入して組み上げているというのも事実です。部品の開発レベルから一緒に取り組んで製品として育ててくださる企業があれば、ぜひパートナーになっていただきたいです。また、産業界にはベンチャーの製品だからといって避けることなく、未来の新事業を支える気持ちで「使ってみてやろう」と手を伸ばしていただけるとありがたいですね。



#### 名古屋大学大学院工学研究科エネルギー理工学専攻 准教授

名古屋大学大学院工学研究科原子核工学専攻博士後期課程修了。博士(工学)。名古屋大学21世紀COEプログラム博士研究員、大学院工学研究科助教、核燃料管理施設准教授、大学院工学研究科量子工学専攻准教授を経て、2017年から現職。理化学研究所仁科加速器研究センター客員研究員、JST さきがけ研究員兼任。レーザーを用いた分光とその応用に関する研究等に従事。

【本件に関する参照情報】

・特願 2021-098768 「波長可変レーザー装置」

・ A direct diode pumped Ti:sapphire laser with single-frequency operation for high resolution spectroscopy, Volker Sonnenschein, Hideki Tomita, et al., Hyperfine Interactions 241, 32 (2020).

・ A direct diode pumped continuous-wave Ti:sapphire laser as seed of a pulsed amplifier for high-resolution resonance ionization spectroscopy, Volker Sonnenschein, Masaya Ohashi, Hideki Tomita, Tetsuo Iguchi, Nuclear Instruments and Methods B 463, 512-514, (2020).

名古屋大学

**富田 英生**

TOMITA, Hideki

電話 052-789-3790

メール h-tomita@energy.nagoya-u.ac.jp

WEB <http://www.qbe.energy.nagoya-u.ac.jp/>

## 高密度プラズマ技術の社会実装に向けた取り組み

### 固有プラズマ技術を長年探究

学生時代にプラズマと出会い・魅了され、長年に渡り、核融合・低温プラズマ等について研究を推進しています。因みに、プラズマとは、エネルギーを与えることにより、物質をイオンと電子に電離した活性の高い状態を指し、自然界では落雷やオーロラ等が有名です。一方、生活面では蛍光灯等に、産業面では表面改質や機能膜形成等に使用されており、半導体製造等の多くの産業分野で重要な役割を担っています。

このような中、当研究室では、反応性に富み大面積・長尺生成が可能な固有プラズマ生成の研究を科研や科学技術振興機構等のご支援を頂きながら推進し、真空はもとより大気圧・流体に至る各雰囲気下での高密度プラズマ生成技術構築に向けた研究を行っています。

今回、これら培ったプラズマ研究成果(製法・装置)を後世に残したいと考え、大学発ベンチャー起業を志望し、サステイナブルにマッチした社会実装・産業応用を進めていまして、以下に、短期・中期・長期事業化計画の概要について述べます。

### 保有プラズマ技術を適用した短期事業化への取り組み

プラズマの特長を活かした高付加価値商品の早期事業化に向け、マクロ環境変化による課題に対して、保有プラズマ技術にて解決すべく、取り組んでいます。

例えば、近年、地球温暖化の影響を受け、コメの品質・収

穫量低下等、気候変動の影響で穀物をはじめとする農作物に甚大な被害を及ぼし始めています。これら対策として、コメ等の種子に大気圧プラズマを照射することにより、暑さに強く成長を促進する技術が報告されています。しかし、現行の大気圧プラズマは、改質効果は素晴らしいものの、トーチ型のため、少量しか改質できず、産業利用には課題があります。

これに対し、我々が開発した大気圧プラズマは、高密度で1m幅程度の広幅プラズマ照射が可能のため、コンベア搬送処理により、大量の種子の改質が可能と考えており、現在、検証ならびにビジネスモデルの策定を進めており、世界人口の増加(2020年:77億人⇒2050年:97億人)にも対応した技術として早期事業化に向け取り組んでいます。

### 流体プラズマ技術の社会実装を目指して

当研究室では、従来プラズマ生成が困難だった流体(層流)の外周に高密度プラズマを生成する流体プラズマ装置を開発しました。当初は、汚泥をプラズマで分解する用途に開発しましたが、単に水を流しプラズマを生成したところ、HとOHからの強い発光スペクトルを観察しました。そこで、コロナ禍でもあり、プラズマを照射した活性な水が肌に優しい殺菌消毒水として役に立たないかと考えるようになりました。とは云うものの、私たちがコロナ等のウイルスを取り扱うことは難しいため、代わりに大腸菌検査を行いましたところ、想定通り、殺菌効果を示すことを確認しました。この要因については、まだ解明できていませんが、現在までにプラズマを水に照射すること

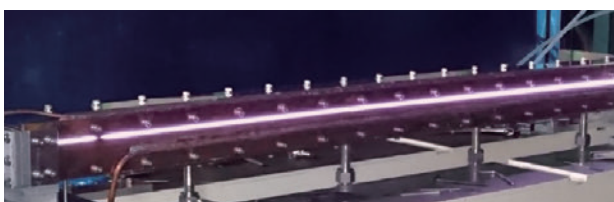


図1:メートル長尺高密度大気圧プラズマ装置

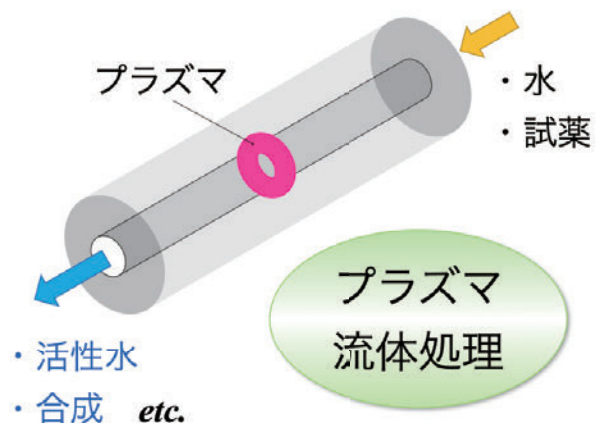
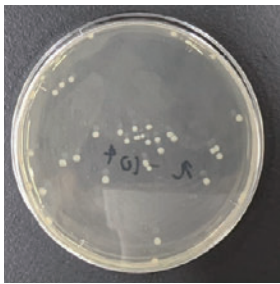
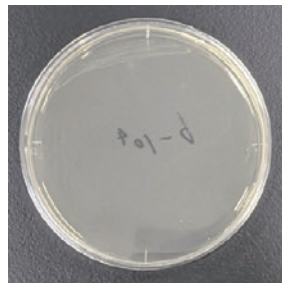


図2: 本レーザー光源を用いた共鳴ラマン分光の実例





未処理 (精製水)



プラズマ活性水

図3: プラズマを照射した活性な水による殺菌効果 (vs. 大腸菌)

により、ppm オーダーのオゾンと過酸化水素が生成し水に溶存していることまでは判っており、これらが起因していることは明らかですが、殺菌効果が数か月以上持続することや殺菌効果の大きさから、その他要因も探っています。

また、流体プラズマ装置は、昇温なくナノ粒子等の合成が可能な特長を有しています。この反応は、プラズマで解離した活性エネルギーを利用しており、従来の化学反応のように、高価な触媒や昇温等が不要なため、今後のサステナブル社会に貢献する合成法として実用化したいと考えています。

このように、殺菌効果とともに、新たな合成法としても有益と考えていまして、食品・農業・衛生への殺菌消毒やスキン・エイジングケア等へのビジネスモデルの精査・構築を進めており、中期計画として2025年目途に事業化したいと考えています。因みに、共創先も検討中で、当該プラズマにご興味がある方は、ご連絡頂けると幸いです。

## プラズマによる カーボンニュートラルの実現を目指して

周知の通り、地球温暖化を2°C以下に抑えるべく、再生可能エネルギー・電動化等、カーボンニュートラルに向けた取り組みを各国挙げて推進しています。しかし、電気を蓄えることが難しいため、水素・アンモニア生成・CO2 から炭化水素への還元等、カーボンニュートラル実現に向けた化学合成の実用化研究が活発化していますが、収率・使用エネルギー等の面からも課題は山積しています。このような中、私たちは、プラズマを用いた化学反応でカーボンニュートラルに繋がる合成



Selected Tech Seeds for startup in Tongali 11-TOYODA, Hiroto

ができないかと考え、現在、新たなプラズマ装置開発を進めています。夢語りに聞こえるかもしれませんが、プラズマにより高い活性状態が形成されるため、新たな合成方法として是非産業応用したいと考えています。こちらは、長期テーマとなりますが、2025年までに実用化の目途付けを進めていきます。

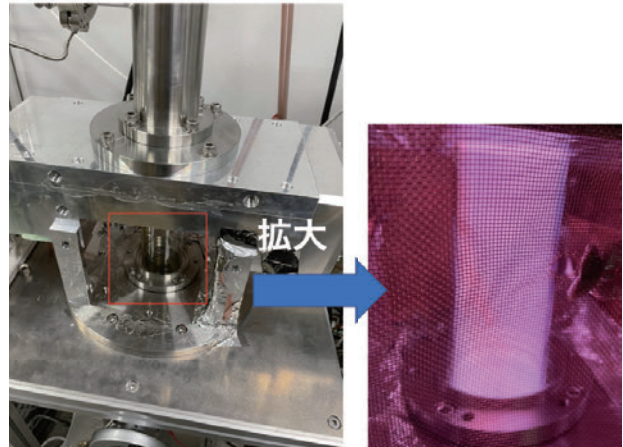


図4: カーボンニュートラル検討用プラズマ合成基本装置

### 名古屋大学大学院工学研究科電子工学専攻 教授

名古屋大学大学院工学研究科電気工学専攻博士後期課程修了。工学博士。名古屋大学助手、講師、助教授を経て、2007年から現職。プラズマ源開発とその産業応用に関する研究に従事。2020年度応用物理学会フェロー表彰。

【本件に関する参照情報】

・特許 6579587 「プラズマ処理装置」

・論文 1 H. Suzuki, H. Toyoda et al., "New line plasma source excited by 2.45 GHz microwave at atmospheric pressure", Appl. Phys. Express, 8, 036001 (2015)

・論文 2 M. Ito, H. Toyoda et al., "Enhancement of Liquid Treatment Efficiency by Microwave Plasma under Flow-Induced Reduced Pressure", Jpn. J. Appl. Phys., 56, 026201-1-6 (2017)

名古屋大学

豊田 浩孝

TOYODA, Hiroto

電話 052-789-4698

メール toyoda@nuee.nagoya-u.ac.jp

WEB <https://www.nuee.nagoya-u.ac.jp/labs/toyodalab/>

## 集積回路のスマート化により、自己発電型 IoT タグを世界へ

### エネルギーを地産地消する電子機器をつくる

地球資源の枯渇問題への解決策、また近年世界中で大きく舵が切られたカーボンニュートラル達成への手段として、大規模集中で高効率な火力発電から、太陽光や風力発電など地域分散型の再生可能エネルギーへの移行が進められています。電子機器も、単独で消費電力を減らす「省エネ」に加えて、ネットワークにつながった Internet of Things (IoT) デバイスとして、分散型エネルギーを有効利用する「エネルギーの地産地消」ができるのではないかと考えています。送電や給電・充電には必ず損失が発生します。IoT デバイス単位での損失は小さくても、何千、何万と重なればその損失は大きなものとなり、貴重なエネルギーを無駄にすることになります。そこで、私たちが空腹を感じたら食糧を摂取してエネルギーを得るように、IoT デバイスが各個体の置かれている環境をセンサで把握し、自立的にエネルギーを太陽光発電して動作する、そんな電力自立分散型の IoT デバイスを作りたいと考えています (JST さきがけ「環境適応エネルギー・データ統合管理 IoT 基盤」)。私の専門は半導体集積回路システムで、用途に合わせて必要な機能だけを組み合わせ、極低消費電力チップを設計することが得意です。この強みを活かし、室内程度の光 (環境光) で自立的に発電する RFID (Radio Frequency Identification ; 無線通信による自動認識技術) やセンサの設計をしています。将来的には、すべての IoT デバイスが電力自立化し、給電・充電というタスクがなくなると良いですね。

### 自活する超小型RFID

交通カードや商品管理用タグとして用いられ、個別識別に用

いられる RFID には、アクティブ型とパッシブ型の 2 種類があります。アクティブ型は電池を搭載していることで自ら電波を発信することができ、数 10m の距離で通信可能ですが、電池が切れると使えなくなり、また、電池がある分、小型化に限界があるといわれています。一方のパッシブ型は電池非搭載である程度小型化可能ですが、通信距離が数 cm 程度と短く、通信時の電波を利用して電力を得るため、エネルギー損失が発生します。近年、半導体製造技術の向上により、砂粒ほどの小さな太陽光発電素子を集積回路上に搭載することが可能になってきました。そこで、パッシブ型に自ら発電する機能をつけられ、通信距離と小型化を両立した上で「自活する RFID」が作れるのではないかと考えたのです。現在、1 平方 mm 以下のサイズでは世界最小電力での無線送信回路の開発に成功しており (JST さきがけ「データ実証型医療に向けた非侵襲・高時間分解能生体ビッグデータ収集のための発電センシング一体型集積センサの実現」)、この回路を販売することを考えています。

### 養殖産業から健康支援、医療まで

自活する RFID の用途は多様です。たとえば、陸上養殖として成功しているサーモン業界において、顔認証に代わる個体識別技術になりうる可能性があると考えています。自活する RFID タグをサーモンに取り付け、定期的に水温等の環境情報を無線送信することで、定期サンプリングよりもコストを下げることができるようになるかもしれません。現在は、移動速度がサーモンよりも遅く試験が容易な養殖現場で検証を進めようとしていますが、他にも新しい技術の導入に取り組んでみたい、一緒にやってみたい、と思われる方がいらっしゃったら、是非お声がけいただきたいです。養殖業界に限らず、生体情



図1: 電力自立継続血糖値モニタリングシステム



図2: 口腔内ヘルスマニタリングへの適応イメージ写真

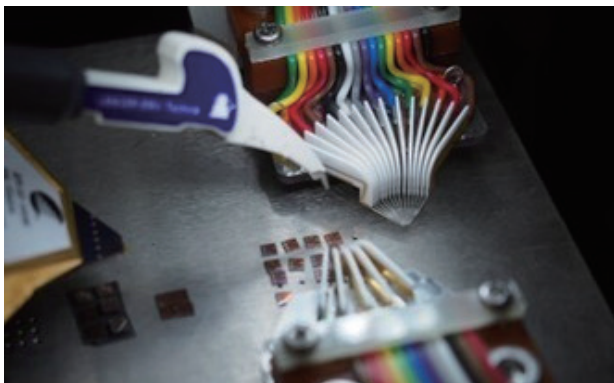


図 3: 半導体集積回路の評価時の様子

報や周辺環境を記録するバイオリングの基盤技術として展開していければと考えています。

## 血糖値モニタリング支援 スマートコンタクトレンズ

自活する RFID のもう一つの展開として、血糖値モニタリング支援スマートコンタクトレンズの開発を考えています。ウェアラブルデバイスのひとつであるスマートコンタクトレンズは将来的に 1 兆円を超える世界市場規模が予想されており、大きくは VR (Virtual Reality ; 仮想現実) や AR (Augmented Reality ; 拡張現実) 向けのディスプレイ用途と、健康管理用向けのセンシング用途とに分かれます。私が目指しているのは後者で、例えば糖尿病の方が血糖値モニタリングのために指先牙突や微小針穿刺かつテープによる貼付、埋め込みをしなくてもよい点で、QOL は格段に上がります。涙液糖を利用して糖発電し、その発電量によって発信頻度も変える (低血糖なら低無線発信頻度、高血糖なら高頻度) というシステムを 2018 年度に発表しましたが、現在はさらに実用性を高めるために、環境光発電による電力自立化機能やデータ蓄積機能、アラート機能を有したものを(株)メニコンと開発しています (NEDO 未踏チャレンジ 2050 「涙液糖発電センサとパッシブ通信による



自立血糖モニタコンタクト)。機能を絞ってうまく設計することで、涙糖液や環境光レベルの微量のサンプルからの発電量でも十分に機能するデバイスが作れるのです。

## 半導体集積回路の 新たな価値創造企業として

高集積化・高機能化が集積回路の大きなトレンドですが、その競争の中で生み出された要素技術を、単にダウングレードするのではなく、用途に合わせてスマートに組み合わせた機能特化型の超小型低消費電力集積回路設計を事業の柱に据えて 2022 年度の起業を目指しています。バイオリングなど RFID タグとしての用途開発で製品化のノウハウを蓄積しながら、健康支援スマートコンタクトレンズ、さらには医療用スマートコンタクトレンズ開発企業として成長し、集積回路の新たな価値を提供していきたいです。(株)メニコンは、ディスプレイ用途スマートコンタクトレンズのトップランナーである Mojo Vision 社とも協働していますので、お互いが良い影響を与え合える関係になればと期待しているところです。

### 名古屋大学大学院工学研究科電子工学専攻 准教授

慶應義塾大学大学院理工学研究科総合デザイン工学専攻後期博士課程修了。博士 (工学)。群馬大学大学院工学研究科助教、名古屋大学大学院工学研究科講師を経て 2018 年から現職。2015-2019 年ならびに 2020 年から JST さきがけ研究者を兼任。2017 年文部科学大臣表彰若手科学者賞受賞。高エネルギー効率半導体集積回路技術とそのバイオ・医療、IoT、Beyond 5G/6G への応用に関する研究に従事。

【本件に関する参照情報】

・新津 葵一、「送信回路、生体分子検出装置、検出データ収集方法、検出データ収集システム」、特許第 6687938 号  
 ・K. Niitsu, T. Nakanishi, S. Murakami, M. Matsunaga, A. Kobayashi, N. M. Karim, J. Ito, N. Ozawa, T. Hase, H. Tanaka, M. Sato, H. Kondo, K. Ishikawa, H. Odaka, Y. Hasegawa, M. Hori, and K. Nakazato, "A 65-nm CMOS Fully Integrated Analysis Platform Using an On-Chip Vector Network Analyzer and a Transmission-Line-Based Detection Window for Analyzing Circulating Tumor Cell and Exosome", IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems (TBioCAS), vol. 13, no. 2 pp.470-479, Apr. 2019.

・K. Niitsu, Y. Shimazaki, Y. Sugimori, Y. Kohama, K. Kasuga, I. Nonomura, M. Saen, S. Komatsu, K. Osada, N. Irie, T. Hattori, A. Hasegawa, and T. Kuroda, "An Inductive-Coupling Link for 3D Integration of a 90nm CMOS Processor and a 65nm CMOS SRAM", in Proc. IEEE International Solid-State Circuits Conference (ISSCC 2009), Feb. 2009, pp.480-481.

名古屋大学  
新津 葵一  
NIITSU, Kiichi

電話 052-789-2794 メール niitsu@nuee.nagoya-u.ac.jp  
 WEB <http://id-lab.jp/> <https://www.niitsulab.info/>

## 道路網のヘルスチェックを自動化 — ICT と AI で路面定期調査を安く簡単に —

### 道路の路面状態の定期調査コストを 100分の1にする技術

私の研究チームでは、道路の路面状態の定期調査を低コストで簡単に実施する技術の事業化を検討しています。従来、日本で行う道路の路面状態の定期調査は、1台数千万円から数億円の高額な機材を使った数年に1度の精密検査に加え、専門技術職員による毎週の道路パトロールで行っています。道路網の重要な「ヘルスチェック」に高額な費用と手間がかかるため、低予算と人手不足が深刻な地方自治体にとっては大きな課題です。実は、途上国でも同様の課題があり、道路整備不足により流通網が発達せず、産業への影響が出ています。

そこで、私の研究チームでは、ドライブレコーダーやスマートフォンなどの比較的安価な機器を使い、一般車両や一般ドライバーによるパトロール実施で定期調査ができる技術を開発しました(図1)。数億円を要した調査費用を数百万~数千万円に削減できます。低コストで確実な定期調査ができるため、低予算の地方自治体や途上国でも導入可能です。本事業の展開で、国内インフラの維持のみならず、発展途上国の発展へ大きな貢献も期待できます。

### ドライブレコーダーとスマホ、 一般車両の活用で低コスト化 さらに最適補修計画提案も

私たちが開発した技術では、まず、ドライブレコーダーとスマートフォンを一般車両に乗せて道路のデータを収集し、最先端の深層学習技術を使用して路面状況を解析します。解析結果はデータベースに集約し、現場の携帯端末上に表示します。専門機器や機材の購入は必要ありません。また、安価に頻繁に調査をすることで、劣化曲線の推定が可能となり、最適補修計画の提案まで行うことができます。

技術提供では、地形や土壌は地域差があるため、まずは多種多様な道路検査項目について現場の専門家と綿密に確認を行います。次に、大学ならではの最先端の深層学習の独自技術を駆使して、データ解析と情報サービスを提供します。ここでのポイントは、現場での計測自体は現地顧客に任せることです。私たちは解析と情報サービスのみを提供するため、一度システムを開発すれば低予算での事業展開が可能です。



図1: システム概要



左から深井英和、Fernao Antonio Lopes

## マーケットは国内外: まずは東ティモールと岐阜県

今回の事業では、まずは途上国である東ティモールと、国内では岐阜県での導入の検討を進めています。東ティモールが対象となった背景は、独立行政法人国際協力機構（JICA）の東ティモール国立大学工学部支援プロジェクトに岐阜大学が参画したことによるものです。これまで、研究・教育の一貫として、ICTと最先端の深層学習を用いた安価なクラウド型路面性状モニタリング統合システムの開発を進めてきました。ここで、システムの実用化の目処が立ってきたため、今回の事業化を検討しました。私はこの JICA プロジェクトの専門家として、5年前から東ティモールに年3〜4回渡航しています。最初は関係者に誘われて参加したプロジェクトでしたが、自分の専門知識・経験・研究成果を途上国支援に活かせることに、大きな魅力を感じています。

東ティモールの道路事情はよくありません。医療や教育へのアクセスも大きな課題であり、現在、東ティモールでは年間数百億円をインフラ整備に費やしている状況です。アジア開発銀行によると、アジアでの2016年〜2030年のインフラ整備需要は3,000兆円ですので、巨大な市場ニーズが期待できます。

一方、日本国内の各自治体でもインフラ劣化は大きな課題になっています。岐阜県では、専門機器を使用した調査を5年に一度、6億円をかけて実施していますが、私たちはこれを数千万円で請け負う予定です。国土交通省によると、インフラ維持管理予算は毎年約6兆円ですので、国内市場ニーズにも期待できます。

## ビジネスモデル:解析と情報サービスのみの 提供で徹底した低予算化を実現

初年度は東ティモールと岐阜県の調査を中心に数百万円〜数千万円の売上を見込みます。その後は、国外では東ティモールから他の途上国へ、国内では岐阜県から全国都道府県への展開を見据えて、5年後以降は数十億円の売上を見込んでいます。

ビジネスモデルとしては、徹底的な低予算が特長です。私たちは解析と情報サービスのみを提供するため、一度システムを開発すれば大きな利益が期待できます。事業で研究開発した技術は、順次知財化します。すでに特許を1件出願済みであり、他、数件出願準備中です。

競合他社にない強みとしては、東ティモール政府とのコネクションがあります。私は JICA 専門家として行政機関にアドバイスをする立場にあります。また、今回の事業化メンバーに、私の研究室に所属する Lopes 氏がいますが、システムとアプリ開発・保守などの統括責任者を務める彼は、東ティモールの現大統領夫人の弟です。ベンチャー企業はまずは日本法人を想定していますが、経営者候補は Lopes 氏であり、東ティモールでは現地の信頼や顧客ニーズに丁寧に応える事業展開を目指していきます。

岐阜大学  
深井 英和

FUKAI, Hidekazu

岐阜大学 工学部電気電子・情報工学科 助教 工学博士（大阪大学）

統計的手法や数理モデルを用いて、生物、生体、知覚に関連する情報処理の仕組みの解明や、その応用に関する研究を行っている。また近年は、途上国の発展における ICT と深層学習の応用に関する研究も行っている。

電話 058-293-2797 メール fukai@gifu-u.ac.jp

WEB <http://www.antrack.jp>

## 未来を紡ぐ新・炭素繊維でイノベーションを

— スポーツ・航空宇宙用品から汎用自動車まで 炭素繊維の可能性を広げる —

### 炭素繊維をつかった2つの新事業

持続可能な開発目標 (SDGs) が掲げられる中で、低環境負荷・省エネの観点から、炭素繊維強化プラスチック (CFRP) への期待は高まり続けています。自動車では車体部材や燃料電池自動車用の水素タンクの用途に、航空機では航空機の機体用途に、また、エネルギー分野では風力発電用のプロペラ用途に採用されるなど、軽量化と強度が求められる部材に、炭素繊維 (CF) が着々と広がっています。しかし、CF の製造コストが、鉄などの他の材料に比べて高額であることや、製造工程上の制約で様々な形状・太さの CF の製造が困難であることなどから、一層の需要拡大にはつながっていません。より安価で、より高機能な CF は、様々なプロダクトの省エネを実現することが可能ですので、政府が掲げるカーボンニュートラルの実現に大きな貢献ができる技術と考えています。

また、CFRP はその構造上多くの CF を利用する必要があるため、強化繊維を小添加量で抑えることができるカーボンナノチューブ (CNT) 強化高分子複合材料を安価で製造する技術を確立することで、ユーザーの選択肢を増やすことができると考えています。現状では、CNT の均一分散技術などの技術的課題や、CFRP よりもさらに高額な製造コストを抑える必要がありますが、我々のグループは、革新的な CNT 分散技術を開発し、

繊維、フィルム、バルク体への試作に成功しています。これらの技術を融合し、究極のライフサイクルアセスメント (LCA) を実現した次世代構造材料を実現したいと考えています。

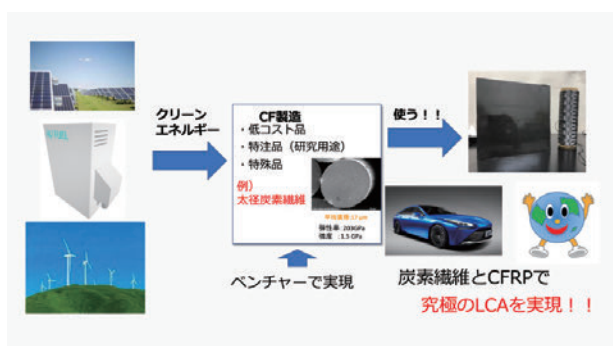
これらの技術をもとに、① CNT を利用した新開発ペレット「CNT 良分散ペレット」の複合材料を用いた製品の販売と②新炭素繊維製造 (CF 製造) による特殊炭素繊維の受注生産を行う会社を設立し、2030 年に上場することを目指しています。

### 新開発テニス・バドミントンガットと CNT良分散ペレットの応用可能性

私は研究の傍ら実業団テニス部にも所属した経験もあり、長年テニスプレイヤーとして活動してきました。テニスガットは、反発性や衝撃吸収性など、プレーの質に影響するものでありながら、近年大きな技術革新は無く、既存品を凌駕した性能を求めるニーズが潜在的に存在することを自身の経験から感じてきました。そこで、研究成果として得られていた CNT 良分散ペレットの実用化第 1 号として、テニス用ガットを新規開発に着手することとしました。

テニスガットには硬めのポリエステル製、柔らかめのナイロン製の 2 種がありますが、新開発の CNT 良分散ペレット製のガットはこの中間の硬さとなります。プロテニスプレイヤーをはじめ、知人・友人を通じて多くの人に試打をお願いしたところ、様々な指標において非常に良いとの評価をいただきました。新開発ペレットはスポーツ用品に進化を起こせると業界からの期待の声もいただいています。

ところで、CNT 良分散ペレットは、CNT を高分子素材に均一に混ぜたもの (良分散) であり、この均一に混ぜる技術が、我々のコアコンピタンスとなります。CNT は非常に優れた力学物性 (強さ、電磁波遮蔽性) を持っていますが、良分散させると





左から舟橋駿輝、入澤寿平

性能を最大限に発揮することが可能となります。例えば、パソコンのプラスチック部分などに使うと軽くて丈夫な製品を作れますし、フィルム状に薄く加工し外壁に貼ることで余計な電磁波を防ぐことができます。まだ開発中ですが、必要な帯域の電磁波は通しつつ、不要な電磁波は遮蔽することもできると考えており、例えばドローンの誤作動防止などにそれが役立つものと期待しています。

## 星形の断面にもできる！ 今までの常識を覆す炭素繊維製造

強く軽いCFは、製造工程の制約などにより作れる太さや形状に限界がありました。CFの製造工程に、高分子素材に約1000~2000度の熱を加えて炭素以外の元素を切り離す「炭素化」という処理がありますが、急に高温環境にさらすと素材が溶けてしまうので、炭素化の前に約300度の温度で60分ほどゆっくり熱する「耐炎化」という処理を行う必要があります。直径が太いと内部まで酸素が届かず素材を溶かさずに炭素化させることができる反応が進まないため、太い形状のCFの製造は非常に困難でした。また、この耐炎化処理工程自体が炭素繊維の製造コストを上げる大きな要因になります。

一方、私たちが炭素繊維前駆体として想定する高分子素材PBBとPBIは、耐炎化状態の分子構造をしているため固相のまま炭素化できます。このため、太い形状のものだけでなく、星形の形状など様々な断面形状の特殊炭素繊維を作ることが容易となります。特殊な炭素繊維を小ロットから受注生産することができますので、炭素繊維事業に参入しようとする企業の研究・試作用や、ユニークな形状を付加価値として捉えていただける高級自動車ブランドやスポーツ用品企業に大いに活用

してもらいたいと考えています。

また、今のCF製造コストは1kgあたり3,000~10,000円ですが、PBBとPBIの知見を活かして原料の改良が進めば1,000円程度に抑えることが期待されます。また、太さも今は5~7ミクロン、最近では9ミクロンの製品が出て話題になりましたが、この方法だと20ミクロンを超える炭素繊維を作ることができます。太い炭素繊維は生産性も耐荷重も大幅に上がりますし、CFRPを作るときに樹脂と混ぜやすくなるメリットがあります。

## さらにもっと強くをモットーに。 環境にやさしい最先端素材で実現する価値創造

実は企業理念をすでに考えています。

●先端繊維素材材料開発とその創出を通じて、新しい価値観の実現と人類の幸福に貢献する

●先端繊維素材の開発によって持続可能な社会に貢献する

CF製造にはグリーンエネルギーを使いたいと思っています。例えば、メタン直接分解法によって製造された水素をエネルギー源としてCF製造をすることを想定した場合、水素と同時に低コストで大量にCNTを併産することができます。このCNTも複合材料に活用することによって、CO<sub>2</sub>排出削減を実現するという「究極のライフサイクルアセスメント」を事業の最も大きなコンセプトに置いています。

環境にやさしい新素材でイノベーションを起こしたい。共に事業を推進してくれる方、私たちのCNT良分散ペレットと炭素繊維を使ってください的企业の方をお待ちしています。

### 東海国立大学機構 名古屋大学 大学院工学研究科 化学システム工学専攻 助教

岐阜大学コンポジットセンター 兼務

東京工業大学 理工学研究科 有機・高分子物質専攻博士課程修了。博士(工学)。

東京工業大学理工学研究科産官学連携研究員、産業技術総合研究所第一号特別研究員、名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻助教、同大学院材料デザイン工学専攻助教を経て、2020年より現職。研究テーマは、ナノテク・材料、複合材料、界面、CFRP、炭素繊維など。

本件に関する参照情報：

1. T.Irisawa,D.Shimamoto,I\_Takeshisge,G.Doi,Y.Tanabe,Y.Hotta, The Effects of pulverization treatment for the Mechanical Properties of Polyamide 6, Materials Science & Engineering B, 254, 114514 (2020)
2. 特開 2019-011521 「繊維の製造方法、モノフィラメント、及びマルチフィラメント」  
入澤寿平, 田邊靖博, 武重一成, 土井玄太, 島本太介, 堀田裕司,
3. 特許第 6128610 号 「炭素繊維前駆体繊維, 炭素繊維及び炭素繊維の製造方法」  
入澤寿平, 羽鳥浩章, 曾根田靖, 児玉昌也,

電話 090-9003-3908 メール hira.irisawa@gmail.com

WEB <https://researchmap.jp/7000016505>

名古屋大学

入澤 寿平

IRISAWA, Toshihira

# 世の中を変える“温めると縮む”新素材

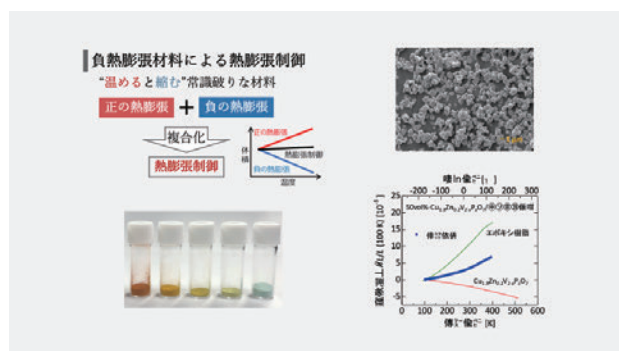
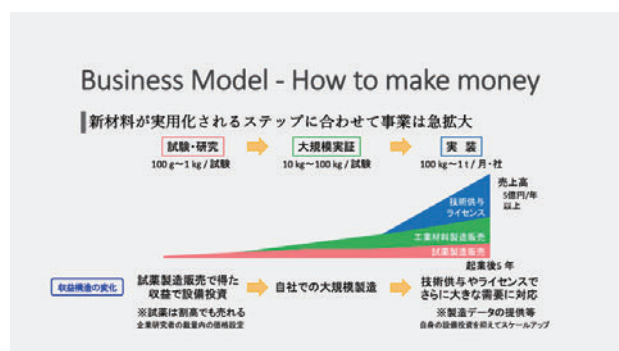
## 高度化する精密機器を救う “温めると縮む”セラミック微粒子

温めると膨らむ「熱膨張」は、固体を構成する原子の熱振動に由来する、物質・材料の普遍的性質です。ガラスのグラスに熱湯を勢いよく注ぐと割れる例の他、鉄道のレールのつなぎ目にわざわざ隙間を入れてあることなど、日常生活でもなじみ深いものです。この熱膨張は、一般的感覚からすれば激しい変化とは言えませんが、高度に発達した現代の産業技術では致命的なほどの悪影響をもたらし、今やあらゆる分野でその制御は不可欠とされています。とりわけ、微細化が極限まで発達しつつある電子デバイスを中心に、近年ではマイクロメートル（百万分の1メートル）レベルの狭い領域の熱膨張制御が強く求められています。この問題に対して、現状では膨張率の低いシリカ（SiO<sub>2</sub>）の微粒子を部材に添加して膨張率を下げることで対応していますが、小さいとはいえ熱膨張することには変わりないため限界があります。部材の熱膨張が制御しきれないために、例えば、高度空調により温度を厳格に管理した環境下に機器を設置する、発熱を抑えるためにやむを得ず出力を下げる、といった様々な苦肉の対応を強いられています。

こうした課題を解決するため、私は、“温めると縮む”いわゆる「負熱膨張材料」に着目し、セラミック微粒子材料「次世代バナジン酸リン酸塩酸」を開発しました（2020年特許出願）。マイナスの熱膨張を持つこの材料を添加することで、シリカをはじめとした従来材料では得られない、強力な熱膨張抑制を実現できます。この画期的な新材料は、世の中を変える力がある—そう確信し、自身で起業します。

## 3ステップで“温めると縮む” 材料の普及を目指す

新負熱膨張材料「次世代バナジン酸リン酸塩酸」は、先に商業販売したCG-NiTE®より、1) 高コストのバナジウムを減らし、リンに置き換えることでコストを下げる、2) 絶縁性を高める、3) 誘電率を低減する、4) 粒をさらに小さくする、という改良を加えました。また、この材料は溶液から出発し、粉碎





を伴わない「スプレードライ法」により微粒子を合成できます。スプレードライ法とは、液体を熱気流中にスプレーし、瞬時に溶媒部分を蒸発させて、化学反応を起こさせることで、微粒子を得る方法です。よく似た工程は、インスタントコーヒーなどの粉末状食品の製造に一般的に用いられています。固体を粉碎させるよりも、形や大きさが均一で、性能がよい微粒子を得ることができます。また、スプレードライ法の粉末製造設備は大規模スケールを必要としないので、初期投資を抑えて製造を開始することができ、スタートアップ企業向きといえます。

新材料が実用化されるには、一般的には 1) 研究室での試験・研究、2) 製造現場での大規模実証、3) 社会実装、の 3 ステップを踏みます。私たちの事業も、このステップに合わせて拡大します。まずは、初期投資が少なく済む、試験・研究用「次世代バナジウム酸リン酸塩酸」試薬の製造販売で収益を得つつ、得た利益を設備投資して、次のステップである大規模実証に伝えられる規模の製造販売 (10kg レベル) へスケールアップします。この時点で、大企業とのアライアンスに耐えうる性能や技術を確認していることを想定しています。その後、起業 5 年をめぐり、第 3 ステップとして、他企業への技術供与やライセンスによって生産能力を拡充し、社会実装に求められる規模 (1t レベル) の供給を実現します。

熱膨張の問題は、国や地域、文化によらず、共通のものであり、しかも時が経ち、技術が進歩すればするほど、ますます深刻化します。この材料、そして私たちの事業には、決して先細りすることのない巨大な市場が世界中に広がっています。例えば、電子デバイスで熱膨張制御が強く求められているパワー半導体構成部品という、ごく限られた分野に限っても、その世界市場は、10 年後に約 2 倍の 4,700 億円程度になると予測されています。この限定された市場のみで、5 年後に 5 億円の売上を見込みます。3 次元集積回路、プリント基板、半導体封止材料など、電子デバイス用部品全体の市場は、数兆円を大きく超え、ますます広がってゆくでしょう。その他、5G などの次世代通信、液体水素など次世代エネルギー・脱炭素技術といった先端技術も、熱膨張制御なしには成り立ちません。潜在的な市場規模は、大きすぎて数字にはできないほどです。



## 新材料の普及で効率的で環境にやさしい社会を目指す

この新材料は、生まれたての赤ん坊のようなものです。潜在的な能力については自信があります。しかし、かつてない材料であるがゆえに、その使い途については、これから手探りで見出してゆく必要があります。この材料の潜在性に期待していただける企業の皆様とともに、知恵を絞ってゆきたいと思えます。そのためにはまず、納得のゆく品質、納得のゆく価格で、この材料を提供することが必要です。そのための経営努力は惜しまず、低コストかつ高品質を目指します。

起業当初は小さくてもいい。小さく産んで、大きく育てます。私とともに、この新素材のポテンシャルに賭けて、熱意を持って一緒に育てていただける方の参加と投資を待望しています。また、法務の知識が契約や大企業との交渉には必要になるため、そうした人材も求めています。この材料により、もう熱膨張に悩まされることのない世の中になります。大きなイノベーションとして、歴史に刻まれるはずで。

### 名古屋大学大学院工学研究科応用物理学専攻教授

1996 年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了 (物理工学専攻)。博士 (工学)。名古屋大学大学院理学研究科助手 (物質理学専攻)、理化学研究所研究員を経て、2007 年名古屋大学大学院工学研究科准教授 (結晶材料工学専攻)、2013 年同教授 (マテリアル理工学専攻)、2017 年より現職。一連の負熱膨張材料開発の功績により 2018 年第 16 回学術貢献賞 (日本金属学会) ならびに 2021 年第 39 回技術進歩賞 (粉体粉末冶金協会) 受賞。

[1] K. Takenaka, Y. Okamoto, T. Shinoda, N. Katayama, and Y. Sakai, "Colossal negative thermal expansion in reduced layered ruthenate", Nature Communications 8 (2017) 14102 (7 pages).

[2] K. Takenaka, M. Sato, M. Mitamura, Y. Yokoyama, N. Katayama, and Y. Okamoto, "Spray-dry synthesis of  $\beta$ -Cu<sub>1.8</sub>Zn<sub>0.2</sub>V<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ceramic fine particles showing giant negative thermal expansion", Journal of the American Ceramic Society 103 (2020) 2757-2763.

[3] 竹中康司, 負熱膨張性微粒子による電子デバイスのサーマル・マネジメント, 粉体および粉末冶金 67 (2020) 499-504.

名古屋大学

竹中 康司

TAKENAKA, Koshi

電話 052-789-4466

メール takenaka@nuap.nagoya-u.ac.jp

WEB <http://mag.nuap.nagoya-u.ac.jp/HP.html>

## 超高感度SERS基板で、医療・薬学に貢献

### 超高感度微量分析基板で、 ラマン分析の用途を拡大

溶液中に含まれる重量濃度 100 万分の 1 = ppm 以下の微量物質を検出し、その量を正確に決定することは、化学・生物・材料科学に加え、医薬・環境の分野でも極めて重要な基礎技術です。研究現場では、微量物質の影響を測ることで新たな知見が得られるでしょう。より私たちの生活に近いところでは、現在の分析技術ではわかっていないような、極々微量の物質が、生態系や健康に影響していることが明らかになる可能性もゼロではありません。いずれにしても、微量物質を検出できることが、様々な現象の理解につながっているのです。

微量物質の検出方法は、その目的に合わせて多種存在していますが、このうちのひとつに「ラマン分光法」というものがあります。さらにこのラマン分光法の感度を高めるため、通常の基板に特殊な加工を施した SERS (Surface-Enhanced Raman Spectroscopy: 表面増強ラマン分光) 基板というものが市販されています。私たちはこの市販されている SERS 基板に対し、感度を 14 倍まで高めた超高感度 SERS 基板を開発しました。基板側の加工で感度が高まる分、その基板上に乗せた物質を分析する装置側の性能を落として、小型化・低価格化することができます。医療機関や検診などでの利用、対象物質の多様化、さらには食品、農業、環境モニタリング、バイオテロ防衛など、ラマン分光法の新しい利活用を進めることで、より安全安心な社会に貢献できるのではないかと期待しています。

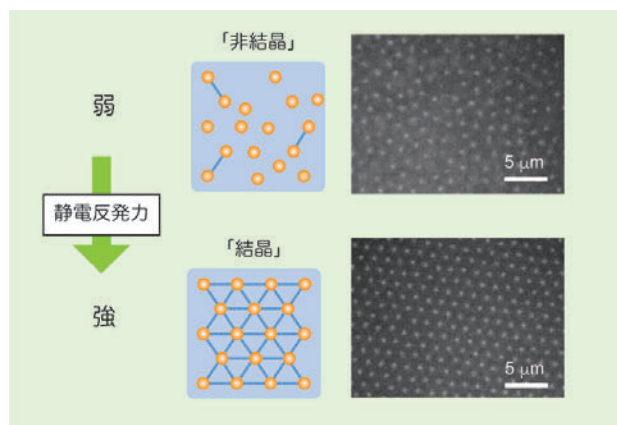


図1: 荷電コロイド結晶の模式図と光学顕微鏡

### 14倍の感度の秘密

私たちは「コロイド」を専門としています。牛乳やマヨネーズなどが身近な例ですが、ある物質が固体や液体中に分散している状態をコロイドと言います。電荷をもった金属微粒子を水中に分散させると、静電反発力により規則正しく並んだ「コロイド結晶」を作製することができます。このコロイド結晶の1層分のみを基板に電氣的に吸着させることで、超高感度

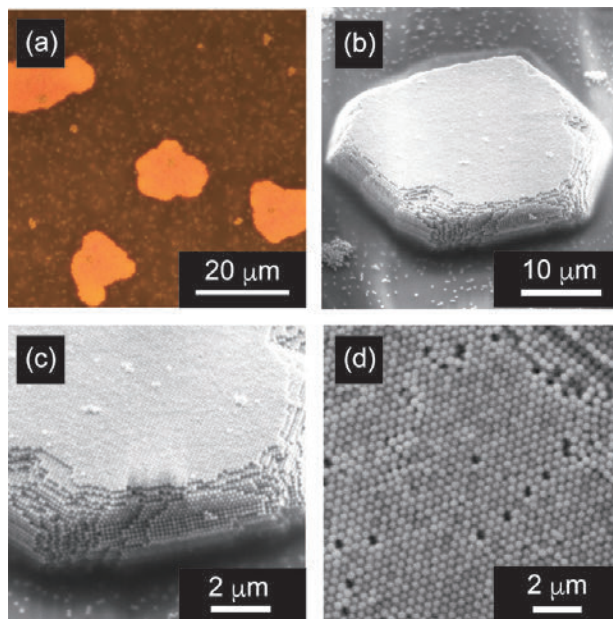


図2: 金コロイド結晶の外観

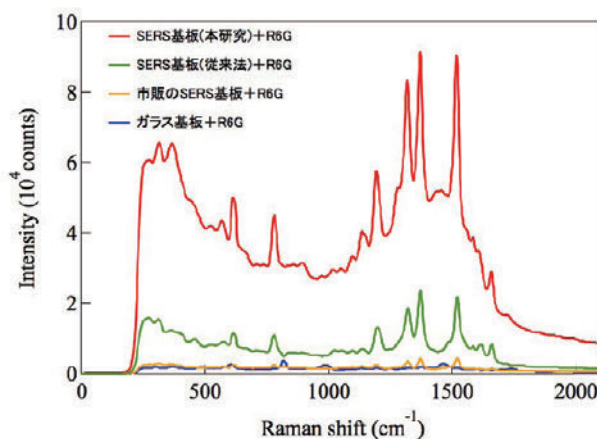
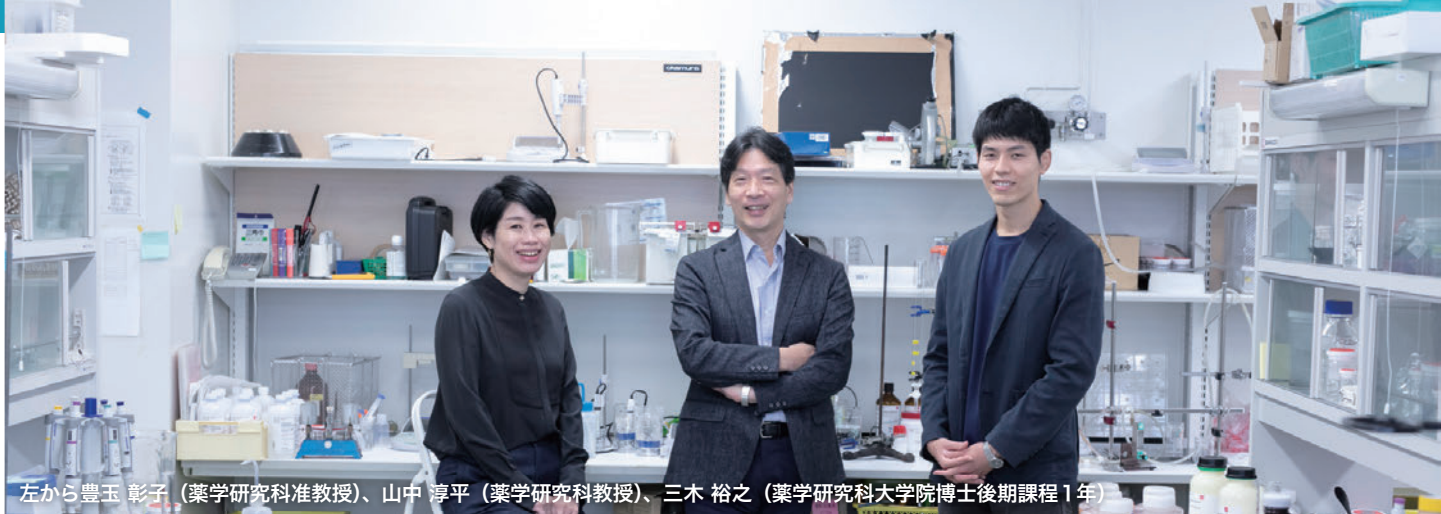


図3: 金コロイド結晶による蛍光色素ローダミン6G (R6G) のラマンスペクトル



左から豊玉 彰子（薬学研究科准教授）、山中 淳平（薬学研究科教授）、三木 裕之（薬学研究科大学院博士後期課程1年）

SERS 基板はできています。市販品の SERS 基板はリソグラフィや金の蒸着などで作製されており、金粒子の大きさや凹凸の高さが不均一で、表面の規則性が充分ではありません。一方、私たちの方法で作製した基板表面は、分子の自己組織能力を利用した方法であり、非常に規則正しいものとなっています。そのため、その感度も従来品の 14 倍という数値を得られているのだと考えています。また、コロイド結晶を基板に吸着させるだけという、非常に簡単な手法のため、量産に向けており、コストも抑えることができます。

## 医療・薬学分野に貢献したい

私は工学系の出身ですが、医療や薬学に貢献したいと願っています。金コロイド、という遠い存在のように感じる方が多いかもしれませんが、妊娠検査やインフルエンザ検査には金コロイドが標識として使われています。金は塊のときには金色をしています、微粒子のときには赤紫色に見えます。陽性反応で現れる赤紫色の線は、金コロイドの色なのです。COVID-19 ウイルス (SARS-CoV-2) 感染診断補助薬としても、金コロイドを用いた製品が厚生労働省の承認を得ています。ですから、超高感度 SERS 基板も当面は研究での分析用途を想定していますが、最終的には、感染症などを「在宅でいつでも確認・把握できる」といった使われ方ができるレベルまで、小型化や低価格化を進めたいという気持ちで開発しています。自己確認のサポート手段として、また、スマホアプリと連動して病院にデータを送り、簡易診断してもらおうといったような、未来の在宅医療に貢献できる製品に育てられたらと、願っています。

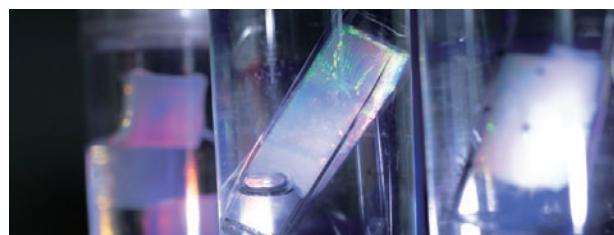
超高感度 SERS として十分な性能を発揮する基板の歩留まりは、まだまだ高くありません。とはいえ、クリーンルームすら利用していない環境下で開発してきましたので、改善の余

地は十分にあると考えています。今後、各工程を見直し、最適条件を見出すことで、歩留まりはもちろんのこと、性能もこれまでよりもさらに向上させたいと、ワクワクしているところです。また、金粒子以外にも様々な材料を扱えますので、組み合わせで付加機能をつけるなどの展開も考えています。医療診断以外にも、途上国で飲用水の確認を手軽に実施するなど、環境モニタリングなどへの展開もできるものと期待しています。これらの用途も含むバイオセンサー市場は現状でも 2 兆円程度の規模があり、今後も成長が期待される領域です。

## 将来展望を語り合える経営者候補、求む

3 年後の起業を目指しており、起業後当面は、ユーザー企業に製法をライセンスするところから始めたいと考えています。多くのユーザー候補企業にインタビューさせていただき、望まれる製品像を確認しながら、用途ごとのセンサーや分析装置の小型化等の共同開発を進めていければと考えています。

企業との共同研究はいくつも行ってきましたが、自分で起業してビジネスを、というのは初めての経験となります。私たちは起業後も研究開発を推進する必要があるため、経営を担っていただける方を探している最中です。実際にビジネスの最前線で活躍され、現在は一線を引かれているような方。技術も理解して、将来展望を語り合える方だと嬉しいです。



### 名古屋市立大学大学院薬学研究科 教授

京都大学大学院工学研究科高分子化学専攻博士後期課程修了。博士（工学）。福井大学工学部助手、名古屋市立大学大学院薬学研究科准教授等を経て 2009 年から現職。結晶成長学会評議員、日本化学会コロイドおよび界面化学部会幹事。研究テーマはコロイド・高分子系の構造形成および材料応用。

【本件に関する参照情報】

・中村浩、山中淳平監修、「コロイド結晶の形成とその応用」、シーエムシー出版（2020）

・Y. Aoyama et al., Langmuir 35, 9194 (2019)

・M.loka et al., J. Chem. Phys. 154, 234901 (2021)

名古屋市立大学

山中 淳平

YAMANAKA, Junpei

電話 052-836-3444 メール yamanaka@phar.nagoya-cu.ac.jp

WEB <http://www.phar.nagoya-cu.ac.jp/hp/ybk/bukka/index.html>

## 細菌・ウイルスを不活化する 安価×高出力×長寿命な深紫外線 LED

### 水銀ランプに代わるDUV-LED

新型コロナウイルス感染拡大などもあり、「紫外線殺菌」の認知度が向上し、需要が拡大しています。従来の紫外線（UV）ランプには、水銀が用いられてきましたが、水銀は健康被害や環境汚染を引き起こすことが知られています。2017年に発効し順次規制が進められている「水銀に関する水俣条約」に代表されるように、水銀を使用しない技術や代替品の開発が、世界的に望まれています。そこで、一般照明が電球や蛍光灯からLEDに置き換わってきているように、殺菌用途のUV光源も無水銀光源であるLEDで代替できないかと考えています。殺菌には波長265ナノメートルの深紫外線（Deep UV；DUV）が最も効果を発揮するとされています。DUV-LED自体はすでに製品化されていますが、その製造の難しさから、高価×低出力×短寿命であり、一般的な普及には至っていません。そこで私たちは一般への普及を目指して、安価×高出力×長

寿命なDUV-LEDを開発しています。空間的な殺菌のみならず、食品に照射することで腐敗を遅らせてフードロスを削減したり、途上国において水に照射して安全な飲み水を確保することで衛生環境の向上を図ったり、といった展開も想定しています。より波長を短くする技術も開発できれば、人に照射しても安全で、菌やウイルスだけを不活化できるような条件も見つけられるかもしれません。

### これまでの常識を覆す、安価な製造プロセス

DUV-LEDは窒化アルミニウム（AlN）を基板として、その上に発光のための材料層を有機金属気相成長法（metalorganic vapor phase epitaxy：MOVPE）で何層か積み上げた構造をしています。基板となるAlNの結晶欠陥が上層にも影響して発光性能に影響するため、欠陥が少ないAlN基板を用いる必要があります、その製膜コストが非常に高いという

	市販(既存)の265LED	廉価版の265LED	三重大学の独自技術
素子構造 模式図			
性能	○	× (結晶欠陥が多すぎる)	○
価格	× (AIN自立基板は高価)	△ (結晶成長工程が複雑)	○

図1：既存のDUV-LED、廉価版として開発されているDUV-LEDと本技術の比較

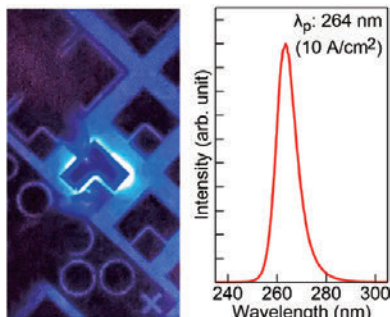


図2：発光写真、発光スペクトル

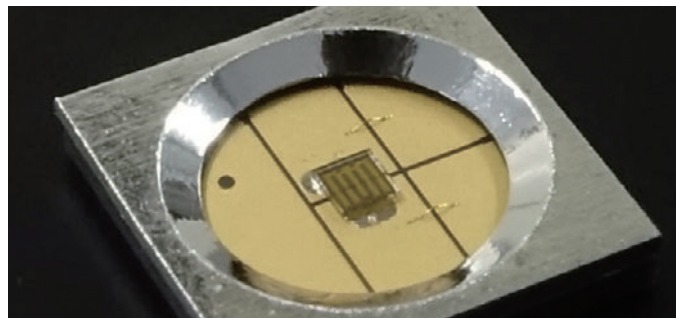


図3：パッケージに実装したDUV-LED

のが現状です。様々な改善策が考案されており、そのひとつに私が所属している三重大学・三宅秀人研究室で考案した「三宅方式」があります。三宅方式では、安価なサファイア基板の上に、これもまた安価なスパッタ法で AlN を製膜したのち、2枚の基板を向かい合わせにしてアニールすることによって、結晶欠陥を 1/10 から 1/100 に減らし、非常に高品質な AlN 結晶を製膜できます。2017 年度から実施してきた、文部科学省地域イノベーション・エコシステム形成プログラム「深紫外 LED で創生される産業連鎖プロジェクト」の成果として、このスパッタアニール法を高度化し、さらに、上層の製膜プロセスを確立させて、高出力に LED として発光させることに成功しました。嬉しい誤算ですが、スパッタアニール法による AlN 膜が高品質すぎて、既存の上層製膜プロセスではうまく成長しないという課題があり、これまでの常識ではありえないような手法も取り入れました。現在は、歩留まりと素子としての寿命向上という課題解決に取り組んでおり、安価 × 高出力 × 長寿命な DUV-LED 製造プロセスを確立させたいと考えています。

## モチベーションは、技術の社会実装

当面の顧客としては、水銀ランプを DUV-LED に置き換えたい、あるいは、より高付加価値の殺菌装置を製造したい殺菌ユニット・機器メーカーを想定しています。本技術特許をライセンスングして使っていただくか、私たち自ら製造した AlN 基板を提供してその上の製膜プロセスのカスタマイズを共同で進め、様々な用途への応用につなげていくかの、いずれかの展開を考えています。

三宅研究室に所属する前は、企業の研究所で窒化物半導体の研究開発に従事しており、基礎研究から量産ラインの立ち上げまで広く関わっていました。修士課程修了で入社した私は、元々技術を社会実装したいために企業に入ったものの、その実力をつけるためには、自身で設定した研究テーマを主体的に進めて論文としてまとめ上げる過程、経験が必要だと感じるようになり、三宅研究室の門をたたき、現在に至ります。日本の半導体産業はかつての勢いはありませんが、AlN や GaN といった窒化物半導体は、ノーベル賞を受賞した青色 LED をはじめ、日本発祥の優位性が残された領域です。国内の産業界、学界同士で争うのではなく、双方「腹を割って」共同研究を進め、競争力のある製品を世界に送り出したいと、強く願っています。



Selected Tech Seeds for startup in Tongali | 17-UESUGI, Kenjiro

## 窒化物半導体が秘めている可能性

DUV-LED が単価 5000 円オーダーの現在では特殊用途にしか適用できませんが、私たちの技術を用いて 1/10 の価格になれば、例えばエアコンに搭載することで、大幅なコスト増を抑えながら空間殺菌・滅菌の付加価値を多くの家庭に提供できるかもしれません。青色 LED も当初は 1000 円オーダーでしたが、普及が進んだ現在では、単価 1 ~ 2 円の世界です。半導体産業は初期投資が非常に高いものの、大量生産による低コスト化が進めば、一気に市場拡大、普及させられるメリットを有しており、特に窒化物半導体の技術開発でできることは、まだ多く残されていると考えています。既存の水銀ランプでは波長を変えることはできませんが、DUV-LED であれば上層の材料を変更することで、波長を変えることもできます。現在は殺菌目的で 265 ナノメートルに波長を合わせていますが、例えば、農産物をより色鮮やかにする波長や、魚介の産卵を誘発する波長、稲の生育を助ける波長など、多様なニーズに応えられる可能性を持っています。産業界側から、「こんな用途に使えないか」、「こんなことをしてみたいんだけど」といった声をお聞かせいただければ、解決に向けて一緒に、全力で取り組みたいと思っています。

三重大学  
上杉 謙次郎  
UESUGI, kenjiro

### 三重大学地域創生戦略企画室 助教

東京大学大学院新領域創成科学研究科物質系専攻修士課程修了後、(株)東芝研究開発センター入社。青色、白色 LED や GaN-HEMT の開発に従事。2018 年三重大学地域イノベーション推進機構地域戦略センター研究員等を経て、2019 年から現職。博士（学術）。

【本件に関する参照情報】

・H. Miyake, C. H. Lin, K. Tokoro, and K. Hiramatsu, "Preparation of high-quality AlN on sapphire by high-temperature face-to-face annealing", J. Cryst. Growth 456, 155 (2016).

・K. Uesugi and H. Miyake, "Fabrication of AlN template by high-temperature face-to-face annealing for deep UV LEDs", Jpn. J. Appl. Phys. 60, 120502 (2021).

・特許第 6238322 号

電話 059-231-6995 メール k.uesugi@opri.mie-u.ac.jp

WEB <https://www.opt.elec.mie-u.ac.jp/>

## 電力ゼロで PC を冷やす新発想の冷却装置 evapoLink — 熱を輸送する技術ループヒートパイプで脱炭素化社会に貢献 —

### 電子デバイス等の機器需要の 加速度的増加に対処するために

私たちの社会にすっかり浸透したパソコンやスマートフォンなどは、稼働時に多くの熱を放出する放熱デバイスです。これらを日常生活で支障なく使用するには、中枢部にある熱源のCPU (中央演算処理装置) を効率よく冷却することが必要です。発熱しないCPUの開発が究極の理想ですが、実現は難しく、そこで私たちはCPUにつなぐだけでスマートに冷却可能なデバイス「evapoLink」を開発しました。evapoLinkは、省スペースで取り付け簡単、超静音 (0db)、メンテナンスフリーで電気を一切使わずにCPUを冷却することが可能で、水冷式に代わる新タイプのCPU冷却装置として商品化し、販売を始めたいと考えています。

evapoLinkには、ループヒートパイプ (LHP) という“熱を輸送する”発想を持った省エネ技術を使用しています。科学技術振興機構 (JST) の低炭素社会センターの報告書 (2018年度) によると、国内のIT関連の消費電力は加速度的に増加し、2016年比で2030年に30倍、2050年には4,000倍にな

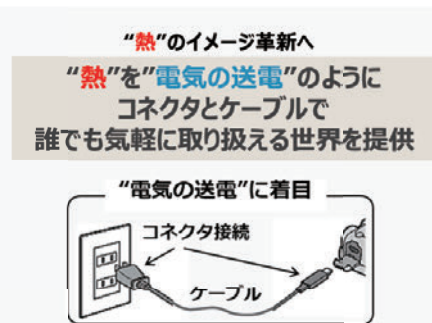
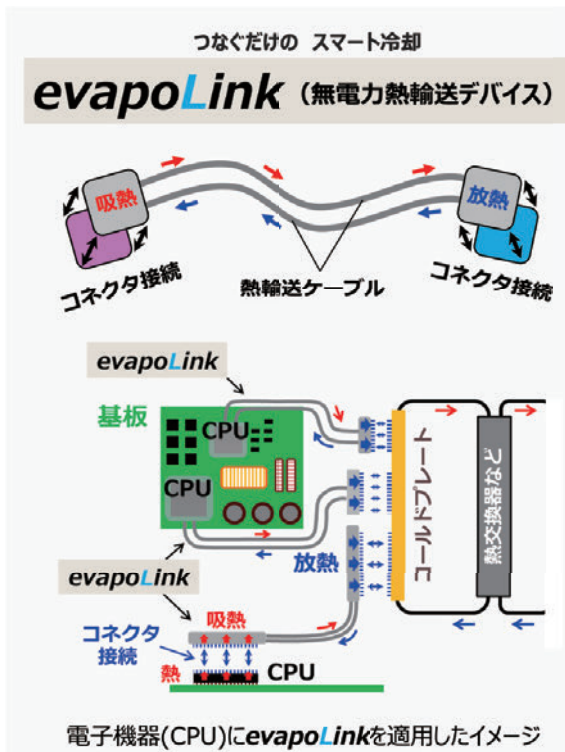
ると予測されています。電力消費の増加が放熱デバイスの増加に起因することは想像に難くありません。私たちは、省エネかつ容易に冷却可能なLHPを使った製品が、50年後には当たり前のように様々な機器に実装され、この技術が社会の省エネ促進に貢献することを期待しています。

### 企業との共同研究開発により 世界基準を更新

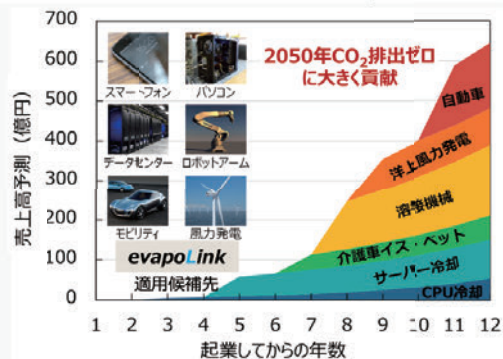
evapoLinkをはじめとするLHP技術は、液体の毛細管現象を応用して電力ゼロを実現しています。毛細管現象とは、例えばタオルの端を水に濡らすと、水がどんどんタオルの上部まで浸透していく現象を言います。液体にはごく細い管の中を重力に関係なく移動する力が働くという性質があり、これを毛細管力と呼びます。evapoLinkは、CPUから受け取った熱で液体を蒸発させ、蒸気 (気体) として放熱場所まで運びます。放熱後は冷却されて気体から液体に戻ったところを、ウィックと呼ばれる多孔体を通して毛細管力で移動させます。移動した液体は、また熱を受け取って蒸気となり、放熱場所まで運ば

Selected Tech Seeds for startup in Tongali

18-NAGANO, Hosei



### 地球上の様々な熱問題を evapoLink が解決



れるという循環型の装置となっています。私たちはこれまでに、大小合わせて40タイプ以上のLHP開発、15社以上との共同研究、18件の特許出願、8社のMTA契約（試料提供契約）を行った実績があります。

水冷式に代わるCPU冷却装置 evapoLinkの商品化を目指したのは、電力ゼロの熱輸送技術 LHP を生活の中に適用できないかと考えたことがきっかけです。CPU冷却装置には空冷式と水冷式があり、主に高性能パソコンに採用される水冷式は冷却機能が高い一方で、取り付けが困難、寿命が短い、液の交換等のメンテナンスが必要、音がうるさい等のデメリットがありますが、evapoLinkはこれらの課題を簡単に解決することができます。

LHPの活用には、様々な展開の可能性があります。これまで、企業との共同研究で世界最大の熱輸送量（排熱に対応できる熱量が10kW）をもつ車載用デバイスや、世界最薄（0.3mm）の情報通信機器用小型デバイスを開発してきました。私たちは、CPU冷却のevapoLinkの事業を皮切りに、次はサーバー、介護椅子・ベッド、溶接機器、洋上風力発電、自動車と徐々に適用範囲を広げて、半導体を使う様々な機器に対応する商品を世に送り出したいと考えています。



左から渡邊紀志、長野方星、藤田涼平

## エンジニア・マネジメント・ユーザー、3つの視点で商品化をスピードアップしたい

私たちは、企業との共同研究開発を進めていく中で、様々な課題解決を経験し、社会実装に大きな関心を持つようになりました。しかし、技術を製品に落とし込み、商品化して世に出すには、製造ノウハウ、量産化、マーケティングなどいくつかのハードルがあり、社会実装がなかなか進まないことを目の当たりにしました。そこで、ベンチャー企業の立上げを決意しましたが、エンジニアだけでは経営が難しいため、ビジネス経験者にメンバーに加わっていただきたいです。また、evapoLinkの次に商品化したいデバイスは複数の分野にまたがる製品となるので、機械工学の分野に限らず、IT分野や飲食業などのサービス分野の関係者の方にもお声がけしていきたいと考えています。

私たちの製品は、エネルギーの観点から社会貢献できるものと確信しています。最初はCPUやサーバーの冷却からはじめ、起業5年後には50億円規模の売上を目指します。その後、様々な応用先へとすそ野を広げ、起業10年後には10倍以上の売上高を目指したい考えです。省エネ技術LHPを活用した製品の商品化に関心を寄せていただける方をお待ちしております。

### 名古屋大学大学院工学研究科機械システム工学専攻 教授

2003年慶應義塾大学大学院博士課程修了。工学博士。宇宙航空研究開発機構（JAXA）研究員、NASA客員研究員で熱デバイス開発に従事を経て、現職。日本ヒートパイプ協会会長。近年は「熱」をキーワードに、宇宙だけではなくモバイル機器、自動車、住宅でのエネルギー有効利用の研究開発にも携わっている。

特許

・名称「熱交換器、蒸発体、および電子機器」、特許第6433848号、発明者「長野方星、福嶋一貴」、出願人「名古屋大学」

論文

・Aono, Y., Watanabe, N., Ueno, A., & Nagano, H. (2021). Development of a loop heat pipe with kW-class heat transport capability. Applied Thermal Engineering, 183, 116169.

・秋月祐樹, 小田切公秀, 渡邊紀志, 上野藍, & 長野方星. (2019). 電子機器への搭載を目指した高熱流束ループヒートパイプの研究. 日本伝熱学会論文集, 27(1), 25-33.

✉ [nagano@mech.nagoya-u.ac.jp](mailto:nagano@mech.nagoya-u.ac.jp)

WEB <https://www.eess.mech.nagoya-u.ac.jp/index.html>

名古屋大学

長野方星

NAGANO, Hosei

## 情報学×分光測定のエノベーション —データ精度を100倍にする組込みソフトウェア技術—

### 超解像技術と分光分析技術を組み合わせ、 高精度データ取得を低コストで実現

私たちの研究チームでは、既存の分光測定装置で高精度データを取得できる組込みソフトウェア技術を開発しました。この技術の事業化が進めば、半導体や医療機器などの製造工場の検査で使用されている分光測定装置を用いて、高精度なデータを低コストで取得可能になります。

そもそも分光分析とは、プリズムなどによる分光器を使い、波長ごとに各成分に光を分割して分析する方法です。分光器に光を入れて、デジタルカメラなどでも採用している CCD 方式（縮小光学方式）を使った検出器で光を検出します。しかし、この方法では、データ間隔が広くなってしまふ場合があり、測定精度が上がらないという課題がありました。

この課題に対し、私たちの研究チームは、情報学を用いて分光データ（スペクトル）の解像度が100倍向上する技術開発に成功しました。二次元画像データで解像度を上げる「超解像」という手法がありますが、この手法を一次元のスペクトルデータに応用し、測定精度を担保するアルゴリズムを構築したのです。私たちのソフトウェアを組み込めば、検出器の数を増やさずに、少しずつずらして取得したデータから、データ間隔が狭く、解像度の高い高性能なデータ取得が可能になります（図1）。

分光測定装置に関しては、①既存の高性能分光装置にこれまで以上の解像度がほしい、②低解像度・小型分光装置でも従来の高性能装置の解像度がほしい、というニーズがあります。私たちのソフトウェアは、両ニーズに一度に応えることができます。

### 成功の鍵は 「ユーザー視点」と「気の合う仲間」

研究メンバーである廣谷先生とは、もともと同じ研究センターで、廊下でよく立ち話をする仲でした。ただ、二人とも分光測定の専門家というわけではなく、ラマン分光測定で取得したデータを使う側の「ユーザー」でした。そのため、ユーザー視点として、「もっと正確なデータをとれないのか」と二人で課題意識を持っていました。そのような中、既に事業に成功してバイアウトまで実現していた私の中高時代の同級生である物部氏や、アルゴリズムに詳しいプログラマーの辻森氏との出会いが重なり、4人が意気投合して新技術開発に至りました。ユーザー視点で出発し、気の合う仲間のおかげで、今回の新技術開発が実現したのだと思います。

また、今回の新規事業は、名古屋大学未来材料・システム研究所の中の未来エレクトロニクス集積研究センター（CIRFE）、エネルギー変換エレクトロニクス実験施設（C-TEFs）、コラボレーションの場である「C-Amp」なくしては生まれませんでした。私の研究室があるエネルギー変換エレクトロニクス研究館（C-TECs）の建物は、建設時にセンター長の「インタラクションを通じてイノベーションが起こる場所にしたい」という強い思いのもと、私がユーザー研究者として建物の設計に携わりました。また、本センターのミッション・ステートメント「情熱を増幅させて伝える」は、若手研究者によるワーキング・グループで作りました。C-Amp（Collaboration Amplifier）と命名したスペースでは、日常的に研究者たちがコラボレーション活動を行っています。実際、私と廣谷先生もこのワーキングで出会い、今回の事業化検討に漕ぎつけています。

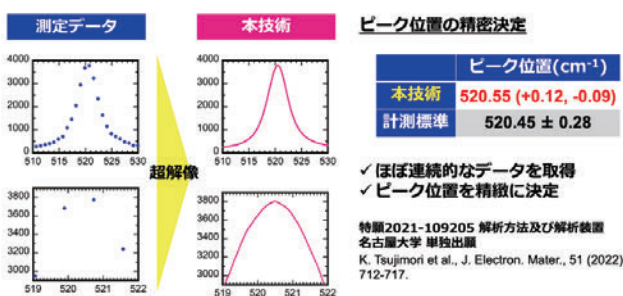
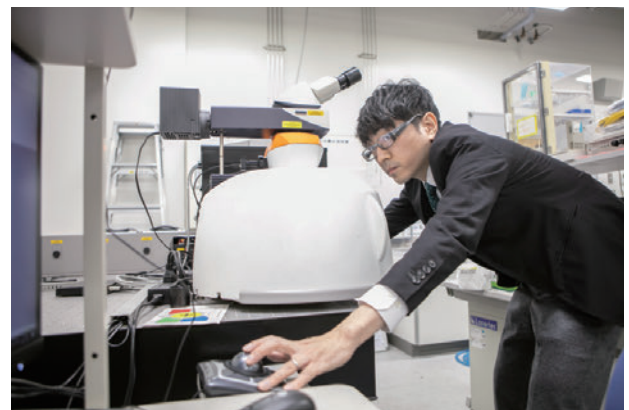


図1: ピーク位置・形状の精密測定の実証





### 3つの優先的分野で実証

ビジネスモデルとしては、既存の分光測定システムへ組み込むソフトウェアの開発委託費とライセンス料で収入を得ることを考えています。組み込みの前段階では、ユーザーからのソフトウェア開発の委託を受けて、超解像システムの有効性を実証することも検討しています。

最終的には、あらゆる分光分析装置に私たちの技術を組み込むことを目指していますが、まずは優位性の強い3つの分野として、①半導体のキャリア密度測定、②電子線分光、③簡易・小型の分光装置への組み込みを行い、実証を進めます。私たちの技術は、CCDやマルチチャンネルの検出器でデータを測定する分光分析において汎用性の高い技術のため、大きな社会的インパクトが期待できます。現在、名古屋大学からの単独特許出願をしています。

### 0.001%の間違いが「特性」を生むカッコよさ

私はマテリアルサイエンスの研究の中でも、結晶欠陥にこだわり研究を行っています。原子が規則正しく並ぶ結晶の中で、間違っただけの部分、つまり「欠陥」が結晶の性質を大きく左右します。たとえば、ガラスや半導体などは、原子が正しく規則的に並んだ結晶の集合体です。原子が99.999%綺麗に並んでいても、0.001%間違っただけで、すべてが台無しになったり、強度の高い材料になったりと、その材料の特性を決めてしまいます。それがアウトローでカッコいいのです。私もそのような存在でいたいので、自分のことを「欠陥人間」だといつも言っています。欠陥人間こそ、イノベーションを起こせるのかもしれない。

今後一緒にビジネスをしていく方々は、気が合うことが必須条件です。コロナ禍で人のインタラクションが減ってはいますが、行政の方々やものづくりを担う業界の方々と交流を深めて、新たなイノベーションを起こしたいと考えています。



左から原田俊太、廣谷潤



名古屋大学  
原田 俊太  
HARADA, Shunta

名古屋大学 未来材料・システム研究所 准教授 工学博士（京都大学）

結晶欠陥の研究を軸に、製造プロセスや材料計測への情報的手法の応用研究や、ピコスケールの構造制御（ピコテクノロジー）に立脚した、熱振動の干渉を利用したコヒーレント熱伝導制御、パワーデバイス劣化抑制の研究を行う。

特許出願 2021-109205, K. Tsujimori, J. Hirotsu, S. Harada, J. Electron. Mater. 51 (2022) 712-717.

電話 052-789-3249 メール shunta.harada@nagoya-u.jp

WEB <https://spectralsr.com/>

## 全レーザー使用者の安全を守る 次世代レーザー保護めがね

### 危険な状況に置かれているレーザー使用者の課題を解決するために開発を決意

私たちが開発しているのは、VR 技術を応用した「レーザー保護めがね（ゴーグル）」です。現在、大学研究室、医療機関、企業の加工現場などにおいて、様々な場面でレーザーが利用されています。その際、レーザーから目を保護するために、作業には保護めがね（ゴーグル）の着用が求められます。しかし、現在用いられている保護めがねは「レーザースポット（レーザーが当たっている場所）が見えなくなる」「赤色、緑色など、複数の波長に同時に対応できない」といった、作業性を阻害する欠点があります。そのため、作業中に作業者が保護めがねを外してしまうことが、実際には頻繁に行われています。また、研究室などにおいては通常、レーザー機器を利用する場合に、保護めがねの着用が安全規定において義務付けられています。しかし、複数のレーザーを同時に使用する場合などに明確な安全規定がありません。

これらの状況は、作業者の失明リスクを生じせしめるものであることはいまでもありません。実際、私たち自身も、研究室においてそのようなリスクを感じる場面がたびたびありました。そのため、現状の保護めがねの欠点を解消した、使い勝手のよい保護めがねを開発することは、世界中のレーザー利用者を失明リスクから守るという社会課題を達成するために重要なことだと私たちは考えました。

そのような背景から、従来の保護めがねとはまったく異なるアプローチでの開発を目指しているのが、本研究課題になります。

### VRを応用したヘッドマウントディスプレイにより、安全かつ効率的作業を実現

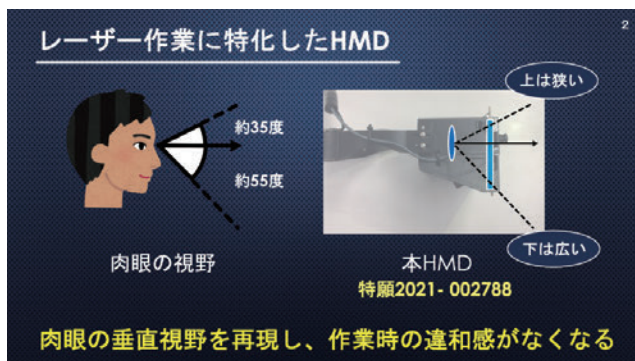
これまでの保護めがねには、次の2つの欠点がありました。

- ・レーザー波長をカットするために、レーザースポットが見えなくなる。
- ・複数の波長に同時に対応できず、波長を変えるごとにそれに合わせた保護めがねに付け替えなければならない。

これらを解決するために、私たちはVR技術を用い、頭部に装着するヘッドマウントディスプレイ（以下、HMDと略記）を通じて外界を視認しつつ、レーザーを遮断するというアプローチによるまったく新しい保護めがねを考案しました（図1）。

本製品においては、前面に装着された2つのカメラからの得られた信号が、HMDのディスプレイに没入型VR映像として表示されます。そのため、使用者の目に直接レーザーが照射されることはありません。また、波長ごとに保護めがねを付け替える必要もなくなります。その一方で、レーザースポットはディスプレイに表示され、これまでの保護めがねと異なり視認することができるようになります（図2）。

一方、VR技術による映像での作業は、裸眼でのそれと比べての違和感やいわゆる「VR酔い」と呼ばれる不快感をもたらすのではないかと、あるいは、これまでの保護めがねと比べてときの視野角の狭さや、大型、高重量となることにより作業性が低下するのではないかとといった、様々な懸念を解決しなければなりません。そこで、HMDの仕様において、特に「VR酔いを起こさない映像（解像度、レイテンシ）」、「下方視野角の改善」、「本体の軽量化」の実現を目指しています。





左から福嶋岳、青島慶人、犬飼大樹

まず、明瞭な映像のために、ディスプレイは 800ppi の解像度とします。またカメラへの信号入力から映像出力までのディスプレイタイムは 30msec とほぼリアルタイムの反応に近づけます。さらに、フレームレート（1 秒間のコマ数）は、VR 酔いを起こさないために必要だとされる 60fps を確保します。

下方視野角の改善に関して、一般的な没入型 HMD では下方視野角が浅く足元を見ることができないため、室内移動が困難という問題がありました。本製品は、使用者の室内等の移動を可能にすべく、下方視野角を改善し、カメラの上下方向の投影角度を肉眼の視野角に近づけることで裸眼時と比べて違和感のない視野角を確保します。

さらに、使用時に想定される頻繁な頭部の動きを妨げないため、軽量の本体が望まれます。本製品では、一般的な市販 VR ゴーグルの半分の重量を目指しています。なお、これらの研究開発にあたり、本製品の没入型 HMD は特許出願をしております。本特許には、先に述べた「下方視野角の改善」に関わるカメラの装着角度、カメラ焼けによる破損に対応するためカメラ部品をマグネットで装着し、必要時に素早く交換できる構成にしていることも含まれています。

以上が、本製品が目指す技術的な特徴です。あわせて、本製品を製造販売する際は、販売先となる研究機関、企業などに対して、安全規定の見直しを提案し、制度面での安全対策をサポートすることも検討しています。複数の波長のレーザーにも対応した本製品のサンプル提供とあわせて、作業要領や安全規定の見直しを促すことで、使用者の安全の確保に貢献します。

## 将来の事業展開

本製品は、現時点で早期の解決が求められている、複数の波長の同時使用が必要なパルスレーザー使用者の安全確保という課題に応えることを第一義として開発します。その後は、様々なレーザー使用者、特に研究、美容整形、加工、航空の 4 領域への展開の可能性を模索し、2027 年には 790 億円 (4.5 百万台) となる見通しの世界市場を開拓します。さらに将来には、本製品に用いられている VR 技術を応用し、3D モデリングのソフトウェアや医療用検眼器など全く異なる分野への参入することも検討しています。

私たちのチームは、卓越大学院プログラムを通じて巡り合ったそれぞれ専門分野の異なる工学研究科博士学生で構成される異分野融合チームです。海外の博士学生の卒業後の進路として、起業の人気の高いと言われていています。私たちは同博士学生としてスタートアップにどんなカタルシスがあるのか、この目で見てみたいと切望しています。本製品開発に知見をお持ちの方、想定顧客等にネットワークをお持ちの方々からの応援をぜひお願いいたします。



名古屋大学  
犬飼 大樹  
INUKAI, Daiki

名古屋大学 大学院工学研究科 応用物理学専攻 博士課程（博士後期課程）2年

2018年に発足した未来エレクトロニクス創成加速DII協働大学院プログラムにてチームメンバーと出会い、自らが感じたペインポイント解決に向け活動中。専門分野は光物性物理学の基礎研究。

参照情報：ヘッドマウントデバイス（特願 2021-002788）

NEDO TCP 2020 審査員特別賞受賞（青山大岳）

電話 090-3851-1996 メール inukai.daiki@h.mbox.nagoya-u.ac.jp

WEB <https://www.dii.engg.nagoya-u.ac.jp/>

## 核融合工学のプラズマ計測技術を半導体産業に実装

### 半導体製造装置内を正確にモニタリングしてオーバーホール時期を予測

半導体製造の現場で用いられているエッチングやCVDなどのプロセスプラズマ装置は、製造チップの品質・歩留まりを維持するための装置内部クリーニング（オーバーホール）が欠かせません。オーバーホールのために製造を停止する必要があることから、その頻度は必要最低限で済ませたいところですが、実際には、現場の勘や外部からのセンサーモニタリングに依存し、最適頻度とはなっていません。そこで私たちは、使用時におけるプラズマの空間分布から内部状態を推定し、最適なオーバーホール時期を特定するモニタリングシステムを開発しています。

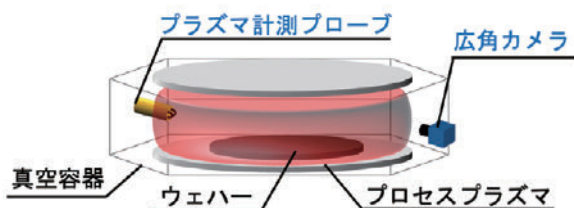


図1: プロセスプラズマモニターシステムの概念図

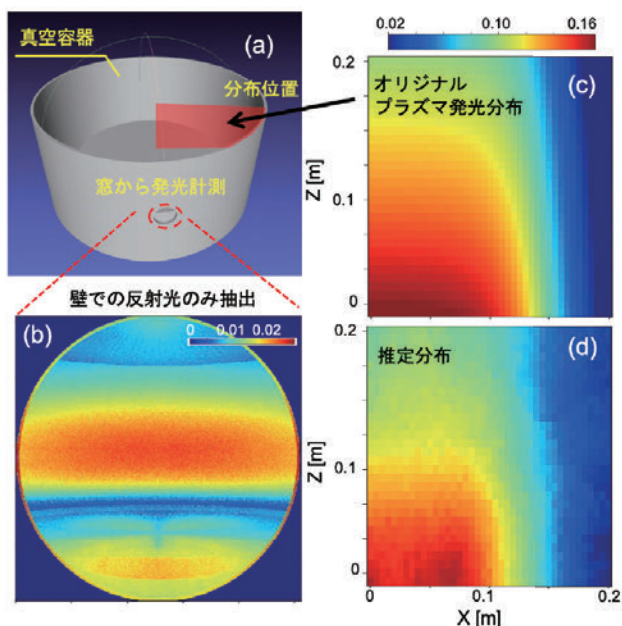


図2: (a) 窓から真空容器内部を観測したカメラに入射する (b) 反射光成分と、プラズマ発光の空間分布 (c) オリジナル分布と (d) カメラデータを利用した推定分布

私の専門は核融合発電で、プラズマ計測の技術を含めて多様な知識・技術を組み合わせた総合工学です。ある分野では当たり前の技術も、隣の分野では全く知られていない、ということがあります。常々、それがもったいないと感じ、核融合発電で培った知見を、他の分野に横展開して有効活用できないかと考えていました。私が在籍する名古屋大学では、半導体関連の研究者が多く研究が活発であり、また、研究室の卒業生も多く半導体業界に進んでいます。そこで、半導体業界では使われていないものの、活用したら生産性向上に貢献できるのではないかと思う技術である、プラズマ計測によるモニタリングシステムを考案するに至りました。

### 核融合工学のプラズマ計測技術を展開:装置内の状況を診断するシステム

本技術は、大きく二つの技術の掛け合わせで構成されています。一つ目は、真空容器内部に設置したプローブによる局所的・高精度・高時間分解能なプラズマ計測です。プローブ電極の材料や形状を工夫したことで、電極の劣化や容器汚染を防ぎながら計測することが可能となりました。プローブ計測法のメリットは、情報量の多さです。プラズマの状況を知るために必要なプラズマ密度、温度、電位の全てを計測できます。さらに、高時間分解能計測ができるように統計手法を高度化し、プラズマの詳細な挙動を観測できるようにしました。

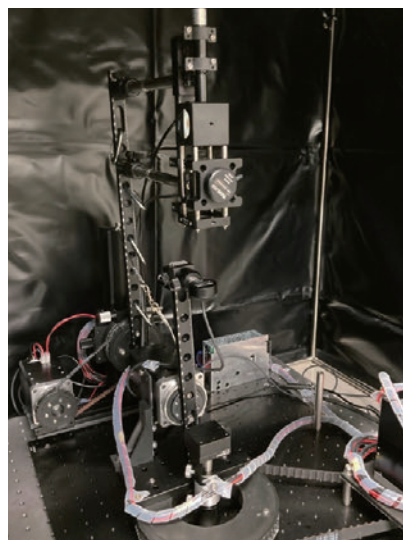


図3: 光学反射特性計測装置

一方で、プローブ計測法には計測範囲が狭いというデメリットがあるため、これを補う二つ目の技術、広角カメラによる計測情報から、プラズマ発光分布を再構成する技術を開発しました。核融合関連分野では、その動作原理を追究するため、炉壁で反射したプラズマの光を正確に定量評価するコンピュータグラフィック技術 (CG) とコンピュータトモグラフィ技術 (CT) が使われています。これを半導体装置内のプラズマ観測に応用し、従来なかった反射光のみを計測できるシステムを開発したことが私たちの強みです。壁の反射光の様子から、壁の状態を逆算して診断しようという発想で、どこにカメラを置くと良いか、という検討からはじめ、様々なパラメータの設定などの試行錯誤を続けており、カメラ性能への要求値も見えつつある状況です。

## プロセスプラズマモニタリングシステムとしての要件

実用化に向けての課題は、モニタリングシステムの有用性の実証です。現在の量産装置では不良品発生の原因になり得ると考えられているため、装置に窓およびプラズマの計測装置が取り付けられておりません。まずは窓や計測装置を導入した方が、メリットが大きいことを実証することが必要です。装置メーカーの持つ窓のついた研究開発用装置で私たちの提案するシステムが、既存の外部センサによるモニタリングシステムと比べて精度が高いということを証明できれば、量産装置の構造変更が期待できます。そのテストをできるまで、システムやインターフェースの精度を高めていきます。現状としては、半導体プラズマの前提条件を付与することで、カメラ1台のみでも実現可能となりました。さらに、独自開発した光学反射特性計測装置によって、モニタリング性能を向上させています。



Selected Tech Seeds for startup in Tongali 21-NATSUME, Hiroki

## 専門家の声を聞き、ともに開発を進める

半導体装置メーカーにヒアリングをするなどして、システムの改善を図ってきましたが、今後はオーバーホールを担当する企業などにもアプローチしていきたいと考えています。実際に使っていただくためには、使いやすいユーザーインターフェースも重要です。容器内部の形状や状態と、光の反射率・吸収率特性データベースも必要となってくるので、メーカーの方々に魅力的なシステムであると思っただき、共同開発を進めていければと期待しているところです。半導体研究開発・製造の現場では、今後、さらに微細な加工を進めていくこととなります。そのためには、高精度の計測と即時のフィードバックが必要であり、私たちの技術は、そのひとつになり得るものだと考えています。私自身は半導体の専門家ではありませんので、これまでも、半導体業界の方、専門家の方の協力を仰ぎながら進めてきました。今後もより多くの「声」を聞き、本技術の実用化を目指します。さらに先の展開についても他大学の若手研究者と話しており、今回の技術をきっかけとして、核融合研究の実用技術を世の中に送り出していきたいです。

### 名古屋大学大学院工学研究科電気工専攻 博士後期課程 2年 / 日本学術振興会 DC2

ITER (国際熱核融合実験炉) 機構 長期インターンシップ (5ヶ月)、量子科学技術研究開発機構 那珂核融合研究所 長期インターンシップ (4ヶ月) を実施。第38回 プラズマ・核融合学会年会 (2021年) 若手学会発表賞受賞。名古屋大学大学院工学研究科電気工学専攻・博士前期課程修了。

【本件に関する参照情報】

H. Natsume et al., Plasma and Fusion Research 16 2405019, (2021).

H. Tanaka, S. Kajita, H. Natsume et al., Plasma Phys. Control. Fusion 62 075011 (2020).

東海国立大学機構、プラズマ計測装置、出願番 2021-093529、発明者：夏目祥揮、大野靖哲

名古屋大学

夏目 祥揮

NATSUME, Hiroki

✉ [natsume.hiroki@d.mbox.nagoya-u.ac.jp](mailto:natsume.hiroki@d.mbox.nagoya-u.ac.jp)

WEB <https://www.researchgate.net/profile/Hiroki-Natsume>

# Selected Tech Seeds for startup in Tongali

2022年2月発行

## インタビュー

株式会社早稲田大学アカデミックソリューション <https://www.w-as.jp/>

一宮 航

上島 早織

神谷 卓郎

小山 玲子

佐々木 由梨子

佐藤 直樹

重根 美香

武末 出美

## フォトグラファー

TONE TONE 対馬一宏 [tsushima@tonetone.net](mailto:tsushima@tonetone.net)

## デザイン

株式会社R-pro <https://rpro4dp.com/>

## 発行元

Tongali <https://tongali.net/>

## 問い合わせ

名古屋大学 学術研究・産学官連携推進本部 スタートアップ推進室  
[startup\\_jimu@aip.nagoya-u.ac.jp](mailto:startup_jimu@aip.nagoya-u.ac.jp)



# STST

Selected Tech Seeds  
for startup in Tongali

2021 Tongali GAPファンドシーズ集



Tongali