



地方協奏による世界トップクラスの研究者育成

# HIRAKU GLOBAL

Home for Innovative Researchers and Academic Knowledge Users Driving Global Impact

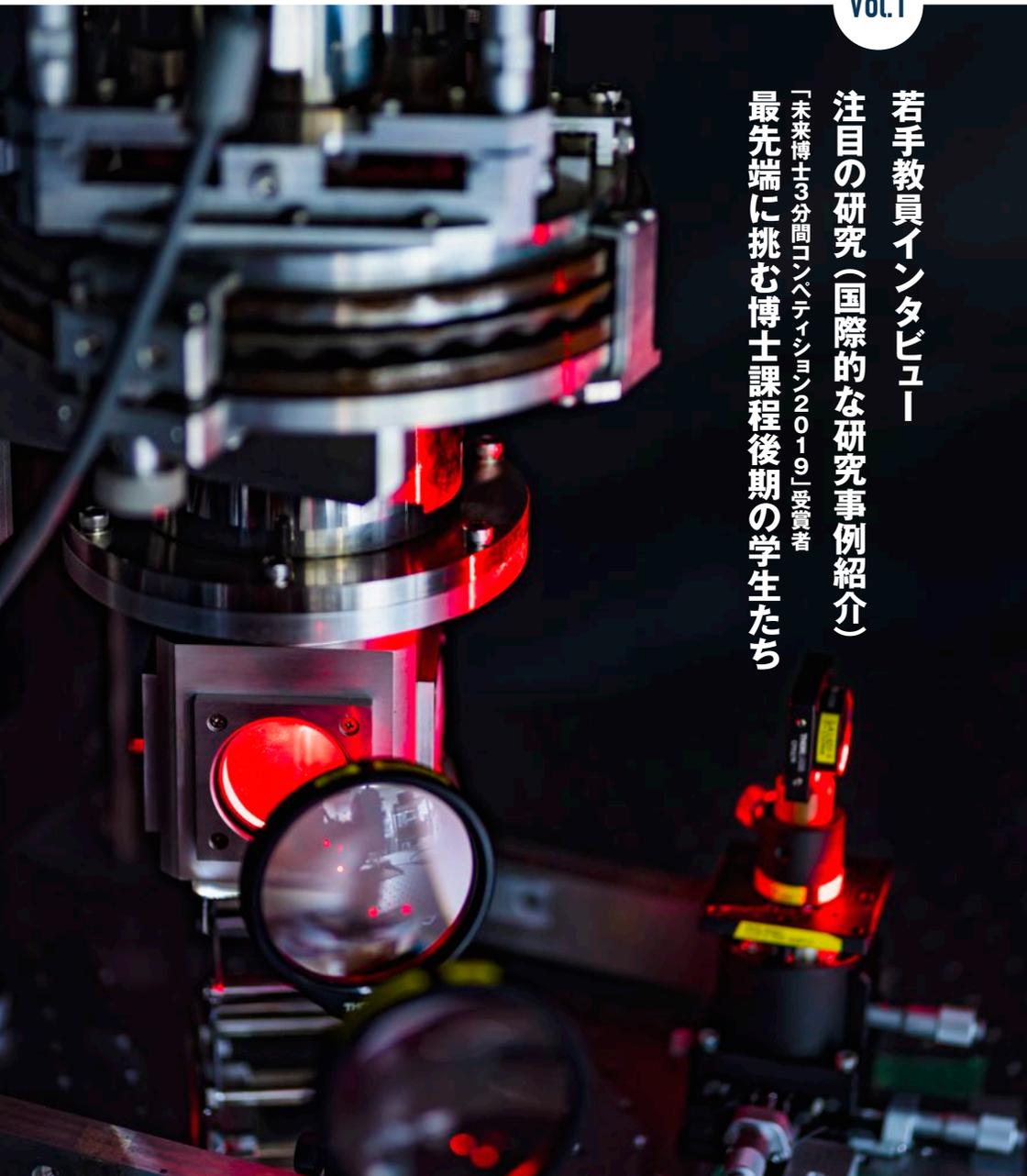
Vol.1

若手教員インタビュー

注目の研究（国際的な研究事例紹介）

「未来博士3分間コンベンション2019」受賞者

最先端に挑む博士課程後期の学生たち



03

## “HIRAKU”と“HIRAKU-Global”

05

### 若手教員インタビュー

若林 香織 広島大学 学術院 准教授(大学院統合生命科学研究科)  
渋谷 周作 山口大学 共同獣医学部 獣医衛生学分野 准教授  
岩本 洋子 広島大学 学術院 准教授(大学院統合生命科学研究科)

17

### 育成プログラムの紹介

19

### 注目の研究(国際的な研究事例紹介)

広島大学 / 山口大学 / 徳島大学 / 愛媛大学

23

### 研究に際して重要なこと

研究倫理 / 安全保障輸出管理 / 外部資金獲得

26

### コラム 特許について考えよう

27

### 「未来博士3分間コンペティション2019」<sup>※</sup>受賞者 最先端に挑む博士課程後期の学生たち

梅原 華子 広島大学 大学院医歯薬保健学研究科 D3  
樋本 一晴 愛媛大学 大学院理工学研究科 D1  
崔 亮秀 山口大学 大学院創成科学研究科 D2  
大橋 栄作 徳島大学 大学院薬科学教育部 D2

※未来博士3分間コンペティション2019

未来の博士たちが、自身の研究のビジョンと魅力を3分間で分かりやすく語る「未来博士3分間コンペティション2019」を2019年9月14日に開催しました。約300人の審査オーディエンスを前に、博士課程後期の学生25人が1枚のスライド、持ち時間3分で研究内容のプレゼンテーションを行いました。

フォトルミネッセンス測定系  
半導体などの薄膜試料からの発光を  
測定する際に使用。

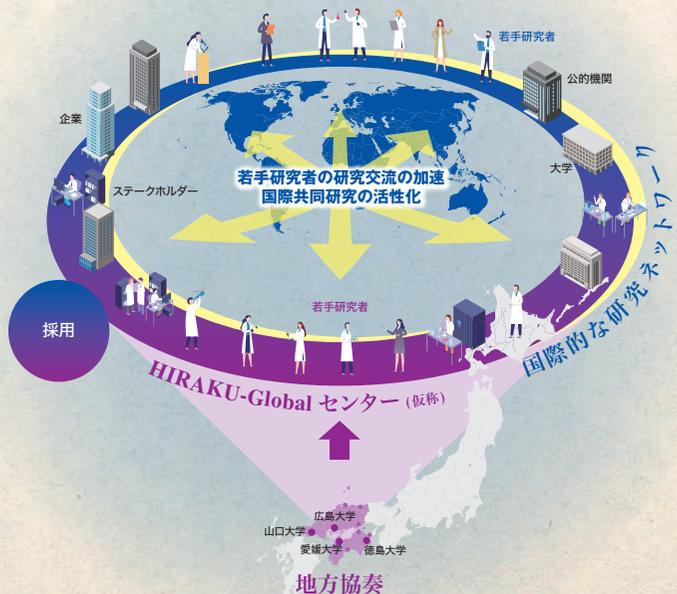
2014年より、HIRAKU（未来を拓く地方協奏プラットフォーム）を展開していますが（右記）、さらに、世界トップクラスの若手研究者を育成するプログラムとしてHIRAKU-Globalがスタートしました。

2019年度、広島大学（代表機関）、山口大学、徳島大学、愛媛大学（共同実施機関）は、文部科学省「世界で活躍できる研究者戦略育成事業<sup>※1</sup>」に採択されました。

本事業では、『自分の研究室を運営し、学生を育てつつ、さまざまな分野の国内外の研究者と連携し、独自の研究感性を磨き、世界でもユニークな研究を牽引していくことができる研究人材』の育成を目指しています。そのために、中国四国地方にある実施機関が総力を挙げて、国際的なコミュニティの中で、確かなプレゼンスと影響力を有しインパクトを与える研究者（Innovative, Influential, Impactful）を育成するプログラムを開発し、世界トップクラスの若手研究者を育成します。また、上記4大学のみでなく、中国四国地方における国立大学法人及び公私立大学法人に連携機関として参画を促し、中国四国地方の強みを生かす研究者育成プログラムの構築に取り組みます。

研究者育成拠点として代表機関、共同実施機関、連携機関による「地方協奏による世界トップクラスの研究者育成」コンソーシアムを形成し、国内外から研究者が多数集まり、優れた研究環境とさわめて高い研究水準を誇る「研究拠点」の形成を目指します。

※1 文部科学省 科学技術人材育成費補助事業（2019年度～2029年度）「世界で活躍できる研究者戦略育成事業」  
 プログラム名：『地方協奏による世界トップクラスの研究者育成』（HIRAKU-Global）



博士課程後期への進学者数は、全国的に減少傾向にあります。日本の研究力及び国力強化のためには博士人材の育成が必要であり、そのためには、博士課程前期学生が安心して博士課程後期に進学できるように、学位取得後のキャリアスタート支援の仕組みが大学に備わっていることが重要です。また、学生自身がこれらの仕組みを積極的に活用し、研究者としてのキャリアアップを目指す高い意識を持つことが求められています。

そこで、広島大学（代表機関）、山口大学、徳島大学、（共同実施機関）では、愛媛大学をはじめ中国四国地方を中心とした国公私立大学、研究機関、企業等、さらには国際的に研究者育成に実績のある英国 vitae (<https://www.vitae.ac.uk>)と連携して、若手研究者育成を目的とした博士課程後期および博士研究員を対象としたキャリアスタート支援事業（HIRAKU事業<sup>※2</sup>）を実施。HIRAKU事業では、テニュアトラック教員の採用と研究スタート支援も行っています。

※2 文部科学省 科学技術人材育成費補助金（2014年度～2021年度）科学技術人材育成のコンソーシアムの構築（次世代研究者育成）  
 プログラム名：『未来を拓く地方協奏プラットフォーム』（HIRAKU）

### 博士課程後期学生・ポスドクへのキャリア支援の取組

#### 取組① 長期インターンシップ派遣制度

若手研究者が実際の企業や社会の課題解決に貢献しつつ、実践的な能力の養成とキャリアオプションの拡大を図ることを目的としています（2014年度から2019年度までの長期インターンシップ派遣者数：92名）。

#### 取組② 未来博士3分間コンペティション

博士課程後期学生が3分間の限られた時間内に自身の研究のビジョンと魅力を分かりやすく伝えることで、自身のコミュニケーション力/アピール力の向上を図るとともに、社会における博士人材と博士研究に対する肯定的な理解を広めることを目的として実施。協賛企業と受賞者との交流の促進により、企業への就職に結びついた受賞者もあり、自身のスキル向上はもとより、企業との交流や他地域、他分野から集まってきた若手研究者との交流を深める場にもなっています。



#### 取組③ 課題提案型ワークショップ

若手研究者と社会をつなぎ、企業や地域社会の課題解決貢献を目指すマッチング事業。提案企業からの課題に基づき、現場観察や分野融合型のグループワークを通し、新たな視点を得たり、研究で培った能力の活用を見出したりする場となっています。

#### 取組④ 基幹ITシステムの構築

HIRAKU事業では、vitaeが開発したRDFに基づき、主として博士課程後期学生が自身の研究者としての能力評価を行い、アクションプランを立て、必要な能力の獲得を図るための科目等を履修し、その結果をエビデンスとして記録することができる日英のバイリンガルなITシステム「若手研究者ポートフォリオHIRAKU-PF」を構築。HIRAKU事業の参画大学の博士課程後期学生等が活用できるプラットフォームとして運用しています。登録者数1,716名（2020年1月現在、修了者を除く）。

# 生命の不思議の究明から 国際社会の問題解決に挑む



**若林 香織** WAKABAYASHI Kaori

博士(理学)  
Doctor of Science

広島大学 学術院 准教授(大学院統合生命科学研究科)  
Associate Professor, Academy of Hiroshima University (Graduate School of Integrated Sciences for Life)

Completed a doctoral course in Earth, Life and Environmental Science at Graduate School of Science and Engineering at the University of Toyama in 2009. After working as a doctoral research fellow at Tokyo University of Marine Science and Technology, Research Fellowship for Young Scientists at the Japan Society for the Promotion of Science, and a visiting academic at Curtin University in Western Australia, she took up a post at the Graduate School of Biosphere Science (currently the Graduate School of Integrated Sciences for Life) at Hiroshima University. While working on developing aquaculture techniques based on a unique point of view, she is also ambitiously challenging herself with joint researches and publishing activities with researchers from overseas.

## 研究概要 / Research Summary

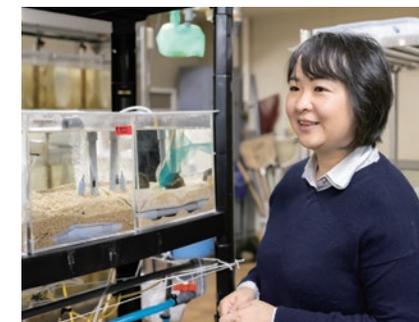
Professor Wakabayashi started her path towards becoming a researcher through a fascination with the strange shapes of creatures that live in the sea. She is currently working on developing aquaculture techniques for spiny and slipper lobsters. It is a unique kind of research that involves putting lobster larvae on jellyfish to feed them. The trigger for this creative idea was a photograph brought in by a diver that showed a larva of slipper lobster hitching a ride on a jellyfish. From this photo, the researchers in her team guessed that lobster larvae might survive with preying on jellyfish and when actually reared the larvae using jellyfish as food, they obtained better results than expected. Her next goal is to establish practical applications for mass production of lobsters. In order to progress with research, she is making efforts to build a network of overseas researchers.

## 自然の造形美に宿る、生命の不思議

たとえ芸術家がどんなに力を尽くしても、自然の営みが生み出す造形美には到底かなわない。特に厳しい環境下で生き抜くために生物が手に入れた形態は美しく、自然の摂理にかなったものである。海洋無脊椎動物の生殖生態学および発生学を専門とする若林先生も、そうした生物の美しさに魅了された一人だ。

海面下を漂う生き物たちは、それぞれ異なる形態を持っており、同じ個体でも成長するにつれて形が変わることがある。そうした生き

物と対峙するたびに「なぜこの形なのか、どうして形を変えるのか、そこにどんな意味があるのか」といったことをずっと考えてきたという。



生命の不思議に対する終わりなき問い掛けが、研究者としての若林先生を動かしている。

目下、イセエビの仲間であるウチワエビの養殖技術開発に取り組んでおり、いずれはこの研究を足掛かりに、イセエビの養殖にもチャレンジしたいと考えている。日本では120年ほど前から、お金も時間もかけてイセエビの養殖技術の開発に挑んできたが、まだ実用化には至っていない。孵化してから約1年という長い幼生期間中に、高確率で幼生のほとんどが死滅するからである。1匹のイセエビから約10万個の卵が生まれるが、そのうち生き残るのは1%に満たない。さらに、生き残ったとしても、市場で見かけるような大きさになるまでに3~4年を要する。食用として提供されるイセエビが、いかに貴重な水産資源であるかが分かる事実だ。

こうしたイセエビの養殖は水産関係者にとって、いわば夢のプロジェクトともいえる。その夢を現実に手繰り寄せようというのが、若林先生が取り組むウチワエビの研究だ。

### クラゲに乗る幼生の発見

ウチワエビに注目したのは、ダイバーが撮影した、ある珍しい水中写真がきっかけだっ

た。それはクラゲに乗って移動する生物の写真で、その正体こそがウチワエビの幼生であった。

「これはとても興味深い発見だということで、すぐさま研究に取りかかりました。クラゲは移動手段になっていますが、おそらく栄養源でもあるはずだと考え、実際にクラゲを使って幼生を育ててみました。その結果、どうやらクラゲをエサにして育てられそうだという手応えが得られたので、現在は実用化に向けて研究を進めているところです」

イセエビの幼生期間がおよそ1年であるのに対し、ウチワエビの幼生期間は2カ月ほどだという。その成長スピードの速さから、イセエビよりも技術開発に挑戦しやすく、実現すれば応用も可能であり、養殖イセエビの生産・販売までの距離を縮めることができると、期待を寄せる。

現段階で得た成果により、国際的な共同研究プロジェクトへの参加が認められたことで、フィリピンやベトナムといった国からも、若林先生の研究に大きな関心が寄せられている。こうした海と隣接する東南アジアの国々では、漁民やその子どもたちが生活の糧とするため制限なく稚エビを捕獲して畜養し、その行為が水産資源や生態系の保全において深

刻な問題になっているためだ。しかし近い将来、イセエビやウチワエビの養殖技術が開発されると、その問題にも簡単に終止符を打つことができる。乱獲から養殖へと変わる生産システムが整えば、貧困に直面した人々の収入源を奪うことなく、貴重な水産資源の安定供給という好循環を生み出せる。

若林先生は「要はエビを獲る行為が、クラゲにエビを乗せる行為に変わるだけです。子どもたちも面白がって挑戦してくれると思いますよ」と未来の展望を語る。このユニークな挑戦が実を結ぶことで、水産資源問題を解決するだけでなく、アジアの貧困問題にも貢献することに期待したい。

### 目指すべきは、日本一ではなく世界一

水産資源に関するテーマは、日本だけでなく、国際社会全体の問題でもある。若林先生も「日本でできたことを、他地域でもできるようにしたい」と、国を超えたネットワークづくりに力を注いでいる。研究者間の国際的なネットワークを築くことは、研究を前進させる助けとなり、ひいては国際社会への貢献にもつながる。国際的な共同研究への参加も、こうした考えによるものだ。さらに最近では、海外の

研究者と共に、ロブスターに関する専門書を出版し、その中で紹介されたウチワエビの研究が、ユニークな試みとして世界中の研究者や水産関係者の注目を集めている。

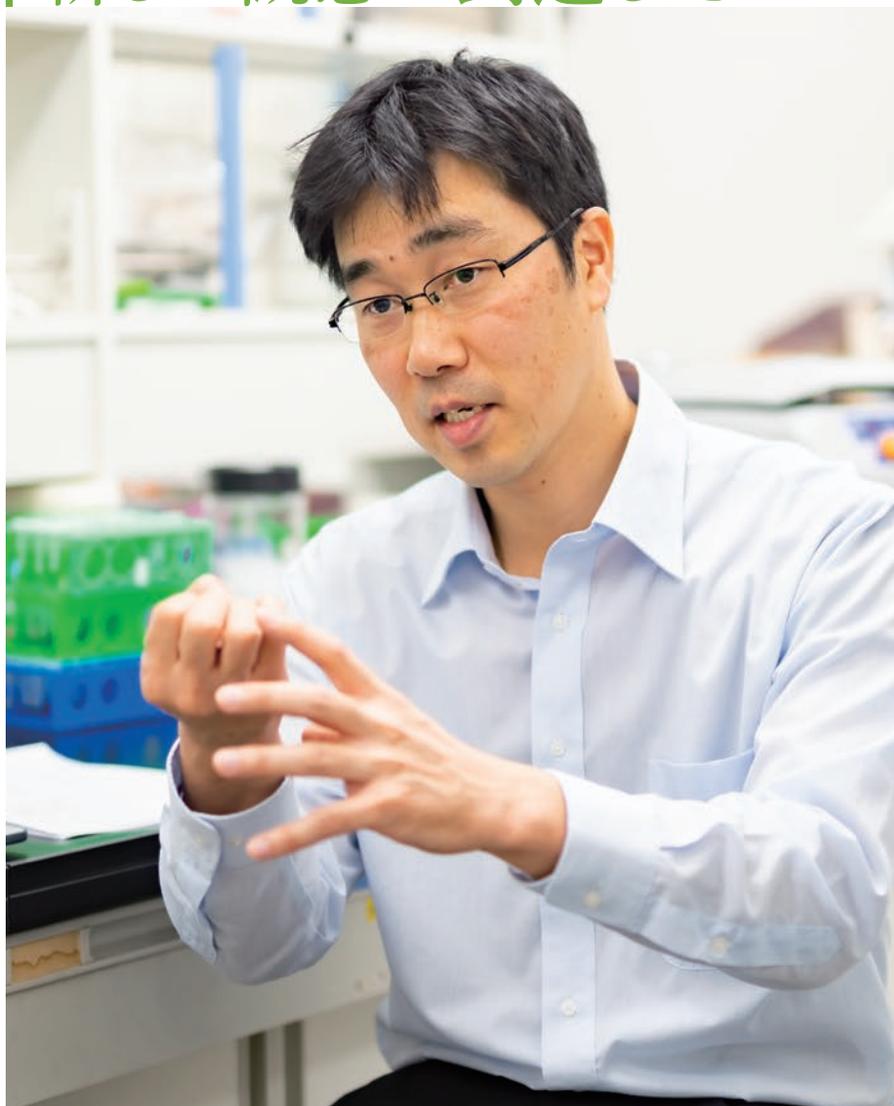
クラゲにエビが乗るという事実は、単なる面白い出来事として見過ごされていたかもしれない。だが、それは生物が生き抜くための合理的な行動で、研究の重要なヒントが隠れていた。クラゲにエビを乗せて育てるというアイデアは、生物に対する探究心があってのひらめきだといえる。

若林先生は、後輩たちへのメッセージとして、「研究者なら日本一ではなく、世界一を目指してほしい」と話す。その言葉の裏には、世界一にならないと、自分のやっていることさえ認識してもらえないという厳しい現実があるが、自分にしかできない唯一の世界で、世界一になればよいということでもある。

オリンピックで金メダルを取るには、大勢の人と同じ縛りの中で、競い合って一番にならねばならないが、研究は常に自分次第で、自分との戦いだ。だからこそ「いかに自分と向き合えるかが大切」だと、若林先生は研究者の心構えを説く。唯一を究めることが、研究における世界一への道筋といえるだろう。



# 誰も知らない 新しい概念に到達したい



渋谷 周作 SHIBUTANI Shusaku

博士(生物学)  
Ph.D. (Biology)

山口大学 共同獣医学部 獣医衛生学分野 准教授  
Associate Professor, Joint Faculty of Veterinary Medicine, Yamaguchi University

After graduating from the Department of Veterinary Medical Science at the Faculty of Agriculture, University of Tokyo in 2003, he went on to do a Doctors' at the University of North Carolina-Chapel Hill in the US and obtained a degree in biology in 2008. After conducting research at the Institute for Frontier Medical Sciences at Kyoto University and at Osaka University, he took up the post of Assistant Professor at the Joint Faculty of Veterinary Medicine at Yamaguchi University in April, 2015. He then took up the post of Associate Professor there in February, 2020. As well as pursuing his own research interests, he is putting a lot of effort into providing guidance for the students in his research lab.

## 研究概要 / Research Summary

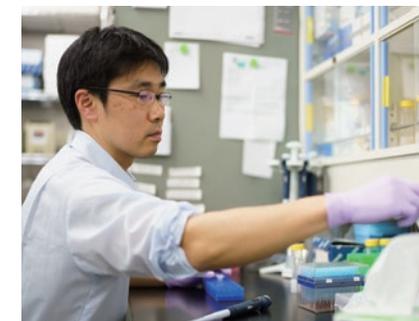
Even now, there are still many things that are unclear about the workings of life. One of these puzzles is the mechanism that controls the breakdown and synthesis of proteins in cells. Amino acids are the building blocks of proteins and, when there are not enough amino acids available, cells produce them by breaking down their own proteins. In contrast, when there is a sufficient amount of amino acids, the cells use them to synthesize proteins. Although this phenomenon had already been documented, a clear picture of the detailed mechanism was, as yet, unavailable. However, breakthrough research results have begun to be reported since 2008 one after another and the mechanism rapidly became clear. According to these results, amino acid concentration is detected in a structure called a lysosome inside a cell and this sets off a signal within the cell. However, the supply routes of amino acids to lysosomes were still unclear. That is why Professor Shibutani conducted experiments that clarified one of the supply routes and confirmed that the phenomenon called endocytosis is used in the amino acid supply route to lysosomes. His findings have the potential to be used to prevent lifestyle-related diseases and deterioration due to age as well as to treat cancer, etc.

## 生命の謎に踏み込む科学者たち

私たち自身のことでありながら、「生命体」という名の小宇宙には、いまだ解明されていない謎がたくさん潜んでいる。2016年に大隅良典氏のノーベル賞受賞で話題となったオートファジーも、そんな謎の一つだった。細胞が自らのタンパク質を分解することから「自食作用」と命名されたこの現象は、1950年代にすでに確認されていたが、当時は電子顕微鏡による観察のほかに手段がなく、詳しいメカニズムの解明は手付かずのままだった。それが大隅博士の研究をきっかけに眠りから覚めた

ように道が開け、多くの研究者たちが足を踏み込むようになり、謎であった部分が次々と解明されはじめた。

同じライフサイエンスの領域に身を置く



谷先生も、「誰も知らなかった、または確かめようとしなかった重要なことを見つけたいですね」と、研究者としての目標を語る。研究テーマを選ぶ際、すでに誰かがやったことを、少し条件を変えて取り組みれば、結果が出やすいこともあるが、結果が予想できるようなことはしたくないという。

「既存の知識の総体があるとすると、学校で学ぶ勉強はそこにアクセスして、いろんな知識を効率よく取り込むようなものだと思います。でも、科学というのはそれに留まらず、未知の領域に踏み込むことにこそ意義があると思います。科学者として、誰も知らなかったこと、新しい概念を生み出すような発見に到達したいですね」

現在、渋谷先生のラボでは、細胞内で行われているタンパク質の合成と分解に関する研究が進められており、その成果は2017年に論文にまとめられた。長年謎のままだった細胞における働きの一つが、少しずつ明らかになっている。

### 謎のままだった、アミノ酸の通り道

炭水化物、脂質とともに、3大栄養素といわれるタンパク質は、私たちの体に取り込まれた後、アミノ酸に分解され体の隅々に運ば

れる。細胞の周りにアミノ酸が豊富に存在する時、細胞は積極的にタンパク質を合成しようとするが、その制御の役割を担っているのがmTORC1という分子複合体だ。

このmTORC1が働くメカニズムが、明らかになってきたのは2008年頃からのこと。細胞内のリソソームという器官にアミノ酸が入ると、mTORC1が活性化し、細胞の成長や増殖を促すことが分かってきた。さらに、このことからリソソーム内で、アミノ酸を感知するセンサーや、mTORC1活性化に必要な分子群の存在が発見されたのだ。

しかし、明らかになったのは、あくまでもアミノ酸がリソソームに取り込まれた後の内容であり、取り込まれるまでの経路については、いまだに詳しいことは不明である。そこにスポットライトを当てたのが渋谷先生の研究だった。

アミノ酸はそのままでは細胞膜を通り抜けれられない。そこで、トランスポーターと呼ばれる膜輸送タンパク質や、エンドサイトーシスという細胞膜の変形を伴う輸送機構の関与が考えられてきた。渋谷先生は、エンドサイトーシスの方が仕組みとしてはより効率的だと考え、後者にターゲットを絞って実験を開始。ダイナミンと呼ばれるタンパク質の動きを阻害して、エンドサイトーシスが起きないようにした

ところ、mTORC1が活性化されなくなることを確認した。これにより、アミノ酸供給経路の一つを解明することに成功した。

エンドサイトーシス阻害によりmTORC1が働かなくなると、オートファジーが代償的にアミノ酸を供給し始めることが予想されたが、実際にはオートファジーは抑制されていた。これについて、「今までの研究で、オートファジーの活性を保つにはエンドサイトーシスが必要だ」という報告があります」と解説する。いずれにしろ、エンドサイトーシス阻害剤は、外からも内からもアミノ酸供給経路を断つ、非常に強力な栄養利用阻害剤として働くことが、一連の実験によって明らかになった。

### 世界と競うポテンシャルは十分にある

今回の成果を踏まえた上で、さらに実験を続けて細胞内の変化に迫りたいという渋谷先生。もっと詳しいメカニズムが解明できれば、過剰な栄養摂取による生活習慣病や老化予防、あるいはがんの治療などにも、その成果をつなげられるかもしれない。さらに、この研究とは別に動物の遺伝子解析にも関心を持ち、身近になったゲノム解析の技術を使った新分野への挑戦にも意欲を見せている。

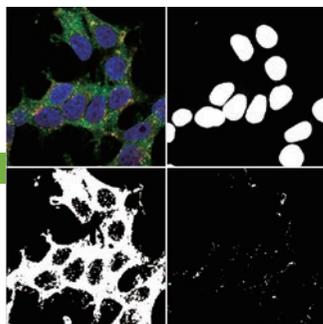
「自然の営みに比べると、自分が考えつくこ

となんてたかが知れています。ですので、自然の観察によって得られたデータからヒントを教えてもらうような手法を取ることも必要だと感じています」

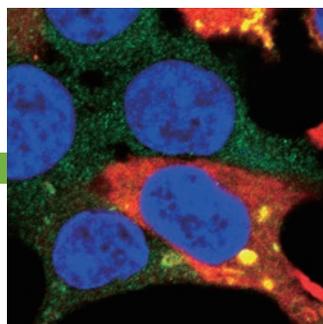
世界を見渡すと、ライフサイエンスの研究や産業で他国をリードしているのはアメリカだが、他の国も確実に力を付けてきている。その中で日本は研究をいかに進めるか、研究者にも戦略的視点が求められている。

アメリカで博士課程時代を過ごし、学位を取得した渋谷先生は、「世界に比べて、日本のポテンシャルは決して低いとは思いません。例えばオートファジーの分野は日本で重要な発見がなされ、基礎から積み上げられてきたので揺るぎない強さがあると思います。地道に真面目に取り組む人の多い日本人は、研究に向いているのではないのでしょうか」と客観的な視点で、日本の潜在能力を評価する。だが一方で、現在の研究シーンでは近視眼的に結果を求め、長期にわたる研究が行いにくい側面があるという。

大隅氏は、研究は「役に立つか」どうかで判断すべきでないと語った。世界に存在感を示す成果を上げていくには、まずは研究の歩みをとめないことが大切だ。目先にとらわれず、継続することが、研究のポテンシャルを上げ、新しい概念に到達するための第一歩となる。



細胞をmTORC1（緑色）、リソソーム（赤色）、細胞核（青色）の3色で染色した蛍光顕微鏡写真（左上）を用いて、mTORC1とリソソームの重なり度合いを測定するため、細胞核（右上）、細胞質（左下）、リソソーム（右下）の領域に分けて計算を行った。



mTORC1（緑色）はエンドソーム阻害剤によりリソソームから外れ、細胞全体に広がるが、Rag（赤色）と呼ばれるmTORC1をリソソームにつなぎとめる分子が遺伝子導入された細胞においてのみ、mTORC1はリソソーム様のドット状構造に集積した。細胞核を青色で示した。



# 世界中の目と知恵で 地球というテーマに挑む



岩本 洋子 IWAMOTO Yoko

博士(理学)  
Ph.D. (Science)

広島大学 学術院 准教授(大学院統合生命科学研究科)  
Associate Professor, Academy of Hiroshima University (Graduate School of Integrated Sciences for Life)

After completing a Doctoral Degree at the Department of Earth and Planetary Science at the Graduate School of Science at the University of Tokyo in 2009, she took up posts such as doctoral research fellow and assistant professor at Nagoya University, Kanazawa University and Tokyo University of Science. Since 2017, she has been in the post of Assistant Professor at the Graduate School of Biosphere Science (currently the Graduate School of Integrated Sciences for Life) at Hiroshima University. She has been actively developing her research activities including two ocean survey projects and international conferences.

## 研究概要 / Research Summary

Aerosol; tiny particles that float in the atmosphere. Some of these originate on the surface of the land or the oceans but others are generated anthropogenically from, for example, emissions from factories and cars. Either way, the aerosol that suspends in the atmosphere is not unconnected to the issue of global warming as it plays the role of cooling the Earth and is sometimes the nucleus that forms clouds. With this as a backdrop, Professor Iwamoto is sampling ocean aerosol, on which it said that there is little data, as a scientist member on an ocean survey ship and has been researching and analyzing these samples. In order to leave a sustainable planet for the next generation, it is indispensable to anticipate the next ten or twenty years, which requires all sorts of data on the environment. This research by Professor Iwamoto is highly significant for predicting the future of the Earth.

## 宇宙船・地球号の乗組員として

科学者と聞くと、どんな姿を思い浮かべるだろうか？ おそらく研究室にこもって実験や思索にふける様子や、難しい数式と格闘する場面などをイメージするのではないだろうか。しかし、人類がめったに足を踏み入れないフィールドを駆け巡り、果敢にサンプルを採取し、地球の知られざる実態の解明に挑む科学者もいる。大気海洋化学を専門とする岩本先生も、その一人だ。

「幼い頃、子ども向けの科学番組を見て、山奥や海中など、人が普段行けない場所に

行き、研究をしている科学者の姿に憧れました。将来は私もテレビで見たような科学者になりたいと考え、進路を検討していたところ、たどり着いたのが地球惑星科学という分野で



した」

そう言うって、自身の研究者としての出発点を振り返る。現在、岩本先生は大気中に浮遊するエアロゾルと呼ばれる微粒子について調査・研究しており、特に海を起源とするエアロゾルに注目して調査を進めている。そのため、これまでも大規模な海洋調査プロジェクトの一員として長い航海に参加するなど、地球規模のフィールドワークを展開している。

最近の活動として、一昨年はカナダのバンクーバーを出発して、ハワイ・ホノルルまで横断する調査に参加し、去年はインド洋上を巡る調査船に1カ月乗り込み、データを採取していたそうだ。近年、環境問題に大きな関心が寄せられているが、10年後、20年後、あるいはもっと先の地球環境をシミュレートする際には、さまざまな角度から集めたデータが必要となる。岩本先生が調査しているエアロゾルもまた、私たちの宇宙船・地球号の未来を予測するのに欠かせないデータである。

### エアロゾルって、いったい何者？

そもそも、エアロゾルとはいったいどんな物質で、この地球環境にどういった影響を及ぼすのだろうか。次のように説明してくれた。

「ひとくちにエアロゾルといってもさまざまなものがあります。分かりやすい例を一つ挙げると、環境問題のニュースでよく聞くPM2.5も実はエアロゾルの一種です。PM2.5というと、健康に及ぼす影響から悪者のイメージが強いのですが、エアロゾル粒子は、光を散乱し、地球を冷やす効果を持っています。昨今、温暖化問題が国際会議の舞台でも重要な議題として扱われていますが、エアロゾルはそうした問題とも深く関わっています。さらにもう一つ、エアロゾルには忘れてはならない働きがあります。それは雲をつくることです。私たちは、水や氷の粒が集まって雲になることを知っていますが、水だけで雲がつくれるのかという点と少し違います。雲をつくるには、水の他に核となる物質が必要であり、その核となる物質こそがエアロゾルです。つまり、エアロゾルは雲の種となる粒子であり、その雲は地球を冷やす働きを持っているということです」

エアロゾルの身近な例としてPM2.5が挙げられたが、実際に空気中に浮遊するエアロゾルの種類は非常に多い。例えば、地表や海面から巻き上げられたものもあれば、工場や自動車の排出するガスに由来するものもある。その中でも岩本先生が調査を進めているのは、海上の波しぶきによるエアロゾルである。

「波しぶきからできるエアロゾルは塩の粒子ですが、詳しく調べると海域によって性質がかなり異なります。海はどこも同じように見えますが、実は全然違うということです」

海の場合、北は豊かな生態系が存在するが、南は逆に砂漠のような状態だという。地上とは異なる様相を呈しているが、そこに生息する生物たちが排出するものと、地球の気候がどのように相互作用しているのか、エアロゾルの観測を通して解明を試みているのだ。

### 複眼的な考察を支えるデータ採取

未来の気候・気象がどう変化するかという問題は、今や科学者だけでなく、世界の関心事でもある。そして、その予測はデータがないことには始まらない。だがデータを集めるといっても、限られたデータだけに頼っていると、単眼的な考察に陥るリスクがある。環境に関わるデータ採取は、国際レベルで積極的に進められているが、岩本先生の主たる活動の場である海上は、地上に比べ、まだまだ不足しているという。「地上の場合は観測機を据えられますが、海の上はそうもいきません。地道なフィールドワークを続け、論文にまとめたデータが、いつかIPCC (Intergovernmental

Panel on Climate Change) の報告書等に引用されるようなことになれば、私の研究も環境問題に貢献したと言えるのではないでしょうか」と思いを語る。手付かずの海上は陸上よりも大気がきれいなため、異なるエアロゾルが流れてくると把握しやすいそうだ。

かつては越境汚染というと、中国のPM2.5が大きな問題とされていたが、現在はずいぶん改善が進み、中国よりもむしろインドや東南アジア諸国の大気汚染の方が問題視されている。昨年、インド洋上で調査を行った際も、採取したサンプルに人為起源のエアロゾルがかなり多く含まれていたそうだ。刻々と変わる環境問題を受けて、「人為起源のエアロゾルが海に落ちて、生態系にどのような影響を及ぼすのか、すごく興味があります」と新たな領域にも意欲を示す。機会があれば、もう一度インド洋上の調査に挑戦したいと考えているという。

「地球環境」という人類共通の大きなテーマに挑む際、研究者が一人で答えを出すのは難しい。研究者同士が手を携え、知恵を絞り、ようやく未来に対する答えに近づける。一人の歩は小さいが、研究者たちが踏み出す一歩つながりが、少しずつ未来を手繰り寄せている。



広島大学生物生産学部附属練習船「豊潮丸」



# 育成プログラム

## 育成プログラムの特長

### 優秀な若手研究者の採用・育成

#### グローバルな採用

2020年度より、代表機関・共同実施機関において新規に採用、あるいは在籍する有望なテニュアトラック教員から、複数の育成対象者を選抜します。2022年度以降は、テニュアトラック教員を国際的に公募します。

#### 研究者育成

国際的な活躍を目指す研究者として、下記の観点からさまざまな機会を提供します。支援は育成対象者がテニュアを獲得するまでの最大5年間となります。

#### Visionary Empowerment

- ・世界的視野でのビジョン構築
- ・国際的なネットワークの形成
- ・中長期的なキャリア形成

#### Professional Empowerment

- ・分野やニーズに応じた能力開発
- ・トップジャーナルへの論文投稿
- ・研究指導・メンタリング
- ・外部資金獲得

## HIRAKU-Global プログラムの主な支援と制度

#### スタートアップ研究資金

研究の素早い立ち上げを可能にするため、HIRAKU-Global独自のスタートアップ研究費を提供します。

#### 複数メンターによる支援

各研究者には複数のメンターが付き、実践計画への助言、目標達成のための進捗確認、テニュアの獲得、キャリア形成などについて、プログラム全体を通して支援します。

#### 研究交流制度

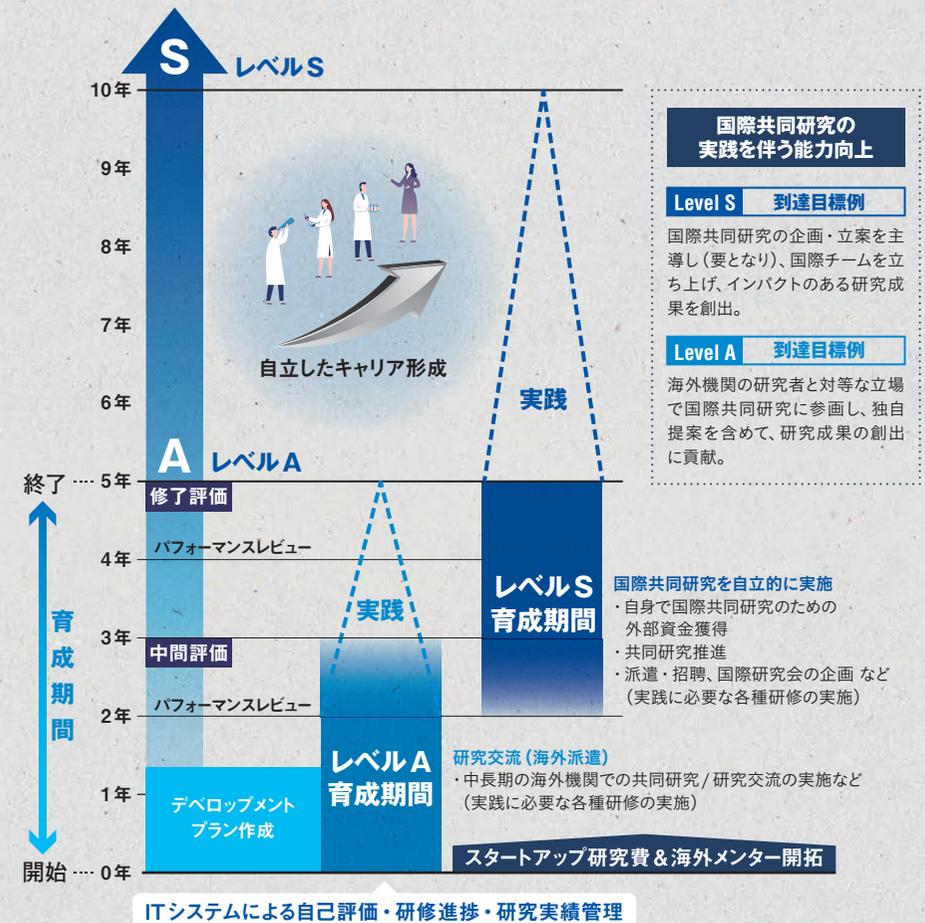
プログラムの支援開始後、3年間を目途に、海外機関での中長期にわたる共同研究や研究交流を目的として、旅費・滞在費等を支給します。海外派遣先は、HIRAKU-Globalセンター（仮称）が戦略的に連携を強化する海外機関、育成対象者が開拓する海外機関を中心に、本人の希望およびメンターとの面談などを通じて決定します。

#### 研究推進支援

外部資金の獲得、国際共同研究の推進、海外の受け入れ先機関とのマッチングなど、URAが必要な支援を行います。

## 研究者育成プログラムにおける能力開発プロセス

5年、10年後の最終的な目標が明確になるように、適切な支援を行います。



- 代表機関：広島大学
- 共同実施機関：山口大学・徳島大学・愛媛大学

上記4大学を中心に、中国・四国地方の大学や機関が連携し、若手研究者の研究交流の加速、国際共同研究の活性化を図ります。

4大学における注目の研究事例について、次ページ以降に紹介しています。 >>>>



## 微生物を利用した排水等からの資源回収

微生物は多種多様であり、それぞれが特有の機能をもっています。ある特長をもつ細菌群をバイオリクター内で優占的に集積培養することができれば、排水処理に適用されるだけでなく、排水から付加価値の高い資源を生産することも可能です。

たとえば、微生物が生成するポリヒドロキシアルカノエート (PHA) という物質はプラスチックの原料となり、作られるプラスチックは環境にやさしい、いわゆる生分解性プラスチックです。そこで、下水などの排水からの PHA 生産が期待されています。そのためには PHA を生産する細菌 (PHA 生成細菌) をどうしたら集積培養できるかが研究の鍵となりますが、この細菌は非常にユニークで、好気と嫌気的環境に交互に繰り返さざらすることで増殖させることができ、PHA を蓄積させることに成功しました (図1)。

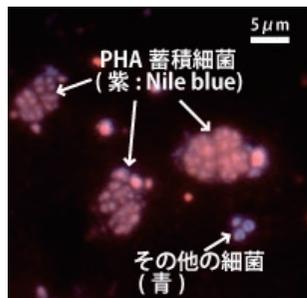


図1 集積培養された PHA 生成細菌

また、日本の排他的経済水域の海底で発見されたマンガン団塊は、レアメタルなどの金属を含み、海底資源として注目を集めています。マンガン団塊はマンガン酸化細菌によって生成されるマンガン化合物と考えられていて、金属を多量に吸着する特質があります。この深海底で起きている自然現象をバイオリクター内で模倣することができれば、金属排水処理が可能になります。この細菌も容易には集積培養することができませんでしたが、マンガン化合物は他の多くの細菌の増殖を阻害するなどの現象を発見し、排水から Ni、Co を回収することに成功しました (図2)。マンガン酸化細菌は難分解性物質を分解する能力があることも発見しており、染色排水処理などに適用することが期待できます。

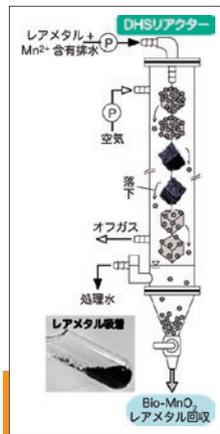


図2 排水からのレアメタル回収バイオリクター

### 研究者紹介

#### ◎ 広島大学 大学院工学研究科 大橋晶良 教授



昭和59年 長岡技術科学大学工学研究科修士課程修了/博士(工学)  
 昭和59年 呉工業高等専門学校土木工学科助手: 生物膜に関する研究  
 平成6年 ノースウエスタン大学客員研究員: 分子生物学的手法の適用  
 平成7年 長岡技術科学大学環境・建設系助教授  
 教授: 途上国に適した低コスト型排水処理技術の開発など  
 平成19年 広島大学大学院工学研究科教授: 微生物を利用した排水等からの資源回収など



## 反応しにくい分子を変換する新技術

新しい有機合成反応を開発することは分子を効率的に合成するために不可欠であり、医薬品などの生命分子合成分野にとっては喫緊の課題です。新しい有機合成反応を開発するためには、これまでにないコンセプトを用いて反応しにくい分子を変換できる技術を開発する必要があります。我々の研究室では、立体的に非常に反応させることが困難な第三級炭素化合物を用いた有機合成反応開発に取り組んでいます。

立体障害の小さな炭素化合物は、有機合成反応による分子変換が容易であり、多くの有用物質を作り出すことができます (図1)。炭素はその原子のまわりに4つまで置換基を持つことができ、このような化合物を第四級炭素又は4置換炭素化合物と呼びます。しかし、前述と同様の手法で第三級炭素化合物と基質との反応で第四級炭素化合物を合成しようとしても、炭素原子上への4つ目の置換基導入は立体的な問題から困難です (図2)。そこで、我々は金属中の電子で第三級炭素化合物を活性化し、その反応性を高めることで、これまでに困難だった反応を達成できるのではないかと考えまし



図1 従来法 (反応しやすい組み合わせ)

た (図3)。その結果、第四級炭素化合物に金属触媒ラジカル反応論というコンセプトを適用することで、様々な骨格を持つ第四級炭素化合物を作り出すことに成功しました [Nishikata, JACS2013, ACIE2016, 2017, ACS Catal2018, 2019]。

現在では、異なる分野を背景とする生命系研究者が相互研鑽を積みながら共通の課題解決を目指す場所として、山口大学生命分子インターネットワークセンターを開設し、国内のみならず国外の研究者と共に新しい学理の創出に励んでいます。

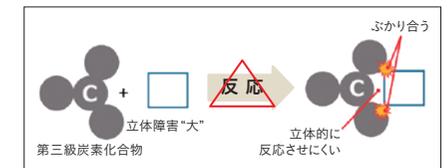


図2 従来法 (反応しにくい組み合わせ)



図3 本法 (金属触媒の電子を利用した活性化法)

### 研究者紹介

#### ◎ 山口大学 大学院創成科学研究科(工学系学域) 応用化学分野 西形孝司 准教授



専門は有機合成化学であり、これを基盤として生命分子の効率的な合成を実現するための遷移金属触媒を用いた新しいラジカル反応開発に取り組んでいる。



## 精密な光周波数の物差し“光コム”を用いた顕微鏡の開発で 新たな3次元計測技術の確立を目指す

共焦点顕微鏡は、共焦点効果による深さ分解能と迷光除去能力を持ち、3次元イメージングを可能にすることから、バイオイメージングや非接触表面形状測定分野で広く用いられています。しかしながら、これらの共焦点顕微鏡は、光強度の計測に基づいたイメージコントラストを用いて画像化しているため、測定対象は反射/吸収/散乱/蛍光といった特性をもつ物質に限られていました。

そこで、共焦点顕微鏡の新たな光源として、光コムに着目しました。光コムは、数万から数十万本の狭線幅レーザー光が等間隔で立ち並んだ櫛 (comb: コム) の歯状スペクトル構造を持ち、これまで『精密な光周波数の物差し』として用いられてきました。しかし、ここでは光コムを、『多数の離散チャンネルを有する光強度と光位相のキャリア』という新しい概念に基づいて利用しました。この発想により、2次元平面の機械的走査を省略して共焦点イメージを取得することが可能となった上、位相スペクトルから光位相に基づいた新たなイメージコントラストが付与されることになり、非蛍光透明物体や反射物体が持つ、屈折率/光学的厚さ/幾何学的形状といった情報をナノメートルオーダーで可視化することが可能となりました。今後、本手法は、培養過程における生きた細胞の3次元イ

メージングや、微小半導体生産過程における3次元表面形状計測等への応用が期待されます。また、この研究成果はアメリカ光学会の電子ジャーナル「Optica」に掲載され、高い評価を受けています。

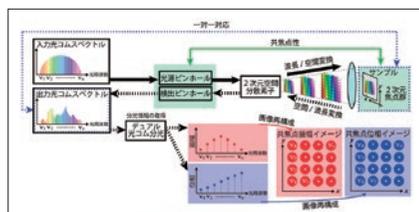


図1 光コム顕微鏡の概念図

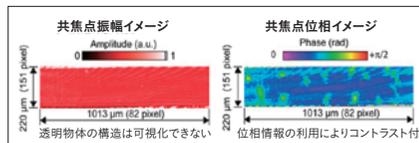


図2 細胞 (透明物体) の可視化

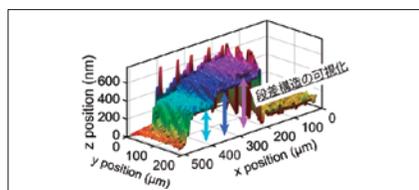


図3 微小段差構造の可視化

### 研究者紹介



徳島大学 ポストLEDフォトニクス研究所 特任助教

2017年3月徳島大学大学院先端技術科学教育部博士後期課程修了、博士(工学)。2017年4月公益財団法人高輝度光科学研究センター、研究員。2019年4月徳島大学ポストLEDフォトニクス研究所、特任研究員。2019年10月同所属特任助教。現在に至る。次世代フォトニクスに関する研究に従事。



## ヒトプロテインアレイを作り、そして使う

ヒトのゲノム上には、約2万4千種類のタンパク質をコードする遺伝子が見つかっています。つまり、ヒトは約2万4千種類のタンパク質を上手に使って生きています。しかし、まだその半分は機能がまったく分かっていないのが現状です。なぜだろうか？ ヒトのタンパク質の多くは細胞内に少量しかなく、また卵子からの発生過程のある時期にだけ作られるタンパク質や、ウイルス感染やある刺激にだけ応答して作られるタンパク質もあるからです。そのため、ヒトのタンパク質を理解するためには、ヒト遺伝子を鋳型にタンパク質をつくりだす技術が必要となります。

愛媛大学プロテオサイエンスセンターでは、20年前から、ポストゲノム時代を担うために、コムギ胚芽抽出液 (図1) から真核生物型のタンパク質を自在に合成できる技術を開発してきました。さらに、このコムギ無細胞タンパク質合成技術とヒトの完全長cDNA遺伝子セットを組み合わせることで、ヒトのほぼ全てのタンパク

質を取り揃えた、世界で唯一のヒトプロテインアレイを作製することに成功した。また同時に、ヒトプロテインアレイを用途に応じて利用できる解析技術の開発も行ってきました。

その結果、ウイルスやマラリアなどの感染症に関わるヒトタンパク質の同定や、抗体医薬の特異性を評価できる技術 (CF-PA<sup>2</sup>Vtech、図2) として、多くの大学や研究機関での基礎研究にヒトプロテインアレイは使われるようになりました。さらに、バイオ企業の薬剤開発や診断の精度を上げるための基本ツールとしても使われています。ヒトプロテインアレイは、基礎研究から応用技術にわたって幅広くバイオ界を牽引していく、強力な手法となります。

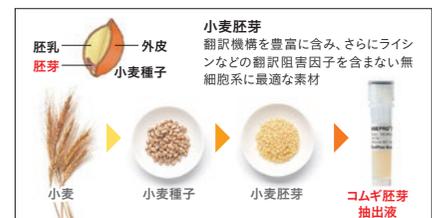


図1 コムギ種子からコムギ胚芽抽出液を取得する流れ

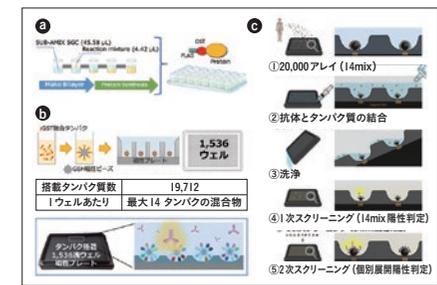


図2 ヒトプロテインアレイを用いた抗体評価技術 (CF-PA<sup>2</sup>Vtech) の概要

- a. 多検体合成に優れたタンパク合成様式
- b. 20,000種のヒトタンパク質搭載アレイ模式図
- c. 抗体性能検証試験の流れ

### 研究者紹介



愛媛大学 プロテオサイエンスセンター 副センター長・部門長 澤崎達也 教授

大阪生まれ。広島大学大学院理学研究科で学位取得後、愛媛大学に来て、現在に至る。愛媛県で船釣りを楽しんでいます。タンパク質は、生命を支える基本パーツです。やっと、全タンパク質セットを解析できる技術ができたので、タンパク質が支える生命の謎に挑みたいと思います。

# 研究に際して重要なこと

研究では「何をするか」が大切ですが、「何をしてはいけないか」はもっと大切です。研究を正しく円滑に進めるために、研究者として知っておくべきことを整理しましょう。

## 研究倫理

### ■研究者の責務

研究不正、例えば世間を騒がせたSTAP問題(2014年)やディオバン事件(2012年)などは広く知られていますが、文部科学省のHPには研究機関において認定された不正事例が毎年10件程度公表されています。これらは研究活動上の禁忌であり、自ら手を染めない、あるいは加担しないことは当然ですが、そのためには研究活動を行う上で、わきまえるべき行動規範とは何か、その自覚と習得に努める必要があります。健全な研究活動を実現するためには、研究者として「常に正直かつ、誠実に判断、そして行動し、自分の専門知識・能力・技芸の維持向上に努め、科学研究によって生み出される知の正確さや正当性を科学的に示す最善の努力を払うこと」<sup>1)</sup>などが求められます。こういった責任ある研究活動の対極にあるのが、研究活動における不正行為(研究不正)であり、これは、研究倫理に背馳し、研究活動の本質並びに成果の発表において、その本質ないし本来の趣旨を歪め、研究者コミュニティの正常な科学的コミュニケーションを妨げる行為に他なりません。研究不正とされる捏造、改ざん、盗用は特定不正行為として文部科学省の「研究活動における不正行為への対応等に関するガイドライン」に定義され、これらは「故意又は研究者としてわきまえるべき注意義務を著しく怠ったこと」により惹起されるとあります。故意については弁明の余地はありませんが、研究者本人が意図しないところで結果的に研究不正を犯してしまう、つまり、研究者としての注意義務を著しく怠ったことによる研究作法からの逸脱があった場合も研究不正と認定されます。ここでは「研究作法を知らなかった」は、理由になりません。

研究成果の発表においては、その発表内容の信頼性を保証するエビデンスとしての研究データは、厳格なプロセスを経て取得されたものでなければならず、研究資料、試料や装置は適切な期間保管し、後日の利用や検証に対応できるように保存しなければなりません。

このように科学研究の健全性が求められる中で、研究者自身が日常的にいかにかその責務を果たしているか、自らの意思で研究倫理マインドを培っているかが問われているのです。

※本稿は、日本学術振興会「科学の健全な発展のために」編集委員会(2015)【テキスト版】「科学の健全な発展のために ―誠実な科学者の心得―」を参考に作成。1)は 同書p12より引用)

日本学術振興会「科学の健全な発展のために」  
<https://www.jsps.go.jp/j-kousei/rinri.html>



## 安全保障輸出管理

### ■安全保障輸出管理とは

安全保障輸出管理とは、国際的な平和及び安全を維持するための手段の一つです。

武器はもちろんですが、高性能な工作機械や生物兵器の原料となるような細菌など、軍事的に転用されるようなおそれのある物が、大量破壊兵器等の開発者やテロリスト集団など、懸念活動を行うおそれのある者に渡らないようにするのが安全保障輸出管理です。

外国為替及び外国貿易法(外為法)による規制を遵守するために具体例を理解しておくことが重要です。

大学では、技術提供の機会が多いので、管理には十分注意してください。詳細は、各大学担当窓口にお問い合わせください。

その大事な研究が大量破壊兵器に使われ、世界のどこかで悲劇を生むかもしれません!



### ■大学・研究機関における技術の提供や貨物の輸出の機会の例

技術提供等の機会	具体例
留学生・外国人研究者の受入れ	・実験装置の貸与に伴う提供 ・技術情報をFAXやUSBメモリを用いて提供 ・電話や電子メールでの提供 ・研究指導、技能訓練等 ・研究指導に伴う実験装置の改良、開発 ・授業、会議、打合せ
外国の大学や企業との共同研究の実施や研究協力協定の締結	・実験装置の貸与に伴う提供 ・技術情報をFAXやUSBメモリに記憶させて提供 ・電話や電子メールでの提供 ・共同研究に伴う実験装置の改良、開発 ・会議、打合せ等
研究試料等の持出し、海外送付	・サンプル品の持出し、海外送付 ・自作の研究資機材を携行、海外送付等
外国からの研究者の訪問	・研究施設の見学 ・工程説明、資料配付等
非公開の講演会・展示会	・技術情報を口頭で提供 ・技術情報をパネルに展示等

出典：経済産業省貿易管理部「安全保障貿易に係る機微技術管理ガイドンス(大学・研究機関用)第三版」平成29年10月

※相手方が懸念国(イラン、イラク、北朝鮮)または国連武器禁輸国・地域(アフガニスタン、中央アフリカ、コンゴ民主共和国、イラク、レバノン、リビア、北朝鮮、ソマリア、南スーダン、スーダン)の場合は慎重な審査が必要になります。

## 外部資金獲得

### ■科学研究費助成事業(科研費)の概要

科学研究費助成事業(以下、科研費)は、各研究者の研究活動に必要な資金を研究者に助成する仕組みの一つで、人文学・社会科学から自然科学までのすべての分野にわたり、基礎から応用までのあらゆる独創的・先駆的な「学術研究」を対象としています。各府省等が定める、特定の目的を達成するための公募型研究とは異なり、科研費は研究者の自由な発想に基づく研究を幅広く支援する性質の資金であり、このようなボトムアップ型の競争的研究費は我が国では他に例がありません。

## ■応募を始める前に

研究者が科研費へ応募するにあたり、必要な点は以下の2点です。

- ①自分自身が科研費の応募資格を有しているか、所属研究機関へ確認すること
- ②e-Rad (府省共通研究開発管理システム) に登録されている研究者情報を確認すること

特に自身の研究者情報が登録されていなかったり、登録されている内容に誤りや不足等が生じていたりする場合は、申請書を作成できないことがあるため注意が必要です。よって、e-Radに登録されている自身の研究者情報については常に留意するよう心掛けてください。

## ■研究種目の概要

研究種目は研究者の研究内容や規模に応じて設定されています。その中で若手研究者がよく応募する研究種目としては、以下の2種類です。

### ①研究活動スタート支援 (2年間 / 単年度あたり150万円以下)

研究機関に採用されたばかりの研究者や育児休業等から復帰する研究者が行う1人の研究を対象としています。日本学術振興会より例年3月1日に公募が開始され、例年5月上旬が日本学術振興会への締め切りとなっています。4月新採用者向けの研究種目として最もポピュラーな種目といえます。

### ②若手研究 (2~4年間 / 総額500万円以下)

原則として博士の学位取得後8年未満の研究者が行う1人の研究を対象としています。シニアの研究者が応募する基盤研究等と同様、日本学術振興会より例年9月1日に公募が開始され、例年11月上旬が日本学術振興会への締め切りとなっています。直近の全国採択率は40.0%と、科研費の研究種目の中で比較的採択されやすいといえます。

応募の際には「応募を始める前に」で述べた自身のe-Rad研究者情報や、公募要領等に記載の注意事項を十分に確認するよう心掛けてください。

また、省庁系の科研費<sup>※1</sup>、財団等の助成金、JST (科学技術振興機構) のプログラム等<sup>※2</sup>の文部科学省の科研費以外の外部資金にも、積極的に挑戦してみましょう。

※1 厚生労働科学研究費補助金、AMED (国立研究開発法人日本医療研究開発機構)、環境研究総合推進費 (環境省)、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 (農林水産技術会議)、戦略的情報通信研究開発推進事業 (総務省) 等

※2 A-STEP (研究成果最適展開支援プログラム / 機能検証、産学共同・企業主導)、戦略的創造研究推進事業 (CREST、さきがけ等)、国際科学技術共同研究推進事業 (SICORP)、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム (JICA、JST) 等

### 令和元年度 基盤種目における若手研究者の採択状況

種目	応募件数	採択件数	採択率
基盤研究 (S)	659	81	12.3%
基盤研究 (A)	2,412	605	25.1%
基盤研究 (B)	11,396	3,327	29.2%
基盤研究 (C)	45,758	12,918	28.2%
若手研究	19,590	7,831	40.0%

出典: 文部科学省研究振興局  
「令和元年度科学研究費助成事業の配分について」より



## なぜ特許を取るのか

### 大学の研究成果を社会で活かすには

トヨタ自動車の創業者は、自動織機の分野で成功していた前身の会社の特許を世界トップメーカーに有償で譲渡して、その対価を原資として、自動車の開発に進出しました。すなわち特許の譲渡を行い、研究成果を他社に渡して使ってもらうことにより社会で活かすとともに、譲渡によって得られた対価を小型エンジンという新たな分野の研究開発に取り組み原資としたのです。

このように特許は権利の対象となる発明の実施 (生産、販売など) を独占することができ、また、権利者がその独占権を他人にライセンスをしたり、譲渡をしたりすることができる権利です。

特許が発明の実施を独占することができる権利であるため、「大学が特許を持つてどうするの?」といわれることがあります。たしかに、大学は発明を実施して製品を生産したり、販売したりしませんので、実施する権利を独占できたとしても、仕方がないようにも思えます。しかしながら、大学にとっても特許はとても重要なものなのです。

それは大学には、研究成果を社会で活かすという使命があるからです。研究成果を社会で活かすためには、発明を実施し、製品を生産、販売する企業などのパートナーを見つけ、特許をライセンス、譲渡することはとても重要です。

もちろん研究成果を広く世に発信すること自体は、論文、学会等によっても成し得ます。しかし、研究成果の特許とし、これを企業にライセンスしたり譲渡したりすることで、企業はこの特許を核とした製品やサービスへの開発投資を行っていくことが可能となります。これは特許が独占権であり、これにより競合との差別化を図れるが故のことであり、企業がその資金や研究開発リソースを投下するモチベーションが生まれるからです。

また、特許を通じてパートナーとなった企業は研究成果の製品化、販売にとどまらず、共同研究のパートナーとなる可能性が高く、次なる研究の発展という意味でも重要です。



The domain of dentistry and oral surgery is advancing everyday with treatment methods that meets patient needs. Of these, implants, which are expected to replace dentures and bridges, are making amazing advances. However, there is a big issue with these implants. If the bone which is to be the foundation for the implant is insufficient, it is not possible to completely embed the essential implant. So, with current treatment, a titanium membrane is used to help osteoanagenesis and Ms. Umehara is engaged in research to improve this thin membrane. This is an initiative to make the mesh diameter of the membrane smaller in order to prevent the penetration of epidermic cells that inhibit osteoanagenesis and to give further bioactivity to the materials themselves. In the future, it is expected that the potential of treatment using implants will expand greatly once this membrane is put into practical application.

## 歯科治療の限界を超えるミクロンの膜

### 身近な再生医療である歯科治療

今や再生医療の分野で、世界をリードしているといっても過言ではない日本。国内では新たな法律が整備され、注目のiPS細胞をはじめとする研究がスピーディーに展開されるようになり、海外から日本へと再生医療の研究開発拠点を移す企業もあるという。社会的な注目の大きさもあり、再生医療と聞くと、iPS細胞やES細胞などが真っ先に思い浮かぶ。しかし再生医療のカバーする領域は、もっと幅広いものである。例えば、入れ歯や差し歯、インプラントといった方法を用いて、失われた形態や機能を取り戻し、患者のQOL (Quality of Life) を高める歯科治療は、最も身近で慣れ親しんだ再生医療の一つだ。こうした歯科治療は再生医療の先駆けともいえる。

現在も歯科・口腔外科領域における治療では、患者のニーズを受けて日々新しい治療法が登場しており、特に「第3の歯」といわれるインプラントは目覚ましい進化を遂げている。だがインプラントにも、患者によっては治療が施せないという課題がある。土台となる骨の密度が低かったり、骨を壊す「骨吸収」

が進み、痩せて量が少なかったりすると、インプラントによる治療は諦めざるをえないのだ。そのような状況の患者がいる中、大学病院で働く歯科医でもある梅原さんは、ある画期的な材料の開発を進めている。

### 現行治療が抱える限界

口内の傷は数日で治るのに対し、骨は治療するまで数カ月かかることもある。修復スピードが異なることから、口内の骨の欠損を放っておくと、歯肉細胞が骨の欠損部分まで覆い尽くし、骨の再生を阻止してしまう。このようなことが原因で、インプラント体を埋め込む骨に十分な密度や量が足りない場合、土台となる骨の再生を促す骨誘導再生法(GBR法)によって治療することがある。その際利用されるのが、メンブレン(薄膜)と呼ばれる特殊な人工膜だ。

メッシュ状の孔が開いたチタン・メンブレンを装着すれば、骨のもととなる栄養や血液はメッシュを通り骨の再生を促すが、軟組織の侵食は食い止められるという。「メンブレン」といわれなくても、一般の方はちょっと想像しにくいかもしれませんがね。ちょうどアルミホイルの

## 01 最先端に挑む博士課程後期の学生たち 「未来博士3分間コンペティション2019」受賞者

最優秀賞  
オーティエンス賞  
(日本語部門)

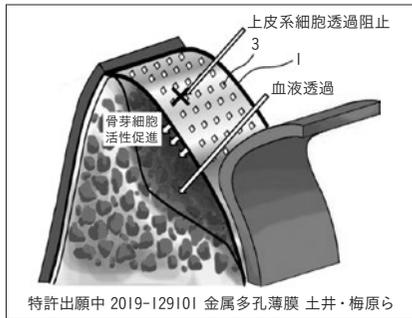
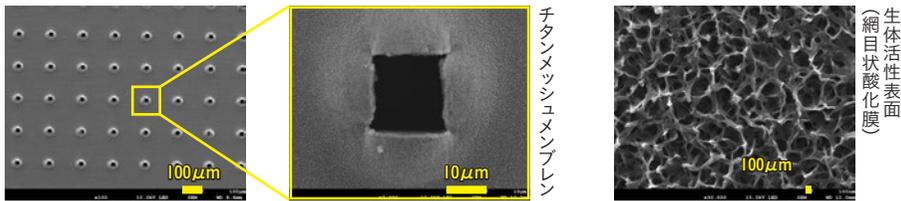
未来博士3分間コンペティション2019

梅原 華子  
UMEHARA Hanako

広島大学 大学院医歯薬保健学研究科D3  
D3, Graduate School of Biomedical and Health Sciences,  
Hiroshima University

She was interested in the work of medical treatment that maintains people's health and decided to study dentistry. As well as working as a dentist at a university hospital, she is also working on the development of new materials to stimulate osteoanagenesis at the Advanced Prosthodontics Research Lab. It is hard work doing both research and clinical work but she says that the joy of research that allows you to encounter new knowledge is great.





特許出願中 2019-129101 金属多孔薄膜 土井・梅原ら

ような感じです」と話す梅原さん。一見ただのチタン薄膜のようだが、光にかざしてみると、小さな孔が開いているのが肉眼でも確認できる。

しかし、この方法にも問題がないわけではないという。「現状の方法でも確かに骨は再生します。ですが、期待するほど増えないのも事実です。その限界をいかに引き上げるかが今の課題です」

そして、その課題を克服するために改良されたメンブレンが、「細胞をコントロールする薄膜」である。

### 細胞をコントロールする薄膜

メンブレンを改良するに当たって、梅原さんがまず着目したのは、メッシュ孔の大きさである。現状、臨床で使われているメンブレンには

20μmのメッシュ孔が開けられている。

「現状のメンブレンでは孔径が大きく、骨欠損部に歯肉となる上皮細胞が侵入し、骨形成量が制限されているのではないかと予測されます。血液の流れはそのままに、上皮細胞のみを遮断できるように孔径を10μmまで小さくしています。さらに、骨の再生効率を高めるために、メンブレン自体に生体活性を付与することを考えています」

現在実用化されているチタン・メンブレンは、生体不活性材料であり、材料そのものが骨形成促進作用を持っているわけではない。そこでメンブレン自身が骨をつくる細胞に働きかけられるように、メンブレンの表面に網目状の酸化膜をつくった。これらの工夫により、骨の再生が促進できるのではないかと期待されている。

「実際に臨床現場に立っているからこそ、治療したくても、できない悔しさを痛いほど実感しています」と梅原さん。いつの日か彼女の考えた新材料が臨床で用いられるようになれば、そんな悔しさを味わう患者を減らすことができる。再生医療というと高度で難しいイメージがあるが、もともと私たちにとって身近なもので、患者の生活を取り戻したいという、思いやりのある研究といえるかもしれない。

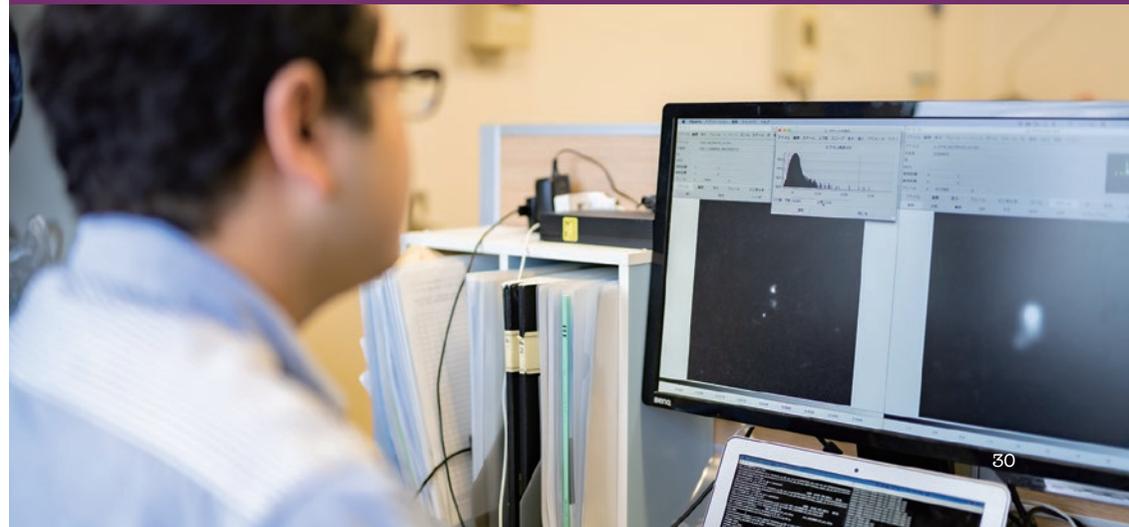


## 02 最先端に挑む博士課程後期の学生たち 「未来博士3分間コンペティション2019」受賞者

樋本 一晴  
HIMOTO Kazuharu

愛媛大学 大学院理工学研究科D1  
D1, Graduate School of Science and Engineering,  
Ehime University

He became interested in space by reading science fiction books when he was a child and lectures by Masatoshi Koshihara, who won the Nobel Prize in Physics. By actually coming into contact with the latest astronomy from undergraduate to Masters' level, he is fully engaged in space research. It is said that the real thrill of research is to aim for a breakthrough in ways that we thought were difficult at the time.



◀最優秀賞、オーディエンス賞(日本語部門)を受賞した「未来博士3分間コンペティション2019」の動画がこちらからご覧いただけます。  
[https://home.hiroshima-u.ac.jp/hiraku/event/competition\\_2019/report/](https://home.hiroshima-u.ac.jp/hiraku/event/competition_2019/report/)

There are galaxies that form stars that are more bursty than normal galaxies in the Universe. Previous studies found that the fraction of such galaxies was higher in the distant (early) universe, but the cause has not been investigated in detail due to the difficulty of detailed observation of distant galaxies. Himoto estimated that galaxy mergers contribute to bursty star formation activity in a dominant manner, and developed a new quantitative morphological index, which distinguishes whether the bright parts of the brightness in the galaxy are single or multiple in order to classify galaxy mergers. Analyzing about 10,000 galaxies based on the index, it was found that galaxies that are bursty star-forming have a high percentage of asymmetric and multiple bright parts. This is consistent with the characteristics of merging galaxies, suggesting that galaxy merger contributes to bursty star formation activity.

## 爆発的な星形成活動を行う遠方銀河の形態解析

### 途方もない銀河の研究

宇宙には未解明の謎が多い。誰もが宇宙というものを認識しながら、知っていることはわずかだ。現在、宇宙には約1000億個の銀河が存在すると言われており、私たちの住んでいる地球があるのは、その内の一つである「天の川銀河」だ。膨大な数が存在する銀河だが、一口に銀河といっても、その活動性には違いがあるという。

「銀河は各々のペースで星を作っています。まれに一般的な銀河よりも爆発的に星を作っている銀河が存在します。数十億年前よりも過去の銀河における爆発的な星形成活動の起源は詳しく調べられておらず、爆発的に星をつくっているという状態こそ分かるものの、そのきっかけが何かはわかっていません。銀河内部に起源があるのか、銀河の合体現象が引き起こしたもののなのか、それとも別の原因があるのか。私の研究では、銀河の形態を定量的に解析することで、その起源を特定することを目指しています」

宇宙は途方もなくスケールが大きい。私たちの地球から、比較的近くにある最近の銀河もあれば、遠くにある過去の銀河もある。遠方の銀河ともなれば、光の速さですら何

万、何億年の時間がかかる距離だ。一般的に、銀河の研究は観測装置に依存するところが大きく、近傍の銀河については観測が容易なことから研究が進んできたが、銀河が遠方になればなるほど、有意なデータを得ることが難しくなる。銀河の形態は、銀河種族を分類する方法の一つで、昔からよく調べられているが、その解析精度は画像の解像度に大きく依存する。そのため、これ以上詳細に銀河の形を調べるのは難しいと考えられ、国内外を問わず研究が下火になっているという。しかし、銀河の形を分類する新しい指標を編み出すことで、爆発的な星形成活動の起源の特定に進展があるという。

### わずかな手掛かりで世界に挑む

「遠方銀河で起こっている爆発的な星形成活動の起源として、銀河同士の合体現象が寄与していると考え、合体銀河を識別する定量的指標として中心表面輝度比 (CSB) を開発しました。これは、銀河の明るい部分が一つにまとまっているのか、それとも複数に分かれているのかを数値的に判別するものです」

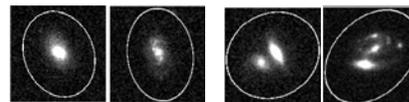
CSBと既存の指標を組み合わせ、60億年前の約1万の銀河についてその形態を解析したところ、爆発的な星形成活動を起こしてい

る銀河は、そうでない銀河に比べて、非対称で複数の明るい部分を持っている割合が高いことが判明した。この特徴は、先行研究で示されている合体銀河の形態と一致することから、爆発的な星形成活動の起源として、銀河の合体現象が寄与していると示唆されたのだ。

近傍銀河では、爆発的な星形成活動の起源は銀河合体である説が有力であったが、遠方銀河では、爆発的な星形成活動が、本当に銀河合体によって引き起こされたのかは定かではなかった。しかし今回の指標を使うことで、銀河形態を正しく区別できる精度が有意に上がり、遠方銀河の爆発的な星形成活動の起源に有力な示唆が得られたという。樋本さんは研究の魅力について次のように語る。

「天文学では、国際的に協力して研究が進められています。日本のみならず世界の最先端を走る、本当に優秀な研究者と交流できるのは素晴らしい経験です。そのような研究者の方々と切磋琢磨しながら、銀河について考えることに喜びを感じています」

天文学は各国や各大学の持つ望遠鏡を共同で利用するなど、国や研究機関の間で協力することが多いという。それぞれに得意とする分野が違うため、競争もあるものの、自らの所属という枠組みを超えて、志を同じ



一般的な銀河 合体中の銀河  
CSBで分類した一般的な銀河と合体中の銀河。合体中の銀河は複数の明るい部分で構成されていることが確認できる。



くする情熱を持った世界の人々が協力して、宇宙という果てしない難題に向かっていく。果てがないからこそ、研究が進んだ時のやりがいや達成感は格別のようなのだ。

### はるか過去の光から未来を知る

これからの目標について、樋本さんは次のように話す。「新たに開発した指標を用いて、爆発的な星形成活動を行っている銀河の形態を、異なる時代にわたって調査します。銀河の合体現象が銀河形成にどのような影響を与えてきたのか、さらに追及していきます」

私たちの住んでいる天の川銀河と、隣に存在するアンドロメダ銀河は、あと40億年ほどで衝突すると言われているが、その時はいったいどんなことが起きるのだろうか。現在生きている私たちが、数十億年先の銀河の行く末を見ることはできない。しかし研究が進めば、銀河がどのようにできてきたのか、これから銀河がどうなるのか、少しずつ明らかになっていくだろう。

「われわれが見る星の光とは、過去の出来事の光です。何万、何億光年もの距離を超えて届いた情報から、過去のことを知り、未来のことを推測することができます。宇宙の研究とは、すぐロマンがあるものではないでしょうか」

シャーロック・ホームズの話に、アーサー・コナン・ドイルの名言としても知られる次の言葉がある。「一滴の水からも、大西洋やナイアガラの滝が存在しうることを推定できる」

私たちの時間は、宇宙の歴史におけるほんのわずかな時間にすぎず、宇宙を知るには、あまりにも途方もない時間と空間が横たわっている。おそらく私たちは、永遠に宇宙の全てを見ることはできない。だからこそ、「一滴の水」から全貌を推定していく宇宙の研究には、夢が詰まっていると言えないだろうか。



There has been a lot of focus on lithium-ion batteries since Akira Yoshino won the Nobel Prize in 2019. The creation of this ground-breaking secondary battery advances the IT revolution and gives us a feeling of what is to come in the approaching era of electric vehicles. However, the lithium-ion batteries that are being used at the moment contain combustible organic solvent and have the disadvantage of being easily flammable. That is why researchers all over the world are working on research to overcome this disadvantage and Yamaguchi University's Sai is also developing new materials using safe and highly versatile polymers. Through this research up to now, Sai is clarifying the connection between the coordination structure of polymer electrolytes and the transfer response of lithium ion and these results are expected to become a guideline for designing polymer electrolytes.

## 未踏の領域を生き抜く技術を求めて

### フットワークの軽い社会の幕開け

2019年10月、若手研究者たちの励みとなるニュースがスウェーデンから日本へ舞い込んできた。旭化成の吉野彰名誉フェローがリチウムイオン電池の開発でノーベル化学賞を受賞したのだ。リチウムイオン電池といえ、IT革命とともに生まれ育ち、社会を大きく変えた立役者である。今日、スマホやタブレット・PCなどを介して、私たちが自由に情報を持ち歩けるのは、全てリチウムイオン電池が開発されたおかげだ。さらに今後は、電気自動車への応用を通して、環境問題の解決策の一つとしても期待されている。

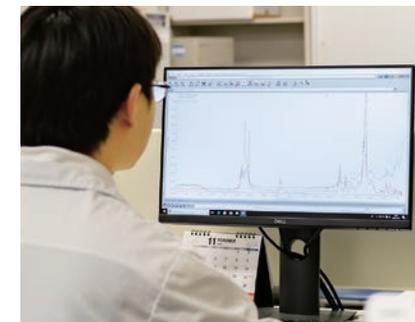
だがリチウムイオン電池も、万全というわけではない。2013年にボーイング787のバッテリー問題が報告されたように、克服しなければならない安全面での問題を抱えている。リチウムイオン電池の電解質には可燃性の有機溶媒が使用されており、同材料を使う限り発火の危険が付きまとう。こうした問題を解決するための新材料の開発は、世界中の研究者がしのぎを削っている分野である。その挑戦者の一人である崔さんは、ポリマーに着目したという。

「ポリマーとは、プラスチックなど小さな分子が連なってできる大きな分子の総称です。私たちの研究室ではポリマー材料を電解質に使うことを研究しています。これが可能になれば、可燃性の有機溶媒に代わって、安全面の問題を克服することができます」

ところが、この新材料にも乗り越えるべき壁があった。

### トレンドに答えがあるとは限らない

実はポリマー電解質を使用した場合、安全性が得られる反面、リチウムイオンの輸送力が低下する（パワーが落ちる）といったデメリットが生じてしまう。そこで崔さんは分子構造に着目し、弱点克服のための研究を開始した。



### 03 最先端に挑む博士課程後期の学生たち 「未来博士3分間コンペティション2019」受賞者



崔 亮秀  
SAI Ryansu

山口大学 大学院創成科学研究科 D2  
D2, Graduate School of Sciences and Technology for Innovation,  
Yamaguchi University

With the ambition of becoming a scientist, he chose the path of scientific studies. To be honest, it was the ambition that won out at first but once he actually became involved in experiments, he woke up to the pure enjoyment of research. Establishing hypotheses and carrying out experiments with a view to solving them produces a feeling of excitement akin to solving a pencil puzzle.



「リチウムイオンの輸送を促すには、リチウムイオンを取り巻くポリマーの立体的構造（配位構造）が重要だと分かりました。そしてもう一つ、リチウムイオンとは直接的に作用しない非極性部位の設計も重要であると判明しました」

これらの成果は国際的な学術誌にも掲載され、ポリマー電解質を設計する際の指針になるものと期待されている。この分野で今、研究者たちが関心を寄せているのは、セラミックを使った全固体電池の開発だ。例えばEV車を開発するトヨタは2020年までに全固体電池を搭載した電動モビリティを完成させると明言しており、EV時代の幕開けは全固体電池次第だともいわれている。そんな中、ポリマーはセラミックに比べると、やや影が薄いように見られることがある。しかし崔さんは、他の研究の足りない部分を埋める優位点がポリマーにあると話す。

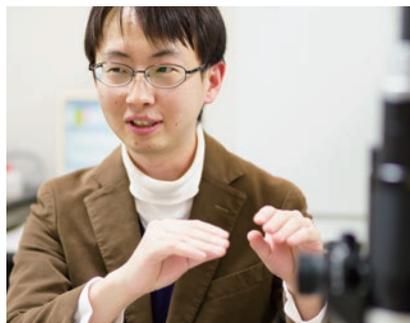
「確かにポリマーは、トレンドとは言えませんが、トレンドに全ての答えがあるとは限りません。セラミックだけでは必ず壁にぶち当たる時がくると考えています。柔らかいポリマーは、汎用性の面でも期待が大きいものです。可能性の芽は一つではないのです」

#### 世界を舞台に爆発的進歩を遂げる科学

リチウムイオン電池の生みの親である吉野氏は、あるメディアのインタビューで、新しい技術が世の中に普及するまでには、「魔の川」「死の谷」「ダーウィンの海」と呼ぶ3つのステージがあると語っていた。これらの呼び名は、技術に基づいたイノベーションが、事業化までに迎える苦難の道のりを例えたものだ。

最初の「魔の川」は孤独な仕事の中で希

望の光を見いだす基礎研究の段階。次にたどり着く「死の谷」は、製品化に向けて次から次へと出てくる問題に対応する困難に満ちた過程を示す。そして、最後の「ダーウィンの海」は新しい技術が市場の生存競争を勝ち抜き、社会を変革していく段階にあたる。吉野氏が開発したリチウムイオン電池も生存競争の海を渡り、一つめの進化の岸辺、IT革命にたどり着いた。



現在もリチウムイオン電池は、二つめ、三つめのステージを渡っている最中であり、世界中の研究者たちが未踏の領域を目指してその改良に励んでいる。電気自動車への応用は、安全面の問題さえ克服できれば、IT革命同様に一気に進むと予測されており、研究面でも世界の動向を意識した戦略が求められている。

「誰かの研究に打開のヒントがあるかもしれませんが、反対に私の研究で弱点を克服し、他の研究者にフィードバックできるかもしれません。研究者のフィールドに国境はありません。研究室はいつでも世界とつながっています」と崔さんは語る。

研究室の扉の向こうには、川も谷も海も広がっている。もちろん苦難の連続だが、世界中の研究者と共に開拓していく未来は夢にあふれている。



## 04 最先端に挑む博士課程後期の学生たち 「未来博士3分間コンペティション2019」受賞者

大橋 栄作  
OHASHI Eisaku

徳島大学 大学院薬科学教育部 D2  
D2, Graduate School of Pharmaceutical Sciences,  
Tokushima University

He began thinking about life when he was very ill as a child. Through continuous effort and due to his experience of sudden growth, he really felt that he was made for research. He wanted to help people by research in drug development. He places emphasis only on the truth in experiments and values fundamental thought.



The seeds of medicine can be found in natural products. We analyze the structure of natural products that have specific effects and use them in medicines. The natural product, Palau' amine, has 1,000 times the immunosuppressive activity of cyclosporin that is used as an immunosuppressive drug and is known for having the world's most complex hexacyclic skeleton. Palau' amine can only be extracted in tiny amounts from sea sponges and it is necessary to ensure supply through chemical synthesis for practical use but the current method of synthesis is so inefficient that we are far from practical application. However, Mr. Ohashi's new synthesis method has succeeded in building a pentacyclic Palau' amine skeleton with less than half of the number of processes. The results show that this can be used not only as an immunosuppressive drug but that it also has hidden potential to change the history of drug development.

## 創薬を変える世界一複雑な天然物

### 複雑な天然物の作用機序解明

体調が悪いと感じたら、多くの人は、病院へ行って薬を処方してもらう、あるいは市販の薬を買うだろう。治療や予防など、さまざまな目的で薬は欠かせない。そんな薬の“タネ”は、生物の生産する物質、つまり天然物から見つかることがある。多様な構造を持つ天然物から、作用機序と呼ばれる生体に作用するメカニズムを解明することで、薬に生かすことができるのだ。大橋さんは天然物の中でも、最難関の構造といわれる「Palau' amine」を研究している。

「私の研究室では、世界一複雑な六環性骨格を有するPalau' amineの化学合成に成功し、作用機序解明への道を開きました。ですが、合成の効率が悪く、実用には耐えられないものでした。そこで、第一世代の効率性の低さを大幅に改善する第二世代合成の研究をしています」

Palau' amineは、免疫抑制剤として使用されるシクロスポリンと比べて、1000倍強い免疫抑制活性を示すことが知られているが、生産している海綿動物からは極めて少量しか得られない。そのため実用化に向けては、

作用機序の解明によって天然物を利用せず、化学合成を起点として供給する必要がある。だが、その道のりはとてつもなく険しい。

合成研究は目に見えない分子を一つ一つ組み立てる作業であり、構造が複雑になればそれだけ合成の難易度は跳ね上がる。Palau' amineの全合成ともなれば、再現するだけで3年ほどかかるという。世界中で合成研究が進められてきたが、大橋さんの研究室を含めて、全合成は世界で2度しか報告されていない。しかし大橋さんは、Palau' amineの再現にとどまらず、効率を大幅に上げる革新的な合成法を開発した。斬新なアイデアの秘訣は、意外なことに教科書の枠にとられないことだったという。

### 実験事実を持っているのは実験者ただ一人

「そもそも私の研究は、教科書ではあり得ないとされているアプローチをとっています。研究では、実験事実のみを重視し、緻密な観察を続けました。得られた事実は、数学でいうところの公理まで掘り下げて分析・考察し、その本質まで突き詰める。すると、常識からは考えにくい事実が予想されました。そこ

から自分なりの仮説を導き、再度徹底的に論証することで、いくつもの新しいアイデアが出てきました」

こうした地道な努力を続け、最終的に革新的な合成方法を開発し、Palau' amineの五環性骨格を第一世代と比べて半分以下の工程数で構築することに成功した。この合成法を用いれば、Palau' amineの作用機序解明への展開も期待できるという。しかし実際は、研究を始めてみても全くとまらず、約2000ものネガティブデータが積み重なった。教員の支援も受けつつも、研究はほとんど一人で行っており、失敗が毎日積み重なった。それでも諦めずに研究を続けられたのは、ひとえに信念によるものだという。

「研究は世界を一変させる力を持っています。私は、絶対に世界が驚く研究を成功させると決意していました。日々の実験結果は、全てが最先端の結果です。それを持っているのは実験者ただ一人で、世界の先頭に立っているということです」

Palau' amineは免疫抑制という臓器移植などの場での活用を見込めるが、大橋さんはそれ以上に“世界一複雑な化合物をつくれる”という事実が重要だと話す。その理由は、創薬の難しさにある。

### 新しい創薬の時代へ

新薬の開発には、およそ10年以上かかり、成功するのは数万分の1の確率にすぎないともいわれている。難易度の高い化合物は効果が高く、副作用が少ないことなどが期待されるが、あまりの難しさゆえにそもそも手が出せず、ほとんど前例がない状態だ。

しかし、優れた効果の化合物を効率よくつくれるようになれば、世界中で創薬への参入



が進み、さらに優れた医薬品の登場を後押してできるかもしれないという。大橋さんは、研究への思いを次のように語る。

「私は不器用で成長の遅い人間ですが、試行錯誤と分析を繰り返すことで、周りが情熱を失ってくる頃に急に伸びるという経験が何度もありました。初めはただの夢想家だったかもしれませんが、研究を続けたことで少しずつ実力が付き、認められるようになりました。これからも創薬に携わり、薬の“タネ”をつくりたいと思います。自分の研究で、世界が少しでも良い方向に変わるのであれば、それはすごくうれしいことです」

一つの化合物をつくる技術が、創薬の歴史を変える可能性を秘めている。試行錯誤と失敗の繰り返しも、振り返れば世界を変える起点になっているかもしれない。



2020年3月発行

## 地方協奏による世界トップクラスの研究者育成

代表機関: 広島大学

共同実施機関: 山口大学・徳島大学・愛媛大学

連絡先

### HIRAKU-Global 事務局

広島大学 学術・社会連携室 〒739-8511 東広島市鏡山1-3-2

TEL (082) 424-4445 E-mail: hiraku-global@office.hiroshima-u.ac.jp

