



物質・デバイス領域共同研究拠点

# ANNUAL REPORT

研究成果・活動報告書 2024年度

ダイジェスト版

共同利用・共同研究拠点事業（文部科学省）

## 目次 CONTENTS

拠点事業の紹介 Introduction	2
拠点の活動について Center's Activities	4
公募事業 Open Call for Proposals	6
2024年度の公募結果 Results of Open Call for Proposals in FY2024	8
研究者インタビュー Interviews	
■ 金属のように熱を通すセラミックス・樹脂複合体の実現 楠瀬 尚史教授(香川大学創造工学部) 周 華園さん(香川大学大学院工学研究科博士課程) 関野 徹教授(大阪大学産業科学研究所)	10
■ 半導体の未来を変えるナローギャップ酸化物半導体とは？ 喜多 正雄准教授(富山高等専門学校機械システム工学科) 小俣 孝久教授(東北大学多元物質科学研究所)	14
■ 環境に配慮したシアノバクテリアの遺伝子改変技術開発 渡辺 智教授(東京農業大学生命科学部) 前田 海成助教(東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所)	18
■ がん細胞の動きを追え！ メカノタキシス理論を応用し、転移メカニズムを探る 栗山 正准教授(秋田大学大学院医学系研究科) 木戸秋 悟教授(九州大学先端物質化学研究所)	22
物質・デバイス共同研究賞 Materials and Devices Joint Research Award	26
拠点活動報告会 Annual Report Meeting	28

## ご挨拶

### 黒田 俊一

物質・デバイス領域共同研究拠点本部長  
大阪大学産業科学研究所長



本拠点ネットワークは、北海道大学電子科学研究所、東北大学多元物質科学研究所、東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所、大阪大学産業科学研究所、及び九州大学先導物質化学研究所の5大学研究所が連携し、物質・デバイス領域を中心とした我が国の研究力強化、イノベーション創出、若手人材育成、国際化の促進を目的として、文部科学省より2010年度に認定を得てスタートしたものです。第1期（2010-2015年度）及び第2期（2016-2021年度）の活動を経て、2022年度から第3期が始まりました。

今期3年目となる2024年度に採択された共同研究課題は525件にのぼり、拠点利用者同士のネットワークが一層広がるなかで、新しい研究分野の開拓や社会実装へと繋がった新技術など、活発な研究活動が日本全国で展開されています。今後も、拠点利用者に5研究所に跨る共同研究プラットフォームの豊かな研究資源を活用してもらい、多様性と新奇性に満ちあふれた共同研究に取り組んでいただくことで、当拠点は社会に貢献する拠点ネットワークとしての機能を引き続き強化してまいります。

また、拠点の活動及び成果をより深くご理解いただけるよう情報発信にも力を注いでいきます。拠点ホームページで公募案内やシンポジウム開催等リアルタイムでの情報発信のほか、活動実績や公募結果の分析をまとめた成果報告書を年に1度発行しています。インタビューページでは特に、独創的、先鋭的な研究に真摯に取り組む研究者らを取り上げ、研究現場のリアルをお伝えしていきたいと考えています。

皆さまには本報告書で2024年度の活動・成果をご高覧いただくとともに、引き続き力強いご協力とご支援を賜りますようお願い申し上げます。

## Greetings

The Network Joint Research Center (NJRC) comprises Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Laboratory for Chemistry and Life Science, Institute of Integrated Research, Institute of Science Tokyo, SANKEN, The University of Osaka, and Institute for Materials Chemistry and Engineering, Kyushu University. It was launched in 2010 as a project of the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology with the aim of enhancing research capabilities, creating innovation, fostering young human resources, and promoting internationalization. After the first (FY2010-2015) and second (FY2016-2021) stages of activities, the center entered its third phase in FY2022.

In FY2024, the third year of this stage, a total of 525 collaborative research projects were adopted. As center users are expanding their network, vigorous research activities are conducting nationwide, leading to the development of new research fields and new technologies into practical use. The NJRC will continue to strengthen its functions as a network of the research center, that actively contributes to society, by offering center users the rich research resources of the collaborative research platforms spanning the five research institutes and by encouraging them to engage in collaborative research that is full of diversity and novelty.

Furthermore, we also focus on information dissemination to promote a deeper understanding of the center's activities and achievements. In addition to providing real-time update information on the NJRC's website, such as invitations to apply for proposals, symposiums, and other events, the center publishes an annual report, which summarizes the center's activities, and analyzes statistically the results of the open calls for proposals. In the researcher interview page, we would like to feature several researchers who are earnestly engaged in original and cutting-edge research, and would like to convey the realities of the research scene.

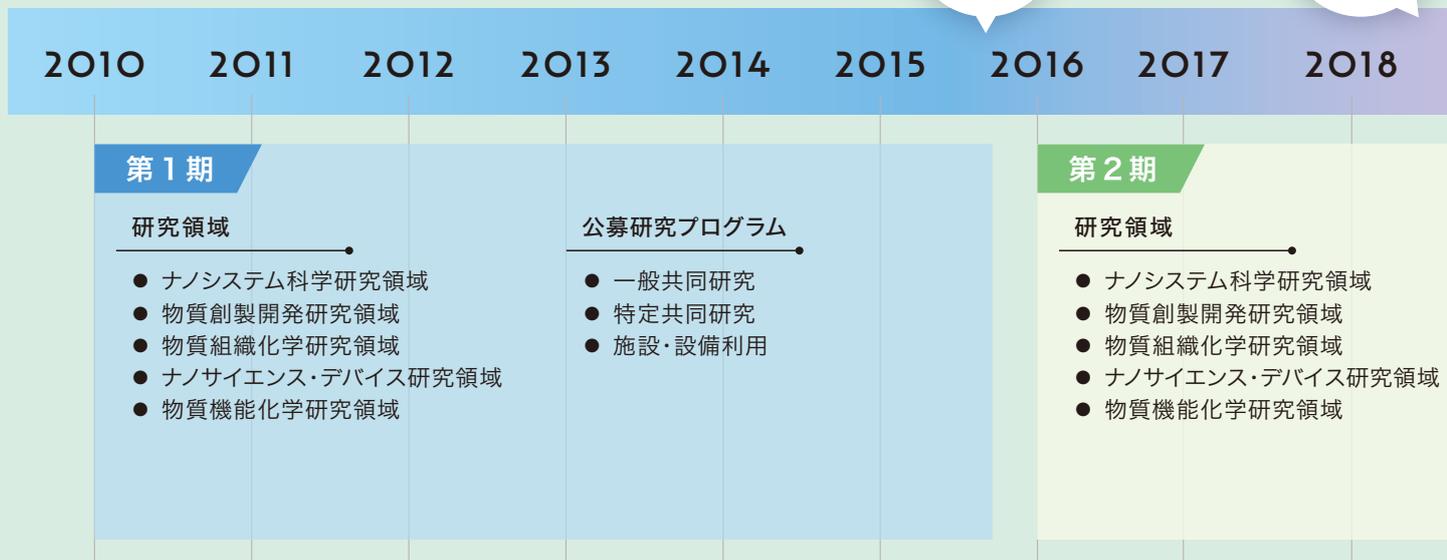
The center hopes you enjoy reading this FY2024 report, and looks forward to your continued strong cooperation and support.

Director of Operations  
Network Joint Research Center for Materials and Devices  
Director, SANKEN, The University of Osaka  
**Shun'ichi Kuroda**

# 物質・デバイス領域共同研究拠点の沿革

2015年9月  
S評価

2018年10月  
S評価



## 拠点事業について

物質・デバイス領域共同研究拠点は、研究者が各々の研究機関の枠を越えて共同研究を行う体制を整備するという共同利用・共同研究拠点の理念のもと、北海道大学電子科学研究所、東北大学多元物質科学研究所、東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所、大阪大学産業科学研究所、九州大学先端物質化学研究所により形成された拠点ネットワークです。

2010年に文部科学省より共同利用・共同研究拠点認定を受けて以降、全国の国公立大学や国立研究機関、高等専門学校等に所属する研究者らが、5研究所に所属する教員と行う共同研究のための研究費の支援を行ってきました。15年間で実施された共同研究は7,000件を超え、若手研究者の育成や新しい研究分野の開拓など、日本の研究力の底上げに大きく貢献しています。

今後も、拠点構成研究所を中核として、国内外の研究者コミュニティとの連携を強化し、マテリアルイノベーションの活性化を推進させるべく、共同研究を支援していきます。



北海道大学電子科学研究所



東北大学多元物質科学研究所



東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所

2021年11月  
S評価

2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027

#### 公募研究プログラム

- 基盤共同研究
- 施設・設備利用
- 展開共同研究A・B
- 次世代若手共同研究
- COREラボ共同研究

#### 第3期

#### 研究領域

- 物質・光・生命・数理  
複合科学研究領域
- 物質創製・先端計測研究領域
- 物質組織化学研究領域
- ナノサイエンス・デバイス研究領域
- 物質・材料機能研究領域

#### 公募研究プログラム

- 基盤共同研究
- 施設・設備利用
- クロスオーバー共同研究
- 展開共同研究
- 次世代若手共同研究
- COREラボ共同研究
- 機動的プロジェクト

## NETWORK JOINT RESEARCH CENTER FOR MATERIALS AND DEVICES

The Network Joint Research Center (NJRC) for Materials and Devices is a system of research institutions established by Research Institute for Electronic Science, Hokkaido University, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University, Laboratory for Chemistry and Life Science, Institute of Integrated Research, Institute of Science Tokyo, SANKEN, The University of Osaka, and Institute for Materials Chemistry and Engineering, Kyushu University as a cooperative usage and research center for investigators to conduct joint studies beyond their own institutes.

Since receiving certification of activity authorization as a Joint Usage/Research Center from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in 2010, the NJRC has provided funds for joint studies conducted by researchers at national, public, and private universities, national research institutes, technical colleges throughout Japan, with faculty members affiliated with the five research institutes. Over the past 15 years, approximately 7,000 joint studies have been conducted, contributing greatly to raising the level of Japan's research capabilities by fostering young researchers and creating new research fields.

The NJRC will continue to support joint research toward promoting materials innovation by strengthening ties with domestic and overseas research communities, whereby the center's five research institutes will play a key role.



命科学研究所



大阪大学産業科学研究所



九州大学先導物質化学研究所

## 拠点の活動について

### CENTER'S ACTIVITIES

毎年、全国の研究機関に在籍する研究者に向けて、公募を行っています。多様性の確保に重点を置き、できるだけ多数の課題を採択する趣旨のもと、毎年500件前後の課題を採択しています。

Every year, the center invites investigators at research institutions across Japan to collaborate. The emphasis is on ensuring diversity and adopting as many joint research topics as possible: about 500 proposals are selected each year.

## 公募

Open Call for Proposals

毎年、5研究所の持ち回りで開催。招待講演をはじめ、物質・デバイス領域で顕著な研究成果を挙げた研究者の発表など、研究者の重要な交流の場となっています。

The annual meeting is held in rotation among the five research institutions. The meeting serves as an important forum for academics to exchange ideas, including invited lectures and presentations by researchers who have achieved significant results in materials and devices.

## 活動報告会

Annual Report Meeting

新進気鋭の研究者へのインタビューを中心に、拠点事業を理解してもらうための情報を掲載しています。

The focus is on interviews with up-and-coming researchers. Information is provided to promote understanding of the center's projects.

## 成果報告書

Annual Report

## 情報発信

Disseminating Information

拠点 HP を開設し、公募案内はもちろん、研究成果の発表など、物質・デバイス領域における研究について、多岐にわたる情報を発信しています。

The center's website provides a wide range of information on research in the field of materials and devices, including announcements of research results and open call for proposals.

## 物質・デバイス 共同研究賞

Materials and Devices Joint  
Research Award

同領域の研究分野の発展に寄与した研究者を表彰する制度です。2018年から導入され、毎年20人前後の研究者を選出しています。

This award recognizes investigators who have significantly contributed to developing research in materials and devices. It was introduced in 2018, and about 20 researchers are selected annually.

## 拠点卓越学生 研究員認定書

Certificate for  
Distinguished Student  
Researcher of the Center

次世代若手共同研究に採択された大学院生など次世代を担う研究代表者に称号を付与し、研究へのモチベーションの向上を図ります。

For graduate students and others selected for the Next Generation Young Researchers Program, this certificate is awarded to investigators who will lead the next research generation, which will help motivate them in pursuing their studies.



## 公募事業

### OPEN CALL FOR PROPOSALS

拠点事業で柱となるのが共同研究課題の公募です。

物質・デバイス領域における新たな学際領域の開拓と発展のため、国公立大学や公的研究機関等に所属する研究者に向けて、例年1月に共同研究課題の公募を行っています。なお、公募課題のうち「次世代若手共同研究」については、大学院生、学部生、高等専門学校の専攻科生が対象となります。

申し込みにあたっては、5研究所に所属する研究者の中から共同研究者（受入教員）を見つける必要があります。拠点ホームページ (<https://five-star.sanken.osaka-u.ac.jp/>) では、募集要項、共同研究のパートナー探しに役立つ研究者データベース、各研究所の利用可能な機器一覧など、申請に必要な情報を網羅しています。また、申請も当ホームページよりオンラインで行えるようになっています。

採択者は、研究費の支援だけでなく、受入研究所が所有する施設・設備の利用、技術職員によるデータ収集・解析等のサポートを受けることができます。このように個々の大学の枠を超え、研究者らに質の高い研究環境を提供することで、本拠点ネットワークは日本の研究力の向上に寄与しています。

The pillar of the Network Joint Research Center (NJRC) for Materials and Devices is the open call for joint research proposals. To explore and develop new interdisciplinary areas in materials and devices, the center invites researchers from national, public, and private universities and public research institutes in January each year. Among the open call for proposals, the Next Generation Young Researchers program is open to graduate and undergraduate students as well as technical college majors.

To apply, investigators affiliated with one of the five institutes are required to serve as coresearchers (host faculty members). The NJRC's website (<https://five-star.sanken.osaka-u.ac.jp/>) covers all information necessary for application, including guidelines, a researcher database useful for finding partners for joint investigations, and a list of available equipment at the five host research institutes. Applications must be submitted from that website.

In addition to the support of research funds, the recipients will be able to use the facilities and equipment owned by the five host institutes and receive support from technical staff for data collection and analysis. The NJRC contributes to the enhancement of Japan's research capabilities by providing researchers with a high-quality research environment.

## 2024年度 公募課題

### Open Call for Proposals in FY2024

### 基盤共同研究

#### Basic Joint Research Program

研究費 ▶ 14万5千円

物質・デバイス領域の萌芽となる、自由な発想とアプローチによるボトムアップ（提案）型の共同研究を支援します。

The center supports bottom-up (proposal)-type joint research based on applicants' free ideas and approaches in the field of materials and devices. Research expenses are about 145,000 yen.

### 施設・設備利用課題

#### Program for Utilization of Facilities and Equipment

研究費 ▶ なし

5研究所が所有する最新の施設・設備を活用して、先導的な研究の推進に役立ててもらうことを目的とします。研究費の支給はありません。

This program aims to facilitate applicants' leading-edge research by providing access to state-of-the-art facilities and equipment owned by the five institutes. Research funds are not provided.

## クロスオーバー共同研究

### Crossover Joint Research Program

研究費 ▶ 25万円

2022年度より新設された課題で、例えば、マテリアル×AI、物質×光、生命×数理、マテリアル×社会科学等を組み合わせて異分野融合研究へと発展させ、新しい研究の創造へとつなげていく目標設定型プログラムです。

This new program was established in FY2022. It is a goal-setting program that combines, for example, materials and AI, materials and light, life science and mathematics, and materials and social science. The program develops the fields into interdisciplinary fusion research, leading to the creation of new areas. Research expenses are 250,000 yen.

## 展開共同研究

### Expanded Joint Research Program

研究費 ▶ 30万円

2カ所以上の研究領域（研究所）と共同研究を行うことにより、人材交流の促進、多角的な視点を経て独創的な研究へと発展させることを目指します。

By conducting joint studies with two or more research areas (institutes), the center aims to promote personnel exchanges and develop original research through multifaceted perspectives. Research expenses are 300,000 yen.

## 次世代若手共同研究

### Next Generation Young Researchers Program

研究費 ▶ 10万円

大学院生、学部生、高専専攻科生等が、先駆的かつ挑戦的な研究を実施できるよう支援します。採択者には「拠点卓越学生研究員認定書」が授与されます。

This program supports graduate students, undergraduate students, and students majoring in technical colleges to conduct pioneering, challenging research. Selected applicants receive a Certificate of Distinguished Researcher at the NJRC and research grant of 100,000 yen.

## CORE ラボ共同研究

### Collaborative Research Laboratory (CORE-Lab) Program

研究費 ▶ 180万円

若手研究者がプロジェクトリーダーとなって研究チームを構成し、受入研究所で中長期滞在し、研究活動を行います。優秀な研究者らと深い議論を交わすことで、飛躍的な研究成果、イノベーションの創出が期待されます。

A selected young investigator forms a research team as a project leader and stays at the host institute for a mid- to long-term stay to conduct research activities. Through in-depth discussions with outstanding investigators, the program is expected to produce breakthrough results and innovations. Research expenses are 1.8 million yen.

# 2024年度の公募結果

## RESULTS OF OPEN CALL FOR PROPOSALS IN FY2024

公募は1月10日から31日にかけて行われました。慎重に申請内容を審査し、いくつかの課題については適切な課題へ振り替えるなど課題調整を行い、基盤共同研究387件、施設・設備利用課題10件、クロスオーバー共同研究31件、展開共同研究38件、次世代若手共同研究49件、CORE ラボ共同研究8件を採択しました。

総採択数は、通年公募の施設・設備利用課題2件を含め525件となり、前年度から20件も増加し、順調に利用者が増えていることがうかがえます。

The Network Joint Research Center (NJRC) for Materials and Devices invites applications for joint research proposals from January 10 to 31, 2024. After careful peer review and adjustments, redirecting some proposals to more suitable categories, 387 for the Basic Joint Research Program; 10 for the Program for the Utilization of Facilities and Equipment; 31 for the Crossover Joint Research Program; 38 for the Expanded Joint Research Program; 49 for the Next-Generation Young Researchers Program; and 8 for the Collaborative Research Laboratory (CORE-lab) Program.

The total number of adopted proposals increased by 20 from the previous year to 525, including 2 proposals for the Program for the Utilization of Facilities and Equipment, which was open throughout the year. This demonstrates that the number of users is increasing steadily.

# データで見る物質・デバイス領域共同研究の実績

## ACHIEVEMENTS IN JOINT RESEARCH FOR MATERIALS AND DEVICES AREA DATA

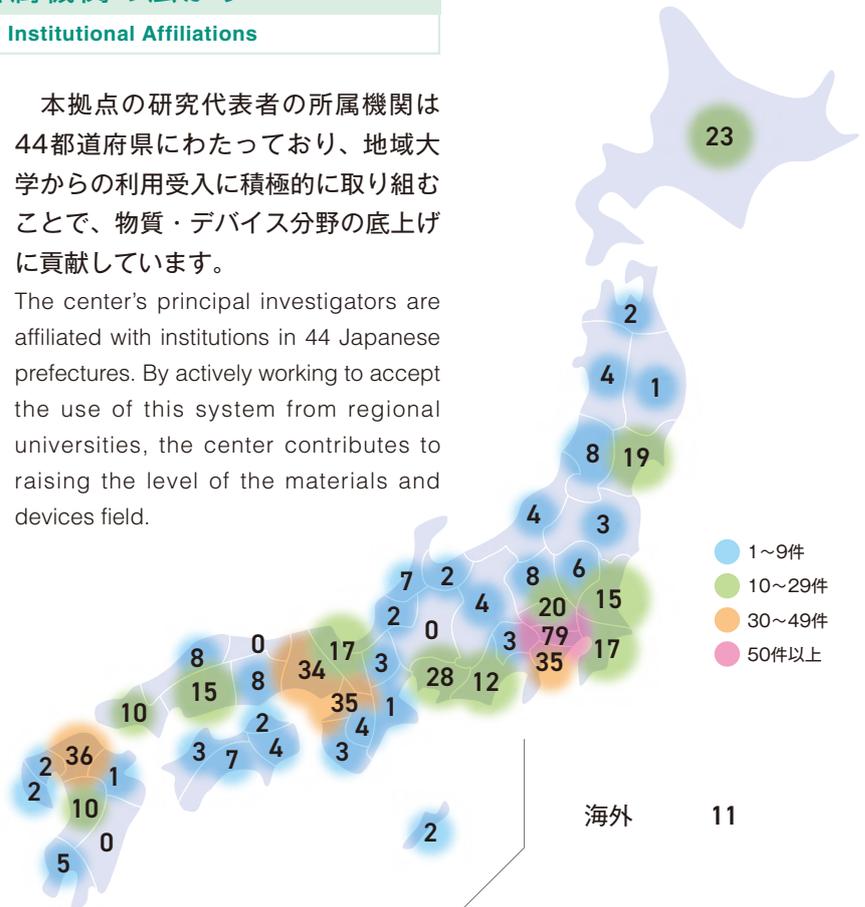
### 研究代表者の所属機関の広がり

#### Principal Investigators' Institutional Affiliations

都道府県	課題数	都道府県	課題数
北海道	23	滋賀県	3
青森県	2	京都府	17
岩手県	1	大阪府	35
宮城県	19	兵庫県	34
秋田県	4	奈良県	4
山形県	8	和歌山県	3
福島県	3	島根県	8
茨城県	15	岡山県	8
栃木県	6	広島県	15
群馬県	8	山口県	10
埼玉県	20	徳島県	4
千葉県	17	香川県	2
東京都	79	愛媛県	3
神奈川県	35	高知県	7
新潟県	4	福岡県	36
富山県	2	佐賀県	2
石川県	7	長崎県	2
福井県	2	熊本県	10
山梨県	3	大分県	1
長野県	4	鹿児島県	5
静岡県	12	沖縄県	2
愛知県	28	海外	11
三重県	1		

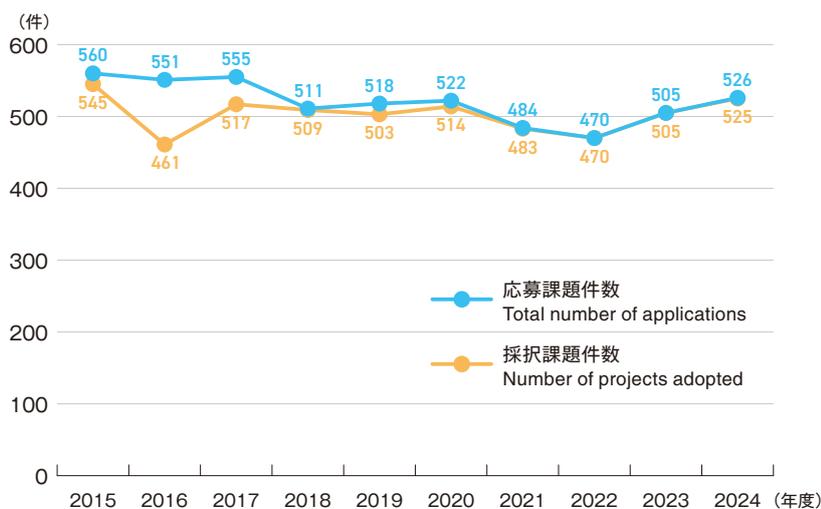
本拠点の研究代表者の所属機関は44都道府県にわたっており、地域大学からの利用受入に積極的に取り組むことで、物質・デバイス分野の底上げに貢献しています。

The center's principal investigators are affiliated with institutions in 44 Japanese prefectures. By actively working to accept the use of this system from regional universities, the center contributes to raising the level of the materials and devices field.



## 応募課題数・採択課題数推移

Number of Applications and Projects Accepted

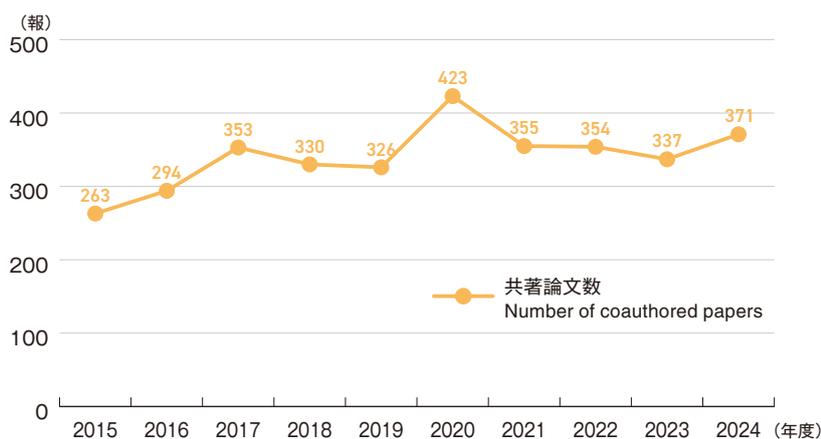


毎年、応募課題件数、採択課題件数ともに500件前後で安定しています。基礎研究から応用研究まで幅広い提案を採択して研究者ネットワークを発展拡大させることにより、異分野融合・新分野創生を促進しています。

Every year, both the total number of applications and number of accepted applications have remained steady, at around 500. By accepting a wide range of proposals from basic research to applied research and by developing and expanding the network of researchers, the center promotes the fusion of different fields and creation of new ones.

## 拠点成果による共著論文数推移

Number of Coauthored Papers Reflecting the Center's Achievements



2010年度に本拠点事業を開始して以来、研究代表者と受入研究者の共著論文が順調に増加しています。

Since the center began in FY2010, there has been a steady increase in the number of coauthored papers by PIs and host researchers.

## 拠点成果による共著論文のインパクトファクター平均値推移

Change in Average Impact Factor of Coauthored Papers Reflecting the Center's Achievements



研究代表者と受入研究者の共著論文のインパクトファクター平均値は年々上昇しており、影響力の高いジャーナルへの投稿が顕著になっています。

The average impact factor of papers coauthored by PIs and host researchers has increased annually, and submissions to high-impact journals have risen.

金属のように熱を通す

セラミックス・

樹脂複合体の

実現

大粒径多面体粒子合成がカギ



### 次世代の産業を支える非酸化物セラミックス

セラミックス分野では、その扱いやすさから、金属と酸素との化合物である“酸化物”が大多数を占めます。一方、窒化アルミニウムや窒化ホウ素など“非酸化物”セラミックスは、耐熱性に優れ、その硬度が高いことから、航空宇宙や自動車産業での高温部品や高硬度を活かした工具や刃物に使われていますが、酸化物と比べて、合成や製造のハードルが高いという側面があります。

香川大学の楠瀬尚史教授と大学院生の周華園さんは、大阪大学の関野徹教授との共同研究で、窒化ホウ素の「過酷な環境下で耐える」という性質に加えて、「高熱伝導」という機能を付与する手段の開発に成功しました。その共同研究の内容や展開などについて、お話を聞かせていただきました。

——酸化物と比べて研究のハードルの高い非酸化物の研究を始めたいきっかけと非酸化物の特徴を教えてください。

**楠瀬** きっかけは、1994年に指導教官から、窒化ケイ素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) と窒化ホウ素 (BN) との複合材料に関する修士論文のテーマをいただいたからです。非酸化物の優れた特性は、その結合にあると思っています。金属と酸素の化合物である酸化物では、酸素の電気陰性度 (原子が電子を引き寄せる強さの相対的な尺度) が高いため、金属元素と酸素は、プラスとマイナスの静電的な結合、すなわちイオン結合を形成します。一方、金属と窒素の化合物である非酸化物では、窒素の電気陰性度が酸素より小さいことから、金属と窒素が中間で電子を共有した結合、共有結合と呼ばれる、前者よりも強い結合を形成します。結合が強いため、温度が上昇して原子が振動し始めても結合が切れることなく、高温までその高強度が維持できる、というセラミックス特有の高耐熱性を発揮する要因となっています。つまり、この強い共有結合性を持った非酸化物材料は、機械的にも化学的にも優れた強いセラミックスを提供するのに有利なのです。

——研究対象の窒化ホウ素の主な用途は何でしょうか？

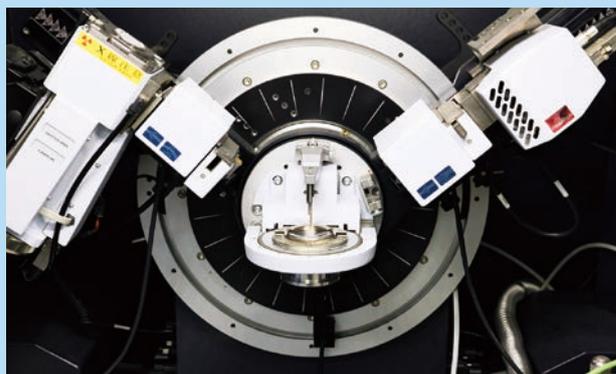
**楠瀬** 窒化ホウ素は、結晶構造としてはカーボンと同じ構造をとります。カーボンの同素体、ダイヤモンドに相当するキュービックBN (c-BN) は、ダイヤモンドと同様に硬度が高く、切削工具などに使われます。対照的に、カーボンのグラファイトに相当するヘキサBN (h-BN) は、グラファイトのように硬度が低く、へき開する性質があります。主な用途として、c-BNは耐熱性や化学安定性に優れていることなどから、金属の溶融坩堝や高温での反応容器などがあります。h-BNは、へき開性を有していることから、固体潤滑剤として使用されたりします。しかし、最近ではやはり放熱シート用のフィラー (充填剤) だと思います。h-BNは高熱伝導性と電気絶縁性を有しているため、発熱物質からヒートシンクまでをつなぐ放熱樹脂やグリス用のフィラーとして期待されています。

——h-BNが放熱シート用のフィラーとして適しているのはなぜですか？

**楠瀬** 放熱シートを構成する樹脂の熱伝導の改善のために添加されるセラミックス粒子は熱伝導フィラーと呼ばれます。放熱セラミックス基板としては窒化ケイ素 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) や窒化アルミニウム (AlN) が有名ですが、これらは基板として高熱伝導が達成できるものの、粉末粒子としては、十分な熱伝導が達成出来ません。h-BNは、絶縁性に加え、粉末状態で高熱伝導が達成できることや樹脂の柔軟性を損なわないという理由から、樹脂用熱伝導フィラーの第一候補になっていると言えます。

——放熱シート用のフィラーとしてのh-BN開発のポイントを教えてください。

**楠瀬** 板状の結晶構造を有するh-BNは、板の面内では熱伝導率が高いものの、板の厚さ方向では低いという熱伝導異方性という特徴があります。ですので、この板状h-BN結晶を樹脂シートに複合化すると、形状を反映して板状BNが配向



▲物質の結晶構造を同定するためのX線回折装置 (XRD)。真空、不活性 ( $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ ) および大気雰囲気での高温測定が可能。

し、シート面内は高熱伝導が達成されますが、厚さ方向ではあまり熱伝導が改善されないという問題がありました。そのため、樹脂とh-BNの複合化時に、配向する板状粒子ではなく、形状異方性のない多面体のBN粒子をいかにして合成するかが開発のポイントとなります。一つ一つの平面の中では熱伝導異方性がありますが、板状粒子がたくさん集まって多面体となることで面が色々な方向を向くため、全体としては異方性がなくなるというデザインになります。

——具体的にどのようにしてh-BN多面体を合成したのでしょうか？

**楠瀬** h-BNの高熱伝導を研究する前に、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ やAlNの高熱伝導材料を研究した経験が生きていると思います。高熱伝導AlNは酸化イットリウム ( $\text{Y}_2\text{O}_3$ ) を添加することで実現できていたことから、h-BNに $\text{Y}_2\text{O}_3$ 助剤を使うと熱伝導が上がるのでは、という興味から始めました。結果として、多面体のBNを合成することができましたが、粒径が小さかったために、h-BNの粒成長に効果のある酸化カルシウムを添加することで、20 $\mu\text{m}$ 程度の粒径を有するh-BN多面体粉末を合成することができました。ただ、放熱シート用のフィラーに相応しい粒径は30~40 $\mu\text{m}$ 程度であると言われており、合成方法を見直しました。

——その合成法の見直しについて教えてください。

**周** 原料にh-BNを使う方法では、BNの結合が強く、熱的・化学的に安定な物質であるため、粒子成長速度が遅いのです。そこで、より反応活性なホウ素源としてホウ化物に着目しました。金属ホウ化物をいくつか試した結果、球状ホウ化鉄を原料に用い、それを窒化することにより球状のh-BNを合成できることを見出しました。粒子サイズを大きくする工夫としては、球状ホウ化鉄に金属酸化物を添加することで融点を下げて、窒化前の熔融液滴のサイズを大きくしたことです。それによって、生成するBN多面体の粒径が目標値の30~40 $\mu\text{m}$ 程度まで大きくなります。さらに、h-BNの生成時には、酸化セリウムを添加することで結晶性が向上することが分かりました。ホウ化鉄の窒化において、金属酸化物や酸化セリウムの添加は、粒径の増大に加え、高結晶化により高熱伝導なフィラーを合成できることがわかりました。この製法の利点は、原料が安価であるのと、何より単粒子径が40 $\mu\text{m}$ 程度と



大きく、さらに真球率が高く、粒度分布がそろっているところにあります。

しかしながら、このようにして得られた大粒径のBN粒子が中空であるため、樹脂と成形するときの加圧によって変形するという問題があります。BNを高充填して、より高熱伝導を実現させるために、球状粒子の表面をエポキシで被覆して、中空球状BNの高強度化を行うことを計画しています。コーティング樹脂量を変化させることにより、強度との相関性がみられるものと期待しています。

## 材料合成を現実的に実用化する工夫が欠かせない

——フィラー用窒化ホウ素を製造する分野において、今後、どのように研究を発展させていくかなど、将来展望も含めてお話いただけますでしょうか？

**楠瀬** 現在市販されているh-BNフィラーのほとんどが、板状粒子やその凝集体です。私達が合成に成功している数十ミクロンサイズの多面体や球状BNは従来にない構造であり、BNの合成過程において化学反応を利用して達成できました。今の球状BNの課題としては、中空球状粒子では粒径が大きくなると外圧により変形しやすくなることが分かったので、中空でも壁を厚くしたり、中実な球状BNを化学反応を駆使して合成したいと考えています。また、BNフィラーは実用化を目指した材料ですので、最終的には製造コストが問題になってくると思います。コストを下げてても同様なものができるような合成方法も同時に検討していくことが大事だと考えています。

——長年、物質・デバイス領域共同研究拠点制度を利用いただいておりますが、メリットはなんでしょうか？

**楠瀬** まず、受入教員の関野先生とフリーにディスカッショ

ンできるのは非常に有難いことです。小規模の大学では同じ分野の研究者も少ないですし、ここから他の研究者と繋がりができることがありがたいです。それから装置面においても助けてもらっています。地方大学ですと、分析機器の種類と性能に限界があります。ですが、この共同研究拠点を利用させてもらうことによって、ここぞというときに精密な分析が可能になります。

また、本共同研究には学生も参加できるため、多くの学生を産研の施設や装置に触れさせることができました。香川大学とは異なる独特の雰囲気があり、そういう意味では、研究以外の社会勉強というか経験としての意味も大きいと思いました。

## ディスカッションするのがとても楽しい

**周** 香川大学工学部は研究に集中できる環境ではありますが、装置の種類や規模に関しては、大阪大学の方が充実していると感じました。また、香川大学では若い学部生が多いのに対し、大阪大学では高学年の落ち着いた研究者が多く、研究がメインであるという雰囲気を感じました。また、関野研では外国人留学生も多く、ディスカッションすることが楽しく、また、それぞれの考え方の違いなどに刺激を受けることもありました。

**関野** 拠点制度の理念は、受入研究所が有する施設・設備を広く外部に開放して利用してもらうことで、日本全体の研究の底上げを実現することにあると思います。一方で、我々も、例えば楠瀬先生であれば非酸化セラミックスを作るすごいノウハウ、知識を持っておられるので、共同研究を通してそういった知識を得られるのは、私にとっても非常に大きなメリットです。施設・設備利用の提供だけではなく、ディスカッションしていろいろなアイデアを一緒に出し合えること、それこそが共同利用・共同研究という形のプログラムの一番のメリットだと思います。

△

# CLOSE-UP RESEARCHERS

## クローズアップ研究者

拠点共同研究

(主な研究テーマ) 球状窒化ホウ素粒子の合成、樹脂複合材料の高熱伝導化

(研究分野) 無機材料化学、水熱科学

(研究概要) 高熱伝導性を有するTiM材料を開発するために、高熱伝導フィラーとして、従来の板状窒化ホウ素ではなく、等方的な形状の多面体や球状の窒化ホウ素フィラーの合成を研究しています。窒化ホウ素の結晶構造はグラファイトと同様の二次元平面構造ですが、液相焼結プロセスを駆使して形態の制御に取り組んでいます。

(お気に入りの論文) Improvement of the anisotropic thermal conductivity of h-BN filled epoxy composites by changing the filler shape to spherical, Huayuan Zhou, Shinobu Uemura, Qi Feng, Tohru Sekino, Takafumi Kusunose, *J. Mater. Chem. A*, **12**, 29923-29931 (2024).



得意なこと

電子顕微鏡観察において特異な組織を見つけること。中華料理

香川大学大学院工学研究科

周華園さん (D3)

Huayuan ZHOU

TEL 087-864-2401 E-mail s22d552@kagawa-u.ac.jp



得意なこと

セラミックス粒子の合成や複合化プロセスを見つけること

(主な研究テーマ) 熱伝導セラミックスフィラーの形状制御、極微量導電相添加によるセラミックスの電気抵抗率およびその温度特性の制御

(研究分野) セラミックス構造材料、非酸化物セラミックス材料

(研究概要) セラミックス材料の中でも、窒化物や炭化物などの非酸化物を扱っています。非酸化物は酸化物にないユニークな電気伝導特性や熱伝導特性をもっており、私の研究では、この非酸化物の結晶形や複合組織をデザインし、今までにない材料の開発や熱伝導・電気物性の制御を行っています。

(お気に入りの論文) Fabrication of epoxy/silicon nitride nanowire composites and evaluation of their thermal conductivity, Takafumi Kusunose, Takashi Yagi, Shakhawat H. Firoz, Tohru Sekino, *J. Mater. Chem. A*, **1**, 3440-3445 (2013).

香川大学創造工学部 創造工学科

楠瀬尚史 教授

Takafumi KUSUNOSE

TEL 087-864-2401 E-mail kusunose.takafumi@kagawa-u.ac.jp

香川大学 創造工学部 創造工学科 材料物質科学コース

〒761-0396 香川県高松市林町2217番20

(主な研究テーマ) マルチタスク型セラミックス基複合材料の構造・機能設計、高機能性ナノマテリアルの創発と機能解明

(研究分野) セラミックス材料、機能性無機材料、ナノマテリアル材料工学

(研究概要) セラミックスなどの材料を、原子・分子、ナノからマクロまでの各階層で設計・制御し、優れた機能や多機能をひとつの材料に獲得した機能共生型バルク材料や、環境・エネルギー・生体分野などへ展開可能な酸化物半導体ナノ材料の創製と応用展開を通じ、社会課題解決に資する次世代型基盤材料創出とその応用を指向しています。

(お気に入りの論文) Electrochemically assisted room-temperature crack healing of ceramic-based composites, Shengfang Shi, Tomoyo Goto, Sunghun Cho, Tohru Sekino, *J Am Ceram Soc*, **102**, 4236-4246 (2019).

TEL 06-6879-8435 E-mail sekino@sanken.osaka-u.ac.jp

大阪大学 産業科学研究所 〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘8-1



得意なこと

様々な現象や挙動の接点を見つけて融合して材料へ反映させること

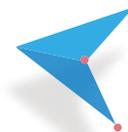
大阪大学産業科学研究所

関野徹 教授

Tohru SEKINO

# ナローギャップ 酸化物半導体とは？

——太陽電池への応用を目指してチャレンジは続く



——半導体の開発において、酸化物を対象とした研究事例は多いですが、同じ酸化物の中でもナローギャップ酸化物半導体とはこういった材料なののでしょうか？

**喜多** 私たちが普段目にする「土」のほとんどは、ケイ素、アルミニウム、鉄、カルシウムなどの酸化物（鉱物）でできています。つまり、酸化物は地球上にどこにでもたくさんあるので、手に入れやすいし、扱いやすい材料です。酸化物の大きな特徴は、その安定性です。例えば、鉄のような金属は空気中に置いておくと錆びてしまいますが、陶磁器は数千年経っても遺跡から当時の姿のまま見つかることがあります。これは、陶磁器の主な成分である酸化物が化学的にもすごく安定しているからなのです。

化学的安定性に加えて、酸化物の代表的なもう一つの性質に絶縁性（電気を通さない性質）があります。その理由は、酸素が電気陰性度の大きい元素だからです。これは、酸素原子は電子を自分の方に引き寄せる力が非常に強いということを意味します。酸素原子の周りに強く引きつけられた電子は自由に動き回れなくなるのです。電子を酸素原子から無理に引き離して電気を流そうとすると、すごく大きなエネルギーが必要になります。専門的には、これを「バンドギャップが大きい」と表現します。バンドギャップについては後で説明しますが、多くの酸化物はバンドギャップが大きいために、結果として電気を通しにくい絶縁体になるわけです。

これに対し私たちは、電気を通しにくいという酸化物の一般的なイメージを覆す研究をしています。電気を通せる半導体には、酸素よりも電気陰性度の小さい硫黄（S）やセレン（Se）などを使った、比較的少ないエネルギーでも電子が動ける「ナローギャップ」（バンドギャップが狭い）材料があります。一方、酸化物は化学的にとても安定していますし、SやSeよりも手に入りやすいというメリットがあります。もし酸化物をナローギャップ半導体として展開して活用できるようになれば、これまでにはなかった新しい技術や製品が生まれる可能性があります。私たちは、この可能性にすごく魅力を感じて、ナローギャップの酸化物半導体を開発する研究に取り組むことにしたのです。

## 1価の銅を使ってバンドギャップを狭くする

——どのようにして酸化物のバンドギャップを狭くするのでしょうか？

**喜多** ナローギャップにするには、材料を構成する元素が重要です。特に1価の銅（Cu<sup>+</sup>）を含んでいることがポイントにな

## 酸化物のイメージを塗り替える —電気を通す酸化物創製への挑戦—

酸化物は、陶磁器やガラスのもとになる材料で、私たちの身の回りにたくさん使われている、とても身近なものです。化学的安定性に加えて、絶縁性（電気を通さない性質）は酸化物の大きな特徴です。この電気を通しにくいという酸化物のイメージを覆す共同研究が、富山高等専門学校の喜多正雄准教授と東北大学の小俣孝久教授との間で進行しています。太陽電池応用を視野に入れた、半導体開発の研究内容や今後の展望などについて、お話を聞かせていただきました。

ります。半導体の分野において、バンド構造という専門用語が使われます。これは、価電子帯と呼ばれる、電子に占有されたバンド（帯）と、伝導帯と呼ばれる、電子が存在しない空のバンド（帯）の2つのバンドが存在し、その2つのバンド間には電子が存在できない空隙（ギャップ）がある構造のことです。そして、この空隙をバンドギャップと言います。一般的な酸化物ですと、価電子帯の一番上が、主に酸素の2p軌道と呼ばれる軌道中の電子で構成されています。一方、私たちが研究しているバナジウム酸銅 (I) ( $\text{Cu}_3\text{VO}_4$ ) のように1価の銅を含んだ酸化物では、価電子帯の酸素の2p軌道の上に銅の3d軌道と呼ばれる軌道中の電子が占有します。酸素だけではバンドギャップを縮めることは難しかったのですが、1価の銅の3d軌道の電子を使うことで、伝導帯と価電子帯とのギャップを小さくすることができることが分かりました。これが今日、私たちが開発したナローギャップの材料なのです。

——1価の銅を含むナローギャップ酸化物半導体の発見に至った経緯を教えてください。

**小俣** 学生時代から、ディスプレイやタッチパネルなどに使われている透明電極の開発を目指し、よりバンドギャップの大きな酸化物を見つける研究をしていたのですが、そろそろ新しいことに挑戦したいと思うようになりました。そのうちに、いつそのこと、太陽電池やLEDを全部酸化物で作ってみたいと思い、バンドギャップの小さい酸化物半導体の研究を始めました。当時 $\beta$ -AgGaO<sub>2</sub>という黄色い酸化物半導体が知られていたもので、ある時Ag（銀）の代わりにCu（銅）で同じ結晶構造の物質を作ることができれば、太陽電池応用に都合のよい1.5eVのバンドギャップになることを思いつきました。さっそく $\beta$ -CuGaO<sub>2</sub>作りに取り組み始め、目論見通りの結果を得ました。また、 $\beta$ -CuGaO<sub>2</sub>と同じ結晶構造を持ち、バンドギャップも類似した値を持つCu<sub>2</sub>ZnGeO<sub>4</sub> (CuZn<sub>1/2</sub>Ge<sub>1/2</sub>O<sub>2</sub>) の作製にも成功しました。

——ナローギャップ酸化物半導体を、太陽電池の光吸収層として実装する際の克服すべき課題などがありましたら教えてください。

**喜多** 材料を太陽電池で使用するには薄膜にする必要があります。私たちが開発した $\beta$ -CuGaO<sub>2</sub>とCu<sub>2</sub>ZnGeO<sub>4</sub>は、太陽電池の光を吸収する層にぴったりのバンドギャップを持っています。しかしながら、これらは「準安定相」といって、そのままでは膜にすることができません。この問題を克服するために、前段階の材料、 $\beta$ -NaGaO<sub>2</sub>とNa<sub>2</sub>ZnGeO<sub>4</sub>でまず





膜を作り、次いで、その膜の中のナトリウムイオンを銅イオンに置き換えること（陽イオン交換）で、目的の膜を得ました。ただ、この方法であっても、ナトリウムイオンより銅イオンの方が小さいので、膜が縮んでしまい、ひび割れが生じるという困ったことが起きます。そこで、今は $\text{Cu}_3\text{VO}_4$ という材料に注目して、太陽電池の研究を進めています。この $\text{Cu}_3\text{VO}_4$ は「安定相」なので、直接膜にすることができ、膜のひび割れを心配する必要がないので、研究もスムーズに進められます。

#### ——膜はどのような方法で作製するのでしょうか？

**喜多** 超音波噴霧熱分解法という手法を用いています。まず原料となる溶液を、超音波で細かい霧（ミスト）にします。そのミストをガスで運んで、薄膜をつけたい基板まで持っていきます。そこで熱を加えることで、ミストが分解したり化学反応を起こしたりして、目的の薄膜が基板の上に積もっていく、という仕組みです。この方法の長所は、真空状態にすることなく、大気圧のまま膜を作れるので、設備にお金がかからず、操作も簡単なことです。ただ、課題もあって、研究室レベルでは成功するのですが、これを工場などで大量生産に使うには、まだまだ解決すべきことがたくさんあるのが現状です。

#### ——ナローギャップ酸化物半導体を組み込んだ、全酸化物薄膜太陽電池の実現の目途についてはいかがでしょうか？

**喜多** 一般的な化合物半導体を用いた太陽電池に比べ、全酸化物半導体太陽電池の研究は歴史が浅いのが現状です。これまでの全酸化物薄膜太陽電池は、光を透過するn型半導体層には酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）、光を吸収するp型半導体層には一酸化銅（ $\text{Cu}_2\text{O}$ ）を使った研究がよく行われてきましたが、 $\text{Cu}_2\text{O}$ のバンドギャップが約2.2eVと大きく、理論的にはすごく高い効率を出せる値ではないのです。にもかかわらず $\text{Cu}_2\text{O}$ が使われてきたのは、他に適切な酸化物半導体が少なかったからです。私たちが $\beta\text{-CuGaO}_2$ や $\text{Cu}_2\text{ZnGeO}_4$ の開発を進めたり、 $\text{Cu}_3\text{VO}_4$ の薄膜を作製したりできるようになったのは、ナローギャップ酸化物半導体が太陽電池にも使える材料だということを示せた、一つの大きなブレイクスルーだと考えています。

現在、 $\text{Cu}_3\text{VO}_4$ を用いた太陽電池の研究については、 $\text{ZnO}$ と $\text{Cu}_3\text{VO}_4$ を組み合わせたダイオードで、電流を一定方向に流す整流性が見られるかどうかの初期段階にあります。光電流の測定や変換効率などやることはたくさんありますが、基本的な材料特性の理解を深めながら、将来的に効率の良い太陽電池の開発を進めていきたいと思っています。

## ちょっとした疑問がきっかけで 論文発表につながることも

### ——当拠点を利用されての共同研究はいかがですか？

**喜多** 小侯研究室を訪問して、些細な疑問を気軽に口に出したり、議論したりできるのが本当に有難いと思っています。ちょっとした疑問がきっかけで、深く掘り下げていったら論文発表につながったこともありました。拠点を継続して利用できるおかげで、研究を途中で止めることなく、長期的な視点を持って共同研究を深めていくことができています。また、高専生を派遣して、東北大学の学生と交流、研究する機会を提供することで、彼らがよい刺激を受けて、研究へのモチベーションをさらに高めています。その結果、これまでに3名の卒業生が東北大学の大学院に進学して、小侯研究室に所属しました。共同研究拠点を継続して利用できることは、研究の進展だけでなく、学生の教育や将来のキャリア形成にも、ものすごく貢献していると言えます。

**小侯** 先生方が来所されたときには、これまでのデータなどをネタに、じっくり時間をかけておしゃべりして、「ここ面白いね」とか「これ不思議だね」という箇所を見つける時間を共有することにしています。一般の人がもつ研究者像は、ストックに一人で思案して切り拓く人かもしれないですが、全然違うと思います。人間の頭って、会話をしている時が一番働いていると思います。だから、とにかく喋ることですかね。大事にしていることは。

### ——当拠点では、異分野融合の場を提供することを重視していますが、分野横断についてのお考えをお聞かせください。

**小侯** 同じ分野の研究者同士のディスカッションは、「見落とし」のリカバーには強力です。しかし、異なる分野の研究者とのディスカッションは、見落としのリカバーではなく、全く違った見解が見出されることがしばしば起きます。そういう意味で、異分野融合に立脚したコラボレーションの良さは、研究のステージを一段あるいは何段も高いところへ上げられることにあります。個別の研究だけではなかなかそういう機会は訪れないので、異分野融合の場を提供する拠点制度を多くの人に知って利用してもらいたい、と考えています。

**喜多** 私は、扱う材料にオリジナリティがなければ、異分野融合が起きにくいのではないかと、と思っています。小侯先生が言われた「多くの研究者が扱っている材料ではなく、自分が見つけた材料でオリジナリティを発揮させたい」という気概こそ、独創的な研究に繋がるのだと思っています。今後も、分野横断的な拠点共同研究を進め、世間を「あっ」と言わせるような物質を開発したいです。

# CLOSE-UP RESEARCHERS

## クローズアップ研究者



Masao KITA

拠点共同研究

Takahisa OMATA



富山高等専門学校 機械システム工学科

**喜多 正雄** 准教授

東北大学多元物質科学研究所

**小俣 孝久** 教授

### (主な研究テーマ)

酸化物を用いた半導体材料の開発

酸化物・非酸化物半導体とそれらの  
太陽電池や電気化学デバイスへの応用

### (研究分野)

無機材料科学

無機材料科学

### (研究概要)

イオン交換を活用して、従来にない特性を備えた酸化物半導体材料の開発を目指しています。また、環境負荷の少ない成膜法を用いた酸化物半導体による新しい太陽電池の提案とその実証にも取り組んでいます。

既存の材料では到達できない性能やデバイスを実現する新たな材料の設計と合成を展開しています。対象物質は無機化合物に限りますが、酸化物、カルコゲナイド、ニクタイト、ハライドなどイオン結合性の化合物であればなんでも扱います。新材料の合成に必要な、新しいプロセスの開発も同時に進めています。

### (お気に入りの論文)

“Wurtzite-derived quaternary oxide semiconductor  $\text{Cu}_2\text{ZnGeO}_4$ ; its structural characteristics, optical properties and electronic structure” M. Kita, I. Suzuki, N. Ohashi, and T. Omata, *Inorg. Chem.* 56, 14277–14283(2017)

“Wurtzite  $\text{CuGaO}_2$ : A direct and narrow band gap oxide semiconductor applicable to solar cell absorber”, T. Omata, H. Nagatani, I. Suzuki, M. Kita, H. Yanagi, and N. Ohashi, *J. Am. Chem. Soc.* 136, 3378–3381(2014).

### (得意なこと)

3ポイントシュート

おしゃべり

### (連絡先)

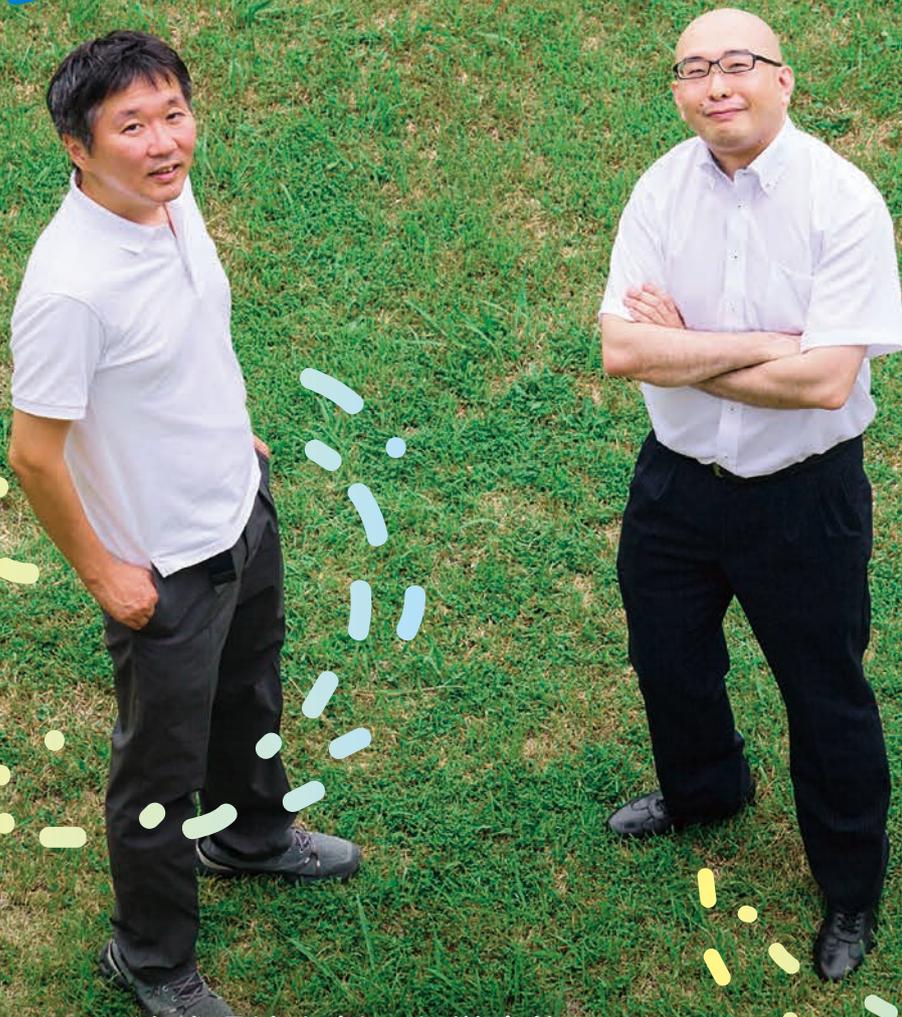
富山高等専門学校 機械システム工学科  
〒939-8630 富山県富山市本郷町13番地  
TEL: 076-493-5470  
E-mail: kita@nc-toyama.ac.jp

東北大学 多元物質科学研究所  
〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平2-1-1  
TEL: 022-217-5832  
E-mail: takahisa.omata.c2@tohoku.ac.jp

環境に配慮した

# シアノバクテリアの 遺伝子改変技術開発

微生物による持続可能な  
未来のバイオものづくり



## いのち 生命あふれる地球環境を創った微生物

シアノバクテリアは、数十億年前、酸素を放出する光合成により、地球環境を一新しました。地球に酸素を供給することで真核生物や動植物の進化にも大きな影響を与えただけでなく、生物の多様化や大型化にも貢献したと考えられています。また、現代においてもシアノバクテリアは淡水・海洋・極地など幅広い環境に適応し、窒素固定や炭素循環など地球規模の物質循環にも寄与しています。

東京農業大学の渡辺智教授は、東京科学大学の前田海成助教との共同研究で、地球生命史の観点から重要な役割を果たしてきた、シアノバクテリア「ならでは」の生命現象の解明、シアノバクテリア「ならでは」のものづくりに精力的に取り組んでいます。共同研究の内容やシアノバクテリア研究の今後の展望についてお話をうかがいました。

—様々な微生物の中でシアノバクテリアの特徴は何でしょうか？

**渡辺** 最大の特徴は、光合成によって自分でエネルギーを獲得できる独立栄養生物であることです。その点において、従属栄養生物の大腸菌とは異なります。別の見方をすれば、光合成によってCO<sub>2</sub>を固定し、有機物を生産することで炭素循環を支えている、とも言えます。海洋には約10<sup>27</sup>個のシアノバクテリアが存在し、CO<sub>2</sub>吸収において大きな役割を果たしています。また一部のシアノバクテリアは大気中のN<sub>2</sub>を固定する能力を持っており、地球レベルでのN<sub>2</sub>循環にも貢献しています。

—シアノバクテリアが現在の生物圏の基盤を築いたと言われますが、これはどういうことなのでしょう？

**渡辺** シアノバクテリアは太古の地球において、最初に水を分解して酸素を発生する光合成（酸素発生型光合成）を獲得した生物群のひとつと考えられています。いわゆる大酸化イベント（23～25億年前を境に酸素の大気中への恒久的な蓄積が起こったとされる、地球史上のイベント）以前の地球大気には酸素は含まれていませんでした。最初の光合成は水の中で発生したと考えられており、大酸化イベントの際、水中に溶けきらなくなった酸素が大気に放出されました。やがて大気中に蓄積した酸素はオゾン層の形成につながったと言われています。オゾン層は宇宙線、紫外線を遮蔽しますので、そのおかげで生命ははじめて陸上への進出を果たし、それによってさらなる進化を遂げました。それゆえにシアノバクテリアは現在の地球環境の形成に深く関わり、生物圏の基盤を築いた、と言われるのです。

## まずは基礎研究から

—シアノバクテリア研究における先生の研究スタンスはどのようなものなのでしょう？

**渡辺** 持続可能社会の実現に向けて微細藻類（単細胞の藻類で、光合成を通じてエネルギーを生み出す生物）が注目されていますが、シアノバクテリアがどうやって増殖しているのか、環境に適応しているのかという基本的なメカニズムが未解明なままでは応用研究を進めることはできません。すぐに役に立つ研究がもてはやされがちですが、まずは基礎研究が重要であると考えています。

—文部科学省科学技術補助金学術変革領域研究（B）に採択された「復元細胞機能学：集光性アンテナ複合体の復元」で領域代表をお務めになっていますね。

**渡辺** シアノバクテリアは効率的に光を捕集するために、光合成装置に加えて集光性アンテナ複合体を有しており、これをフィコビリソームといいます。フィコビリソームは複数のタンパク質と発色団として働くピリン色素によって構成されます。ピリン色素が吸収する光波長を決定しているため、私たちは合成生物学的アプローチにより緑色のシアノバクテリア（赤色の光を主に吸収）の中で、赤色のシアノバクテリア（緑色の光を吸収）のもつピリン色素を生産させ、細胞色を

自在にコントロールする方法を確立しました。さらに異種のピリン色素をもつフィコビリソーム（キメラフィコビリソーム）の構築に成功し、その安定化とさらなる性能強化も試みています。フィコビリソームはシアノバクテリアの多様性・可塑性を支える重要な細胞機能であり、地球光環境とシアノバクテリアの共進化に深く関わっ

た細胞機能であることから、フィコビリソームを復元する技術を確認し、それを解析することで、生命の誕生や進化原理を解明できるのでは、と考えます。また、惑星科学やゲノム科学、生化学、物理学など異分野の研究者と議論しながら天然を凌駕する集光アンテナ複合体の創成に向けて研究を展開しています。

—基礎研究をベースにした応用研究もなさっていますよね。

**渡辺** シアノバクテリアは“ものづくり”のホストとして注目されています。しかしながらシアノバクテリアに限らず、微細藻類が「産業レベル」で利用されている例は限られています。米国でもバイオ燃料のホストとして微細藻類がフューチャーされた時代はありましたが、今はトーンダウンしています。このような状況をブレイクスルーするためには長期的な視点をもって、微細藻類産業を育てていくことが重要であると考えています。今はバイオ燃料よりも付加価値の高い物質の生産に取り組むフェーズであると思います。まずは医薬品原料など生産コストに見合う物質の生産系を確立し、それを基盤としてバイオ燃料など社会的な需要の高い物質へとシフトしていくことが理想です。幸いにも、微細藻類研究に興味をもってくれる企業や団体がいくつかありますので、協力しながら産業利用を進めたいと考えています。

**前田** シアノバクテリアを用いたものづくりは大きく2つに分けられます。1つは、他の生物由来の有用物質の合成機構をシアノバクテリアに導入して生産させる手法です。もう1つは、シアノバクテリアが元々作る有用物質に注目して、その生産性や組成、機能を操作するという手法です。特に後者ではシアノバクテリアに備わる仕組みを深く理解する必要がありますが、その例として、シアノバクテリアによる硫酸多糖（構造の中に硫酸基（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）を含む多糖類）の合成があります。我々が研究を進めるなかで、あるシアノバクテリアが、細胞外に硫酸多糖を蓄積して水の華（アオコ）とよく似た凝集体を液面に形成することを発見しました。この種が蓄積



する硫酸多糖をシネカンと命名したのですが、応用の観点で特に重要であったのは、1つの遺伝子がシネカン合成を普段は強く抑えているという発見でした。この点に着目し、このブレーキ因子を破壊したところ、シネカンの生産性は約19倍にもなりました。ただし、この応用も、シネカン合成機構の解明という基礎研究があってこそ成し得たものです。

——シネカンは日本学術振興会特別研究員（PD）時代に発見されたんですね？

**前田** 発見自体は東大の博士課程の終盤でしたが、研究として多方面に発展させられたのは学振PD時代です。このシアノバクテリアの多糖合成遺伝子の研究を始めたころ、多糖を作る遺伝子はたくさんあるのに、それに起因する生命現象を発見できずに苦しんでいました。ある時、実験終了後のシアノバクテリアの培養液をすぐに処理せず、インキュベーターの中で放置していたところ、偶然、ブルーム状の細胞集合体を発見したのです。多くの場合「細胞が元気によく育つ条件」や「我々が扱いやすい条件」で実験をしますが、それは自然界における環境とは大きく異なります。彼らが自然界で生きていときに発揮する機能を研究するためには、彼らがどんな環境でどんなことを感じているのかを考えながら実験系を構築し、彼らの状態の変化をつぶさに観察することが重要であると、あらためて強く認識しました。今でもいちばん印象に残っている体験です。

——お二人の共同研究「シアノバクテリアにおけるマーカーフリー遺伝子改変系の構築」について教えてください。

**渡辺** 実際に遺伝子組換えシアノバクテリアを用いた物質生産を産業利用する場合には、環境への配慮が不可欠ですので、抗生物質耐性遺伝子等のマーカー遺伝子に依らないシアノバクテリアの改変系の構築を目指し、共同研究を実施しています。ただし、シアノバクテリアは系統や種によってゲノムの構成や制御系に違いが大きく、汎用的な改変手法が確立しにくいのが現状です。そのため、私たちの研究でも、まずは「対象とするシアノバクテリアごとに、どの遺伝子が安定的に利用できるのか」を地道に検証することが、マーカーフリー遺伝子改変系の確立に向けた最も重要なステップとなりました。今後の応用としては、環境放出が前提となるバイオプロダクション系や、複雑な代謝経路の再構築、複数遺伝子の同時改変が求められる場合などに、マーカーフリー技術は非常に有効だと考えており、改変技術の高度化を進めていきたいと考えています。

——当拠点制度を利用して率直な感想を教えてくださいませんか？

**渡辺** ありがたいことに、長期に渡って共同研究を継続的に支援していただいたおかげで、いくつかの研究成果を残すことができました。「継続は力なり」という言葉がありますが、まさにこう表現するのがピッタリな制度であると感じていま

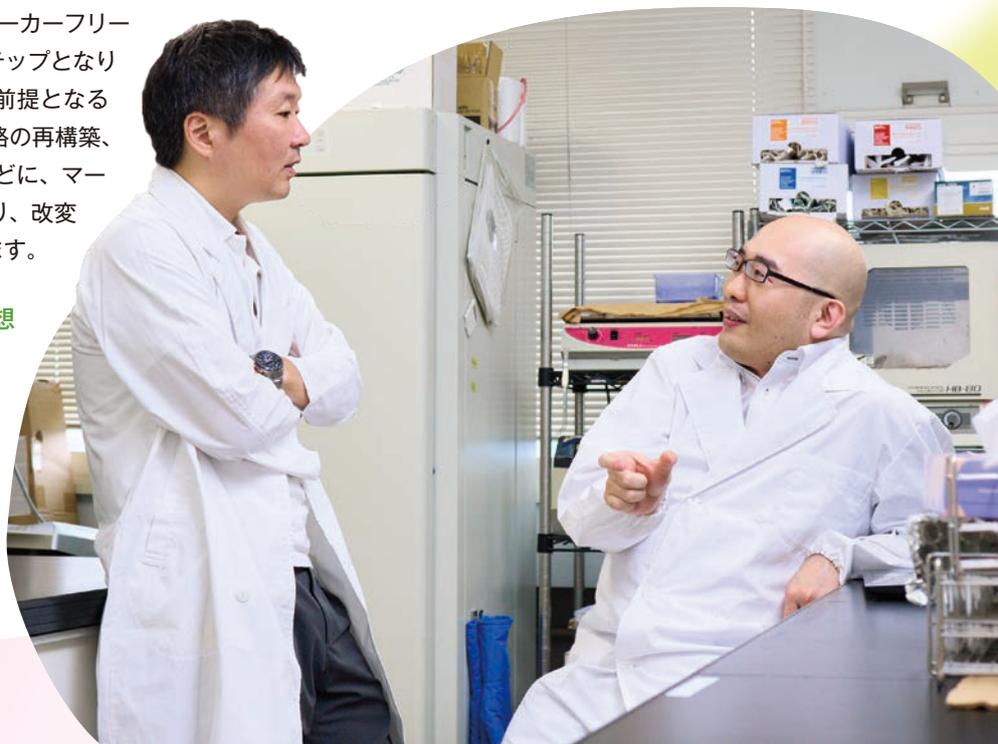
す。私だけでなく、研究を手伝ってくれた学生たちも拠点活動に参加することで成長することができました。私の所属する学科は実験実習や卒業論文研究を重視したカリキュラムが特徴ですが、この拠点制度は、私たちの学科ポリシーともよく調和していると感じています。

共同研究拠点制度の特長は“つなぎ”の機能

**前田** 拠点制度に限らず共同研究全般に関することかもしれませんが、お互いの強みを活かして研究をしながら、議論を頻繁に交わすことで共同研究ならではの気付き、発見に結びつけることが大事だと考えています。受け入れ側であれば、私はハブ的な要素も大事だと思っています。渡辺先生と私とでいろいろな意見を交わして進めている研究があり、一方で、別の方を受け入れて異なった研究をしても、渡辺先生の研究とこの先生の研究を組み合わせたらもっと面白くなるんじゃないか、みたいな“つなぎ”の機能も拠点研究制度の良い点ではないかと思っています。

——今後の抱負を教えてくださいませんか？

**渡辺** これまで培ってきたシアノバクテリアや藻類に関する知識、技術、人脈、そして何より情熱を、より柔軟に、自由に活かしていきたいと考えています。その一環として、微細藻類に関連することなら、とにかく積極的に挑戦することを決め、JST-SATREPS プロジェクトでは、食用シアノバクテリアであるスピルリナの採取のため、アフリカ・ジブチ共和国まで現地調査にも赴きました。中学校や高校での出張講義や、一般向けのセミナーでは「シアノバクテリアで世界を変える」というタイトルで講演しています。次世代に希望を託せる未来を目指して、シアノバクテリアや藻類の可能性を信じる仲間たちと共に、これからも研究と教育の場で挑戦を続けていきたいと考えています。



# CLOSE-UP RESEARCHERS

## クローズアップ研究者



Satoru WATANABE

拠点共同研究

Kaisei MAEDA



東京農業大学生命科学部 バイオサイエンス学科

**渡辺 智** 教授

東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所

**前田 海成** 助教

### ( 主な研究テーマ )

微細藻類の増殖・代謝制御機構の解明と  
それを利用した有用物質生産

シアノバクテリア細胞外多糖の  
合成・制御機構と機能の解明および  
その応用利用

### ( 研究分野 )

応用微生物学

応用微生物学、糖鎖生物学

### ( 研究概要 )

光合成を営むシアノバクテリアの細胞増殖やストレス応答に関する研究を進めています。また基礎研究であきらかにした知見をもとに、シアノバクテリアのゲノム改変技術や有用物質生産システムの構築にも取り組んでいます。

シアノバクテリアは様々な細胞集合体を形成しますが、その主成分は細胞外に蓄積する多糖です。そのような細胞外多糖の合成・制御の仕組みや機能の解明を中心に研究を進めています。また基礎研究で得た知見を活用し、シアノバクテリアを用いた有用多糖生産等の応用研究にも産学で連携しながら取り組んでいます。

### ( お気に入りの論文 )

“Light-dependent and asynchronous replication of cyanobacterial multi-copy chromosomes.”, S. Watanabe, R. Ohbayashi, Y. Shiwa, A. Noda, Y. Kanasaki, T. Chibazakura, H. Yoshikawa, *Mol Microbiol.*, 83 (4):856-65 (2012)

“Biosynthesis of a sulfated exopolysaccharide, synechan, and bloom formation in the model cyanobacterium *Synechocystis* sp. strain PCC 6803.” K. Maeda, Y. Okuda, G. Enomoto, S. Watanabe, M. Ikeuchi., *eLife*, 10:e66538 (2021).

### ( 得意なこと )

共同研究すること、楽しくお酒を飲むこと

多糖蓄積シアノバクテリアの取り扱い

### ( 連絡先 )

東京農業大学生命科学部  
バイオサイエンス学科

〒156-8502 東京都世田谷区桜丘1-1-1  
TEL: 03-5477-2375  
E-mail: s3watana@nodai.ac.jp

東京科学大学総合研究院  
化学生命科学研究所

〒226-8503 神奈川県横浜市緑区  
長津田町4259  
TEL: 045-924-5856  
E-mail: maeda.k.db3a@m.isct.ac.jp

# がん細胞の 動きを追え！



## メカノタキシス理論を応用し、 転移メカニズムを探る



がん治療において、近年さまざまな創薬や治療法、検査技術が目覚ましい進歩を遂げている。それでも依然として治療が難しい病気であることに変わりなく、今後、更なる安全性や効果の高い画期的な新薬の開発が期待されています。秋田大学の栗山正先生は、九州大学の木戸秋悟先生との共同研究において、メカノタキシス（機械的接触走性）という全く新しい観点から、がん細胞の転移や浸潤に関して精力的に研究を進められています。今回、「がんが好む環境」をキーワードに、がん細胞の動きを物理的に評価するという非常にユニークな研究について、お二人に研究のスタートから現状についてお話をうかがいました。

——これまでの研究テーマの流れのようなもの、そして現在の研究分野に至った経緯について簡単にお聞かせください。

**栗山** 私は大学院で発生生物学を修め、熊本大やロンドン大で研究を重ねたのち、2009年に現在の所属先である秋田大に異動しました。最初はカエルやマウスの研究からスタートしましたが、徐々に研究範囲が広がって、神経堤細胞移動とメカノバイオロジーの関係とがん転移の研究に展開していきました。メカノバイオロジーというのは、細胞や組織が受ける物理的な力（圧力、張力、せん断応力など）が、細胞の形態・機能・分化・運動などにどう影響するかを研究する分野です。現在は、さらに研究の駒を進めて、がん転移とメカノバイオロジーの関係に取り組む日々です。メカノバイオロジーの中にはいくつかの細分領域がありますが、今回の共同研究では、細胞の行動に着目した「メカノタキシス」、すなわち細胞が周囲の力学的環境を感知してより硬い方向へと移動する性質を、がん転移の予測と治療に活かす研究を行ってきました。

——研究では、がんの増殖に関して周囲基質の硬さが関係しているのではないかと、このことですが、それについてご説明いただけますか？

**栗山** これまでのがん研究では「がんは硬い組織を好む」と考えられてきました。実際に腫瘍組織の線維化が亢進して硬化している所見が見受けられます。しかしがん化した組織を

様々な手法で測定・検証した例は少ないです。

転移先にはおおよそ傾向があって、腎臓

がんは肺へ、肺がんは脳へ転移しやす

いなどということが知られています。

私は、各臓器の細胞の硬さが大体

決まっているということに着目し、がんは周囲基質の表面張力の硬さによって自らが好む環境を目指して転移するのではないかと考えるようになりました。さらにがんは増殖していくに従って次第にその周囲が細胞同士のネットワーク環境、すなわち「がん微小環境」というものを作り出していくと捉えています。

——そのような「がん微小環境」は、どのようなメカニズムで作り出されるのでしょうか？

**木戸秋** がん細胞は、周囲の線維芽細胞（がん関連線維芽細胞：CAF）を活性化し、細胞外マトリックスの主要成分の一つであるコラーゲンの過剰産生を誘導することが知られています。これによって組織そのものを硬く変化させていくのです。

**栗山** まさにそのようにして、がん細胞が周辺の線維芽細胞を、特別ながん関連線維芽細胞に変換することによって、がん増殖の足場がつくられ、さらなる増殖や浸潤、転移が促進されるわけです。がん関連線維芽細胞は、がん細胞が出す増殖因子を受け取り、発現している遺伝子が変化していくのです。このことががん治療を困難にする要因になっているとも言えます。本来、腫瘍はがんだけだったら抗がん剤を入れれば減っていくのですが、がん微小環境では、がん関連線維芽細胞が残ったがん細胞の増殖を刺激したり、抗がん剤の細胞毒性で死んだがん関連線維芽細胞もがんの味方となる細胞を引き寄せたりします。

ば減っていくのですが、がん微小環境では、がん関連線維芽細胞が残ったがん細胞の増殖を刺激したり、抗がん剤の細胞毒性で死んだがん関連線維芽細胞もがんの味方となる細胞を引き寄せたりします。

——がん細胞の巧妙な生存戦略のようなものを感じますが、このようながん細胞の特異性はどのようにして起こるのでしょうか？

**木戸秋** 一部はがん遺伝子の活性化や、逆に本来ブレーキ役をするがん抑制遺伝子の働きが失われることによって起こります。最初は、もともと正常だった細胞に遺伝子の変化が起きて、その結果、細胞の増殖や生存をコントロールする仕組みから外れてしまうんですね。その状態のまま細胞が生き残り、増えていくと、さらに新たな遺伝子変化やエピジェネティックな変化が積み重なっていきます。そうすると、腫瘍はだんだんと悪性を高めて、環境を利用したり、周囲の細胞を巻き込むような、がん細胞ならではの巧妙なふるまいができるようになってくるんです。

**栗山** がんは悪性新生物とも呼ばれているように、そのものが進化し続けているという捉え方もあります。

## がん細胞のメカノタキシスとは？

——「がんが好む環境」を分析するうえで、がん周辺環境の物理学的特性に興味を持たれたのはなぜでしょうか？

**栗山** 細胞集団を結びつける力を「接着」というのですが、接着を緩めてやると細胞が流動的になるのです。細胞が自由に動けるようになると細胞集団が変形しやすくなり、立体狭窄部を移動できるようになるという研究です。細胞内の表面張力が高いと細胞同士がすれ違えませんが、細胞同士の位置関係も固定されるので細胞集団が狭いところを通ることはできません。一方で、細胞内の表面張力が低いとアメーバのように自身の形を変えてすり抜けます。しかし細胞集団が水のように形が変わるプログラムになっているから細いところを通れるのか、それとも細胞自身が細い場所を感知できて変形していくのが謎として残ったのです。その答えをくれそうなのが「メカノセンシング」という現象でした。これは、細胞が伸張、圧力、液流などの機械的な力を感知すると細胞機能や状態を変化させる現象です。

**木戸秋** それに加えて重要なのが「メカノタキシス」です。一般に細胞培養機材の表面に接着した細胞はランダムな徘徊運動を行いますが、面白いことに細胞に外部からさまざまなタイプの刺激または勾配を与えると指向性のある運動を示すようになるのです。その中でもメカノタキシスは細胞が周囲組織のより硬い領域を目指して移動する性質のことなので、細胞のメカノタキシスを操作することはがん細胞の運動力学



を制御することにも繋がります。

——木戸秋先生との出会いと共同研究を開始するきっかけについてお聞かせください。

**栗山** 私たちは新学術領域研究の研究会で出会いました。そこで、弾性率など基質強度を制御しつつ細胞の分化とソーティングを同時に行っているという木戸秋先生のご研究を知り、まさに願ってもない出会いでした。そこで「私は力学的な条件の差だけはあるけれど、見えないトンネル（境界）を作って、細胞が中でどういうことをやっているかを見たいです」とお願いしたのが共同研究を始めたきっかけです。

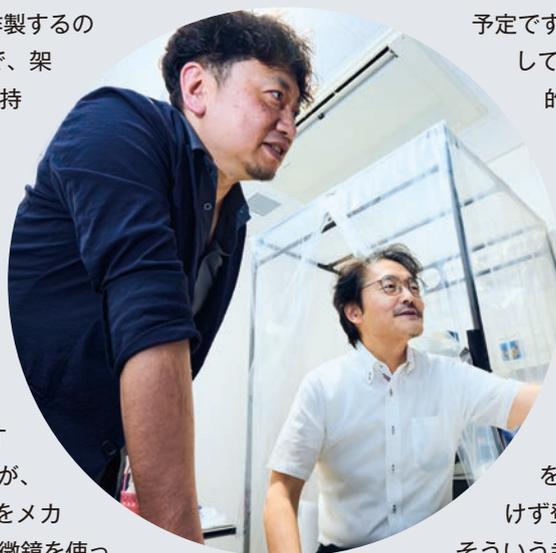
## がん治療への新アプローチを目指して

——本共同研究で使用されているメカノゲルとはどんなものなのでしょうか？

**木戸秋** 弾性率や粘性率などの機械的な特性を調整できるゲルのことを簡易な表現としてメカノゲルと呼ぶことにします。ここではゼラチンゲルを使用しています。スチレン化ゼラチンを光重合させることで作製するのですが、光照射時間を変えることで、架橋密度を制御でき、種々の硬さを持つゲルを作ることができます。

——このメカノゲルを用いてがん細胞の力学的特性評価が可能になるわけですね。

**栗山** 細胞内部の応力を計測するツールに、蛍光物質の間に発生する蛍光共鳴エネルギー移動現象を利用した張力センサー（FRETテンションセンサー）があるのですが、このセンサー分子を導入した細胞をメカノゲルに置いて、共焦点レーザー顕微鏡を使ってFRET効率の変遷を調べました。すると、がん細胞の種類によって減衰曲線の形が大きく異なることに気づきました。減衰曲線は、基質強度の変化に伴い細胞骨格によって張力センサー分子がどのくらいの力で引っ張られ、FRETが減衰するか（分子にかかる力で蛍光タンパク間の距離が広がるか）を示すものです。その結果、個々のがん細胞の基質強度に対する個性というものを硬さ（細胞内張力）で評価できることが分かってきました。すなわち「この細胞はこのような曲線を持っているから、ある場所から異なる場所へと転移できるのではないか」という仮説が立てられるようになったわけです。実際にマウスの肺で実験した場合、肺に留まっているがん細胞もあれば、隣の肺にすぐに移動するものもある。その違いをメカノタキシス特性によって区別ができましたし、個々のがん細胞の特性を数値化することもできました。今後このような数値化により、がん細胞の転移や浸潤を定量的に評価できる手法が可能になると考えています。



## 共同研究の継続が可能な拠点制度

——共同研究制度を利用した感想をお願いします。

**栗山** 通常の研究費では継続的なテーマでの共同研究はなかなか難しい面がありますが、本拠点共同研究制度は、継続性のある研究を可能にしてくれる点で非常にありがたく感じています。先導研でメカノゲルを作っていたいただき、それを秋田大で活用するという明確な役割分担ができているのも、この制度ならではの点だと思います。

**木戸秋** 異分野の研究者と共同で研究を進めるには、相手の考えや背景をしっかりと理解する努力が必要です。栗山先生の研究内容をより深く理解し、必要とされる材料を的確に届けることで、がん研究の新しい展開に少しでも貢献できればと思っています。

——今後の研究展開や構想についてお聞かせいただけますか？

**栗山** 今後は転移するさまざまながん細胞を用いて、転移と硬さの変化との相関関係をさらに詳細に探っていく予定です。より役に立つ情報を積極的に発信していこうと考えています。そして将来的には、この研究で得られた知見を用いて患者さんのがん転移や浸潤を予測できたら、と思っています。今の研究が道半ばというか、まだやるが残っているのですが、新たな分野への構想はまだ無いのですが、一つの壁が崩れると、パッと次の道が開けるような感覚を味わいたい気持ちがあります。その時に壁を塞いでいるブロックを打ち崩してくれる助っ人が思いもかけず登場してくれるかもしれませんから、そういう幸運なチャンスを掴むためにもいつもアンテナを立てておこうと思っています。

**木戸秋** 私の研究のモチベーションは、ドイツのレーザー物理学者ヘルマンハーケンのシナジェティクス（協同現象論）から始まり、物質界の非線形非平衡系における動的自己秩序形成の理論が、細胞一体と細胞集団の系においてどのように現れているのかを理解したいということです。この問題の奥底には、分子スケールから生体個体スケールを貫く階層間のクロストーク現象と仏教的「空」の世界観が潜在しています。自身の研究観は仏教の哲学の中にあって、また、宮沢賢治が追求していた法界観に深く共感を寄せています。これまで、医学・医療に用いることを前提に生物自体の仕組みを分子の科学の観点で研究してきました。また生物学ばかりでなく物理化学および機械力学を全て包含してアプローチすることにも挑戦し、今もなおそれを究める研究を追求しています。生命現象を物理法則と仏教的思想の両面から見つめる挑戦に終わりはありません。



# CLOSE-UP RESEARCHERS

## クローズアップ研究者



Sei KURIYAMA

拠点共同研究

Satoru KIDOAKI



秋田大学大学院医学系研究科

**栗山 正** 准教授

九州大学先端物質化学研究所

**木戸秋 悟** 教授

### (主な研究テーマ)

がん転移・浸潤に先んじて起こる遺伝子・分子的变化を捉える。それから転じて細胞の物理的变化（細胞内張力変化・力学変化）を捉える研究。細胞の集団的遊走を促進する周辺環境を明らかにし、がんの遠隔転移を抑えることが最終目的。

細胞操作メカノバイオマテリアルの開発

### (研究分野)

腫瘍生物学・細胞生物学・発生生物学

医用工学・生物物理学・細胞生物学・  
高分子物理学・界面科学・コロイド科学・  
非線形科学

### (研究概要)

細胞内張力を測定するテンションセンサー分子を発見するがん細胞を作成し、硬さのわかっているメカノゲル上での測定を元に、担がんマウスにおける腫瘍内部でのがん細胞の周辺基質強度感知能力の変化を類推することで実際の転移・浸潤巣の力学的状況を明らかにする研究を行っている。固定法を改良し、in vivo と in vitro の測定値の実験手技による減衰を極力少なくなる手法を開発したので、複数遺伝子の改変と表現形を解析中。

細胞周囲環境の力学場設計に基づく細胞行動の操作技術の体系的開発を進めています。特に、二次元および三次元の粘弾性の空間分布を系統的に調節可能なマトリックスを設計し、細胞運動を自在に操作する足場材料の構築に基づき、治療有効性増強細胞の創出を目指した研究を推進しています。

### (お気に入りの論文)

"LPP inhibits collective cell migration during lung cancer dissemination", S. Kuriyama, M. Yoshida, S. Yano, N. Aiba, T. Kohno, Y. Minamiya, A. Goto and M. Tanaka, *Oncogene*, **35**, 952-964 (2016).

"Manipulation of cell mechanotaxis by designing curvature of the elasticity boundary on hydrogel matrix", A. Ueki and S. Kidoaki, *Biomaterials*, **41**, 45-52 (2015).

### (得意なこと)

必要に迫られると短時間で割と何でも習得できます、Pythonとか。  
あとは職人芸の手先の器用さ

応用研究に潜在する本質的基礎学理の彫り出し

### (連絡先)

秋田大学大学院医学研究科分子生化学講座

〒010-8543 秋田県秋田市本道1-1-1  
秋田大学医学部基礎医学研究棟 4F  
TEL: 018-884-6078  
E-mail: seikury@med.akita-u.ac.jp

九州大学・先端物質化学研究所（伊都地区）  
分子集積化学部門・医用生物物理化学分野  
（兼任）ソフトマテリアル部門・  
メカノバイオマテリアル国際連携分野  
（協力）大学院工学府応用化学専攻・分子生命工学講座

〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744  
CE41棟204号室  
TEL: 092-802-2507  
E-mail: kidoaki@ms.ifoc.kyushu-u.ac.jp

## 物質・デバイス共同研究賞

### MATERIALS AND DEVICES JOINT RESEARCH AWARD

すべての採択課題の中から、研究上の業績が特に顕著であると認められた研究課題、研究者に贈られます。2024年度は、総計525課題の中から19課題が受賞しました。これら受賞課題は、将来的に科学のパラダイムシフトを起こす基盤になりうるものから、社会実装に繋がるものなど、非常に優れた共同研究です。研究代表者は、拠点活動報告会にてその功績を讃えられ、賞状が授与されました。

This award is given to research projects or investigators whose research achievements are recognized as particularly outstanding among all the selected proposals. In FY2024, 19 projects were awarded out of a total of 525 proposals. These award-winning projects are outstanding collaborations, ranging from ones that could be the basis for future paradigm shifts in science and those that could lead to social implementation. The principal investigators were honored for their achievements and received the award certificates at the ceremony of Annual Report Meeting which was held at Hokkaido University.



## 第7回物質・デバイス共同研究賞受賞課題一覧

### ▼ 基盤共同研究

#### 1 細胞外小胞における揮発性成分の探索

研究代表者：安井 隆雄（東京科学大学生命理工学院 教授）  
受入研究者：長島 一樹（北海道大学電子科学研究所 教授）

#### 2 金属ナノ構造の局在表面プラズモンを用いた結晶多形の制御

研究代表者：杉山 輝樹（国立陽明交通大学応用化学系 教授）  
受入研究者：田中 嘉人（北海道大学電子科学研究所 教授）

#### 3 カーボンナノドットによる表面修飾骨補填材料の作成と機能性評価

研究代表者：平田 恵理（北海道大学大学院歯学研究院 助教）  
受入研究者：高野 勇太（北海道大学電子科学研究所 准教授）

#### 4 外部環境に応答するバイオミメティック結晶システムの構築

研究代表者：眞邊 潤（広島大学先進理工系科学研究科 助教）  
受入研究者：中村 貴義（北海道大学電子科学研究所 教授）

#### 5 ナノメートルオーダーで細孔径制御したZTCによるプロパン・プロピレンの吸着分離

研究代表者：稲垣 怜史（横浜国立大学大学院工学研究院 教授）  
受入研究者：西原 洋知（東北大学多元物質科学研究所 教授）

#### 6 ダイヤモンド関連構造を有するナローギャップ酸化物半導体の特性評価

研究代表者：喜多 正雄（富山高専専門学校機械システム工学科 准教授）  
受入研究者：小俣 孝久（東北大学多元物質科学研究所 教授）

7

### 凝集により特異な光学的・熱的性質を誘起可能な $\pi$ 共役系低分子化合物の探索

研究代表者：坂井 賢一（公立千歳科学技術大学理工学部 教授）  
受入研究者：芥川 智行（東北大学多元物質科学研究所 教授）

9

### シアノバクテリアにおけるマーカーフリー遺伝子改変系の構築

研究代表者：渡辺 智（東京農業大学生命科学部バイオサイエンス学科 准教授）  
受入研究者：前田 海成（東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所 助教）

11

### 多面体窒化ホウ素フィラーによる樹脂の等方的な高熱伝導化

研究代表者：楠瀬 尚史（香川大学創造工学部 教授）  
受入研究者：関野 徹（大阪大学産業科学研究所 教授）

13

### 被覆型共役分子を用いた有機・無機複合型ケミカルセンサ材料の開発

研究代表者：寺尾 潤（東京大学大学院総合文化研究科 教授）  
受入研究者：柳田 剛（九州大学先端物質化学研究所 教授）

8

### 細胞内核酸可視化センサーの開発

研究代表者：坪井 貴司（東京大学大学院総合文化研究科 教授）  
受入研究者：北口 哲也（東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所 准教授）

10

### 接着界面に着目した解体性接着技術の開発

研究代表者：秋山 陽久（国立研究開発法人産業技術総合研究所ナノ材料研究部門 主席研究員）  
受入研究者：相沢 美帆（東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所 助教）

12

### 光重合ゼラチンメカノゲルを用いた LPAR5 ノックアウト乳がん細胞の力学的挙動の解析

研究代表者：栗山 正（秋田大学大学院医学系研究科 准教授）  
受入研究者：木戸秋 悟（九州大学先端物質化学研究所 教授）

14

### 成人 T 細胞白血病の治療薬を目指した新規機能性物質の構造研究

研究代表者：濱田 季之（鹿児島大学学術研究院理工学域 准教授）  
受入研究者：谷 文都（九州大学先端物質化学研究所 准教授）

## ▼ クロスオーバー共同研究

15

### pH 感受性ベタインを側鎖とする分岐ペプチド型がん指向性素子の開発

研究代表者：武元 宏泰（京都府立医科大学大学院医学研究科 准教授）  
受入研究者：西山 伸宏（東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所 教授）

## ▼ 次世代若手共同研究

16

### 核融合炉の液体金属ブランケットにおける MHD 圧力損失低減を目指した FeCrAl 合金製円管内壁の酸化処理最適化に関する研究

研究代表者：武藤 龍平（東京工業大学工学院機械系原子核工学コース M2）  
受入研究者：松尾 保孝（北海道大学電子科学研究所 教授）

18

### 高熱伝導球状窒化ホウ素フィラーの粒成長

研究代表者：周 華園（香川大学大学院工学研究科 D3）  
受入研究者：関野 徹（大阪大学産業科学研究所 教授）

## ▼ CORE ラボ共同研究

19

### クーパー対分離電子スピン対の量子もつれ実証と特性評価

研究代表者：木山 治樹（九州大学大学院システム情報科学研究院 准教授）  
受入研究者：大岩 顕（大阪大学産業科学研究所 教授）

## 拠点活動報告会 ANNUAL REPORT MEETING

2025年6月25日、北海道大学学术交流会館にて「第13回物質・デバイス領域共同研究拠点活動報告会」を開催しました。物質・デバイス共同研究賞を受賞した研究代表者による成果発表やポスターセッションを中心に、特別講演や外部有識者による講評等から成るプログラム構成で、対面だけでなく、YouTube を利用したライブ配信の視聴者を含めた大勢の参加者にご出席いただき、盛況のうちに幕を閉じました。

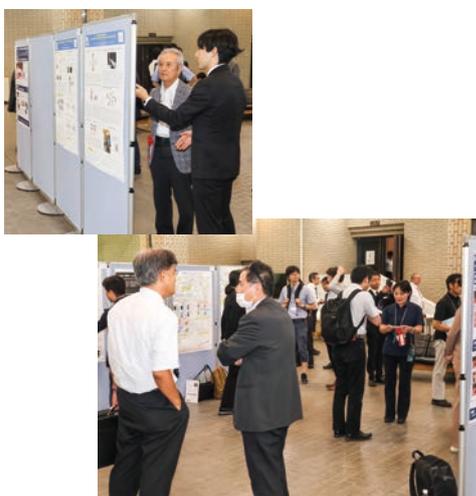
On June 25, 2025, the 13th meeting of the Joint Research Center Activities in the Field of Materials and Devices was held at the Conference Hall, Hokkaido University. The program consisted mainly of oral presentations and poster sessions by the principal investigators who received Material and Devices Joint Research Award, as well as special lectures and critiques by inviting outside experts. The event was a great success, with many on-site participants and viewers of the live-streaming via YouTube.



北海道大学触媒科学研究所、清水研一教授による特別講演。  
Special lecture by Prof. Ken-ichi Shimizu, Director of Institute for Catalysis, Hokkaido University.



口頭発表の後は、活発な質疑応答が交わされました。  
The oral presentations were followed by a lively Q&A session.



ポスターセッションを通じて、研究者同士の交流、新しいアイデアの創出が期待されます。  
Through the poster session, researchers are expected to interact with each other and create new ideas.



出席者による記念撮影。  
Commemorative photo of the participants.

# 大学を超えて研究者をつなぐ 物質・デバイス領域共同研究拠点

<https://five-star.sanken.osaka-u.ac.jp>

## 北海道大学電子科学研究所

物質・光・生命・数理複合科学研究領域

〒001-0021 札幌市北区北21条西10丁目 北キャンパス合同事務部研究協力担当

TEL: 011-706-9202

Email: [kyoten@es.hokudai.ac.jp](mailto:kyoten@es.hokudai.ac.jp)

<https://www.es.hokudai.ac.jp/>

## 東北大学多元物質科学研究所

物質創製・先端計測研究領域

〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1 アライアンス・共同研究拠点室

TEL: 022-217-5822

Email: [tagen.alliance@grp.tohoku.ac.jp](mailto:tagen.alliance@grp.tohoku.ac.jp)

<https://www2.tagen.tohoku.ac.jp/>

## 東京科学大学総合研究院化学生命科学研究所

物質組織化学研究領域

〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259 R1-32

すずかけ台研究院業務推進課化学生命科学研究所事務室

TEL: 045-924-5961

Email: [cls-njrc@cls.iir.isct.ac.jp](mailto:cls-njrc@cls.iir.isct.ac.jp)

<http://www.res.titech.ac.jp/>

## 大阪大学産業科学研究所 (拠点本部)

ナノサイエンス・デバイス研究領域

〒567-0047 茨木市美穂ヶ丘8-1 事務部研究連携課拠点事務担当

TEL: 06-6879-4300

Email: [njrc@sanken.osaka-u.ac.jp](mailto:njrc@sanken.osaka-u.ac.jp)

<https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/>

## 九州大学先導物質化学研究所

物質・材料機能研究領域

〒816-8580 春日市春日公園6-1 先導研拠点事務

TEL: 092-583-8898

Email: [kyoten@cm.kyushu-u.ac.jp](mailto:kyoten@cm.kyushu-u.ac.jp)

<https://www.cm.kyushu-u.ac.jp/>

物質・デバイス領域共同研究拠点

大阪大学産業科学研究所(拠点本部)  
〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘8-1  
TEL: 06-6879-4300  
Email: njrc@sanken.osaka-u.ac.jp



2025年10月発行