

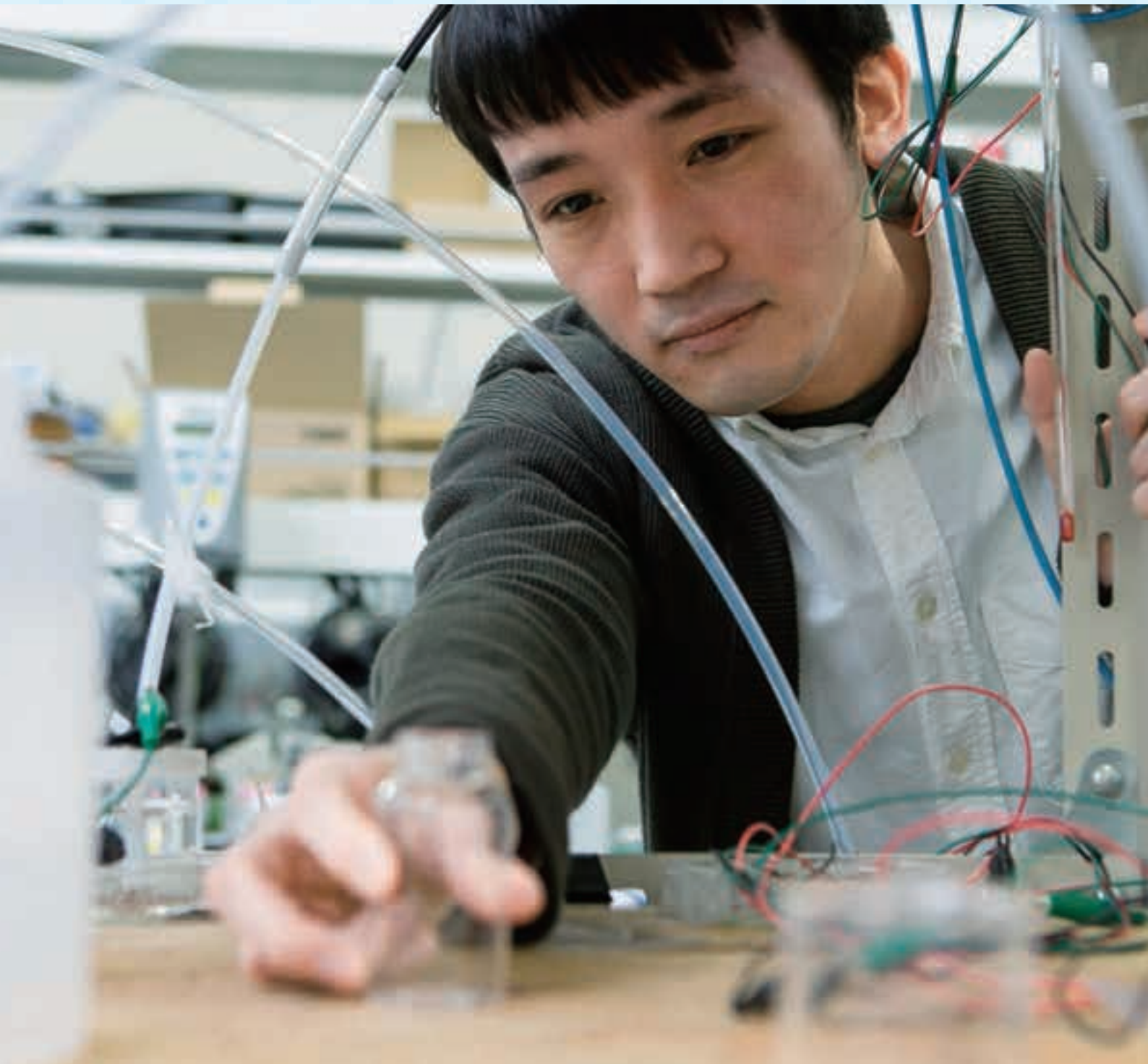


東北大学 多元物質科学研究所

**IMRAM**

INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH  
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

2 0 1 8



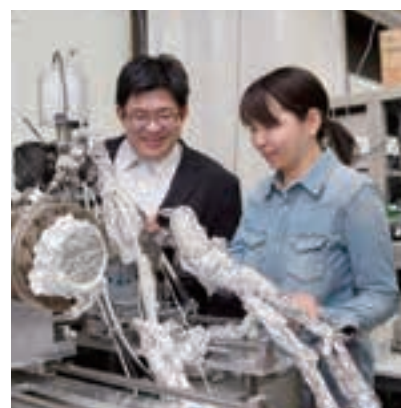
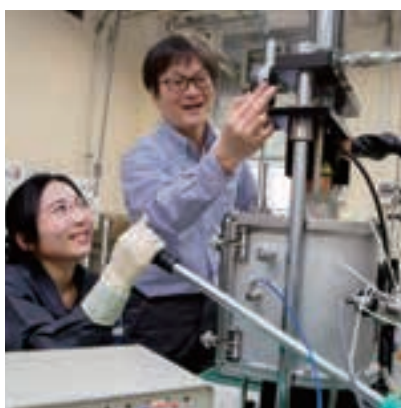
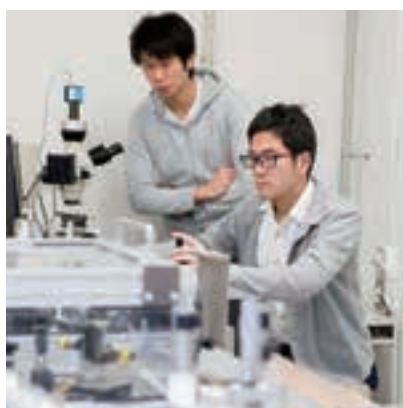
## 歴史・沿革

昭和 16年 3月	勅令第268号(官制)により選鉱製錬研究所設置	March 1941	Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku Imperial University was founded.
昭和 18年 1月	勅令第54号(官制)により科学計測研究所設置	January 1943	Research Institute for Scientific Measurements, Tohoku Imperial University was founded.
昭和 19年 1月	勅令第7号(官制)により非水溶液化学研究所設置	January 1944	Chemical Research Institute of Non-Aqueous Solution, Tohoku Imperial University was founded.
昭和24年 5月	国立学校設置法により選鉱製錬研究所、科学計測研究所、非水溶液化学研究所は、それぞれ東北大学附置研究所となる。	May 1949	These three Institutes were reorganized as research institutes affiliated to Tohoku University.
平成 3年 4月	国立大学設置法の改正により、非水溶液化学研究所は反応化学研究所に改組	April 1991	Chemical Research Institute of Non-Aqueous Solution was reorganized as Institute for Chemical Reaction Science.
平成 4年 4月	国立大学設置法の改正により、選鉱製錬研究所は素材工学研究所に改組	April 1992	Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy was reorganized as Institute for Advanced Materials Processing.
平成 13年 4月	国立大学設置法の改正により、素材工学研究所と科学計測研究所と反応化学研究所を再編統合し、多元物質科学研究所設置	April 2001	Research Institute for Scientific Measurements, Institute for Chemical Reaction Science, and Institute for Advanced Materials Processing were restructured and consolidated as Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (IMRAM) .



## 目次

所長挨拶 / DIRECTOR'S MESSAGE .....	3
組織図 / ORGANIZATION CHART .....	5
有機・生命科学研究部門 / DIVISION OF ORGANIC- AND BIO-MATERIALS RESEARCH .....	11
無機材料研究部門 / DIVISION OF INORGANIC MATERIAL RESEARCH .....	19
プロセスシステム工学研究部門 / DIVISION OF PROCESS AND SYSTEM ENGINEERING .....	27
計測研究部門 / DIVISION OF MEASUREMENTS .....	35
非鉄金属製錬環境科学研究部門 / COLLABORATIVE RESEARCH DIVISION OF NON-FERROUS METALLURGY AND ENVIRONMENTAL SCIENCE .....	45
金属資源プロセス研究センター / CENTER FOR MINERAL PROCESSING AND METALLURGY .....	47
先端計測開発センター / CENTER FOR ADVANCED MICROSCOPY AND SPECTROSCOPY .....	57
高分子・ハイブリッド材料研究センター / POLYMER・HYBRID MATERIALS RESEARCH CENTER .....	63
新機能無機物質探索研究センター / CENTER FOR EXPLORATION OF NEW INORGANIC MATERIALS .....	71
多元CAF / TAGEN CENTRAL ANALYTICAL FACILITY .....	77
技術室 / TECHNICAL SERVICE SECTION .....	79
最近の主な成果 / MAIN ACHIEVEMENTS .....	82
学術交流協定 / ACADEMIC EXCHANGE AGREEMENTS .....	83
概要 / OUTLINE .....	84
建物案内図 / IMRAM BUILDING MAP .....	85



## あいさつ



東北大学  
多元物質科学研究所

研究所長

村松 淳司

Institute of Multidisciplinary Research  
for Advanced Materials  
Tohoku University  
Director  
Atsushi MURAMATSU

多元物質科学研究所(以下、多元研)創立から、17年が過ぎました。従来の区別や枠にとられない、物質、材料を含む、あらゆる“もの”を多元的に研究する、特徴ある研究所として2001年4月に誕生し、そして「多元物質科学」は一般社会にも次第に浸透しつつあります。その礎は、創立1941年以来受け継がれる、選鉱製錬研究所(素材工学研究所)、科学計測研究所、非水溶液化学研究所(反応化学研究所)のスピリットであり、もうすぐ80年を迎えようとする、伝統の力を、ひしひしと感じます。先人たちが切り開いてきた多くの研究分野と、輝かしい研究成果が、漏れることなく、多元研に引き継がれており、過去から未来への時間軸の中で、研究所のあちらこちらで、時空を超えて融合していく姿を見ることができます。

それは、たとえば金属資源プロセスの研究、あるいは電子顕微鏡研究、そして有機無機ハイブリッド材料が代表的です。伝統のある長い歴史を内に含んでいながら、若い研究所であるがゆえに、軽快で柔軟な研究体制の構築が可能であったことが幸いしています。

こうして多元研では、資源から最先端材料までの垂直方向、そして無機、有機、バイオなどあらゆる物質材料を含む水平方向の両機軸を、ハイブリッドにカバーした、独創的で斬新な研究が、数多く行われています。そうした研究の一端を、本「多元研概要」で紹介しています。パラパラとページをめくりながら、多元研では、“もの”も、“人”もハイブリッドとなって、物質材料研究に従事していることを想像してみてください。きっと、多元研の世界に没頭することができるでしょう。

2010年から始まった、先駆的なネットワーク型共同研究拠点である「物資・デバイス領域共同研究拠点」(多元研の他、北海道大学電子科学研究所、東京工業大学化学生命科学研究所、大阪大学産業科学研究所、九州大学先導物質化学研究所)では、本当にたくさん研究成果を出しており、一昨年度からは多元研が拠点本部になっています。さらに、お互いに顔の見える共同研究を進めていく中で、『人・環境と物質をつなぐイノベーション創出ダイナミック・アライアンス』が、非常に効率的に、かつ、先端的に推進されています。

一方で、多元研は次世代の重要な軟×線拠点となる、次世代の東北放射光 SLiT-J 推進の基幹部局として、一昨年度から積極的に内外に SLiT-J の重要性を周知し、大学・宮城県そして東北経済団体連合会とともに、活動してきました。大きなハードルを超えた今、実現に向けて益々加速しています。

さて、2011年3月の東日本大震災から7年が経過しました。多元研は物質材料における東北復興への貢献と、日本の復興と未来を背負う新進気鋭の優秀な研究者の輩出を、今後も積極的に担っていきます。最後になりましたが、皆様方の益々のご健勝とご発展を心より祈り申し上げますとともに、今後とも、変わらぬご支援を賜りますようお願いいたします。

平成30年4月 研究所長 村松淳司

Our institute, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, IMRAM, is called TAGEN-KEN in Japanese. It takes 17 years from its foundation, April 2001. Nowadays, it will be widely known, since the research in our institute has been carried out over "Multidisciplinary" fields of science and engineering for materials. Our basis unfailingly is in the successor of three prestigious research institutes of Tohoku university: SENKEN (Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy)-SOZAIKEN (Institute for Advanced Materials Processing), KAKEN (Research Institute for Scientific Measurements) and HISUIKEN (Chemical Research Institute of Non - Aqueous Solution-) -HANNOUKEN (Institute for Chemical Reaction Science). SENKEN was established in 1941, KAKEN was in 1943 and HISUIKEN was in 1944. So, 77 years have passed since the foundation of the former three institutes. Their research spirit will be passed down to us so that the knowledge and experience integrated from prestigious institutes allow us to establish so many collaborations between members of our institute so that a plenty of noticeable research results have been achieved. The projects are exemplified by Metal Resources Engineering and Metallurgy, Transmission Electron Microscopy, and Organic-Inorganic Hybrid Materials. You can notice not only the hybridization of materials but also that of researchers in our institute so that they must promote our activities surprisingly. You may absorb yourself in such a TAGEN-ken world through pages you see.

Our institute has started the activity as a member of the new Network Joint Research Center for Materials and Device from 2010, composed of five national university institutes, Research Institute of Electronic Science (RIES, Denshiken) in Hokkaido Univ., Laboratory for Chemistry and Life Science (CLS, Kaseiken) in Tokyo Institute of Technology, Institute of Science and Industrial Research (ISIR, Sanken) in Osaka Univ., and Institute for Materials Chemistry and Engineering (IMCE, Sendouken) in Kyushu Univ. This network is open to anyone in Japan and the world including colleges, institutes and private companies, who wishes to collaborate with the institutes. Based on these five institutes, the "Dynamic Alliance for Open Innovation Bridging Human, Environment and Materials" was also founded as a unique 6-year national project starting from 2016 fiscal year.

Tohoku Univ. is now promoting the SLiT-J project, which focuses on the soft X-Ray region of the spectrum where its performance is optimized. This spectral range covers the K edges of the light elements including for example Li as well as C, N, and O which are all critical to current technological challenges. Since our institute is the main base of this project, we have been making our best effort on the realization in the near future.

Seven years have passed since the Great East Japan Earthquake on March 11, 2011. We contribute our efforts to attain the reconstruction through material science and technology as well as to produce researchers and engineers useful to the nation. We will proceed further advance in the field of Multidisciplinary Research for Advanced Materials.



東北大学 多元物質科学研究所

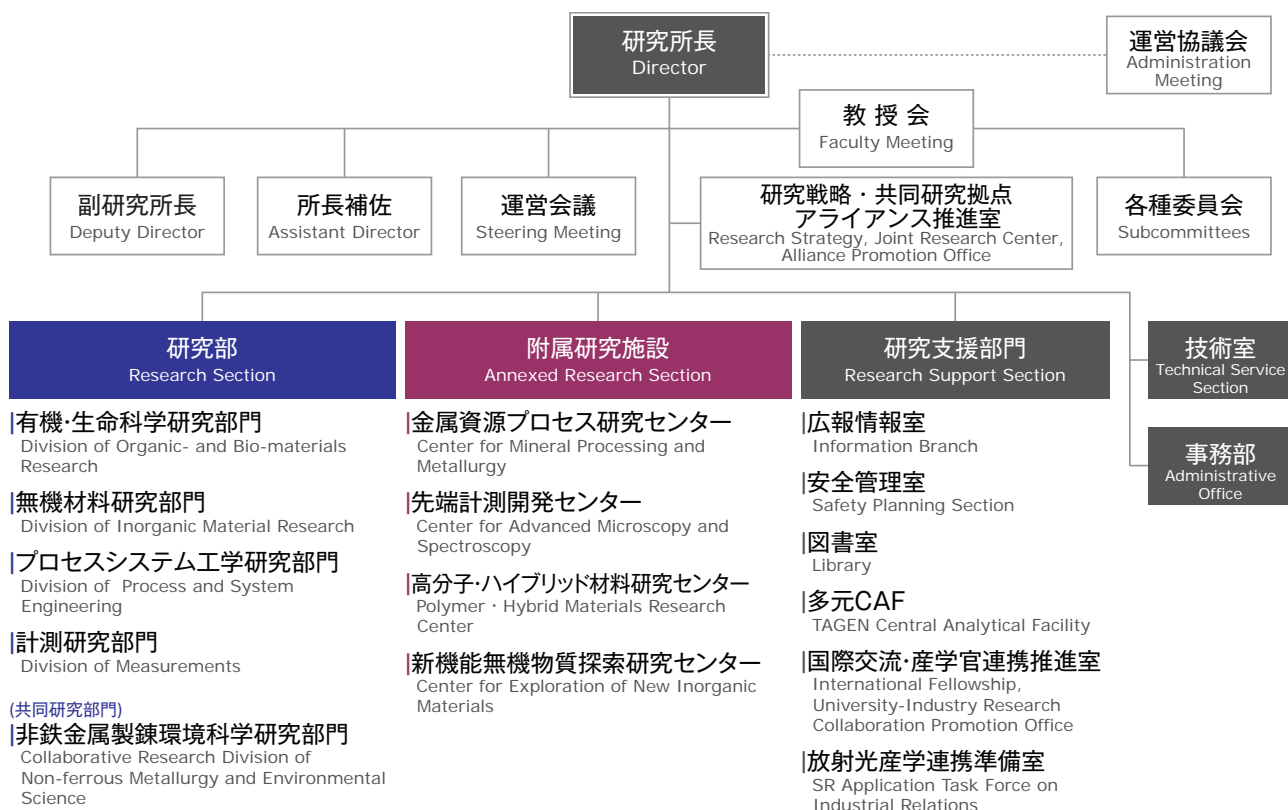
**IMRAM**  
INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH  
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

ロゴマークのテーマ

**シーズのランドマーク**

4本の曲線は、4つの研究部門・センターとそれぞれ、物理、化学、生物、材料などに代表される研究分野を表しています。DNAの染色体にも似たその触手は、力強く天へと伸び、緑の球体で表す地球とこれからの社会を、多元物質科学研究所が支えている様を表しております。全体として、IMRAMの頭文字、「i」を象徴としています。

# 組織図



● **有機・生命科学研究部門**

Division of Organic- and Bio-materials Research

- 生命機能分子合成化学 / 永次 史  
Synthesis of Organic Functional Molecules
- 生命機能制御物質化学 / 和田 健彦  
Functional Photochemistry and Chemical Biology
- ナノ機能物性化学 / 組頭 広志  
Nano Physical Chemistry
- 生体分子構造 / 稲葉 謙次  
Biomolecular Structure
- 細胞機能分子化学 / 水上 進  
Cell Functional Molecular Chemistry
- 生物分子機能計測  
Nano Biophysics
- 生命分子ダイナミクス / 高橋 聡  
Biological and Molecular Dynamics
- ソフト材料 / 客員教授 伊藤 耕三  
Soft Materials

● **無機材料研究部門**

Division of Inorganic Material Research

- 計算材料熱力学 / 大谷 博司  
Computational Materials Thermodynamics
- 機能材料微細制御 / 鈴木 茂  
Microstructural Control of Functional Materials
- スピン量子物性 / 佐藤 卓  
Quantum Spin Physics
- ナノスケール磁気デバイス / 北上 修  
Nanoscale Magnetism and Devices
- 超臨界流体・反応 / 横山 千昭  
Chemical Reaction Engineering
- 固体イオン物理 / 河村 純一  
Solid State Ion Physics
- ハード材料 / 客員教授 堀田 善治  
Hard Materials

● **プロセスシステム工学研究部門**

Division of Process and System Engineering

- 超臨界ナノ工学 / 阿尻 雅文 (兼\*)  
Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies
- 光物質科学 / 佐藤 俊一  
Laser Applied Material Science
- 固体イオニクス・デバイス / 雨澤 浩史  
Solid State Ionic Devices
- 環境適合素材プロセス / 埜上 洋  
Environmental-Conscious Material Processing
- 材料分離プロセス / 柴田 浩幸  
Materials Separation Processing
- プロセスシステム / 客員教授 岡部 徹  
Process System

※ AIMR

● **計測研究部門**

Division of Measurements

- 電子分子動力学 / 上田 潔  
Electron and Molecular Dynamics
- 量子電子科学 / 高橋 正彦  
Quantum Electron Science
- 量子ビーム計測 / 百生 敦  
Quantum Beam Measurements
- 構造材料物性 / 木村 宏之  
Structural Physics and Crystal Physics
- ナノ・マイクロ計測化学 / 火原 彰秀  
Nano/Micro Chemical Measurements
- 高分子物理化学 / 陣内 浩司  
Polymer Physics and Chemistry
- 表面物理プロセス / 高桑 雄二  
Surface Physics and Processing
- 量子光エレクトロニクス / 秩父 重英  
Quantum Optoelectronics
- 計測 / 客員教授 北森 武彦  
Measurements

● **非鉄金属製錬環境科学研究部門 (共同研究部門)**

Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science

● **金属資源プロセス研究センター**

Center for Mineral Processing and Metallurgy

- 高温材料物理化学 / 福山 博之  
High-temperature Physical Chemistry of Materials
- 基盤素材プロセッシング / 北村 信也  
Base Materials Processing
- 機能性粉体プロセス / 加納 純也  
Powder Processing for Functional Materials
- エネルギー資源プロセス / 佐藤 修彰  
Energy Resources and Processing
- エネルギーデバイス化学 / 本間 格  
Chemistry of Energy Conversion Devices
- 金属資源循環システム / 柴田 悦郎  
Metallurgy and Recycling System for Metal Resources Circulation
- ハイブリッドナノ粒子プロセス / 村松 淳司  
Hybrid Nano-particle
- 原子空間制御プロセス / 小俣 孝久  
Atomic Site Control in Inorganic Materials
- 環境適合素材プロセス / 埜上 洋 (兼\*\*)  
Environmental-Conscious Material Processing (C)
- 材料分離プロセス / 柴田 浩幸 (兼\*\*)  
Materials Separation Processing (C)

※※ 協力講座

● **先端計測開発センター**

Center for Advanced Microscopy and Spectroscopy

- 放射光ナノ構造可視化 / 高田 昌樹  
Synchrotron Radiation Soft X-ray Microscopy
- 電子回折・分光計測 / 寺内 正己  
Electron -Crystallography and -Spectroscopy
- 電子線干渉計測 / 進藤 大輔  
Electron Interference Measurement
- 走査プローブ計測技術 / 米田 忠弘  
Advanced Scanning Probe Microscopy

● **高分子・ハイブリッド材料研究センター**

Polymer · Hybrid Materials Research Center

- 高分子ハイブリッドナノ材料 / 三ツ石 方也  
Polymer Hybrid Nanomaterials
- 有機ハイブリッドナノ結晶材料 / 及川 英俊  
Organic and Hybridized Nanocrystals
- ハイブリッド炭素ナノ材料 / 京谷 隆  
Hybrid Carbon Nanomaterials
- ハイブリッド材料創製 / 芥川 智行  
Hybrid Material Fabrication
- 光機能材料化学 / 中川 勝  
Photo-Functional Material Chemistry
- 有機・バイオナノ材料 / 笠井 均  
Organic- and Bio- Nanomaterials

● **新機能無機物質探索研究センター**

Center for Exploration of New Inorganic Materials

- 無機固体材料合成 / 山根 久典  
Inorganic Crystal Structural Materials Chemistry
- 金属機能設計 / 蔡 安邦  
Metallurgical Design for Material Functions
- 環境無機材料化学 / 殷 澍  
Environmental Inorganic Materials Chemistry
- 無機材料創製プロセス / 垣花 真人  
Design of Advanced Inorganic Materials

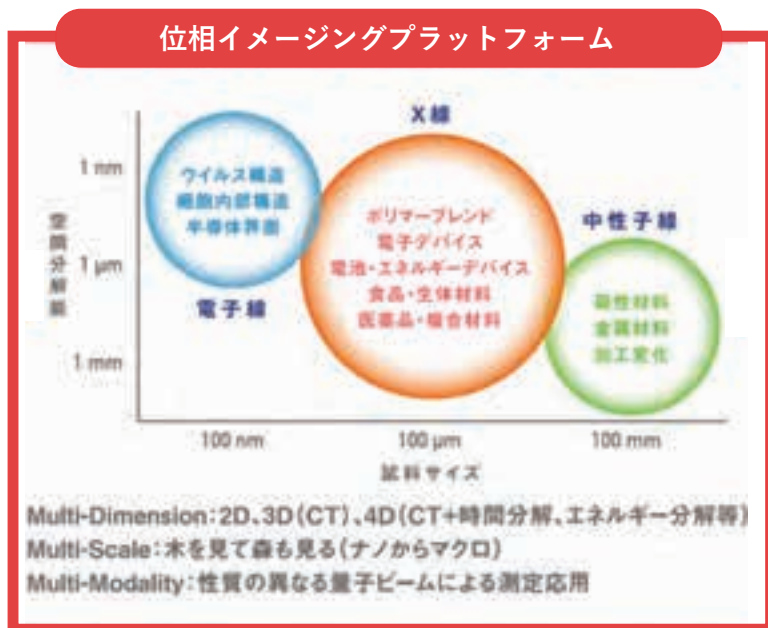


# JST (科学技術振興機構) のERATO (戦略的創造研究推進事業) による東北大学多元物質科学研究所を中核とした6研究機関共同「量子ビーム位相イメージング技術」研究開発の推進

Promotion of Quantum Beam Phase Imaging Research & Development among 6 research institutes with the leadership of IMRAM based on the ERATO (Exploratory Research for Advanced Technology) program sponsored by JST (Japan Science and Technology Agency)

## 【1】 Multi-Dimension, Multi-Scale, Multi-Modality な技術開発

百生量子ビーム位相イメージングプロジェクトでは、平成27年2月から平成32年3月までの期間で、高エネルギー光子(X線)や中性子、電子などの量子ビームの波としての性質を利用して、量子ビームが物体を透過する際に生じる位相の変化(位相情報)を活用する、「位相イメージング」技術の飛躍的な展開を目指します。位相イメージングは単なる位相コントラスト法とは異なり、位相情報の定量計測を実現し、これによる三次元可視化も可能とする高度な技術です。これまで培ったX線位相イメージングの技術を核に、中性子線や電子線を用いた位相イメージングへの技術展開を図り、さまざまな量子ビームの位相情報を相補的に活用する高度なイメージングプラットフォームの構築を進めます。



## 【2】 研究開発の Scope

本研究開発では、計算機・情報科学分野における最先端の画像解析技術なども導入し、位相イメージングの可能性を最大限に引き出すためのアプローチを追求します。位相検出の鍵となる光学系の研究や新規光学素子の開発を通じ、先端素材や複合材料、デバイス、さらには実際に利用される製品に至るまでのマルチスケールで、これまで検出できなかった物質の不均一構造や状態を可視化します。これにより、安心・安全・健康に関心が高い現代社会に貢献します。





### 【3】国際研究を含む6研究機関での研究開発体制

#### 東北大学多元物質科学研究所

X線を用いた位相イメージングを中心に取り組み、とくに動的手法および兼備手法による生体軟組織やソフトマターのイメージング技術の研究開発に重点を置きます。また、全体の成果が最大化されるようプロジェクト管理を行います。

#### JASRI (高輝度光科学研究センター)

シンクロtron放射光の特徴を活かした位相イメージング技術に取り組み、試料のその場観察を含む動的イメージング手法の開発を進めます。

#### KIT (Karlsruhe Institute of Technology, 独国)

国際共同研究として、LIGA プロセスにより、本プロジェクトでキーとなる先端X線光学素子の研究開発を進めます。

#### J-PARC (日本原子力開発機構)

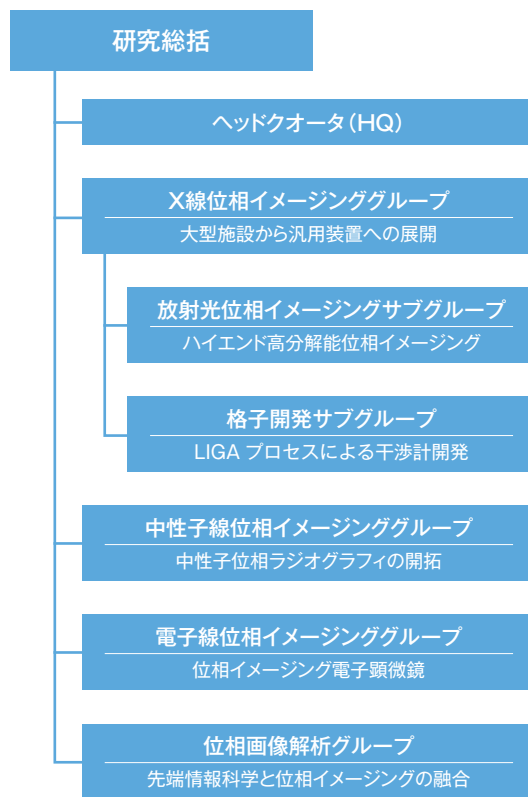
中性子位相イメージングに取り組み、磁性材料などの構造と磁気情報の同時可視化を目指します。

#### 自然科学開発機構・生理学研究所

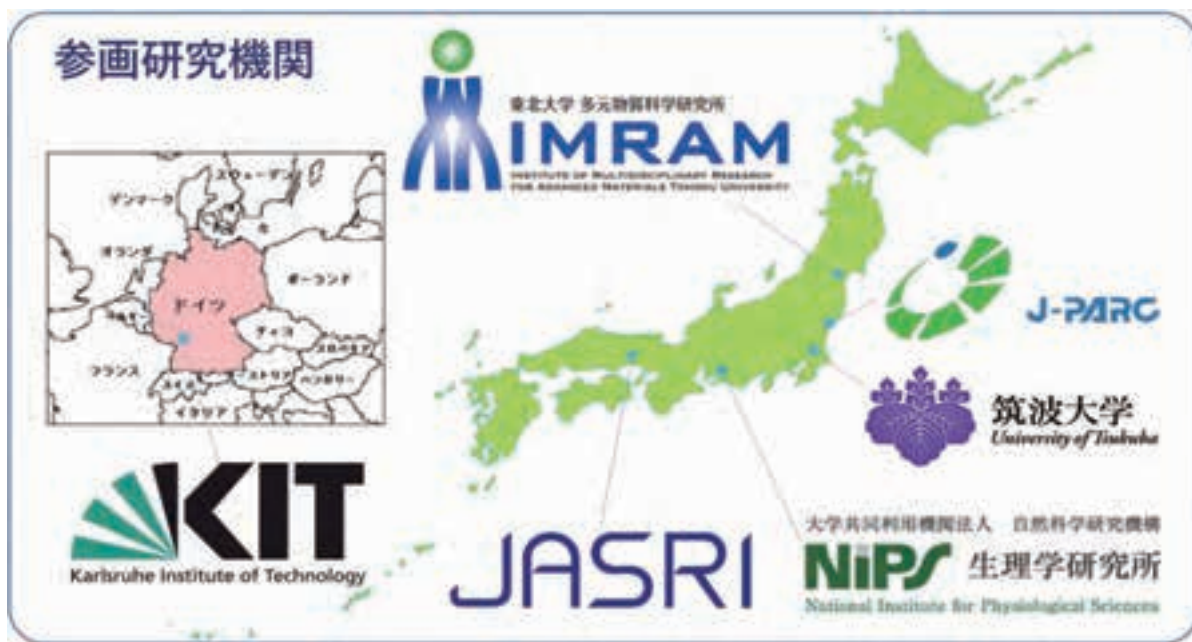
レーザー位相差透過型電子顕微鏡やFZP位相差走査透過型電子顕微鏡など、電子線を用いた位相イメージング技術の開発を進めます。

#### 筑波大学システム情報系

計算機・情報科学分野における最先端の画像解析技術なども導入し、位相イメージングの可能性を最大限に引き出すためのアプローチを追求します。



### 【4】共同研究開発参加研究機関



位相計測を基盤とした複数の量子ビームプローブ技術を連携的に使用して、素材からデバイス・実装体レベルまでの幅広い空間スケールでの三次元高感度可視化を実現し、素材産業(ソフトマテリアル、複合材料、etc.)、デバイス産業(エネルギーデバイス、電子デバイス、etc.)、医療産業等に貢献できる高度イメージング技術を構築します。

# 物質・デバイス領域共同研究拠点による 5附置研究所間ネットワーク型共同研究事業の推進

Promotion of network-type cooperative research among 5 research institutes based upon the Joint Research Center of Materials and Devices

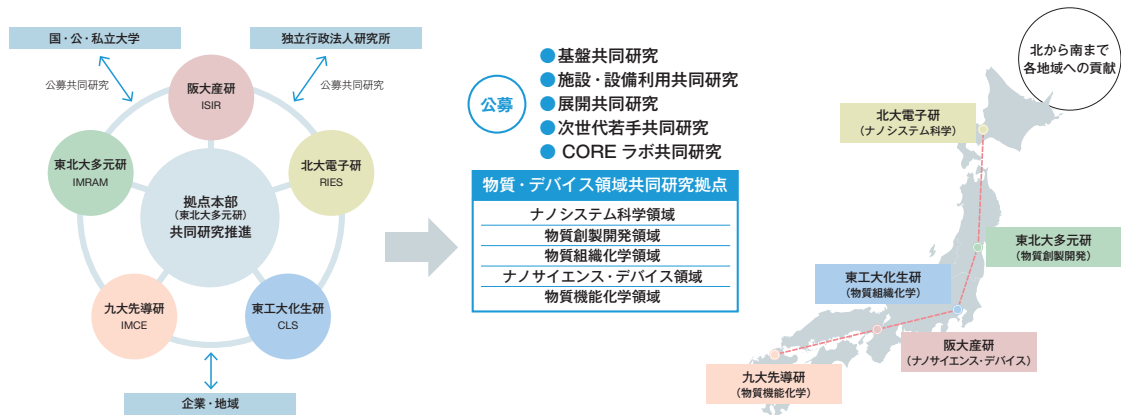
「物質・デバイス領域共同研究拠点」は、北海道大学電子科学研究所(北大電子研)、東北大学多元物質科学研究所(東北大多元研)、東京工業大学化学生命科学研究所(東工大化生研)、大阪大学産業科学研究所(阪大産研)、九州大学先端物質化学研究所(九大先導研)が参画し、平成22年度に発足した先駆的なネットワーク型共同研究拠点のひとつです。ボトムアップ型一般共同研究、トップダウン型特定共同研究を中心に、全国の国公立、私立大学、国立研究機関や企業に所属する研究者から、8年間で3,400件を超える共同研究を推進しました。研究力強化、イノベーション創出、若手人材育成、グローバル化にも積極的に取り組み、平成27年度の期末評価ではネットワーク型拠点として唯一「S」評価を獲得しました。第1期6年間は阪大産研を本部として活動してきましたが、平成28年度からの第2期は東北大学多元研が本部を務めております。

共同研究拠点の基本的なテーマは、「研究のネットワークづくりは、人のネットワークづくり」です。本共同研究拠点発足に先立ち平成17年には、阪大産研と東北大多元研が、大学の枠を超えた新産業創造物質基盤技術研究センター(MSTeC)を設立・運営し、10年以上の長きにわたり協働関係の構築に努力してきました。人のつながりが現在の5つの研究所に広がる礎になりました。本共同研究拠点では、研究者同士が国内・海外のどこかで会ってもすぐに話ができるような、顔の見えるface to faceの関係づくりが重要と考えています。

多元研が本部を担う第2期では、基盤共同研究(旧一般共同研究)、施設・設備利用共同研究に加え、新しいプログラムとして基盤研究成果をさらに発展させる展開共同研究A、基盤研究で得られた成果を基にネットワーク型拠点を形成する他研究所教員との連携により幅広い研究発展を目指す展開共同研究B、優れた若手研究者が積極的に融合型研究を推進する「COREラボ共同研究」、そして共同研究を通じて主に地域大学、私立大学に在籍する優れた才能を有する大学院生をプロジェクトリーダーとして採択する次世代若手共同研究など多彩な共同研究を企画・運営し、より充実した共同研究活動を展開します。いずれのプログラムも、目先の成果を求めるだけでなく、その成果を生み出す情熱に満ちた研究者を育てる「人材育成」を第2期の大きなテーマのひとつとしています。多くの研究者がこの拠点を積極的に活用し、人のネットワークを広げて頂けることを願います。

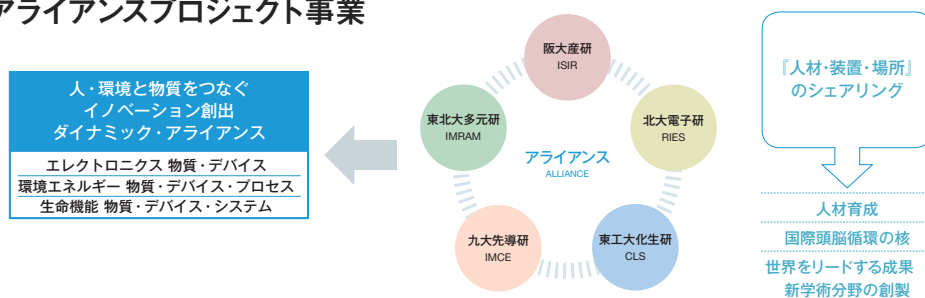
本拠点活動を通じ形成された研究者ネットワークを礎とした大型研究プロジェクトの発案・運営として、多元研教員が領域代表・班長を務める科学研究費補助金新学術領域研究がプロジェクト以上採択され、多元研教授がJST創造科学技術推進事業(ERATO)の統括研究者を務めるなど数多くの実績が得られています。また本ネットワーク型共同研究拠点が支援を行った学協会等の研究者コミュニティは500を超え、総参加者数はのべ5,000名を超え、関連研究分野および関連研究者コミュニティの発展に大きく貢献しています。

## ネットワーク型共同研究拠点事業

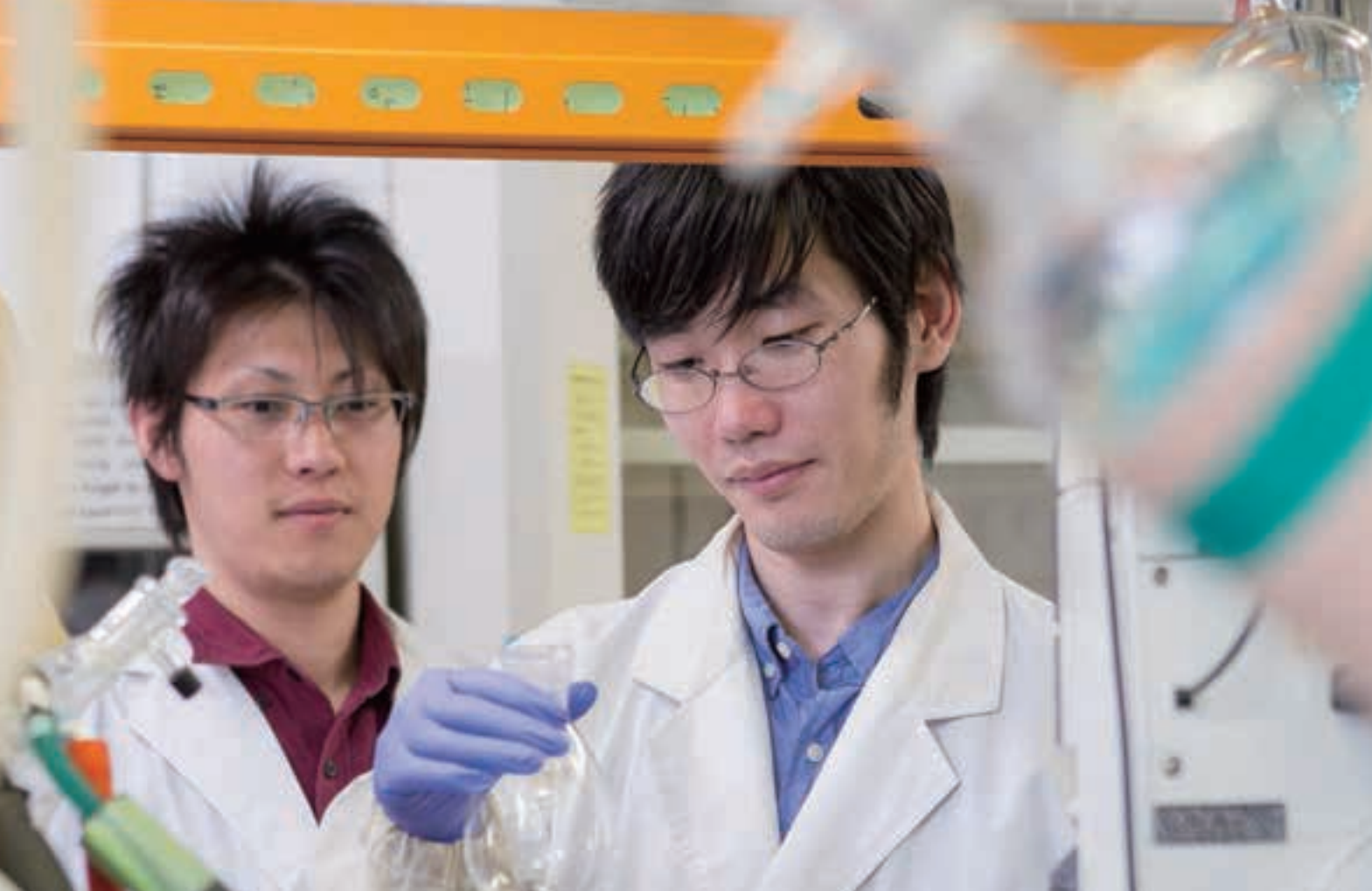


一方、【課題解決型アライアンスプロジェクト事業】においては、「人・環境と物質をつなぐイノベーション創出ダイナミック・アライアンス」を5研究所間の連携プロジェクトとして推進しています。日本を北から南まで縦断する形で「人材・装置・場所のシェアリング」を特徴とし、21世紀において安全安心で質の高い生活のできる社会の実現に要求される3つの課題解決型プロジェクトとして、1)エレクトロニクス 物質・デバイス、2)環境エネルギー 物質・デバイス・プロセス、3)生命機能 物質・デバイス・システムを戦略的に設定し、各々の研究分野の格段の進展を図ることを目的としています。このように、5つの国立大学法人附置研究所が、各々の得意分野で相互に連携・ネットワークを組み相補的・協力的な体制を取る、という大掛かりな共同研究拠点およびアライアンス事業は他に類例がなく、物質・デバイス・システム創製基盤技術を格段に進展させ、安全安心で質の高い生活のできる社会実現へ大きく寄与することが期待されています。

## 課題解決型アライアンスプロジェクト事業







# 有機・生命科学研究部門

DIVISION OF ORGANIC- AND BIO-MATERIALS RESEARCH

一分子可視化、細胞内イメージング、構造解析を駆使した生命機能解明、ならびにそれらの機能情報と合成化学手法を融合した核酸医薬創製やドラッグデリバリーシステム構築などに取り組んでいます。さらに生命機能と材料科学を融合したバイオメテックス材料創製など、生命機能解明と物質合成を有機的に結びつけることにより、世界をリードする材料・デバイス創製をも目指しています。

Research activities of our division include design and synthesis of novel molecules for controlling biomolecular and cellular function, development of single molecular methods for elucidation of mechanism of biologically relevant macromolecules, and biochemical and biophysical studies for understanding enzyme mechanisms of physiological significance.



## 教授 Professor

永次 史

Fumi NAGATSUGI

遺伝子発現の化学的制御を目指した方法論の開発  
Development of the strategy for the control of gene expression

組頭 広志

Hiroshi KUMIGASHIRA

放射光計測に基づく酸化ナノ構造の機能設計  
Design of novel functionalities in oxide nanostructures based on synchrotron analysis

水上 進

Shin MIZUKAMI

機能性分子設計による細胞機能の可視化と制御  
Imaging and regulation of cellular functions with functional molecule design

和田 健彦

Takehiko WADA

核酸有機化学・生命化学を活用した生命機能の積極的制御と超分子不斉光反応系の創成  
Chemical Biology and Functional Photochemistry

稲葉 謙次

Kenji INABA

細胞内のタンパク質品質管理システムの分子基盤  
Molecular basis of the protein quality control systems in cells

高橋 聡

Satoshi TAKAHASHI

一分子蛍光観察によるタンパク質のフォールディングと機能の解明  
Dynamics of proteins based on single molecule fluorescence detection

## 客員教授 Visiting Professor

伊藤 耕三

Kohzo ITO

## 准教授 Associate Professor



荒木 保幸

Yasuyuki ARAKI

新規円二色性測定法の開発と  
生体機能分子等の構造変化検出への応用  
Development of new circular dichroism spectroscopy and its application to the conformational change dynamics of biomolecules



松井 敏高

Toshitaka MATSUI

新機能探索を指向した  
金属タンパク質のメカニズム解明  
Structure-function relationships and novel reactions of metalloproteins



門倉 広

Hiroshi KADOKURA

哺乳動物細胞小胞体内における  
タンパク質のジスルフィド結合形成機構  
Mechanisms of protein disulfide bond formation in the ER of mammalian cells

## 講師 Senior Assistant Professor



黒河 博文

Hirofumi KUROKAWA

ケミカルセンサーによる新規分子認識機構の解明  
Novel Molecular Recognition Mechanism by Chemical Sensors

## 助教 Assistant Professor



松本 高利

Takatoshi MATSUMOTO

In silico による高感度・高選択的な機能性試薬の設計開発  
Design and development of high sensitive and selective functional reagent in silico



村瀬 裕貴

Hirofumi MURASE

pre-miRNA 結合分子の開発  
Development of new molecules binding to pre-miRNA



渡部 聡

Satoshi WATANABE

金属イオン恒常性とタンパク質品質管理機構の構造生物学  
Structural biology of metal ion homeostasis and protein quality control



井上 道雄

Michio INOUE

小胞体におけるカルシウムとレドックスの  
恒常性維持の構造基盤  
Structural basis of the calcium- and redox-homeostasis in the endoplasmic reticulum



鎌形 清人

Kiyoto KAMAGATA

タンパク質の構造・機能ダイナミクスの単分子計測基盤の確立  
Development of single-molecule measurements for protein dynamics



鬼塚 和光

Kazumitsu ONIZUKA

RNA を標的にした新規化学ツールの開発  
Development of novel chemical tools targeting RNA



西嶋 政樹

Masaki NISHIJIMA

光によるキラリティーの創成と制御:生体超分子キラル光化学  
Supramolecular photochirogenesis using chiral biomolecular media



天貝 佑太

Yuta AMAGAI

小胞輸送を介したタンパク質品質管理機構の解明  
Molecular mechanisms of protein quality control systems via vesicle trafficking



小和田 俊行

Toshiyuki KOWADA

機能性小分子を用いた生体機能の可視化と制御  
Visualization and manipulation of biological functions using functional small molecules



小井川 浩之

Hiroyuki OIKAWA

一分子蛍光分光法による生体分子の高速ダイナミクスの追跡  
Tracking of fast dynamics of biomolecules by single-molecule fluorescence spectroscopy

# 生命機能分子合成化学研究分野

NAGATSUGI Lab

Synthesis of Organic Functional Molecules

専門分野・キーワード | 遺伝子発現制御 / 機能性人工核酸 / クロスリンク剤 / 機能性 RNA

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | control of the gene expression / intelligent artificial nucleic acid / cross-linking agents / non-coding RNA

- ハイブリダイゼーション活性化反応による細胞内遺伝子機能制御方法の開発
- DNAを鋳型とする反応を利用した2本鎖 DNA結合分子の新規検索法の開発
- 2本鎖DNA構造の制御を目指した分子モーターの合成
- Design and synthesis of functional molecules for regulation of gene expression
- Development of functional oligonucleotides for artificial regulation of gene expression



永次 史 教授

Fumi NAGATSUGI, Professor

fumi.nagatsugi.b8@tohoku.ac.jp

松本 高利 助教

Takatoshi MATSUMOTO, Assistant Professor

鬼塚 和光 助教

Kazumitsu ONIZUKA, Assistant Professor

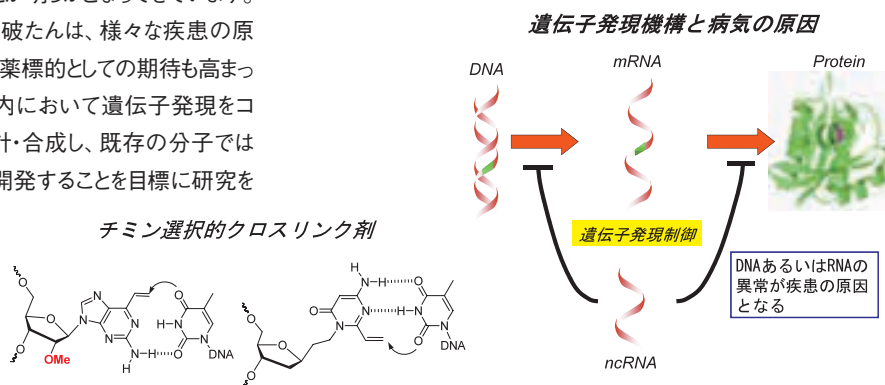
村瀬 裕貴 助教

Hiroataka MURASE, Assistant Professor

## 遺伝子発現の化学的制御を目指したケミカルバイオロジー

ゲノム解析の終了にともない、実際にタンパク質として発現される遺伝子はわずか2%のみであり、残りの98%はタンパク質をコードしていない、いわゆる non-coding RNA(ncRNA)として生体機能の維持調節に極めて重要な働きをしていることが明らかとなってきています。これらの遺伝子発現制御機構における破たんは、様々な疾患の原因になることもわかってきており、新たな創薬標的としての期待も高まっています。私たちの研究室では、細胞内において遺伝子発現をコントロールする機能性分子を独自に設計・合成し、既存の分子ではできない新たな機能を持つ人工分子を開発することを目標に研究を行っています。既に私たちの研究室では高機能を持つ核酸医薬として、標的遺伝子に対してピンポイントの反応性で架橋反応を形成するインテリジェント人工核酸の開発に成功

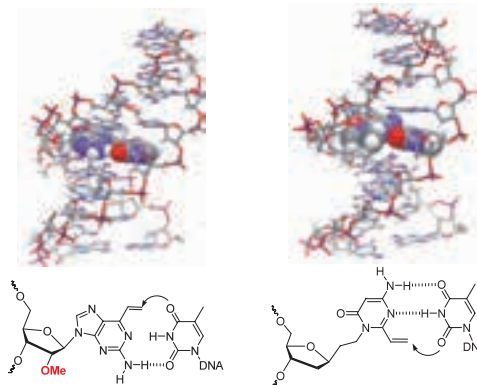
し、効率的な遺伝子発現制御にも成功しており、現在、これらの分子のさらなる高機能化、及び新規人工分子の開発について検討を行っています。



## Development of intelligent molecules for the regulation of gene expression in cells

Our research activities have focused on the creation of functional molecules that exhibit specific recognition and reaction to the DNA and RNA. The functional oligonucleotides incorporating such intelligent agents would enable chemical modulation of gene expression with high sequence-selectivity at a single nucleoside level. Recent progress in our group includes achievement of highly efficient cross-linking reaction with specificity toward cytosine at the target site. We have applied the new cross-linking agent to antisense inhibition of gene expression in cell. Now, we study about higher functional intelligent molecules for regulation of gene expression. We expect that our research can be expanded to "In Cell Chemistry" in future.

### Thymine Selective Cross-linking Agents



## 和田研究室

## 生命機能制御物質化学研究分野

WADA Lab

## Functional Photochemistry and Chemical Biology

専門分野・キーワード | 生命化学 / 核酸医薬 / 外部刺激応答型機能分子 / 構造変化高感度高時間分解能検出

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | biomolecular chemistry / oligonucleotide therapeutics / external function controllable material / CD measurement system with high sensitivity and high time resolution

- 外部刺激応答型人工核酸の開発
- がん細胞特異的核酸医薬分子の開発
- 細胞内環境応答性生命機能制御材料の創製
- 生体高分子を不斉反応場とする超分子不斉光反応
- 高感度高時間分解円二色スペクトル測定装置の開発
- Development of external stimuli responsible artificial nucleic acids
- Creation of intra-cellular environment change responsible functional molecules
- Creation of cancer cell specific oligonucleotide therapeutic molecules
- Supramolecular Asymmetric Photochirogenesis with biopolymers and bio-molecules as a nano-chiral reaction media
- Development of High Sensitive and High Time-Resolve Circular Dichroism (CD) Detection Method for Analysis of Supramolecular Dynamic



## 和田 健彦 教授

Takehiko WADA, Professor

takehiko.wada.d3@tohoku.ac.jp

## 荒木 保幸 准教授

Yasuyuki ARAKI, Associate Professor

## 黒河 博文 講師

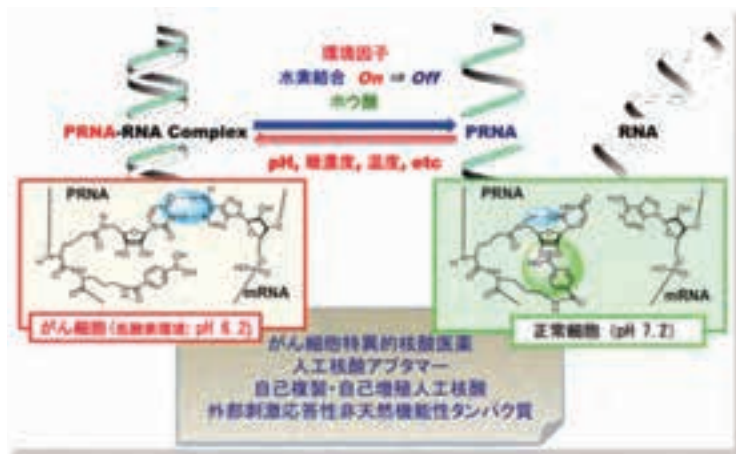
Hirofumi KUROKAWA, Senior Assistant Professor

## 西嶋 政樹 助教

Masaki NISHIJIMA, Assistant Professor

## 生命機能の外部刺激制御法の開発と構造 —機能相関の高時空間分解検出

当研究室では、DNAやRNAなどの核酸、そしてタンパク質など生体高分子の、次世代インテリジェント型ナノバイオ機能材料への応用を目指し、論理的設計・合成・機能物性の物理化学的手法を活用した評価を中心に研究を行っています。例えば、がん細胞特有の細胞情報にตอบสนองし、正常細胞には副作用を発現しないがん細胞特異的核酸医薬分子の創製や、細胞内で標的酵素活性をin situで蛍光検出を可能とする分割型蛍光タンパク質(GFP・Luciferase)の開発、リボスイッチなどダイナミックな高次構造変化を観測可能な時間分解円二色性スペクトル測定装置の開発、さらにはタンパク質などを不斉反応場とする超分子不斉光化学などを有機化学から物理化学、そして生命化学分野まで幅広い研究を展開しています。

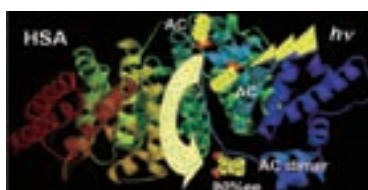


ナノバイオ分子機能の on-off 制御

## Design and Synthesis of Artificial Nucleic Acid and Protein for Active Control of Cellular Function and Development of High Sensitive &amp; Time Resolve CD System

A chemical synthesis and modification of DNA/RNA and proteins is the fundamental science and technology that has led the molecular biology revolution. Hence, a chemistry of DNA/RNA and protein not only in vitro but also in vivo expects to open new generational stage of bioorganic chemistry and molecular biology. Therefore, focusing our research interest mostly on the recognition and complexation behavior control of functional biopolymers, such as DNA/RNA, proteins and their derivatives by external factors, toward the active control of cellular functions. Another research topics of Wada Lab. are reaction control based on molecular recog-

nition phenomena in both the ground and electronically excited states; we are pursuing mechanistic and synthetic studies on asymmetric photochemistry with supramolecular biopolymers as chiral reaction fields.



ナノバイオキラルリアクター



和田研で構築した高感度・高時間分解の有するCD測定装置

# ナノ機能物性化学研究分野

KUMIGASHIRA Lab

Nano Physical Chemistry

専門分野・キーワード | 機能性ナノ物質／酸化物エレクトロニクス／表面・界面物性／放射光電子分光

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Functional nanomaterials / Oxide electronics / Surface and interface physical properties / Photoemission spectroscopy

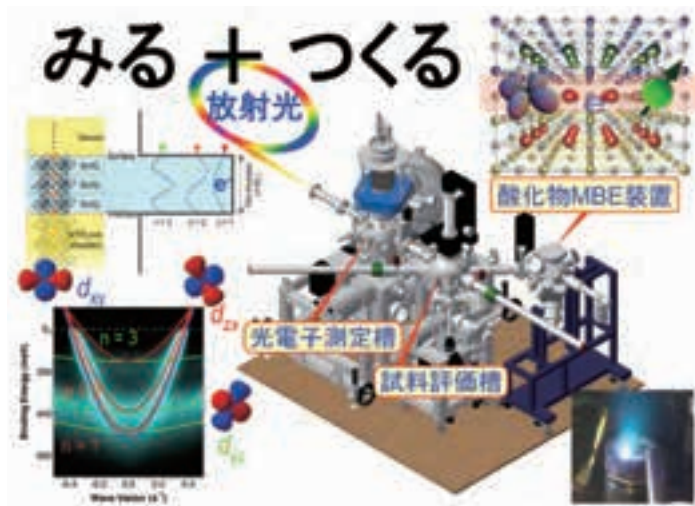
- 酸化物ナノ構造の機能設計・制御
- 酸化物超構造における機能物性の開拓と新規デバイスの開発
- 表面・界面における電子・スピン・軌道の可視化
- 放射光電子分光装置の開発
- Control and design of novel functionalities of oxide nanostructures
- Exploration of multi-functionalities based on oxide nanostructures and application to novel devices
- Characterization of electronic, magnetic, and orbital structures at the surface and heterointerface using synchrotron-radiation analysis
- Development and application of photoemission spectroscopy and x-ray absorption spectroscopy



組頭 広志 教授  
Hiroshi KUMIGASHIRA, Professor  
kumigashira@tohoku.ac.jp

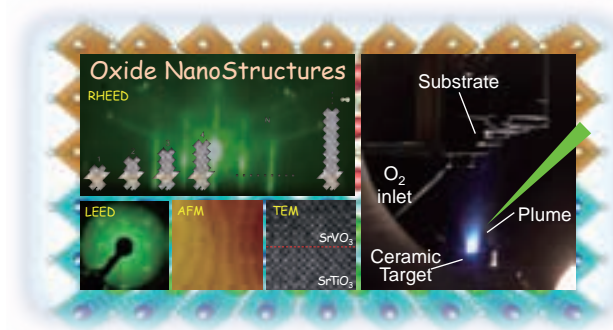
## 酸化物ナノ構造を自在に設計・合成し、新しい機能物性を創造する。

酸化物の中には、高温超伝導や光触媒などの驚くべき機能物性を示すものがあります。いわば「天才児」達です。当研究室では、この「天才児」の振る舞いを高輝度放射光を用いて可視化し、その知見に基づいて新たな機能性ナノ物質を開発することに取り組んでいます。具体的には、酸化物分子線エピタキシー(MBE)という酸化物ナノ構造を原子レベルで制御しながら「つくる」技術と、放射光を用いた先端計測(角度分解光電子分光・内殻吸収分光など)という化学・電子状態を「みる」技術とを高いレベルで融合することにより、酸化物の類い希な物性を設計・制御しながら新しい機能性ナノ物質の開拓を推進しています。さらには、酸化物ナノ構造を基盤として、有機物質や原子層物質などとのヘテロ構造を設計・合成することで、次世代エレクトロニクスに向けた新機能の創成を目指しています。



## Control and design of novel functionalities in oxide nanostructures

Our goal is to control and design the novel functionalities appearing in the nanostructure of transition metal oxides by the best possible combination of the sophisticated oxide growth techniques using molecular beam epitaxy and advanced analysis techniques using synchrotron radiation. The wide range of properties exhibited by the oxide nanostructures makes them one of the most interesting groups of functional materials. The novel physical properties arise from the interface region between two different oxides. Thus, in order to control the novel functionalities, it is desired to obtain the knowledge of the interfacial electronic, magnetic, and orbital structures. For this purpose, in our laboratory, we utilize state-of-the-art spectroscopic techniques, such as angle-resolved photoemis-



sion spectroscopy and dichroic X-ray absorption spectroscopy using synchrotron radiation, which enable us to probe these structures in the nm-scale region.



## 生体分子構造研究分野

INABA Lab

## Biomolecular Structure

専門分野・キーワード | X線結晶構造解析 / 細胞恒常性維持 / タンパク質品質管理 / レドックス / カルシウムイオン

SPECIALIZED FIELD・KEY WORD | X-ray crystal structure analysis / cellular homeostasis / protein quality control / redox / calcium ion

- タンパク質品質管理に関わるジスルフィド結合形成・開裂ネットワークの構造、作用機序、生理的機能
- 細胞内金属イオン濃度恒常性維持に関わる膜トランスポーターの構造、作用機序、生理的機能
- Structure, mechanism, and physiological function of the protein disulfide bond formation/cleavage network involved in protein quality control
- Structure, mechanism, and physiological function of membrane transporters involved in the metal ion homeostasis in cells



稲葉 謙次 教授

Kenji INABA, Professor

kenji.inaba.a1@tohoku.ac.jp

門倉 広 准教授

Hiroshi KADOKURA, Associate Professor

渡部 聡 助教

Satoshi WATANABE, Assistant Professor

天貝 佑太 助教

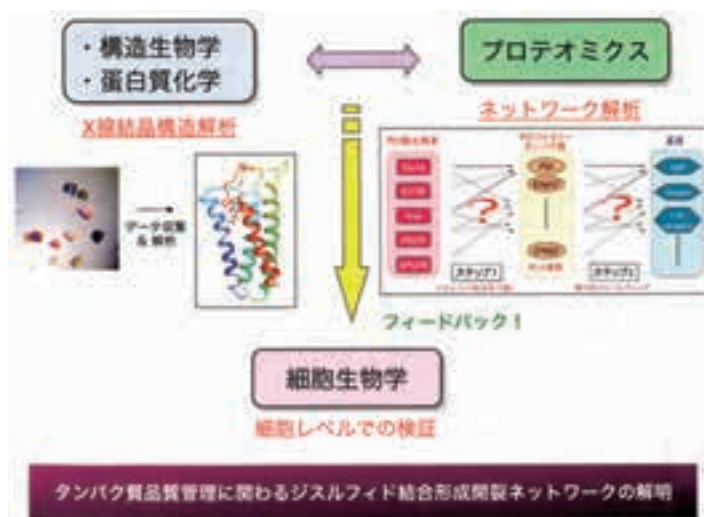
Yuta AMAGAI, Assistant Professor

井上 道雄 助教

Michio INOUE, Assistant Professor

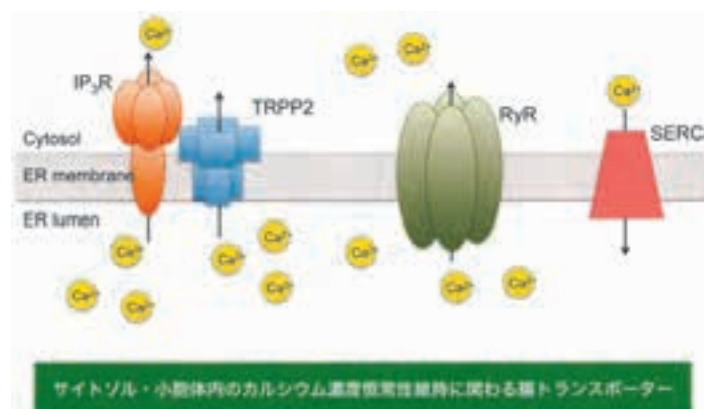
## 細胞恒常性維持の仕組みを細胞レベルと分子レベルで解き明かす

細胞内には、その恒常性を維持するための巧妙な仕組みが備わっています。本研究室では、細胞が有するタンパク質品質管理システムと金属イオン濃度恒常性維持機構の生理的機能と作用機序を、構造生物学・生化学・プロテオミクス・細胞生物学的手法を駆使し、解明することを目指しています。特に最近、ヒト細胞の小胞体におけるシステインの酸化還元を介したネットワークとカルシウムイオン濃度を調節する膜トランスポーターに焦点をあてた研究を展開しています。本研究課題を遂行することにより、細胞内で蓄積するミスfoldタンパク質などが引き起こす種々の病態の分子レベルでの成因解明につながると期待されます。



## Toward elucidation of cellular mechanisms underlying protein and metal ion homeostasis

The biological kingdoms have evolved elaborate systems to maintain the cellular homeostasis. Employing structural, biochemical, proteomic and cell biological approaches, we aim at deep understanding of mechanisms by which protein quality and metal ion concentration are controlled in living cells. In particular, we focus on the protein disulfide bond formation network and calcium ion transporters present in the endoplasmic reticulum. Structural and mechanistic insights gained in this work will provide molecular views about how neurodegenerative diseases are caused by impairment of these cellular quality control systems.



水上研究室

# 細胞機能分子化学研究分野

MIZUKAMI Lab

## Cell Functional Molecular Chemistry

専門分野・キーワード | バイオイメージング／蛍光プローブ／光機能性分子／ヘム蛋白質

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | bioimaging / fluorescent probe / photofunctional molecule / Heme protein

- 生物活性を可視化する蛍光センサーの開発
- 疾患機構や生命現象を調べる為の蛋白質・小分子ハイブリッド材料の開発
- 光を用いて生体分子活性を操作する技術の開発
- 高輝度レーザー顕微鏡技術に有用な光耐性蛍光色素の開発
- 生体色素の代謝に関わる金属酵素群の機能・構造相関の解明
- Development of fluorescent sensor imaging biological activity
- Development of protein-small molecule hybrid materials to investigate diseases and biology
- Development of technology to control biomolecular activity by light
- Development of light resistant fluorophores for strong laser-based microscopy
- Structure-function relationships of metalloenzymes involved in catabolism of biological pigments



水上 進 教授

Shin MIZUKAMI, Professor

shin.mizukami.a6@tohoku.ac.jp

松井 敏高 准教授

Toshitaka MATSUI, Associate Professor

小和田俊行 助教

Toshiyuki KOWADA, Assistant Professor

### 化学に基づいた細胞機能の可視化と制御

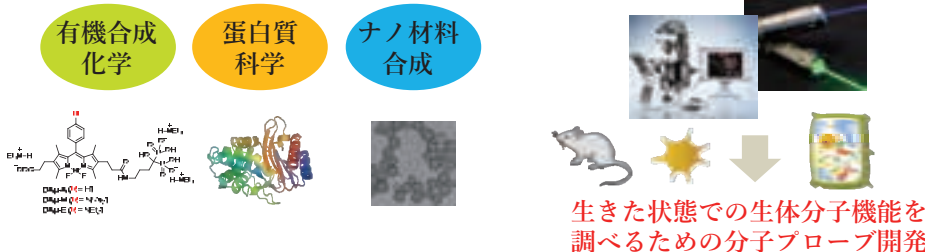
生体内および生細胞内では、蛋白質・核酸・糖などの様々な生体分子が相互作用しながら機能しています。それらの生体分子の真の役割を解明するには、他の生体分子との相互作用が保たれた状態、すなわち生きた状態でそれらの挙動・機能を観察することが重要です。当研究室では、有機化学・高分子化学・蛋白質化学等の技術に基づいて新たな機能性分子を設計・合成し、光などを用いた生体分子の可視化技術や機能制御技術を開発します。具体的には、酵素活性や細胞内シグナル伝達などの生体機能を選択的に検出する蛍光プローブや、光照射によって結合の切断や

構造変化を引き起こすケージド化合物・フォトクロミック化合物を用いた酵素や受容体の活性制御技術の開発などを行います。これらの機能性分子を蛍光顕微鏡観察と組み合わせることにより、生きた状態における生体分子の機能や疾患機構の本質に迫ります。

#### 多様な物質創製技術

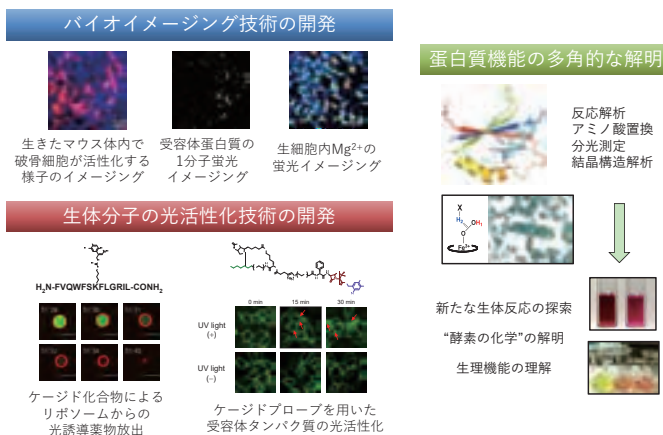
×

#### 光計測・解析技術



### Development of functional molecules to image and regulate biomolecules in living samples

In a living body and cell, various biomolecules such as proteins, nucleic acids, and sugars function by interacting with each other. To understand their precise biological functions occurring within a cell, it is important to investigate the activities or behaviors of these target molecules in living systems, where all of these interactions with other biomolecules are maintained. Using organic chemistry, macromolecular chemistry, and protein chemistry, we design and synthesize functional molecules, apply them to image behaviors or activities of target biomolecules, and then regulate the functions of these targets by utilizing light.



高橋（聡）研究室

## 生命分子ダイナミクス研究分野

TAKAHASHI S. Lab

## Biological and Molecular Dynamics

専門分野・キーワード | タンパク質のフォールディングとデザイン / 癌抑制タンパク質 p53の機能 / 一分子蛍光分光法

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Protein folding and design / Function of tumor suppressor p53 / Single molecule fluorescence spectroscopy

- 一分子蛍光分光法を用いたタンパク質のフォールディングダイナミクス
- 癌抑制タンパク質 p53の DNA 探索機構の解明
- 一分子ソーターを用いた新しいタンパク質デザイン手法の開発
- Dynamics of protein folding based on single molecule fluorescence spectroscopy
- Sliding motion of a tumor suppressor p53 along DNA
- Development of a new strategy of protein design based on single molecule sorting device



高橋 聡 教授

Satoshi TAKAHASHI, Professor

satoshi.takahashi.a6@tohoku.ac.jp

鎌形 清人 助教

Kiyoto KAMAGATA, Assistant Professor

小井川浩之 助教

Hiroyuki OIKAWA, Assistant Professor

## 一分子蛍光観察によるタンパク質のフォールディングと機能の解明

タンパク質は、20種類のアミノ酸が一次的につながった高分子であり、生体中においてさまざまな機能を発揮する究極の機能性分子です。タンパク質が機能を発揮するには、アミノ酸の配列により定められる特定の構造に折り畳まれる(フォールディングする)必要があります。しかし、アミノ酸配列と構造の関係はいまだに理解されていません。さらに、あるタンパク質が、どのような運動により機能を発揮するのかもしばしば未解明です。本研究分野では、独自に開発した一分子蛍光観察法を用いることで、タンパク質のフォールディング過程を直接観察し、タンパク質構造の構築原理の解明を目指しています。また、癌抑制タンパク質であるp53がDNA上をすべり運動することで、ターゲット配列を探す過程の解明も

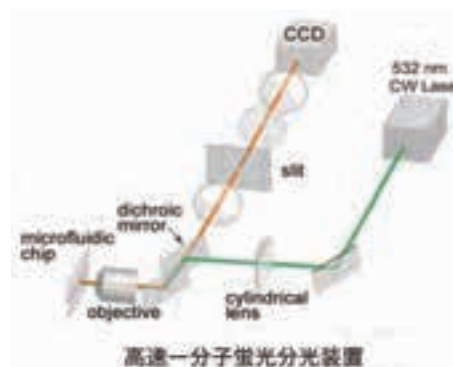
目指しています。さらに、一分子観察実験により得られたタンパク質フォールディングと機能に関する知見を基に、新規タンパク質をデザインする手法の開発にも取り組んでいます。



## Dynamics of protein folding and function based on single molecule fluorescence spectroscopy

Proteins are natural machines that perform various functions that sustain our lives. To be biologically active, proteins, linear chains of amino acids, need to form compact three dimensional structures in the process called protein folding. The folded structures of proteins are determined by the primary sequence of amino acids. However, it is still extremely difficult to understand the relationships among the amino acid sequence, the folded structure, and the function of proteins. In our laboratory, we develop now single molecule fluorescence spectroscopy and observe the rapid process of protein folding directly. In addition, we observe the functional dynamics, a sliding motion along DNA, of a tumor suppressor p53. Furthermore, based on the knowledge of

protein folding and function, we are developing a new strategy to design artificial proteins.





# 無機材料研究部門

DIVISION OF INORGANIC MATERIAL RESEARCH

無機材料研究部門は、計算材料熱力学研究分野、機能材料微細制御研究分野、スピン量子物性研究分野、ナノスケール磁気デバイス研究分野、超臨界流体・反応研究分野、固体イオン物理研究分野で構成されています。各研究分野では、無機系物質・材料の高機能化や特性制御、デバイス化、機能発現機構の解明等に関する研究を行っています。

Division of inorganic material research consists of laboratories of computational materials thermodynamics, microstructural control of functional materials, quantum spin physics, nanoscale magnetism and devices, chemical reaction engineering, and solid state ion physics.



## 教授 Professor

大谷 博司

Hiroshi OHTANI

実測できない材料物性の電子論計算と材料開発への応用

Development of new materials based on calculation of thermodynamic properties using electronic theory

佐藤 卓

Taku J SATO

中性子散乱を用いた固体中のスピンダイナミクス研究

Neutron scattering research on the spin dynamics in condensed matters

横山 千昭

Chiaki YOKOYAMA

環境低負荷溶媒を用いた新規化学プロセスの開発

Development of sustainable chemical processes based on green solvents

鈴木 茂

Shigeru SUZUKI

機能性無機材料(酸化物や合金等)の創製と評価

Synthesis and characterization of functional inorganic materials

北上 修

Osamu KITAKAMI

ナノ磁性体の物性と高密度メモリデバイスへの展開

Study on nanomagnets and their application to high density memory devices

河村 純一

Junichi KAWAMURA

NMR イメージング法によるリチウムイオン電池の画像診断技術開発

NMR Diagnostic Imaging Techniques for Lithium Ion Batteries.

## 客員教授 Visiting Professor

堀田 善治

Zenji HORITA

准教授 Associate Professor



**篠田 弘造** Kozo SHINODA  
 水環境からの環境負荷化学種除去のための  
 多孔質吸着材粒子開発  
 Development of porous adsorbing materials to remove toxic elements from water



**岡本 聡** Satoshi OKAMOTO  
 磁性体の動特性とその制御に関する研究  
 Study on magnetization dynamics and its controllability



**渡辺 明** Akira WATANABE  
 金属および半導体系の元素ブロックによる  
 光・電子材料およびプロセス  
 Optical and electrical materials and processing based on elemental blocks of metals and semiconductors



**桑田 直明** Naoaki KUWATA  
 薄膜リチウム電池材料の基礎研究  
 Basic research for thin-film lithium battery materials

助教 Assistant Professor



**榎木 勝徳** Masanori ENOKI  
 計算科学を活用した新規材料開発  
 Development of new materials based on computational science



**藤枝 俊** Shun FUJIEDA  
 金属・合金・酸化物の微粒子の複合制御  
 および機能性材料への応用  
 Multiple control of metal, alloy and oxide nanoparticles for functional material applications



**志村 玲子** Rayko SIMURA  
 物質構成元素と微量元素の原子位置の計測と  
 機能性材料の開発  
 X-ray crystal site analysis of elements for developing the functional materials



**奥山 大輔** Daisuke OKUYAMA  
 中性子散乱を用いた異常物性を伴う新奇磁性体の研究  
 Study on exotic magnetic materials with anomalous properties by neutron scattering



**那波 和宏** Kazuhiro NAWA  
 中性子散乱を用いた新しい磁気秩序や磁気励起の開発  
 Exploring new magnetic orders and excitations using neutron scattering technique



**菊池 伸明** Nobuaki KIKUCHI  
 磁性体ナノ構造の磁化機構・磁化ダイナミクス  
 Magnetization process/dynamics of nanostructured magnets



**富田 大輔** Daisuke TOMIDA  
 超臨界流体・イオン液体を用いた材料合成プロセスの開発と  
 熱物性計測  
 Development of material synthesis process using supercritical fluids - ionic liquids and measurement of thermophysical properties



**高橋 純一** Junichi TAKAHASHI  
 新規機能性材料の探索と特性評価  
 Research and characteristic evaluation of new functional materials



**ドライ アルンクマール** DORAI Arunkumar  
 NMRを用いた電解質の拡散測定  
 Diffusion measurement of electrolytes using NMR

# 計算材料熱力学研究分野

OHTANI Lab

## Computational Materials Thermodynamics

専門分野・キーワード | 計算状態図 / 第一原理計算 / 材料設計 / 電子論

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | CALPHAD / first-principles calculations / materials design / electronic theory

- 準安定状態を利用した材料設計基盤の確立
- 結晶中の不均一構造に関する熱力学的検討
- 合金系融体の熱力学物性に関する研究
- 遺伝的アルゴリズムを用いた理論状態図の構築に関する研究
- モンテカルロシミュレーションによる相変態の理論的研究
- Establishment of base for materials design through metastable states
- Thermodynamic analysis on heterogeneous structures in metals and alloys
- Study on thermodynamic properties of liquid alloys
- Investigation on theoretical phase diagrams using the genetic algorithm
- Theoretical study on phase transformations in alloys by the Monte Carlo simulations



大谷 博司 教授

Hiroshi OHTANI, Professor

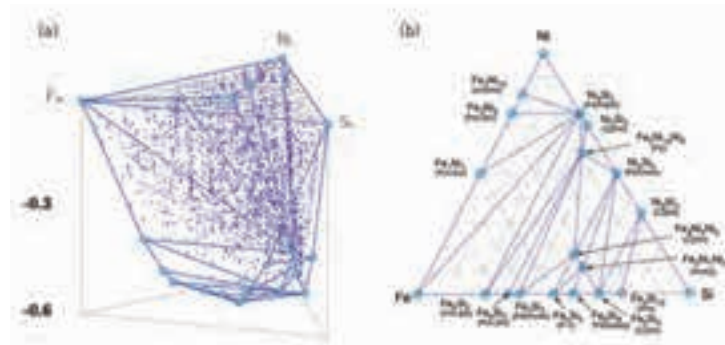
hiroshi.otani.c4@tohoku.ac.jp

榎木 勝徳 助教

Masanori ENOKI, Assistant Professor

### 電子論計算にもとづく理論状態図の構築と新材料開発への応用

近年の電子論計算法の目覚ましい発展は、実験では決して測定できない熱力学的物性値を人工的に作り出すことを可能にしました。私たちはこの手法を用いて第一原理計算ベースの基底状態解析を行い、目的の相が他の相に対して有する相対的安定性を計算する手法と準安定性を克服する方法論の開拓に取り組んでいます。具体的には、遺伝的アルゴリズムによる構造探索により基底状態での安定相を探索し、その自由エネルギーに対する温度依存性を導入することで、準安定状態を含めた有限温度での相平衡を固溶体、液体も含めて計算します。またその結果の実験による確認も行います。これにより、これまでせいぜい純物質にとどまってきた理論状態図の研究を、一気に多元系にまで拡大して議論することが可能になります。このような手法で新たな相の出現を理論的に予測する手法を確



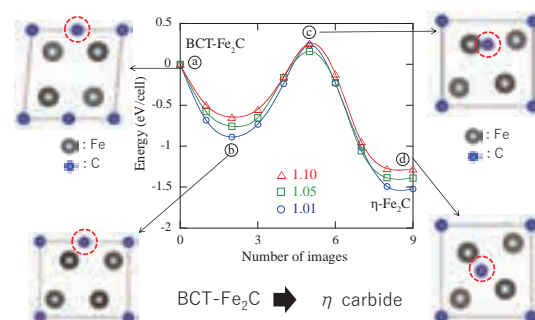
(a) 遺伝的アルゴリズムによって計算された Fe-Ni-Si 三元系基底状態における Convex-hull と (b) それを用いて構成した理論状態図。

立できれば、材料分野に広く利用されるツールとなることが予想され、材料学に対する大きな貢献が期待できます。

### Construction of theoretical phase diagrams and development of new materials based on electronic theory

A remarkable development of electronic theory calculation has made it possible to reproduce thermodynamic properties of materials in simulations. In our division, we are conducting studies on theoretical phase diagrams of materials based on computing free energies of solids, physical properties of heterogeneous structures in crystals, and thermodynamic properties of liquid and glassy phases by coupling the first-principles calculations and the cluster variation methods, as well as the quantum molecular dynamics. Furthermore, the obtained results are clarified by means of experimental methods. These studies are certainly expected to provide quite useful tools for predicting new promising materials for structures and functions, and hence make an enormous con-

tribution to the materials science.



Transition behavior from BCT-Fe<sub>2</sub>C to η carbide suggested by the generalized solidstate nudged elastic band method.

## 機能材料微細制御研究分野

SUZUKI Lab

## Microstructural Control of Functional Materials

専門分野・キーワード | 機能性材料 / 合金 / 酸化物 / 環境発電材料

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | functional materials / alloys / oxides / energy harvesting materials

- 機能性合金の微視的組成・構造不均一性の評価と制御
- 液相中における複雑金属酸化物の構造と形態の制御
- エネルギー変換用イオン伝導体の原子レベル構造評価
- 金属・合金ナノ粒子の合成過程の解明と構造制御
- 持続可能な社会に向けた物質の存在状態の制御
- Local chemical analysis of advanced materials by several surface analytical methods
- Characterization and control of the local structure of various iron oxides
- Preparation of high-performance iron-based materials by controlling local deformation
- Development of high-quality metallic alloys and composites by controlling microscopic chemical composition
- Research on materials for sustainable resource and clean energy



鈴木 茂 教授

Shigeru SUZUKI, Professor

shigeru.suzuki.e6@tohoku.ac.jp

篠田 弘造 准教授

Kozo SHINODA, Associate Professor

藤枝 俊 助教

Shun FUJIEDA, Assistant Professor

志村 玲子 助教

Rayko SHIMURA, Assistant Professor

## 機能性無機材料の微視的評価と特性制御

優れた特性をもつ合金や酸化物等の無機系材料の特性向上には、微視的な化学組成や構造の評価や制御が重要です。当研究室では、光子、電子、イオンなどを用いた様々な手法でそれらの材料の微視的組成や構造を解析し、得られた情報に基づき材料特性を向上させるプロセスの設計指針などについて研究しています。主な課題としては、液相法による金属・合金や酸化物による微粒子の合成や構造・特性制御、成分やプロセスを制御して作製した機能性合金の微視的構造解析などがあります。図には例として、磁場によるFe基磁歪合金単結晶の磁区構造の変化、塑性変形や加熱によるFe基

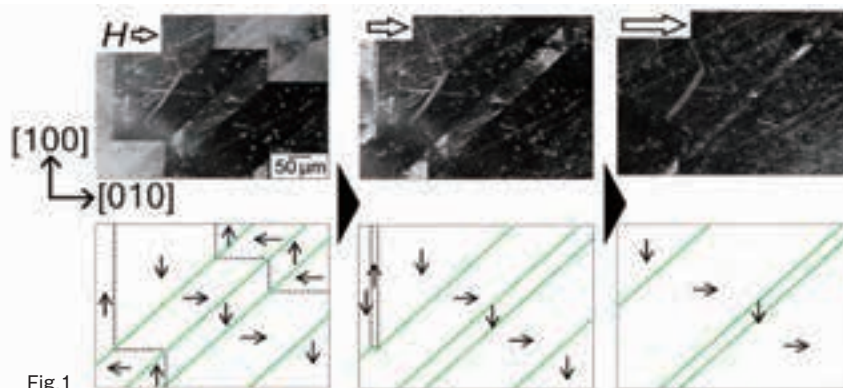


Fig.1

形状記憶合金の微視組織の変化(青色のマartenサイト相の生成と消滅)を示しています。

## Microstructural characterization and property control of functional inorganic materials

Characterization and control of microscopic composition and structure are important in improvement of performances of advanced alloys and oxides having superior properties. In this laboratory, various analytical methods using photons, electrons and ions are applied for characterizing the microscopic chemical composition and structure of the advanced materials. Technological processes for improving performance of the advanced materials are designed on the basis of the results. Main subjects are characterization and control of the structure of nano-particles of various metal and oxides using advanced methods and the microstructure and texture in novel alloys. Figures exemplify the magnetic domain structure of a magnetostrictive iron alloy single crystal

under applying different magnetic fields, and the microstructure of a deformed shape memory alloy, in which a part of matrix is transformed to the martensitic phase.

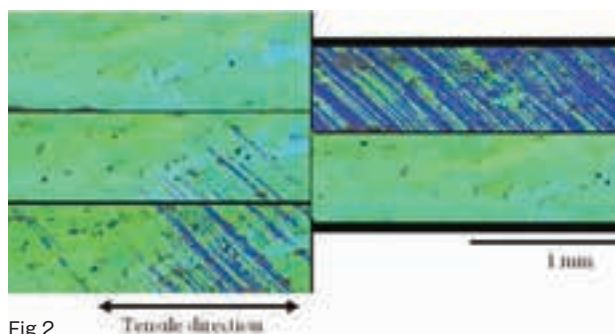


Fig.2

# スピン量子物性研究分野

SATO T.J. Lab

## Quantum Spin Physics

専門分野・キーワード | 中性子非弾性散乱 / 中性子磁気散乱 / 量子スピン系 / 遍歴電子磁性と超伝導

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | neutron inelastic scattering / neutron magnetic scattering / quantum magnets itinerant electron magnetism and superconductivity

- 中性子非弾性散乱分光器の開発
- 中性子磁気非弾性散乱スペクトル解析法の開発
- 量子スピン系における巨視的量子現象の研究
- 遍歴電子系における反強磁性と超伝導の研究
- 非周期スピン系における磁気秩序とダイナミクス研究
- Development of neutron inelastic spectroscopy
- Development of analysis methods for spin excitation spectra obtained in neutron spectroscopy
- Novel macroscopic quantum phenomena in quantum magnets
- Antiferromagnetism and superconductivity in itinerant electron systems
- Ordering and dynamics in aperiodic spin systems



佐藤 卓 教授

Taku J SATO, Professor

taku@tohoku.ac.jp

奥山 大輔 助教

Daisuke OKUYAMA, Assistant Professor

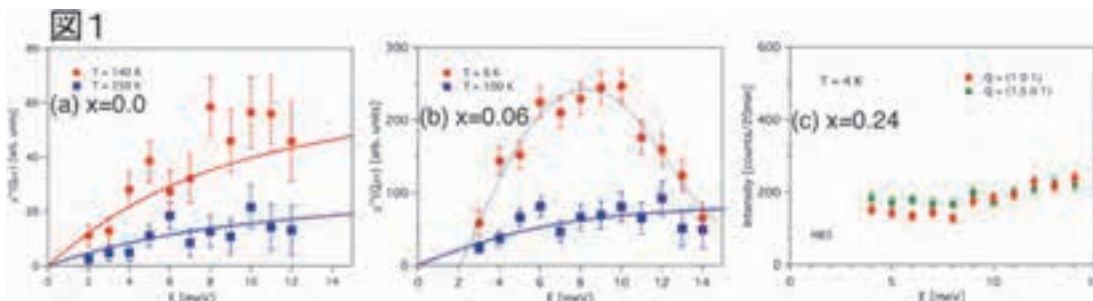
那波 和宏 助教

Kazuhiro NAWA, Assistant Professor

## 中性子非弾性散乱を用いた量子スピン系や新奇超伝導体のスピンドYNAMICS研究

我々のグループではスピンの運動を直接観測できる中性子非弾性散乱を用いた研究を行っています。超伝導に代表されるような巨視的な量子現象は興味深い研究対象ですが、その起源解明にはダイナミックな自由度の直接観測が欠かせません。図1は中性子非弾性散乱により測定された鉄系超伝導体  $Ba(Fe_{1-x}Co_x)_2As_2$  における反強磁性スピン揺らぎ(動的帯磁率)のCoドーピング依存性です。遍歴反強磁性体である母物質( $x=0$ )の常磁性状態の動的帯磁率は

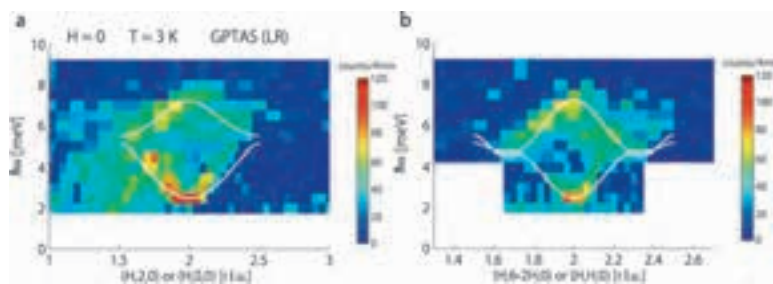
金属反強磁性体に典型的なものです。最適ドーピング( $x=0.06$ )で発現する超伝導相( $T=6K < T_c$ )では強い反強磁性揺らぎが見られます。超伝導が抑制された過剰ドーピング( $x=0.24$ )試料では反強磁性揺らぎ自体が消失します。この結果は超伝導とスピン揺らぎ、更には電子構造との関連を示唆しています。



## Neutron inelastic scattering study on spin dynamics in quantum magnets and novel superconductors

Neutron inelastic scattering is a powerful tool for observing spin dynamics in solids. Enhanced quantum fluctuation often dominates low-temperature properties of spin systems, giving rise to novel nonmagnetic ground states. A tool that can observe spin dynamics is indispensable to elucidate mechanism realizing such a nonmagnetic state. Fig.1 shows spin excitation spectra in the quantum kagome antiferromagnet  $Rb_2Cu_3SnF_{12}$ . Strong quantum fluctuations, enhanced by the geometrical frustration, prohibit spins to order even at the base temperature, and instead a nonmagnetic singlet ground state is formed. Such a singlet state cannot be de-

tected by static magnetic tools. Using neutron inelastic scattering, we measure dynamics of excited triplets from the singlet ground state, with which we uniquely determine the ground-state singlet configuration.





# ナノスケール磁気デバイス研究分野

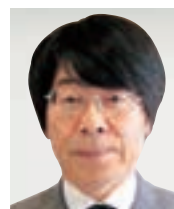
KITAKAMI Lab

## Nanoscale Magnetism and Devices

専門分野・キーワード | ナノ磁性体/サイズ効果/磁気メモリー/スピンドYNAMICS

SPECIALIZED FIELD・KEY WORD | nanomagnet/size effect/magnetic memory/spin dynamics

- ナノサイズ粒子の結晶相安定性
- 超高感度磁化検出技術開発
- プロブ顕微鏡によるナノ加工技術
- 単一磁性ナノ粒子の物性・スピンドYNAMICS
- 巨大磁気異方性材料の設計・開発
- 新規超高密度メモリー技術の提案・開発
- Size effect on crystal phase of nanomagnets
- Development of highly sensitive magnetic detection method
- Nanostructuring technique using scanning probe microscope
- Physical properties & spin dynamics of single nanomagnet
- Designing & development of new materials with giant magnetic anisotropy
- Development of new technology for ultra high density memory devices



北上 修 教授

Osamu KITAKAMI, Professor

osamu.kitakami.c7@tohoku.ac.jp

岡本 聡 准教授

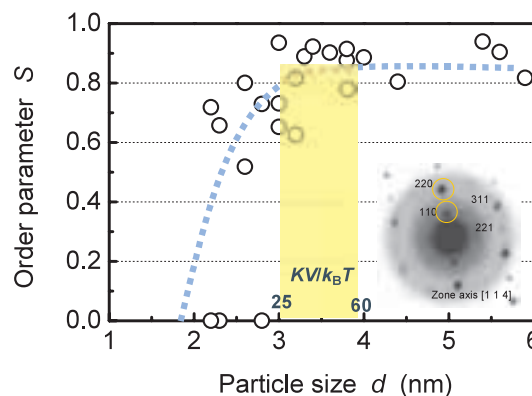
Satoshi OKAMOTO, Associate Professor

菊池 伸明 助教

Nobuaki KIKUCHI, Assistant Professor

### 単一ナノ磁性体の物性の解明と先端磁気メモリーデバイスへの展開

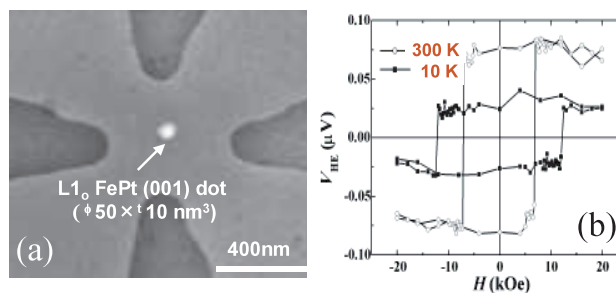
磁気ディスクをはじめとする磁気メモリーは、不揮発、高密度、低コスト、高速などの特長を有し、急速に情報化が進む現代社会において益々その重要性を増しています。現在、それらのデバイスを構成する磁性体のサイズは10nm程度に微細化され、表界面効果、量子効果、熱揺らぎなどナノサイズ特有の様々な現象が顕在化しつつあります。例えば、具体的な問題として、どのような原子配列がナノサイズ領域において安定なのか、サイズ効果によりバルクとは異なる物性が現れるのか、さらには外場や熱に対して静的・動的にどのように振舞うのか、等々があります。これら基本的な問題を解決することは、基礎的興味だけでなく将来のデバイス開発を進めていく上で非常に重要です。そうした背景を踏まえ、私達の研究グループでは、ナノサイズ粒子の結晶相安定性、単一ナノ粒子の物性・スピンドYNAMICS、微細加工技術の改善、新規な高密度メモリー技術の提案、という研究課題に取り組んでいます。



L1<sub>0</sub>FePt粒子の規則度の粒子サイズ依存性。K<sub>V</sub>/k<sub>B</sub>Tは熱安定性指標。挿入図は一粒子からの電子回折パターン。

### Physical properties and spin dynamics of nanomagnets and their application to magnetic memory devices

Rapid progress toward information society has aroused much attention to magnetic memory devices because of their nonvolatility, high data density, low cost, high-speed accessibility. With reducing their constituent size down to 10 nm, various effects, such as surface and quantum size effects and thermal agitation of spins, appear and hamper further advance in device performance. It is indispensable to elucidate various physical properties of nanosized magnets. Under this circumstance, our intensive effort is focused on (1) size effect on crystal phase of magnets, (2) highly sensitive magnetic detection technique, (3) magnetic behavior of single nanomagnets, (4) new SPM lithography, and (5) new media and technology for ultrahigh density recording.



(a) L1<sub>0</sub>FePt (001)単結晶ドット測定用異常Hall効果測定デバイス, (b) 温度 T = 10, 300 Kにおける(a)のFePtドットの磁化曲線。

# 超臨界流体・反応研究分野

YOKOYAMA Lab

Chemical Reaction Engineering

専門分野・キーワード | 超臨界流体 / 窒化物半導体 / イオン液体 / 固定化触媒

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | supercritical fluids / nitride semiconductors / ionic liquids / immobilized catalyst

- アモノサーマル法によるIII族窒化物の合成
- 電解質を溶解したアンモニア溶液の熱物性
- イオン液体固定化触媒の開発
- イオン液体を用いた環境調和型プロセスの開発
- マイクロ・ナノ流体の輸送物性
- Synthesis of group-III nitrides by the ammonothermal method
- Thermophysical properties of ammonia solution dissolving electrolyte
- Development of immobilized ionic liquid catalyst
- Development of the environment-conscious process using ionic liquids
- Transport properties of micro-nano fluids



横山 千昭 教授

Chiaki YOKOYAMA, Professor

chiaki.yokoyama.a1@tohoku.ac.jp

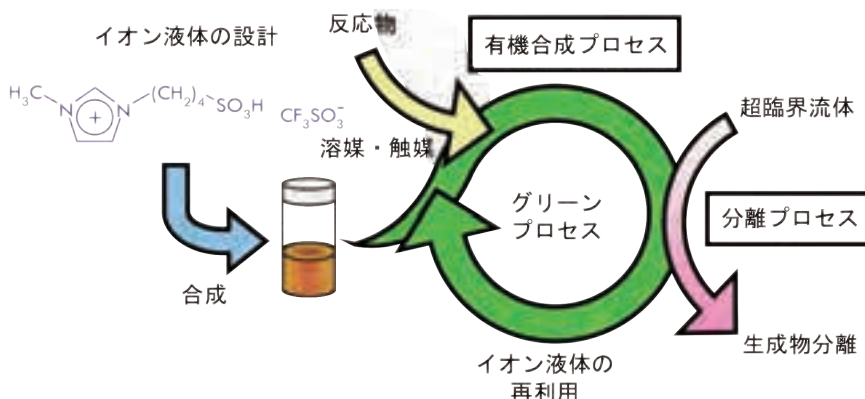
富田 大輔 助教

Daisuke TOMIDA, Assistant Professor

## イオン液体と超臨界流体を用いた有機合成プロセス

本研究分野では、GaNバルク単結晶作製法の一つである超臨界アンモニアを溶媒としたアモノサーマル法において必要不可欠な高温・高圧条件下における高精度な熱物性測定に基づき、アモノサーマル法におけるGaN結晶作製条件の最適化を目指しています。また、反応容器内における物質と熱の移動現象を化学工学的手法により解析することにより、エネルギーや地球環境問題を解決するための環境調和型の新規グリーンケミカルプロセスの開発に関する研究を行っています。化学プロセスにおける最も基本的な構成要素技術である溶媒に着目し、超臨界流体やイオン液体などの新規溶媒を用いたプロ

セスの実用化に関する研究を行っています。溶媒の熱物性を正確に知ることを出発点として革新的なプロセスの提案を目指しています。

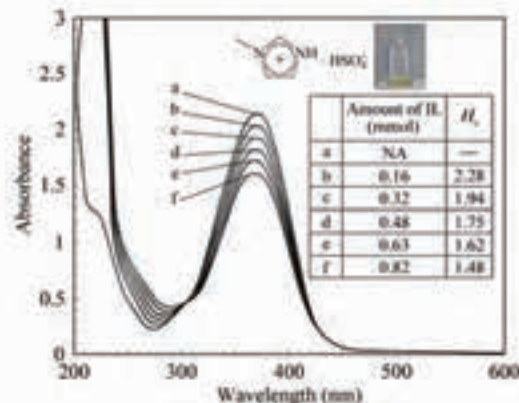


## Reaction process using supercritical fluid or ionic liquid

In our laboratory, major research interests focus on thermophysical properties investigations, such as measurement and development of prediction method for a given compound or system regarding its thermophysical properties, as well as explorations of the applications of supercritical CO<sub>2</sub>(scCO<sub>2</sub>) and ionic liquids as novel reaction media in green chemistry, aiming for providing fundamental data for chemical engineering and development of sustainable chemical process with the aid of scCO<sub>2</sub>/ionic liquids and other methodologies available.

### Current Research Contents

1. Measurement of thermophysical properties related to the single crystal growth process of GaN.



2. Syntheses of ionic liquids based copolymers and their use as novel solid support in synthetic chemistry.
3. Continuous reaction/separation process on the basis of the combination of scCO<sub>2</sub>/ionic liquids.

# 固体イオン物理研究分野

KAWAMURA Lab

## Solid State Ion Physics

専門分野・キーワード | 固体イオニクス/イオンダイナミクス/核磁気共鳴分光/薄膜二次電池

SPECIALIZED FIELD・KEY WORD | solid state ionics/ion dynamics/nuclear magnetic resonance/thin-film rechargeable battery

- リチウム電池の劣化診断技術開発
- 薄膜リチウム電池の開発と界面イオン移動研究
- 燃料電池材料のプロトン移動機構の研究
- ガラス・過冷却液体のイオンダイナミクス研究
- Degradation diagnosis of lithium batteries
- Development and analysis of thin film lithium batteries
- Proton dynamics of fuel cell materials
- Ion dynamics in supercooled liquid and glasses



河村 純一 教授

Junichi KAWAMURA, Professor

junichi.kawamura.a8@tohoku.ac.jp

渡辺 明 准教授

Akira WATANABE, Associate Professor

桑田 直明 准教授

Naoaki KUWATA, Associate Professor

高橋 純一 助教

Junichi TAKAHASHI, Assistant Professor

ドライ アルンクマール 助教

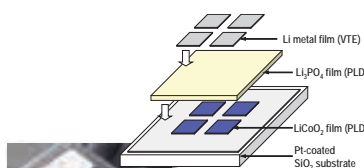
Arunkumar DORAI, Assistant Professor

### 固体イオン物理を用いた循環型・高効率エネルギー社会の実現

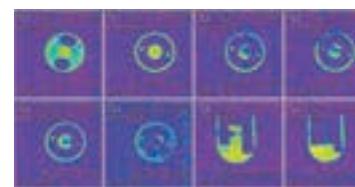
河村研究室では、固体中のイオンの動きをレーザー分光法と核磁気共鳴(NMR)を用いて研究し、新物質開発や環境・エネルギー問題の解決につなげることを目指しています。

最近の主な研究テーマとしては、1. リチウム電池のその場(in situ)劣化診断技術の開発、2. 全固体薄膜リチウム電池の開発、3. 燃料電池材料のプロトン移動機構の研究、4. ガラス・過冷却液体のイオンダイナミクス研究などが挙げられます。

そのための研究手法として、1. レーザー光学(レーザー蒸着法、ラマン散乱分光、和周波発生(SFG)分光法、光Kerr効果)、2. 核磁気共鳴(NMR)(固体多核NMR、拡散係数、イメージング)、3. 電気測定(インピーダンス、誘電緩和、電池特性、電気化学測定)などを用いています。



レーザー蒸着法で作製した薄膜リチウム電池



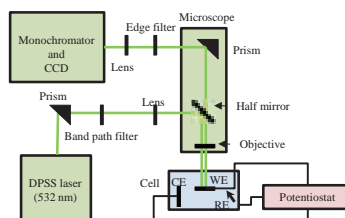
磁場勾配NMR装置とリチウム電池の<sup>7</sup>Liイメージング

### Solid-state ion physics bring innovation to our life

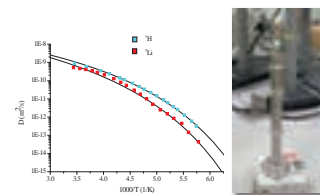
We investigate ion dynamics in solid by electrical, optical and nuclear magnetic resonance (NMR) techniques to develop new ionic conductors and solid state ionic devices.

Recent research subjects are; 1. degradation mechanism of lithium-ion batteries, 2. development and analysis of thin-film lithium batteries, 3. proton dynamics of fuel cell materials, 4. ion dynamics in supercooled liquid and glasses.

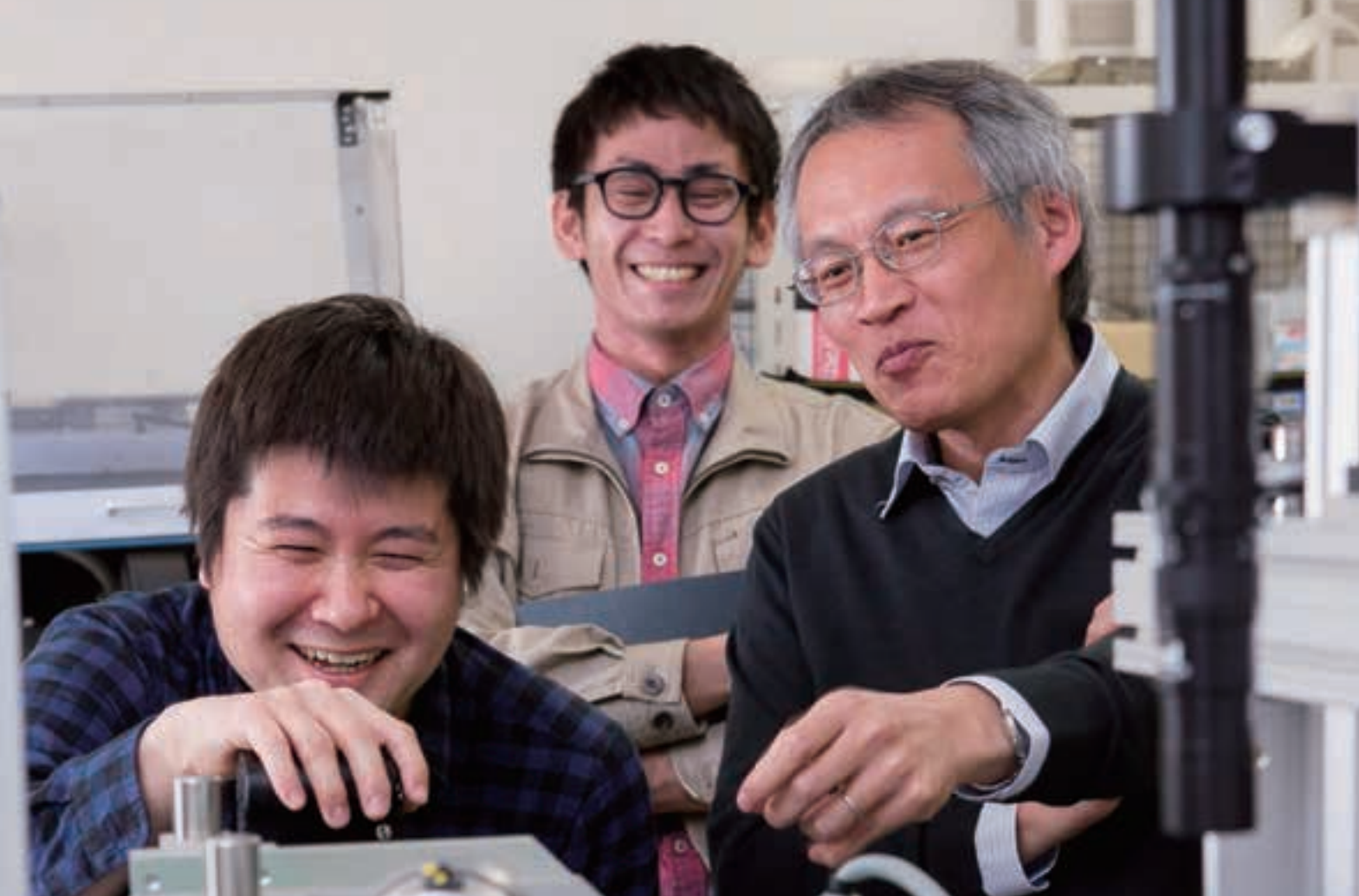
We use the following techniques; 1. Laser optics (PLD for lithium ion battery, Raman spectroscopy, optical-Kerr, etc.), 2. NMR (relaxation, diffusion, micro-imaging), 3. Electrical Measurements (impedance, electrochemistry).



薄膜電池のIn situ顕微ラマン分光測定



インピーダンスとNMRによるイオンダイナミクス計測



# プロセスシステム工学研究部門

DIVISION OF PROCESS AND SYSTEM ENGINEERING

プロセスシステム工学研究部門は、超臨界ナノ工学、光物質科学、固体イオニクス・デバイス、環境適合素材プロセス、材料分離プロセスの各分野を網羅する部門であり、実用化研究を重点的に実施しています。扱う素材はナノレベルからマクロレベルまで多種多様ですが、基礎となる学問は物理化学、無機工学、プロセス工学と共通です。

Division of Process and System Engineering contains contains Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies, Laser Applied Material Science, Solid State Ionic Devices, Environmental-Conscious Material Processing, Materials Separation Processing so that we focus our investigation on the practical application of highly-functional materials. Common basic academic fields are physical-chemistry, inorganic engineering, and process technology.



## 教授 Professor

阿尻 雅文

Tadafumi ADSCHIRI

超臨界水を用いた物質変換プロセスおよびナノフルイドの合成と応用  
Chemical reaction processes in supercritical water

雨澤 浩史

Koji AMEZAWA

固体イオニクスに立脚した環境調和型エネルギー変換デバイスの開発  
Development of environmentally-friendly energy-conversion devices based on solid state ionics

柴田 浩幸

Hiroyuki SHIBATA

酸化物および金属の高温特性  
High temperature properties of oxides and metals

佐藤 俊一

Shunichi SATO

光科学と物質科学の融合研究  
Multidisciplinary research of photonics and material science

埜上 洋

Hiroshi NOGAMI

反応動力学解析に基づく革新的素材プロセスの開発  
Development of Novel Material Production Processes

## 客員教授 Visiting Professor

岡部 徹

Toru H. OKABE

准教授 Associate Professor



**筈居 高明** Takaaki TOMAI  
 先端エネルギーデバイスに資する材料プロセスに関する研究  
 Materials processing for advanced energy devices



**小澤 祐市** Yuichi KOZAWA  
 レーザー光の強度・偏光・位相の空間制御手法の開発と応用  
 Development of methods to control the spatial distribution of intensity, polarization, and phase of laser beams and its application



**助永 壮平** Sohei SUKENAGA  
 ケイ酸塩系高温融体およびガラスの物理化学的性質と微構造  
 Relation between micro-structure and physico-chemical properties for silicate melts and glasses

助教 Assistant Professor



**上杉 祐貴** Yuuki UESUGI  
 自立安定な光共振器システムの開発とその応用  
 Development of self-resonating optical cavity system and its applications



**中村 崇司** Takashi NAKAMURA  
 エネルギーデバイス用材料の機能性発現機構の解明  
 Elucidation of the electrochemical properties of energy conversion devices



**木村 勇太** Yuta KIMURA  
 外場によるエネルギー貯蔵／変換デバイス用材料の物性制御  
 Tuning the properties of the materials for the energy storage/conversion devices with an external field



**丸岡 伸洋** Nobuhiro MARUOKA  
 高温プロセスを基盤とする持続可能システムの開発  
 Development of sustainable system based on the high temperature process



**川西 咲子** Sakiko KAWANISHI  
 次世代ワイドギャップ半導体シリコンカーバイドの溶液成長  
 Solution growth of silicon carbide

# 超臨界ナノ工学研究分野

ADSCHIRI Lab (C:AIMR)

## Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies

専門分野・キーワード | 超臨界水/超ハイブリッド/ナノ材料/プロセス工学

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | supercritical water/super hybrid/nanomaterials/process engineering

- 超臨界場でのハイブリッドナノ粒子創成
- ナノフルイドの熱力学(超分子構造形成・相挙動・粘弾性)
- 超ハイブリッド材料創製(ポリマー/ハイブリッドナノ粒子)
- 低温エネルギー改質触媒
- Synthesis of organic inorganic hybrid nano building blocks under supercritical conditions
- Thermodynamics of nano fluids.
- Fabrication of novel nano devices
- Biomass conversion in supercritical water and chemical synthesis
- Revolutionary catalysis: chemical route for low temperature heat recovery.



阿尻 雅文 教授

Tadafumi ADSCHIRI, Professor

tadafumi.ajiri.b1@tohoku.ac.jp

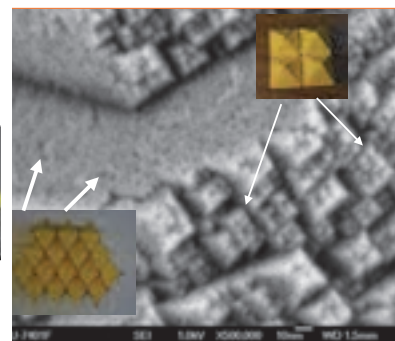
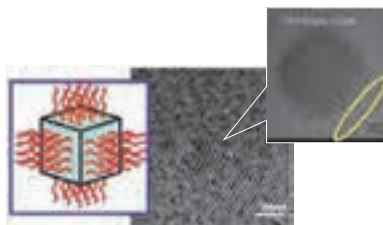
笈居 高明 准教授

Takaaki TOMAI, Associate Professor

### 超ハイブリッドナノ材料創製・プロセスの開発

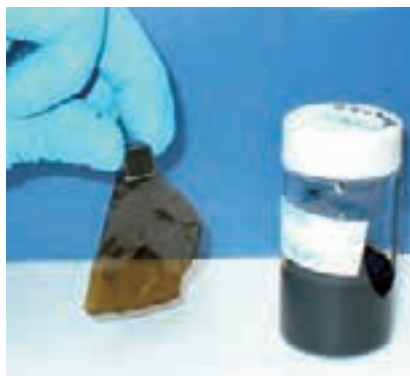
当研究室では、超臨界水を反応溶媒とするバイオマス変換・ケミカルリサイクル・有機合成・ナノ粒子合成・資源改質・触媒といった様々な新規プロセスの開発を進め、そのいくつかは既に実用化しています。最近では、超臨界場を利用することで、有機分子・無機材料がナノメートルスケールで融合した「超ハイブリッドナノ粒子」を創製しています。現在、その合成機構の解明を進めるとともに、その露出面制御触媒、ナノ集合体の新規機能発現といった応用研究も進めています。この超ハイブリッドナノ粒子を溶媒中に高濃度分散させることにも成功しており、このナノフルイドをインクとする3Dプリンティングへの応用を進めています。また、このナノ粒子を高分子とナノメートルオーダーで複合化させることで、高分子と無機材料の相反機能を同時に発現させる「超ハイブリッド材料」

やさらに超高濃度化しても流動するセラミクス(フルイディックセラミクス)の創製も試んでいます。この超高濃度ナノ粒子分散系の相挙動や粘弾性挙動については、今まで学問が十分に発展してきておらず、新たな科学の創成にも挑戦しています。



### Supercritical fluid for nano-hybrid technologies

Our study aims to establish chemical processes for synthesis of hybrid nano building blocks based on supercritical fluid technology, nano-hybrid technology and materials science & engineering. These studies include synthesis of organic-inorganic hybrid nano building blocks under supercritical conditions. We also develop novel devices or nanofluids with the nano building blocks for high performance thermo-electric devices, high speed optical devices, nano sensors, and nano reactors (high order structured catalysts).



20 40 60 wt%

佐藤 (俊) 研究室

## 光物質科学研究分野

SATO S. Lab

## Laser Applied Material Science

専門分野・キーワード | レーザー／フォトニクス／ナノ微粒子／ベクトルビーム

SPECIALIZED FIELD・KEY WORD | laser／photonics／nano-particle／vector beam

- 高強度光の場における物質変換プロセス
- 高強度光の場におけるナノ粒子作製
- ベクトルビームの発生とビーム特性の解析
- 微小レーザースポットの形成と新規レーザー加工法の開発
- ベクトルビームを用いたナノイメージング
- Material conversion process in intense optical field
- Nano-particle synthesis in intense optical field
- Generation and analysis of vector beams
- Creation of small laser spot and its application for novel laser processing
- Nano-imaging by vector beams



佐藤 俊一 教授

Shunichi SATO, Professor

shunichi.sato.b8@tohoku.ac.jp

小澤 祐市 准教授

Yuichi KOZAWA, Associate Professor

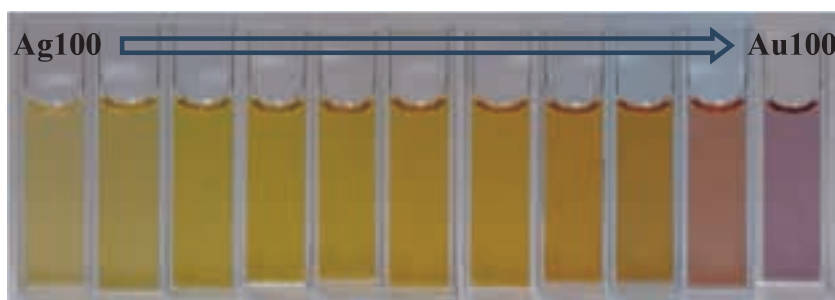
上杉 祐貴 助教

Yuuki UESUGI, Assistant Professor

## 光科学と物質科学の融合研究

レーザーを中心とする最先端のフォトニクス技術を駆使して、光と物質との相互作用の研究を進め、新しい材料の創成や機能の発現、プロセスの開発などを大きな目標としています。現在具体的に進めている主たる研究テーマは、高強度レーザー場によるシングルナノ粒子作製と、ベクトルビームに関する総合的な研究です。前者は、集光したフェムト秒レーザーパルスによって形成される強い光の場を新しい非平衡・非線形・超高速プロセスの場として利用し、分子の分解によって発生するラジカルや別種分子などによって、ダイヤモンド様カーボンや貴金属元素のシングルナノ粒子作製を行っています。これに対して後者は、光(電磁波)の本来の性質であるベクトル性を持ったベクトルビームに

ついて、その物理的な性質を探るとともに、ビーム発生法の開発とビーム品質の改善に取り組みながら、レーザー加工や超解像顕微鏡などへの応用研究を総合的に進めています。

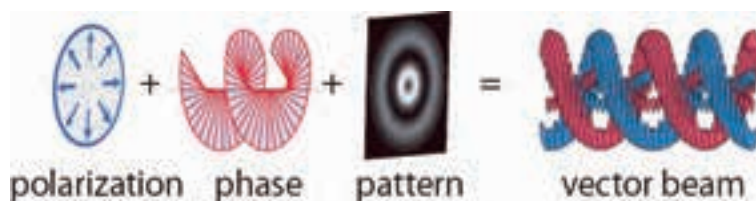


金と銀の合金ナノ微粒子の分散液。左から右にかけて金の割合が増えている。

## Multidisciplinary research of photonics and material science

We are intentionally and intensively trying to make the best use of the excellent properties of lasers for the advancement of material science. The state-of-the-art photonics technologies are our useful and essential tools. At present, we are especially interested in the following two topics. The first is the synthesis of single nano-particles of diamond-like-carbon and noble metals by using an intense optical field, which is generated by tightly focused femto-second laser pulses in liquid and can be regarded as a novel non-equilibrium, non-linear and ultrafast process. The next is the investigation of vector beams, which have inherent vectorial char-

acteristics of electromagnetic wave, focusing on its physics, the development of beam generation, the improvement of beam quality, and applications such as laser processing and super-resolution microscopy.



The vector beam under study shows a synegetic aspect of polarization, phase and pattern of a light beam.

# 固体イオニクス・デバイス研究分野

AMEZAWA Lab

## Solid State Ionic Devices

専門分野・キーワード | 固体イオニクス／エネルギー変換／オペランド分析／電気化学

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | solid state ionics／energy conversio／operando analysis／electrochemistry

- 燃料電池／蓄電池の高性能化・高信頼性化
- 電気化学エネルギー変換デバイス評価のための高度オペランド分析技術の開発
- ヘテロ界面における電気化学現象に関する基礎研究
- 新規固体イオニクス材料の設計と創製
- Improvement of performance and reliability of fuel cells and rechargeable batteries
- Development of advanced operando analytical techniques for electrochemical energy conversion devices.
- Basic research on electrochemical phenomena at hetero-interfaces
- Design and synthesis of novel solid state ionic conductors



雨澤 浩史 教授

Koji AMEZAWA, Professor

koji.amezawa.b3@tohoku.ac.jp

中村 崇司 助教

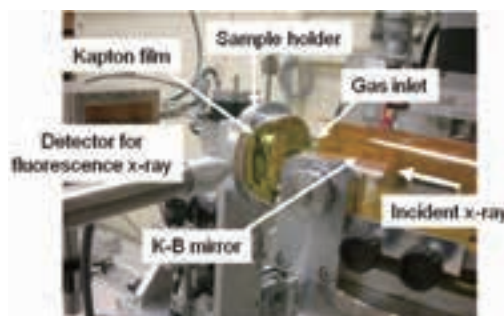
Takashi NAKAMURA, Assistant Professor

木村 勇太 助教

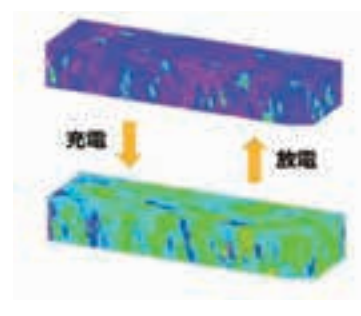
Yuta KIMURA, Assistant Professor

## 環境にやさしいエネルギー変換デバイスの実現・普及に向けて

環境問題、エネルギー問題を解決し、持続可能社会を実現することは、21世紀の科学者・技術者に課せられた大きな課題です。我々の研究室では、これらの問題の解決に資する、燃料電池や蓄電池など、環境にやさしいエネルギー変換デバイスの実現・普及のための基盤研究を行っています。特に、固体でありながらその中をイオンが高速移動できる“固体イオニクス”材料に着目し、固体におけるイオン輸送、界面反応、欠陥構造についての学理を探索すると共に、それに基づく機能設計、材料開発を行っています。また、固体イオニクスデバイスにおける材料、反応に関わる理解を深化させるべく、高温／制御雰囲気／通電と



高温雰囲気制御型オペランドマイクロX線吸収分光測定装置

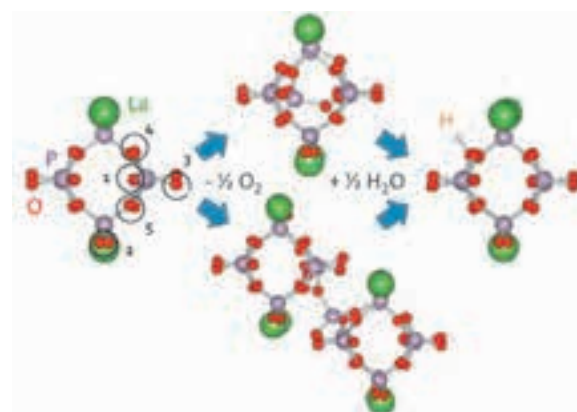


オペランド測定による蓄電池合材電極反応の3D可視化

いった特殊なデバイス動作環境下でのオペランド分析を可能とする高度計測技術の開発も行っています。以上の研究を通し、固体イオニクス材料を利用した環境調和型エネルギー変換デバイスの開発ならびに高性能化・高信頼性化に取り組んでいます。

## Toward the development of environmental-friendly energy conversion devices

Scientists and engineers in the 21st century have a great responsibility to solve environmental and energy problems for achieving a sustainable society. Our laboratory contributes to solve above-mentioned problems throughout fundamental and application researches on environmental-friendly energy-conversion devices, such as fuel cells and rechargeable batteries. In particular, focusing on solid-state ion-conducting materials, we are challenging to establish an academic discipline on “solid-state ionics”, and applying this to develop novel materials and to improve performance/reliability of the energy conversion devices. We are also working for the development of advanced operando analytical techniques for solid-state ionic devices.



第一原理計算による希土類メタリン酸塩におけるプロトン伝導の発現機構モデル



# 環境適合素材プロセス研究分野

NOGAMI Lab

## Environmental-Conscious Materials Processing

専門分野・キーワード | 製鉄プロセス/シミュレーション/移動現象/多相流/反応速度/熱工学

SPECIALIZED FIELD・KEY WORD | ironmaking/process simulation/transport phenomena/multiphase/reaction kinetics/thermal engineering

- 素材製造プロセスの多相反応シミュレータ開発
- 新規エネルギー変換・貯蔵・回収プロセスの開発
- 反応・伝熱高効率化のための境膜制御技術開発
- 鉄鉱石の還元溶融現象の解明
- 固体表面の液体流動の解析
- Reaction process simulator for material production
- Development of energy recovery, conversion and storage
- Boundary layer control to improve reaction and heat transfer processes
- Reduction and melting behavior of iron ore
- Flow behavior of liquid with free surface on solid surface



埜上 洋 教授

Hiroshi NOGAMI, Professor

nogami@tohoku.ac.jp

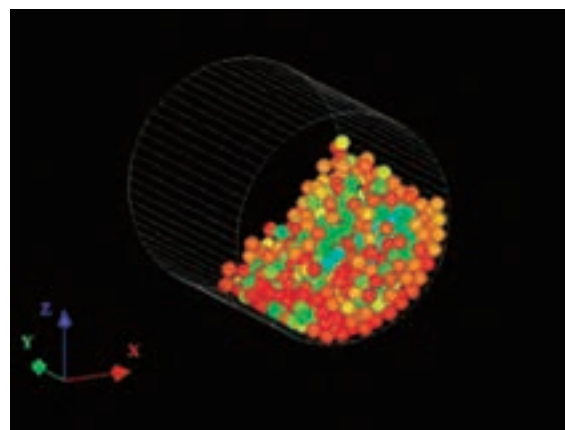
丸岡 伸洋 助教

Nobuhiro MARUOKA, Assistant Professor

## 反応動力学解析による革新的素材プロセスの開発

鉄鋼に代表される各種基盤材料の製造プロセスは、その製造量の膨大さから、資源・エネルギーの消費量も膨大で、これらを抑制し、循環型社会の実現に資するための変革が求められています。その方策として、現行プロセスの高効率化、資源対応の強化、革新的プロセスの開発などがあり、その実現のためには、プロセス内部で生じる現象や原料の反応特性を理解し、新たなプロセスを設計していく必要があります。本研究分野では、環境適合型のプロセス開発に向けて、各種素材原料の物性値や反応特性の熱力学、熱工学、移動現象論や反応工学などの手法による解明、素材製造プロセスに広く見られる混相流動現象の流体力学、粉粒体工学などの手法による定量化を行い、これらの知見を数値流体力学やMPS法、離散要素法など先端の流動解析手法を用いた熱流体解析の枠組みに組み込むことで、各種素材製造プロセスの数値シミュレーション技術の開発と定量評価・設計に取り組んでいます。また、新たな熱エネル

ギー回収および貯蔵プロセスの開発も進めています。

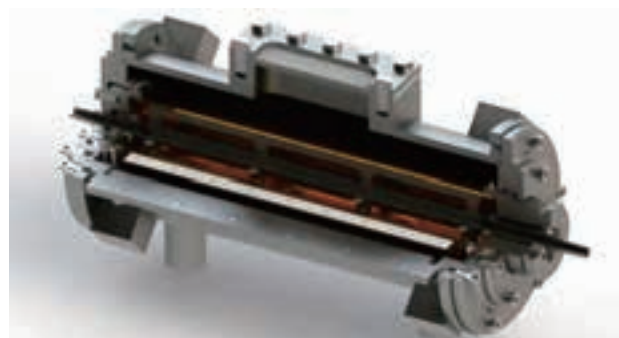


ロータリーキルン内の原料温度分布解析

## Development of novel material processing through process analysis based on reaction kinetics

For the reduction of energy and material resources consumption in base metals production, improvement of process efficiency, enhancement of flexibility to raw material resources and development of novel processes are required. One of our approaches for this issue is numerical process simulation to reproduce and evaluate the materials production processes, based on the theories of multiphase fluid dynamics, reaction kinetics, thermodynamics, thermal fluid engineering, transport phenomena, powder technology, and so on. Using the results of the process analysis and the fruits obtained through the modeling of unit operations, we are trying to develop novel material production technology. Additionally we are trying to develop new processes for recovery and

storage of thermal energy.



High-performance heat exchanger with boundary layer control

# 材料分離プロセス研究分野

SHIBATA H. Lab

## Materials Separation Processing

専門分野・キーワード | ケイ酸塩／熱物性／凝固結晶成長／精錬プロセス／ワイドギャップ半導体

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | silicates／thermophysical property／solidification process／refining process

- 金属および酸化物過冷却液体の凝固メカニズム
- 次世代材料シリコンカーバイドの溶液成長
- ケイ酸塩融体およびガラスの物理化学的性質と構造
- 金属ハロゲン化物の構造
- 酸化マグネシウムの還元プロセス
- Solidification mechanism of metallic and oxide super-cooled liquids
- Solution growth of SiC crystal
- Structure and physicochemical properties of silicate melts and glasses
- Structure of solidified metal halides
- Reduction process of magnesium oxide



柴田 浩幸 教授

Hiroyuki SHIBATA, Professor

hiroyuki.shibata.e8@tohoku.ac.jp

助永 壮平 准教授

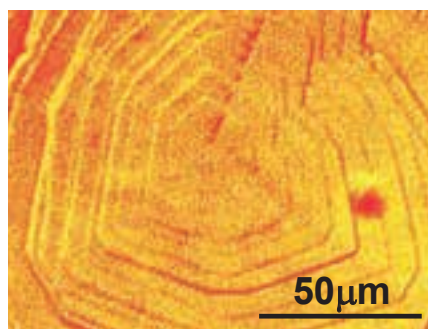
Sohei SUKENAGA, Associate Professor

川西 咲子 助教

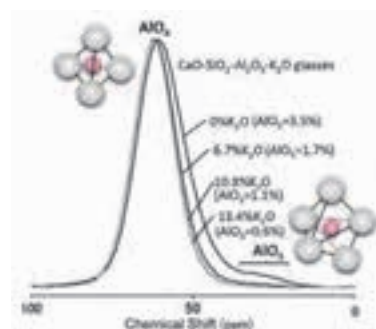
Sakiko KAWANISHI, Assistant Professor

## 高効率素材製造プロセスのための高温界面物理化学

素材の精錬プロセス、製造プロセス、リサイクルプロセス等の原理を理解するには、異相間の化学的、物理的分離過程を詳細に理解する必要があります。これらの分離プロセスは異相間の界面における特性に左右されています。また、それぞれの相の化学的、物理的性質がプロセスの効率化に関係しています。このようなプロセスは高温において実行されるため、高温における各種物性値も重要です。例えば溶融珪酸塩や金属融体の熱伝導率、粘性は高温の精錬プロセスでは極めて重要な働きをします。これらの物性値はその物質の構造に敏感な性質ですので、物性の発現機構を物質の構造との関連から解明する研究を行っています。また、材料の分離プロセスや結晶成長に関わる界面



SiCが1400°Cで結晶成長する様子

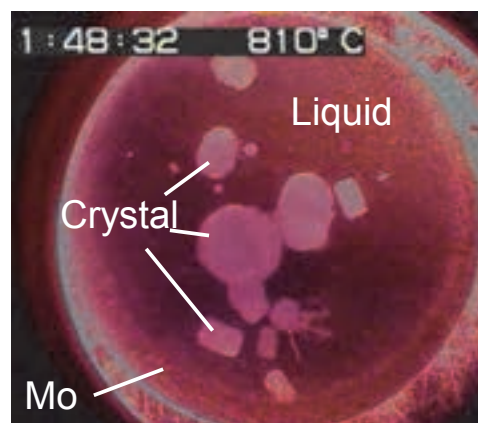


カルシウムアルミノケイ酸塩ガラスの<sup>27</sup>Al NMRスペクトルに及ぼす酸化カルウム添加の影響

における反応機構の解明を行っています。これらの基礎研究を基に実際の素材製造プロセスの高効率化や新規プロセスの開発に取り組んでいます。

## Physicochemical approach to interfacial phenomena at high temperature for high efficiency materials processing

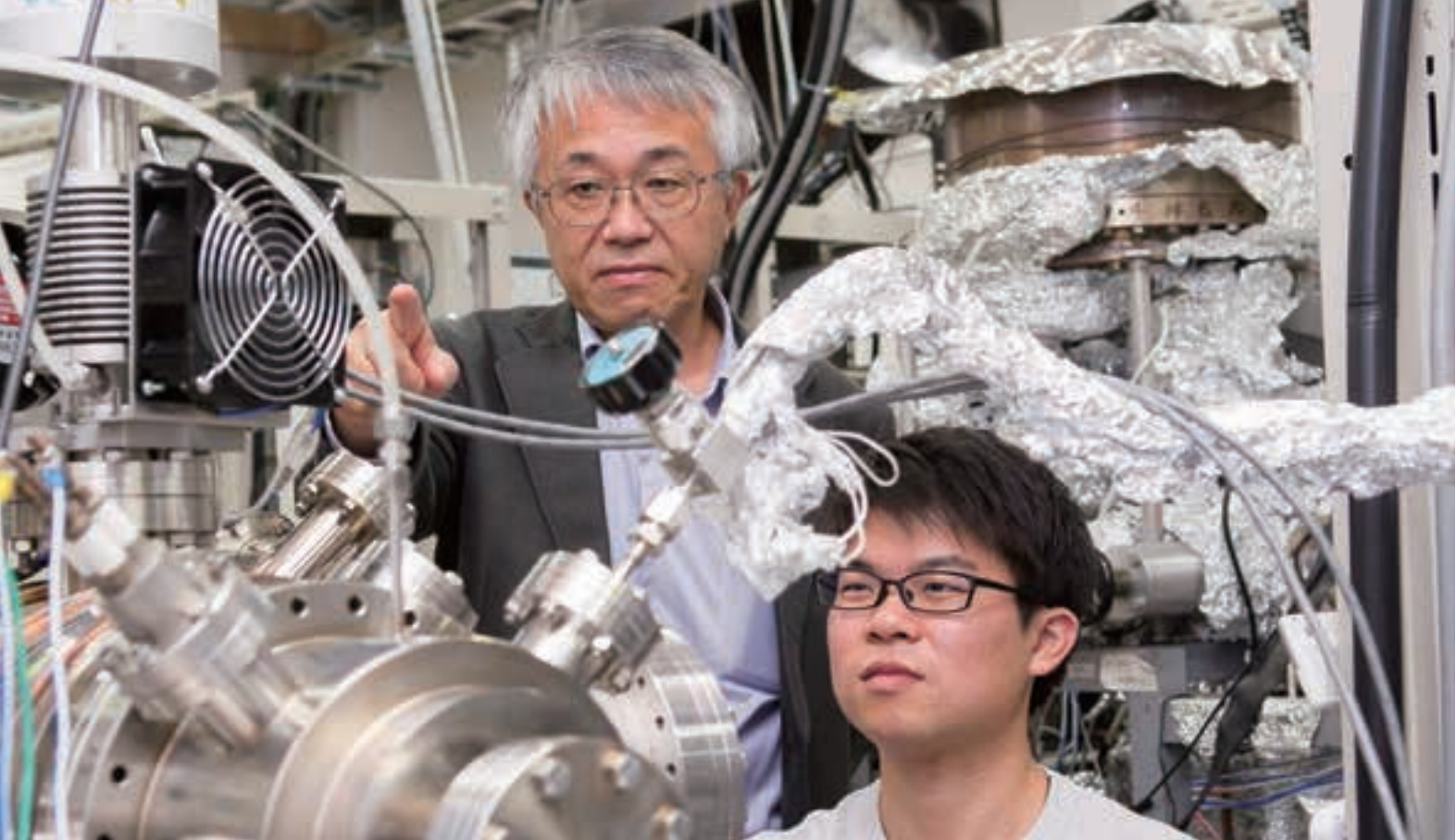
Recycling, refining and solidification processes of materials are important to sustain high efficiency process for manufacturing products. Each material separation process is governed by many chemical and thermophysical properties of materials and interfaces among materials. Functions of the materials should be clarified from micro-mechanism of each phenomenon to develop high efficiency processes for materials separation as well as crystal growth by means of in-situ observation and measurements especially at high temperature.



Crystallization of lithium silicate on the molybdenum substrate

5 mm





# 計測研究部門

## DIVISION OF MEASUREMENTS

新規な高機能材料開発をめざして、電子、中性子、レーザー、マイクロ波、放射光などの様々な粒子や電磁波を用いて、新しい計測・解析手法開発を推進します。また、機能発現のメカニズム解明を含めて、基盤となる原子・分子分光学、表面科学、ナノ界面科学、固体物性科学などの研究領域の新たな展開を図ります。

Aiming at new high-performance materials, advanced measurements and analyses methods are developed using various particles such as electrons and neutrons, lasers, electromagnetic waves, and synchrotron radiation. Including interpretation of the underlying mechanisms of functioning, we will achieve a new development of the research areas of atomic and molecular spectroscopy, surface science, interfacial nano-science, and condensed matter physics.



### 教授 Professor

**上田 潔** Kiyoshi UEDA  
 先端光源と独自の計測法を駆使した電子分子ダイナミクス研究と量子制御  
 Investigating and controlling electron and molecular dynamics with novel light sources

**百生 敦** Atsushi MOMOSE  
 X線位相イメージング手法の開拓  
 Development of X-ray phase imaging

**火原 彰秀** Akihide HIBARA  
 ナノ・マイクロ流体を用いる分析デバイスと微小領域の分光化学  
 Analytical device utilizing nano-microfluidics, and spectroscopy for nano-microchemistry

**高桑 雄二** Yuji TAKAKUWA  
 固体表面動的過程のリアルタイム表面計測の開発と応用  
 Development of real-time surface measurements for dynamics on the solid surfaces

**高橋 正彦** Masahiko TAKAHASHI  
 電子衝突を用いた静的および動的分子科学  
 Molecular science using electron collisions from the static to the time-resolved regime

**木村 宏之** Hiroyuki KIMURA  
 中性子・放射光・X線の相補利用による機能性物質の構造物性研究  
 Structural science of materials by a complementally use of neutron, SOR, and X-ray

**陣内 浩司** Hiroshi JINNAI  
 電子線トモグラフィを用いたソフトマテリアルの精密構造解析  
 Analysis of nano-structures in soft materials by electron tomography

**秩父 重英** Shigefusa CHICHIBU  
 ワイドバンドギャップ半導体量子ナノ構造創成と時間空間分解スペクトロスコピー  
 Exploration of wide bandgap group III-nitride and group II-oxide semiconductor quantum structures and spatio-time-resolved spectroscopy

### 特任教授 Specially Appointed Professor

**中野 朝雄** Asao NAKANO

### 客員教授 Visiting Professor

**北森 武彦** Takehiko KITAMORI

准教授 Associate Professor



**渡邊 昇** Noboru WATANABE  
電子散乱分光を用いた分子内電子運動の研究  
Investigation of electronic motions in molecules using electron scattering spectroscopy



**大庭 裕範** Yasunori OHBA  
二量子遷移EPRによるトロポニンパク構造と機能の相関の研究  
A study of structure-function relationships of troponin by DQC EPR



**小島 一信** Kazunobu KOJIMA  
高出力と高効率を両立する新奇光デバイスの創出  
Creation of novel optical devices establishing both high output power and high efficiency



**矢代 航** Wataru YASHIRO  
X線・中性子の位相計測を利用した新規計測手法の開発  
Development of new methods using phases of X-rays and neutrons



**虻川 匡司** Tadashi ABUKAWA  
表面構造解析とダイナミクス計測に基づく新機能表面の創成  
Research of new functional surfaces by analyzing structure and dynamics

特任准教授 Specially Appointed Associate Professor



**高野 秀和** Hidekazu TAKANO  
X線イメージング法の開発及び応用  
Development and application of X-ray imaging

講師 Senior Assistant Professor



**池松 克昌** Katsumasa IKEMATSU  
LIGAプロセスを用いたX線透過格子の開発とX線位相イメージングの高度化  
Development of X-ray transmission gratings using the LIGA process and X-ray phase imaging with a novel grating interferometer

特任講師 Specially Appointed Senior Assistant Professor



**橋本 康** Koh HASHIMOTO  
X線イメージング、位相コントラスト  
X-ray imaging, Phase contrast

助教 Assistant Professor



**奥西 みさき** Misaki OKUNISHI  
強光子場中での電子・分子ダイナミクス  
Electron and molecular dynamics in intense laser fields



**山崎 優一** Masakazu YAMAZAKI  
電子線コンプトン散乱を利用した新規時間分解分光法の開発  
Development of time-resolved spectroscopy using electron Compton scattering



**坂倉 輝俊** Terutoshi SAKAKURA  
単結晶X線回折法における技術開発  
Technical study of single-crystal X-ray diffraction



**福山 真央** Mao FUKUYAMA  
マイクロメートルサイズの界面を利用した微量分析化学操作の開発  
Interface chemistry in micrometer scale for the miniaturization of analytical systems



**嶋 紘平** Kohei SHIMA  
ワイドバンドギャップ半導体を用いた高効率光電子デバイスの開発  
Development of high-efficiency optoelectronic devices using wide bandgap semiconductors



**福澤 宏宣** Hironobu FUKUZAWA  
自由電子レーザーと放射光を用いた原子・分子・クラスター科学  
Atomic, molecular, and cluster sciences using free-electron laser and synchrotron radiation



**呉 彦霖** Yanlin WU  
放射光及び実験室X線源を用いた新しいX線イメージング  
New X-ray phase imaging using synchrotron and laboratory X-ray source



**山本 孟** Hajime YAMAMOTO  
新規遷移金属酸化物探索と量子ビームを用いた構造物性研究  
Exploration of new transition metal oxides and structural science of materials by quantum beams



**小川 修一** Shuichi OGAWA  
ナノ炭素材料のCVD成長法と電子状態評価法の開発  
Development of CVD process and evaluation methods for nano-carbon materials

助手 Research Associate



**菊地 清** Kiyoshi KIKUCHI  
カソードルミネッセンス法によるワイドギャップ半導体の光学的評価  
Optical characterization of wide bandgap semiconductors using cathodoluminescence technique

# 電子分子動力学研究分野

UEDA Lab

Electron and Molecular Dynamics

専門分野・キーワード | 分子動力学 / 電子動力学 / 電子分光 / 同時計測分光

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | molecular dynamics / electron dynamics / electron spectroscopy / coincidence spectroscopy

- 反応における量子干渉と量子もつれ
- 光励起状態の電子ダイナミクス・分子ダイナミクス・分子イメージング
- 分子動画と電子波束観測による反応追跡と反応制御
- 短パルス光学レーザー・シンクロトロン放射光・X線自由電子レーザーを光源とした分子イメージング・分子動画・電子波束観測を目指した光電子分光法・多粒子計測法の開発
- Quantum interference and entanglement in reactions
- Electron and molecular dynamics of photo excited species
- Taking molecular movies and catching electron motion for tracing reactions
- Developing photoelectron spectroscopy and multi-particle spectroscopy for molecular imaging, molecular movies, and catching electron motion, using short pulse optical lasers, synchrotron radiation sources, and X ray free electron lasers



上田 潔 教授

Kiyoshi UEDA, Professor

kiyoshi.ueda.a2@tohoku.ac.jp

奥西みさき 助教

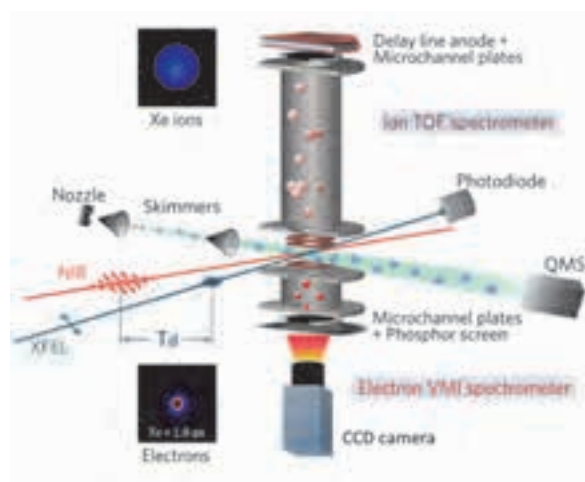
Misaki OKUNISHI, Assistant Professor

福澤 宏宣 助教

Hironobu FUKUZAWA, Assistant Professor

## 分子の動き、電子の動きを捉える

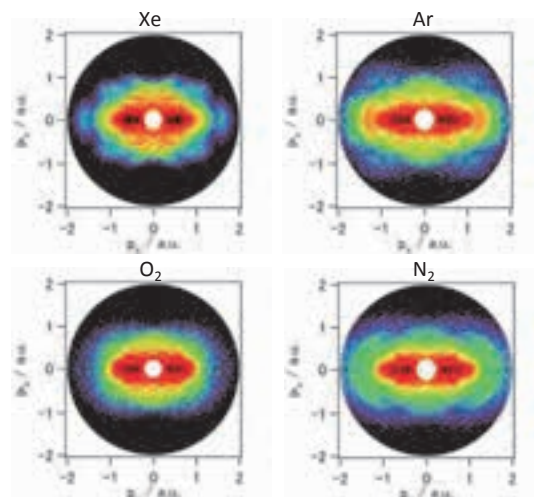
原子や分子、ナノ構造体における様々な量子過程は粒子が波としての性質を持つことに由来する量子干渉により古典過程と異なった振舞いを示します。このような微小世界では量子干渉を制するものが世界を制するといっても過言ではありません。我々は、このような量子論が支配する分子、ナノクラスターにおける光電離・光解離・電子緩和・電子移動・異性化(原子再配列)といった超高速反応を解析し、視覚化し、制御することを目指しています。この目的を達成するためには孤立分子・クラスターにおける原子の動き、電子の動き計測する手段が必要となりますが、我々は独自の最先端計測技術を提案・開発して研究に供しています。また、様々な量子過程を引き起こしたり、画像化したり、制御したりするために、超短パルス光学レーザー、世界最高分解能軟X線放射光、最新の短パルス高強度X線源である短波長自由電子レーザー等の最先端光源を駆使して、研究を進めています。



X線自由電子レーザーと超短パルスレーザーを組み合わせた実験装置

## Taking the molecular movie, catching the electron motion

Quantum interference based on wave nature of matters makes quantum processes completely different from classical processes. We analyze, visualize, and control quantum processes that determine ultrafast electron and molecular dynamics, such as electronic relaxation, charge transfer, fragmentation, and rearrangement in isolated molecules and clusters. For that purpose, we have been developing cutting-edge spectroscopic techniques that allow us to catch the atomic and electron motion. To trigger, probe, and control the processes, we use new-generation light sources such as ultrafast optical lasers, ultrahigh resolution soft x ray synchrotron radiations, and ultrafast X-ray free electron lasers.



Photoelectron angular distributions of rare gas atoms (Xe and Ar) and diatomic molecules (O<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>) irradiated by intense laser pulses

高橋 (正) 研究室

## 量子電子科学研究分野

TAKAHASHI M. Lab

## Quantum Electron Science

専門分野・キーワード | 分子科学/衝突物理学/多次元同時計測分光/運動量空間波動関数

SPECIALIZED FIELD・KEY WORD | molecular science/collision physics/multiparameter coincidence spectroscopy/momentum space wave function

- 配向分子の電子運動量分光の開発による分子軌道イメージングと電子状態研究への応用
- 多次元同時計測法の開発による電子・分子衝突の立体ダイナミクス
- 時間分解電子運動量分光の開発による物質内電子移動の可視化
- Molecular orbital imaging by molecular frame electron momentum spectroscopy
- Developments of multidimensional coincidence techniques and their applications to studies on stereodynamics in electron-molecule collisions
- Development of time-resolved electron momentum spectroscopy for visualization of the change of electron motion in transient species



高橋 正彦 教授

Masahiko TAKAHASHI, Professor

masahiko.takahashi.c4@tohoku.ac.jp

渡邊 昇 准教授

Noboru WATANABE, Associate Professor

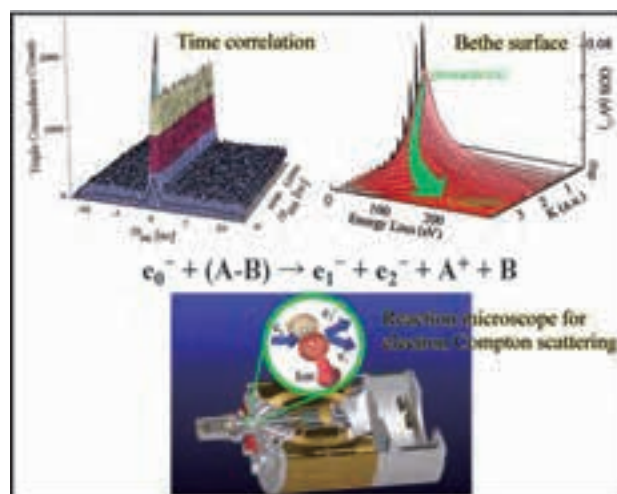
山崎 優一 助教

Masakazu YAMAZAKI, Assistant Professor

## 電子線コンプトン散乱を利用した物質内電子運動の可視化

物質の中ではいろいろな種類の電子が様々な運動しており、それが物質の性質を決めています。当研究室は、高速電子線を励起源とするコンプトン散乱を用いて物質内電子のエネルギーと運動量を測定する新しい分光計測法を開発し、反応性や機能性など物質が持つ多様な性質の起源の解明を目指しています。具体的には、以下の三つの課題を中心に研究を進めています。

- (1) 分子座標系電子運動量分光の開発による分子軌道の運動量空間イメージング
- (2) 多次元同時計測分光の開発による電子・分子衝突の立体ダイナミクスの研究
- (3) 時間分解電子運動量分光の開発による過渡的な物質内電子運動の変化の可視化

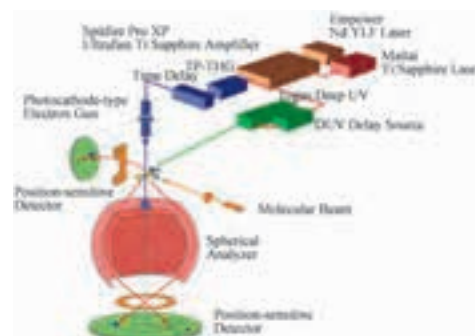


## Visualization of electron motion in matter by means of electron Compton scattering

Properties of matter, such as reactivity and functionality, are determined by the motion of the constituent electrons. For this reason we aim at developing new spectroscopic methods, by using electron Compton scattering, that would visualize the electron motion for stable species and most importantly the change of electron motion in transient species, which is the driving force behind any chemical reactions;

- (1) development of molecular frame electron momentum spectroscopy for momentum-space imaging of molecular orbitals in the three-dimensional form,
- (2) developments of multiparameter coincidence techniques for studies on stereo-dynamics in electron-molecule collisions,

- (3) development of time-resolved electron momentum spectroscopy for visualization of the change of electron motion in transient species.



# 量子ビーム計測研究分野

MOMOSE Lab

## Quantum Beam Measurements

専門分野・キーワード | イメージング/X線/位相計測/三次元計測

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Imaging/X-ray/phase measurement/three-dimensional observation

- X線干渉光学に基づくX線位相計測法の開拓
- X線位相イメージング法の開拓とその応用
- 動的X線画像計測による機能イメージング法の開発
- X線位相差顕微鏡/トモグラフィの開発
- デコヒーレンス型極小角X線散乱イメージング法の開拓とその応用
- X-ray phase measurement methods based on X-ray interference optics.
- Development and application of X-ray phase imaging system
- Dynamical X-ray imaging for functional imaging
- X-ray phase microscopy/tomography
- USAXS imaging based on decoherence



百生 敦 教授

Atsushi MOMOSE, Professor

atsushi.momose.c2@tohoku.ac.jp

矢代 航 准教授

Wataru YASHIRO, Associate Professor

呉 彦霖 助教

Yanlin WU, Assistant Professor

中野 朝雄 特任教授

Asao NAKANO, Professor

高野 秀和 特任准教授

Hidekazu TAKANO, Specially Appointed Associate Professor

池松 克昌 講師

Katsumasa IKEMATSU, Senior Assistant Professor

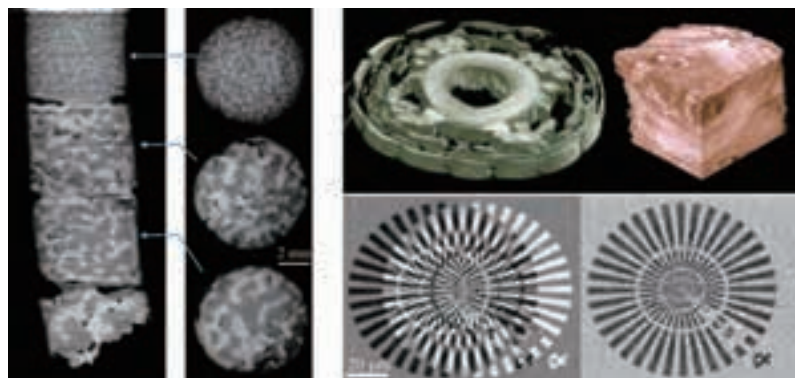
橋本 康 特任講師

Koh HASHIMOTO, Specially Appointed Senior Assistant Professor

### 量子ビームの位相で観る

X線などの量子ビームは、原子スケールから日常スケールまで、幅広い範囲で物質の構造を可視化するために使われています。ただし、その適用範囲は物質の種類や形態によって制限されます。ところが、普段は検出されない位相に基づくコントラストを利用することにより、量子ビームの利用価値は桁違いに膨らみます。本研究室では、X線位相計測に基づく高感度画像計測技術を創成し、従来の常識を覆す数々の成果を世界に発信してきました。高分子材料や生体物質などの軽元素からなる物質に極めて有効であることが分かっており、最近では金属材料などにも波及しつつあるところです。量子ビーム物理の基礎に立脚し、他では実現できない実験環境構築と先端計測研究を推進するとともに、

実用展開を視野に入れた多くの共同研究も行っています。

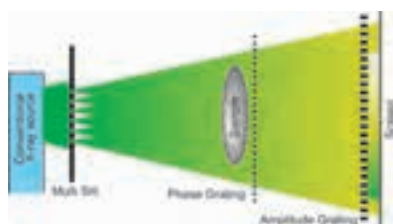


イメージギャラリー:位相CTによるPS/PMMAブレンドの相分離構造(左)、マウス尻尾軟骨(中央上)、及び、ウサギ肝組織内の悪性腫瘍(右上)。位相敏感X線顕微鏡への適用例(右下)

### Observation using wave nature of quantum beam

Quantum beams, such as X-rays, are used to visualize materials structures of the size from atomic scale to human scale. The use of phase information enhances the usefulness of quantum beams tremendously. We have innovated in X-ray imaging technology by developing

X-ray phase measurement, releasing groundbreaking results beyond conventional expectation. The technique is powerful for objects consisting of low-Z atoms, such as polymers and biological materials, and recently its scope is expanding to metallic materials. Based on quantum beam physics, we are developing unique experimental environment and pioneering advanced imaging research. This technology is attractive practically, and we are also conducting various collaborations.



Configuration of X-ray Phase Imaging  
—X-ray Talbot-Lau interferometer—



X-ray Optical Element  
—High Aspect-Ratio Gold Grating—



# 構造材料物性研究分野

KIMURA Lab

## Structural Physics and Crystal Physics

専門分野・キーワード

多重極端条件下精密結晶・磁気構造解析 / 中性子・X線回折装置開発 / 磁性強誘電体 / 水素結合型誘電体

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD

Precise crystal/magnetic structure analysis under multiple extreme conditions / Development of neutron and X-ray diffractometers / Magnetic ferroelectrics / Hydrogen-bonded dielectrics

- 中性子4軸回折装置とその応用法の開発 (JAEA 東海3号炉 JRR-3M:T2-2 FONDER)
- 位置敏感検出器を用いた高効率中性子結晶構造解析装置の開発 (J-PARC BL18: SENJU, 韓国研究用原子炉 HANARO 2D-PSD)
- 多重極限下(高圧、極低温、高磁場、高電場)における X 線・中性子散乱手法の開発
- 強誘電体, 磁性体, マルチフェロイック物質および有機伝導体の構造と物性研究
- 水素結合系誘電体物質の電子密度分布と核密度分布
- Development of the 4-circle neutron diffractometer
- Development of the wide-area neutron detector for neutron structure analysis
- Development of ultra high accuracy structure analysis using synchrotron X-ray
- Electron density distribution and proton density distribution of hydrogen-bonded compounds
- Neutron and X-ray scattering study of structural physics and magnetism on multiferroic materials
- Imaging of 3d-electron-orbital



木村 宏之 教授

Hiroyuki KIMURA, Professor

hiroyuki.kimura.b5@tohoku.ac.jp

坂倉 輝俊 助教

Terutoshi SAKAKURA, Assistant Professor

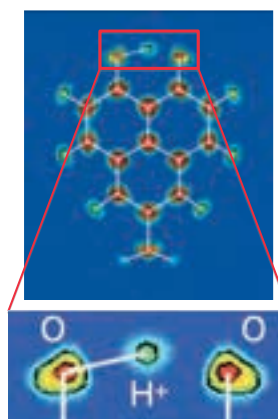
山本 孟 助教

Hajime YAMAMOTO, Assistant Professor

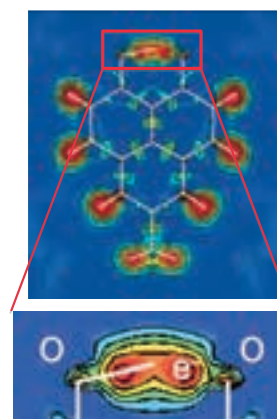
### X線・中性子結晶構造解析による1原子内電子分極の可視化

当研究室では低温・強磁場・高圧下の多様な環境条件の下で、X線・放射光・中性子を用いた高分解能結晶構造解析のための計測技術確立と、精密な電子密度あるいは原子核密度の分布解析に基づく物質の構造相転移及び物性の機能発現の起源について研究を行っている。図に示すのは、中性子とX線構造解析により可視化された水素結合型誘電体の原子核密度分布と、水素原子に注目した電子密度分布である。酸素原子に挟まれた水素原子内で、原子核と電子の重心位置がずれる事により、1原子内で巨大な電気分極(電子分極と呼ぶ)が生じている事を示している。その他にも、磁性強誘電体における巨大電気磁気効果について、結晶・磁気構造解析の立場からその微視的起源を明らかにする研究も行っている。更に我々は現在、大強度陽子加速器研究施設 J-PARC における、超精密中性子構造解析装置 SENJU の建設にも主メンバーとして携わり、超高精度の構造解析手法の開発を行っている。

中性子構造解析による原子核密度分布



X線構造解析による原子核密度分布

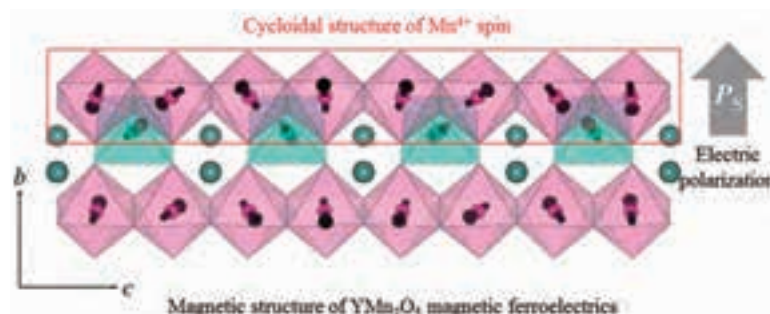


電子雲と原子核の重心位置のズレ → 1原子内電気分極

### Ferroelectric polarization induced by magnetic order in magnetic ferroelectrics

We have been developing the methodology for high-resolution crystal and magnetic structure analysis using X-ray, Synchrotron radiation and Neutron beam under extreme conditions such as low temperature, high magnetic field, and high pressure. We have also studied structural phase transitions to understand the microscopic origins of functional properties in solid-state materials based on the accurate distribution analyses of the electron as well as nuclear densities. Figure shows the complex magnetic structure of magnetic ferroelectrics derived by neutron magnetic structure analysis. Cycloidal spin structure in this materi-

al is thought to be the origin of electric polarization. We also engage the development of novel neutron diffractometer for structure analysis "SENJU" in J-PARC.



# ナノ・マイクロ計測化学研究分野

HIBARA Lab

## Nano/Micro Chemical Measurements

専門分野・キーワード | ナノ・マイクロ分析素子 / 顕微イメージング法 / 光学検出法 / 電子スピン共鳴

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | nano / micro analytical devices / imaging microscopy / optical detection methods / electron spin resonance

- ナノ・マイクロ流体デバイスを用いる簡易・自動化学分析
- 界面化学に基づく液膜型分離・濃縮法
- 顕微イメージング法およびマイクロ空間検出法
- 高出力パルス ESR による生体分子の構造と機能の相関
- Easy and automated chemical analysis utilizing nano/microfluidic device.
- Liquid-film separation/preconcentration method based on interface chemistry.
- Imaging microscopies and detection methods for microspace.
- Structure-function relationship of biological molecular systems studied by high power pulsed ESR.



火原 彰秀 教授

Akihide HIBARA, Professor

akihide.hibara.e7@tohoku.ac.jp

大庭 裕範 准教授

Yasunori OHBA, Associate Professor

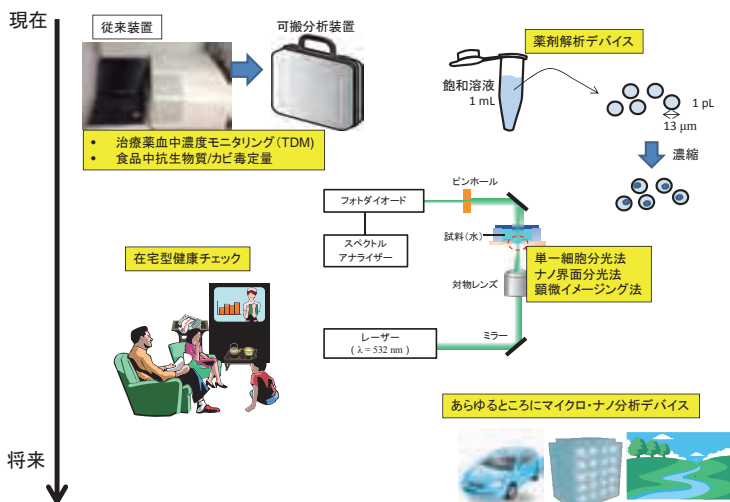
福山 真央 助教

Mao FUKUYAMA, Assistant Professor

### ナノ・マイクロ空間の化学をつかい・はかる

ナノ・マイクロ空間を利用した化学・生化学の集積化と高度化に関する研究分野開拓を中心に研究を進めます。生体・環境・食品・工業プロセスなどを対象とした簡便分析・自動分析などの実現が期待できます。

また、単一細胞を対象とする分析、単一分子レベルでの分析、結晶化などの単一事象の分析、高速混合時の物質挙動の追跡など、他の手法からは得られない情報を計測するデバイス・計測技術実現に挑戦します。このような新しい技術のためには、空間制約下での化学反応・相変化などの特性を明らかにする基礎化学研究が必要になります。そのためのツールとして、顕微イメージング法、顕微レーザー分光法、電子スピン共鳴 (ESR) 法などで、他に例のない高度計測手法の開発を進めます。

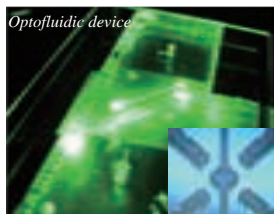


### Chemistry in nano/micro space: measurements & applications

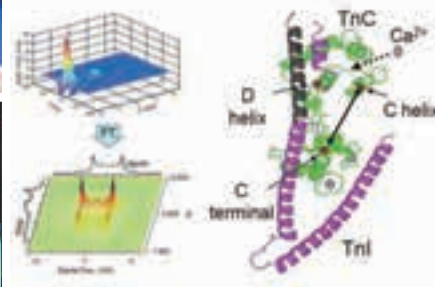
We study advanced nano-micro technologies in chemistry and biochemistry and their applications to integrated analytical devices. We investigate easy and automated analytical technologies for life science, environmental science, food safety, and industrial process.

We also investigate novel analytical technologies such as single cell analysis, single molecule analysis, single event analysis, and molecular behavior in rapid mixing. For the advanced technologies, fundamental chemistry such as chemical reaction and phase transition in a confined space should be revealed in detail. We study unique advanced measurement tools such as

microscopic imaging, laser microscopy, and electron spin resonance (ESR) spectroscopy.



High power pulsed ESR for protein folding analysis



## 高分子物理化学研究分野

JINNAI Lab

## Polymer Physics and Chemistry

専門分野・キーワード | ソフトマター物理/ソフトマテリアルの自己組織化過程/電子線トモグラフィ/高分子ハイブリッド材料

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Soft Matter Physics/Self-Assembling Processes in Soft Materials/Electron Tomography/Polymeric Hybrid Materials

- “多次元”電子顕微鏡法の開発
- 3次元構造解析法の開発(界面形態の幾何学に基づく解析)
- ブロック共重合体の自己組織化ナノ構造の3次元観察とその分子論的解析
- 有機・無機ハイブリッド材料の構造と物性の解明
- エネルギー関連材料(燃料電池など)の3次元観察と物性解明
- Development of novel “multi-dimensional” electron microscopy
- Development of 3D image analysis methods (e.g., analysis of interfacial curvatures based on geometry)
- 3D observation and analysis of block copolymer self-assembled structures
- 3D Morphological study of nano-composite materials by electron tomography
- 3D Structural observation of energy-related materials (e.g., fuel cell electrode)



陣内 浩司 教授

Hiroshi JINNAI, Professor

hiroshi.jinnai.d4@tohoku.ac.jp

## 電子線によってソフトマテリアルの構造とダイナミクスを観る

高分子などの“ソフトマテリアル”が相転移に伴って自発的に形成するナノ構造は、高密度記憶媒体や高性能透過膜作製に向けたボトムアッププロセスの一つとして重要な役割を果たしています。また、このような高分子の自己組織化過程の研究は、物理学で重要な「非線形・非平衡現象」の解明に資することになります。私たちは、高分子の作る複雑なナノ構造を3次元的に可視化することのできる「電子線トモグラフィ」を開発し、これを高分子の自己組織化ナノ構造に応用することで、大きな成果をあげてきました。

今後は、電子線トモグラフィに時間・温度・化学組成・wet環境・変形などの新しい“次元”を加えることで、相転移ダイナミクスの解明やゲルなどのwet系ソフトマテリアルの3次元構造観察などへの展開を目指します。さらに、このような最新の顕微鏡法を、エネルギー・環境分野のソフトマテリアル

の材料開発に応用していきます。

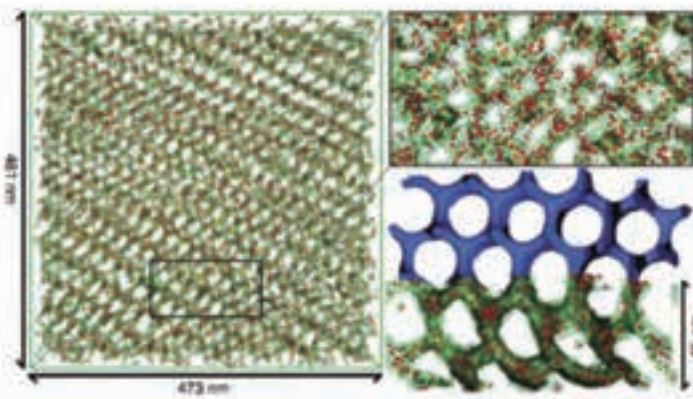


Fig.1. 3D reconstruction of Pt nano-particle (NP) network superstructure in Terpolymer metal NP hybrid compositions and comparison with Self Consistent Field Theory (SCFT) results.

## 3D observations of nano-structures in soft materials by electron tomography

For better understanding of various properties, e.g., mechanical, electrical, transport properties, in soft materials, detailed characterization of their morphologies in three-dimension (3D) is essential. We have developed electron tomography, a novel microscopic method to image nano-scale structures in 3D, and applied them to various self-assembling structures in soft materials. In addition to the 3D imaging capability of electron tomography, another “dimension”, e.g., time, temperature, wet environment etc., will be added to observe 3D structures in various environmental and dynamical processes in soft materials.

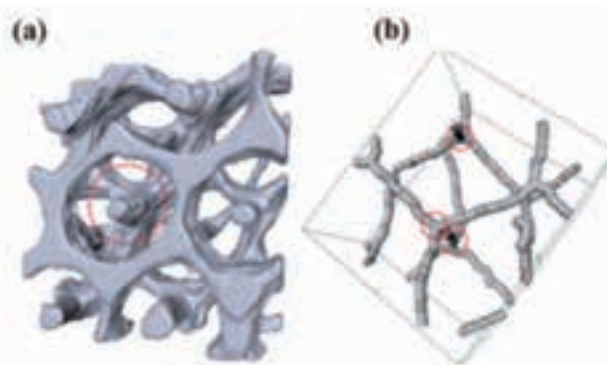


Fig.2. (a) 3D of the ordered bicontinuous double diamond (OBDD) structure in a block copolymer. The image shown in (b) reveals the 3D thinned image of the unit cell of the OBDD structure.

# 表面物理プロセス研究分野

TAKAKUWA Lab

## Surface Physics and Processing

専門分野・キーワード | 表面物理学 / 材料科学 / プロセス工学 / 電子と光をプローブとする表面計測法の開発

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | surface physics / material science / process engineering / development of surface analysis methods with electron and photon probes

- ナノ炭素材料の気相合成プロセスの開発
- 次世代CMOSゲートスタックの絶縁膜形成機構の解明と制御
- 機能性金属酸化膜の表面反応機能の解明と制御
- 電子回折による固体表面構造解析と応用
- 表面のスピンの配列および超高速現象を捉える新しい構造解析法の開発
- Development of chemical vapor deposition processes for nanocarbon materials
- Analysis and control of the growth mechanism of insulator thin films for gate stacks of advanced CMOS
- Analysis and control of the surface reaction mechanism on functional metal oxide surfaces
- Determination of surface structures by electron diffraction and its application
- Development of the new methods for spin arrangement and ultrafast phenomenon on surface



高桑 雄二 教授

Yuji TAKAKUWA, Professor  
yuji.takakuwa.b7@tohoku.ac.jp

虻川 匡司 准教授

Tadashi ABUKAWA, Associate Professor

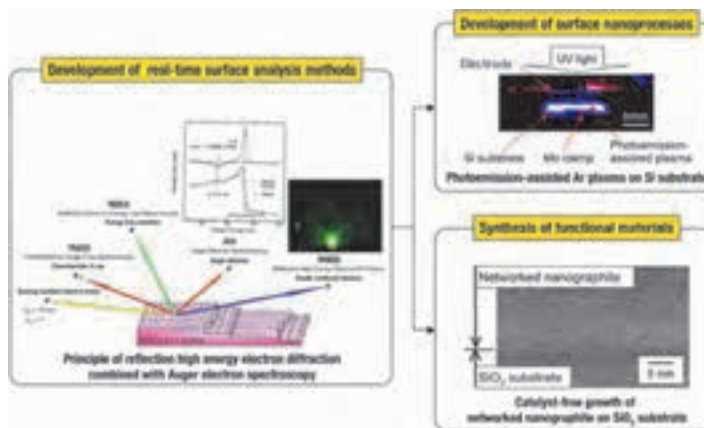
小川 修一 助教

Shuichi OGAWA, Assistant Professor

## 表面反応機構に基づいた機能性薄膜創製と表面ナノプロセス開発

電子と光をプローブとする新しい表面計測法の開発と応用を基本方針として右図に示すように、それらを用いて解明された表面・界面反応機構に基づいて機能性薄膜の創製と、表面ナノプロセスの開発を行なっています。開発に取り組んでいるオージェ電子分光と複合化した反射高速電子回折、及び高輝度放射光と希ガス共鳴線を用いる光電子分光では表面情報を相補的に『複合計測』、反応キネティクスを追跡できる『リアルタイム観察』、反応ガス雰囲気下での『プロセス中の「その場」観察』、そして、振動相関熱散漫散乱とワイゼンベルグRHEEDではシミュレーションなしで『一義的に表面構造を決定』できることを特徴としています。固体表面・界面での化学・固相反応過程を制御することにより、ダイヤモンド、多層グラフェン、DLCなどのナノ炭素材料や、磁性金属 / MgO / Siヘテロ構造の機能性薄膜の創製、そし

て、基板表面改質のための光電子制御プラズマなどの表面ナノプロセスの開発を展開しています。



## Synthesis of functional materials and development of nanoproceses based on surface reaction mechanisms

In the research section of surface physics and processing, we aim to develop various surface analysis methods with electron and photon probes: Real-time photoelectron spectroscopy using synchrotron radiation and rare gas resonance lines for monitoring in situ surface chemical compositions and bonding states under a reactive gas atmosphere (Fig.1), and Weissenberg RHEED for determining unambiguously surface structures (Fig.2). Based on the observed chemical and solid phase reaction kinetics at surfaces and interfaces, we have synthesized functional materials such as diamond

and multilayer graphene, and developed surface nanoproceses.

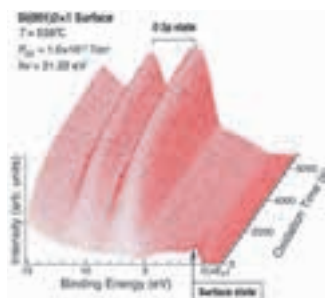


Fig.1. Time evolution of photoelectron spectra taken during exposing Si(001) surface with O<sub>2</sub>.

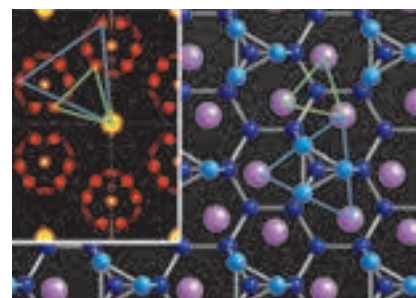


Fig.2. Patterson map (inset) and structure model of Si(111)√3×√3-Ag surface obtained by Weissenberg RHEED.

# 量子光エレクトロニクス研究分野

CHICHIBU Lab

## Quantum Optoelectronics

専門分野・キーワード | 半導体光物性 / 量子構造形成 / キャリアダイナミクス / 時間空間分解分光

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Wide bandgap semiconductors / Quantum nanostructures / Carrier dynamics / Spatio-time-resolved spectroscopy

- 環境に優しい (Al, In, Ga)N および (Mg, Zn)O 系ワイドバンドギャップ半導体微小共振器を用いた、励起子と光の相互作用に基づく新しいコヒーレント光源の研究
- フェムト秒レーザーおよびフェムト秒電子線を用いた (Al, In, Ga)N および (Mg, Zn)O 系ワイドバンドギャップ半導体量子ナノ構造の時間空間分解スペクトロスコピー
- 有機金属化学気相エピタキシーおよび分子線エピタキシーによる (Al, In, Ga)N 系量子ナノ構造形成と深紫外線～長波長発光デバイス形成
- (Mg, Zn)O 系酸化物半導体のヘリコン波励起プラズマスパッタエピタキシーと機能性酸化物薄膜形成
- A new concept coherent light source based on light-matter coupling in environment-friendly (Al, In, Ga)N and (Mg, Zn)O wide bandgap semiconductor microcavities
- Spatio-time-resolved spectroscopy in semiconductor materials
- Design and fabrication of (Al, In, Ga)N quantum nanostructures: epitaxial growths by metalorganic vapor phase epitaxy and molecular-beam epitaxy
- Helicon-wave-excited-plasma sputtering epitaxy of II-oxide semiconductor (Mg, Zn)O and fabrication of multi-functional oxide thin films



秩父 重英 教授

Shigefusa F. CHICHIBU, Professor

shigefusa.chichibu.e1@tohoku.ac.jp

小島 一信 准教授

Kazunobu KOJIMA, Associate Professor

嶋 紘平 助教

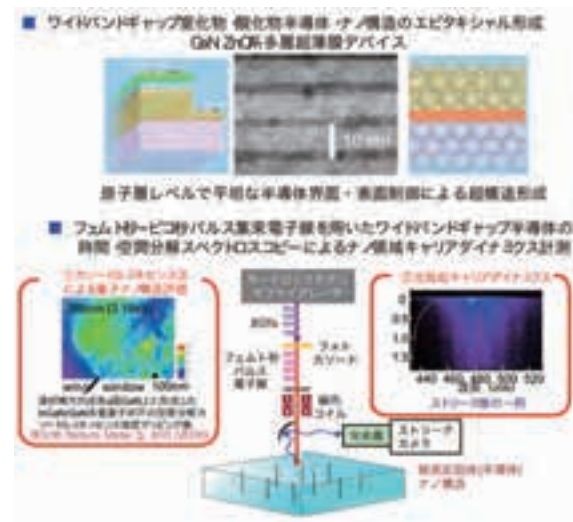
Kohei SHIMA, Assistant Professor

菊地 清 助手

Kiyoshi KIKUCHI, Research Associate

### ワイドギャップ半導体ナノ構造創成と時空間分解スペクトロスコピー

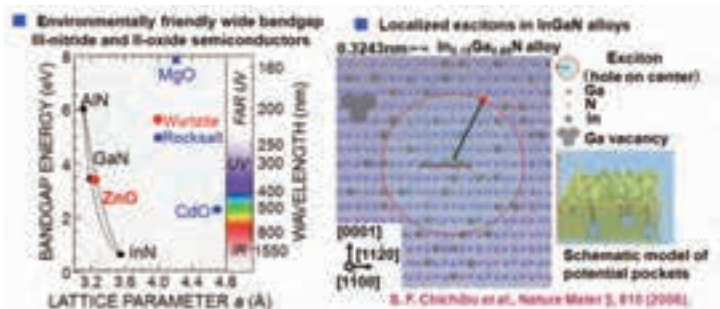
光子系(電磁波)と電子系(励起子)の機能融合を実現する量子構造デバイス半導体として、禁制帯幅に相当する波長が200nm 台の深紫外線から近赤外線まで広範囲をカバーし、環境にも人間生活にも優しい(プラネットコンシャスな)AlN, GaN, InN等のIII族窒化物半導体やZnO, MgO等のII族酸化物半導体、更にはTiO<sub>2</sub>等の金属酸化物半導体にスポットライトを当て、有機金属化学気相エピタキシー法、分子線エピタキシー法によって、原子層レベルで平坦な表面・界面を持つ半導体ナノ超薄膜や構造のエピタキシャル形成を行います。また、それらメソスコピック・ナノ構造のフェムト秒パルス集束電子線励起による時間・空間同時分解分光を行い、微細領域における励起子効果・量子効果(キャリアダイナミクスや点欠陥との相関など)の物理に迫ります。また、それらを用いた光・電子デバイス(紫外線・純青・純緑色半導体レーザーや光と励起子の連成波デバイス、電界効果トランジスタ等)の形成を行います。



### Design and creation of wide bandgap semiconductor quantum nanostructures and spatio-time-resolved spectroscopy

Research objectives of the laboratory are to design and create quantum nanostructures desirable for new functional optoelectronic devices workable in deep ultraviolet, visible, and optical communication wavelengths using planet-conscious wide bandgap semiconductors, namely (Al, In, Ga)N and (Mg, Zn)O systems. We are growing quantum structures by metalorganic vapor phase epitaxy, molecular-beam epitaxy, and unique helicon-wave-excited-plasma sputtering epitaxy methods. Ultrafast recombination dynamics of excited particles in nanostructures are studied by time-resolved spectroscopy using a femtosecond laser, and very local carrier dynamics are proved by fo-

cused pulsed electron beams using a home-made, spatio-time-resolved cathodoluminescence system equipped with a photoelectron-gun.





# 非鉄金属製錬環境科学研究部門

COLLABORATIVE RESEARCH DIVISION OF NON-FERROUS METALLURGY AND ENVIRONMENTAL SCIENCE

非鉄金属製錬環境科学研究部門は、金属資源プロセス研究センターとの密接な協力関係のもと、熱力学データの再検討を含む課題解決を目的とする研究を中心軸に据え、研究を通じた社会人、大学生・大学院生の実践的教育による人材育成、非鉄金属製錬業界との連携による産業の振興を図ります。

Division of Environmental Non-ferrous Metallurgy is aimed at cultivation of human resources by practical minded education and stimulation of non-ferrous metallurgical industry collaborating with industrial society.

## 教授(兼任) Professor (c)

福山 博之

Hiroyuki FUKUYAMA

村松 淳司

Atsushi MURAMATSU

柴田 浩幸

Hiroyuki SHIBATA

## 准教授 Associate Professor



打越 雅仁

Masahito UCHIKOSHI

高純度精製技術を活かした非鉄金属製錬法の改善と新規開発  
Novel non-ferrous metallurgy based on the technology of ultrahigh purification

## 客員教授 Visiting Professor

今村 正樹

Masaki IMAMURA

# 非鉄金属製錬環境科学研究部門

## Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science

専門分野・キーワード | 非鉄金属製錬 / 都市鉱山 / 熱力学 / 超高純度精製

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Non-ferrous Metallurgy / Urban Mines / Thermodynamics / Ultra High Purification

- 製錬・精錬技術の体系的理解に基づくプロセスの高効率化
- 低品位鉱石対応製錬技術の開発
- 非鉄金属製錬における基礎的熱力学データの検証と拡充
- 金属の超高純度精製と超高純度材料の物性
- High efficiency of pyro-and hydro-metallurgy based on systematic understanding of fundamentals
- Development of low grade ore smelting
- Verification and expansion of the basic thermodynamic parameters of non-ferrous metallurgy
- Preparation of ultrahigh purity materials and their intrinsic properties



福山 博之 教授(兼任)

Hiroyuki FUKUYAMA, Professor (C)

hiroyuki.fukuyama.b6@tohoku.ac.jp

村松 淳司 教授(兼任)

Atsushi MURAMATSU, Professor (C)

柴田 浩幸 教授(兼任)

Hiroyuki SHIBATA, Professor (C)

打越 雅仁 准教授

Masahito UCHIKOSHI, Associate Professor

今村 正樹 客員教授

Masaki IMAMURA, Visiting Professor

### 非鉄製錬業の安定的発展のために

社会基盤の基である金属素材の安定供給のためには、製錬業の安定的発展が望まれます。国内製錬業は、国内資源が乏しいことに加え、近年の鉱石の劣質化や、国際的競争の激化など、難しい状況にさらされています。銅、亜鉛、鉛、アルミニウム、貴金属類などの生産に関わる非鉄金属製錬業が持続的に発展するためには、

1. 鉱石ならびに都市鉱山からの有価金属の抽出技術の先進化
2. ゼロエミッション化に繋がる環境負荷副産物を活用する機能性材料の開発
3. 未活用鉱石からの有価金属の効率的抽出技術の開発などの課題解決が必須であり、そのための人材育成も欠かせません。

本共同研究部門は、金属資源プロセス研究センターとの密接な協力関係のもと、熱力学データの再検討を含む課題

解決を目的とする研究を中心軸に据え、研究を通じた社会人、大学生・大学院生の実践的教育による人材育成、非鉄金属製錬業界との連携による産業の振興を図ります。



### For Stable Development of Non-ferrous metallurgical Industry

Stable development of the metallurgical industry is desired for steady supply of metallic materials which are the fundamentals of infrastructure for society. The metallurgical industry is exposed to severe situation. For sustainable development of the non-ferrous metallurgical industry, the following issues must be resolved.

1. Advancement of extraction technology,
2. Development of functional materials utilizing environmentally unfriendly by-products,
3. Development of efficient extractive metallurgy from unused ores,

Furthermore, cultivation of human resources involving in this field is also important.

Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science is aimed at cultivation of human resources by practical minded education and stimulation of non-ferrous metallurgical industry collaborating with industrial society.

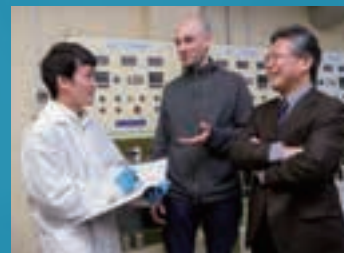


# 金属資源プロセス研究センター

CENTER FOR MINERAL PROCESSING AND METALLURGY

金属資源プロセス研究センターは、金属の選鉱・製精錬プロセスをはじめとして、廃棄物資源化プロセス、核燃料プロセス、資源循環・処理プロセス、都市鉱山プロセスなどに対して、社会基盤を支える金属の選鉱・製錬の英智を再創造し、新しい金属資源プロセスの未来を追求します。

This center will recreate the expertise of processing and metallurgy that will support social infrastructure, and pursue new metal resource processing in the future, starting with the processes of dressing and refining metals, but also including the process of recovering resources from waste, nuclear fuel processes, resources circulation and disposal processing, and urban mining processes.



## 教授 Professor

**福山 博之** Hiroyuki FUKUYAMA  
 高温反応場を用いた機能材料の創製と熱物性計測法の開発  
 High-temperature processes and measurements of materials

**加納 純也** Junya KANO  
 機能性粉体プロセスの創成とシミュレーションによる粉体プロセスの最適化  
 Development of New Functional Powder Processing and Optimum Design of Powder Processing by Numerical Simulation

**本間 格** Itaru HONMA  
 エネルギー変換デバイス・材料開発を志向した先端化学工学  
 Advanced Chemical Engineering for Energy Conversion Devices & Materials

**村松 淳司** Atsushi MURAMATSU  
 高機能性単分散ナノ粒子合成とサイズ・形態の精密制御  
 Highly functional nanoparticle synthesis with precisely controlled size and shape

**北村 信也** Shin-ya KITAMURA  
 サステナブルメタラジーに立脚した製鋼プロセスの変革  
 Innovation of Steelmaking Process based on the Sustainable Metallurgy

**佐藤 修彰** Nobuaki SATO  
 資源・エネルギー・環境を勘案した放射性レアメタルの素材プロセッシング  
 Processing of Radioactive Rare Metals based on Resources, Energy and Environment

**柴田 悦郎** Etsuro SHIBATA  
 非鉄製錬業を基盤とした金属資源循環システムの構築  
 Establishment of Metal Resources Circulation System Based on Non-ferrous Smelting Industry

**小俣 孝久** Takahisa OMATA  
 イオン交換を利用したエネルギー変換材料の創製  
 Development of inorganic energy conversion materials using ion-exchange



准教授 Associate Professor



**大塚 誠** Makoto OHTSUKA  
多機能性薄膜材料の高機能化と新規デバイスの開発  
Improvement of properties for multi-functional thinfilms and development of novel devices



**植田 滋** Shigeru UEDA  
高温物理化学  
High temperature physical chemistry



**桐島 陽** Akira KIRISHIMA  
核燃料サイクルのバックエンド化学  
およびNORMを含むレアメタル鉱石の処理  
Backend chemistry in nuclear fuel cycle and Processing of Rare Metal Source containing NORM



**シュタウス スヴェン** Sven STAUSS  
生体適合性マイクロ電池の開発とその応用  
Development and application of biocompatible microbatteries



**飯塚 淳** Atsushi IIZUKA  
鉱物・廃棄物を利用した高効率水質浄化材料の開発  
Development of high-efficiency water purification materials



**蟹江 澄志** Kiyoshi KANIE  
機能性無機ナノ粒子のサイズ・形態制御液相合成とハイブリッド材料開発への展開  
Size- and Shape-Controlled Synthesis of Functional Inorganic Nanoparticles and Application to Develop Self-Organized Hybrid Materials



**水上 雅史** Masashi MIZUKAMI  
表面力・共振ずり測定法と界面分光によるナノ界面・閉じ込め液体の研究  
Surface forces and resonance shear measurement study on nano-interface and nano-confined liquids

助教 Assistant Professor



**安達 正芳** Masayoshi ADACHI  
Ga-Al フラックスを用いた単結晶窒化アルミニウムの液相成長  
Liquid phase epitaxial growth of single crystalline AlN using Ga-Al solution



**高 旭** Xu GAO  
多分野の融合による金属製錬スラグの利用拡大  
Expansion of the utilization of metal-refining slag with the perspective of disciplines



**鄭 立春** ZHENG Lichun  
High temperature reactions of reactor core materials in gaseous environments



**杜 传明** Chuan-ming DU  
製鋼スラグからの選択浸出によるりんへの分離と回収  
Separation and recovery of P from steelmaking slag by selective leaching



**石原 真吾** Shingo ISHIHARA  
粒子法シミュレーションによる破碎のモデリングと粉体プロセス設計  
Modeling and Simulation of Particle Breakage and Design of Powder Processing



**秋山 大輔** Daisuke AKIYAMA  
福島第一原子力発電所事故により生じた燃料デブリの処理・処分研究  
Study on Fuel Debris Disposal at Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station



**小林 弘明** Hiroaki KOBAYASHI  
多電子レドックス反応を利用した二次電池正極ナノ材料の創成  
Developments of Nano-Sized Cathode Materials using Multi-Electron Redox Reactions



**中安 祐太** Yuta NAKAYASU  
超臨界流体を用いたエネルギーデバイス材料の環境調和型合成  
Environmentally friendly synthesis of energy device materials using supercritical fluids



**チュオン クワン ドク** TRUONG Quang Duc  
High energy-density advanced electrodes for next generation rechargeable batteries



**粕谷 素洋** Motohiro KASUYA  
表面力装置を基にした新規評価法の開発と閉じ込め液体の特性評価への利用  
Development of the novel methods based on surface forces apparatus for the characterization of the confined liquid.



**佃 諭志** Satoshi TSUKUDA  
高分子-金属ナノ粒子ハイブリッドナノワイヤーの形成と制御  
Formation and control of polymer-metal NPs hybrid nanowires



**鈴木 一誓** Issei SUZUKI  
新しい酸化物半導体の探索と物性の解明  
Exploration of new oxide semiconductors and analysis of their physical properties

福山研究室

# 高温材料物理化学研究分野

FUKUYAMA Lab

## High-temperature Physical Chemistry of Materials

専門分野・キーワード | 材料プロセス／化学熱力学／融体物性／結晶成長

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | materials processes／chemical thermodynamics／thermophysical properties of high-temperature melts／crystal growth

- 窒化物半導体の結晶成長と物理化学
- 超高温熱物性計測システムの開発
- 高温反応場における材料プロセス創製
- 超高温材料の熱物性計測
- 多機能性膜の高機能化と新規デバイスの開発
- Crystal growth and physical chemistry of nitride semiconductors
- Development of high-temperature thermophysical property measurement system
- Material processing using high-temperature reaction fields
- Thermophysical property measurements of ultra-high temperature materials
- Improvement of properties for multi-functional films and development of novel devices



福山 博之 教授

Hiroyuki FUKUYAMA, Professor

hiroyuki.fukuyama.b6@tohoku.ac.jp

大塚 誠 准教授

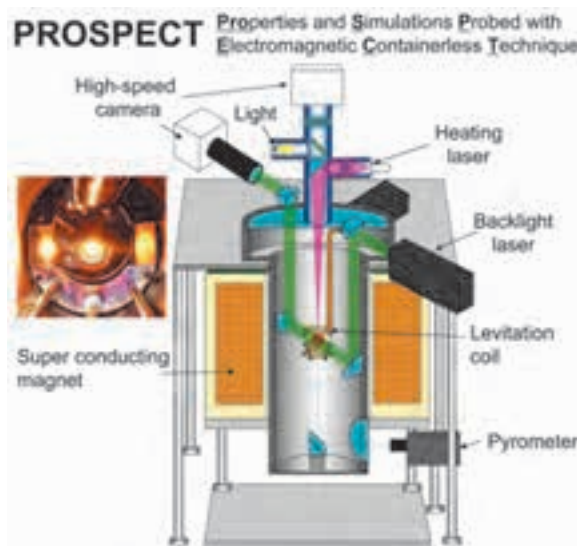
Makoto OHTSUKA, Associate Professor

安達 正芳 助教

Masayoshi ADACHI, Assistant Professor

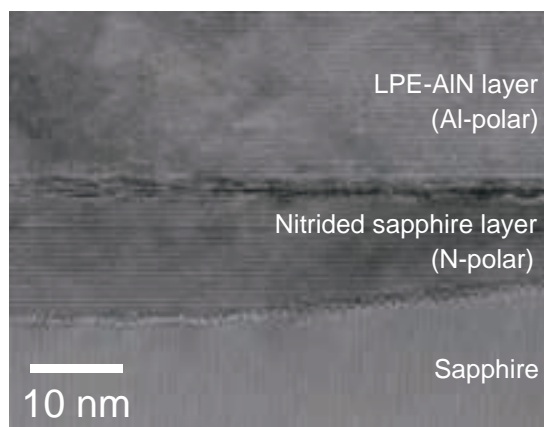
### 機能性材料プロセスと熱物性計測法の開発

当研究室では、化学熱力学と融体物性を融合させた新しい機能性材料のプロセス開発を提唱しています。例えば、窒化物半導体は、青・紫からさらに波長の短い紫外線発光素子として、環境、医療、バイオ、情報分野での応用が期待されていますが、当研究室では、窒化物半導体の素子としての性能を向上させるため、結晶成長に関する物理化学的な知見を蓄積しながら、新たな結晶成長プロセスを創製しています。また、材料プロセスにおける複雑な熱物質移動現象をシミュレーションするため、熱物性値のデータベース化を進めています。電磁浮遊装置と静磁場を組み合わせ、金属融体の静的な浮遊状態を実現し、融体の熱容量、熱伝導率、放射率、密度および表面張力を高精度に計測する超高温熱物性計測システムの開発を行っています。この技術によって、結晶成長、鑄造、溶接など様々な工学分野への応用や最近では金属積層造形(3Dプリンタ)の開発にも貢献することに加えて、未知の高温融体科学を切り拓いています。



### High-temperature processes and measurements of materials

Fukuyama laboratory studies novel material processing based on chemical thermodynamics with high-temperature thermophysical property measurements. Currently, we are developing new crystal growth processes to bring a breakthrough in nitride-semiconductor devices, which are promising materials for next-generation optical devices applied in environmental, medical, bio and information technologies fields. Database of thermophysical properties of materials is needed for modeling heat and mass transports in materials processes. The world's first thermophysical property measurement system has been developed in our laboratory, which enables accurate measurements of heat capacity, thermal conductivity, emissivity, density and surface tension of high-tempera-



窒化サファイア基板上AIN膜の高分解断面TEM像

ture melts, utilizing electromagnetic levitation in a dc magnetic field.

# 基盤素材プロセッシング研究分野

KITAMURA Lab

## Base Materials Processing

専門分野・キーワード | 製鋼／鉄鋼精錬／化学平衡／反応速度／リサイクル

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | steelmaking/ferrous metallurgy/chemical equilibrium/reaction kinetics/material recycling

- 上昇気泡によるメタルエマルジョンの生成と固体酸化物の溶融スラグへの溶解速度に関する研究に基づく高効率精錬プロセスの設計
- 硫化によるマンガン回収と浸出による燐の分離を用いた製鋼スラグからの有価金属の分離・抽出
- 介在物組成変化のシミュレーションと加熱による酸化物の組成変化に関する研究に基づくクリーンスチール製造のための鋳片品質向上
- 地震と津波で被災した水田の製鋼スラグを利用した復興
  - Design of highly efficient steel refining process through the study on the formation of metal emulsion by rising bubble and the dissolution rate of solid oxide into molten slag
  - Separation and recovery of valuable metals from steelmaking slag by the recovery of manganese using sulfidation and the separation of phosphorus using leaching
  - Quality control for clean steel production by the simulation model of inclusion composition change and the study on the change in oxide composition during heat treatment
  - Valorization of steelmaking slag for the recovery of rice fields damaged by earthquake and tsunami



北村 信也 教授

Shin-ya KITAMURA, Professor

shinya.kitamura.e7@tohoku.ac.jp

植田 滋 准教授

Shigeru UEDA, Associate Professor

高 旭 助 教

Xu GAO, Assistant Professor

鄭 立春 助 教

Lichun ZHENG, Assistant Professor

杜 传明 助 教

Chuanming DU, Assistant Professor

## 製鋼プロセスの新展開

鉄鋼に代表されるベースメタル製造プロセスは、人類社会の発展を支える基盤素材として、ゆるぎない立場にあるが、環境調和社会に向けて新たな技術変革の時を迎えています。この分野を見る時には、以下の4つの視点(スケール)を俯瞰しなければなりません、①地球から得た資源を使い、地球に優しいプロセスで抽出する[Giga Scale]、②反応装置(リアクター)の効率・性能を極限まで高める[Mega Scale]、③反応速度、材料特性を支配する物理的・化学的要因の解明[Micro Scale]、④元素の異相間移動速度の測定、微細組織制御技術[Nano Scale]。本研究分野では、鉄鋼製造プロセスにおいて高機能鉄鋼材料を作り込むコアとなる「製鋼」を対象に、資源戦略に基づく環境調和型プロセスの探索、プロセスシミュレーションモデルの開発、高温化学反応の速度論的研究、高機能鉄鋼材料を支える高純度化技術の開発等に関して、前記の4つの視点に立脚した研究を行っています。

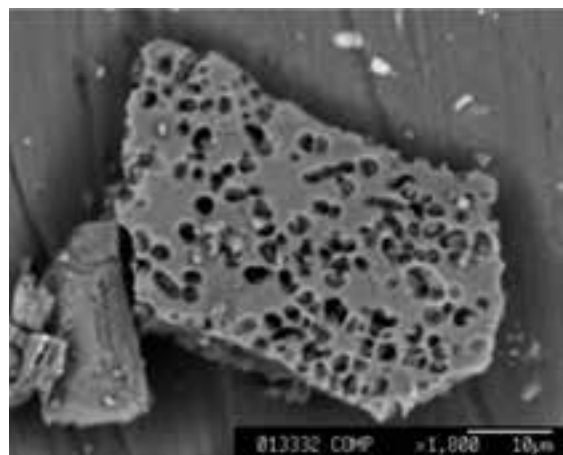


図 製鋼スラグを浸出した結果、燐を含む相が選択的に溶解した様子  
Picture of steelmaking slag after the leaching which shows that the phase containing phosphorus dissolved selectively.

## New development of steelmaking process

The steelmaking process has an extremely important role in supporting the development of an eco-friendly society and it becomes to an age of technical innovation. For the research and development of this field, we have to consider the following points on four different scales: Giga scale = Consider the global impact of the extraction process, Mega scale = Enhance the performance of reactors, Micro scale = Identify the controlling factors of the reaction rate and Nano scale = Control the mass transfer of molecules. At Kitamura laboratory, the researches based on the above four points are being carried out in the field of steelmaking, which is a core process used to produce high-quality steel.



図 津波で被災した水田に製鋼スラグを施用した結果、稲が良く実った状況  
Picture of the paddy field damaged by tsunami showing a good harvest where the steelmaking slag was used as a fertilizer.

## 加納研究室

## 機能性粉体プロセス研究分野

KANO Lab

## Powder Processing for Functional Materials

専門分野・キーワード | 粉体工学/粉砕/メカノケミカル反応/リサイクル/水素エネルギー/レアメタル/シミュレーション

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | powder technology/grinding/mechanochemical reaction/recycle/hydrogen/rare metal/simulation

- コンピュータシミュレーションによる粉体プロセスの高度化
- 機械的微粒生成プロセスのシミュレーションの創成
- 粒子・流体プロセスシミュレーションの創成
- メカノケミカル法による機能性粉体の創製と希少金属の回収
- バイオマスおよび樹脂廃棄物からの高効率水素製造プロセスの創製
- Optimum design of powder processing by computer simulation
- Development of simulation model for grinding processes of fine particles
- Development of simulation model for multiphase flow
- Synthesis of functional powder materials and recovery of rare metals by using mechanochemical method
- Development of new hydrogen generation processes from biomass and plastic waste



加納 純也 教授

Junya KANO, Professor

kano@tohoku.ac.jp

石原 真吾 助教

Shingo ISHIHARA, Assistant Professor

## 機能性粉体プロセスの創成とシミュレーションによる粉体プロセスの最適化

粉体を原料、中間製品あるいは最終製品とする高機能性材料の開発・製造がいつの時代も盛んである。その材料の特性はその化学組成だけでなく、材料中の粒子充填構造にも大きく依存し、粒子充填構造は粉体粒子の粒子径やその分布など物性・特性値に大きく左右される。したがって、原料となる粉体の生成などの粉体プロセスを精緻に制御し、所望する粒子を取得し、かつ所望する機能を発現させるために、混合や成形、充填、複合化などの粉体プロセスを自在に制御する必要がある。本研究室では、粉体プロセスを自在に精緻に制御するためのツールとしてのシミュレーション法の創成を行っている。本シミュレーションによって、粉体プロセスを最適化することにより、省エネルギー化や省資源化を図っている。また、粉体プロセスの一つである粉砕操作によって発現するメカノケミカル現象を積極的に活用し、都市鉱山からの金属リサイクルやバイオマスからの創エネルギーに関する研究を展開している。

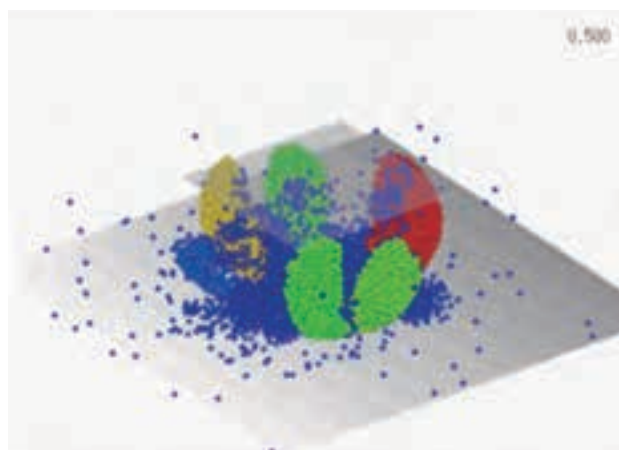


図1 ADEMによる固体粒子破壊挙動のシミュレーション

## Development of new functional powder processing and optimum design of powder processing by numerical simulation

Development and manufacture of high functional materials have been actively made, and most of those raw materials, intermediate products and final products are particulate materials. The properties of the high functional materials are greatly dependent on the particle packing structure in the materials as well as those chemical compositions. The particle packing structure is also highly dependent on the particle properties and characteristics such as particle size and its distribution of the particles, which depend on their preparation processes. Therefore, in order to obtain the function desired, first of all, the preparation process of the particles as a raw material should be elaborately controlled, and then the powder processing such as mixing, filling, forming and

composite must be controlled exquisitely. In our laboratory, we are carrying out development of computer simulation method for control of powder processing. Optimizing the powder processing by the simulation is performed for energy saving and resource saving. In addition, we are developing processes for recycling of metals from urban mines and for hydrogen energy generation from biomass and plastics by using the mechanochemical effects which are obtained in the grinding process.

佐藤(修)研究室

# エネルギー資源プロセス研究分野

SATO N. Lab

Energy Resources and Processing



佐藤 修彰 教授

Nobuaki SATO, Professor

nobuaki.sato.c8@tohoku.ac.jp

桐島 陽 准教授

Akira KIRISHIMA, Associate Professor

秋山 大輔 助教

Daisuke AKIYAMA, Assistant Professor

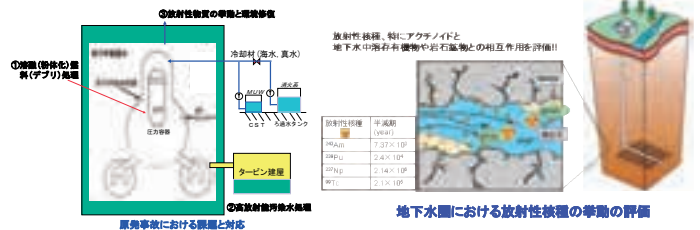
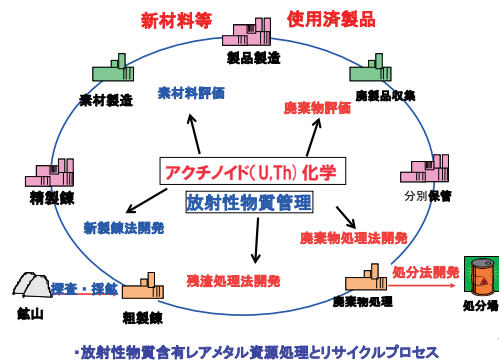
専門分野・キーワード | アクチノイド化学 / 核燃料サイクル / エネルギー資源 / レアメタルプロセッシング / 放射性廃棄物処理・処分

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | actinide chemistry / nuclear fuel cycle / energy resources / rare metal processing / radioactive waste management

- アクチノイド化合物の固体および溶液化学の研究
- 核燃料サイクルにおけるフロントおよびバックエンド化学の研究
- 原発事故に関わる環境修復および放射性廃棄物の処理・処分にに関する研究
- 排ガス等からの硫黄固定化および水素生成プロセスの開発
- 放射性物質を含むレアメタル資源のグリーンプロセス開発
- Solid state and solution chemistry of actinide elements
- Research for front and back end chemistry on nuclear fuel cycle
- Research for radioactive waste management and environmental recoverability on NPP accident
- Development of hydrogen producing desulfurization process from wastes
- Development of green process for rare metal resources coexisted with radioactive materi

## 資源・エネルギー・環境との共生を目指したプロセス化学の展開

基幹エネルギーとして原子力の利用は人類の将来を左右する重要技術である。このためウランやトリウムを含む鉱石からの核燃料製造プロセスの開発研究や燃焼後の核分裂生成物および未利用ウランなどの安全な処理・処分プロセス開発が求められている。さらに福島原発事故に関してはデブリ燃料処理や環境修復を図る必要がある。本研究室では、水溶液(湿式)系や非水(乾式)系における放射性核種の化学的挙動特性を把握し、高効率で廃棄物量の少ない核燃料のリサイクル方法や、レアメタル資源のグリーンプロセスの開発を行うとともに、福島原発事故に関わる放射性物質の挙動を評価し、安全な処理・処分プロセスの開発研究を進めている。また、廃棄物から水素等エネルギー物質を生成するようなプロセスの開発も進めている。



## Development of green rare metal chemistry for sustainable cycle

Since nuclear energy is one of the most important energy resource of our modern society, it is strongly demanded to make nuclear fuel cycle more reliable. Also recovery from the reactor damages and environment contamination by the Fukushima NPP severe accident, is urgent problem. To respond these demands, our group develops novel and unique processes for the spent nuclear fuel based on the selective sulfurization of fission products. The sulfide process has advantages of less radioactive waste volume and lower risk of the nuclear proliferation comparing with the conventional wet reprocessing processes like PU-

REX. Besides, the basic solution chemistry of actinides elements is studied to perform more reliable safety assessment of radioactive waste ground disposal.

Research for radioactive waste management and environmental recoverability on NPP accident

**[Question]**  
What happens when **seawater** contacts with **fuel debris**?  
(Consider element and its compound of Cs, Sr, and I, etc.)

**[key to solution]**  
- Understanding of **Solubilities and Chemical Speciation** of FR, MA, U and Pu in this reaction system.

本間研究室

# エネルギーデバイス化学研究分野

HONMA Lab

Chemistry of Energy Conversion Devices

専門分野・キーワード | 再生可能エネルギー／ナノテクノロジー／リチウムイオン電池／燃料電池／太陽電池

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | renewable energy／nanotechnology／lithium ion secondary battery／fuel cell／solar cell

- 高容量・高出力型リチウムイオン電池
- 大容量キャパシタ
- 太陽電池・燃料電池用の新材料・新デバイスの開発
- 超臨界流体・電気化学プロセスを用いた機能ナノマテリアルの創製
- グリーンデバイスの放射光分光分析
- High power and high energy density lithium-ion batteries
- Super capacitor
- Development of advanced nanomaterials and novel devices for solar cells and fuel cells
- Advanced device processing using supercritical fluids and electrochemistry
- Spectroscopic analysis of energy conversion devices using synchrotron radiation



本間 格 教授

Itaru HONMA, Professor

itaru.homma.e8@tohoku.ac.jp

シュタウス スヴェン 准教授

Sven STAUSS, Associate Professor

小林 弘明 助教

Hiroaki KOBAYASHI, Assistant Professor

チュロン クワン ドク 助教

Quang Duc TRUONG, Assistant Professor

中安 祐太 助教

Yuta NAKAYASU, Assistant Professor

## ナノテクノロジーを低炭素社会構築に貢献させる

本間研究室では21世紀の科学技術が取り組む最重要課題である地球持続技術・低炭素社会構築の為にナノテクノロジーを利用した再生可能エネルギー技術のフロンティア開拓を行います。新デバイス・新材料開発を中心に、二次電池、キャパシタ、太陽電池等の革新的エネルギー技術を世に発信し、地球温暖化対策のイノベーションを起こすことを目的としています。

革新的エネルギー変換デバイスを実現するために、原子層材料(グラフェン、遷移金属ダイカルゴゲナイド)、金属酸化物ナノ構造活物質、有機活物質、疑似固体電解質、超臨界流体プロセス技術、放射光分析等のナノテクノロジー基礎研究から、高容量・高出力型リチウム二次電池、大容量キャパシタ、燃料電池、化合物半導体薄膜太陽電池に資する高性能電極材料・デバイス創製の精密化学プロセスを研究しています。これらの革新的エネルギーデバイスを要素技術として低炭素化社会技術であるスマートグリッド、電気自動車や

再生可能エネルギーの基盤強化に貢献します。

**高容量 高出力な蓄電デバイス**      リチウムイオン二次電池  
マクネシウムイオン二次電池

**3次元正極の設計**

- ナノ構造活物質による3次元固体界面(電解質/電極)の形成
- 超臨界流体剥離プロセスで合成したナノシート状活物質

固体電解質とLiCoO<sub>2</sub>の3次元コンパシット正極      パルク全固体型電池模式図

**新奇材料の探索**

大容量定置型蓄電池・高性能電気自動車を実現する多価イオン電解質材料

環境低負荷な有機分子系正極材      高い安定性の金属酸化物系無極正極材      安全性の高い疑似固体電解質

透明ゲル状固体電解質

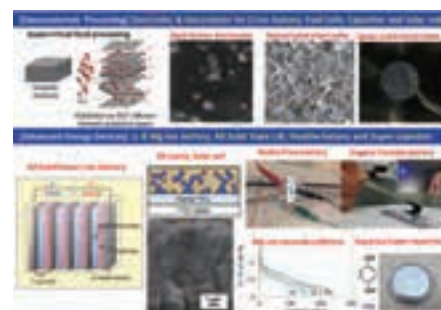
**電気化学測定による電池性能評価**

実験室の評価装置      コーン型電池セル      正極合材      電気自動車(白電)      人工衛星用バッテリー(JAXA)

現状よりも**高エネルギー密度・高パワー密度・高い安全性**を備えた新しい電池の実現へ!

## Energy technology innovations via advanced nanotechnology and nanoscience

Honma laboratory investigates frontier nanotechnology and nanoscience for innovations on advanced renewable energy technology, which contribute to a global sustainability and low emission society. The green technology would be most important issues what scientists challenge for global sustainability in the 21st century. Particularly, we focus on studies in fine chemistry of advanced energy devices employing advanced nanotechnologies; 1. monoatomic-layered materials, 2. Nanocrystalline electrode materials, 3. organic nanomaterials, 4. high ion conductive solid state electrolyte, 5. nanoporous/mesoporous materials 6. supercritical fluid processing, 7. spectroscopy analysis using synchrotron radiation.



In depth studies on these advanced functional materials and characterization techniques may result in innovations of lithium ion secondary batteries with high energy & high power density, low cost fuel cell for future smart grids, and compound semiconductor solar cells achieving both high conversion efficiency and environmental friendly.

# 金属資源循環システム研究分野

SHIBATA E. Lab

## Metallurgy and Recycling System for Metal Resources Circulation

専門分野・キーワード | 非鉄金属製錬 / 金属資源循環 / リサイクル / 廃棄物処理

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Non-ferrous Metallurgy / Metal Resources Circulation / Recycling / Waste Treatment

- 海底鉱物資源の乾式製錬プロセスの開発
  - スコロダイト合成によるヒ素の安定固定化技術の開発
  - ヒ素含有鉱物分離のための新規浮選剤のスクリーニング
  - 銅製錬における高濃度不純物対応技術に関する基礎的研究
  - その他、金属リサイクルシステムの最適化に向けた各種要素技術開発に関する基礎的研究
  - その他、金属資源循環における環境負荷元素の処理等の各種環境技術開発に関する基礎的研究
- Pyro-metallurgical process for ocean floor mineral resources
  - Synthesizing technology of scorodite particles for stabilization of arsenic
  - Screening for new flotation reagents to separate arsenic minerals
  - Fundamental study for copper smelting with high impurities
  - Development of component technologies for optimization of metal recycling system
  - Development of environmental technologies such as treatments of environmental load elements in metal resources circulation



柴田 悦郎 教授

Etsuro SHIBATA, Professor

etsuro.shibata.e3@tohoku.ac.jp

飯塚 淳 准教授

Atsushi IIZUKA, Associate Professor

### 非鉄製錬業を基盤とした金属資源循環システムの構築

非鉄製錬業は資源循環型社会を実現する上では必要不可欠の産業であり、金属資源循環の中心を担うことで、成長産業へ転換する可能性を持っている。また、今後人口増加と相まって、電気・電子機器の利用が加速度的に増加することが予想される。金属資源を継続的に確保していくためには、様々な製品に使用されている金属を循環利用していく必要がある。

本研究分野では、非鉄製錬業を基盤とした金属資源循環システムの構築に向けた研究活動を行っている。鉱物処理も含めた非鉄製錬学問分野全体に渡る横断的かつ従来の枠組みを超えた研究活動を行い、将来的な金属資源の高効率循環と環境保全の達成を目指している。鉱石のみならず金属元素を含有した様々な二次資源の前処理から主要製錬技術、製錬副産物の処理、環境負荷元素の安定化など金属資源循環に向けた研究・技術開発

に関して、課題解決型研究や新規プロセス技術開発など、包括的に取り組んでいる。

#### 非鉄製錬業を基盤とした金属資源循環システムの構築

様々な金属含有資源（鉱石、E-scrap、など）  
原料の前処理、主要製錬技術、製錬副産物の処理、環境負荷元素の安定化など  
**非鉄製錬学問分野全体に渡る横断的かつ従来の枠組みを超えた研究活動**

##### 物理選別技術

- ・破碎/摩砕
- ・浮選
- ・比重選別
- ・磁選
- ・静電/渦電流選別
- ・自動ソーティング など

##### 乾式製錬技術

- ・焙焼/乾留
- ・熔融製錬
- ・揮発製錬
- ・排ガス/ダスト処理
- ・熔融塩電解 など

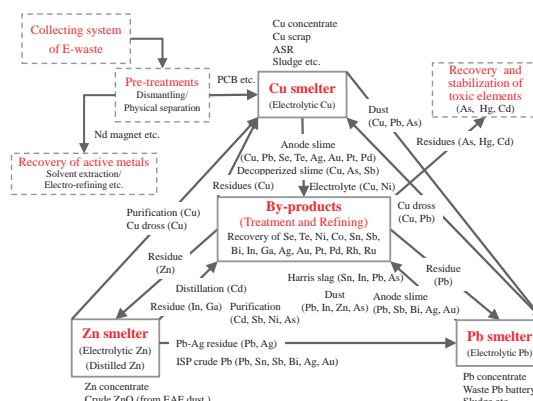
##### 湿式/電解製精錬技術

- ・浸出
- ・化合物析出
- ・不純物除去（浄液）
- ・溶媒抽出（イオン交換樹脂）
- ・電解精製/採取 など

金属資源循環システムの構築に向けた研究アプローチ

### Establishment of Metal Resources Circulation System Based on Non-ferrous Smelting Industry

Non-ferrous smelting industry is necessary for achievement of the resource circulation society. In the future, the use of various electrical and electronic devices is expected to increase with growth of population in the world. To secure metal resources continuously, it is necessary to recycle metals used in waste products. The main research aim is to establish the metal resources circulation system based on the non-ferrous smelting industry. Research activities including non-ferrous metallurgy along with mineral processing beyond the traditional framework are intended to achieve the high efficiency circulation of metal resources and environmental conservation in the future. Researches for smelting processes for primary and secondary resources, treatments of



Linkage among copper, lead and zinc smelters to recover valuable metals from various type of resources

by-products and stabilization of environmental load elements, etc. are conducted.

# ハイブリッドナノ粒子プロセス研究分野

MURAMATSU Lab

## Hybrid Nano-particle

専門分野・キーワード | メタルドーピングゼオライト系触媒 / 有機-無機ハイブリッドナノ材料 / ハイブリッド液晶 / エネルギー触媒 / 修飾半導体ナノドット

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | metal-doped zeolite catalysts / organic-inorganic hybrid nano-materials / hybrid liquid crystal / energy catalysts / promoted semiconductor nano-dots

- 有機-無機ハイブリッドナノ粒子の合成
- シングルナノサイズ金属粒子の合成と機能性材料への応用
- 部分硫化による可視光応答性光触媒材料の開発
- 液相還元法による新規触媒材料
- Preparation of organic-inorganic hybrid nano-particles
- Development of nano-sized metallic particle and application to functional materials
- Partial sulfurization of metal oxides for visible light-active photocatalysts
- Synthesis of multi-layered films by laser ablation
- Fabrication of new structures of nano-porous materials



村松 淳司 教授  
Atsushi MURAMATSU, Professor  
atsushi.muramatsu.d8@tohoku.ac.jp

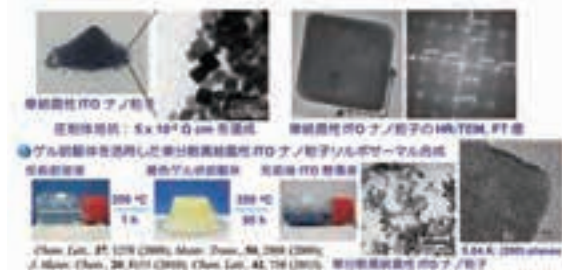
蟹江 澄志 准教授  
Kiyoshi KANIE, Associate Professor

水上 雅史 准教授  
Masashi MIZUKAMI, Associate Professor

粕谷 素洋 助教  
Motohiro KASUYA, Assistant Professor

### テーラーメイドのよく定義されたナノハイブリッド材料はいかが？

有機-無機ハイブリッド材料、光応答性ベシクル、メタルドーピングゼオライト系触媒、透明導電膜ITO ナノインク、非鉛圧電素子用ニオブ酸系粒子、光触媒用チタニア、種々のペロブスカイト系酸化物、半導体ナノ粒子、非Pt系燃料電池材料、多種類にわたる合金ナノ触媒粒子など、たくさんの機能性ナノ材料を生み出しています。それらはいずれも、粒子合成の根幹である、(1)核生成と粒子成長の分離、(2)粒子同士の凝集の防止、(3)粒子合成反応場制御の、3つの極めて重要な基礎理念を応用することにより生み出されています。つまり、コーヒーや牛乳が安定であったり、クリーミーなビールの泡ができるのと、形状と形態が極めて精密に制御された、単分散ナノ粒子が合成されるのは、その根本になる理論は同じです。私たちはそうした自然のコロイドを真似ながら、全く新しい、よく定義されたナノハイブリッド材料を生み出します。あなたが欲しい、テーラーメイドの、よく定義されたナノハイブリッド材料は何ですか？ 私たちが作ります。

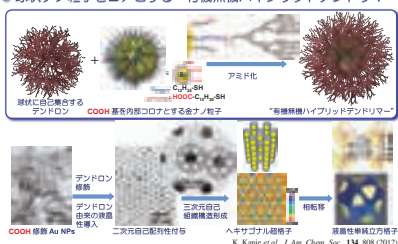


### Why don't you order us tailor-made, well-identified, nano-hybrid materials?

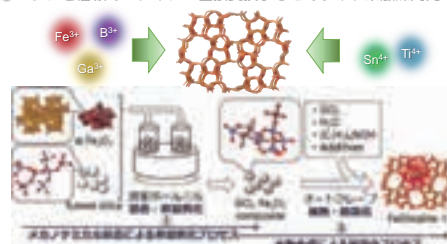
Highly functional materials, such as metal-doped zeolite catalysts, ITO nanoink for TCO, niobium-based oxide particles for lead-free piezoelectric devices, titania, perovskite metal oxides, semiconductor nanoparticles, organic-inorganic hybrid nanomaterials, fuel cell, and alloy nanoparticulate catalysts, etc. have been widely provided. Their production methods are based on the particle-synthesis principles, (1) strict separation of nucleation and particle growth, (2) perfect inhibition against aggregation, (3) precise control in particle synthesis

mode. Namely, the physico-chemical theory for the stability of coffee or milk, and the very good foams of beer, is similar to the formation of nanoparticles precisely controlled in size and shape. What kind of nanomaterials do you need? We'll make it.

● 球状ナノ粒子をコアとする“有機無機ハイブリッド dendrimer”



● メタンを低級オレフィンへ直接変換するゼオライト系触媒開発





# 原子空間制御プロセス研究分野

OMATA Lab

## Atomic Site Control in Inorganic Materials

専門分野・キーワード | 機能性無機材料 / 自然エネルギー利用デバイス / 原子空間制御 / イオンビーム

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | inorganic materials / power generation devices using natural energy / ion-exchange and intercalation / ion-beam

- 機能性無機材料の物質設計と合成プロセスの開発
- ナローギャップ酸化半導体の開発と光電素子への応用
- 中温域で動作する燃料電池の要素材料の開発
- 半導体量子ドットの溶液合成プロセスの開発
- 高エネルギーイオンビーム照射を用いた無機・有機ハイブリッドナノ構造体誘起と機能制御
- Design of inorganic materials and development of their synthesis techniques
- Development of narrow-band-gap oxide semiconductors and their application to photoelectric devices
- Development of elemental materials in intermediate temperature fuel cells
- Syntheses of colloidal semiconductor quantum dots
- Organic-inorganic nanohybrids using high energy ion beam and physico-chemical technologies



小俣 孝久 教授

Takahisa OMATA, Professor

takahisa.omata.c2@tohoku.ac.jp

佃 諭志 助教

Satoshi TSUKUDA, Assistant Professor

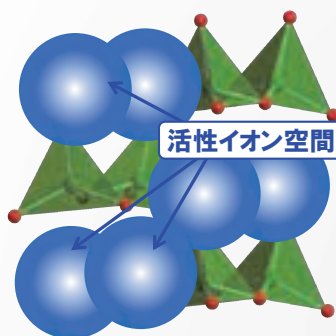
鈴木 一誓 助教

Issei SUZUKI, Assistant Professor

### 原子の占有空間をデザインし環境調和型材料・デバイスを生み出す

人類がこれまで経験してきた大きな変革は新しい材料の登場が引き金となっており、現在直面しているエネルギー、環境、資源に関わる諸課題に対しても、必ずやそれらを解決へと導く材料があるはずで、先人たちの努力により、誰もが容易に入手できる安定な物質はもはや研究しつくされており、今私たちが望んでいる新材料はダイヤモンドのように使用環境で実質的に安定な準安定物質からなるに違いありません。私たちの研究室では、そのような準安定物質を材料の新大陸と位置づけ、原子的なフレームワークをデザインした望む機能を発現する準安定無機化合物を、前駆体化合物中の可動イオンの置換や挿入により創製し、それらを環境調和型デバイス・システムへと応用すべく研究を進めています。現在は、次世代型の薄膜太陽電池、中温作動型燃料電池、

省エネ・広色域ディスプレイの中核をなす要素材料の開発とその素子化を研究しています。



#### 前駆原子空間制御化合物

##### 原子空間制御イオン

$\text{Li}^+, \text{Na}^+, \text{K}^+, \text{Cu}^+, \text{Ag}^+, \text{O}^{2-}, \text{F}^{\dots}$

イオン置換, 挿入

電気化学的置換  
溶融塩・蒸気暴露  
など

$\text{H}^+, \text{Cu}^+, \text{Ag}^+, \text{Li}^+, \text{O}^{2-}, \text{F}^{\dots}, \text{Cl}^{\dots}$

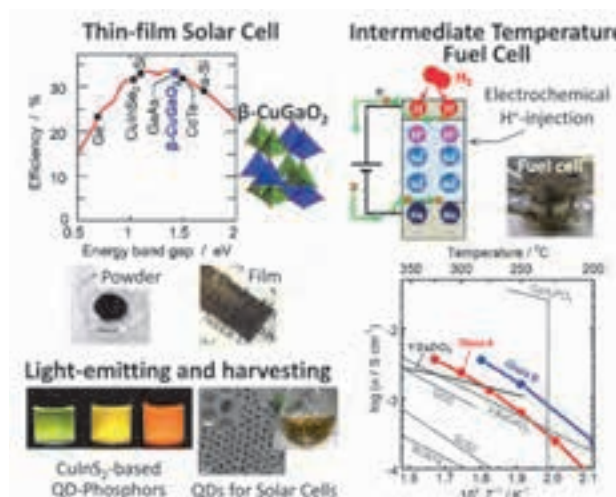
##### 機能創出イオン

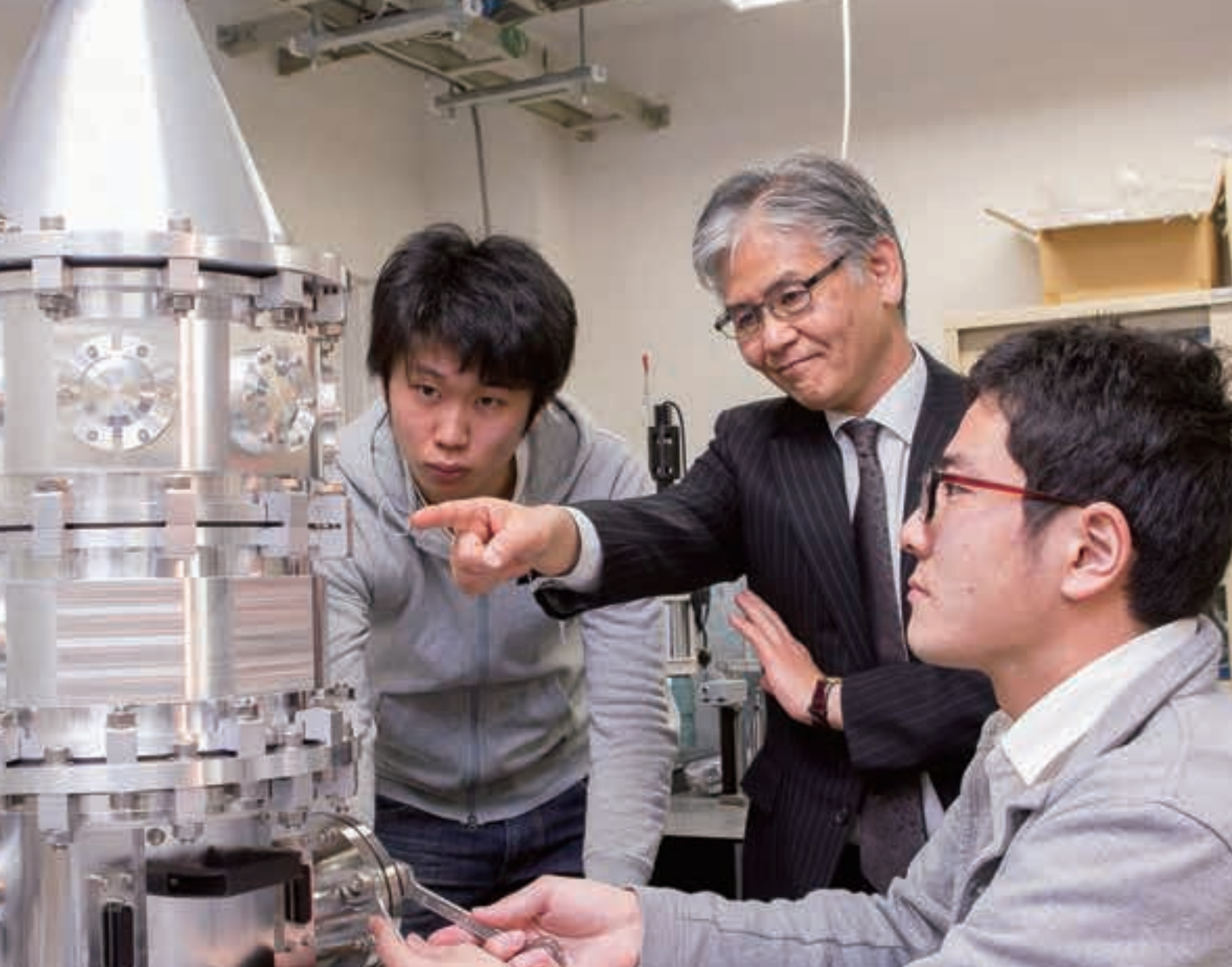
#### 革新的機能性準安定化合物

環境調和型薄膜太陽電池  
環境調和型LED  
中温作動型燃料電池など

### Creation of environmentally-conscious materials based on atomic site designing

Most innovations have been triggered by advent of new materials, and the present energy, environmental and resource issues are expected to be solved by new materials. We focus on to explore new materials and their synthesis routes using ion-exchange and ionic intercalation techniques. Proton conducting phosphate glasses working at intermediate temperatures and narrow gap oxide semiconductors applicable in visible and NIR regions have been recently developed. Simple and safe synthesis routes to cadmium-free quantum dot phosphors and colloidal indium arsenide quantum dots for solar cells were also found out. Thin-film solar cells, fuel cells and light-emitting devices using those materials are now developing.





# 先端計測開発センター

CENTER FOR ADVANCED MICROSCOPY AND SPECTROSCOPY

先端計測開発センターは、既存の装置を購入しての応用ではなく、独自の装置開発を行い、軟X線や高エネルギー電子線、さらにトンネル電子などを活用して最先端の計測技術開発を行うと同時に、開発した技術の社会への還元をすることを目標としています。この独自の装置開発を実施するため、装置メーカーの他、極めて高い技術力をもつ本研究所の技術室との連携を積極的に進めています。

This center aims for original developments of measurement methods and instruments, and return those to societies. At present, four groups of Electron Interference Measurement, Electron Crystallography & Spectroscopy, Advanced Scanning Probe Microscopy and Synchrotron Radiation Soft X-ray Microscopy are in action, under collaborations with Technical Service Section and companies.



## 教授 Professor

高田 昌樹

Masaki TAKATA

放射光による物質の電子密度レベルでの可視化構造科学の構築  
Development of Materials Structural Visualization Science via Synchrotron Radiation

進藤 大輔

Daisuke SHINDO

電子線ホログラフィーによる各種物質の電磁場解析  
Analysis of electromagnetic field in various materials by electron holography

寺内 正己

Masami TERAUCHI

電子顕微鏡を用いた構造・電子状態解析  
Electron crystallography and spectroscopy by electron microscope

米田 忠弘

Tadahiro KOMEDA

単一分子のスピン自由度を用いたデバイス開発  
Development of Devices using Single Molecule Spin Degree of Freedom

**准教授 Associate Professor****江島 丈雄**

Takeo EJIMA

軟X線相関顕微法の開発とその生物細胞観察応用  
Development of Soft X-ray Correlation Spectromicroscopy applying to Bio-cells

**佐藤 庸平**

Yohei SATO

電子ナノプローブを用いたナノマテリアルの誘電特性解析  
Analysis for dielectric properties of nano-scale materials using nm electron probe

**特任准教授 Specially Appointed Associate Professor****渡邊 真史**

Masashi WATANABE

物性物理・X線回折  
Solid State Physics, XRD

**講師 Senior Assistant Professor****赤瀬 善太郎**

Zentaro AKASE

先端透過電子顕微鏡法による  
実用材料の電磁場評価と計測技術の開発  
Development of advanced transmission electron microscopy for electromagnetic analyses of practical materials

**高岡 毅**

Tsuyoshi TAKAOKA

固体表面における分子の運動機構の解明  
Exploration of mechanism of molecular motion on solid surfaces

**塚原 規志**

Noriyuki TSUKAHARA

走査トンネル顕微鏡を用いた  
固体表面上の単一分子磁性の解明  
Single molecule magnetism on solid surfaces by STM

**助教 Assistant Professor****羽多野 忠**

Tadashi HATANO

軟X線多層膜結像ミラーの開発  
Development of soft X-ray multilayer imaging mirrors

**森川 大輔**

Daisuke MORIKAWA

電子回折を用いた結晶・磁気構造解析手法の開発とその応用  
Crystal and magnetic structure analysis using electron diffraction

**道祖尾 恭之**

Yasuyuki SAINOO

複合計測法による実空間観察に基づいた  
振動分光法の開発  
Development of vibrational spectroscopy based on real space imaging by combined measurements

**助手 Research Associate****佐藤 隆文**

Takafumi SATO

電子線ホログラフィーによる絶縁体表面での帯電現象  
及び2次電子挙動の解析  
Analysis of charging phenomena and secondary electrons behavior on the surface of insulating materials by electron holography

**客員准教授 Visiting Associate Professor****豊田 光紀**

Mitsunori TOYODA

# 放射光ナノ構造可視化研究分野

TAKATA Lab

Synchrotron Radiation Soft X-ray Microscopy

専門分野・キーワード | 放射光X線光学 / 軟X線顕微鏡 / 多層膜ミラー / ナノ・インフォグラフィック

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Synchrotron Radiation X-ray Optics / Soft X-ray Microscopy / multilayer mirror / Nano-info-graphy

- 広視野・高分解能軟X線顕微鏡の開発と応用
- 極紫外リソグラフィ・マスクの実波長観察
- 生物試料の軟X線分光顕微鏡観察
- 軟X線用高反射率多層膜ミラーの開発
- Development and application of wide-field-of-view and high-resolution soft X-ray microscope
- At-wavelength observation of extreme-ultraviolet lithography masks
- Soft X-ray spectromicroscopic observation of biological samples
- Development of high-throughput soft X-ray multilayer mirrors



高田 昌樹 教授

Masaki TAKATA, Professor

masaki.takata.a4@tohoku.ac.jp

江島 文雄 准教授

Takeo EJIMA, Associate Professor

渡邊 真史 特任准教授

Masashi WATANABE, Specially Appointed Associate Professor

羽多野 忠 助教

Tadashi HATANQ, Assistant Professor

豊田 光紀 客員准教授

Mitsunori TOYODA, Visiting Associate Professor

## 放射光 X 線によるナノ可視化技術の開発と応用

SPring-8, SACLAは、高エネルギー光科学分野での、X線可視化技術に革新をもたらし、海外では、3GeVクラスの低エミッタンス放射光施設が次々と建設され、研究の国際競争が激化している。東北放射光計画「SLiI-J」(図1)は、この先端性を取り入れた軟X線領域の応用を主要コンセプトとしてデザインされている。当研究分野は、これまで開発してきた、高性能軟X線顕微鏡や光学技術、マキシマムエントロピー法などの画像再構成の解析技術を基に、SLiI-J計画が代表する光源性能を活用し、ナノ構造を可視化する科学を構築する。そして、原子や分子の化学状態、エネルギー状態、構造などの情報を可視化するナノ・インフォグラフィックという、可視化技術の新しいマスター概念を創成する事を目標とする。研究開発の応用は、生命科

図1



ビームライン配置イメージ



施設外観イメージ

### 【基本情報】

ビームエネルギー-電流	3 GeV/400 mA
ラティス構造	Double Double-Bend Achromat
周長	354 m
セル数(直内電磁石数)	16(64)
エミッタンス	0.93nmrad

### 【光源の特長】

光源性能	低エミッタンス放射光(0.93nmrad <sup>2</sup> )
省エネ設計	消費電力 SLiI-J ~5MW *SPRING: 40MW
ビームライン	長尺アンジュレータ: 14本 短尺アンジュレータ: 12本 *上記は最大値 徐々に整備予定
運転時間	6,000時間(ユーザータイム) *SPRING: 4,058時間(2014年度)
立地・交通アクセス	立地は宮城県内を計画 国内主要都市より3時間以内 *SPRING: 東京より約5時間

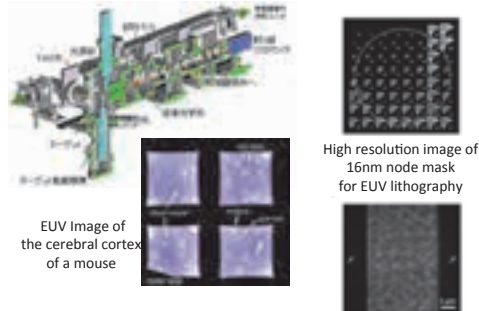
学から、物質・材料科学、デバイス科学まで広い分野にわたり、軽元素戦略など新産業創成などへの展開も期待されている。

## Development and Applications of Nano Visualization Technology based on Synchrotron Radiation X-rays

“SLiI-J” is new 3GeV synchrotron radiation facility project in Tohoku. Its ambitious low-emittance light source design (Fig.1) shall make a progress in soft X-ray imaging to investigate the nano- and bio-materials. Our lab has been striving to build a new range of the states of the art in EUV/X-ray microscopy. Our latest success is a development of the EUV microscope with diffraction-limited resolution of 30 nm. The obtained full-field images of a living tissue and next-generation lithography masks (Fig.2) are demonstrating great potential for our X-ray visualization technique combined with SLiI-J. Our final goal is to create a master concept, Nano info -Graphy, for nano visualization of three elemental information; spatial structure, energy state, and chemical state, and

to achieve innovation in the Science and Technology as well as Industry.

Fig.2 Transmission X-ray Multilayer Mirror Microscope (TXM<sup>3</sup>)  
T. Ejima, M. Toyoda, T. Hatano, M. Yanagihara & M. Yamamoto



寺内研究室

# 電子回折・分光計測研究分野

TERAUCHI Lab

## Electron -Crystallography and -Spectroscopy

専門分野・キーワード | 顕微構造物性解析 / 電子顕微鏡 / 電子エネルギー損失分光 / 軟X線発光分光 / 収束電子回折

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | nm-scale physics / electron microscopy / electron energy-loss spectroscopy / soft-X-ray emission spectroscopy / convergent-beam electron diffraction

- 機能性ナノ粒子の物性解析
- 角度分解EELSによる物性評価手法の開発
- 電子顕微鏡用SXES装置の開発と応用
- Functional analysis of nm-scale particles by TEM-EELS
- Identification of electronic excitations by angle-resolved EELS
- Development of SXES instrument for electron microscopy



寺内 正己 教授

Masami TERAUCHI, Professor

masami.terauchi.c4@tohoku.ac.jp

佐藤 庸平 准教授

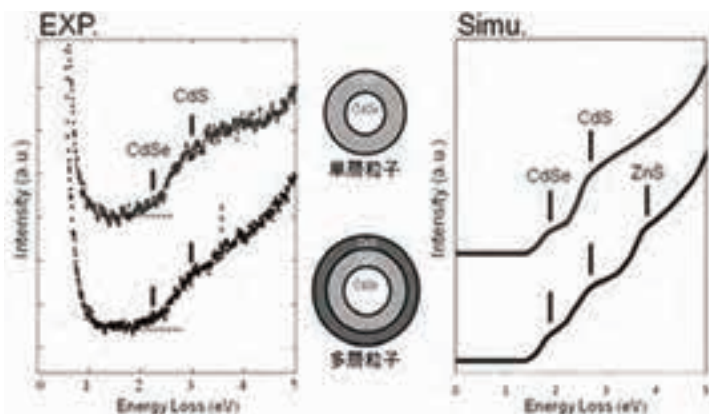
Yohei SATO, Associate Professor

森川 大輔 助教

Daisuke MORIKAWA, Assistant Professor

### 電子線を用いた局所の構造・物性解析手法の開発と応用

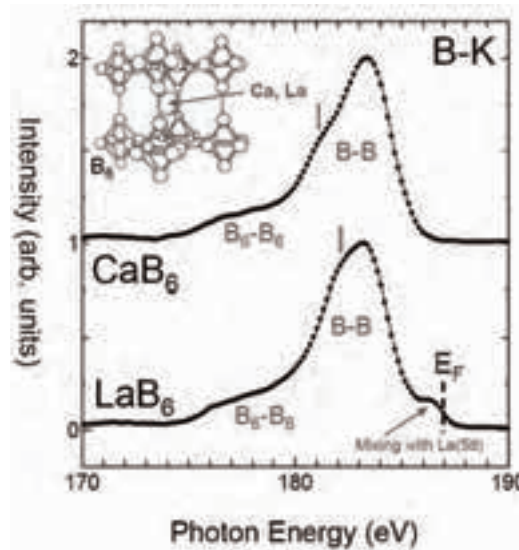
持続可能な社会の実現には、省資源・省エネルギーでコンパクトな高性能デバイスや新物質の開発が必要であり、そのためには、電子顕微鏡を基礎としたナノスケールでの構造・物性解析手法の確立とその適用が不可欠です。これまでに、我々の目標である「ナノスケール構造・物性解析システムの構築」の実現を目指し、世界初の精密構造解析用分光型電子顕微鏡および解析ソフトウェア、高エネルギー分解能EELS電子顕微鏡、世界初の価電子状態分析電子顕微鏡など、オリジナルな手法・装置の開発とその機能評価への応用を行い、物性の解明と手法の有用性を実証してきました。図は、発光エネルギーを制御する目的で開発されている多層ナノ粒子(CdSe/CdS/ZnS粒子)の解析例です。発光相であるCdSe粒子(コア相)の量子サイズ効果が、CdS(インナー層)・ZnS(アウター層)の多層殻構造に



よりどのように変調されるかを、電子顕微鏡を用いたEELS手法により粒子1粒1粒から明らかにした例である。

### Development and Applications of nm-scale Crystallography and Spectroscopies

Our lab develops accurate nanometer scale characterization methods of crystal structures by convergent-beam electron diffraction (CBED) and electronic structures by electron energy-loss spectroscopy (EELS) and soft-X-ray emission spectroscopy (SXES) for evaluating new functional materials. For performing crystal structure studies, we developed a new  $\Omega$ -filter electron microscope and a refinement soft-ware, which can perform not only atom positions but also electrostatic potential and charge distributions. For electronic structure studies, a high-resolution EELS microscope and SXES instruments were developed. Figure shows boron K-emission spectra of metal hexa-borides obtained by using a developed SXES instrument attached to a transmission electron microscope.



先端計測開発センター  
CENTER FOR ADVANCED MICROSCOPY AND SPECTROSCOPY

# 電子線干渉計測研究分野

SHINDO Lab

## Electron Interference Measurement

専門分野・キーワード | 電子線ホログラフィー／透過電子顕微鏡法／微細構造／伝導性／電磁場

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | electron holography/transmission electron microscopy/microstructure/conductivity/electromagnetic field

- 高分解能電子顕微鏡法による表面・界面での原子配列の解析
- 電磁場制御と伝導性評価のための電顕内探針操作技術の開発
- ローレンツ顕微鏡法と電子線ホログラフィーを用いた磁区構造・磁化分布の解析
- エネルギーフィルター電子顕微鏡を用いたその場観察による相変態機構の解明
- 複数探針を活用した電子線ホログラフィーによる電池材料の電場解析
- Analysis of atomic arrangements at surfaces and interfaces by high-resolution electron microscopy
- Image processing of digitized electron microscope images on atomic scale
- Analysis of magnetic domain structure and magnetization distribution by electron holography
- Study of phase transformations by in situ observations with an energy-filtered transmission electron microscope
- Electric field analysis of electric battery materials by electron holography utilizing plural microprobes.



進藤 大輔 教授

Daisuke SHINDO, Professor

daisuke.shindo.b1@tohoku.ac.jp

赤瀬善太郎 講師

Zentaro AKASE, Senior Assistant Professor

佐藤 隆文 助手

Takafumi SATO, Reseach Associate

### ナノ領域での構造・伝導性・電磁場の多元解析

電子の波動性に注目しその干渉効果を利用した電子線ホログラフィーは、ナノスケールで電磁場を可視化できる最先端の科学技術です。我々は電子線ホログラフィーを活用して先端材料内外の電磁場を高精度で計測する研究を行っています。対物レンズに磁気シールドを導入するなど電子顕微鏡本体の改造を行う一方、試料ホルダーにも複数の探針を導入し、ピエゾ駆動操作することにより電磁場制御を行うとともに、局所領域での伝導性評価も実施しています。汎用の電子顕微鏡法による構造・組成情報に加え、電磁場・伝導性を評価する多元的解析を展開しています。

主な研究内容は以下のとおりです。(1) 電子線ホログラフィーによるナノスケール電磁場計測の高精度化。(2) 電磁場制

御と伝導性評価のための電顕内探針操作技術の開発。(3) 電場解析による帯電現象と電子の集団運動の動的観察。(4) 先端ハード・ソフト磁性材料のナノスケール磁区構造解析。(5) 高温超電導体、強相関電子系新物質の磁束イメージング。

電子線ホログラフィーの実験配置

解析対象：  
摩擦帯電で生じたトナー粒子の帯電量



入射電子線を遮蔽するために、トナー粒子の上方にシールドを挿入。

解析結果：  
シールド外に漏れ出ている電場からトナー粒子の帯電量(-0.24 fC)を算出。



### Multidisciplinary research for structure, conductivity and electromagnetic field at nanometer scale

Electron holography, which is based on the interference of electron wave, is a powerful technique to visualize electromagnetic fields.

We are devoted to precise measurements of the electromagnetic fields in many advanced materials, both in hard and soft matters.

Special efforts are made to develop unique tools that are combined with electron holography: e.g., a magnetic-shielded pole piece dedicated to magnetic domain observations, and a special equipment to move microprobes inside the transmission electron microscope. These techniques enable simultaneous measurements of the electromagnetic fields, conductivity, structure, as well as composition at nanometer scale



In situ observations of the antiferromagnetic (AFM) to ferromagnetic (FM) phase transformation in  $\text{La}_{0.44}\text{Sr}_{0.56}\text{MnO}_3$ . The FM phase nucleates near 202 K as shown by the arrowhead in (a) and its volume increases with heating. The magnetic flux (white lines) is closed inside the FM phase at any stages of the magnetic phase separation. Arrows indicate the direction of magnetic flux.

## 走査プローブ計測技術研究分野

KOMEDA Lab

## Advanced Scanning Probe Microscopy

専門分野・キーワード | 走査プローブ顕微鏡/量子コンピュータ/スピントロニクス/ESR-STM

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | scanning tunneling microscope/quantum computing/spintronics/ESR-STM

- 走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いた分子観察・計測
- トンネル分光を用いた分子振動・スピン計測などのナノスケール化学分析
- 微細加工素子と分子素子の融合に向けた界面計測・制御
- スピントロニクス・量子コンピュータの基礎となるスピンの制御
- 環境触媒の基礎解明に向けた表面・分子相互作用の研究
- Observation and chemical characterization of single molecule using scanning tunneling microscope (STM)
- Chemical analysis using molecule vibration and spin detection with an atomic resolution
- Interface engineering to combine Si technology and molecule electronics
- Spin control for molecule spintronics and quantum computing
- Molecule-surface interaction dynamics for environmental catalysis research



米田 忠弘 教授

Tadaihiro KOMEDA, Professor

tadaihiro.komeda.a1@tohoku.ac.jp

高岡 毅 講師

Tsuyoshi TAKAOKA, Senior Assistant Professor

塚原 規志 講師

Noriyuki TSUKAHARA, Senior Assistant Professor

道祖尾恭之 助教

Yasuyuki SAINOO, Assistant Professor

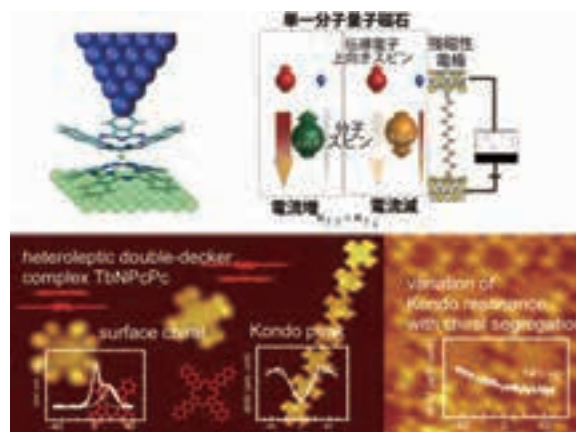
## スピントロニクスへ向けた単一スピンの検出と操作

本研究室では、走査型プローブ顕微鏡を中心とした装置開発を通じて、ナノ領域科学の基本となる計測技術や原子分子制御技術を開拓し、分子の特徴を生かした素子開発を行なおうとします。特に近年、量子コンピュータやスピントロニクスへの応用から単一スピン検出が求められており、我々は単一スピンの検出手法の開発と、分子の特徴を生かした用いた分子スピントロニクス素子の開発を進めています。

単一スピン検出手法として、孤立スピンと伝導電子が形成する近藤状態を測定する方法を用いて、単一分子磁石のスピンを検知しました。この近藤状態は金属イオンではなく、有機リガンドから生じていることを示し、それを利用して分子をSTM探針で回転させることでスピンのオン・オフが可能なることを示しました。

また局在したスピンの磁場中で歳差運動を行うことを利用し、その周期に同期したトンネル電流の変化を周波数分解することでスピン

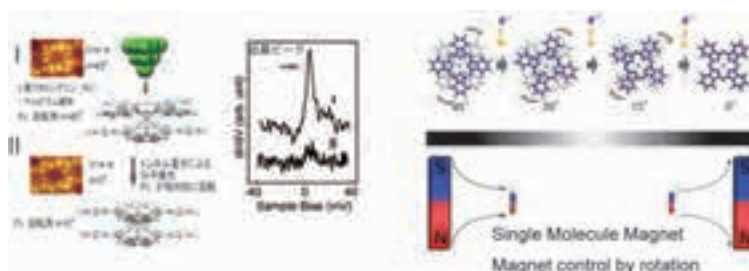
を検知する手法、ESR-STMを開発し、シリコン酸化膜中のスピンの検出に成功しています。

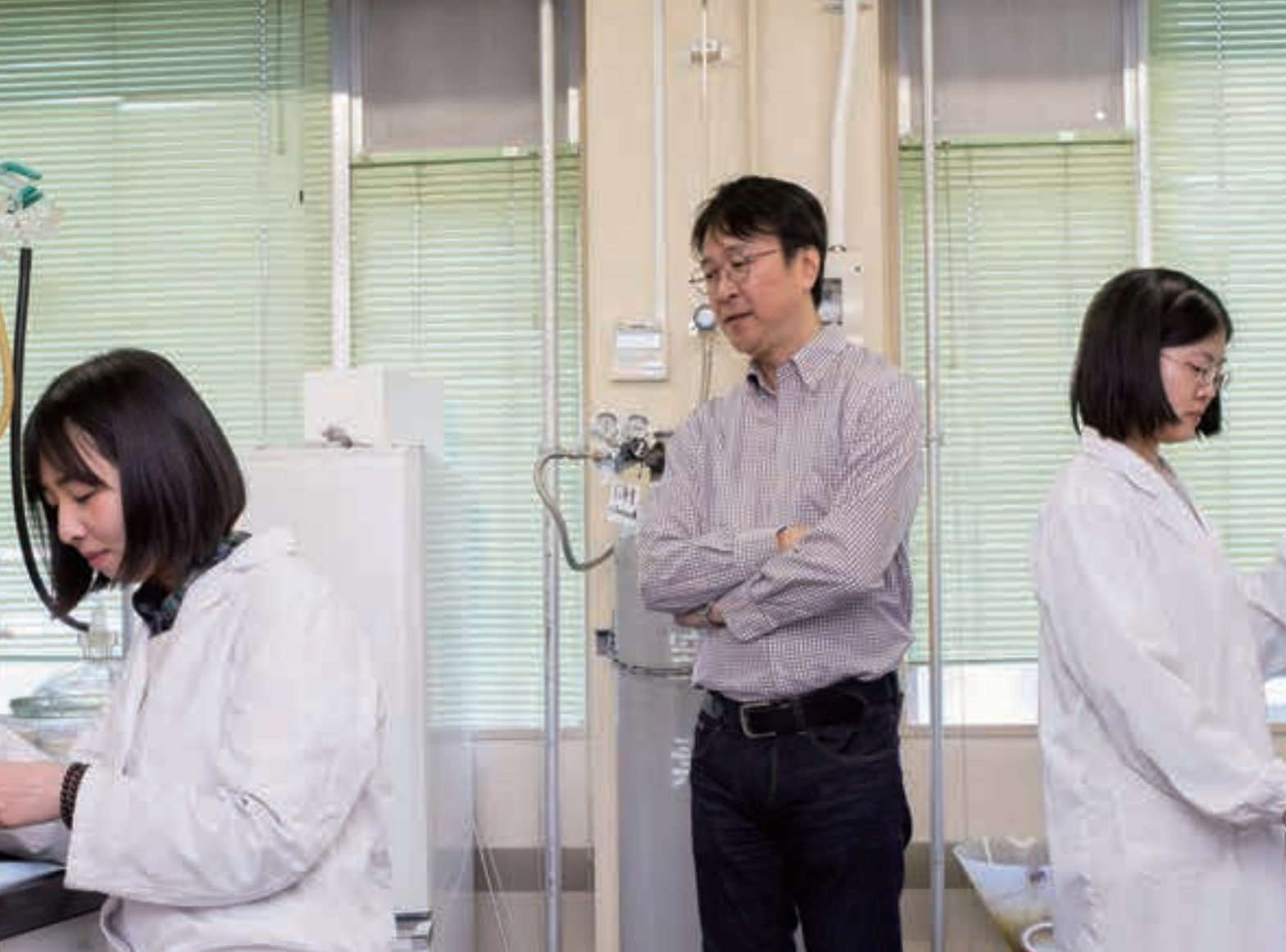


## Single spin detection and manipulation for molecule-spintronics

The detection of a single spin is demanded for variety of applications, e.g., for reading and manipulation of isolated spins for spintronics and quantum computation. We are developing instrumentation of the detection of a single spin using scanning tunneling microscope (STM). Especially, a method that detects the Larmor precession by monitoring a variation of tunneling current, called ESR-STM, has a large advantage due to its compatibility with solid devices and atom-scale spatial resolution. We successfully developed ESR-STM instrument which can detect the single spin in SiO layers. In addition, for the realization of the molecular-spintronics, single molecule magnet (SMM)

is one of the most promising material. We investigated the spin of SMM by detecting Kondo states. We found that the Kondo peak intensity shows a clear variation with the conformational change of the molecule; namely the azimuthal rotational angle of the Pc planes.





# 高分子・ハイブリッド材料研究センター

POLYMER·HYBRID MATERIALS RESEARCH CENTER

当研究センターは、「高分子・ハイブリッド系関連のエレクトロニクス分野、フォトニクス分野、エネルギー分野、情報分野、及びナノテクノロジー分野に供する新規機能性高分子・ハイブリッド系材料創製の学理と応用研究を行うことを目的」として発足し、特徴のある6研究分野で構成され、当該研究分野の推進、産学連携、大学院生の教育、および若手研究者の育成に努力しております。

The mission of PHyM Center is to promote Polymer and Hybrid Material Science & Technology applicable to next generation electronics, photonics, energy devices, informatics, and nanotechnology. This Center is organized by 6 active laboratories, aiming to promotion of the fields, the collaboration research and the education of graduated students for future.



## 教授 Professor

### 三ツ石 方也

Masaya MITSUISHI

高分子ハイブリッドナノ材料のボトムアップのナノデザイン  
Bottom-up Nanodesign of Hybrid Polymer Nanoassemblies

### 京谷 隆

Takashi KYOTANI

炭素ナノハイブリッド材料の精密構造制御とその応用  
Precise structural control of hybrid carbon nanomaterials and their applications

### 中川 勝

Masaru NAKAGAWA

ナノインプリント・誘導自己組織化・原子層堆積による極限ナノ造形・構造物性の探究  
Study of ultimate nano-figuration and structure-induced property by nanoimprint, directed self-assembly, and atomic layer deposition

### 及川 英俊

Hidetoshi OIKAWA

有機ハイブリッドナノ結晶の創成とフォトニクス材料への展開  
Creation of novel organic hybridized nanocrystals toward photonic device materials

### 芥川 智行

Tomoyuki AKUTAGAWA

多重機能性を有する新しい分子集合体の創製  
Fabrication of new molecular-assemblies with multi-functional properties

### 笠井 均

Hitoshi KASAI

次世代ナノ薬剤の創出  
Creation of new generation nano-drugs



准教授 Associate Professor



**西原 洋知** Hiroto NISHIHARA  
機能性ナノ空間材料の創製と応用  
Development of functional nanospace materials and their applications



**中村 貴宏** Takahiro NAKAMURA  
革新的レーザープロセッシング手法を用いた新規機能性材料の創成  
Creation of functional materials by innovative laser processing

助教 Assistant Professor



**山本 俊介** Shunsuke YAMAMOTO  
高分子ナノシートを用いた光電子機能材料の開発  
Development of optoelectronics materials based on polymer nano-sheets



**朱 慧娥** Huie ZHU  
強誘電性高分子超薄膜を用いたフレキシブルエレクトロニクス  
Ferroelectric Polymer Nanofilms for Flexible Electronics Applications



**デミルチ アリ** Ali DEMIRCI  
機能性環状シロキサンハイブリッドポリマーの開発  
Functional Cyclosiloxane Hybrid Polymer Synthesis



**小野寺 恒信** Tsunenobu ONODERA  
有機・高分子・錯体ナノ結晶を基盤とする光・電子材料の開発  
Development of optoelectronic materials based on organic/polymer/complex nanocrystals



**干川 康人** Yasuto HOSHIKAWA  
炭素ナノ複合材料を用いた機能性デバイスの開発  
Development of functional devices by using carbon nanocomposite



**オウジン モハメド** Mohammed OUZZINE  
Development of materials for sustainable energy and environmental applications



**山本 雅納** Masanori YAMAMOTO  
弾性ナノ構造材料による新型温度制御装置の開発  
Development of new refrigeration using elastic nanostructured carbon materials



**菊地 毅光** Takemitsu KIKUCHI  
ハイブリッド材料誘電特性測定における高周波分布定数回路に関する研究  
Competent high frequency distributed circuits for dielectric properties of hybrid materials



**星野 哲久** Norihisa HOSHINO  
固体内自由度を活用した多機能性金属錯体の開発  
Development of multi-functional metal complexes



**武田 貴志** Takashi TAKEDA  
電子活性を有する $\pi$ 共役系分子の合成と機能探索  
Syntheses of electronic active  $\pi$  conjugated molecules and investigation their function.



**伊東 駿也** Shunya ITO  
界面分子科学に基づいた光ナノインプリントリソグラフィによるナノ造形  
Nanofabrication by UV nanoimprint lithography based on surface molecular science



**小関 良卓** Yoshitaka KOSEKI  
薬剤ナノ粒子の創製と新規ドラッグデリバリーシステムの構築  
Creation of nano drugs toward novel drug delivery system



**ダオ ティ ゴック アン** Anh Thi Ngoc DAO  
Designing and Modification of Heterogeneous Nanoparticles for Biosensing Applications. Degradation and Stability of Highly Functional Protein Materials



**有田 稔彦** Toshihiko ARITA  
粒子共存重合法による機能化フィラーの作製と高分子材料の改良  
Functional fillers by Polymerization with Particles (PwP) for improvement of polymers

三ツ石研究室

# 高分子ハイブリッドナノ材料研究分野

MITSUISHI Lab

## Polymer Hybrid Nanomaterials

専門分野・キーワード | 高分子超薄膜 / 光電子機能 / ハイブリッドナノ材料 / 表面・界面

SPECIALIZED FIELD・KEY WORD | polymer nanosheet / optoelectronic device / hybrid nanomaterial / surface and interface

- 高分子超薄膜をテンプレートとした金属 / 半導体ナノ粒子などのナノ物質の配列集積技術開発
  - 有機・無機ハイブリッドナノ材料による光電子機能デバイスの創製
  - ナノ接着・ナノ界面の自在構築
  - 高分子材料の配向制御
  - ボトムアップ的手法による高分子ハイブリッド材料の開発
- Nanomaterials ordering with ultrathin polymer films
  - Nanoelectronics and nanophotonics
  - Soft surface and interface
  - Control of polymer orientation in soft nanostructures
  - Bottom-up design of hybrid polymer materials



三ツ石方也 教授

Masaya MITSUSHI, Professor

masaya.mitsuishi.e6@tohoku.ac.jp

山本 俊介 助教

Shunsuke YAMAMOTO, Assistant Professor

朱 慧娥 助教

Huie ZHU, Assistant Professor

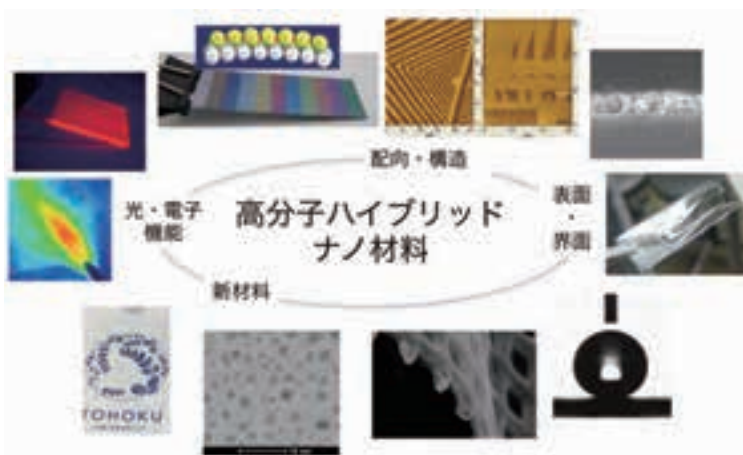
デミルチ アリ 助教

Ali DEMIRCI, Assistant Professor

## ボトムアップ型高分子ハイブリッドナノ材料の創製

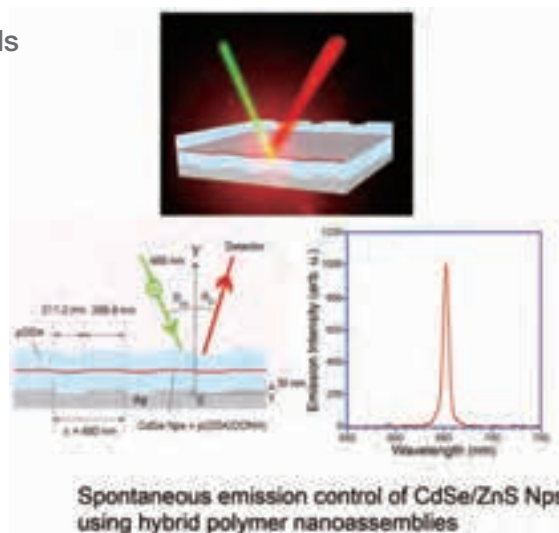
高分子、金属ナノ粒子、半導体ナノ粒子、ナノクラスターなどの多様なナノ物質を機能分担に従い、ボトムアップ的に自在集積・組織化し、合目的的に融合した新規なハイブリッドナノ材料の開発を目指している。分子極限の厚さを有する高分子ナノシートが示す自己支持性や自在集積の特徴を利用しながら、種々のナノ物質を分子系ビルディングブロックとしてナノメートルレベルで精密に組織化することで、おのおののナノ物質が示す機能を階層的にハイブリッド化した新たな光電子機能発現およびその機構の解明を目指している。表面・界面を利用することでナノメートルスケールでの高分子の配向・構造制御を可能とするボトムアップ的手法をととして、高分子ハイブリッドナノ材料による次世代ナノデバイス開発の基盤技術の構築や「ボトムアップ型ナノテクノロジー」の

発展を目指した新素材の研究開発を行っている。



## Flexible design of polymer hybrid nanomaterials

The research objective of our group involves developing well-defined hybrid assemblies organized with wide variety of nanomaterials e.g., polymer, metal/semiconductor nanoparticles, nanoclusters, and inorganic nanomaterials through bottom-up techniques. Ultrathin polymer films such as polymer nanosheets prepared by the Langmuir-Blodgett technique serve as key materials to assemble nanomaterials in a desired way, controlling the distance and the layer structure at the nanometer scale. Bottom-up design of hybrid polymer assemblies allows us to create new function (mainly related to photonics and electronics) and to elucidate the mechanism in terms of structure-property relationship. These approaches will open up new exciting opportunities for soft optoelectronic nanodevice applications.



## 有機ハイブリッドナノ結晶材料研究分野

OIKAWA Lab

## Organic and Hybridized Nanocrystals

専門分野・キーワード | 有機ナノ結晶/ハイブリッドナノ結晶/集積化ナノ構造体制御/フォトニック材料

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | organic nanocrystals / hybridized nanocrystals / directed-assembled nano-structure control / photonic materials

- 有機・高分子ナノ結晶のサイズ・形態制御と光学特性評価
- 有機—無機ハイブリッドナノ結晶の新規作製法の開発と物性評価
- ナノ結晶・粒子のカプセル化、集積化ナノ構造体制御と光機能物性
- 励起子—局在型表面プラズモン相互作用の解析
- 有機半導体薄膜のポラリトン特性/電子物性
- Fabrication of well-defined organic and polymer nanocrystals, and their optical properties
- Developments of novel fabrication processes for organic-inorganic hybridized nanocrystals, their characterization, and evaluation of physical properties
- Encapsulation of nanocrystals / nanoparticles, ordered array-controlled nanostructures on a patterned substrate and optical function
- Mutual interaction between exciton and localized surface plasmon on nano-level
- Polariton and electronic properties in organic semiconductor thin film



及川 英俊 教授

Hidetoshi OIKAWA, Professor

hidetoshi.oikawa.e8@tohoku.ac.jp

小野寺恒信 助教

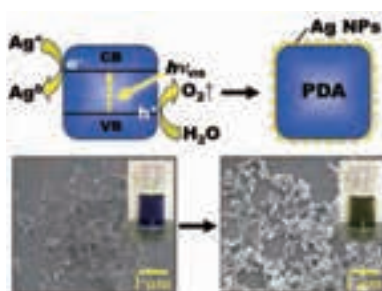
Tsunenobu ONODERA, Assistant Professor

## 有機ハイブリッドナノ結晶の創成とフォトニック材料への展開

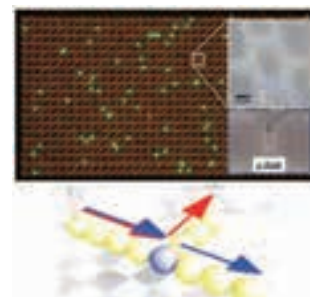
共役系有機・高分子物質と無機系物質（金属・半導体など）とのハイブリッドナノ材料には、構成物質の多様な組み合わせ、サイズ・形状、内部構造とその界面相互作用に強く依存した特異な光・電子物性や反応性、新規機能の発現が期待されます。

当研究分野では、次世代フォトニクス材料に資することを目的として、様々なタイプのコア—シェル型有機—無機ハイブリッドナノ結晶の創成とその集積化ナノ構造体制御に関する研究を推進しています。すなわち、大量作製も含めたより高度で精緻な有機ナノ結晶作製手法の開発、有機—無機ヘテロナノ界面の設計・構築、ハイブリッド化手法の開発と基礎物性解析、有機ナノ結晶およびハイブリッドナノ結晶の集積・階層化プロセスの構築と光・電子物性機能の評価を中心課題に据え、

さらには、新規ナノ構造体制御を目指した表面プラズモン励起重合反応の検証、フォトリソミック物質や電荷移動錯体のナノ結晶化、逆オパール周期構造高分子薄膜などの研究展開も図っています。



Polydiacetylene (core) - silver (shell) hybridized nanocrystals fabricated by visible-light-driven photocatalytic reduction method.



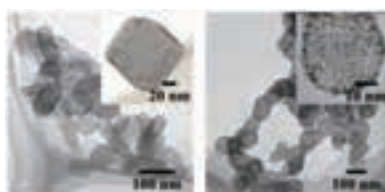
Directed-assembled structure consisted of PS microspheres on a patterned substrate, and schematic illustration of coupled-resonator-optical-waveguide and optical switch.

## Creation of novel organic-inorganic hybridized nanocrystals for next-generation photonic device materials

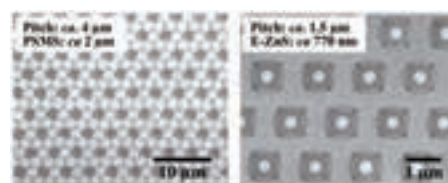
In current material science, hybridized nanomaterials are expected to exhibit the peculiar optoelectronic and photonic properties, which are strongly dependent on combination of organic and inorganic components, size and shape, inner structure, and interface interaction.

Aiming to develop photonic device materials, our research group has extensively studied on mass-production of well-defined organic nanocrystals, design of organic-inorganic hetero nano-interface and hybridization method, directed-assembled nano-structure-control, and evaluation of optoelectronic and photonic func-

tions. In addition, surface plasmon-assisted multi-photon polymerization, nanocrystallization of photochromic materials and charge-transfer complex, and polymer thin films having inverse-opal periodic structure are also now in progress.



TEM images of (left) polydiacetylene (core) - Pt (shell) hybridized nanocrystals, and (right) poly(3-octylthiophene) (core) - Pt (shell) hybridized



Directed-assembled nanostructure control produced by the tapered cell method on a patterned substrate: (left) Kagome structure of PS microspheres and (right) encapsulated ZnS nanoparticles.

# ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野

KYOTANI Lab

## Hybrid Carbon Nanomaterials

専門分野・キーワード | ナノカーボン/炭素被覆/エネルギー貯蔵/ナノバイオ工学

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | nanocarbons/carbon coating/energy storage/nanobiotechnology

- ナノカーบอนをベースとした水素貯蔵
- 炭素材料エッジサイトの高度分析と構造制御
- 単層グラフェン多孔体の合成とエネルギー貯蔵および変換への応用
- 炭素被覆メソポーラス構造体を用いた燃料電池・バイオセンサーなどへの応用
- 水分散性カーボンナノ試験管を用いたバイオ応用
- カーボン材料を利用した高性能蓄電池の開発
- Hydrogen storage based on nanocarbon materials Advanced analysis of carbon edge sites and their structure control
- Synthesis of graphene-based porous materials and their application for energy storage and conversion
- Development of highly ordered carbon-coated mesoporous materials for fuel cell and biosensor
- Use of water-dispersible carbon nano-test-tubes for biological application
- Development of high-performance rechargeable batteries by using carbon materials



京谷 隆 教授

Takashi KYOTANI, Professor

takashi.kyotani.c6@tohoku.ac.jp

西原 洋知 准教授

Hiroto NISHIHARA, Associate Professor

干川 康人 助教

Yasuto HOSHIKAWA, Assistant Professor

オウジン モハメド 助教

Mohammed OUZZINE, Assistant Professor

山本 雅納 助教

Masanori YAMAMOTO, Assistant Professor

## 均一なナノ空間を反応場としたハイブリッドナノカーボンの合成

当研究室では、材料合成の反応場をナノメートルレベルで制御することでカーボン材料をはじめとする種々の新しい無機材料とその複合体の開発を行っている。これまでに、直径と長さが均一であるカーボンナノチューブ、ゼオライトのような規則正しい細孔構造と世界最大の比表面積をもつ「ゼオライト鋳型炭素」といったユニークなナノカーボンの合成に世界に先駆けて成功しているほか、メソポーラスシリカなど無機多孔体の細孔表面をグラフェンシート数層で完璧に被覆する技術を開発するなど、ナノカーボンの分野で世界をリードした研究開発を進めている。また、これらの高度に構造が制御された無機ナノマテリアルを、電気二重層キャパシタやリチウムイオン電池、水素貯蔵剤などの分野へ応用し、高性能エネルギーデバイスとして応用展開しているほか、高感度なバイオセンサーや薬剤・遺伝子を輸送するカーボンナノカプセルなどのナノ

バイオ分野への利用も目指して研究を進めている。

### Carbon-coated mesoporous silica film

before coating  
20 mm  
20 mm  
hydrophilic

after coating  
hydrophobic

mesoporous silica (space group: *Fmm*)

Thin carbon layer comprised only 1-2 graphene sheets.

Silica

application to 3D porous electrode film

enzyme immobilization

enzymatic electrode for biosensor

## Synthesis of novel nanocarbon-materials and their nano-hybrids

We are designing and developing novel nanocarbon materials together with their hybrids by controlling the reaction nano-fields for the syntheses of these materials. One example is fully tailored carbon nanotubes with uniform diameter and length. Another noteworthy material is zeolite-templated carbon which has structure regularity like zeolite and a surprisingly large surface area up to 4000 m<sup>2</sup>/g. In addition, we have recently developed a method for a complete coating of the entire surface of mesoporous silica with graphene layers. We are trying to apply

these unique nanomaterials to electronic device, electrochemical capacitors, lithium-ion batteries, hydrogen storage, biosensors and capsules for drug and gene delivery.

1.2 nm

electrode material  
current collector  
electrolyte solution

EDLC

Electrode of zeolite-templated carbon for high-performance electric double layer capacitor (EDLC)

tubular carbon

A monolithic and binderless electrode with straight and parallel nanopores coated by conductive nanocarbon film

- Application -  
Enzymatic electrode for a biofuel cell

C-AAO film  
Redox enzyme

Carbon-coated anodic aluminum oxide (CAAO) film

## ハイブリッド材料創製研究分野

AKUTAGAWA Lab

## Hybrid Material Fabrication

専門分野・キーワード | 有機電子材料 / 分子性導体 / 分子磁性体 / 分子エレクトロニクス

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | organic electronic materials / molecular conductors / molecular magnets / molecular electronics

- 超分子ローター構造を利用した強誘電体・焦電体・熱伝導体の開発
- 電荷移動型分子集合体デバイスの開発
- 新規な分子性導体・磁性体の開発
- 有機-無機ハイブリッド型ナノ構造を用いた分子デバイスの開発
- 巨大ポリオキサメタレート化合物の材料化
- Ferroelectric, pyroelectric, and thermal conducting materials from supramolecular rotators
- Molecular-assembly devices based on charge-transfer interactions
- Novel molecular conductors and magnets
- Molecular devices based on organic-inorganic hybrid nanostructures
- Device application of gigantic polyoxometalates



芥川 智行 教授

Tomoyuki AKUTAGAWA, Professor

tomoyuki.akutagawa.b5@tohoku.ac.jp

菊地 毅光 助教

Takemitsu KIKUCHI, Assistant Professor

星野 哲久 助教

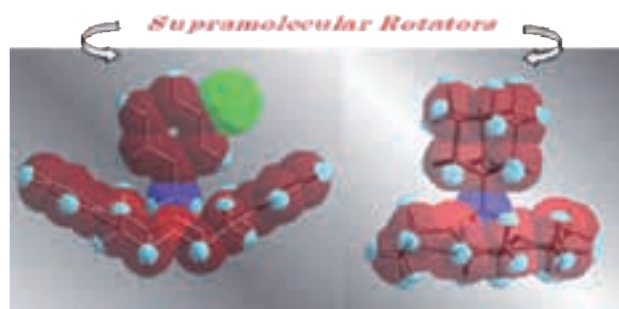
Nori-hisa HOSHINO, Assistant Professor

武田 貴志 助教

Takashi TAKEDA, Assistant Professor

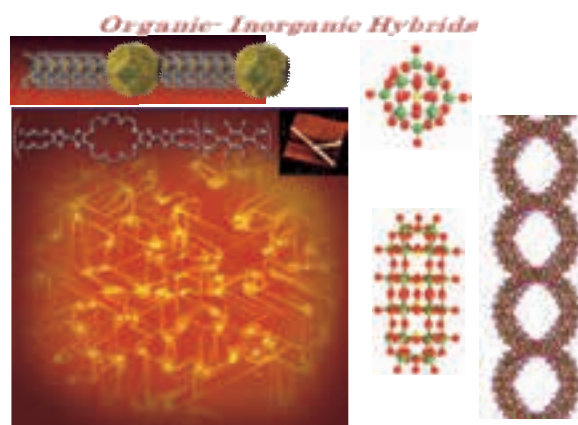
## 多重機能を有する分子性材料の創製

有機分子の設計自由度に着目した分子集合体の多重機能の構築および無機材料とのハイブリッド化を試みています。導電性・磁性・強誘電性の観点から、分子性材料の電子スピン構造を設計し、その集合状態を制御する事で、マルチファンクショナルな分子性材料の開発を行っています。例えば、分子性結晶内の分子回転に関する自由度を設計し、分子の flip-flop 運動を利用した双極子モーメントの反転が実現できます。カチオン性の超分子ローター構造の回転周波数・対称性・方向性などの精密制御から、強誘電体の転移温度・応答速度・抗電場などの諸物性が設計可能となります。また、磁性機能を有するアニオン性ユニットとの複合化により、強磁性-強誘電などのマルチファンクショナルな分子性材料の開拓を目指した研究を展開しています。単結晶・柔粘性結晶・液晶・ゲル・LB膜など多様な分子集合体を研究対象とし、将来の分子エレクトロニクスの実現に必要な基礎的な研究を試みています。



## Fabrications of multifunctional molecular materials

Multifunctional molecular-assemblies and hybrid organic-inorganic materials are examined from the viewpoint of structural freedom of organic molecules. The spin and electronic states of molecular-assemblies are designed in terms of electrical conductivity, magnetism, and ferroelectricity. For example, the designs of flip-flop motions and dipole inversions in the crystals realized the ferroelectric properties. The hybrid assemblies with the supramolecular rotators and magnetic anions formed the multifunctional ferroelectric-ferromagnetic materials. Diverse molecular assemblies from single crystal, plastic crystal, liquid crystal, gel, to Langmuir-Blodgett film are our research targets. The researches will be essential for future molecular electronics.



# 光機能材料化学研究分野

NAKAGAWA Lab

Photo-Functional Material Chemistry

専門分野・キーワード | 材料科学 / 高分子化学 / 単分子膜工学 / ナノインプリント

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Materials chemistry / macromolecular science / monolayer engineering / nanoimprinting

- 光ナノインプリント技術のレジスト材料の開発と一桁ナノ造形
- レーザー加工孔版印刷法の開発と光硬化性液体の位置選択的塗布
- 蛍光干渉縞による精密位置合わせと積層化
- 金属ナノ構造体の光学・電子デバイス応用
- Dingle-digid-nanometer figuration by development of resist materials in UV nanoimprint technology
- Laser-drilled screen printing for location-selective placement of photo-curable resin liquids
- Alignment and building by fluorescence interference fringes
- Application of metal nano-structures to optical and electronic devices



中川 勝 教授

Masaru NAKAGAWA, Professor

masaru.nakagawa.c5@tohoku.ac.jp

中村 貴宏 准教授

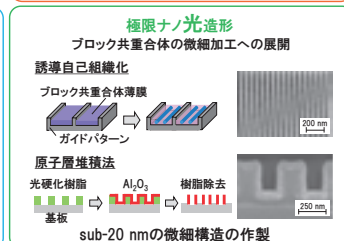
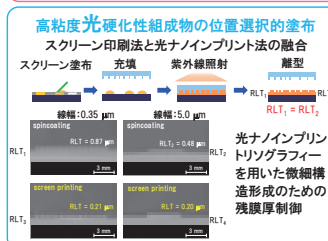
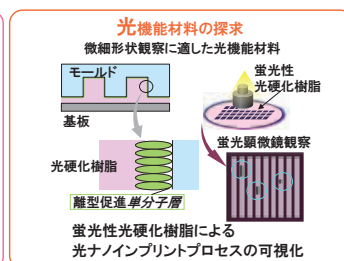
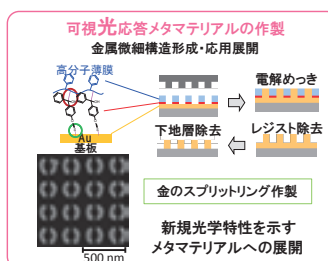
Takahiro NAKAMURA, Associate Professor

伊東 駿也 助教

Shunya ITO, Assistant Professor

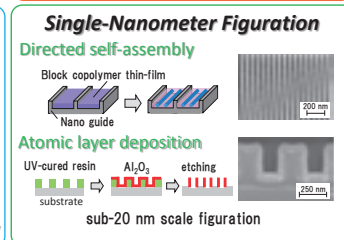
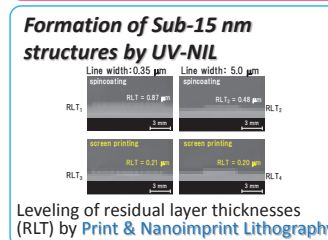
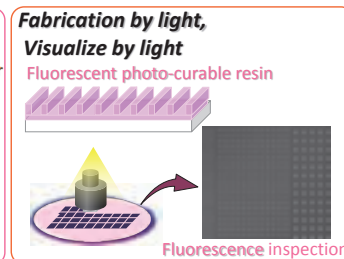
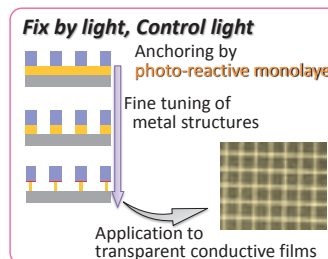
## 界面機能分子制御に基づく光機能材料の創製

微細加工技術において次世代のものづくり基盤技術として期待されているナノインプリント技術に着目している。分子レベルで考える化学的視点から、界面機能分子制御の学理を目指し、ナノインプリント技術で展開できる先進的な光機能材料の創製を行っている。金属微細構造形成・応用展開を目指した可視光応答メタマテリアルの作製、微細形状観察に適した光機能材料作製を目指したナノインプリント用蛍光性光硬化性樹脂の開発、サブ15 nm 構造造形を目指したスクリーン印刷法と光ナノインプリント法の融合による高粘度光硬化性組成物の位置選択的塗布、ブロック共重合体の微細加工への展開を目指した極限ナノ光造形に関する研究を行っている。これらの研究を通じて再生環境エネルギー材料や極限ナノ構造デバイスへの展開も進めている。



## Advanced photo-functional materials for nanoimprint

Nakagawa group has dedicated to pursue scientific principles for molecular control of interface function occurring at polymer/other material interfaces and to put them into practice in nanoimprint lithography promising as a next generation nanofabrication tool. We are developing advanced photo-functional materials such as sticking molecular layers for “fix by light”, UV-curable resins and antisticking molecular layers for “preparation by light”, fluorescent resist materials for “inspection by light”, and hybrid optical materials “available to light” and new research tools such as mechanical measurement systems to evaluate release property of UV-curable resins. Our research aims at creating new devices to control photon, electron, and magnetism.



## 有機・バイオナノ材料研究分野

KASAI Lab

## Organic- and Bio- Nanomaterials

専門分野・キーワード | ナノ薬剤/有機ナノ粒子/抗癌薬

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Nano Drugs/Organic Nanoparticles/Anti-cancer Drugs

- サイズ制御された有機ナノ粒子の作製
- 新たなデザインが施された抗癌性ナノ薬剤の創製とその薬理効果
- ナノ点眼薬の創製とその薬理効果
- バイオプロセスを巧みに活かした薬効化合物の合成
- Fabrication of size-controlled organic nanoparticles
- Creation of new-designed anti-cancer nanodrugs and their pharmacological activities
- Preparation of nano eye drops and their pharmacological activities
- Synthesis of drug compounds by using bio-process



笠井 均 教授

Hitoshi KASAI, Professor

hitoshi.kasai.a6@tohoku.ac.jp

小関 良卓 助教

Yoshitaka KOSEKI, Assistant Professor

ダオ ティ ゴック アン 助教

Anh Thi Ngoc DAO, Assistant Professor

有田 稔彦 助教

Toshihiko ARITA, Assistant Professor

## 難水溶化という従来の逆の分子設計に基づく新規ナノ薬剤の創出

従来の薬化合物の設計としては、薬理効果を有する化合物に水溶性の置換基を付けることが一般的でした。ところが、抗がん治療に用いる薬剤の場合、水溶性化合物を静脈注射投与すると、血中に移行後、腎臓から濾過されやすい上、正常組織にも拡散しやすいこと、また、100 nm以上のマイクロ薬剤の場合は、マクロファージに貪食された後、肝臓に運ばれることが知られています (Fig. 1)。

当該研究分野では、上記の課題を克服するため、抗がん活性薬化合物にコレステロール誘導体などの難水溶性置換基を化学的に連結することや2量体化などを施すという従来とは真逆の薬剤設計を遂行することに加えて、有機ナノ粒子の作製法である再沈法を駆使することにより、100 nm以下のナノプロドラッグ (Fig. 2) を作製する技術を確認しました。その結果、腫瘍組織の細胞内にまで効率的なドラッグデリバリーが可能な抗癌性ナノプロドラッグを創出できることや、本技術が点眼薬などにも幅広く応用展開できることが分かってきました。近い将来での実用化に向けて邁進中です。

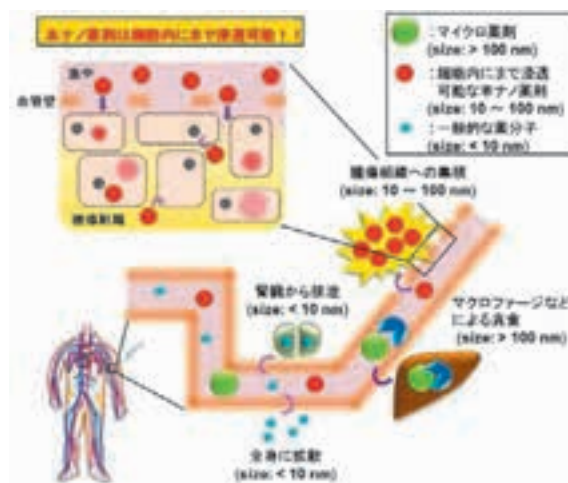


Fig. 1 ドラッグデリバリーの概要

## Fabrication of The Novel Designed Nanodrugs Composed of Poorly Water-Soluble Compounds

For the design of the conventional drug compound, it was common to add a water-soluble substituent to a compound having a pharmacological effect. However, in the case of anti-cancer drugs, it was reported that the water-soluble compounds given by using intravenous administration were easily filtered from kidney or diffused even in normal tissue. On the other hand, it is known that, when  $\mu\text{m}$ -sized drugs with more than 100 nm were administrated in the blood, they tended to be transported to the liver after macrophages were phagocytosed (Fig. 1). In our group, in order to overcome the above problems, we are designing the novel anti-cancer drugs composed in the dimer or the compounds to which the poorly water-soluble substituent such as a cholesterol derivative

are chemically linked. In addition, by utilizing our technique of reprecipitation for fabrication of organic nanoparticles, we could establish the method to obtain 100 nm or less of the nano-prodrugs (Fig. 2). As a result, we have found that our anti-cancer nano-prodrugs themselves could be delivered even within the cells of the tumor tissue, and this strategy was applicable for the other drugs such as eye drops and so on. We are aiming at practical application of this nano-prodrugs in the near future.

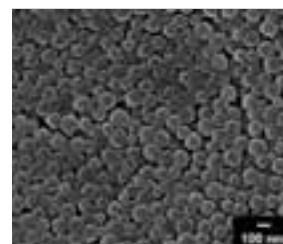


Fig. 2 100 nm以下のナノプロドラッグのSEM写真



# 新機能無機物質探索研究センター

CENTER FOR EXPLORATION OF NEW INORGANIC MATERIALS

新機能無機物質探索研究センターは、酸化物や窒化物にとどまらない多元的新規無機物質の探索及び創製を目指し、極限環境技術や、ソフト化学技術等を駆使した新規製造法の開発及び学理構築を行うとともに、それら新機能物質を用いた産業応用を進めることを目的として2012年に発足しました。金属・セラミックス分野で実績のある4研究分野で構成され、国内外での新機能無機物質探索研究の促進を目指した活動も展開します。

Center for Exploration of New Inorganic Materials (CENIM) was founded in 2012 for the purpose of discovering and creating new multidisciplinary inorganic materials. The center is organized by 4 laboratories with the activity which aims at promotion of research for exploration of new inorganic materials in and outside the country.



## 教授 Professor

山根 久典

Hisanori YAMANE

新規多元系無機化合物の合成と結晶構造解析、特性評価

Synthesis, structure analysis and characterization of new multinary inorganic compounds

殷 澍

Shu YIN

グリーンプロセスによるセラミックスの環境応答機能性創出

Creation of environmental responsive functionality of ceramics by green process

蔡 安邦

An-Pang TSAI

新準結晶と新機能を有する金属触媒の探索

Exploration of new quasicrystal and metallic catalysts with new function

垣花 真人

Masato KAKIHANA

フォトセラミックスにおける新物質探索と高機能化

Exploration of new photoceramics and improvement of their performance



## 准教授 Associate Professor



山田 高広

Takahiro YAMADA

新規金属間化合物の探索と熱電変換材料への応用  
Exploration of novel intermetallic compounds for thermoelectric materials



加藤 英樹

Hideki KATO

人工光合成を指向したエネルギー変換型光触媒の開発  
Development of photocatalysts for energy conversion aiming at artificial photosynthesis



亀岡 聡

Satoshi KAMEOKA

新奇金属・合金触媒材料の設計と調製  
Research and development of novel metallic materials for catalysis

## 助教 Assistant Professor



藤田 伸尚

Nobuhisa FUJITA

準結晶構造の幾何学模型に関する理論的研究と  
それに基づく構造安定性及び物性の解明  
Geometrical modeling of quasicrystals and structure-based studies on the stability and physical properties of quasicrystals



小林 亮

Makoto KOBAYASHI

機能性無機化合物のナノマクロ構造制御  
および新規有機無機錯体の開発  
Structure control of inorganic materials at the nano-macro level and development of organic-inorganic complexes



朝倉 裕介

Yusuke ASAKURA

液相合成を基盤とした無機物質の精密合成  
Precise synthesis of inorganic materials on the basis of liquid phase reactions



温 大尉

Dawei WEN

蛍光体  
phosphor

山根研究室

# 無機固体材料合成研究分野

YAMANE Lab

Inorganic Crystal Structural Materials Chemistry

専門分野・キーワード | 無機構造化学 / 固体材料化学 / セラミックス / 材料合成

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | inorganic structural chemistry / solid state materials chemistry / ceramics / materials synthesis

- 新規多元系無機固体物質探索と構造解析および結晶化学的研究
- 活性金属を利用した非酸化物系セラミックスの新規合成プロセスの開拓
- 多元系窒化物および酸化物蛍光体の探索
- 多元系金属間化合物を対象とした熱電材料の開拓
- Synthesis, crystal structure analysis, and characterization of new multinary inorganic compounds
- Development of thermoelectric materials based on multinary intermetallic compounds
- Development of novel synthetic routes for advanced ceramic materials using active metals
- Synthesis of nitrides, carbides and silicides using a Na flux



山根 久典 教授

Hisanori YAMANE, Professor

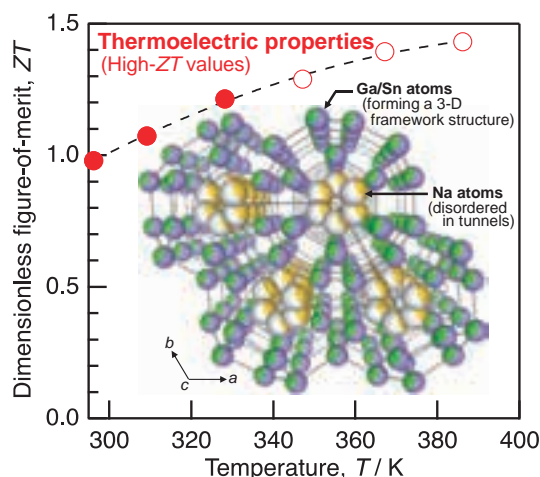
hisanori.yamane.a1@tohoku.ac.jp

山田 高広 准教授

Takahiro YAMADA, Associate Professor

## 金属融液を利用した多元系新規無機化合物の合成と結晶構造化学

多種元素の組み合わせからなる無機化合物には未開拓の物質群が数多く存在し、既知の材料にはない特性をもつ物質が潜んでいる可能性がある。当研究室では固体化学の観点から、新規多元系無機化合物の探索と、得られた物質の構造解析や特性評価を行い、それらの新しいセラミックス素材としての可能性を探求している。新規物質の発見が直ちに実用材料に結びつくことは希だが、未知の物質で有用な特性が見出される可能性があり、多元系で生成する物質の探索や生成相の関係を明らかにすることは、大学の基礎研究に託された大切な課題のひとつと考える。また、当研究室では、セラミックス素材の作製法として一般的な固相反応法に加え、金属ナトリウム(Na)などの金属融液を活性反応場とする新たな合成方法を研究し、従来法では合成が困難な条件での微粉体や単結晶、多孔体など様々な形態の無機材料合成と、新たな機能を有するセラミックス素材の開拓を目指している。

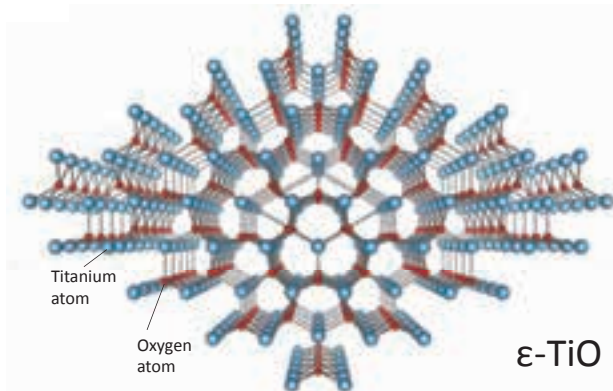


螺旋トンネル空間内に統計的に配置したNa原子を含むジントル化合物の結晶構造と高熱電エネルギー変換特性

## Synthesis and crystal structure analysis of oxides, suboxides, nitrides, and Zintl compounds

We are searching new inorganic compounds, analyzing their crystal structures and characterizing their properties. The novel methods developed for the synthesis of the new compounds are applied to the preparation of conventional ceramics and inorganic materials in order to improve their qualities and performances.

- Synthesis of oxides, suboxides, and nitrides by the solid state reaction and flux methods
- Crystal structure analysis and characterization of new inorganic compounds
- Development of thermoelectric materials based on multinary intermetallic compounds
- Development of novel synthetic routes for advanced ceramic materials using active metals



Synthesis of a new polymorph ε-TiO by using a Bi flux.

蔡研究室

# 金属機能設計研究分野

TSAI Lab

## Metallurgical Design for Material Functions

専門分野・キーワード | 準結晶/触媒/格子欠陥/価電子帯構造

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | quasicrystal/catalysis/lattice defect/valence electronic structure

- 準結晶合金の合成と準結晶分散 Mg 合金の作製
- 準結晶構造の数理的な解析
- 合金化による電子構造と触媒機能の制御
- 複合組織化による触媒機能の創出
- 金属間化合物を前駆体とした触媒作用の発現起源
- Synthesis of quasicrystals and preparation of quasicrystal reinforced Mg alloys
- Mathematical analysis for structures of quasicrystals
- Adjusting electronic structure and controlling catalytic function in terms of alloying
- Creating new catalytic function by tailoring composite structure
- Origin of activity of Raney metals prepared from intermetallic precursors



蔡 安邦 教授

An-Pang TSAI, Professor  
anpang.tsai.e3@tohoku.ac.jp

亀岡 聡 准教授

Satoshi KAMEOKA, Associate Professor

藤田 伸尚 助教

Nobuhisa FUJITA, Assistant Professor

### 準結晶の合成と構造解析および金属学に基づく触媒機能設計

準結晶合金と合金触媒を主とした基礎研究および材料開発を行っています。準結晶の研究において、新準結晶合金と単準結晶の合成、準結晶の構造解析およびその構造数理を含む基礎研究と準結晶を前駆物質とする触媒や準結晶分散による高強度 Mg 合金などの材料開発を並行して進めています。最近では、準結晶と同じ骨格構造を有する Al-Pd-Cr-Fe 近似結晶の構造を解き明かしました。

一方、合金の電子構造および微細組織の制御といった金属学的な手法による新しいタイプの触媒材料の開発も行っています。例えば、1.) 枯渇が危惧される貴金属資源の代替を目指し、価電子帯構造制御による新しい合金触媒の設計を進めており、一部の反応において CuNi 合金による Pd の触媒機能の創出に成功しています。2.) 組織制御した合金にリーチングもしくは酸化—還元を施し“自己ナノ組織化”を促すことで触媒機能の向上を図る新しい合金触媒調製プロセスの開発を行っています。

**高次近似結晶の構造**

Al-Pd-Cr-Fe合金の構造

Mackay cluster Bergman cluster  
*Acta Cryst.* (2013) **A69**, 322–340

**Au-Sn-Yb 準結晶**

5角12面体

5回対称回折パターン

### Synthesis of quasicrystals and their structure analysis, and designing catalysts in terms of metallurgy

Our research is focused on quasicrystal (QC) and designing alloys for catalysis by controlling electronic structure and microstructure. Fundamental studies on QCs range over different aspects, including search for new alloy, structure analysis and structure description by means of geometrical mathematic. In the application part, QC-reinforced high-strength Mg alloys and QC catalysts have been developed. We propose a new paradigm for designing catalysts in terms of metallurgy: 1) control of electronic structure by alloying to adjust the catalytic function, aiming at replacement for precious metals, 2) tailoring nanoarchitectures through self-organization processes generated by leaching or redox treatments for developing new processes for catalysts.

**Design of Alloy for Catalysis**

**Like Electronic Structure, Like Catalysis**

**DOS & Catalysis:**  
CuNi = Pd  
PdZn = Cu

*J. Chem. Phys.* (2013) 138, 14470

---

**Design of Microstructure for Catalysis**

**Lamella (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> + Pt) creates new catalysis**

*Catal. Lett.*, (2015) 145, 2457-2463

# 環境無機材料化学研究分野

YIN Lab

## Environmental Inorganic Materials Chemistry



殷 澍 教授

Shu YIN, Professor

yin.shu.b5@tohoku.ac.jp

朝倉 裕介 助教

Yusuke ASAKURA, Assistant Professor

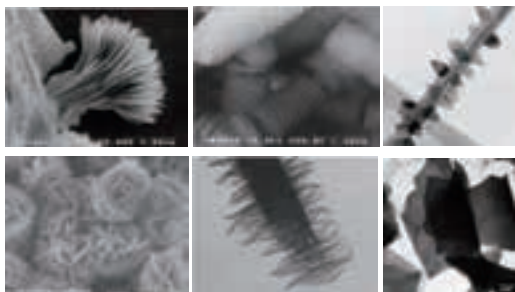
専門分野・キーワード | 複合アニオン化合物 / ソルボサーマルプロセス / セラミックスの形態制御 / 環境応答機能

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Mixed Anion Compounds / Solvothermal Process / Morphological Control of Ceramics / Environmental Responsive Functionality

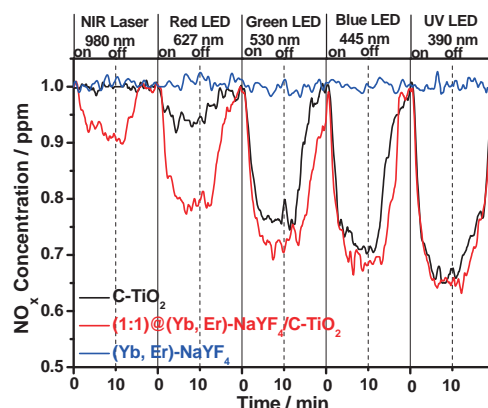
- 環境に優しいプロセスによる機能性無機材料の開発
- 複合アニオン型高感度可視光応答光触媒の合成とマルチ機能性の実現
- 無機紫外線 / 赤外線遮蔽及び透明導電性薄膜の開発
- 自動車排ガス浄化触媒の開発
- 半導体ナノ材料のガスセンサー特性評価
- 窒化物・酸窒化物のナノ構造制御と機能性開発
- Development of inorganic functional materials by environmental friendly processes
- Synthesis of mixed-anion type high sensitive visible light responsive photocatalysts and their multifunctionality
- Development of inorganic ultraviolet / infrared light shielding and transparent electric conductive thin films
- Development of automobile exhaust gas purification catalysts
- Gas sensing property characterization of semiconductor nanomaterials
- Nanostructure control and functionality development of nitrides / oxyinitrides

### ソルボサーマル反応による環境応答性無機ナノマテリアルの創製

形態制御可能な環境応答性無機ナノ材料の創製とエネルギーや環境に関連した高度機能性開発を行っている。主に環境に優しいソフトケミカル手法による材料合成を行い、特に高温水や非水溶媒を利用するソルボサーマル反応等の溶液化学反応を用い、複合アニオン化合物の合成や電子構造制御を行う。環境に優しい反応条件で環境応答性無機ナノ材料の形態・結晶化度・結晶相・粒子サイズの精密制御を行い、環境調和・エネルギーの効率利用・フトンや化学物質による環境応答等の無機機能材料の創製及び機能性高度発現に関する研究を展開している。



形態が制御された酸化物粉体材料 Oxides with various morphologies

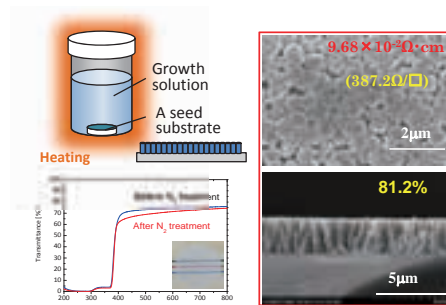


アップコンバージョン蛍光体 (UP)/C-TiO<sub>2</sub> コンポジットの紫外・可視及び赤外線照射による deNO<sub>x</sub> 光触媒活性  
UV, visible and NIR lights induced photocatalytic deNO<sub>x</sub> activity of up-conversion phosphors coupled C-TiO<sub>2</sub> composites.

### Creation of Environmental Responsive Inorganic Nanomaterials by Solvothermal Reaction

The development of environmentally responsive inorganic nanomaterials with controllable morphologies and their advanced functionalities related with energy and environment is carried out. Environmentally friendly soft chemical processes, especially solution process consisted of solvothermal reaction using water and non-aqueous solvents at elevated temperatures, are mainly used for the synthesis of mixed anion compounds and the control of their electronic structures. The precise control of morphology, crystalline phase, crystallinity and particle size of environmental responsive inorganic nanomaterials is carried out under environmental friendly conditions. The creation of environmental responsive inorganic functional materials with novel applications on environmental harmony, high-efficiency energy utilization, and responsivity related to photon and chemicals is carried out.

efficiency energy utilization, and responsivity related to photon and chemicals is carried out.



溶液プロセスによる配向性透明導電性薄膜の調製  
Preparation of oriented transparent conductive thin film by solution process

## 垣花研究室

## 無機材料創製プロセス研究分野

KAKIHANA Lab

## Design of Advanced Inorganic Materials

専門分野・キーワード | 化学プロセス/新物質開拓/機能性金属錯体のケミカルデザイン/フォトセラミックス

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | chemical process/exploration of new materials/chemical design of metal complexes/photoceramics

- フォトセラミックス開拓を目指した新物質合成
- エネルギー変換のための高効率な光触媒の構築
- 溶液法を利用した高機能フォトセラミックスの合成
- 機能性金属錯体のケミカルデザイン
- 金属錯体を利用したハイブリッド材料の創製および形態制御
- Exploration of new materials aiming at development of new photoceramics
- Construction of highly active photocatalysts aiming at energy conversion
- Synthesis of high-performance photoceramics by solution-based methods
- Chemical design of new metal complexes
- Fabrication of hybrid materials and morphology control of ceramics using metal complexes



垣花 真人 教授

Masato KAKIHANA, Professor

masato.kakihana.c1@tohoku.ac.jp

加藤 英樹 准教授

Hideki KATO, Associate Professor

小林 亮 助教

Makoto KOBAYASHI, Assistant Professor

温 大尉 助教

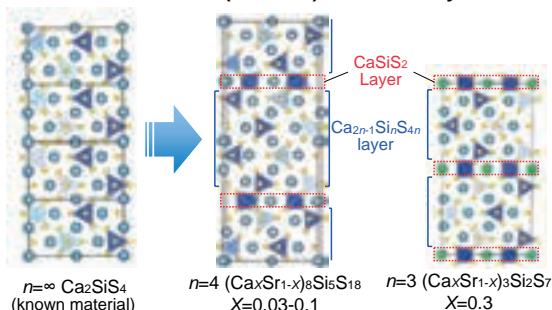
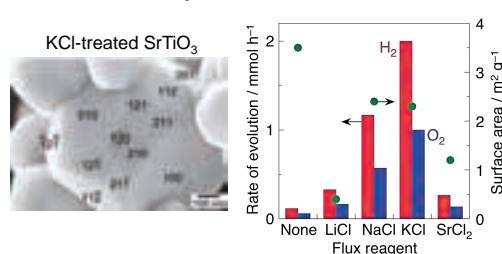
Dawei WEN, Assistant Professor

## フォトセラミックスにおける新物質探索と高機能化

当研究室では、蛍光体や光触媒など光機能性のフォトセラミックスについて新物質の開発や高機能化を行っています。これらフォトセラミックスの機能は、物質に強く依存していることから、多様な特性の蛍光体や高機能な光触媒を構築するためには新物質の開拓が重要な課題となっています。当

研究室では、酸化物、硫化物、酸窒化物、リン酸塩など多様なセラミックスを対象として、セラミックスを構成する元素の種類や組成を制御することで新しい物質の開発を目指しています。また、既知のフォ

トセラミックスについても、新機能の発現もしくは高機能化を目指して、様々な化学プロセスを利用した合成手法もしくは修飾処理の検討を行っています。さらに、酸化物多形の選択的合成や形態制御を可能にする金属錯体についてケミカルデザインの観点から開発を行っています。

New materials in  $(\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x)_2\text{Si}_{n+1}\text{S}_{4n+2}$  systemImprovement of photocatalytic activity of  $\text{SrTiO}_3$  by flux treatment

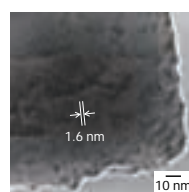
## Exploration of new photoceramics and improvement of their performance

Our research interest is focused on exploration of new photo-functional materials, which are called as "photoceramics", such as phosphors and photocatalysts. Exploration of new materials is an important assignment for construction of photoceramics with desired properties because their performance and properties strongly depend on the materials. Our research group is exploring the new materials in various material groups, such as oxide, sulfide, oxynitride, and phosphate, with concepts of control of constituent elements and composition. We are also examining improvement of performance of photoceramics using chemical processes such as the solution-based synthesis and the morphology control by fluxing and etching. In addition, we are also investigating

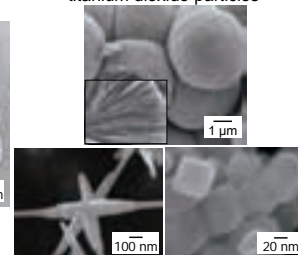
selective synthesis of oxide polymorphs and morphology control via chemical design of metal complexes.

## Development of organic-inorganic hybrid and morphological control of inorganic materials

Titanium-picolinato hybrid with lamellar structure



Morphological control of titanium dioxide particles



# 多元CAF

多元物質科学研究所 Central Analytical Facility (略称: 多元 CAF) は、電子顕微鏡や、X線分析装置、核磁気共鳴分析装置 (NMR)、レーザー分光分析装置など大型特殊装置を用いて各種材料の分析評価を支援してきた共通分析機器室と、多元ナノ材料研究センターの支援およびナノテクノロジー分野の研究推進を目的として、最新鋭の特別設備導入により設立されたナノテクニカルラボを融合し、2010年度に発足しました。多元 CAF では、幅広い材料開発の研究支援を目的に、最新鋭の分析評価機器の管理・運営を行っています。

Central Analytical Facility in Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (Designated as Tagen CAF) was established in 2010, by combining Common Analytical Facility, which supported the analysis and characterization of various materials using special equipments, such as the electron microscope, X-ray diffraction devices, nuclear magnetic resonance analyzer, laser spectroscopy devices, etc., and Nanotechnical Laboratory, which supported the researches in Hybrid Nano-Materials Research Center on nanotechnology using the latest special devices. Tagen CAF is supporting the researches on the development of various materials using advanced analytical apparatuses.

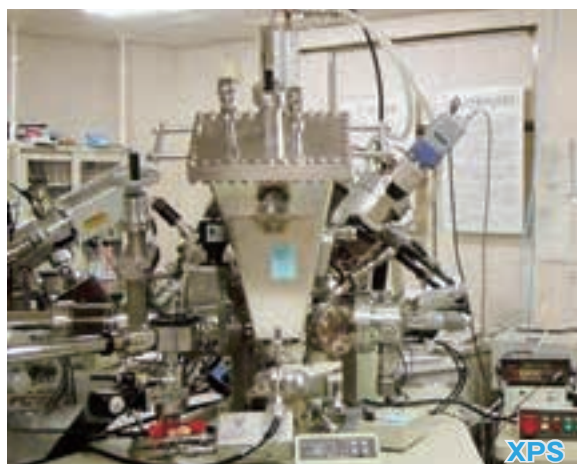
## 機 器 一 覧

### List of Apparatuses

#### A. 組成分析装置

##### Apparatuses for ultimate analyses

- 元素分析装置  
(炭素・水素・窒素分析装置・酸素分析装置、硫黄・ハロゲン分析装置)  
Elemental analyzer (C-H-N analyzer, O analyzer, S-X analyzer)
- ICP 発光分析装置  
Inductively coupled plasma emission spectrophotometer (ICP-AES)
- 微小部走査 X 線分析装置  
Electron probe micro analyzer (EPMA)
- 多機能型素材分析装置  
(X線光電子分光装置)  
Multi-functional material analyzer (X-ray photoelectron spectrometer: XPS)
- 飛行時間型二次イオン質量分析装置  
Time of Flight secondary ion mass spectrometer (TOF-SIMS)
- グロー放電質量分析装置  
Glow discharge mass spectrometer (GDMS)



#### B. 分子構造解析装置

##### Apparatuses for molecular structure analyses

- 核磁気共鳴装置  
(溶液用NMR400/500/600MHz)  
NMR 400/500/600 MHz
- ナノデバイスイオンダイナミクス計測装置  
(固体用NMR400/600MHz)  
Nano device ion dynamics analyzer (Solid-state NMR spectrometer)
- 高速緩和現象計測レーザー光源  
High-speed relaxation phenomenon measurement laser light source
- 時間・空間分解精密状態解析システム  
The time and space resolution precision state analysis system (Laser Raman)
- 超高速反応解析システム  
Super-high-speed reaction analysis system (Laser flash spectrometer)
- 電子常磁性共鳴装置  
Electron paramagnetic resonance spectrometer (EPR)



## C. 構造組織解析装置

Apparatuses for crystal structure and microstructure analyses

- 電界放射型電子顕微鏡  
Field emission type electron microscope (FE-SEM)
- 高分解能電解放出形走査電子顕微鏡  
High resolution field emission type electron microscope (High resolution FE-SEM)
- 環境制御型走査電子顕微鏡  
Environmental scanning electron microscope (E-SEM)
- ナノエリア解析システム  
Nano area analysis device
- 走査型プローブ顕微鏡  
Atomic force microscope (AFM,SNOM)
- 全自動粉末 X 線回折装置  
Automatic powder X-ray diffraction devices (XRD)
- 共通 X 線装置  
X-ray diffraction devices
  1. RINT-V
  2. RINT-H
  3. 小角散乱装置  
Small angle scattering device
  4. X'Pert
- 単結晶自動 X 線構造解析装置  
Single-crystal automatic X-rays structure analyzer
- 三次元マイクロストレス X 線実測システム  
X-ray microarea three-dimensional stress measuring system
- 蛍光 X 線分析装置  
Fluorescence X-rays analyzer (XRF)
- レーザーイオン化質量分析装置 (MALDI-TOF/MS)  
Laser desorption ionization mass spectrometer
- イオントラップ型質量分析装置 (ESI-TOF/MS)  
Ion trap mass spectrometer
- 高分解能フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR)  
High-resolution Fourier transform infrared spectrophotometer (FT-IR)
- 示差熱天秤 - 質量分析同時測定装置 (TG-DTA/GC-MS)  
Thermogravimetry-differential thermoanalysis/mass spectrometry simultaneous measurement device (TG-DTA/MASS)



## ○ 熱分析装置

Thermal analysis devices

1. 超高温示差走査熱量計  
Super high temperature differential scanning calorimeter (DSC)
2. 熱膨張計  
Thermomechanical analyzer (TMA)

## ○ 精密万能試験機

Autograph

## ○ 紫外可視分光光度計

UV-Vis spectrophotometer

## ○ レーザー回折式粒度分布測定装置

Laser diffraction particle size analyzer

## D. 基盤設備

Base facilities

- 液体窒素供給システム  
Liquid nitrogen supply system
- ヘリウムガス回収装置  
Helium gas recovery device
- ゾーン融解型単結晶育成装置  
Zone melting type single crystal growth device
- アーク溶解炉  
Arc melting furnace
- 電子線描画装置  
Electron beam drawing device



## 技 術 室

技術室は約60名のスタッフで構成し、研究者の要請に応じてさまざまな技術を学び蓄積しながら実験研究をサポートしています。研究者から要請される技術支援は多様であり、経験、技術を生かしてその要請に応えるため、個人あるいは組織としての技術力向上に努めています。

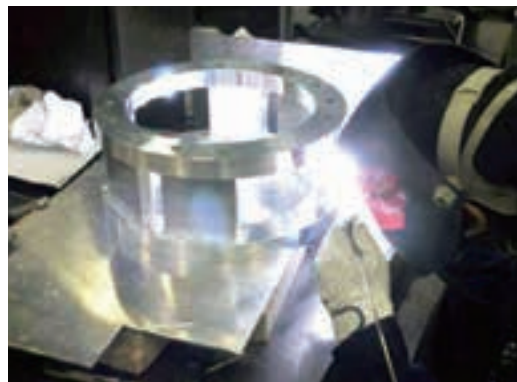
### 機械工場

機械工場では、研究者の要求に応じた実験装置の設計・試作、既存の装置の改造などを主な業務としています。二次元・三次元CADシステムやCNC工作機械を順次導入して設備の高機能化を図ると共に、熟練技術者の豊富な経験を若い技術者に伝承することで様々な要求に応えられるよう日々「装置(モノ)づくり」に取り組んでいます。

学生教育の一環としては「機械製図講習会」・「機械工作安全作業講習会」を毎年開催して技術の普及に努めています。また、社会貢献活動として見学や中学生職場体験活動の受け入れも行っています。



現在20名程の職員が在籍していますが、このように多くの職員と最新の加工設備を擁する付属工場は全国的にも類が無く、当研究所の特色のひとつになっています。



光器械加工部門では、研究者の要求に応じた精密な平面・球面・反射鏡、特殊なレンズやプリズムの製作及び結晶や特殊材料の切断研磨業務を行っています。面精度が良くかつ表面粗さが小さい熔融石英ガラス基板では表面形状をレーザー干渉計で測定しながら加工し、面精度 $\lambda/50$ ・面粗さ(WYKO社非接触表面形状測定装置TOPO2D使用)rms0.1nmを得ています。凹・凸面鏡の製作では、面粗さrms0.1~0.3nmの非常に滑らかで、焦点距離の誤差の少ないものを作り上げる技術を持っています。

今まで培ってきた技術を最大限に駆使して研究者の期待に応え、さらに新しい技術を獲得できるように日々努めています。





## ガラス工場

ガラス工場では研究者から依頼された実験装置や器具を製作しています。ほとんどの依頼品は市販形状のものでないため受注段階で研究者と十分討議し、研究の目的に最も良く合うように工夫と改良を重ねながら製作しています。

製品はパイレックス管、石英管などのガラスをハンド加工とガラス旋盤、研削機、切断機などによる加工を織り交ぜながら完成品に仕上げます。



## プロジェクト支援

約20名のスタッフが研究プロジェクトの支援に携わり、多様な技術を發揮し、研究者の構想を迅速に具体化するとともに技術の向上に努めています。スタッフは電子回路、超高真空、実験機器・装置の開発・改良、測定・制御ソフトウェア開発、結晶育成、薄片研磨、化学分析、レーザーシステム、生物・バイオ関連技術などの技術要素を持ち、1人1人はエフォートにより複数の支援を行うことで多くの支援件数に応えています。また、学生の実験指導や安全教育・管理にも携わり、研究所全体の発展に貢献しています。

### 業務の一例

全固体リチウム電池の作製と充放電測定によるデバイス性能評価

定電流充放電装置

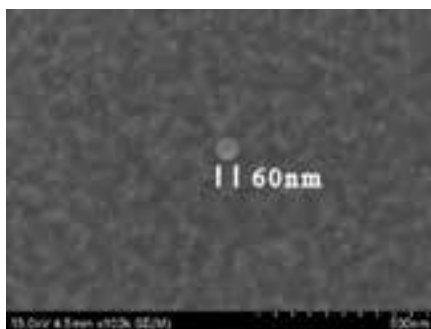


グローブボックス内で全固体リチウム電池を作製している様子

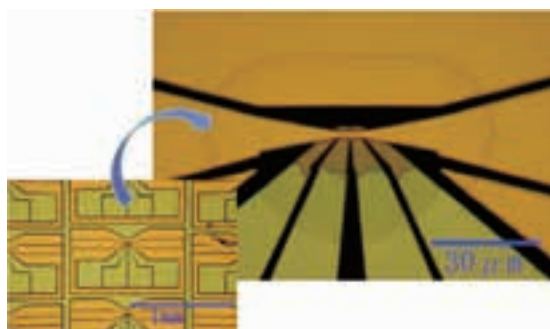


### 業務の一例

研究プロジェクトの1つである「ナノサイズ単一磁性ドットの磁気挙動の解明」の技術支援として薄膜形成技術と電子線リソグラフィを駆使した試料のナノサイズ微細加工に従事している。



磁性ドットの走査電子顕微鏡像  
ドット径は約60nm

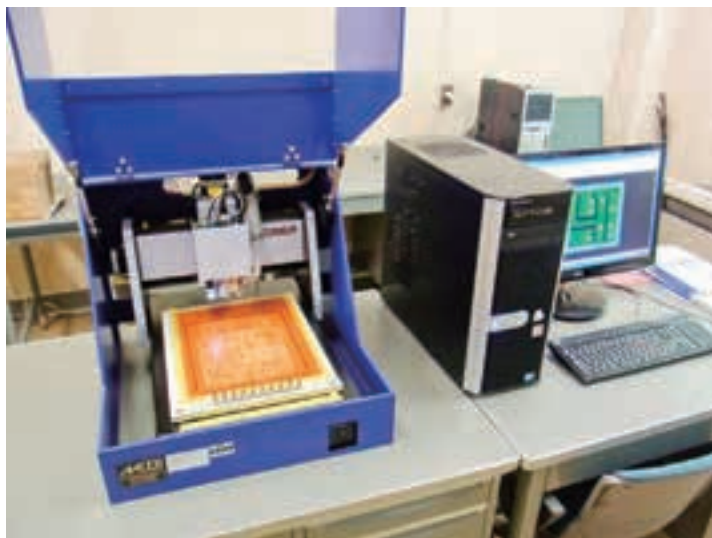


完成後の単一磁性ドットの光学顕微鏡像。磁場発生用配線の下に磁性ドットと磁気特性用電極が微細加工されている。

# 技 術 室

## Project Support

Central analytical and technical supporting group assists research with various skills concerning electronic circuit, ultra-high vacuum systems, development or improvement of experimental apparatus, creation of software for measurement or control devices, crystal growth, preparation of thin films, chemical analyses, laser systems, biotechnologies and so on. Our Staff can embody each researcher's ideas. Also staff take part in education for students, safety management and contribute to the advancement of our institute.



## Machine Shop

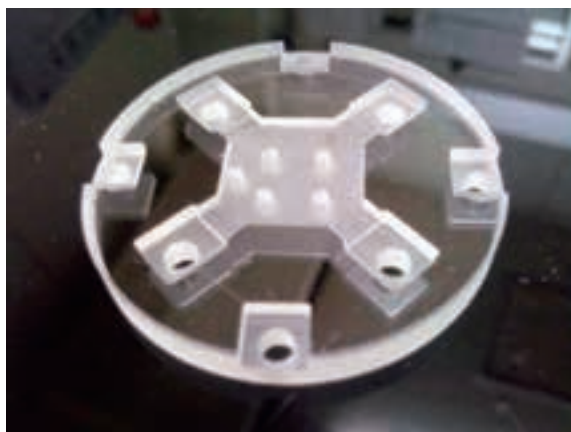
In the Machine shop, machinists prepare original experimental apparatus designed by researchers. Staff introduce advanced facilities and also make effort to hand down the highly skills to next generation. Additionally, our staff hold training courses of mechanical drawing and machine tools operation for students. The Machine shop is one of the unique characteristics of our institute.



YAG laser cutting process

## Glass shop

According to an individual order to the Glass-blowing workshop, researchers can get a variety of laboratory glassware. Staff in the workshop closely discuss with researchers and produce the best tools for their study. Products are made through complex processes with hand-craft, lathes and other machines.



The example of grinding processing of glass

## 最近の主な成果

### 平成29年度 研究成果

- **稲葉 謙次 研究室 渡部 聡 助教**  
細胞内pH変化を利用したタンパク質品質管理のメカニズム  
～pHセンシング機構の構造基盤を解明～ (2017.4.4)
- **稲葉 謙次 研究室 奥村 正樹 助教／渡部 聡 助教**  
東海大学、東北大学、大阪大学の共同研究グループ、新規人工インスリン「セレノインスリン」の化学合成と機能解明に成功  
～体内での薬効が長時間持続する新規インスリン製剤への応用に期待～ (2017.4.11)
- **稲葉 謙次 研究室**  
細胞内の不良品たんぱく質の分解メカニズムを解明  
～アルツハイマー病など神経変性疾患の成因の一端の解明が可能に～ (2017.4.28)
- **陣内 浩司 研究室**  
世界で初めてゴムとスチールコードの接着劣化を3次元で解析する技術を開発  
～タイヤの耐久性向上などに活用～ (2017.5.22)
- **上田 潔 研究室**  
分子の中の電子の流れを捉えた!  
～国際チームが超高強度X線を照射された分子の超高速応答を解明～  
The World's Most Powerful X-ray Laser Beam Creates 'Molecular Black Hole' (2017.6.1)
- **北上 修 研究室**  
新たな物理現象、逆磁気キャパシタンス(iTMC)効果を発見  
～磁石の向きにより電気の溜まり方を自在にコントロール～  
Researchers flip the script on magnetocapacitance (2017.6.2)
- **上田 潔 研究室**  
Physicists squeeze extra data from superfast x-ray probes using machine learning (2017.6.6)
- **村松 淳司 研究室 蟹江 澄志 准教授**  
“自己集積”で量子ドットの発光を自在に制御  
～太陽電池とLEDの効率向上と高輝度化に期待～ (2017.6.9)
- **京谷 隆 研究室 西原 洋知 准教授**  
カーボンの中に金属が規則配列した触媒  
A new synthesis route for alternative catalysts of noble metals  
～CO<sub>2</sub>削減や燃料電池の白金代替に期待～ (2017.7.25)
- **佐藤 卓 研究室**  
反強磁性体におけるマグノン偏光の非相反性  
～マグノン旋光性とスピントロニクス素子への応用～  
Magnon circular birefringence: polarization rotation of spin waves and its applications (2017.7.25)
- **高田 昌樹 研究室 江島 文雄 准教授**  
レーザー生成プラズマ光源の光強度増大現象を発見  
～生物細胞を観察する超解像顕微鏡の実現や次世代半導体露光機の低コスト化へ～ (2017.8.1)
- **米田 忠弘 研究室**  
ブニート・ミシュラ 研究員／岡 博文 研究員  
ナノ磁性体の磁気異方性エネルギーの局所計測に成功  
～高密度磁気記録における磁気保持性能の向上に道～ (2017.8.21)
- **高田 昌樹 研究室 渡邊 真史 准教授**  
なぜ固体中の電子はガラス化するのか？ その謎を初解明  
～自然界に現れるガラス化現象の統一的理解に期待～ (2017.9.29)

- **米田 忠弘 研究室**  
グラフェンとSiC(シリコンカーバイド)の界面に潜む低エネルギーのフォノンを世界で初めて発見 (2017.10.19)
- **鈴木 誠 名誉教授**  
筋収縮の力の起源に迫る新たな分子間力を提示 (2017.11.7)
- **鈴木 茂 研究室**  
ガラス材料による全固体型潜熱蓄熱材料の創製に成功  
～生産性・耐久性に優れた熱マネジメントの要素技術開発に向けて～ (2018.2.7)
- **本間 格 研究室**  
燃えにくい新規電解質を用いた 高安全ナリチウムイオン二次電池の試作に成功  
～容量100Whのラミネート型電池で基本性能を確認し、釘刺し試験において不燃を実証～ (2018.2.16)

### 平成29年度 表彰・受賞

- **陣内 浩司 教授**  
・高分子学会賞 (5月)
- **山本 俊介 助教**  
・9th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE9), Best Poster Award (M&BE9) (6月)
- **秩父 重英 教授**  
・応用物理学会フェロー表彰 第11回(2017年度) (9月)
- **川西 咲子 助教**  
・日本金属学会 奨励賞(9月)
- **小嶋 隆幸 助教**  
・日本金属学会奨励賞, 日本金属学会若手講演論文賞(9月)
- **蔡 安邦 教授**  
・日本金属学会村上記念賞(9月)
- **和田 健彦 教授**  
・第66回高分子討論会, 高分子学会広報委員会パブリシティ賞(9月)
- **小俣 孝久 教授**  
・アメリカセラミックス協会 The 2017 Richard and Patricia Spriggs Phase Equilibria Award (10月)
- **京谷 隆 教授**  
・The 6th Carbon Outstanding Contribution Award of China(10月)
- **西本 一恵 助教**  
・第12回(2018年)日本物理学会若手奨励賞(受賞決定) (10月)
- **進藤 大輔 教授**  
・韓国顕微鏡学会フェローシップ賞 (11月)
- **京谷 隆 教授**  
・Utz-Helmuth Felcht Award 2017 (11月)
- **安達 正芳 助教**  
・平成29年度トーキン科学技術振興財団トーキン財団奨励賞(3月)
- **蔡 安邦 教授**  
・日本金属学会フェロー認定(第1回) (3月)
- **進藤 大輔 教授**  
・日本金属学会フェロー認定(第1回) (3月)
- **鈴木 茂 教授**  
・日本金属学会「谷川・ハリス賞」 (3月)

# 学術交流協定

- 1981年 東北工学院(現在:東北大学)  
(瀋陽、中国)「11月23日締結」[大学間協定:1983年8月5日締結]  
Northeastern University (Shenyang,China)
- 1991年 全北大学校(全州、韓国)「大学間協定:11月12日締結、2012年6月6日更新」  
Chonbuk National University (Jeonju,Korea)
- 1993年 ロシア科学アカデミー固体物理学研究所  
(モスクワ、ロシア)「10月1日締結」  
P.N.Lebedev Physics Institute of Russian Academy of Sciences (Moscow,Russia)
- 1995年 コロンビア大学化学科(ニューヨーク、米国)「11月22日締結」  
Department of Chemistry,Columbia University (New York,USA)
- 1996年 英国リサーチカウンシル中央研究機構ダースペリ研究所  
(ワリントン、英国)「10月1日締結」  
Daresbury Laboratory,Council for the Central Laboratory of the Research Councils (Warrington,UK)
- 1997年 ベルリン自由大学物理学科(ベルリン、ドイツ)「11月3日締結」  
Department of Physics,Free University of Berlin (Berlin,Germany)  
トムスク工科大学原子核物理研究所(トムスク、ロシア)「12月1日締結」  
Nuclear Physics Institute,Tomsk Polytechnic University (Tomsk,Russia)
- 1998年 コロンビア大学理工学部地球・環境工学科  
(ニューヨーク、米国)「10月15日締結」  
Department of Earth and Environmental Engineering,Fu Foundation School of Engineering and Applied Science,Columbia University (New York,USA)  
北京大学ナノ科学技術研究センター  
(北京、中国)「11月5日締結」  
「大学間協定:1999年11月10日締結、2009年11月10日更新」  
Center for Nanoscale Science and Technology Peking University (Beijing, China)  
ユタ大学金属工学科(ソルトレイク、米国)「11月15日締結」  
Department of Metallurgical Engineering,University of Utah (Utah,USA)  
マギル大学金属プロセス研究センター  
(モンリオール、カナダ)「11月30日締結」  
McGill Metal Processing Center,McGill University (Montreal, Canada)  
トロント大学金属・材料科学科(トロント、カナダ)「12月1日締結」  
Department of Metallurgy and Materials Science,University of Toronto (Toronto,Canada)
- 1999年 ドルトムント工科大学  
(ドルトムント、ドイツ)「大学間協定:3月2日締結、2014年3月2日更新」  
TU Dortmund University (Dortmund,Germany)  
イエナ・フリードリッヒ・シラー大学固体物理研究所  
(イエナ、ドイツ)「7月27日締結」  
Institute für Festkörperphysik, Freidrich-Schiller-Universität Jena (Jena,Germany)  
アルビ鉱山大学  
(アルビ、フランス)「10月4日締結」[大学間協定:2006年9月12日締結、2011年9月12日更新]  
Ecole des Mines d'Albi-Carmaux (Albi,France)  
北京大学(北京、中国)「大学間協定:11月10日締結、2014年11月10日更新」  
Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics (Changchun,Jilin,China)
- 2000年 ロシア科学アカデミーレベデフ物理研究所(モスクワ、ロシア)「7月21日締結」  
P. N. Lebedev Physics Institute of Russian Academy of Sciences (Moscow,Russia)  
中国科学院長春光学精密機械物理研究所  
(吉林省、中国)「12月26日締結」  
Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics (Changchun,Jilin,China)
- 2001年 華僑大学材料科学工程学院(福建省泉州、中国)「6月5日締結」  
College of Material Science and Engineering, Huaqiao University(Quanzhou,Fujian,China)  
重慶大学(重慶、中国)「大学間協定7月4日締結、2016年7月4日更新」  
Chongqing University(Chongqing, China)
- 2002年 慶北大学校  
(大邱、韓国)「大学間協定:9月2日締結、2012年9月2日更新」  
Kyungpook National University (Daegu, Korea)
- 2003年 韓南大学ハイブリッド材料研究所  
(太田、韓国)「1月17日締結」  
Institute of Hybrid Materials for Information and Biotechnology, Hannam University (Daejeon,Korea)  
成均館大学情報通信新機能性素材及び工程研究センター  
(ソウル、韓国)「6月9日締結」  
Advanced Materials & Process Research Center for IT, Sungkyunkwan University (Seoul,Korea)  
鄭州大学材料工程学院(河南省、中国)「6月16日締結」  
College of Materials Engineering, Zhengzhou University (Zhengzhou,China)  
ソウル大学校(ソウル、韓国)「7月8日締結」[大学間協定:2013年7月8日更新]  
Seoul National University (Seoul,Korea)
- 2004年 ウクライナ国立工業大学  
(キエフ、ウクライナ)「大学間協定:6月2日締結、2009年6月2日更新」  
National Technical University of Ukraine (Kyiv,Ukraine)
- 2005年 ボルドー第一大学  
(タランス、フランス)「大学間協定:7月28日締結、2010年7月28日更新」  
University of Bordeaux 1 (Talence,France)  
ロシア科学アカデミー極東支部自動制御プロセス研究所  
(ウラジオストク、ロシア)「12月1日締結」[大学間協定:2012年1月23日締結]  
Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences (Vladivostok,Russia)
- 2006年 レーザー・プラズマ・放射物理国立研究所  
(ブカレスト、ルーマニア)「8月4日締結」  
National Institute for Lasers, Plasma and Radiation Physics (Bucharest,Romania)  
材料科学基礎国立研究所(キエフ、ウクライナ)「9月20日締結」  
Institute for Problems of Materials Science, National Academy of Science of Ukraine (Kyiv,Ukraine)  
結晶成長研究所(ベルリン、ドイツ)「10月17日締結」  
Institute for Crystal Growth (Berlin,Germany)  
ウォータールー大学  
(ウォータールー、カナダ)「大学間協定:10月30日締結、2011年10月30日更新」  
University of Waterloo (Waterloo,Canada)
- 2007年 蘭州大学(蘭州、中国)「大学間協定:4月17日、2017年4月17日更新」  
Lanzhou University (Lanzhou,China)  
公州国立大学校(公州、韓国)「大学間協定:7月29日、2012年7月29日更新」  
Kongju National University (Kongju,Korea)  
トリエステ放射光研究所  
(エレットラ)トリエステ、イタリア)「8月29日締結、2013年8月1日更新」  
Sincrotrone Trieste,S.C.p.A (Trieste,Italy)  
北京科技大学  
(北京、中国)「大学間協定:6月6日更新、2017年6月6日更新」  
University of Science and Technology Beijing (Beijing, China)
- 2008年 チェンマイ大学  
(チェンマイ、タイ)「6月9日締結」  
「大学間協定:2012年4月10日締結、2017年4月10日更新」  
Chiang Mai University (Chiang Mai ,Thailand)  
揚州大学(揚州、中国)「大学間協定:6月20日締結、2013年6月20日更新」  
Yangzhou University (Yangzhou,China)
- 2009年 台湾工業技術院南分院(台南県、台湾)「11月27日締結」  
ITRI South, Industrial Technology Research Institute (Tainann,Taiwan)  
マックスプランク核物理研究所  
(ハイデルベルグ、ドイツ)「12月24日締結」  
MPIK, Max-Planck-Institut für Kernphysik(Heidelberg, Germany)
- 2010年 北京工業大学  
(北京、中国)「大学間協定:10月16日締結、2015年10月16日更新」  
Beijing University of Technology (Beijing, China)
- 2011年 カールスルーエ工科大学  
(カールスルーエ、ドイツ)「大学間協定:1月18日締結」  
Karlsruhe Institute of Technology (Karlsruhe, Germany)  
チュラロンコン大学  
(バンコク、タイ)「大学間協定2月3日締結、2016年2月3日更新」  
Chulalongkorn University(Bangkok, Thailand)
- 2012年 ハイデルベルク大学  
(ハイデルベルク、ドイツ)「大学間協定:2月2日締結、2017年2月2日更新」  
Ruprecht-Karls-University Heidelberg(Heidelberg, Germany)  
ナポリ大学(ナポリ、イタリア)「大学間協定:3月28日締結」  
University of Naples Federico III(Napoli, Italy)  
グラナダ大学  
(グラナダ、スペイン)「大学間協定:9月27日締結、2017年9月27日更新」  
University of Granada (Granada , Spain)
- 2013年 クウェート科学研究所(クウェート、クウェート)「2月18日締結」  
Kuwait Institute for Scientific Research (Kuwait, Kuwait)  
マドリッド・アウトノマ大学化学部  
(マドリッド、スペイン)「6月26日締結」  
Chemistry Department of the Universidad Autónoma de Madrid (Madrid, Spain)  
放射光施設ソレイユ(サント=パン、フランス)「6月27日締結」  
Synchrotron SOLEIL (Saint-Aubin, France)  
ロシア科学アカデミー地球科学・分析科学研究所  
(モスクワ、ロシア)「9月2日締結」  
Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)  
モスクワ国立大学化学部(モスクワ、ロシア)「9月2日締結」  
Department of Chemistry, Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)
- 2014年 アリカンテ大学材料研究所(アリカンテ、スペイン)「2月21日締結」  
Materials Institute of Universidad de Alicante (Alicante, Spain)  
ミシュコルツ大学材料科学工学研究科  
(ミシュコルツ、ハンガリー)「6月19日締結」  
Faculty of Materials Science and Engineering,University of Miskolc(Miskolc,Hungary)  
ナント大学材料研究所(ナント、フランス)「12月8日締結」  
Institute of Materials Jean Rouxel,University of Nantes(Nantes,France)  
メルボルン大学  
(メルボルン、オーストラリア)「大学間協定11月7日締結、2016年11月10日更新」  
The University of Melbourne(Melbourne, Australia)
- 2015年 マサチューセッツ工科大学電子工学研究科及びマイクロシステム技術研究所  
(ケンブリッジ、アメリカ合衆国)「1月9日締結」  
Research Laboratory of Electronics(RL&E)and Microsystems Technology Laboratories (MTL),Massachusetts Institute of Technology(MIT)(Cambridge,USA)
- 2017年 西南大学材料・エネルギー学部  
(重慶、中国)「3月22日締結」[大学間協定:2018年1月3日締結]  
Faculty of Materials and Energy,Southwest University (Chongqing,China)

OUTLINE

# 概要

## 構成員 MEMBERS

### 職員数 FACULTY & STAFF (as of April 1, 2018)

教授 Professors	准教授 Associate Professors	講師 Senior Assistant Professors	助教・助手 Assistant Professors	技術職員 Technical Staffs	事務職員 Administrative Staffs	非常勤職員 Part-Time Staffs	計 Total
47	30	6	70	*1 70	*2 37	76	336

\*1 再雇用職員 (4名)を含む。  
\*2 再雇用職員 (1名)を含む。

### 研究員数 RESEARCHERS (FY 2017)

客員研究員 Visiting Researchers	受託研究員 Contract Researchers	学振特別研究員 JSPS postdoctoral fellows	計 Total
3	1	12	16

### 学生数 STUDENTS (as of October 1, 2017)

大学院生 Graduate Students		学部学生 Under Graduate Students	計 Total
前期課程 MS	後期課程 PhD		
224	86	63	373

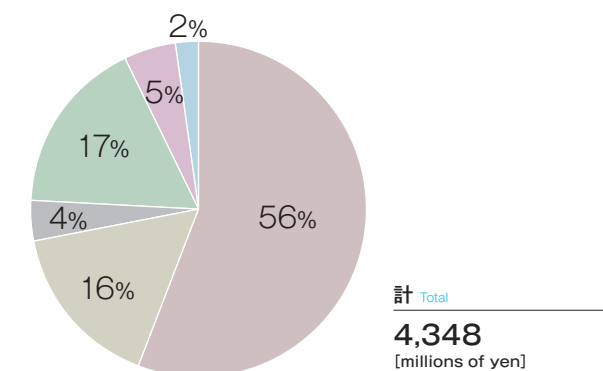
(FY 2017)

研究所等研究生(外国人) Institute Research Students (Foreigner)	研究所等研究生(日本人) Institute Research Students (Japanese)
14	0

## 歳入・歳出 ANNUAL REVENUE and EXPENSE

### 予算内訳

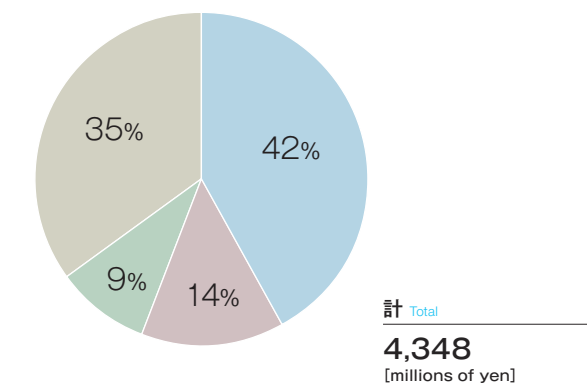
Revenue for FY 2016



- 運営費交付金 Operational Grants
- 科学研究費補助金 Grants-in-Aids for Scientific Research
- その他補助金等 Subsidy
- 受託研究費 Commissioned Research
- 共同研究費 Joint Research
- 寄附金 Donations

### 支出内訳

Expense in FY 2016



- 運営費交付金人件費 Operational Grants Personnel
- 運営費交付金物件費 Operational Grants Non-Personnel
- 外部資金人件費 Research Funds Personal
- 外部資金物件費 Subsidy for Facilities & Equipment Maintenance

## 建物 BUILDINGS (as of April 1, 2018)

建物総延面積 Total Floor Area **38,333m<sup>2</sup>**

# 建物案内図



**B06** 多元研 西1号館  
(科学計測研究棟S棟)

IMRAM West Building 1

**B08** 多元研 西2号館  
(科学計測研究棟N棟)

IMRAM West Building 2

**B07** 多元研 西工場  
(工場棟)

IMRAM West Technical Plant

**B01** 図書室

Library (AIMR Main Building 2F)

**C02** 多元研 東1号館  
(反応化学研究棟1号館)

IMRAM East Building 1

**C03** 多元研 東2号館  
(反応化学研究棟2号館)

IMRAM East Building 2

**C04** 多元研 東3号館  
(反応化学研究棟旧館)

IMRAM East Building 3

**E03** 南総合研究棟2  
(材料・物性総合研究棟 I)

South Multidisciplinary Research Laboratory 2

**E02** 南総合研究棟1  
(材料・物性総合研究棟 II)

South Multidisciplinary Research Laboratory 1

**F03** 多元研 共同研究棟

IMRAM Cooperative Research Building

**F02** 多元研 事務部棟

IMRAM Administration Building

**F01** 多元研 南1号館  
(素材工学研究棟1号館)

IMRAM South Building 1

**F04** 多元研 南2号館  
(素材工学研究棟2号館)

IMRAM South Building 2

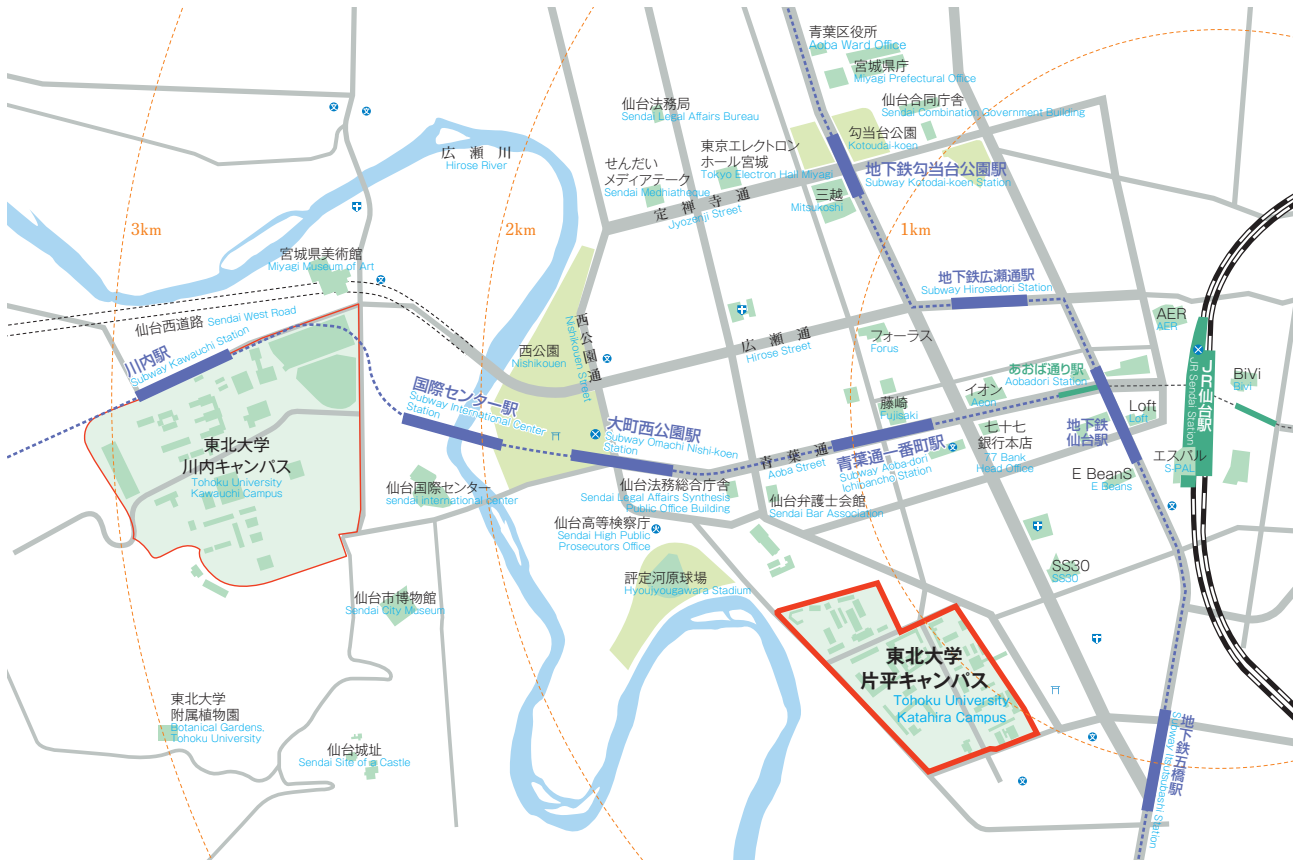
**F05** 多元研 南3号館  
(素材工学研究棟3号館)

IMRAM South Building 3

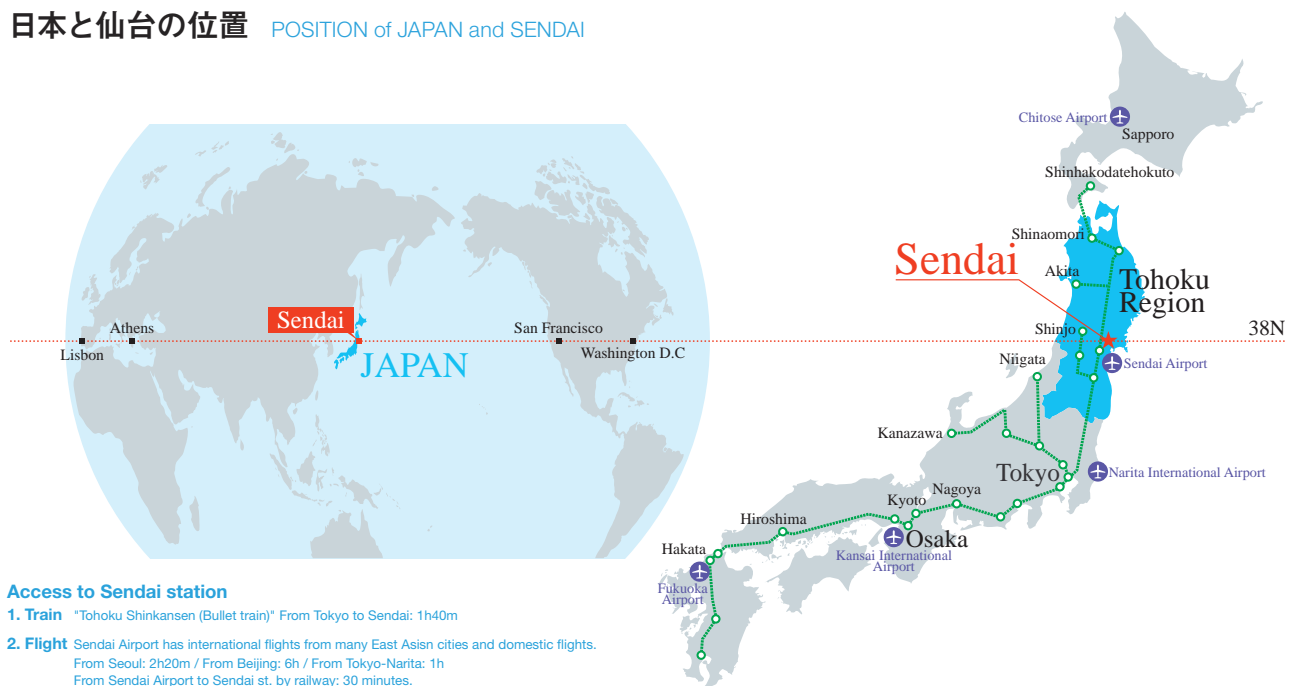
ACCESS

# アクセス

## 仙台市内マップ SENDAI CITY MAP



## 日本と仙台の位置 POSITION of JAPAN and SENDAI



### Access to Sendai station

1. **Train** "Tohoku Shinkansen (Bullet train)" From Tokyo to Sendai: 1h40m
2. **Flight** Sendai Airport has international flights from many East Asian cities and domestic flights.  
 From Seoul: 2h20m / From Beijing: 6h / From Tokyo-Narita: 1h  
 From Sendai Airport to Sendai st. by railway: 30 minutes.

# 東北大学 多元物質科学研究所

研究所長 村松 淳司

〒980-8577 仙台市青葉区片平2丁目1番1号

TEL:022-217-5204 FAX:022-217-5211

URL:<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/>

**INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH  
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY**

Director:Professor Atsushi Muramatsu

Address:2-1-1 Katahira,Aoba-ku,Sendai 980-8577,JAPAN

 Facebook <https://fb.com/tagen.tohoku.ac.jp/>

 Twitter [https://twitter.com/team\\_tagen](https://twitter.com/team_tagen)

 YouTube チャンネル <https://www.youtube.com/channel/UCgiZBMLdNlnJp1Dkky09fgA>

 メールマガジン <http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/information/mailmagazine.html>

