



東北大学 多元物質科学研究所

**IMRAM**

INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH  
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

**2015**



# 歴史・沿革

## HISTORY

- 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
- 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
- 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
- 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。
- 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
- 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
- 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
- March 1941 Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku Imperial University was founded.
- January 1943 Research Institute for Scientific Measurements, Tohoku Imperial University was founded.
- January 1944 Chemical Research Institute of Non - Aqueous Solution, Tohoku Imperial University was founded.
- May 1949 These three Institutes were reorganized as research institutes affiliated to Tohoku University.
- April 1991 Chemical Research Institute of Non - Aqueous Solution was reorganized as Institute for Chemical Reaction Science.
- April 1992 Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy was reorganized as Institute for Advanced Materials Processing.
- 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

## CONTENTS

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 .....	10
無機材料研究部門 / DIVISION OF INORGANIC MATERIAL RESEARCH .....	18
プロセスシステム工学研究部門 / DIVISION OF PROCESS AND SYSTEM ENGINEERING .....	26
計測研究部門 / DIVISION OF MEASUREMENTS .....	34
ナノ流体エンジニアリング共同研究部門 / JOINT RESEARCH DIVISION OF NANO-FLUID ENGINEERING .....	44
サステナブル理工学研究センター / RESEARCH CENTER FOR SUSTAINABLE SCIENCE & ENGINEERING .....	46
先端計測開発センター / CENTER FOR ADVANCED MICROSCOPY AND SPECTROSCOPY .....	54
高分子・ハイブリッド材料研究センター / POLYMER・HYBRID MATERIALS RESEARCH CENTER .....	60
新機能無機物質探索研究センター / CENTER FOR EXPLORATION OF NEW INORGANIC MATERIALS .....	68
多元CAF / TAGEN CENTRAL ANALYTICAL FACILITY .....	73
技術室 / TECHNICAL SERVICE SECTION .....	75
最近の主な成果 / MAIN ACHIEVEMENTS .....	78
学術交流協定 / ACADEMIC EXCHANGE AGREEMENTS .....	79
概要 / OUTLINE .....	80
建物案内図 / IMRAM BUILDING MAP .....	81



# 多元物質科学のフロンティアを目指して

FRONTIERS IN MULTIDISCIPLINARY RESEARCH FOR ADVANCED MATERIALS



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

Director  
Atsushi MURAMATSU

多元物質科学研究所(以下、多元研。)が誕生して15年目を迎えます。従来の区別にとらわれない、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、おかげさまで、一般社会にも次第に認知されつつあります。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、今年で75年目を迎える伝統の力を、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、研究所のあちこちで、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、たとえば希少金属高効率抽出技術の研究、あるいは電子顕微鏡研究、そして超臨界ナノフルイド研究が代表的です。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、東京工業大学資源化学研究所、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、本当にたくさんの研究成果を出しており、お互いに顔の見える共同研究を進めていく中で、『附置研究所間アライアンスによるナノとマクロをつなぐ物質・デバイス・システム創製戦略プロジェクト』が、非常に効率的に、かつ、先端的に推進されています。

東北大学の学内での部局間交流も非常に活発であり、昨年にはその象徴ともいえる、独立した産学連携先端材料研究開発センターが設置されました。従来の研究所連携に加えて、理学研究科、工学研究科、生命科学研究科、環境科学研究科などすべての学内部局との密接な連携から、新たな物質材料研究が日々誕生してきています。

2011年3月の東日本大震災から4年が経過し、多元研は物質材料における東北復興への貢献と、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。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。

Our institute, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, IMRAM, is called TAGEN-KEN in Japanese. It takes 14 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, 70 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 High Efficiency Rare Elements Extraction Technology, Transmission Electron Microscopy, and Supercritical Nanofluid Technology.

Our institute has started the activity as a member of the new Network Joint Research Center for Materials and Devise from 2010, composed of five national university institutes, Research Institute of Electronic Science (RIES, Denshiken) in Hokkaido Univ., Chemical Resources Laboratory (CRL, Shigenken) 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 "Nano-Macro Materials, Devices and System Research Alliance" was also founded as a unique 6-year national project starting from 2010 fiscal year for the purpose of strategic development of materials, devices and systems, based upon a concept of "Fusion from nano- to macro-leveled materials" and their deployment in the new technologies as a foundation of the new industries.

The collaboration between departments of Tohoku Univ. is now very active and significant so as to lead to excellent successes on material science and engineering. The Materials Solution Center was founded on 2014 on the purpose of an industry-academia collaboration research. Our institute wishes to continue to collaborate with the other departments, School of Science, School of Engineering, Graduate School of Life Sciences, and Graduate School of Environmental Studies.

Four 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

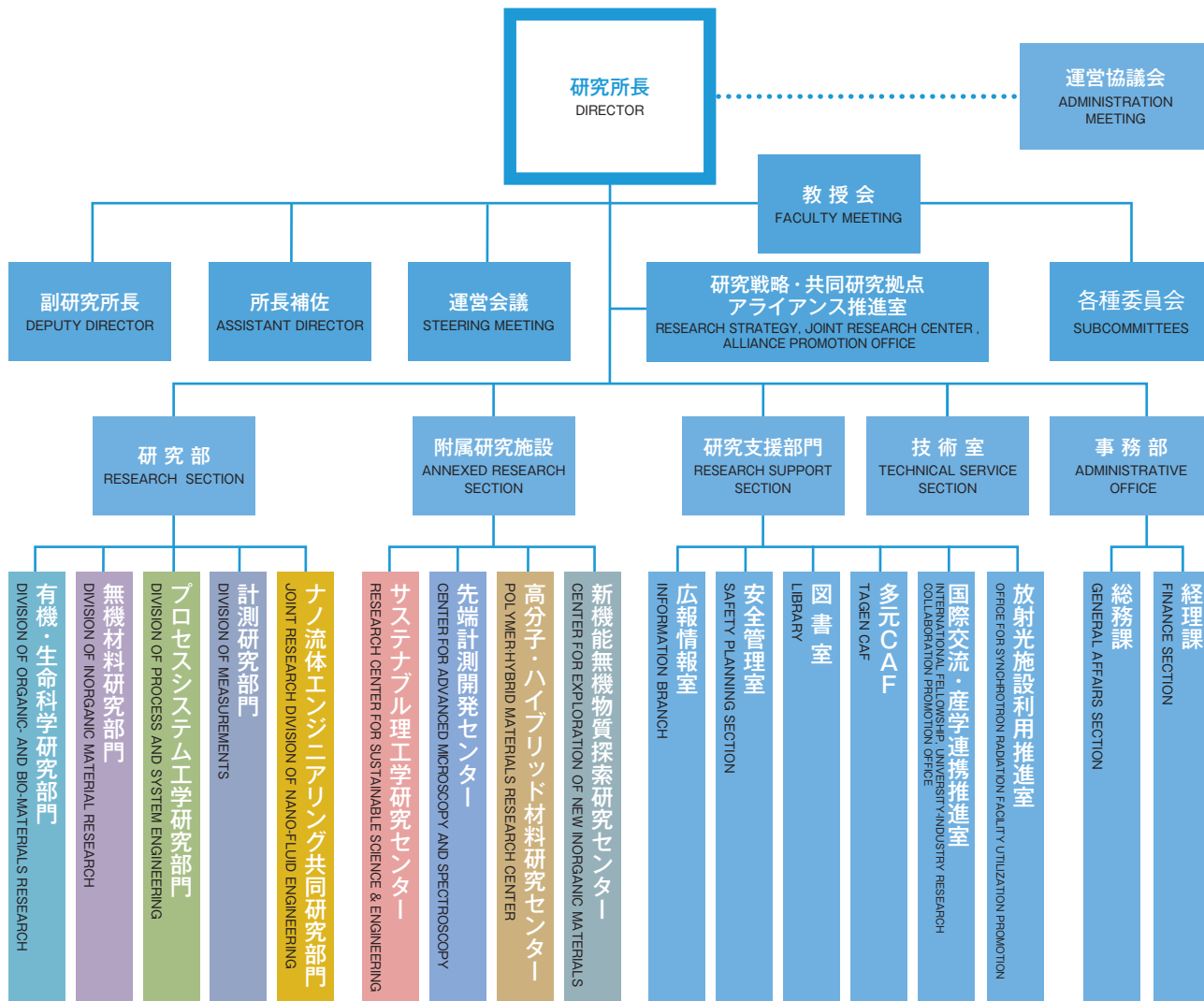
ロゴマークのテーマ

**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

## ORGANIZATION CHART



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研究分野 永次研究室 NAGATSUGI Lab / Synthesis of Organic Functional Molecules	タンパク機能解析研究分野 稲葉研究室(兼) INABA Lab(C) / Structural Biology and Bioinorganic Chemistry
生命機能制御物質化学研究分野 和田研究室 WADA Lab / Functional Photochemistry and Chemical Biology	生物分子機能計測研究分野 高橋(聡)研究室(兼) TAKAHASHI S. Lab(C) / Nano Biophysics
生命類似機能化学研究分野 和田研究室(兼) WADA Lab(C) / Bioinspired Synthetic Chemistry	生命分子ダイナミクス研究分野 高橋(聡)研究室 TAKAHASHI S. Lab / Biological and Molecular Dynamics
生体分子構造研究分野 稲葉研究室 INABA Lab / Biomolecular Structure	ソフト材料研究分野 客員教授 杉本直己 NAOKI SUGIMOTO Visiting Professor / Soft Materials

無機材料研究部門 DIVISION OF INORGANIC MATERIAL RESEARCH	
計算材料熱力学研究分野 大谷研究室 OHTANI Lab / Computational Materials Thermodynamics	超臨界流体・反応研究分野 横山研究室 YOKOYAMA Lab / Chemical Reaction Engineering
機能材料微細制御研究分野 鈴木研究室 SUZUKI Lab / Microstructural Control of Functional Materials	高温材料物理化学研究分野 福山研究室 FUKUYAMA Lab / High-temperature Physical Chemistry of Materials
スピン量子物性研究分野 佐藤(卓)研究室 SATO T.J. Lab / Quantum Spin Physics	ハード材料研究分野 客員教授 加倉井 和久 KAZUHISA KAKURAI Visiting Professor / Hard Materials
ナノスケール磁気デバイス研究分野 北上研究室 KITAKAMI Lab / Nanoscale Magnetism and Devices	

プロセスシステム工学研究部門 DIVISION OF PROCESS AND SYSTEM ENGINEERING	
基盤素材プロセッシング研究分野 北村研究室 KITAMURA Lab / Base Materials Processing	光物質科学研究分野 佐藤(俊)研究室 SATO S. Lab / Laser Applied Material Science
機能性粉体プロセス研究分野 加納研究室 KANO Lab / Powder Processing for Functional Materials	ハイブリッドナノ粒子研究分野 村松研究室 MURAMATSU Lab / Hybrid Nano-particle
高機能ナノ材料創成研究分野 鈴木研究室(兼) SUZUKI Lab(C) / Nanostructure/Nanointerface Design and Control	エネルギーシステム研究分野 佐藤(修)研究室 SATO N. Lab / Energy System
超臨界ナノ工学研究分野 阿尻研究室(兼) ADSCHIRI Lab(C) / Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies	プロセスシステム研究分野 客員教授 森山 裕丈 HIROTAKE MORIYAMA Visiting Professor / Process System

計測研究部門 DIVISION OF MEASUREMENTS	
電子分子動力学研究分野 上田研究室 UEDA Lab / Electron and Molecular Dynamics	ナノ界面化学研究分野 栗原研究室(兼) KURIHARA Lab(C) / Nano-surface Chemistry
量子電子科学研究分野 高橋(正)研究室 TAKAHASHI M. Lab / Quantum Electron Science	表面物理プロセス研究分野 高桑研究室 TAKAKUWA Lab / Surface Physics and Processing
量子ビーム計測研究分野 百生研究室 MOMOSE Lab / Quantum Beam Measurements	量子光エレクトロニクス研究分野 秩父研究室 CHICHIBU Lab / Quantum Optoelectronics
構造材料物性研究分野 木村研究室 KIMURA Lab / Structural Physics and Crystal Physics	計測研究分野 客員教授 黒岩 芳弘 YOSHIHIRO KUROIWA Visiting Professor / Measurements
分光化学研究分野 上田研究室(兼) UEDA Lab(C) / Spectrochemistry	

### ナノ流体エンジニアリング共同研究部門 JOINT RESEARCH DIVISION OF NANO-FLUID ENGINEERING

サステナブル理工学研究センター RESEARCH CENTER FOR SUSTAINABLE SCIENCE & ENGINEERING	
エネルギーデバイス化学研究分野 本間研究室 HONMA Lab / Chemistry of Energy Conversion Devices	環境適合素材プロセス研究分野 埜上研究室 NOGAMI Lab / Environmental-Conscious Material Processing
固体イオニクス・デバイス研究分野 雨澤研究室 AMEZAWA Lab / Solid State Ionic Devices	材料分離プロセス研究分野 柴田(浩)研究室 SHIBATA H. Lab / Materials Separation Processing
固体イオン物理研究分野 河村研究室 KAWAMURA Lab / Solid State Ion Physics	金属資源循環システム研究分野 柴田(悦)研究室 SHIBATA E. Lab / Metallurgy and Recycling System for Metal Resources Circulation

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研究分野 高田研究室 Synchrotron Radiation Soft X-ray Microscopy	電子線干渉計測研究分野 進藤研究室 SHINDO Lab / Electron Interference Measurement
電子回折・分光計測研究分野 寺内研究室 TERAUCHI Lab / Electron -Crystallography and -Spectroscopy	走査プローブ計測技術研究分野 米田研究室 KOMEDA Lab / 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研究分野 三ツ石研究室 MITSUISHI Lab / Polymer Hybrid Nanomaterials	ハイブリッド材料創製研究分野 芥川研究室 AKUTAGAWA Lab / Hybrid Material Fabrication
有機ハイブリッドナノ結晶材料研究分野 及川研究室 OIKAWA Lab / Organic and Hybridized Nanocrystals	光機能材料化学研究分野 中川研究室 NAKAGAWA Lab / Photo-Functional Material Chemistry
ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野 京谷研究室 KYOTANI Lab / Hybrid Carbon Nanomaterials	自己組織化高分子材料研究分野 陣内研究室 JINNAI Lab / Organized Polymer Materials

新機能無機物質探索研究センター CENTER FOR EXPLORATION OF NEW INORGANIC MATERIALS	
無機固体材料合成研究分野 山根研究室 YAMANE Lab / Inorganic Crystal Structural Materials Chemistry	環境無機材料化学研究分野 佐藤(次)研究室 SATO T. Lab / Environmental Inorganic Materials Chemistry
金属機能設計研究分野 蔡研究室 TSAI Lab / Metallurgical Design for Material Functions	無機材料創製プロセス研究分野 垣花研究室 KAKIHANA Lab / Design of Advanced Inorganic Materials

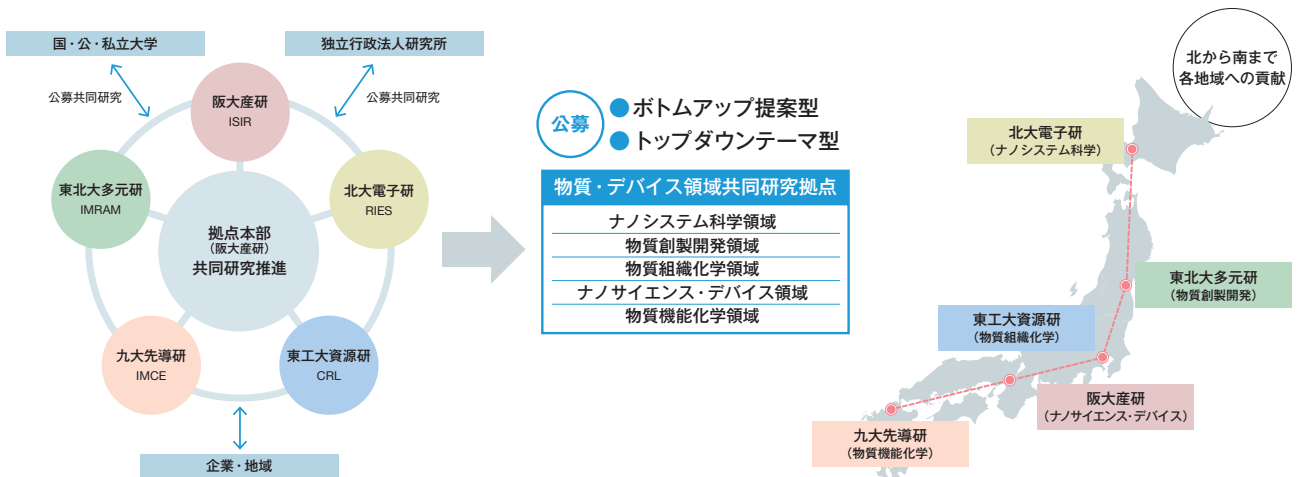
# 物質・デバイス領域共同研究拠点による 5附置研究所間ネットワーク型共同研究事業の推進

PROMOTION OF NETWORK-TYPE COOPERATIVE RESEARCH AMONG 5 RESEARCH INSTITUTES BASED UPON THE JOINT RESEARCH CENTER OF MATERIALS AND DEVICES

北海道大学電子科学研究所、東北大学多元物質科学研究所、東京工業大学資源化学研究所、大阪大学産業科学研究所、九州大学先端物質化学研究所は、産業科学研究所を中核拠点とし、北海道から九州まで日本列島を縦断する5研究所が参画する全国規模のネットワーク型による「物質・デバイス領域共同研究拠点」を平成22年度に発足させました。この事業は、安心安全で持続可能な社会を構築するために不可欠な物質・デバイス領域の学際的連携共同研究を開かれた公募型共同研究体制を構築して推進する【ネットワーク型共同研究拠点事業】および拠点を形成する附置研究所間で推進する【課題解決型アライアンスプロジェクト事業】から成り立っています。この2つの事業の概念を図に示します。

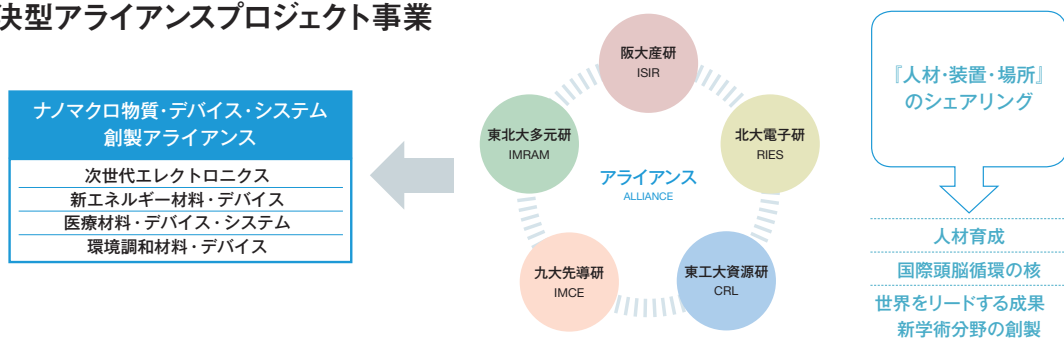
【ネットワーク型共同研究拠点事業】では、ナノシステム科学、物質創製開発、物質組織化学、ナノサイエンス・デバイス、物質機能化学の5つの研究領域を研究所間ネットワークで結合した「物質・デバイス領域」の公募による共同研究システムを整備し、物質・デバイス領域で多様な先端的・学際的共同研究を推進することを目的とします。平成25年度には、公募による441件の一般共同研究が実施され、さらに平成23年度からの新しい試みとして注目されている、領域主導による10件のトップダウン型重点研究課題も継続され、52件の特定共同研究が研究所縦断的に強力に推進されました。加えて、東日本大震災で被災された研究者の方を対象に、平成24年度に引き続き2件の共同研究課題を採択し、支援を行いました。これらのネットワークの特性を活かした組織的共同研究の取り組みは、我が国の物質・デバイス研究の飛躍的推進を担う核として有効に機能することが大いに期待されています。

## ネットワーク型共同研究



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、文部科学省特別経費「大学の特性を生かした多様な学術研究機能の充実」による「附置研究所間アライアンスによるナノとマクロをつなぐ物質・デバイス・システム創製戦略プロジェクト」(略称: ナノマクロ物質・デバイス・システム創製アライアンス)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4つの課題解決型プロジェクトとして、1) 次世代エレクトロニクス、2) エネルギー材料・デバイス、3) 医療材料・デバイス・システム、4) 環境調和材料・デバイスを戦略的に設定し、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





# 産学官の協働による ナノテクノロジー研究開発拠点の形成による 「東北発素材技術先導プロジェクト」の推進

PROMOTION OF TOHOKU INNOVATIVE MATERIALS TECHNOLOGY INITIATIVES FOR RECONSTRUCTION THROUGH THE CREATION OF NEW RESEARCH HUBS FOR NANOTECHNOLOGY AND MATERIAL SCIENCE BASED ON GOVERNMENT-INDUSTRY-ACADEMIA COLLABORATION, AND BY DEVELOPING CUTTING-EDGE MATERIALS AND WORLD-LEADING TECHNOLOGY

東北地方は、電子部品、デバイス・電子回路などの分野の製造業に強みを有し、非鉄金属を中心とする金属産業が多く存在します。また東北の大学は材料、光やナノテク分野に強みを有します。東日本大震災の被災地域の大学、公的研究機関、産業の知見や強みを最大限活用し、知と技術革新（イノベーション）の拠点機能を形成することにより、産業集積、新産業の創出及び雇用創出等の取組みを促進するため、文部科学省のご支援を得て平成24年度より「東北発素材技術先導プロジェクト」を実施しております。このプロジェクトでは、東北の大学や製造業が強みを有するナノテク・材料分野において、産学官の協働によるナノテク研究開発拠点を形成、世界最先端の技術を活用した先端材料を開発することにより、東北素材産業の発展を牽引することを目的としています。

多元物質科学研究所では、このプロジェクトの中で、「超低摩擦技術領域（研究代表者：栗原和枝教授）」と「希少元素高効率抽出技術領域（研究代表者：中村 崇教授）」の2拠点を設置し研究開発を進めて参ります。

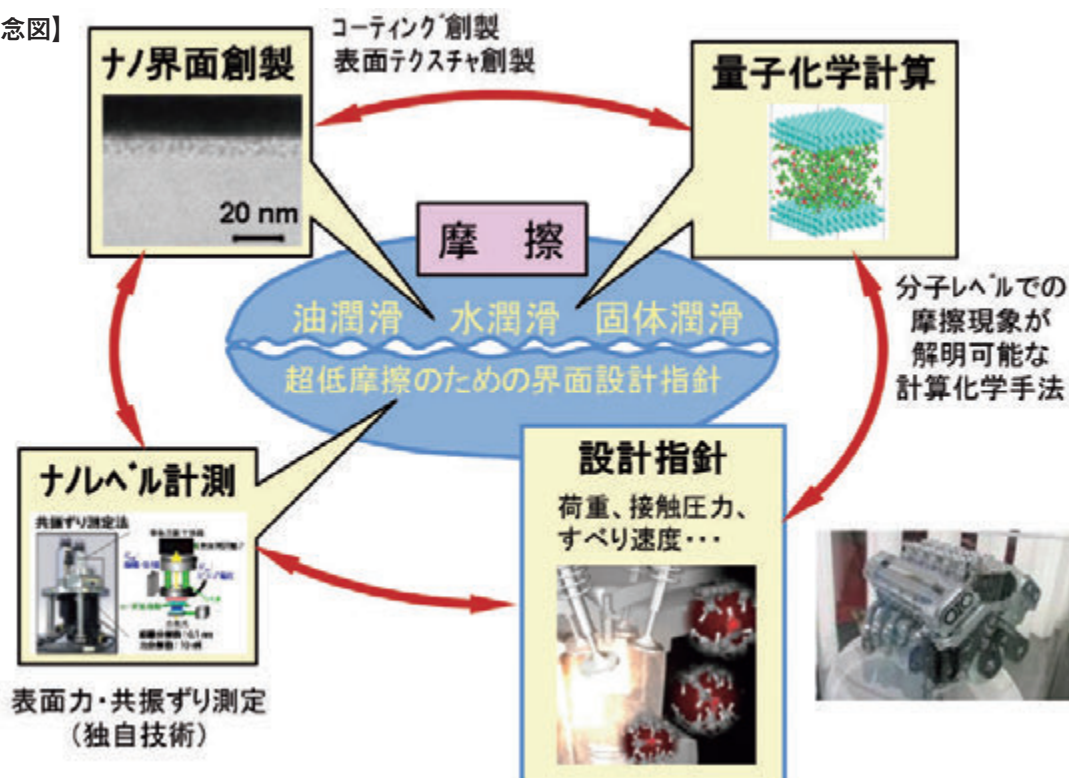
## 1. 超低摩擦技術領域

摩擦低減技術は自動車分野をはじめ、あらゆる産業分野、生活環境における効率的エネルギー活用と安心・安全の鍵であり、低炭素社会実現の観点からも極めて重要です。「摩擦を科学する」学問技術領域のことを「トライボロジー」といい、東北大学にはトライボロジー研究を推進するための幅広い分野の研究者が協働できる高いポテンシャルがあります。多元物質科学研究所におけるナノレベルの計測技術とともに、機械工学や量子化学計算を基盤とする摩擦研究が密接に連携しながら展開されており、従来の機械工学的な技術開発の枠にはまらない異分野融合研究が進行しています。

本領域では、機械分野と材料分野の研究者、そして産業界の技術者がともに協働し、表面力・共振ずり測定装置（独自開発）をはじめとするナノレベルの計測技術、ナノ界面創製による低摩擦発現技術、量子化学に基づく計算技術を融合することにより、摩擦界面を科学的に理解し、その理論に基づく研究開発を進めています。対象としては、ピストンや軸受などエンジンにおける機械部品の摩擦損失を低減する自動車用油潤滑、新エネルギーシステムのための水潤滑、次世代真空機器における固体潤滑があり、それぞれにおいて超低摩擦を発現する界面設計指針の構築を目指しています。

東北大学に産学協働によるナノテク研究開発拠点としての「トライボロジー拠点」を形成することにより、東北復興、新産業形成、科学技術振興に貢献することを目指しています。

【研究概念図】



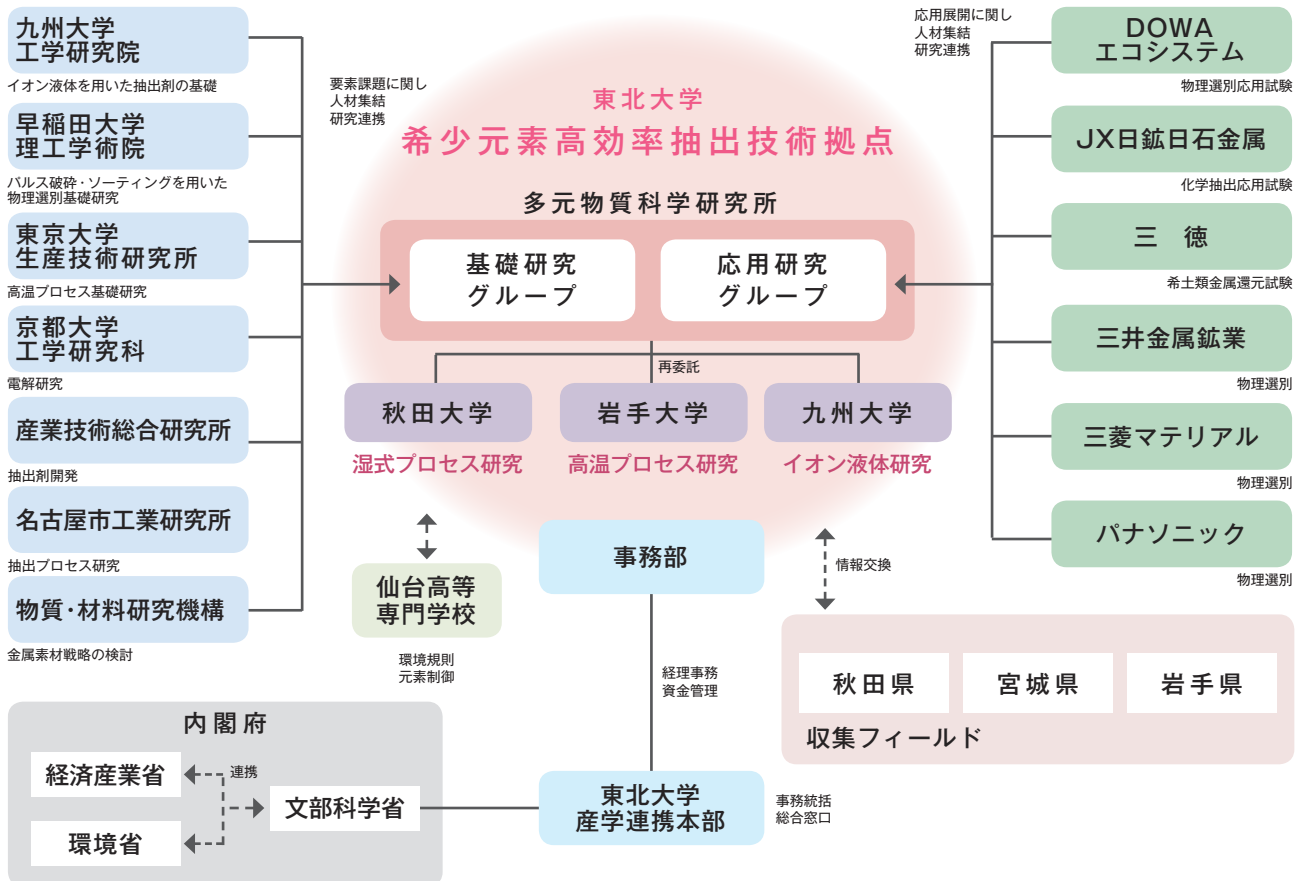
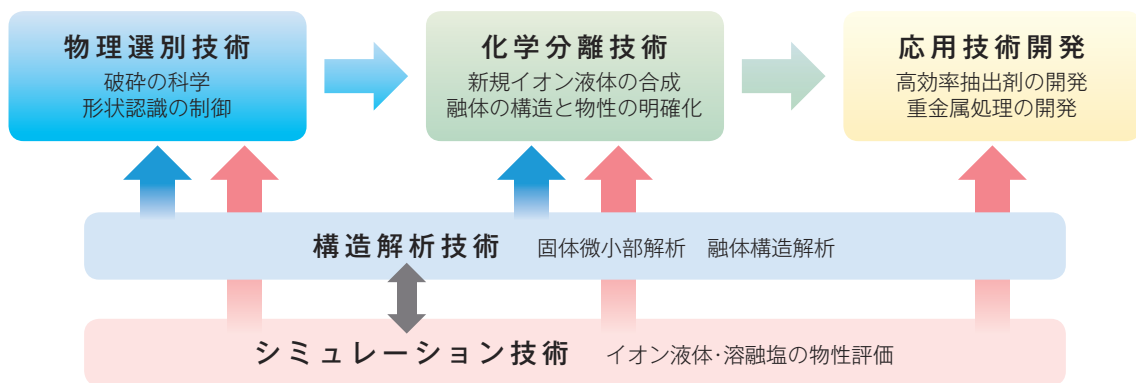
## 2. 希少元素高効率抽出技術領域

高機能なハイテク製品を支えているレアメタルはその供給源が偏在しており供給不安を抱えています。その供給確保の手段として、日本に大量に存在する電気電子機器廃棄物からのリサイクルが重要となってきています。その研究拠点を選鉱精錬研究所の時代より日本の金属精錬研究の中心的役割を果たしてきた多元物質科学研究所に置き、電気電子機器廃棄物から希少元素を高効率良く回収し再生し再び利用する元素循環の技術を研究開発します。研究は同じ東北地区にある秋田大学、岩手大学と一緒に基礎から応用までの範囲を分担して行い、それに全国の大学・研究機関の研究者が参画して研究を進めます。また非鉄メーカー等の民間企業にも参画していただき、実用化課題について研究を行います。

研究の内容は、供給源である電気電子機器廃棄物を適度に破碎し部品等に解体する工程、解体した部品を種類毎に選別する工程、選別した部品から目的とする希少元素を化学的に抽出・分離する工程について研究開発を行い、次いで、それらを総合化した回収プロセスを研究開発します。

これらの研究開発を通じて東日本大震災で打撃を受けた東北地方の経済を活性化する、新しいビジネスに展開することを目指しています。

### 【研究概念図】



#### 生命機能分子合成化学研究分野

Synthesis of Organic Functional Molecules

### 永次研究室

NAGATSUGI Lab

- 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結合分子の新規探索法の開発
- 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

#### 生命機能制御物質化学研究分野

Functional Photochemistry and Chemical Biology

### 和田研究室

WADA Lab

- 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
- プロテアーゼ活性検出蛍光タンパク質開発
- 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

#### 生命類似機能化学研究分野

Bioinspired Synthetic Chemistry

### 和田研究室(兼)

WADA Lab(C)

- 有機合成化学と超分子化学に立脚した新機能物質の開拓
- 生体分子の特性を利用した機能性材料の開発
- 物理・化学的刺激により構造変化を起こす機能性物質の開拓
- 有機常磁性種の生成と反応メカニズム
- 光機能材料のスピン光化学研究
- Development of Synthetic Molecular Machines
- Development of Functional Molecules by Chemical Modification of Biological Molecules
- Chemical Biology
- Spin Photochemistry

#### 生体分子構造研究分野

Biomolecular Structure

### 稲葉研究室

INABA Lab

- 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

#### タンパク機能解析研究分野

Structural Biology and Bioinorganic Chemistry

### 稲葉研究室(兼)

INABA Lab(C)

- ほ乳類型ヘム分解酵素の反応機構解明および新反応探索
- 病原性細菌における特殊なヘム分解反応
- 生体色素の代謝に関わる金属酵素群の反応解明
- ヘム依存性転写因子の構造と生理機能
- Reaction analysis of canonical heme-degrading enzymes including mechanism-based search of novel reactions
- Elucidation of unique heme degradation in pathogenic bacteriae
- Structure-function relationships of metalloenzymes related to catabolism of biological pigments
- Ligand binding properties related to physiological functions of heme-dependent transcriptional factors

#### 生物分子機能計測研究分野

Nano Biophysics

### 高橋(聡)研究室(兼)

TAKAHASHI S. Lab(C)

- 生体分子の運動の1分子レベルでの計測
- 光学顕微鏡を基本とした新世代ナノ計測システムの開発
- カーボンナノチューブなどの新素材の生体分子計測への応用
- Measurement of movement of bio molecules at the single molecule level
- Developments of nano measurement system based on optical microscope
- Application of carbon nanotube to bio-nano-measurement systems

#### 生命分子ダイナミクス研究分野

Biological and Molecular Dynamics

### 高橋(聡)研究室

TAKAHASHI S. Lab

- 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

# 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ドラッグデリバリーシステム構築や、遺伝子診断デバイス開発などを行います。更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.

Synthesis of Organic Functional Molecules

**NAGATSUGI Lab**

生命機能分子合成化学研究分野

**永次研究室**

永次 史 教授 Fumi NAGATSUGI, Professor

松本 高利 助教 Takatoshi MATSUMOTO, Assistant Professor

鬼塚 和光 助教 Kazumitsu ONIZUKA, Assistant Professor

山田 研 助教 Ken YAMADA, Assistant Professor



■ 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

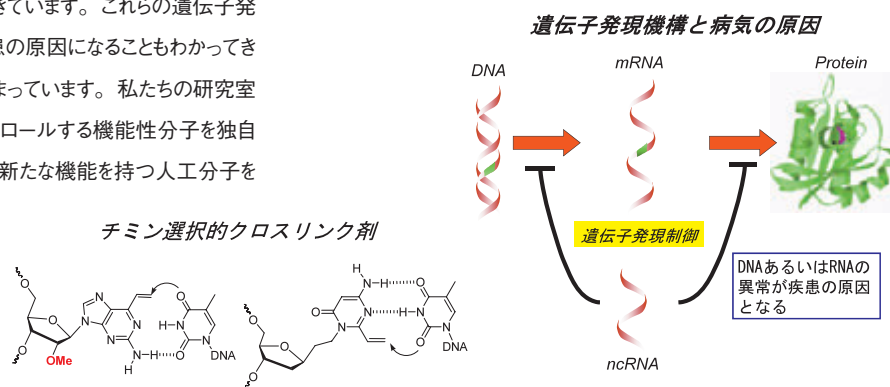
nagatsugi@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=37

## 遺伝子発現の化学的制御を目指したケミカルバイロジ

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。

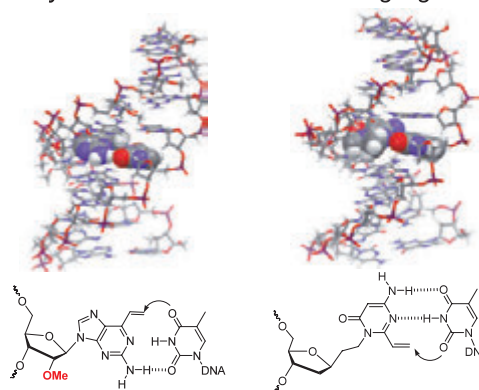


## Development of intelligent molecules for the regulation of gene expression in cells

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 健彦** 教授 Takehiko WADA, Professor  
**荒木 保幸** 准教授 Yasuyuki ARAKI, Associate Professor  
**坂本 清志** 助教 Seiji SAKAMOTO, Assistant Professor



Functional Photochemistry  
and Chemical Biology  
**WADA  
Lab**  
 生命機能制御物質化学研究分野  
**和田研究室**

■ 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

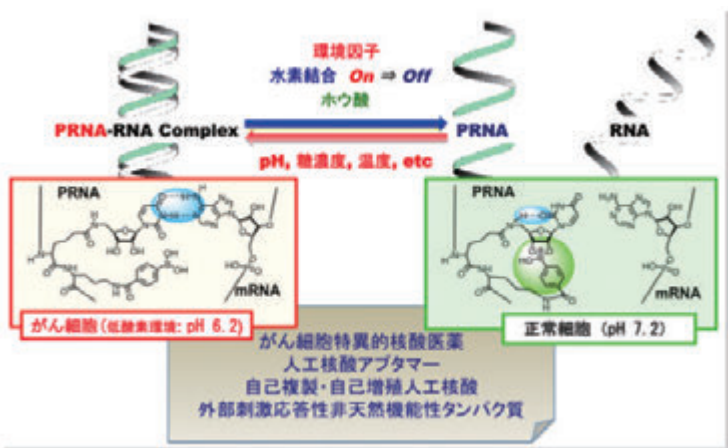
■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

biomolecular chemistry / oligonucleotide therapeutics / external function controllable material / CD measurement system with high sensitivity and high time resolution

hiko@tagen.tohoku.ac.jp  
 http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/wada/index-j.html

## 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应答し、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。

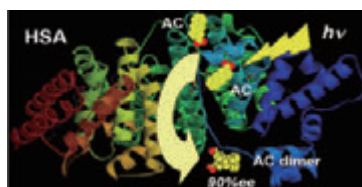


ナノバイオ分子機能の on-off 制御

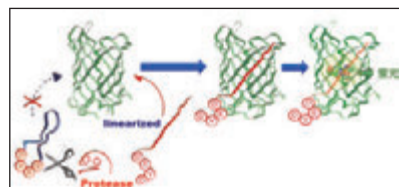
## Design and Synthesis of Artificial Nucleic Acid and Protein for Active Control of Cellular Function and Development of High Sensitive & Time Resolve CD System

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 recognition 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



分割型GFPを用いた蛍光検出システム

Bioinspired Synthetic Chemistry

WADA  
Lab(C)

生命類似機能化学研究分野

和田研究室(兼)

(兼)和田 健彦 教授 Takehiko WADA, Professor

秋山 公男 准教授 Kimio AKIYAMA, Associate Professor

村岡 貴博 助教 Takahiro MURAOKA, Assistant Professor

宇井美穂子 助教 Mihoko UI, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

有機化学/バイオミメティック化学/超分子化学/タンパク質工学

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

organic chemistry / biomimetic chemistry / supramolecular chemistry / protein engineering

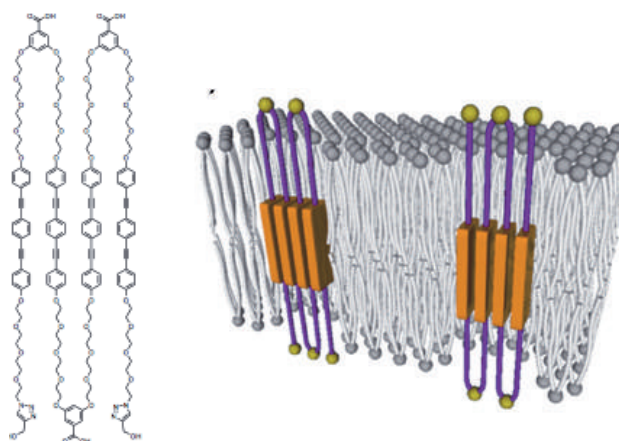
kinbara@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=11>

## 生体分子にヒントを得た新しい機能性物質の開拓

生物の体は様々な機能を有する生体分子から成り立っており、我々が機能性有機物質を作る上で様々なヒントを与えます。例えば、刺激に応答して機械的な動きを起こす生体分子機械は、物理的な運動を通じて物質合成、物質輸送、シグナル伝達などさまざまな機能を発揮しており、有機分子が持つことのできる機能の一つの究極的な姿を示しています。当研究室では、有機合成化学的な手法を武器として、このような生体分子の機能とその発現メカニズムに着目し、これまでに無いような新しい機能を有する新物質、あるいはその機能を自由自在に制御できる人工物質の設計と合成に挑戦しています。一方、別のアプローチとして生体分子の化学修飾により、生体分子と人工分子の利点を取り入れたユニークな機能を有する分子の合成にも力を注いでいます。また、機能性分子の物性に着目した研究として、光機能材料のスピン光化学に関する研究も行っています。

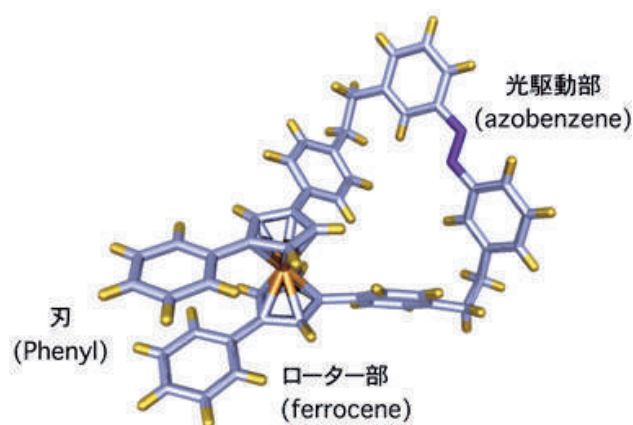
膜タンパク質を模倣したマルチブロック両親媒性分子



## Development of functional molecules inspired by biological systems

We focus on the development of synthetic molecules that are able to mimic or control the functions of biological molecules. Our research interests cover supramolecular chemistry, biomimetic chemistry, and chemical biology. We also have interests in integrating the functions of synthetic molecules and biomacromolecules through their chemical modifications to fabricate unique functional materials, which are not accessible by usual synthetic molecules. Our research activities also include spin chemistry of photofunctional materials.

光に応答して開閉する光駆動分子はさみ



**稲葉 謙次** 教授 Kenji INABA, Professor  
**門倉 広** 准教授 Hiroshi KADOKURA, Associate Professor  
**渡部 聡** 助教 Satoshi WATANABE, Assistant Professor



Biomolecular Structure  
**INABA Lab**  
 生体分子構造研究分野  
**稲葉研究室**

■ 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 ■

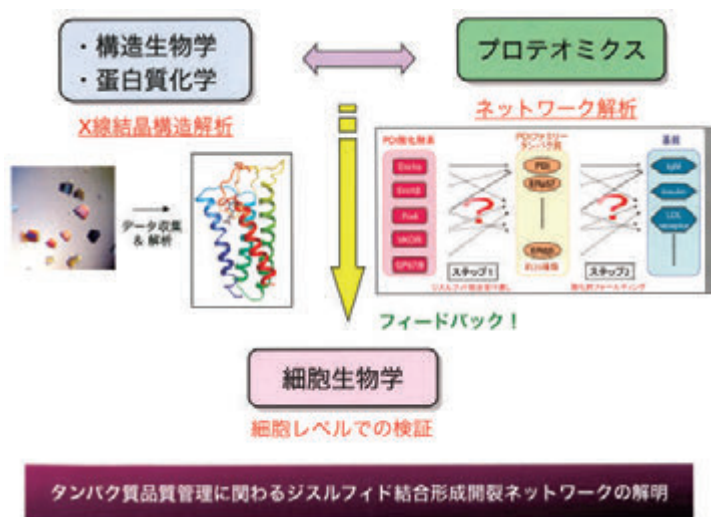
X-ray crystal structure analysis / cellular homeostasis / protein quality control / redox / calcium ion

kinaba@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=87

## 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

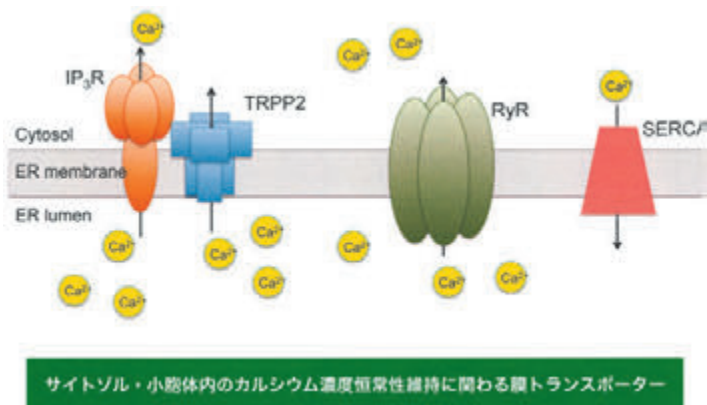
細胞内には、その恒常性を維持するための巧妙な仕組みが備わっています。本研究室では、細胞が有するタンパク質品質管理システムと金属イオン濃度恒常性維持機構の生理的機能と作用機序を、構造生物学・生化学・プロテオミクス・細胞生物学的手法を駆使し、解明することを目指しています。特に最近、ヒト細胞の小胞体におけるシステインの酸化還元を介したネットワークとカルシウムイオン濃度を調節する膜トランスポーターに焦点をあてた研究を展開しています。本研究課題を遂行することにより、細胞内で蓄積するミスフォールドタンパク質などが引き起こす種々の病態の分子レベルでの成因解明につながるかと期待されます。



## 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.



Structural Biology  
and Bioinorganic Chemistry

INABA  
Lab(C)

タンパク機能解析研究分野  
稲葉研究室 (兼)

(兼)稲葉 謙次 教授 Kenji INABA, Professor

松井 敏高 准教授 Toshitaka MATSUI, Associate Professor



■ 専門分野・キーワード ■

生物無機化学 / 金属タンパク質 / 反応機構 / 新規酵素反応

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

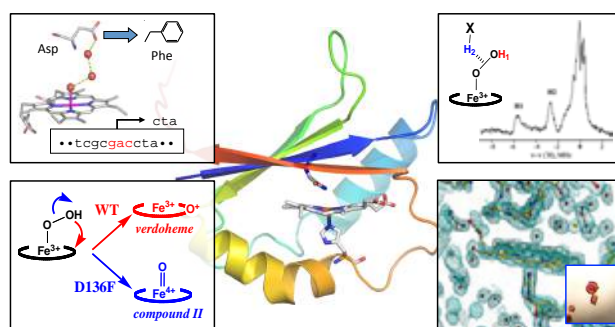
bioinorganic chemistry / metalloproteins / reaction mechanism / novel enzymatic reactions

matsui@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=61>

## 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

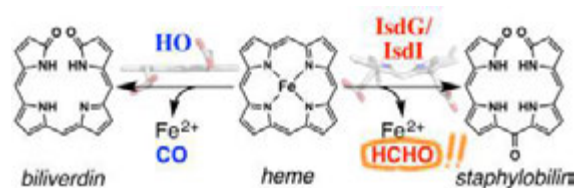
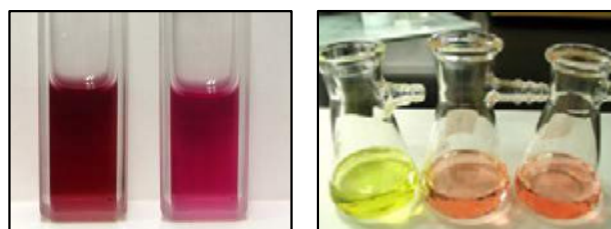
タンパク質は生体内反応の主な担い手であり、最適化された反応機構と構造を持つ事により、重要な生理機能を担っています。特に、金属タンパク質は活性中心の金属イオンを利用して、高い活性・特殊な反応性を発揮しています。当研究室では、精密反応解析・分光測定・X線結晶構造解析などの手法を駆使して、「金属タンパク質の反応と構造」の本質的な理解を目指しています。これらの知見により生物が金属の機能を巧妙に引き出す仕組みを理解するだけでなく、金属中心の特性を利用した新たな薬剤の設計にも取り組んでいます。さらに標的タンパク質における未知反応の探索も進め、細胞レベルでの機能解析も行うことで、新たな生理機能の発見・提案も試みています。現在は主にヘム代謝系の酵素に注目し、病原性細菌の感染・増殖にも関わる特殊なメカニズムの解明などを進めています。



タンパク質の機能・構造への多角的なアプローチ

## Structure–function relationships and novel reactions of metalloproteins

Structures and reaction mechanisms of proteins are optimized for their functions, and metalloproteins in particular would have special machinery to utilize metal ions for their high activities and extended functions. Our research endeavor focuses on elucidation of structure–function relationships of metalloproteins of physiological significance such as heme-degrading enzymes by utilizing the power of advanced biochemical and biophysical techniques, including protein engineering, product and reaction analysis, spectroscopic measurements, and X-ray crystallography. We also aim to discover new biochemical reactions and design novel reagents for our target proteins with rational strategy derived from our investigations.



新たな酵素反応の合理的探索



(兼)高橋 聡 教授	Satoshi TAKAHASHI, Professor
井上 裕一 助教	Yuichi INOUE, Assistant Professor
福岡 創 助教	Hajime FUKUOKA, Assistant Professor



Nano Biophysics  
**TAKAHASHI S. Lab(C)**

生物分子機能計測研究分野  
**高橋(聡)研究室(兼)**

■ 専門分野・キーワード ■

アクトミオシン / バクテリア / ベン毛モーター / 走化性

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

actomyosin / bacteria / flagellar motor / chemotaxis

inoue@tagen.tohoku.ac.jp (井上)

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=32

## 光学顕微鏡による、生体分子の機能の1分子レベルでの解明

生体内においては、ナノスケールの生体分子が運動、情報伝達などの様々な機能を担っています。しかし、この動作原理はまだよくわかっていません。研究室ではこのナノスケールの生体分子の動作原理を解明するために、ナノメートル、ピコニュートンオーダーで生体分子の運動を生きたまま計測する、1分子計測、1分子イメージング装置の開発を行っています。これらの計測装置を用いて、アクトミオシンモーター、バクテリアベン毛モーターなどの運動タンパクの動作原理、情報伝達機構の解明を目指しています。

アクトミオシンモーター。レールタンパクであるアクチンフィラメントとミオシン分子が相互作用し、一方へ運動する。

Actomyosin motor. Myosin molecules interact with actin filament that is a rail protein, and generate directed motion.

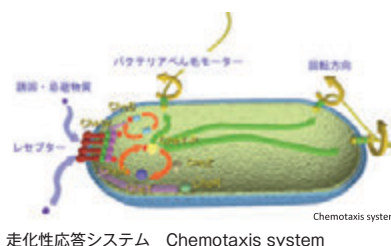


Actomyosin motor

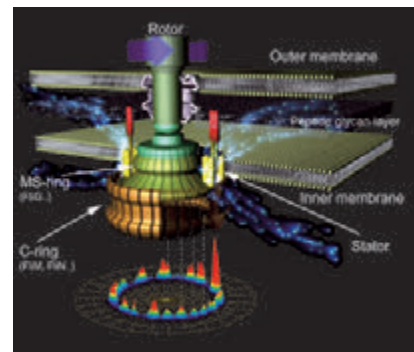
## Elucidation of mechanism of bio molecule at single molecule level by using optical microscope

In biological system, macromolecules in the nanometer scale are key players in various physiological functions, including movement and signal transduction. However, these mechanisms were not understood well still. In my laboratory, in order to understand fundamental principle of mechanism of bio molecules, we are developing single molecule measurements and imaging systems that are capable to measure the movements of bio molecules at nanometer, picoNewton scale. Our goal is to determine the mechanism of bio molecules, for example, actomyosin motor, bac-

teria flagellar motor, signal transduction, and so on, by novel equipments being developing in my laboratory.



走化性応答システム Chemotaxis system



Bacteria flagellar motor

バクテリアベン毛モーター、膜に組み込まれた回転モーターがイオンの流れを使って、回転運動を行う。  
Bacterial flagellar motor. Rotary motor embedded in membrane rotates using flow of ions.

Biological  
and Molecular Dynamics

TAKAHASHI S.  
Lab

生命分子ダイナミクス研究分野

高橋(聡)研究室

高橋 聡 教授 Satoshi TAKAHASHI, Professor

鎌形 清人 助教 Kiyoto KAMAGATA, Assistant Professor

小井川浩之 助教 Hiroyuki OIKAWA, Assistant Professor



■ 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

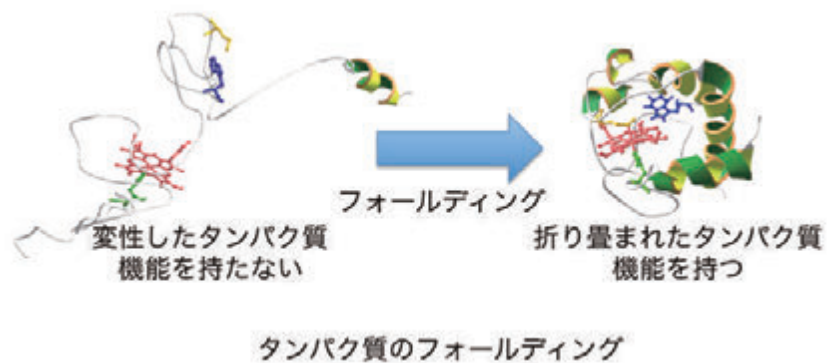
st@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=34

## 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、

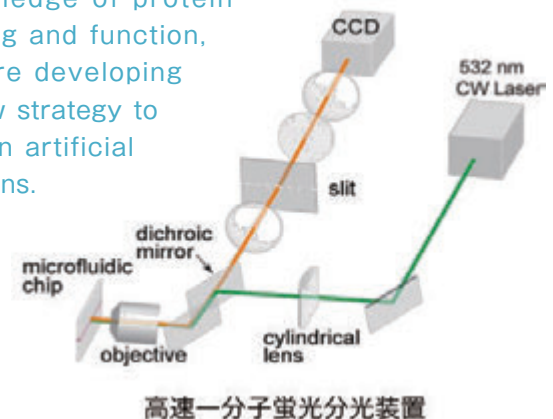
ターゲット配列を探す過程の解明も目指しています。さらに、一分子観察実験により得られたタンパク質フォールディングと機能に関する知見を基に、新規タンパク質をデザインする手法の開発にも取り組んでいます。



## 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.



計算材料熱力学研究分野  
Computational Materials Thermodynamics

## 大谷研究室

OHTANI Lab

- 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
- Compound Energy Formalismを用いた(準安定)規則構造の相平衡の解析
- 希土類磁石材料に関連する多元系状態図の熱力学的解析
- Establishment of materials design base using metastable states
- Thermodynamic analysis on heterogeneous structures in metals
- Investigation on thermodynamic properties of alloy liquids
- Investigation on metastable equilibria for ordered structures using CEF
- Thermodynamic analysis of multicomponent phase diagrams for rare earth based permanent magnets

機能材料微細制御研究分野  
Microstructural Control of Functional Materials

## 鈴木研究室

SUZUKI Lab

- 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

スピン量子物性研究分野  
Quantum Spin Physics

## 佐藤(卓)研究室

SATO T.J. Lab

- 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

ナノスケール磁気デバイス研究分野  
Nanoscale Magnetism and Devices

## 北上研究室

KITAKAMI Lab

- 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
- プローブ顕微鏡によるナノ加工技術
- 単一磁性ナノ粒子の物性・スピンダイナミクス
- 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

超臨界流体・反応研究分野  
Chemical Reaction Engineering

## 横山研究室

YOKOYAMA Lab

- 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

高温材料物理化学研究分野  
High-temperature Physical Chemistry of Materials

## 福山研究室

FUKUYAMA Lab

- 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
- 高温化学反応場における材料プロセス創製
- 強磁性形状記憶合金の薄膜化とマイクロアクチュエータの開発
- Crystal growth and physical chemistry of nitride semiconductors
- Development of high-temperature thermophysical property measurement system
- Material processing using high-temperature chemical reaction fields
- Fabrication of ferromagnetic shape memory alloy films and development of microactuator

# 無機材料研究部門

DIVISION OF INORGANIC MATERIAL RESEARCH

無機材料研究部門は、高純度材料研究分野、金属機能設計研究分野、環境無機材料化学研究分野、機能材料微細制御研究分野、無機材料創製プロセス研究分野、強相関固体物性研究分野、ナノスケール磁気デバイス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 high purity materials, metallurgical design for material functions, environmental inorganic materials chemistry, microstructural control of functional materials, design of advanced inorganic materials, correlated-electron solid-state physics, nanoscale magnetism and devices.

Computational Materials  
Thermodynamics

OHTANI  
Lab

計算材料熱力学研究分野

大谷研究室

大谷 博司 教授 Hiroshi OHTANI, Professor

三村 耕司 准教授 Kouji MIMURA, Associate Professor

打越 雅仁 助教 Masahito UCHIKOSHI, Assistant Professor

榎木 勝徳 助教 Masanori ENOKI, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

計算状態図 / 第一原理計算 / 材料設計 / 高純度金属

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

CALPHAD / first-principles calculations / materials design / high-purity materials

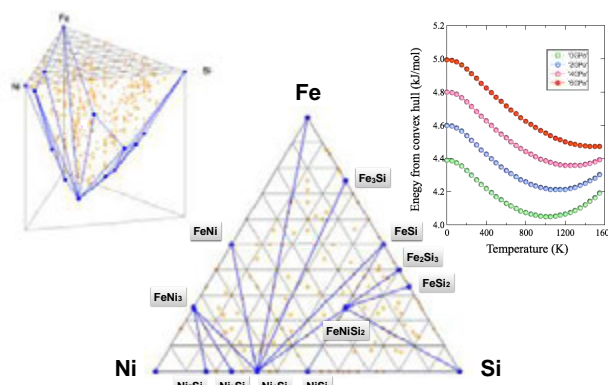
[h.ohtani@tagen.tohoku.ac.jp](mailto:h.ohtani@tagen.tohoku.ac.jp)

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=88>

## 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

熱力学は物理学、化学、工学などの学問分野の礎であり最も学際的な研究領域です。古典熱力学は、実験によるマクロな視点からミクロな物質の内部構造を推定しますが、近年の量子力学に立脚する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。たとえば私たちは、絶対零度での物質の生成エネルギーの第一原理計算や有限温度における自由エネルギーのクラスターによる計算、粒界や積層欠陥の構造・物性、液体やガラス構造の熱力学的性質などを計算する研究を行っています。さらに、不純物を効率的に除去できる高純度化プロセスを用いて世界最高水準の高純度金属を作製し、得られた熱力学物性値を高い精度で検証をしています。私たちはこのような最新の計算手段と実験技法を駆使して、磁性体や半導体、Mg合金をはじめとする次世代の材料開発、融体やガラスの物性評価、状態図計算など、材料学の様々な新

しい問題に挑戦します。

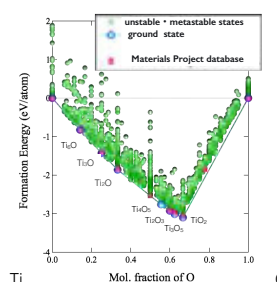


コンビナトリアル法を用いた合金系の安定構造の探索

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

A remarkable development of electronic theory calculation based on quantum mechanics has made it possible to reproduce the thermodynamic properties of materials in simulations. In our division, we are conducting studies on computing the free energies of materials; the structures and physical properties of grain boundaries and stacking faults; and the thermodynamic properties of the liquid and glassy phases by coupling first-principles calculations and cluster variation methods, as well as quantum molecular dynamics. Furthermore, the world's highest-purity materials are produced through a combination of chemical and physical refining methods to confirm the calculated ther-

modynamic properties with high accuracy and to develop new materials such as magnetic materials, semiconductors, and lightweight materials based on Mg and Al alloys.



Ground state analysis using Genetic Algorithm

鈴木 茂 教授 Shigeru SUZUKI, Professor  
 篠田 弘造 准教授 Koza SHINODA, Associate Professor  
 藤枝 俊 助教 Shun FUJIEDA, Assistant Professor



Microstructural Control of Functional Materials  
**SUZUKI Lab**  
 機能材料微細制御研究分野  
**鈴木研究室**

■ 専門分野・キーワード ■  
 機能性材料 / 合金 / 酸化物 / 環境物質  
 ■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■  
 functional materials / alloys / oxides / environmental materials  
 ssuzuki@tagen.tohoku.ac.jp  
 http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=33

## 機能性合金・酸化物の微視的評価と制御

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、X線、電子、イオンなどの様々な手法を用いて、それらの材料の微視的組成や構造を解析するとともに、それらの情報に基づき特性を向上させるためのプロセス等の設計指針について検討しています。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と構造・特性制御、成分やプロセスを制御して作製した機能性多結晶合金の微視的構造の解析や制御などがあります。Fig.1は塑性変形した多結晶形状記憶合金のミクロ組織を示しており、青色部で変態が起こっています。Fig.2は、このような相変態（マルテンサイト変態）の結晶方位の関係を示しています。

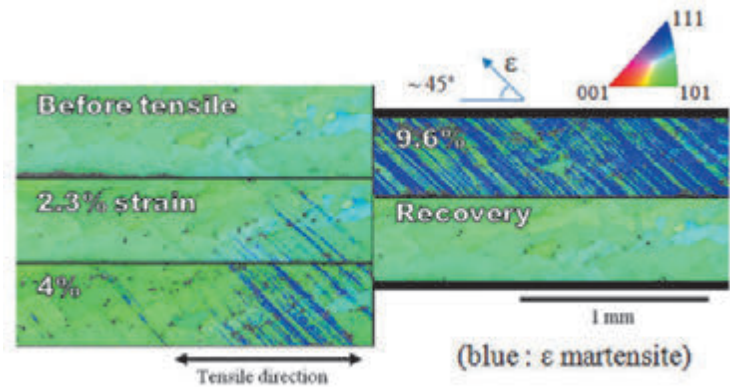


Fig. 1

## Microstructural characterization and control of functional alloys and oxides

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 performances of the advanced materials are designed on the basis of the results. Main subjects are characterization and control of the structure of various metal particles and iron oxides using advanced methods, control of microstructure and texture in novel alloys. Figure 1 shows

microstructure of a deformed shape memory alloy, in which a part of matrix is transformed to the martensitic phase (see Fig.2).

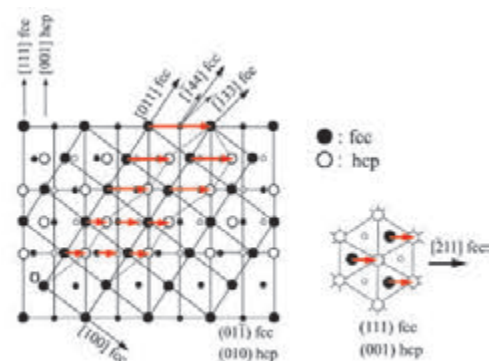


Fig. 2



■ 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

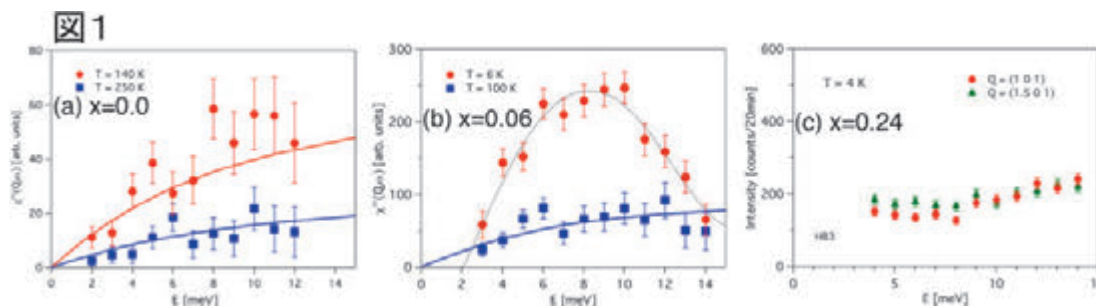
taku@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=80>

## 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イナミクス研究

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<sub>1-x</sub>Co<sub>x</sub>)<sub>2</sub>As<sub>2</sub> 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

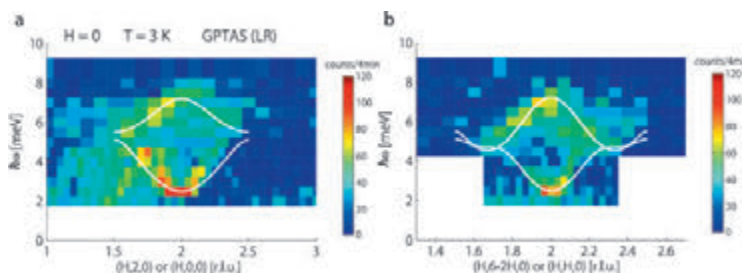
性に典型的なものです。最適ドープ組成 (x=0.06) で発現する超伝導相 (T=6K<T<sub>c</sub>) では強い反強磁性揺らぎが見られます。超伝導が抑制された過剰ドープ (x=0.24) 試料では反強磁性揺らぎ自体が消失します。この結果は超伝導とスピン揺らぎ、更には電子構造との関連を示唆しています。



## 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<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>SnF<sub>12</sub>. 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 detected 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.



北上 修	教授	Osamu KITAKAMI, Professor
岡本 聡	准教授	Satoshi OKAMOTO, Associate Professor
菊池 伸明	助教	Nobuaki KIKUCHI, Assistant Professor



Nanoscale Magnetism  
and Devices  
**KITAKAMI  
Lab**

ナノスケール磁気デバイス研究分野  
**北上研究室**

#### ■ 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／スピンダイナミクス

#### ■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

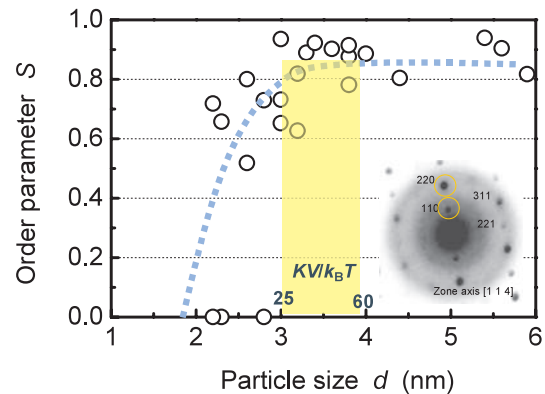
nanomagnet / size effect / magnetic memory / spin dynamics

kitakami@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=30

## 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・スピンダイナミクス、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。

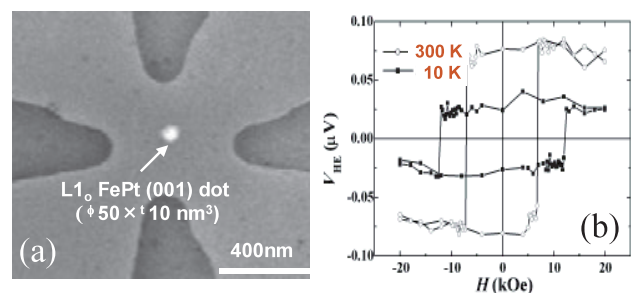


L1<sub>0</sub>FePt粒子の規則度の粒子サイズ依存性。K<sub>V</sub>/k<sub>B</sub>Tは熱安定性指標。挿入図は一粒子からの電子回折パターン。

## 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。

Chemical Reaction Engineering

**YOKOYAMA  
Lab**

超臨界流体・反応研究分野

**横山研究室**

**横山 千昭** 教授 Chiaki YOKOYAMA, Professor

**喬 焜** 助教 Qiao KUN, Assistant Professor

**富田 大輔** 助教 Daisuke TOMITA, Assistant Professor



■ 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

chiaki@tagen.tohoku.ac.jp

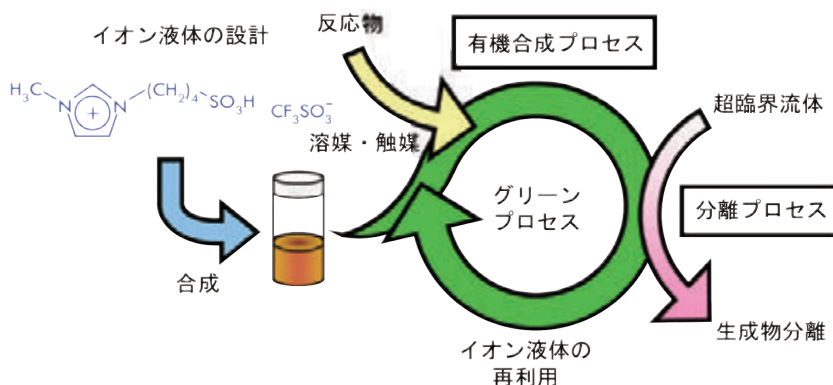
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=63>

## 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モニウムを溶媒としたアモニウム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、アモニウム法における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

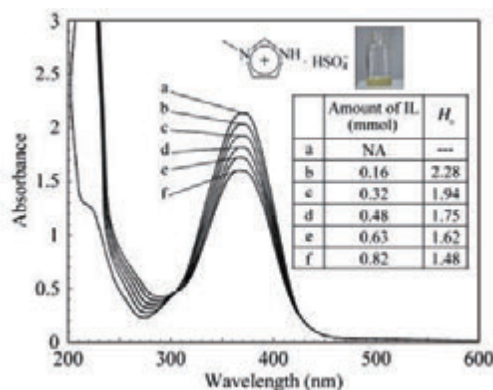
In our laboratory, major research interests focus on thermophysical properties investigations, such as measurement and development of prediction method for a given compound or system regarding its thermophysical properties, as well as explorations of the applications of supercritical CO<sub>2</sub>(scCO<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.





福山 博之 教授 Hiroyuki FUKUYAMA, Professor

大塚 誠 准教授 Makoto OHTSUKA, Associate Professor

安達 正芳 助教 Masayoshi ADACHI, Assistant Professor



High-temperature  
Physical Chemistry of Materials  
**FUKUYAMA  
Lab**

高温材料物理化学研究分野  
**福山研究室**

#### ■ 専門分野・キーワード ■

材料プロセス／化学熱力学／高温融体物性／結晶成長

#### ■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

materials processes / chemical thermodynamics / thermophysical properties of high-temperature melts / crystal growth

fukuyama@tagen.tohoku.ac.jp

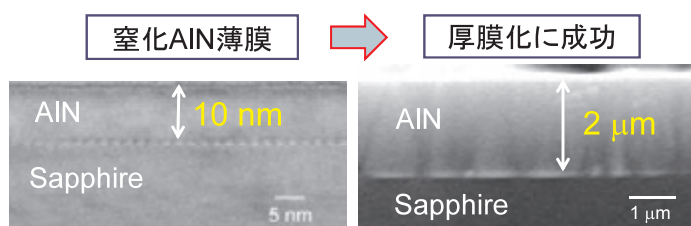
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=17>

## 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

当研究室では、化学熱力学をベースとする材料創製と高温融体の熱物性計測を融合させた新しいものづくりを提唱しています。例えば、窒化物半導体は、次世代照明や光触媒光源など、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、窒化物半導体の結晶成長に起因する課題を克服し、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、熱伝導率および放射率を高精度に計測する世界初の手法を開発しました。この技術をコアとして、さらに密度および表面張力を測定することができる超高

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、未知の高温融体科学を切り拓いていきます。

### Ga-Alフラックスを用いた液相成長法



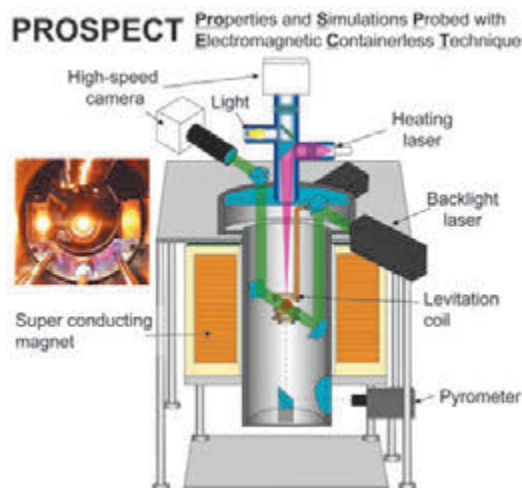
#### Ga-Alフラックスのメリット

- Gaは低融点 (303 K), 高沸点金属 (2477 K), リサイクルが容易
- Ga-Al系は単純共晶系

## 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-temperature

melts, utilizing electromagnetic levitation in a dc magnetic field.





### 基盤素材プロセス研究分野

Base Materials Processing

## 北村研究室

KITAMURA Lab

- 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の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鑄片品質向上
- 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

### 機能性粉体プロセス研究分野

Powder Processing for Functional Materials

## 加納研究室

KANO Lab

- 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
- 機械的微粒子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成
- 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 wastes activated by using mechanochemical method

### 高機能ナノ材料創成研究分野

Nanostructure/Nanointerface Design and Control

## 鈴木研究室(兼)

SUZUKI Lab(O)

- 電子線およびイオンなど汎用アクティブビーム照射による新規ナノ構造体のボトムアップ構築および非平衡物質の創成
- 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
- 低次元ナノ構造制御に基づく高次機能材料設計と創成
- セラミックス基ナノ複合材料の高次構造設計と機能化
- 材料界面形成動的原子素過程の解明および界面特性の高機能化
- 異種材料接合界面など局所での残留応力テンソル実測
- Bottom-up synthesis of novel and nonequilibrium nanostructures under the excited reaction fields, and their superior functions
- Organic-inorganic nanohybrids using high energy ion beam and physico-chemical technologies
- Creation and application of hyper functionalized materials based on low-dimensional nano-structuralization
- Design and functionalization of ceramic-based nano-structured and nanocomposite materials
- Analysis and control of dynamic atomistic reactions at the material interface
- Residual stress tensor measurement in the localized area

### 超臨界ナノ工学研究分野

Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies

## 阿尻研究室(兼)

ADSCHIRI Lab(O)

- 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.

### 光物質科学研究分野

Laser Applied Material Science

## 佐藤(俊)研究室

SATO S. Lab

- 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

### ハイブリッドナノ粒子研究分野

Hybrid Nano-particle

## 村松研究室

MURAMATSU Lab

- 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

### エネルギーシステム研究分野

Energy System

## 佐藤(修)研究室

SATO N. Lab

- 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 materials

# 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、基盤素材プロセス、機能性粉体プロセス、高機能ナノ材料創成、超臨界ナノ工学、光物質科学、ハイブリッドナノ粒子、エネルギーシステム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-System Engineering contains Base-materials processing, Functional powder processing, High-function nanomaterial creation, Supercritical nano-engineering, Photo-material science, Hybrid nanoparticles, and Energy system 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.

Base Materials Processing  
**KITAMURA  
Lab**

基盤素材プロセッシング研究分野  
**北村研究室**

<b>北村 信也</b> 教授	Shin-ya KITAMURA, Professor
<b>植田 滋</b> 准教授	Shigeru UEDA, Associate Professor
<b>金 宣中</b> 助教	Sun-Joong KIM, Assistant Professor



■ 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

kitamura@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=50>

## 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。

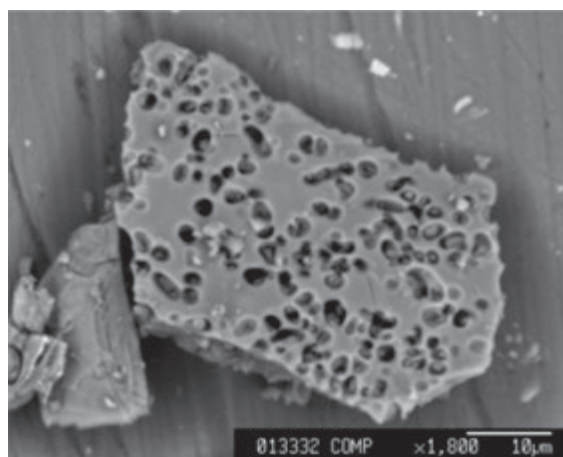


図 製鋼スラグを浸出した結果、燐を含む相が選択的に溶解した様子  
Picture of steelmaking slag after the leaching which shows that the phase containing phosphorus dissolved selectively.

## 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 純也	教授	Junya KANO, Professor
張 其武	准教授	Qiwu ZHANG, Associate Professor
石原 真吾	助教	Shingo ISHIHARA, Assistant Professor

Powder Processing for  
Functional MaterialsKANO  
Lab

機能性粉体プロセス研究分野

加納研究室

## ■ 専門分野・キーワード ■

粉体工学／粉碎／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

kano@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=84>

## 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碎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。

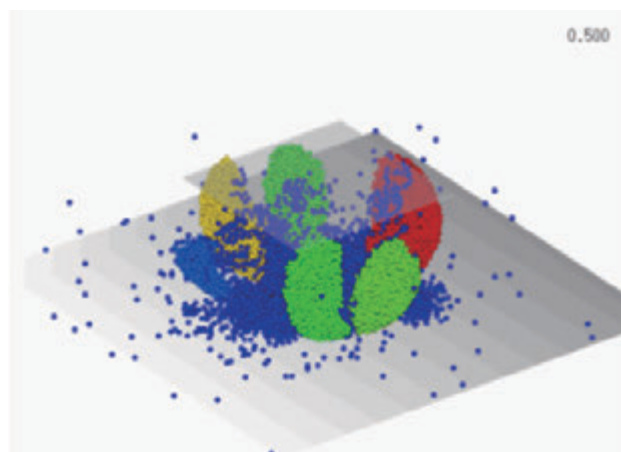


図1 ADEMによる固体粒子破壊挙動のシミュレーション

## 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.

Nanostructure/Nanointerface  
Design and Control

SUZUKI  
Lab(C)

高機能ナノ材料創成研究分野

鈴木研究室(兼)

(兼) 鈴木 茂 教授 Shigeru SUZUKI, Professor

佃 諭志 助教 Satoshi TSUKUDA, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

励起反応場 / イオン照射 / 低次元化合物 / ナノチューブ / ナノワイヤ / 接合界面 / 残留応力テンソル計測

■ SPECIALIZED FIELD · KEY WORD ■

excited reaction fields / low-dimensional nanostructure / nanotube / nanowire / joined interface / residual stress tensor measurement

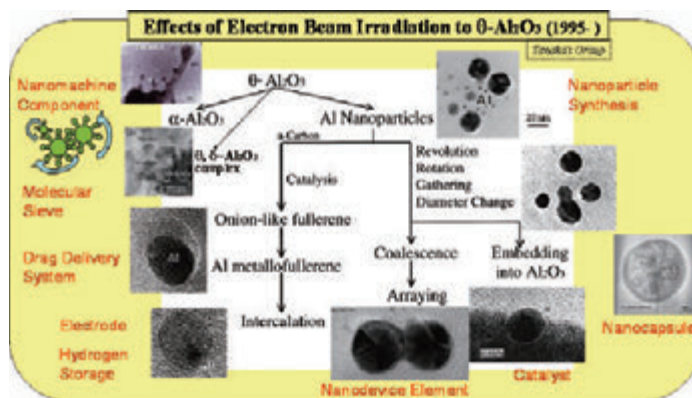
tsukuda@tagen.tohoku.ac.jp (佃)

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=29>

## 原子集団の配列操作によるナノ構造体創成および固体界面制御

当研究分野ではボトムアップ型ナノアーキテクチャーとして「励起反応場」に着目し、多様な次元性を有する非平衡物質や低次元ナノ材料の創成、ハイブリッド構造体構築、ナノ構造と表面・界面制御、高次機能特性制御などを金属・セラミックス・半導体・高分子で実現し、広義の次世代ナノデバイス構成要素を提供することを目指しています。ナノ構造創成では、電子線やイオンなどの汎用アクティブビーム照射を用いた新規ナノ構造体のボトムアップ的構築と、高エネルギー重粒子線の単一飛跡内での限定空間架橋反応を利用した1次元ハイブリッドナノ構造体誘起を研究し、その任意設計性を活かしたセンサー・アクチュエーター材料への応用を目指します。更には化学反応場を用いた低次元ナノ構造制御に基づく酸化ナノチューブの高次機能設計と環境・エネルギー分野への応用、ナノ複合材料の機能

化、異種材料界面制御による界面機能化および残留応力テンソル分布計測に関する研究を行っています。

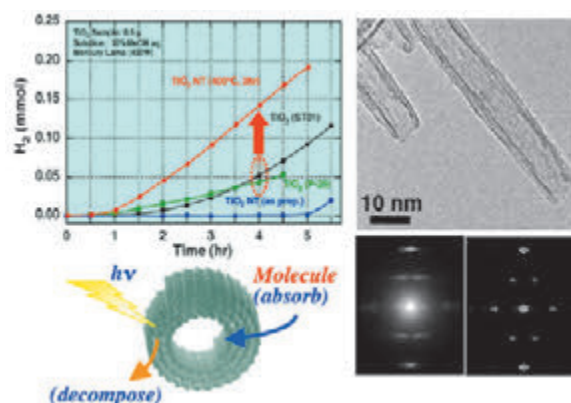


準安定 Al 酸化物に電子線を照射して得られる各種ナノ構造体

## Advanced nanostructures and functions based on bottom-up physically and chemically activated reaction field technologies

We are aiming to create and evolve various hyper-functionalized and advanced nanostructures which would be key-materials for nano-devices in the next generation. For these purposes, we are designing and controlling under the "physically and chemically activated reaction field" such as novel active energy beam and/or chemical reaction field, and are utilizing them to develop novel nanostructure, nanohybrids, low-dimensional nanomaterials, nanocomposites and hetero-interfaces based on the bottom-up design. Further we are designing superior functions of these advanced materials based on the structure control. Processing-structures-functions relations are also extensively in-

vestigated by utilizing various materials/devices analysis technologies.



阿尻 雅文 教授 Tadafumi ADSCHIRI, Professor

高見 誠一 准教授 Seichi TAKAMI, Associate Professor

有田 稔彦 助教 Toshihiko ARITA, Assistant Professor



Supercritical Fluid  
and Hybrid Nano Technologies

ADSCHIRI  
Lab (C)

超臨界ナノ工学研究分野

阿尻研究室 (兼)

### ■ 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

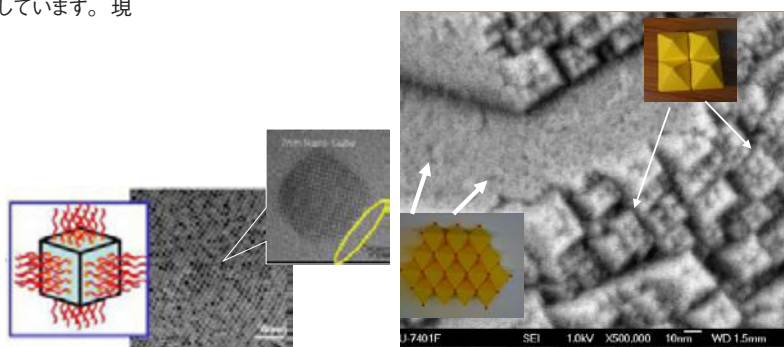
ajiri@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=49>

## 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

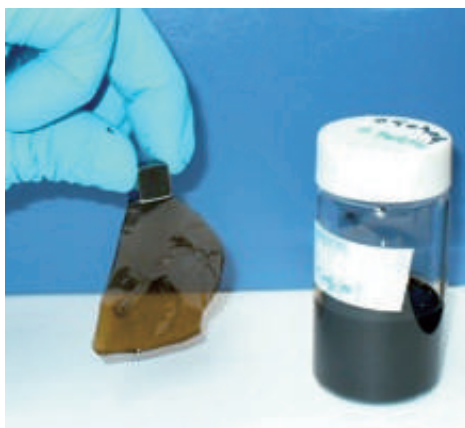
「超ハイブリッド材料」やさらに超高濃度化しても流動するセラミクス（フルイディックセラミクス）の創製も試んでいます。この超高濃度ナノ粒子分散系の相挙動や粘弾性挙動については、今まで学問が十分に発展してきておらず、新たな科学の創成にも挑戦しています。



## 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%

Laser Applied Material Science

SATO S.  
Lab

光物質科学研究分野

佐藤(俊)研究室

佐藤 俊一 教授 Shunichi SATO, Professor

中村 貴宏 助教 Takahiro NAKAMURA, Assistant Professor

小澤 祐市 助教 Yuichi KOZAWA, Assistant Professor



■ 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

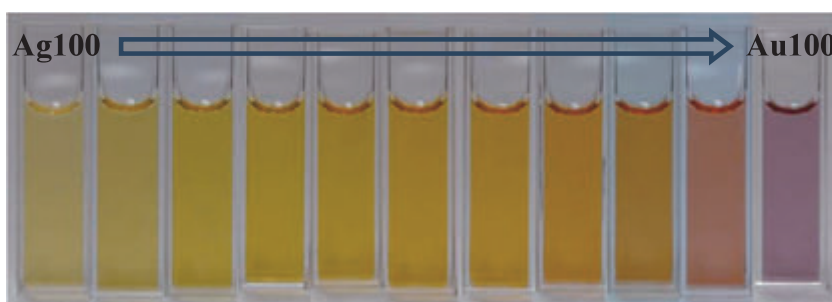
sato@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=31>

## 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。

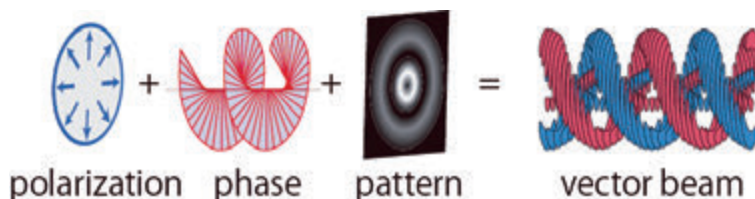


金と銀の合金ナノ微粒子の分散液。左から右にかけて金の割合が増えている。

## 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 characteristics 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.



**村松 淳司** 教授 Atsushi MURAMATSU, Professor  
**蟹江 澄志** 准教授 Kiyoshi KANIE, Associate Professor  
**中谷 昌史** 助教 Masahumi NAKAYA, Assistant Professor



Hybrid Nano-particle  
**MURAMATSU Lab**

ハイブリッドナノ粒子研究分野  
**村松研究室**

■ 専門分野・キーワード ■

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

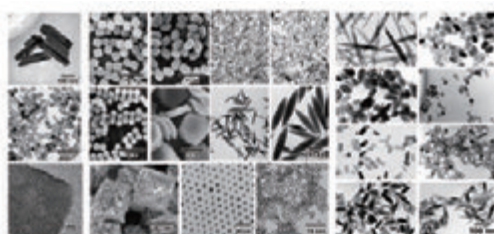
■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

hybrid liquid crystal / organic- inorganic hybrid nano-materials / energy catalysts / promoted semiconductor nano-dots

mura@tagen.tohoku.ac.jp  
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=15>

## 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-無機ハイブリッド液晶材料、光応答性ベシクル、鉄系ナノ粒子、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。



単分散性 ITO ナノ粒子  
 圧粉体抵抗:  $5 \times 10^4 \Omega \text{ cm}$  を達成  
 単分散性 ITO ナノ粒子の HR-TEM, FT 像  
 プルゲル懸液を使用した単分散高結晶性 ITO ナノ粒子溶媒サーマル合成  
 原料前駆体 黄色ゲル状前駆体 反応後 ITO 懸濁液  
 250 °C 1 h 250 °C 96 h  
 Chem. Lett., 37, 1279 (2008); Mater. Trans., 44, 2068 (2009);  
 J. Mater. Chem., 20, 8333 (2010); Chem. Lett., 42, 798 (2013);  
 5.64 Å; 0.061 planes  
 単分散高結晶性 ITO ナノ粒子

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

Highly functional materials, such as Fe nanoparticles, 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”

高熱安定性材料  
 高導電性材料  
 高圧電素子材料  
 高圧電素子材料  
 高圧電素子材料

高熱安定性材料  
 高導電性材料  
 高圧電素子材料  
 高圧電素子材料

高圧電素子材料  
 高圧電素子材料  
 高圧電素子材料

Energy System

SATO N.  
Lab

エネルギーシステム研究分野

佐藤(修)研究室

佐藤 修彰 教授 Nobuaki SATO, Professor

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 ■

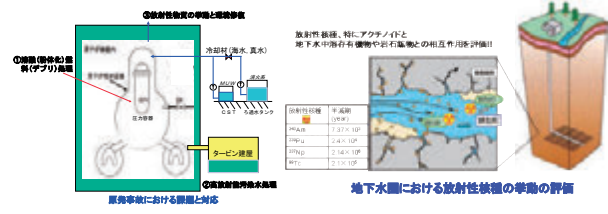
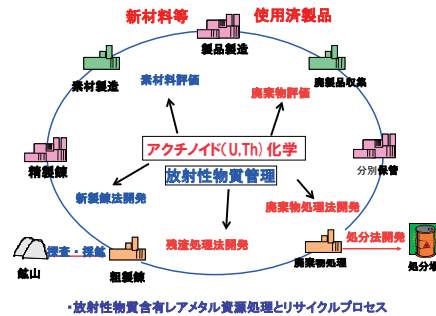
actinide chemistry / nuclear fuel cycle / energy resources / rare metal processing / radioactive waste management

dragon@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=51

## 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 PUREX. Besides, the basic solution chemistry of actinides

elements is studied to perform more reliable safety assessment of radioactive waste ground disposal.

### 福島第一原子力発電所事故への対応

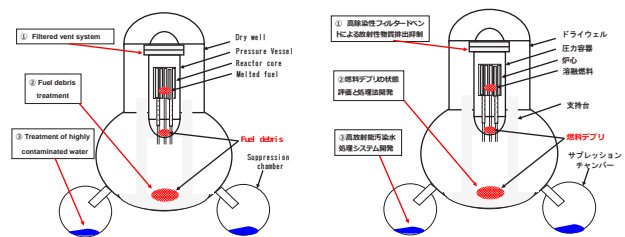


図2 原発事故に係る課題と対応

## 電子分子動力学研究分野

Electron and Molecular Dynamics

### 上田研究室

UEDA Lab

- 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

## 量子電子科学研究分野

Quantum Electron Science

### 高橋 (正) 研究室

TAKAHASHI M. Lab

- 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

## 量子ビーム計測研究分野

Quantum Beam Measurements

### 百生研究室

MOMOSE Lab

- 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

## 構造材料物性研究分野

Structural Physics and Crystal Physics

### 木村研究室

KIMURA Lab

- 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

## 分光化学研究分野

Spectrochemistry

### 上田研究室 (兼)

UEDA Lab (C)

- 高出力パルスESRIによる生体分子の構造と機能の相関
- 多周波 ESR による生体分子の構造ダイナミクス
- 新規 ESR 計測法の開発 (高出力短パルス ESR、パルス磁場勾配、表面測定用 ESR イメージング装置、マイクロ波デバイスの数値解析と試作)
- ESRスペクトル、時系列解析法 (線形予測、wavelet 解析) の開発

- Structure-function relationships of biological molecular systems studied by high power pulsed ESR.
- Structural dynamics of biological systems studied by multi-frequency ESR.
- Development of new ESR instrumentation and measurement methods (high- and short-pulse ESR, pulsed field gradient, and imaging system for surface, design and construction of microwave devices based on a numerical analysis).
- Development of theoretical-analysis methods of an ESR spectrum and time domain signals.

## ナノ界面化学研究分野

Nano-surface Chemistry

### 栗原研究室 (兼)

KURIHARA Lab (C)

- 装置の開発 (新規表面力装置、ナノライポロジー・ナノレオロジー評価法など)

- 固-液界面における水素結合による分子組織体の評価と材料への応用

- 限定ナノ空間の液体の構造・特性の解明

- 高分子電解質並びに高分子ブラシの構造と相互作用の研究

- たんぱく質-DNAなど生体分子間相互作用の直接評価

- Novel instrumentation: surface force apparatus (SFA), resonance shear measurement (RSM) system, etc
- Study of molecular macrocluster formation and its application for the material designing
- Analysis of structures and properties of liquids in confined space
- Characterization of complex systems: polyelectrolyte and polymer brush layers
- Direct measurement of interactions involved in molecular recognition such as protein-DNA

## 表面物理プロセス研究分野

Surface Physics and Processing

### 高桑研究室

TAKAKUWA Lab

- 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

## 量子光エレクトロニクス研究分野

Quantum Optoelectronics

### 秩父研究室

CHICHIBU Lab

- 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パッチ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 multifunctional oxide thin films

# 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、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, and electromagnetic waves. Including interpretation of the underlying mechanisms of functioning, we will achieve a new development of the research areas of atomic and molecular spectroscopy, interfacial nano-science, and condensed matter physics.

Electron  
and Molecular Dynamics

UEDA  
Lab

電子分子動力学研究分野

上田研究室

上田 潔 教授 Kiyoshi UEDA, Professor

奥西みさき 助教 Misaki OKUNISHI, Assistant Professor

福澤 宏宣 助教 Hironobu FUKUZAWA, Assistant Professor



■ 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

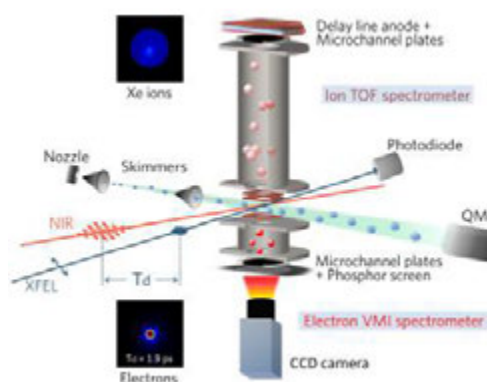
ueda@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=44>

## 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、電子の動きを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、超短パルスレーザー、世界最高分解能軟X線放射光、世界でまだ2ヶ所では稼働してい

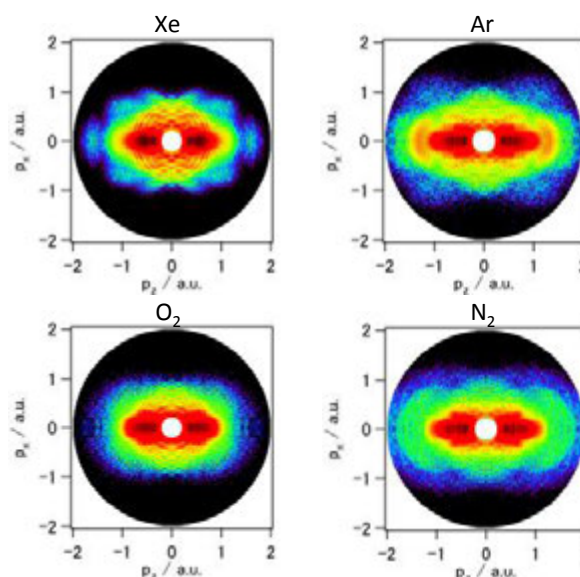
ないX線自由電子レーザー等の最先端光源を駆使して、研究を進めています。



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 laser pulses, ultrahigh resolution soft x-ray synchrotron radiation, and ultra-short wavelength free-electron lasers that have just constructed.



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 正彦 教授 Masahiko TAKAHASHI, Professor

渡邊 昇 准教授 Noboru WATANABE, Associate Professor

山崎 優一 助教 Masakazu YAMAZAKI, Assistant Professor



Quantum Electron Science

TAKAHASHI M.  
Lab

量子電子科学研究分野

高橋(正)研究室

#### ■ 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

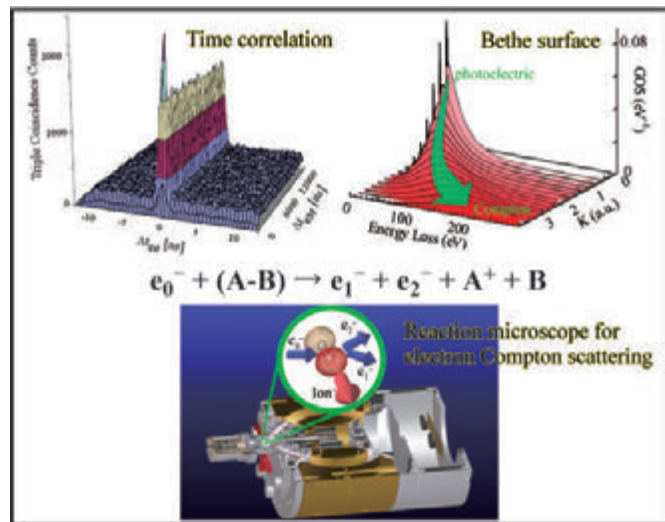
masahiko@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=42

## 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



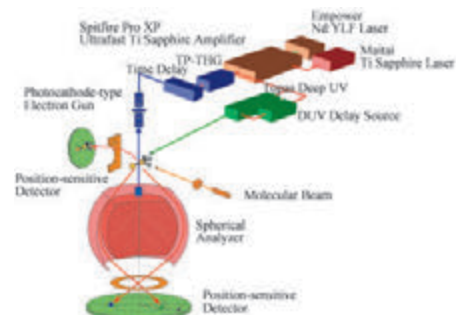
## Visualization of electron motion in matter by means of electron compton scattering

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.



Quantum Beam Measurements

MOMOSE  
Lab

量子ビーム計測研究分野

百生研究室

百生 敦 教授 Atsushi MOMOSE, Professor

矢代 航 准教授 Wataru YASHIRO, Associate Professor



■ 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

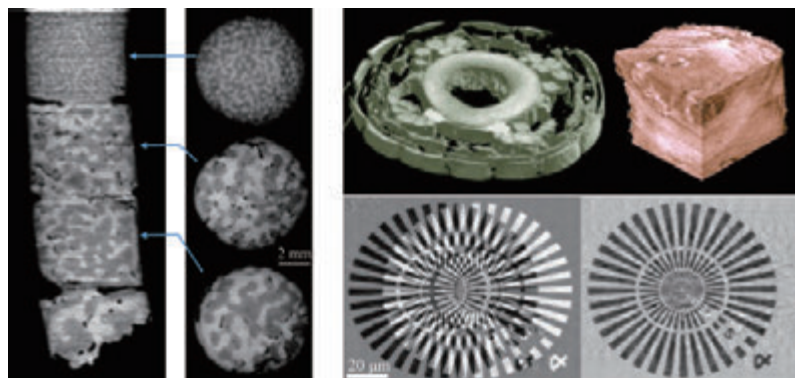
[momose@tagen.tohoku.ac.jp](mailto:momose@tagen.tohoku.ac.jp)

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=81>

## 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。

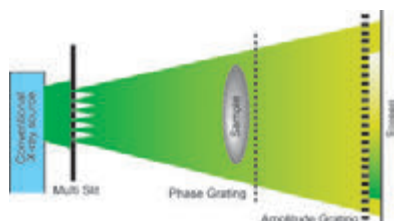


イメージギャラリー: 位相 CT による PS/PMMA ブレンドの相分離構造(左)、マウス尻尾軟骨(中央上)及び、ウサギ肝臓内の悪性腫瘍(右上)。位相敏感 X 線顕微鏡への適用例(右下)

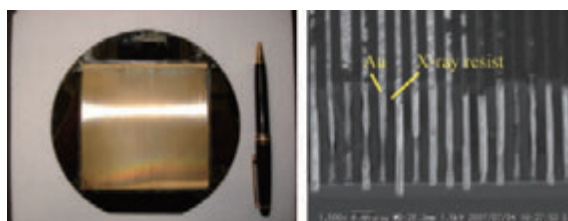
## Observation using wave nature of quantum beam

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 pow-

erful 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—

木村 宏之 教授      Hiroyuki KIMURA, Professor  
 坂倉 輝俊 助教      Terutoshi SAKAKURA, Assistant Professor



Structural Physics  
and Crystal Physics  
**KIMURA  
Lab**

構造材料物性研究分野  
**木村研究室**

■ 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

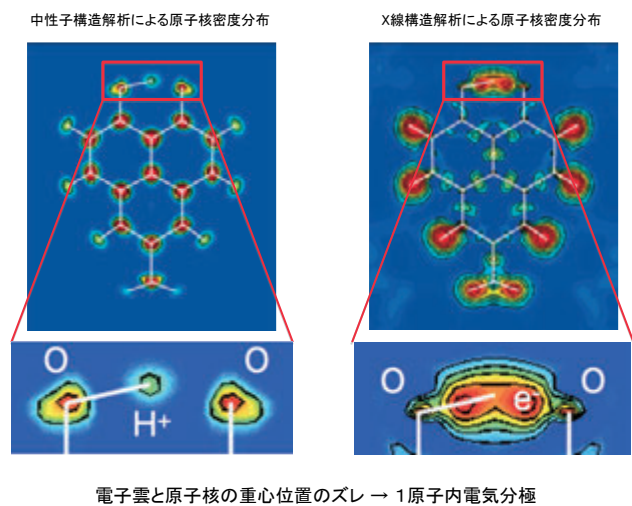
■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

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

kimura@tagen.tohoku.ac.jp  
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=89>

## 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

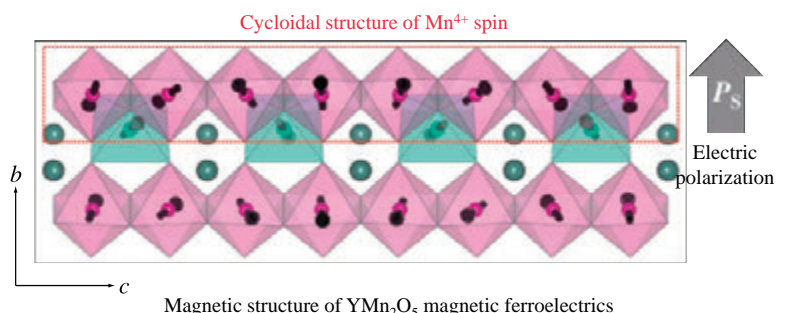
当研究室では低温・強磁場・高圧下の多様な環境条件の下で、X線・放射光・中性子を用いた高分解能結晶構造解析のための計測技術確立と、精密な電子密度あるいは原子核密度の分布解析に基づく物質の構造相転移及び物性の機能発現の起源について研究を行っている。図に示すのは、中性子とX線構造解析により可視化された水素結合型誘電体の原子核密度分布と、水素原子に注目した電子密度分布である。酸素原子に挟まれた水素原子内で、原子核と電子の重心位置がずれる事により、1原子内で巨大な電気分極（電子分極と呼ぶ）が生じている事を示している。その他にも、磁性強誘電体における巨大電気磁気効果について、結晶・磁気構造解析の立場からそ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。



## 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 material 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.



Spectrochemistry

UEDA  
Lab(C)

分光化学研究分野

上田研究室(兼)

(兼)上田 潔 教授 Kiyoshi UEDA, Professor

大庭 裕範 准教授 Yasunori OHBA, Associate Professor



■ 専門分野・キーワード ■

周波 ESR / トロポニン / タンパクフォールディング / イメージング

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

pulsed EPR / multifrequency ESR / troponin / folding / imaging

yohba@tagen.tohoku.ac.jp (大庭)

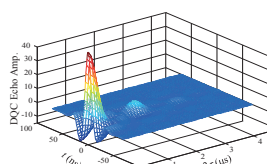
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=40>

## スピン化学: ESR 分光法の開発と巨大分子系の構造とダイナミクス

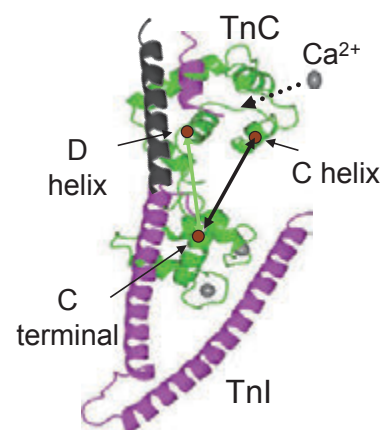
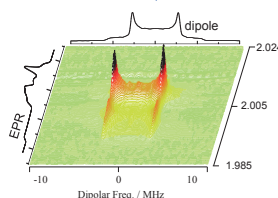
電子スピン共鳴 (ESR) は分子の構造・電子状態・運動性を鋭敏に反映し、多くの相互作用を含んでいる。そのため、対象とする系に応じて、パルス化や高周波化、多重共鳴などの手法を駆使することにより、有用な情報を選択的に得ることが重要となる。本研究分野では、特にタンパクのような巨大分子系の動的・静的構造と機能との相関の解明を目的として、先端的な ESR 法を中心とする装置や方法論の開発とその応用研究を行っている。

1. 高出力パルス ESR による生体分子の構造と機能の相関
2. 多周波 ESR による生体分子の機能と構造のダイナミクス
3. パルス磁場勾配 ESR 装置の開発
4. 表面測定用 ESR イメージング装置の開発
5. パルス ESR 用マイクロ波デバイスの数値解析による設計と試作
6. 時系列解析法 (線形予測、wavelet 解析) の開発

### 7. ESR スペクトルシミュレーション法の開発



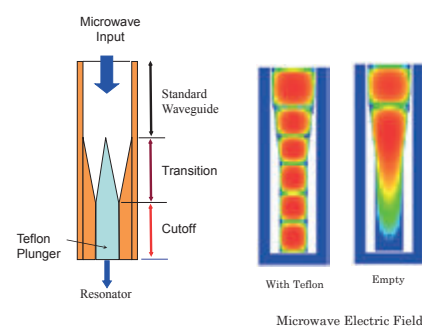
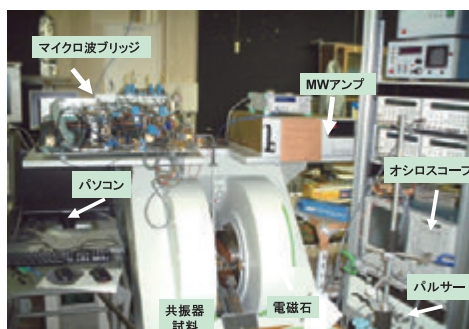
FT



## Development of ESR spectroscopy and studies of structure and dynamics of large scale molecular systems

Electron spin resonance (ESR) is a useful tool to study molecular systems because an electron spin is sensitive to its environment. To extract information about structure, electronic states and dynamics from ESR, separation of specific interaction is important. Main subjects of our group are followings. 1) Development of ESR techniques in both of methodology and instrumentation especially for high power pulsed ESR. 2) Application of these methods to protein

systems: a) structure-function relationship of troponin from heart muscle, and b) folding-unfolding dynamics of model protein BDPA.





**栗原 和枝** 教授 Kazue KURIHARA, Professor  
**水上 雅史** 准教授 Masashi MIZUKAMI, Associate Professor  
**田邊 匡生** 准教授 Tadao TANABE, Associate Professor  
**粕谷 素洋** 助教 Motohiro KASUYA, Assistant Professor



Nano-surface Chemistry  
**KURIHARA Lab (C)**  
 ナノ界面化学研究分野  
**栗原研究室 (兼)**

■ 専門分野・キーワード ■

表面力 / 共振ずり測定 / 分子集合体 / 閉じ込め液体 / トライボロジー

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

surface forces measurement / resonance shear measurement / molecular assemblies / confined liquid / tribology

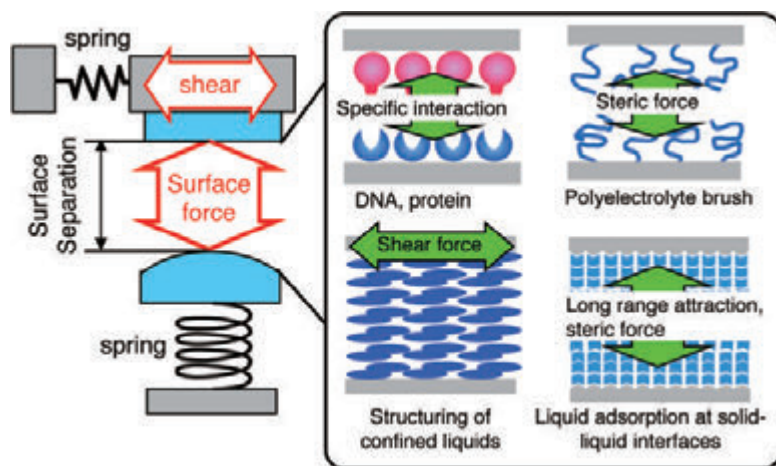
kurihara@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=60

## ナノ界面化学

2つの表面間に働く相互作用力(斥力、引力、接着力)を表面間の距離を変えて直接測定する表面力測定、ならびに当研究分野にて開発した液体薄膜の構造化挙動やナノレオロジー・ナノトライボロジーを高感度で評価できるナノ共振ずり測定法を中心手段として、表面・界面における現象、ならびに表面および分子間の相互作用を具体的に分子レベルで解明する新しい物性研究分野を開拓しています。

またナノテクノロジーの基盤技術として、これらのナノ計測装置・評価法の高度化を進めるとともに、実用材料の評価にも成果をあげています。例えば、当研究分野にて開発したツインパス法により、従来法では測定不可能であった金属、セラミックス等の不透明

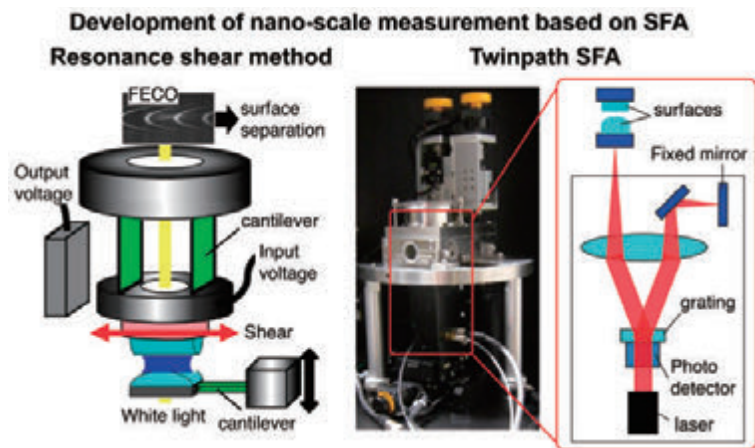


基板の表面力測定が可能となりました。さらに蛍光分光法や電気化学計測との複合化にも取り組んでいます。

## Nano-surface chemistry

Our research aims at developing methods, including instrumentation, for characterizing surface (or interface) at the nano-meter level. Most of our research subjects are related to the surface forces measurement, which can directly monitor the interaction between two surfaces (attraction, repulsion and adhesion forces). We study phenomena occurring at the solid-liquid interface such as adsorption and structuring of liquids. Self-assembled molecular architectures and biological interactions are also studied. We have developed the resonance shear measurement which is a sensitive method for evaluating properties of confined liquid for nano-

reology and tribology. Twin-path surface forces apparatus we developed enabled us to study wide variety of samples such as metals and ceramics.



高桑 雄二 教授 Yuji TAKAKUWA, Professor

虻川 匡司 准教授 Tadashi ABUKAWA, Associate Professor

小川 修一 助教 Shuichi OGAWA, Assistant Professor



### ■ 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

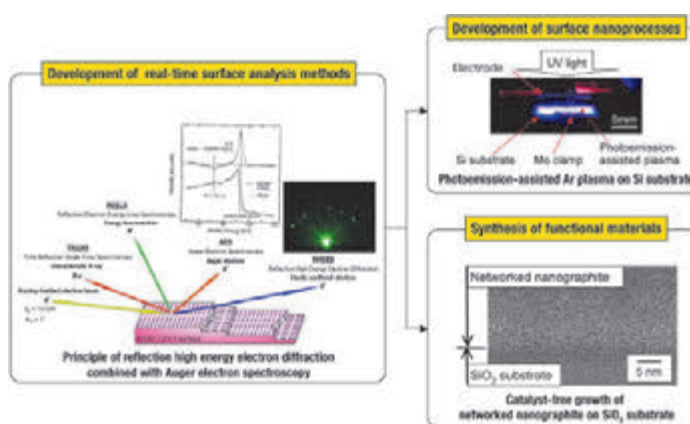
takakuwa@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=77

## 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.

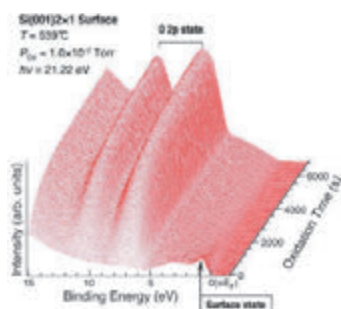


Fig.1. Time evolution of photoelectron spectra taken during exposing Si(001) surface with O<sub>2</sub>.

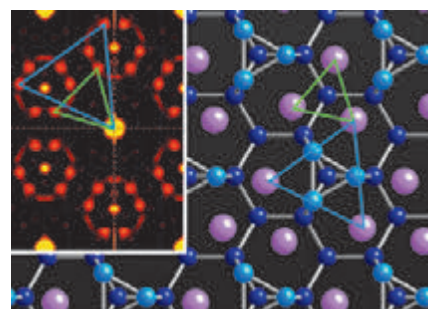


Fig.2. Patterson map (inset) and structure model of Si(111) $\sqrt{3}\times\sqrt{3}$ -Ag surface obtained by Weissenberg RHEED.

**秩父 重英** 教授 Shigefusa F. CHICHIBU, Professor  
**小島 一信** 准教授 Kazunobu KOJIMA, Associate Professor  
**山崎 芳樹** 助教 Yoshiki YAMAZAKI, Assistant Professor



Quantum Optoelectronics  
**CHICHIBU Lab**  
 量子光エレクトロニクス研究分野  
**秩父研究室**

■ 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

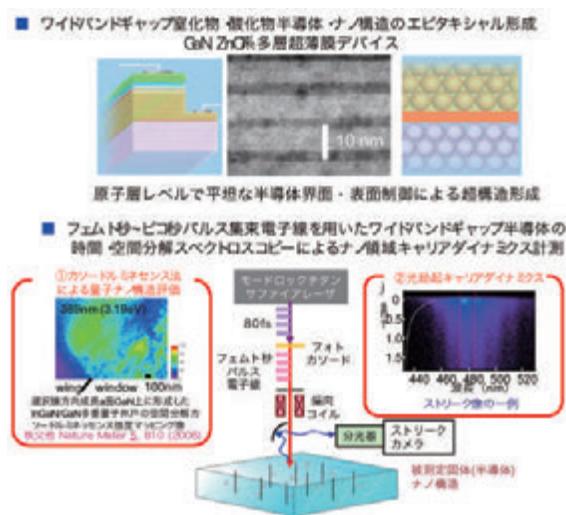
■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

Wide bandgap semiconductors / Quantum nanostructures / Carrier dynamics / Spatio-time-resolved spectroscopy

chichibu@tagen.tohoku.ac.jp  
 http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/chichibu/index-j.html

## 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

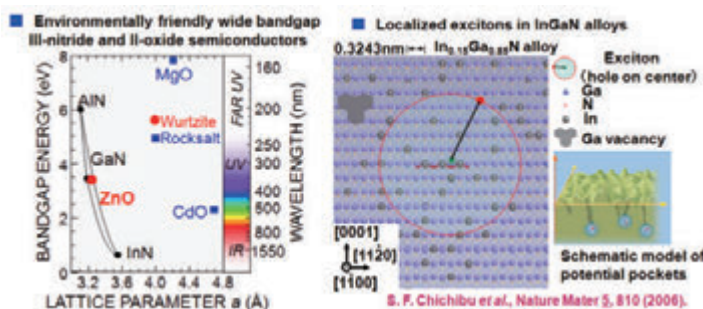
光子系（電磁波）と電子系（励起子）の機能融合を実現する量子構造デバイス半導体として、禁制帯幅に相当する波長が200nm 台の深紫外線から近赤外線まで広範囲をカバーし、環境にも人間生活にも優しい（プラネットコンシャスな）AlN, GaN, InN 等のIII族窒化物半導体や ZnO, MgO 等のII族酸化物半導体、更には TiO<sub>2</sub> 等の金属酸化物半導体にスポットライトを当て、有機金属化学気相エピタキシー法、分子線エピタキシー法によって、原子層レベルで平坦な表面・界面を持つ半導体ナノ超薄膜や構造のエピタキシャル形成を行います。また、それらメソスコピック・ナノ構造のフェムト秒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 focused pulsed electron beams using a home-made, spatio-time-resolved cathodoluminescence system equipped with a photoelectron-gun.





# ナノ流体エンジニアリング 共同研究部門

JOINT RESEARCH DIVISION OF NANO-FLUID ENGINEERING

# JOINT RESEARCH DIVISION OF NANO-FLUID ENGINEERING

ナノ流体エンジニアリング  
共同研究部門

村松 淳司 教授(研究代表者) Atsushi MURAMATSU, Professor

阿尻 雅文 教授 Tadafumi ADSCHIRI, Professor

鈴木 明 教授 Akira SUZUKI, Professor



## ■ 専門分野・キーワード ■

ナノ粒子／ナノフルイド／超臨界水法

## ■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

nano-particle / nano-fluid / supercritical method

mura@tagen.tohoku.ac.jp

## ナノ粒子と各種ポリマーとの機能性材料化技術の開発

当研究部門では、ナノ材料を産業界で広く利用すべく、超臨界技術を用いてナノ粒子を各種ポリマーに高濃度に分散したソフトマテリアル化(ナノフルイド化)技術を構築し、それらを最適に塗布・印刷することにより高機能性材料やデバイス作成のための基盤技術開発を行います。

具体的な研究テーマは以下の通りです。

### a. ナノ粒子の有機修飾法に関する研究

ナノ粒子を対象とするポリマーとの相溶性に優れている有機溶媒に高濃度高分散できる有機修飾法を研究する。

### b. ナノフルイド化技術の開発

有機修飾ナノ粒子を目的に応じてナノフルイド(ナノ塗料、ナノインク)化する技術の開発を行う。

### c. ナノフルイド塗布・印刷技術の開発

超臨界技術等を用いてナノフルイド(ナノ塗料、ナノインク)を各種

材料の表面に塗布、印刷を行う技術を開発する。

### d. 超臨界水処理プロセスのエンジニアリング検討

超臨界水処理プロセスの各工程(圧入、加熱、反応、冷却、減圧、分離精製)について、エンジニアリング検討を行う。



超臨界ナノフルイド塗布  
Supercritical coating of nano-fluids

## Development on processing technology for functional materials consisted of nano-particle and polymer

To be widely used in industry, soft-materials (nano-fluids) in which nano-particles by supercritical method are dispersed in high concentration to various polymer are developed, and fundamental technology for manufacturing high functional materials and devices by coating and printing nano-fluids is studied.

### a. Research on organic modification for nano-particles

### b. Development on processing technology for nano-fluids

### c. Development on coating and printing of nano-fluids

### e. Engineering study on supercritical processes



High functionalization of paint and ink

## エネルギーデバイス化学研究分野

Chemistry of Energy Conversion Devices

### 本間研究室

HONMA Lab

- 高容量・高出力型リチウム二次電池
- 大容量キャパシタの設計
- 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・プラズマ・レーザー等を用いた先端デバイスプロセスの基礎研究
- グリーンデバイスの放射光分光分析
- High power and high energy lithium-ion batteries
- Design of high energy capacitor
- Development of novel materials and devices for solar cells and fuel cells
- Advanced device processing using supercritical fluids/plasma/laser
- Spectroscopic analysis of green devices using synchrotron radiation

## 固体イオニクス・デバイス研究分野

Solid State Ionic Devices

### 雨澤研究室

AMEZAWA Lab

- 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その場分析技術の開発
- 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 in situ analytical techniques for electrochemical energy conversion devices.
- Basic research on electrochemical phenomena at hetero-interfaces
- Design and synthesis of novel solid state ionic conductors

## 固体イオン物理研究分野

Solid State Ion Physics

### 河村研究室

KAWAMURA Lab

- 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

## 環境適合素材プロセス研究分野

Environmental-Conscious Materials Processing

### 埜上研究室

NOGAMI Lab

- 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界制御技術開発
- 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

## 材料分離プロセス研究分野

Materials Separation Processing

### 柴田(浩)研究室

SHIBATA H. Lab

- 熔融珪酸塩中の伝熱機構
- 熔融珪酸塩の粘性と構造
- Fe 基合金における包晶反応・変態の速度論
- 固体鋼中の非金属介在物の反応
- レアメタルのリサイクルと凝固
- Mechanism of heat transfer in molten silicates
- Relationship between network structure and viscosity of molten silicates
- Kinetics of peritectic reaction and transformation of Fe-based alloys
- Mechanism of solid state reaction between oxides and alloys
- Mechanism of recycling and solidification of rare metals

## 金属資源循環システム研究分野

Metallurgy and Recycling System for Metal Resources Circulation

### 柴田(悦)研究室

SHIBATA E. Lab

- 「希少元素高効率抽出技術」の開発
- 「人工鉱床～Reserve to Stock～」新しい金属リサイクルへの取り組み
- 選択硫化法及び溶媒抽出法等を用いたレアアース回収技術開発の基礎研究
- 海底熱水鉱床鉱石の乾式製錬プロセスの開発
- 希土類磁石スクラップのリサイクルプロセスの開発
- 廃電気・電子機器中の臭素系難燃プラスチックの熱分解機構の解明と金属分の臭素化揮発反応に関する研究
- バグフィルタにおける脱ハロゲン機構に関する基礎的研究
- スコロタイト合成による砒素の安定固定化技術の開発
- 廃小型家電製品等からのタンタル回収技術の開発
- コンクリート廃棄物の再資源化プロセスの開発
- 超音波照射下のマイクロバブルの挙動を利用した新規物理洗浄法
- High efficiency rare elements extraction technology area
- "Artificial mineral deposit ~Reserve to Stock~"
- Mineral processing and refining of rare earth metals for securing of those resources
- Pyro-metallurgical process for seafloor hydrothermal deposits
- Development of a new recycling process of rare earth-magnet scrap
- Thermal degradation mechanism of brominated flame-retardant plastics contained in waste electric and electronic equipments and bromination evaporation of metal contents
- Removal reaction of hydrogen chloride under simulated bag filter conditions
- Synthesizing technology of scorodite particles for stabilization of arsenic
- Development of a recovery process of tantalum from waste tantalum capacitors
- Development of a new recycling process for concrete wastes
- Washing technology utilizing high-speed movement of microbubbles under ultrasonic irradiation

# サステナブル理工学 研究センター

RESEARCH CENTER FOR SUSTAINABLE SCIENCE & ENGINEERING

基幹金属および希少金属の製精錬プロセスのエネルギー効率向上と低炭素化、革新的な素材リサイクルシステムの構築や高度な廃棄物処理プロセスに関する技術開発に加え、再生可能エネルギーの創出とその高効率変換と使用のための新しいデバイスや材料の開発など、地球環境の保全およびサステナブル社会の構築に不可欠な研究を有機的、融合的に推進します。

The research center has been organized to promote studies essential for the protection of global environment and the creation of sustainable society and carries out researches to improve the energy efficiency of various metal production and recycle processes and to develop new devices and materials for renewable energy creation and its efficient conversion.

Chemistry of  
Energy Conversion Devices

**HONMA  
Lab**

エネルギーデバイス化学研究分野

**本間研究室**

本間 格 教授 Itaru HONMA, Professor

笥居 高明 講師 Takaaki TOMAI, Lecturer



■ 専門分野・キーワード ■

再生可能エネルギー／リチウム二次電池／キャパシタ／太陽電池

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

renewable energy / lithium ion secondary battery / super capacitor / solar cell

[i.honma@tagen.tohoku.ac.jp](mailto:i.honma@tagen.tohoku.ac.jp)

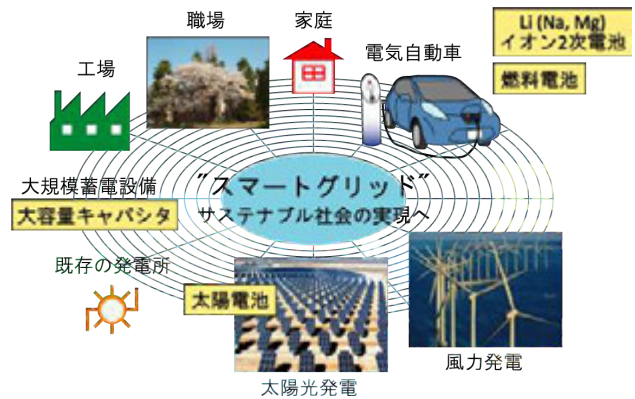
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=76>

## 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、擬似固体電解質、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、化合物半導体薄膜太陽電池などの高性能電極材料・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。



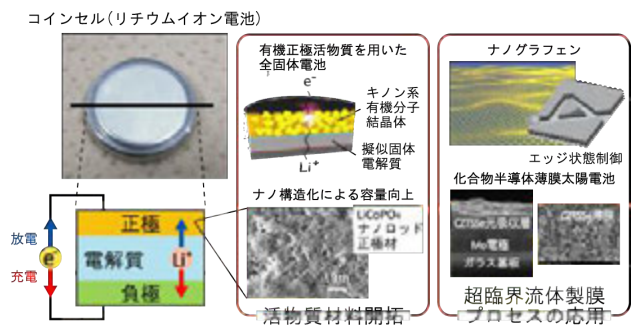
## Energy technology innovations via frontier nanotechnology and nanoscience

Honma laboratory investigates a frontier nanotechnology and nanoscience for an advanced renewable energy technology to contribute a global sustainability and industrial growth with low emission and environmental conscience. The concept would be most important and challenging issues to scientists in 21st century.

In particular, we focus on researches of fine chemistry of energy devices employing advanced nanomaterials and nanochemistry; 1. monoatomic-layered electrodes, 2. nanostructured cathode materials, 3. organic crystalline cathode-active compounds, 4. high ion conductive quasi-solid electrolyte, 5. supercritical fluid processing, 6. spectroscopy analysis using synchrotron radiation.

These advanced materials and techniques can be applied to

develop lithium ion secondary batteries with extremely high energy/power density, super capacitors for future smart grids, and compound semiconductor solar cells achieving both high conversion efficiency and low environmental load.





**雨澤 浩史** 教授 Koji AMEZAWA, Professor  
**中村 崇司** 助教 Takashi NAKAMURA, Assistant Professor



Solid State Ionic Devices  
**AMEZAWA Lab**  
 固体イオニクス・デバイス研究分野  
**雨澤研究室**

■ 専門分野・キーワード ■

固体イオニクス / エネルギー変換 / その場分析技術 / 界面電気化学

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

solid state ionics / energy conversion / in situ analytical technique / interfacial electrochemistry

amezawa@tagen.tohoku.ac.jp

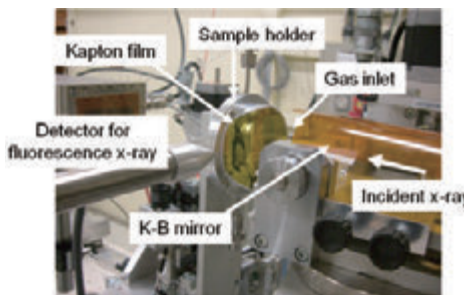
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=82>

## 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

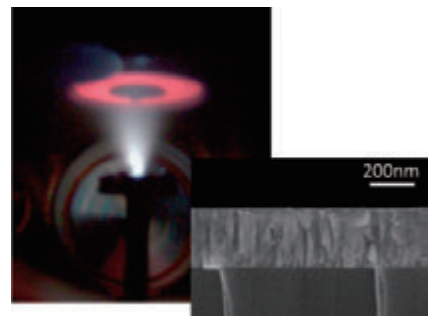
環境問題、エネルギー問題を解決し、持続可能社会を実現することは、21世紀の科学者・技術者に課せられた大きな課題です。我々の研究室では、これらの問題の解決に資する、燃料電池や蓄電池など、環境にやさしいエネルギー変換デバイスの実現・普及のための基盤研究を行って

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／通電といった特殊環境下でのその

場測定を可能とする高度分析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。



高温雰囲気制御型 in situ マイクロX線吸収分光測定装置

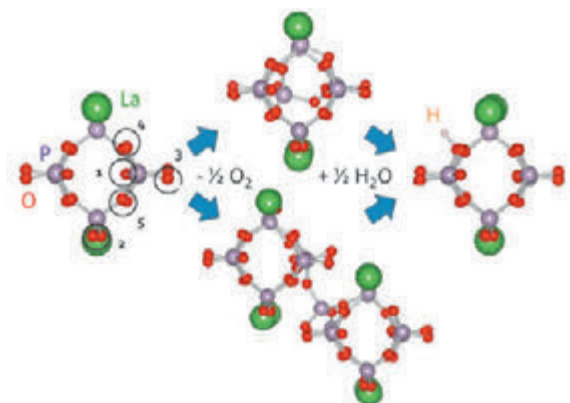


PLDによるイオン導電性酸化物薄膜

## 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 in situ

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

Solid State Ion Physics

# KAWAMURA Lab

固体イオン物理研究分野

## 河村研究室

河村 純一 教授 Junichi KAWAMURA, Professor

渡辺 明 准教授 Akira WATANABE, Associate Professor

武野 幸雄 助教 Yukio TAKENO, Assistant Professor

桑田 直明 助教 Naoaki KUWATA, Assistant Professor

高橋 純一 助教 Junichi TAKAHASHI, Assistant Professor



### ■ 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

kawajun@tagen.tohoku.ac.jp

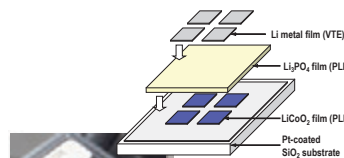
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=39>

## 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

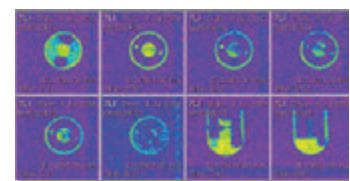
河村研究室では、固体中のイオンの動きをレーザー分光法と核磁気共鳴 (NMR) を用いて研究し、新物質開発や環境・エネルギー問題の解決につなげることを目指しています。

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



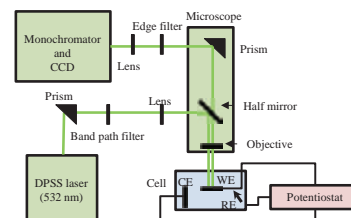
磁場勾配NMR装置とリチウム電池の<sup>7</sup>Liイメージング

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

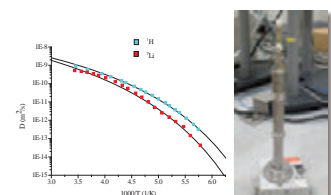
We investigate ion dynamics in solid by electrical, optical and nuclear magnetic resonance (NMR) techniques to develop new ionic conductors and solid state ionic devices.

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

埜上 洋 教授 Hiroshi NOGAMI, Professor

丸岡 伸洋 助教 Nobuhiro MARUOKA, Assistant Professor



Environmental-Conscious  
Materials Processing

**NOGAMI  
Lab**

環境適合素材プロセス研究分野

**埜上研究室**

■ 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

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

ironmaking / process simulation / transport phenomena / multiphase / reaction kinetics

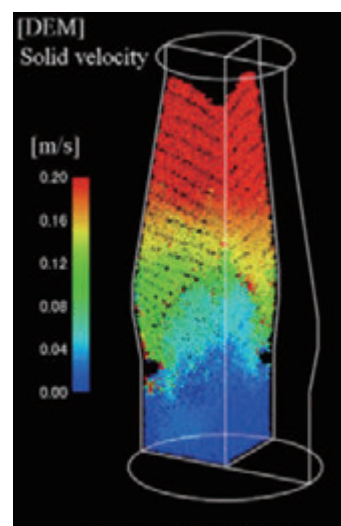
nogami@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=94>

## 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。

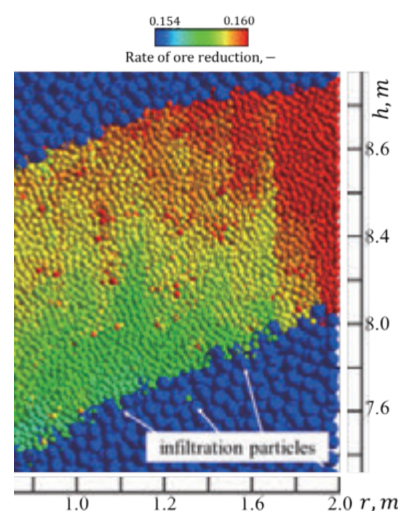
製鉄用高炉内の装入物降下挙動



## 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.

Distribution of reaction degree calculated by particle tracking technique



Materials Separation Processing

SHIBATA H.  
Lab

材料分離プロセス研究分野

柴田 (浩) 研究室

柴田 浩幸 教授 Hiroyuki SHIBATA, Professor

助永 壮平 助教 Sohei SUKENAGA, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

凝固プロセス／精錬プロセス／珪酸塩／熱物性

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

solidification process / refining process / silicates / thermophysical property

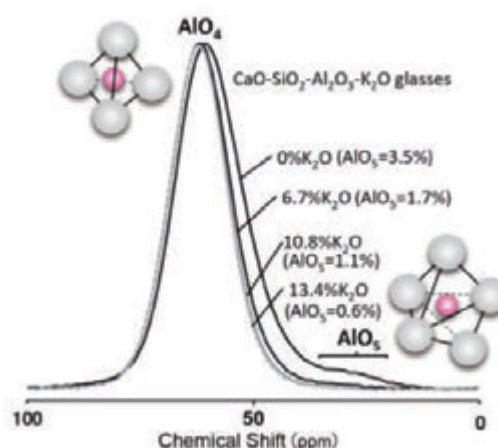
shibata@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=85>

## 高効率素材製造プロセス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ことが必要であります。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あります。例えば熔融珪酸塩の熱伝導率、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ありますので、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。

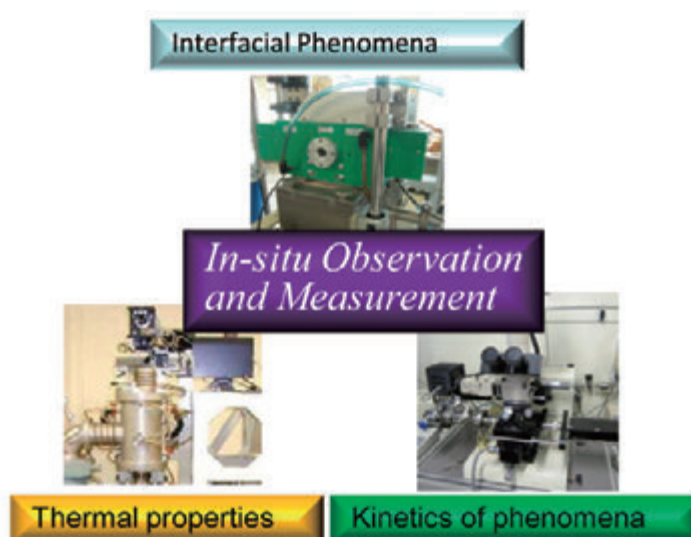
また、材料の分離プロセスに関わる界面における反応機構の解明を行っています。これらの基礎研究の基に実際の素材製造プロセスの高効率化や新規プロセスの開発に取り組んでいます。



CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-K<sub>2</sub>O 系ガラス (K<sub>2</sub>O 添加量 = 0-13.4 mol%) の <sup>27</sup>Al MAS NMR スペクトル (18.8T)

## Physicochemical approach to interfacial phenomena at high temperatures 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 by means of in-situ observation and measurements especially at high temperature.



**柴田 悦郎** 教授 Etsuro SHIBATA, Professor  
**飯塚 淳** 助教 Atsushi IIZUKA, Assistant Professor



Metallurgy and Recycling System for Metal Resources Circulation  
**SHIBATA E. Lab**  
金属資源循環システム研究分野  
**柴田(悦)研究室**

■ 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

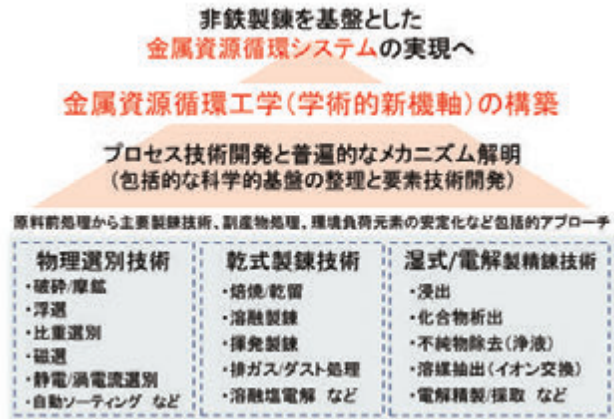
etsuro@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=52

## 非鉄金属製錬をベースとした金属資源循環システムの構築

非鉄製錬業はハイテク産業への素材供給や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、また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。今後、人口増加と相まって、携帯電話やPC、蓄電設備、ハイブリッド自動車や電気自動車など、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、鉱石から(広義の意味で)還元され、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、非鉄製錬技術を基盤とした金属資源循環システムの実現に向け、学術的新機軸として金属資源循環工学を提唱し、その構築に向けた研究活動を行う。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く。

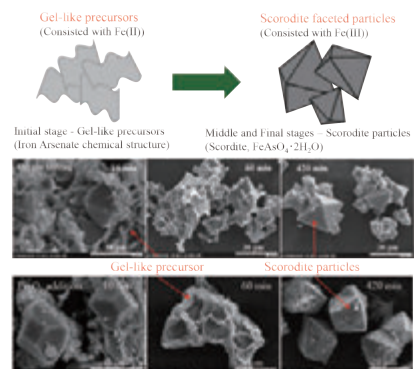


金属資源循環工学の構築に向けた研究アプローチ

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

Non-ferrous smelting industry is necessary for supplying materials to high-tech industries and in order to achieve the resource circulation society. In the future, the use of various electrical and electronic devices such as PC and electric vehicles 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 technologies with proposing the metal resources circulation engineering as an academic innovation. Developments of new process technologies and problem-solving researches for such as smelting

technologies for secondary resources and stabilization of environmental load elements will be conducted in order to achieve the metal resources circulation system.





#### 放射光ナノ構造可視化研究分野

Synchrotron Radiation Soft X-ray Microscopy

### 高田研究室

TAKATA Lab

- 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

#### 電子回折・分光計測研究分野

Electron Crystallography and Spectroscopy

### 寺内研究室

TERAUCHI Lab

- ナノスケール軟X線発光分光装置の開発研究と物性物理学への応用
- 超高分解能 EELS によるボロン・カーボンナノネットワーク物質の電子状態の研究
- 強相関電子系酸化物および準結晶の構造・電子状態の研究
- 収束電子回折法によるナノ結晶構造・静電ポテンシャル分布解析法の開発と応用

- Development and application of high energy-resolution EELS and SXES microscopes
- Electronic structures of boron compounds and nano-network materials
- Crystal and electronic structures of strongly-correlated electron oxides and quasicrystals
- Development and application of nm-scale crystal structure and electrostatic potential analysis method by CBED

#### 電子線干渉計測研究分野

Electron Interference Measurement

### 進藤研究室

SHINDO Lab

- 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.

#### 走査プローブ計測技術研究分野

Advanced Scanning Probe Microscopy

### 米田研究室

KOMEDA Lab

- 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・量子コンピューター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

# 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 Soft X-ray Microscopy are in action, under collaborations with Technical Service Section and companies.

Synchrotron Radiation Soft X-ray  
Microscopy

**TAKATA  
Lab**

放射光ナノ構造可視化研究分野

**高田研究室**

高田 昌樹 教授 Masaki TAKATA, Professor

江島 文雄 准教授 Takeo EJIMA, Associate Professor

羽多野 忠 助教 Tadashi HATANO, Assistant Professor

豊田 光紀 助教 Mitsunori TOYODA, Assistant Professor



■ 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

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

Synchrotron Radiation X-ray Optics / Soft X-ray Microscopy / multilayer mirror / Nano-info-graphy

takatama@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=43>

## 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「SLiT-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、SLiT-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。

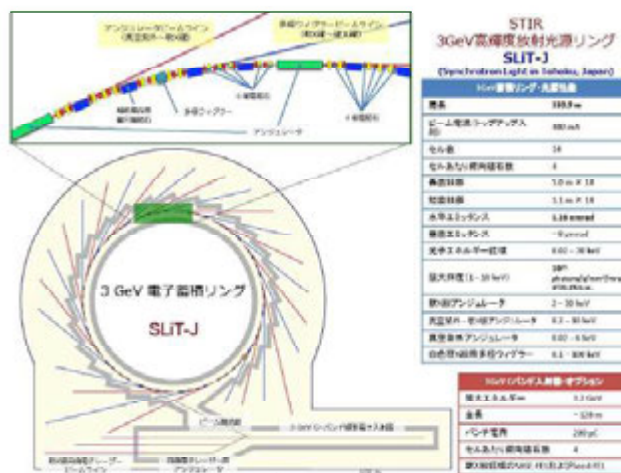


図1

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

“SLiT-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 SLiT-J. Our final goal is to create a master concept, Nano info-Graphy, for nano visualization of three elemen-

tal 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

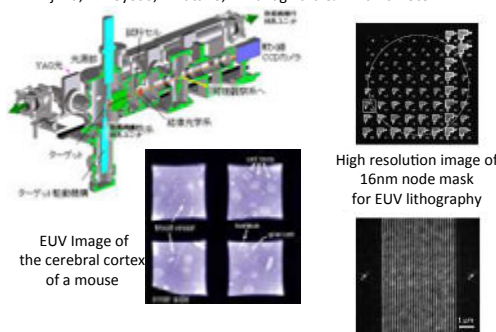


図2



寺内 正己 教授 Masami TERAUCHI, Professor  
 津田 健治 准教授 Kenji TSUDA, Associate Professor  
 佐藤 庸平 助教 Yohei SATO, Assistant Professor



Electron -Crystallography and -Spectroscopy  
**TERAUCHI Lab**  
 電子回折・分光計測研究分野  
**寺内研究室**

■ 専門分野・キーワード ■

電子顕微鏡／収束電子回折／電子エネルギー損失分光法／X線発光分光法

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

transmission electron microscopy / convergent-beam electron diffraction / electron energy-loss spectroscopy / X-ray emission spectroscopy

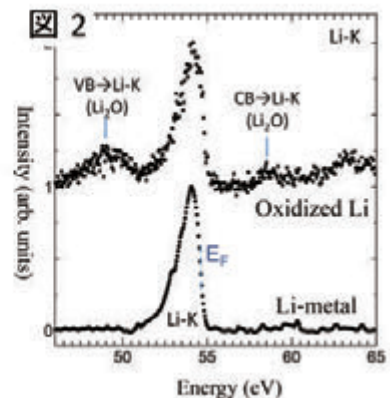
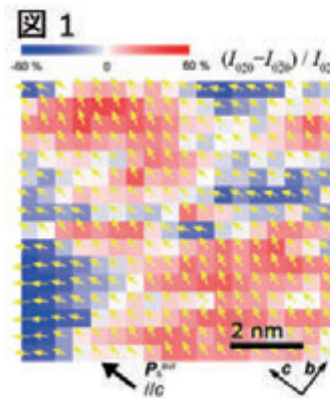
terauchi@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=14

## 電子線を用いた局所領域の構造・物性解析手法の開発と応用

我々のグループでは、新規材料開発において重要な、顕微鏡法を基盤とした微小領域の精密構造解析や物性解析技術の開発と応用を目指しています。これまでに、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、汎用型高分解能EELS電子顕微鏡、世界初の価電子状態分析電子顕微鏡、などの新しい構造・物性解析装置の開発と物性物理学分野（機能性ナノ粒子、強誘電相転移物質、強相関電子系物質、高次元結晶、フラレン、ナノチューブなどの構造・物性研究）への適用を行い、物性の解明と同時に手法の有用性の実証を行ってきました。図1は、収束電子回折法を用いて明らかになった、強誘電体 BaTiO<sub>3</sub> 正方晶相の局所構造・分極揺らぎのナノスケール分布。図2は、新規開発した軟 X線発光分光器により測定した、

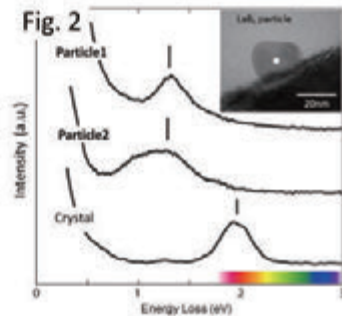
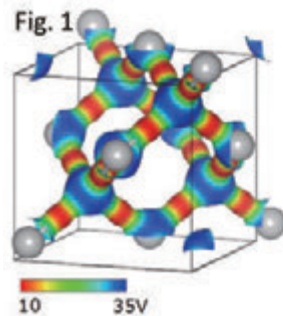
金属 Li と酸化 Li の Li-K 発光スペクトル。ピークの非対称性は価電子のエネルギー分布を反映しています。



## Development and applications of crystal and electronic structure analysis methods based on transmission electron microscopy

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 X-ray emission spectroscopy (XES) for analyses of new functional materials. For the purpose, a new  $\Omega$ -filter electron microscope and a refinement software for crystal structure analysis and a high energy-resolution EELS microscope and XES instruments for electronic structure analysis were developed. Fig. 1 shows a visualization of the electrostatic potential distribution of sp<sup>3</sup> bonding charge of Si determined by our crystal structure refinement method based

on CBED. Fig. 2 shows a direct evaluation of a heat-shielding property (a resonant peak energy in near infrared energy region of a metallic nanoparticle by high energy-resolution EELS).



Electron Interference  
Measurement

SHINDO  
Lab

電子線干渉計測研究分野

進藤研究室

進藤 大輔 教授 Daisuke SHINDO, Professor

赤瀬善太郎 助教 Zentaro AKASE, Assistant Professor



■ 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

shindo@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=57

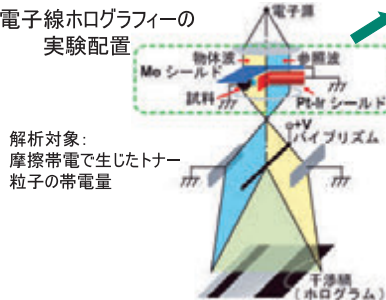
## ナノ領域での構造・伝導性・電磁場の多元解析

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。

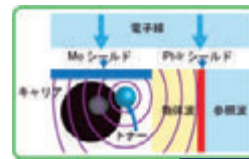
主な研究内容は以下のとおりです。(1) 電子線ホログラフィーによるナノスケール電

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・電子放出機構の解明。(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

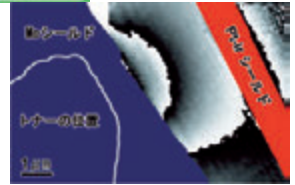


解析対象:  
摩擦帯電で生じたトナー  
粒子の帯電量



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。



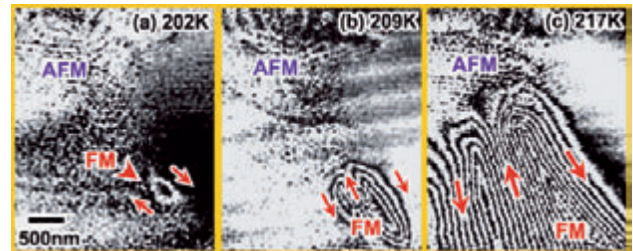
## Multidisciplinary research for structure, conductivity and electromagnetic field in nanometer-scaled area

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 in

nanometer-scaled area.



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.

米田 忠弘 教授 Tadaihiro KOMEDA, Professor

---

高岡 毅 講師 Tsuyoshi TAKAOKA, Senior Assistant Professor

---

道祖尾恭之 助教 Yasuyuki SAINOO, Assistant Professor

---



Advanced Scanning  
Probe Microscopy  
**KOMEDA  
Lab**

走査プローブ計測技術研究分野  
**米田研究室**

#### ■ 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

kameda@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=58>

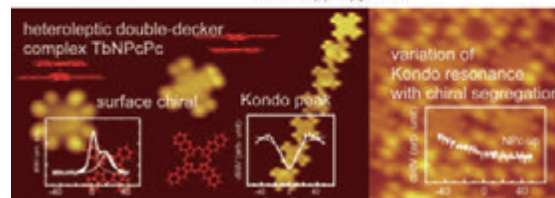
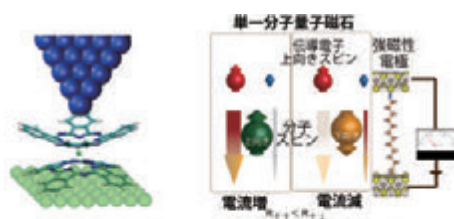
## スピントロニクスへ向けた単一スピンの検出と操作

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、量子コンピューター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・オフが可能な事を示しました。

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

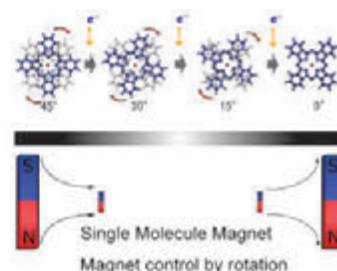
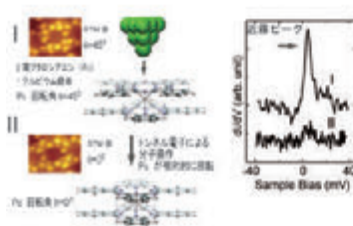
する手法、ESR-STMを開発し、シリコン酸化膜中のスピンの検出に成功しています。



## 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ナノ材料研究分野

Polymer Hybrid Nanomaterials

## 三ツ石研究室

MITSUISHI Lab

- 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

### 有機ハイブリッドナノ結晶材料研究分野

Organic and Hybridized Nanocrystals

## 及川研究室

OIKAWA Lab

- 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
- 有機半導体薄膜のプラズモン / ポラリトン特性
- 生理活性物質のナノ結晶化
- 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
- Plasmon and polariton behaviors in organic semiconductor thin film
- Nanocrystallization of bio-related materials

### ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野

Hybrid Carbon Nanomaterials

## 京谷研究室

KYOTANI Lab

- ナノカーบอนをベースとした水素貯蔵
- 炭素ナノ薄膜を用いたナノエレクトロデバイスの開発
- 高表面積ナノグラフェン構造体の合成と電気化学キャパシタへの応用
- 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
- シリコン系高容量リチウムイオン電池負極材料の開発
- Hydrogen storage based on nanocarbon materials
- Nanoelectronic devices using graphene electrodes
- High performance electrochemical capacitors by nanographene-network structure
- 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 Si-based high capacity anodes for lithium-ion batteries

### ハイブリッド材料創製研究分野

Hybrid Material Fabrication

## 芥川研究室

AKUTAGAWA Lab

- 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

### 光機能材料化学研究分野

Photo-Functional Material Chemistry

## 中川研究室

NAKAGAWA Lab

- 光反応性有機単分子膜の開発
- ナノインプリントリソグラフィ用先進有機高分子材料の創製
- 極限ナノサイズの3次元造形技術と光学・電子デバイスへの応用
- 環境再生材料の創製
- Innovative photo-reactive organic monolayers
- Advanced organic polymer materials for nanoimprint lithography
- Figuration methods for 3-dimensional single-nanometer structures and their application to optical and electronic devices
- Development of materials to enable environmental remediation

### 自己組織化高分子材料研究分野

Organized Polymer Materials

## 陣内研究室

JINNAI Lab

- 散逸構造などの自己組織化により形成されるマイクロ・ナノ微細構造の創出
- 高分子多孔質フィルム（ハニカムフィルム）の作製と組織工学・移植医療への展開
- ハニカムフィルムを鋳型とする有機・無機ハイブリッドの作製と機能化
- 自己組織化による高分子ナノ微粒子の作製と機能化
- 自己組織化高分子ナノマテリアルの生産技術の開発
- Preapration of hierarchically structured soft materials by self-organization
- Preparation and application of metalized honeycomb-patterned polymer films
- Polymer nano-particles having hierarchically micro-phase separated structured and their metal hybrids
- Tissue culture devices for the regenerative medicine based on honeycomb-patterned polymer films
- Biomimetic engineering based on self-organization

# 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.

Polymer Hybrid Nanomaterials

**MITSUISHI  
Lab**

高分子ハイブリッドナノ材料研究分野

**三ツ石研究室**

**三ツ石方也** 教授 Masaya MITSUISHI, Professor

**山本 俊介** 助教 Shunsuke YAMAMOTO, Assistant Professor

**朱 慧娥** 助教 Huie ZHU, Assistant Professor



■ 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

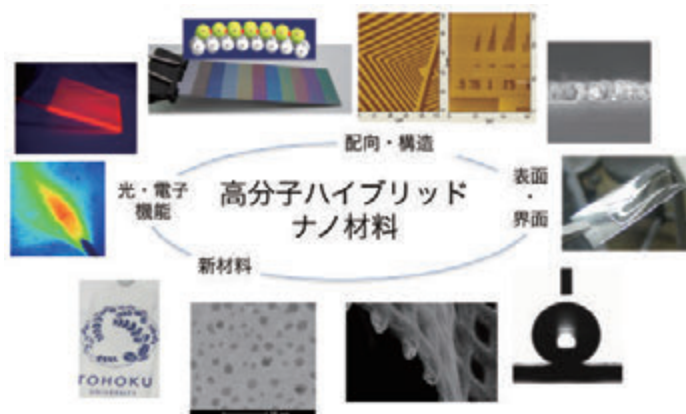
masaya@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=90>

## 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おして、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

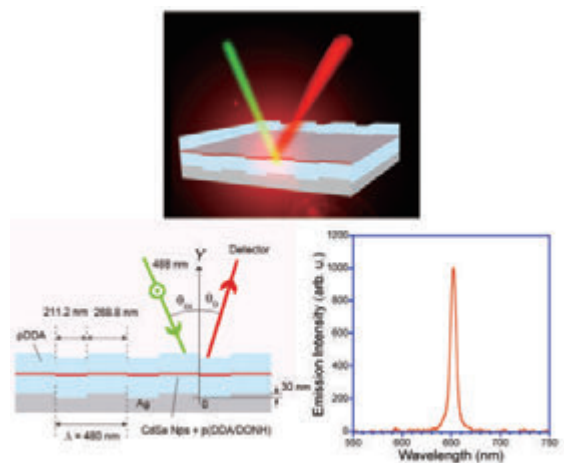
ジー」の発展を目指した新素材の研究開発を行っている。



## 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 na-

nodevice applications.



Spontaneous emission control of CdSe/ZnS Nps using hybrid polymer nanoassemblies

及川 英俊 教授 Hidetoshi OIKAWA, Professor  
 笠井 均 准教授 Hitoshi KASAI, Associate Professor  
 小野寺恒信 助教 Tsunenobu ONODERA, Assistant Professor



Organic  
and Hybridized Nanocrystals  
**OIKAWA  
Lab**

有機ハイブリッドナノ結晶材料研究分野  
**及川研究室**

#### 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

oikawah@tagen.tohoku.ac.jp

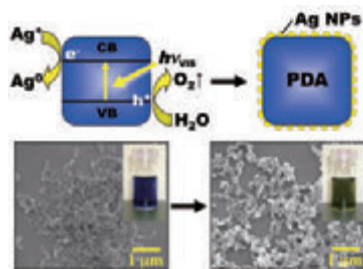
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=35

## 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

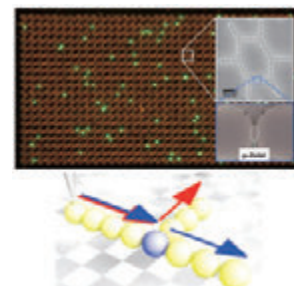
共役系有機・高分子物質と無機系物質(金属・半導体など)とのハイブリッドナノ材料には、構成物質の多様な組み合わせ、サイズ・形状、内部構造とその界面相互作用に強く依存した特異な光・電子物性や反応性、新規機能の発現が期待されます。

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、フォトクロ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.



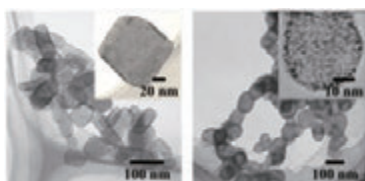
Directed-assembled structure consisted of PS microspheres on a patterned substrate, and schematic illustration of coupled-resonator optical-waveguide and optical switch.

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

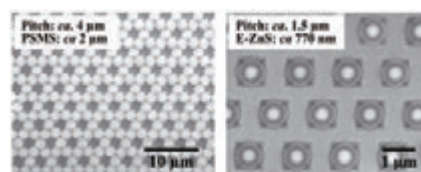
In current material science, hybridized nanomaterials are expected to exhibit the peculiar optoelectronic and photonic properties, which are strongly dependent on combination of organic and inorganic components, size and shape, inner structure, and interface interaction.

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 nanostructure-con-

trol, and evaluation of optoelectronic and photonic functions. 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.

Hybrid Carbon Nanomaterials

**KYOTANI  
Lab**

ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野

**京谷研究室**

京谷 隆 教授 Takashi KYOTANI, Professor

西原 洋知 准教授 Hirotomo NISHIHARA, Associate Professor

干川 康人 助教 Yasuto HOSHIKAWA, Assistant Professor



■ 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

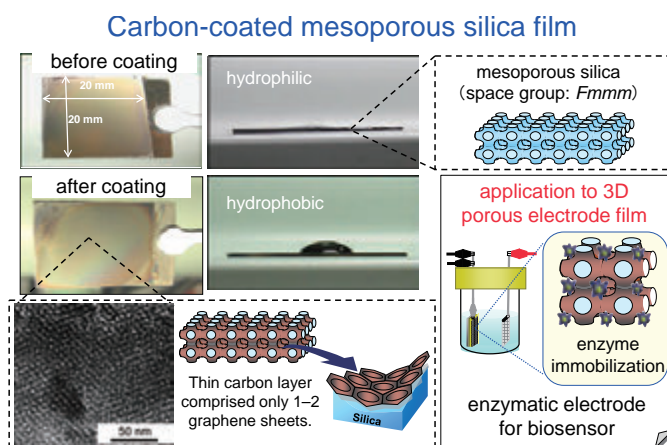
kyotani@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=46>

## 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「ゼオライト鑄型炭素」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

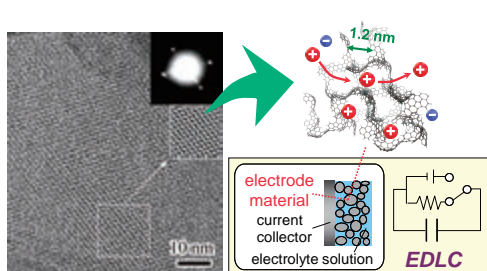
どのナノバイオ分野への利用も目指して研究を進めている。



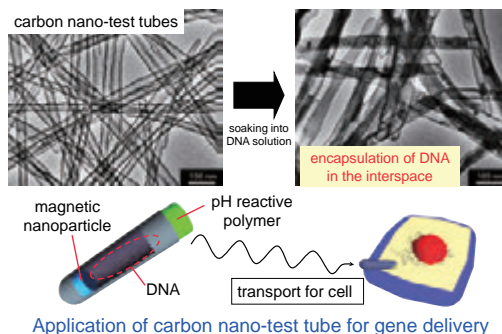
## Synthesis of novel nanocarbon-materials and their nano-hybrids

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.



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





芥川 智行 教授	Tomoyuki AKUTAGAWA, Professor
菊地 毅光 助教	Takemitsu KIKUCHI, Assistant Professor
星野 哲久 助教	Norihisa HOSHINO, Assistant Professor
武田 貴志 助教	Takashi TAKEDA, Assistant Professor



Hybrid Material Fabrication  
**AKUTAGAWA  
Lab**

ハイブリッド材料創製研究分野  
**芥川研究室**

#### ■ 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 ■

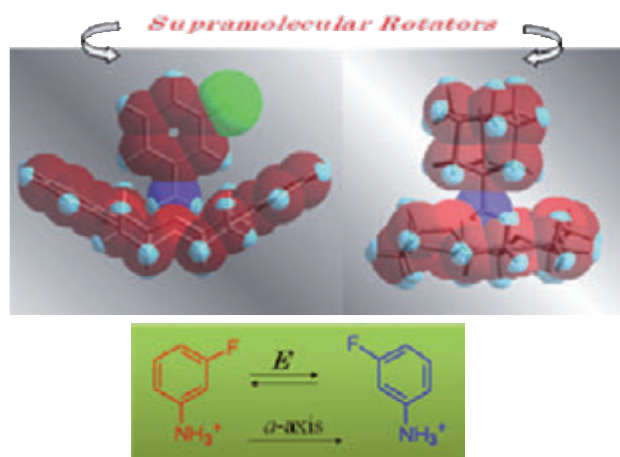
organic electronic materials / molecular conductors / molecular magnets / molecular electronics

akuta@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=75>

## 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.

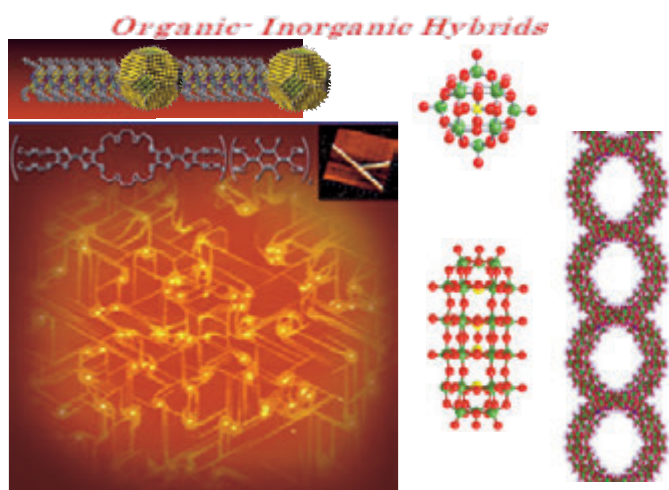


Photo-Functional  
Material Chemistry

**NAKAGAWA  
Lab**

光機能材料化学研究分野

**中川研究室**

中川 勝 教授 Masaru NAKAGAWA, Professor

久保 祥一 助教 Shoichi KUBO, Assistant Professor

廣芝 伸哉 助教 Nobuya HIROSHIBA, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

材料化学／高分子化学／単分子膜工学／ナノインプリント

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

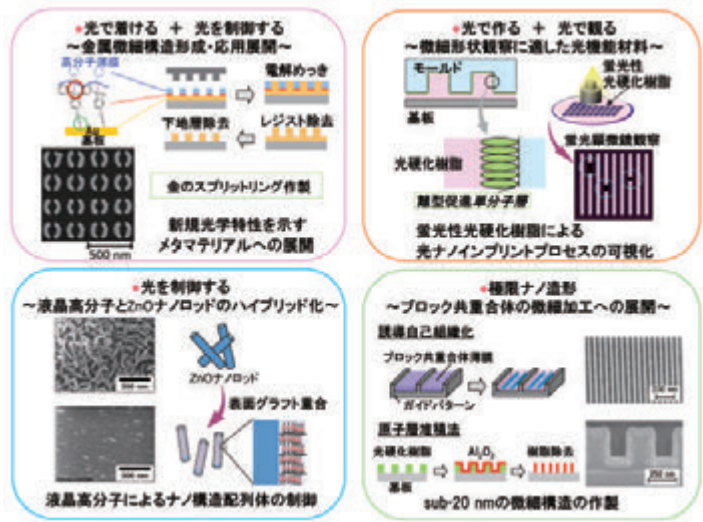
materials chemistry / macromolecular science / monolayer engineering / nanoimprinting

nakagawa@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=13>

## 界面機能分子制御に基づく光機能材料の創製

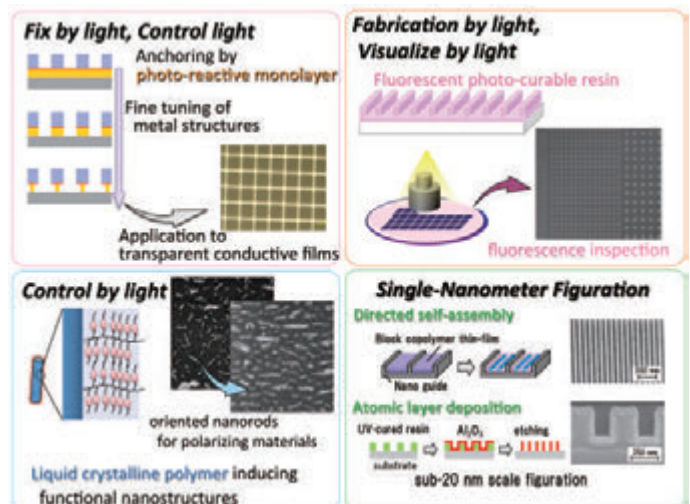
微細加工技術において次世代のものづくり基盤技術として期待されているナノインプリント技術に着目しています。分子レベルで考える化学的な視点から、界面機能分子制御の学理を目指し、ナノインプリント技術で展開できる先進的な光機能材料の創製を行っています。"光でつける"分子レベルの接着剤(密着分子層)、"光でつくる"ナノインプリント用光硬化性樹脂、離型促進分子層や選択的金属化用レジスト樹脂、"光でみる"蛍光レジスト、"光をつかえる"ハイブリッド光学材料などの光機能材料の開発、光硬化性樹脂のはく離特性を調べるための力学評価装置などの独自の研究ツールの開発を進めています。"光、電子、磁力をあやつる"新しいナノインプリントリングラフィデバイスの創出を目指します。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始めています。



## 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.



陣内 浩司 教授	Hiroshi JINNAI, Professor
藪 浩 准教授	Hiroshi YABU, Associate Professor
樋口 剛志 助教	Takeshi HIGUCHI, Assistant Professor



Organized Polymer Materials

JINNAI  
Lab

自己組織化高分子材料研究分野

陣内研究室

### ■ 専門分野・キーワード ■

自己組織化／バイオミメティクス／ハニカムフィルム／ポリマー粒子／電子線トモグラフィ

### ■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

self-organization / biomimetics / honeycomb films / polymer nanoparticles / electron tomography

hjinnai@tagen.tohoku.ac.jp

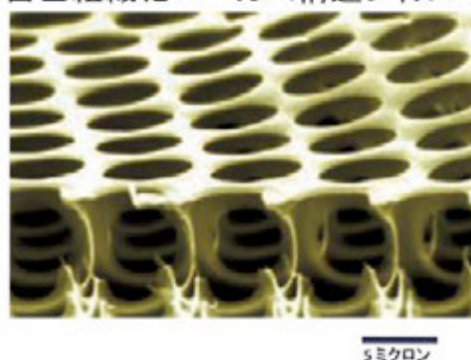
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=27>

## 自己組織化ナノテクノロジーと生物模倣技術の融合

本研究室では、分子の自己集合によるナノメートルスケールでの構造形成と、非平衡開放系で形成される散逸構造のようなダイナミックなプロセスで起こる自己組織化現象を組み合わせることによって、生物に見られるようなナノからマイクロメートルに至る幅広い領域における階層的な構造化を特徴とする新たな機能性材料の創製を目指しています。我々は高分子溶液の蒸発過程で形成される散逸構造や脱濡れ現象、自己組織化析出現象などを利用することで、(1) 周期的ラインやメッシュ構造、(2) 規則的に細孔が配列した“ハニカム”構造フィルム、(3) 内部構造が制御された高分子ナノ粒子の作製法を世界に先駆けて開発しました。自己集合・自己組織化による階層構造化技術を新たな高分子加工法として確立し、生物のマイクロ・ナノ構造に基づく機能発現を模倣した新たな機能材料・デバイス、新規フォトニクス材料としての高分子・金属ハイブリッド化ナノ粒子、新規細胞培養基材などの開発を行っています。

また、これら多様なナノ材料を精確に捕らえ、それらの形成原理を明らかにするために、電子顕微鏡による先端ナノイメージング技術の開発にも取り組んでいます。

自己組織化ハニカム構造フィルム

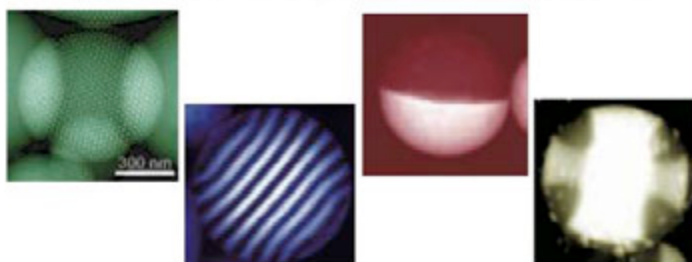


## Design and preparation of hierarchically structured materials based on nanotechnology and biomimetics

This research group aims at creating novel functional materials having hierarchically organized structures ranging from nanometer to millimeter scale by using molecular self-assembly and self-organization based on spatiotemporal far from equilibrium dynamics. Nano- and micro-patterns can be fabricated by using the spatiotemporal phenomena emerging in the evaporation process of polymer solutions. We are now focusing on preparing novel tissue culture devices, biomimetic materials, photonic materials etc. based on regular polymer patterns prepared by dissipative dewetting process, porous films formed by breath figure technique, and novel polymer particles

having hierarchical interior structures from block-copolymers. Preparation of nano- and micro-structured inorganic-polymer hybrids materials and precise observation of detail nano-structures by electron microscopy are also research issues.

### Nano-structured polymer nano-particles





無機固体材料合成研究分野  
Inorganic Crystal Structural Materials Chemistry

## 山根研究室

YAMANE Lab

- 多元系セラミックスの新規物質探索と構造解析および結晶化学的研究
  - 多元系セラミックス蛍光体の探索と新規合成プロセスの開発
  - 活性金属を利用した非酸化物系セラミックス合成プロセスの開発
  - Na フラックス法による SiC セラミックスおよび金属間化合物の低温合成
- Synthesis crystal structure analysis, and characterization of new multinary inorganic compounds
  - Development of novel synthetic routes for advanced ceramic materials using active metals
  - Synthesis of nitrides, carbides and silicides using a Na flux

金属機能設計研究分野

Metallurgical Design for Material Functions

## 蔡研究室

TSAI Lab

- 準結晶の創製とその構造および物性
  - 準結晶の構造安定化機構に対する第一原理計算
  - 準結晶強化 Mg 合金の開発
  - 準結晶を用いた新規触媒の開発および準結晶の表面科学
  - 合金および複合酸化物の微細組織制御による触媒設計
  - 金属の電子構造に基づく触媒機能制御
- Fabrication of quasicrystals and investigation of their structures and physical properties
  - Theoretical studies on quasiperiodic tilings for modeling icosahedral and decagonal quasicrystals
  - Developing quasicrystalline catalysts and quasicrystal-reinforced Mg alloy
  - Developing new processes for preparation of alloy catalysts in terms of metallurgy
  - Designing catalysts by controlling electronic structures and microstructures of alloys

環境無機材料化学研究分野

Environmental Inorganic Materials Chemistry

## 佐藤(次)研究室

SATO T. Lab

- 可視光応答性光触媒の合成と環境浄化機能
  - 無機紫外線遮蔽剤の開発
  - 無機赤外線（熱線）遮蔽及び透明導電性材料の開発
  - 自動車排ガス浄化触媒の開発
  - アップコンバージョン型蛍光体ナノ粒子の合成
  - 半導体のガスセンサー特性。
- Synthesis and environmental cleanup performance of visible light responsive photocatalysts
  - Development of inorganic UV-shielding materials
  - Development of inorganic IR-shielding materials and transparent electric conductors
  - Development of automobile effluent gas purification catalysts
  - Fabrication of up-conversion phosphor nanoparticles
  - Gas sensing properties of semiconductors

無機材料創製プロセス研究分野

Design of Advanced Inorganic Materials

## 垣花研究室

KAKIHANA Lab

- 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

# 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.

Inorganic Crystal  
Structural Materials Chemistry

**YAMANE  
Lab**

無機固体材料合成研究分野

**山根研究室**

山根 久典 教授 Hisanori YAMANE, Professor

山田 高広 准教授 Takahiro YAMADA, Associate Professor

森戸 春彦 助教 Haruhiko MORITO, Assistant Professor



■ 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

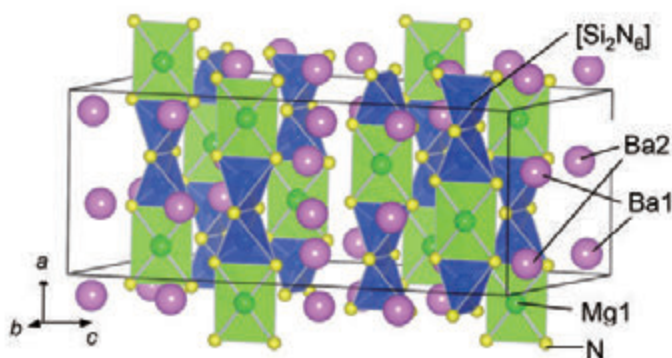
yamane@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=16>

## Naを含む多元系新規化合物の合成

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、未知の性質を有する物質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。



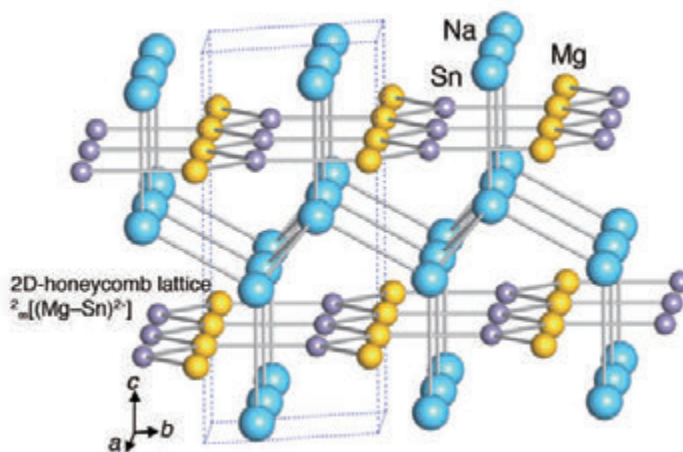
[Si<sub>2</sub>N<sub>6</sub>]<sup>10-</sup> の四面体二量体を含む  
新規窒化物 MgBa<sub>4</sub>[Si<sub>2</sub>N<sub>6</sub>] の結晶構造。  
Mg 原子は N 原子により平面四配位されている

## Synthesis of multinary inorganic compounds including sodium

We are searching new multinary 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 multinary oxides by solid state reaction
- Synthesis of nitrides, carbides, and silicides by using a Na flux
- Synthesis, crystal structure analysis and characterization of new multinary inorganic compounds
- Development of novel synthetic routes for

advanced ceramic materials using active metals



Schematic drawing of the crystal structure of Na<sub>2</sub>MgSn.

蔡 安邦 教授	An-Pang TSAI, Professor
亀岡 聡 准教授	Satoshi KAMEOKA, Associate Professor
藤田 伸尚 助教	Nobuhisa FUJITA, Assistant Professor
西本 一恵 助教	Kazue NISHIMOTO, Assistant Professor



Metallurgical Design  
for Material Functions

**TSAI  
Lab**

金属機能設計研究分野  
**蔡研究室**

■ 専門分野・キーワード ■

準結晶 / 合金触媒 / 電子構造 / 組織制御

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

quasicrystal / alloy catalyst / electronic structure / microstructure control

[aptsai@tagen.tohoku.ac.jp](mailto:aptsai@tagen.tohoku.ac.jp)

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=26>

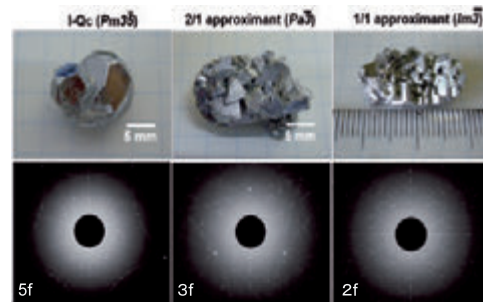
## 準結晶物質の創製と新しいコンセプトに基づく金属の触媒機能設計

当研究室では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。準結晶は結晶やアモルファスとは異なる新しい構造物質であり、準周期性に由来する興味深い性質が期待されます。我々は、新しい準結晶合金の合成、単準結晶の育成、準結晶の構造解析およびその構造数理、準結晶の表面科学などを含む基礎研究と、準結晶を前駆物質とする新規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。

一方、我々は金属の電子構造および微細組織の制御といった金属学的手法による新しいタイプの金属系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、卑金属合金による貴金属触媒機能の創出を試みています。また、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

向上を図るという、新しい合金触媒調製プロセスの開発を行っています。具体的成功例として、金属間の非固溶効果を利用した新規触媒の調製、および金属間化合物を前駆物質としたポラス金属触媒の調製等が挙げられます。

### 準結晶と近似結晶の形態と回折パターン



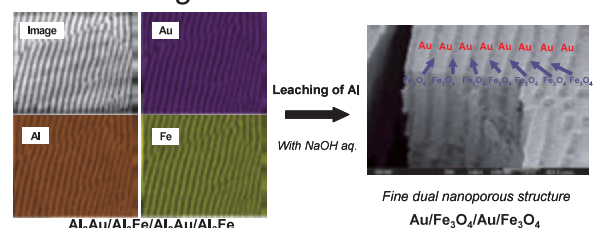
## Fabrication of quasicrystals and designing new metallic catalysts in terms of metallurgy

The research of the laboratory is focused on quasicrystals and alloy design for catalysis by controlling electronic structure and microstructure. Quasicrystals are a new form of solid with quasiperiodicity and symmetries forbidden in crystallography, and are expected to show unusual properties. The fundamental part of our studies range over different aspects of quasicrystals, including search for new quasicrystal alloys, structural analysis, mathematical studies, and surface studies. In the application part, quasicrystal-reinforced high-strength magnesium alloys and quasicrystalline catalysts are being developed.

On the other hand, we propose a new paradigm for catalyst design in terms of metallurgy: 1.) control of

electronic structure by alloying to adjust the catalytic function, aiming at replacement of precious metals, 2.) tailoring nanoarchtecture through self-organization processes generated by leaching or redox treatments for developing new processes for preparing alloy catalysts.

### Leaching for a eutectic structure



Environmental Inorganic Materials  
Chemistry

SATO T.  
Lab

環境無機材料化学研究分野

佐藤(次)研究室

佐藤 次雄 教授 Tsugio SATO, Professor

殷 澍 准教授 Shu YIN, Associate Professor

吳 曉勇 助教 Xiaoyong WU, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

環境調和無機材料/ソフトケミカルプロセス/セラミックスの形態制御/光化学機能

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

Environmental Harmony Inorganic Materials / Soft Chemical Process / Morphological Control of Ceramics / Photochemical Properties

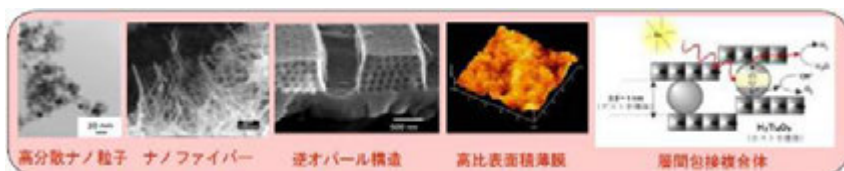
tsusato@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=45>

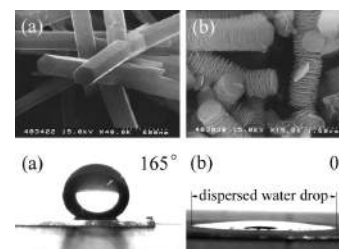
## ソルボサーマル反応によるセラミックスのパノスコピック形態制御

セラミックスのミクロ・メソ・マクロ構造の階層的 (パノスコピック) 制御による環境調和機能の高度発現について研究を行っています。材料合成には主に、高温水や非水溶媒を反応溶媒として利用するソルボサーマル反応を用い、温和な反応条件でセラミックスの形態・結晶化度の精密制御を行い、環境浄化・エネルギーの高効率利用・健康維持に貢献する機能性セラミックス材料の創製・機能性高度発現に関する研究を展開しています。

1. 可視光応答性光触媒の合成と環境浄化機能
2. 無機紫外線遮蔽剤の開発
3. 無機赤外線 (熱線) 遮蔽及び透明導電性材料の開発
4. 自動車排ガス浄化触媒の開発
5. アップコンバージョン型蛍光体ナノ粒子の合成
6. 半導体のガスセンサー特性.



セラミックスの形態・微細構造制御



ソルボサーマル反応による超撥水性および超親水性ZnO薄膜の微細構造  
Microstructure of superhydrophobic and superhydrophilic ZnO film prepared by the solvothermal reactions

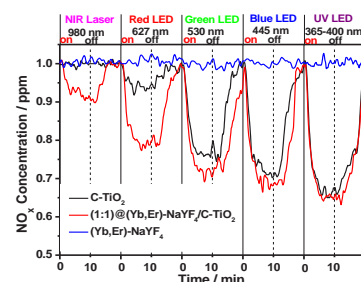
## Panoscopic Assembling of Advanced Ceramic Materials by Solvothermal Reaction

The panoscopic control of the micro-, meso- and macro-structures and characterization of ceramic materials are investigated in order to improve the environmental harmony functionality of ceramic materials related with energy saving, environment cleanup and human health. Environmentally friendly solution reactions such as solvothermal reactions using elevated temperature water and nonaqueous solvents are mainly used as reaction media for the synthesis of functional ceramic materials.

- 1.Synthesis and environmental cleanup performance of visible light responsive photocatalysts
- 2.Development of inorganic UV-shielding materials
- 3.Development of inorganic IR-shielding materials

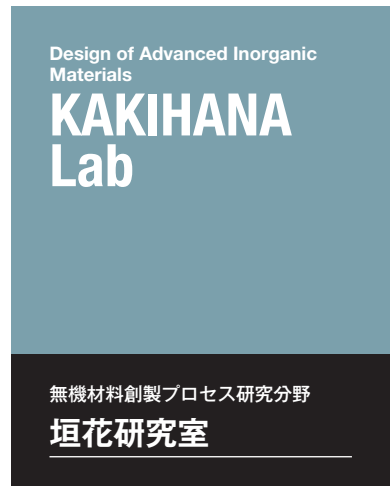
- and transparent electric conductors
- 4.Development of automobile effluent gas purification catalysts
- 5.Fabrication of up-conversion phosphor nanoparticles
6. Gas sensing properties of semiconductors

紫外・可視光・赤外線照射による複合型光触媒の優れた deNO<sub>x</sub> 活性  
Excellent deNO<sub>x</sub> activity of the composite type photocatalyst under UV, visible and IR lights irradiation





垣花 真人 教授	Masato KAKIHANA, Professor
加藤 英樹 准教授	Hideki KATO, Associate Professor
小林 亮 助教	Makoto KOBAYASHI, Assistant Professor



### ■ 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

kakihana@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=38>

無機材料創製プロセス研究分野

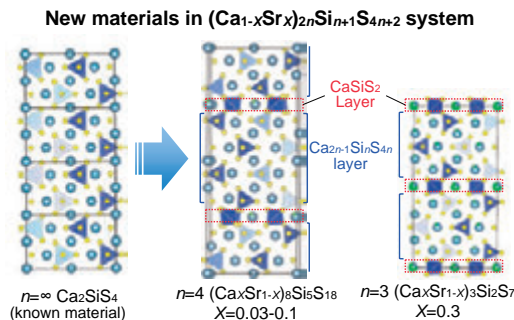
垣花研究室

## フォトセラミックスにおける新物質探索と高機能化

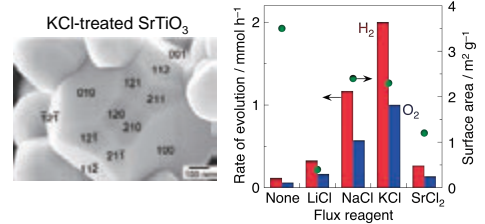
当研究室では、蛍光体や光触媒など光機能性のフォトセラミックスについて新物質の開発や高機能化を行っています。これらフォトセラミックスの機能は、物質に強く依存していることから、多様な特性の蛍光体や高機能な光触媒を構築するためには新物質の開拓が重要な課題となっています。当研究室では、酸

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。



### Improvement of photocatalytic activity of $\text{SrTiO}_3$ by flux treatment



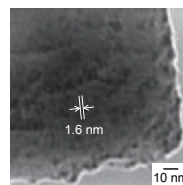
## Exploration of new photoceramics and improvement of their performance

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 morphol-

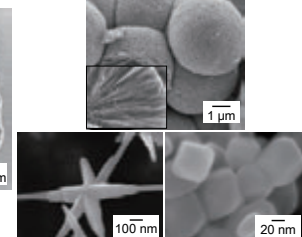
ogy control by fluxing and etching. In addition, we are also investigating selective synthesis of oxide polymorphs and morphology control via chemical design of metal complexes.

### 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

TAGEN CAF (TAGEN CENTRAL ANALYTICAL FACILITY)

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.

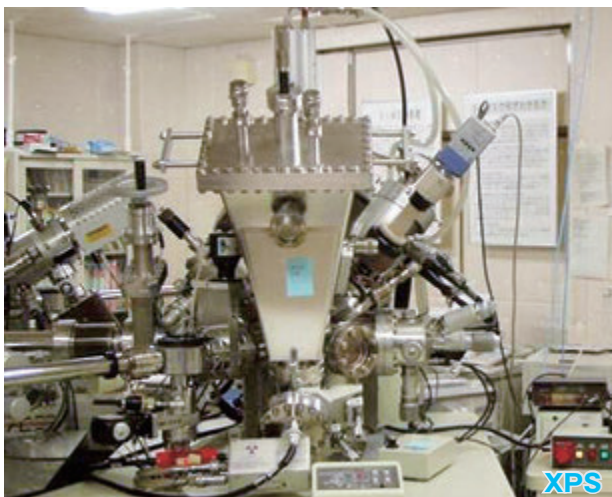
## 機器一覧

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 NMR400/600MHz)  
NMR 400/600 MHz
- デジタル NMR 装置 (溶液用多核 NMR)  
Digital NMR (Liquid NMR spectrometer)
- ナノデバイスイオンダイナミクス計測装置 (固体用 NMR)  
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)



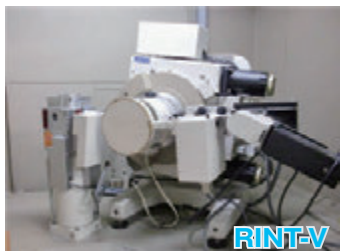
## C. 構造組織解析装置

Apparatuses for crystal structure and microstructure analyses

- 透過型分析電子顕微鏡  
Transmission electron microscope (TEM)
- 走査型電子顕微鏡  
Scanning electron microscope (SEM)
- 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
  5. 単結晶用 $\kappa$ -4軸回折装置  
 $\kappa$ -4 axis diffraction device for single crystals
  6. 単結晶用IP装置  
IP device for single crystals
- 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)
- Laue写真装置  
Laue photograph device
- 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)



TEM



RINT-V

- 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. 示差熱天秤  
Thermogravimetry-differential thermal analyzer (TD-DTA)
  2. 超高温示差走査熱量計  
Super high temperature differential scanning calorimeter (DSC)
  3. 熱膨張計  
Thermomechanical analyzer (TMA)
  4. トリプルセル方式高温高精度示差走査熱量計  
Triple cell type high temperature high precision differential scanning calorimeter
- 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
- 分子設計支援システム  
Molecular design support system



N<sub>2</sub> supply system

# 技 術 室

TECHNICAL SERVICE SECTION

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。

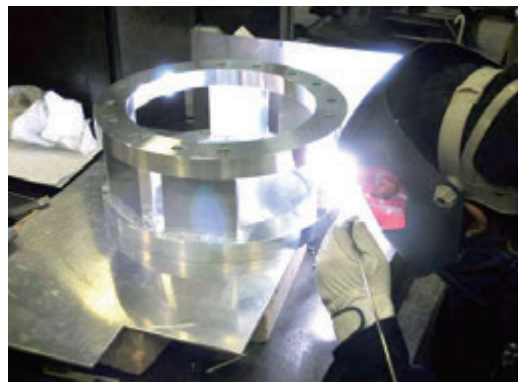
## 機械工場

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インターンシップで中高生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、多様な技術を発揮し、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

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

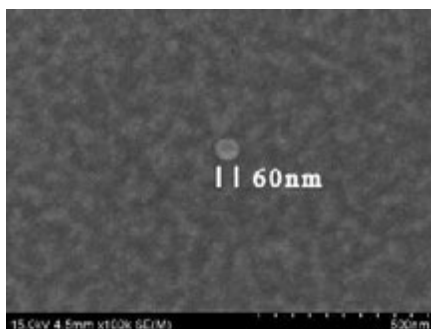


定電流充放電装置

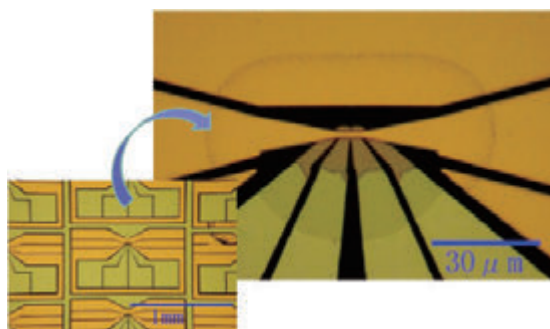


### 業務の一例

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



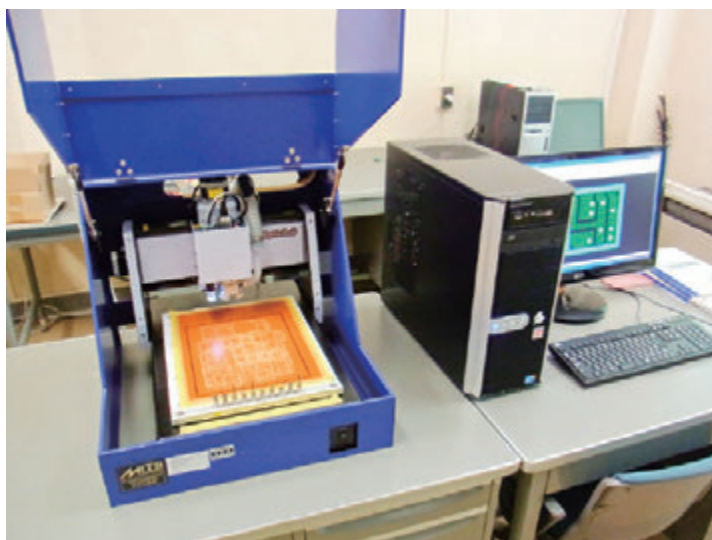
完成後の単一磁性ドットの光学顕微鏡像。磁場発生用配線の下に磁性ドットと磁気特性用電極が微細加工されている。

# 技 術 室

TECHNICAL SERVICE SECTION

## 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

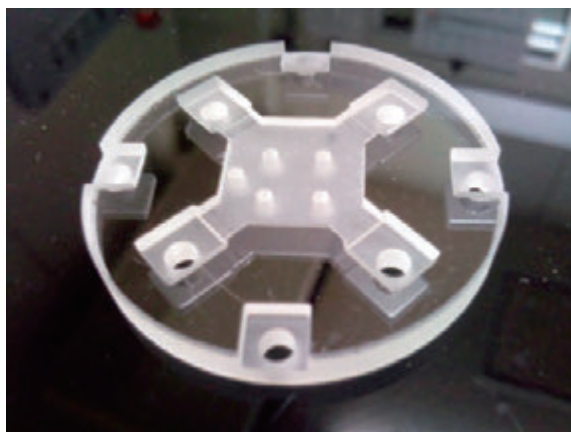
In the Machine shop, machinists prepare original experimental apparatus designed by researchers. Staff introduce advanced facilities and also make effort to hand down the highly skills to next generation. Additionally, our staff hold training courses of mechanical drawing and machine tools operation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

## MAIN ACHIEVEMENTS

### 平成25年度

- **垣花 真人** 教授  
・文部科学大臣表彰 科学技術賞
- **栗原 和枝** 教授  
・IUPAC 2013 Distinguished Women in Chemistry or Chemical Engineering
- **加納 純也** 教授  
・化学工学会 粒子・流体プロセス部会技術賞
- **佐藤 修彰** 教授  
・日本原子力学会再処理・リサイクル部会 業績賞
- **中村 崇** 教授  
・日本金属学会 谷川・ハリス賞
- **伊藤 益雄** 技術職員  
・日本金属学会 研究技術功労賞
- **田中 俊一郎** 教授・**佃 諭志** 助教  
・The Photopolymer Science and Technology Award
- **三村 耕司** 准教授  
・日本金属学会 学術貢献賞
- **安達 正芳** 助教  
・日本金属学会 奨励賞
- **西原 洋知** 准教授  
・日本化学会 欧文誌編集委員会 欧文誌87巻2号 BCSJ 賞
- **百生 敦** 教授  
・産総研・東北大、半導体内欠陥を観測する方法を確立-X線位相法利用 (H25.10.3付日刊工業新聞 WEB)
- **寺内 正己** 教授  
・日本電子、東北大、島津、原子力機構が共同 高エネルギー分解能軟X線分光器 (H25.12.6付科学新聞)
- **石島 秋彦** 教授  
・大腸菌の「べん毛モーター」2種のイオンで回転 (H26.2.20日付経産業新聞)

### 平成26年度

- **蔡 安邦** 教授  
・紫綬褒章
- **北上 修** 教授・**岡本 聡** 准教授・**菊池 伸明** 助教  
・文部科学大臣表彰 科学技術賞
- **田中 俊一郎** 教授  
・文部科学大臣表彰 科学技術賞
- **藪 浩** 准教授  
・文部科学大臣表彰 若手科学者賞
- **栗原 和枝** 教授  
・日本女性科学者の会功労賞
- **佐藤 修彰** 教授  
・日本原子力学会 フェロー
- **佐藤 庸平** 助教  
・本多記念会 原田研究奨励賞
- **藤枝 俊** 助教  
・日本金属学会 村上奨励賞
- **森戸 春彦** 助教  
・日本セラミックス協会 進歩賞
- **安達 正芳** 助教  
・青葉工学研究奨励賞
- **南部 雄亮** 助教  
・日本中性子科学会 奨励賞
- **中川 勝** 教授  
・東工大など、ナノインプリントでアクリル樹脂に原子サイズの加工に成功 (H26.6.16付日刊工業新聞)
- **鈴木 茂** 教授  
・鉄-ガリウム大型単結晶に成功 電源応用に期待 (H26.8.29付河北新報)
- **栗原 和枝** 教授・**中村 崇** 教授  
・東北大、金属技術を中小に供与 摩擦低減やレアメタル再利用 (H26.9.18付日経新聞)
- **上田 潔** 教授  
・東北大、アインシュタインとボーアが論争した2重スリット実験の検証に成功 (H26.11.30付財経新聞、H26.12.1付 Nature Photonics オンライン版)

# 学術交流協定

## ACADEMIC EXCHANGE AGREEMENTS

- 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 (Newyork,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、2009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)
- 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 (Deagu, Korea)
- 2003年 韓南大学ハイブリット材料研究所**  
(太田、韓国)「1月17日締結」  
Institute of Hybrid Materials for Information and Biotechnology, Hannam University (Daejeon,Korea)
- ダルムシュタット工科大学**  
(ダルムシュタット、ドイツ)「大学間協定:4月30日締結、2013年4月30日更新」  
Darmstadt University of Technology (Darmstadt,Germany)
- 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」[大学間協定:2012年3月15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 西江大学校 (ソウル、韓国)**「大学間協定:2月2日締結」  
Sogang University (Seoul,Korea)
- 蘭州大学 (蘭州、中国)**「大学間協定:4月17日、2012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」  
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、2012年6月6日更新」  
University of Science and Technology Beijing (Beijing, China)
- 2008年 シモン・ボリバル大学 (カラカス、ヴェネズエラ)**「大学間協定:1月8日締結」  
Universidad Simon Bolivar (Caracas,Venezuela)
- 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]  
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 (Tainan,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」  
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7日締結」  
Karlsruhe Institute of Technology (Karlsruhe, Germany)
- 2012年 ハイデルベルグ大学**  
(ハイデルベルグ、ドイツ)「大学間協定:2月2日締結」  
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 II (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」  
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 (サントーバン、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)
- 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 (RLE) and Microsystems Technology Laboratories (MTL),Massachusetts Institute of Technology (MIT) (Cambridge,USA)



# 概要

## OUTLINE

### 構成員 MEMBERS

#### 職員数 FACULTY & STAFF (as of April 1, 2014)

教授 Professors	准教授 Associate Professors	講師 Senior Assistant Professors	助教 Assistant Professors	技術職員 Technical Staffs	事務職員 Administrative Staffs	非常勤職員 Part-Time Staffs	計 Total
※ 48	31	4	60	* 62	27	131	※ 363

※非常勤講師(6名)を除く。  
\*再雇用職員(9名)を含む。

#### 研究員数 RESEARCHERS (FY 2014)

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)	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
7	1	4	2	13	27

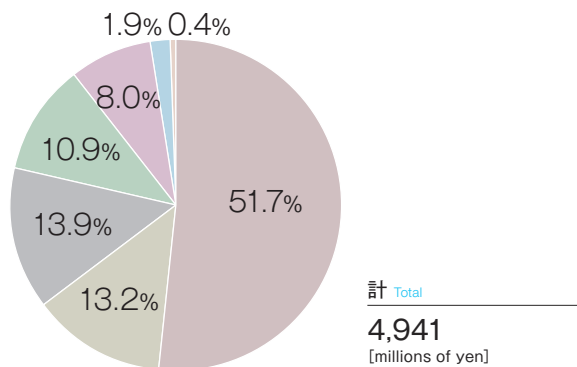
#### 学生数 STUDENTS (as of October 1, 2014)

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		
222	62	62	346

### 歳入・歳出 ANNUAL REVENUE and EXPENSE

#### 平成25年度歳入内訳

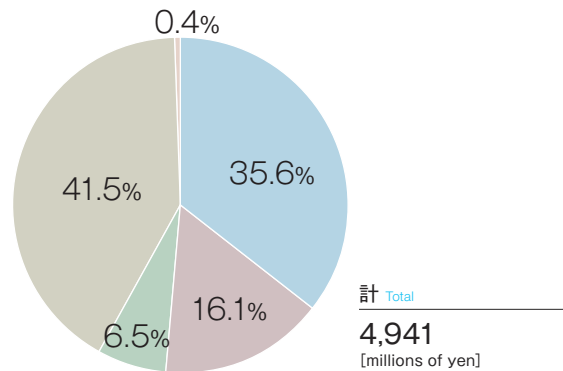
Revenue for FY 2013



- 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
- 設備整備費補助金 Subsidy for equipment

#### 平成25年度支出内訳

Expense in FY 2013



- 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
- 設備整備費補助金 Subsidy for equipment

### 土地・建物 LAND and BUILDINGS (as of April 1, 2015)

土地 Land	A Part of Katahira Campus 140,075m <sup>2</sup>	建物総延面積 Total Floor Area	38,333m <sup>2</sup>
---------	---	-------------------------	----------------------

# 建物案内図

IMRAM BUILDING MAP



① 多元研 西1号館  
(科学計測研究棟S棟)

IMRAM West Building 1

② 多元研 西2号館  
(科学計測研究棟N棟)

IMRAM West Building 2

③ 多元研 西工場  
(工場棟)

IMRAM West Technical Plant

④ 図書室

Library

⑤ 多元研 東1号館  
(反応化学研究棟1号館)

IMRAM East Building 1

⑥ 多元研 東2号館  
(反応化学研究棟2号館)

IMRAM East Building 2

⑦ 多元研 東3号館  
(反応化学研究棟旧館)

IMRAM East Building 3

⑧ 南総合研究棟2  
(材料・物性総合研究棟 I)

South Multidisciplinary Research Laboratory 2

⑨ 南総合研究棟1  
(材料・物性総合研究棟 II)

South Multidisciplinary Research Laboratory 1

⑩ 多元研 共同研究棟

IMRAM Cooperative Research Building

⑪ 多元研 事務部棟

IMRAM Administration Building

⑫ 多元研 南1号館  
(素材工学研究棟1号館)

IMRAM South Building 1

⑬ 多元研 南2号館  
(素材工学研究棟2号館)

IMRAM South Building 2

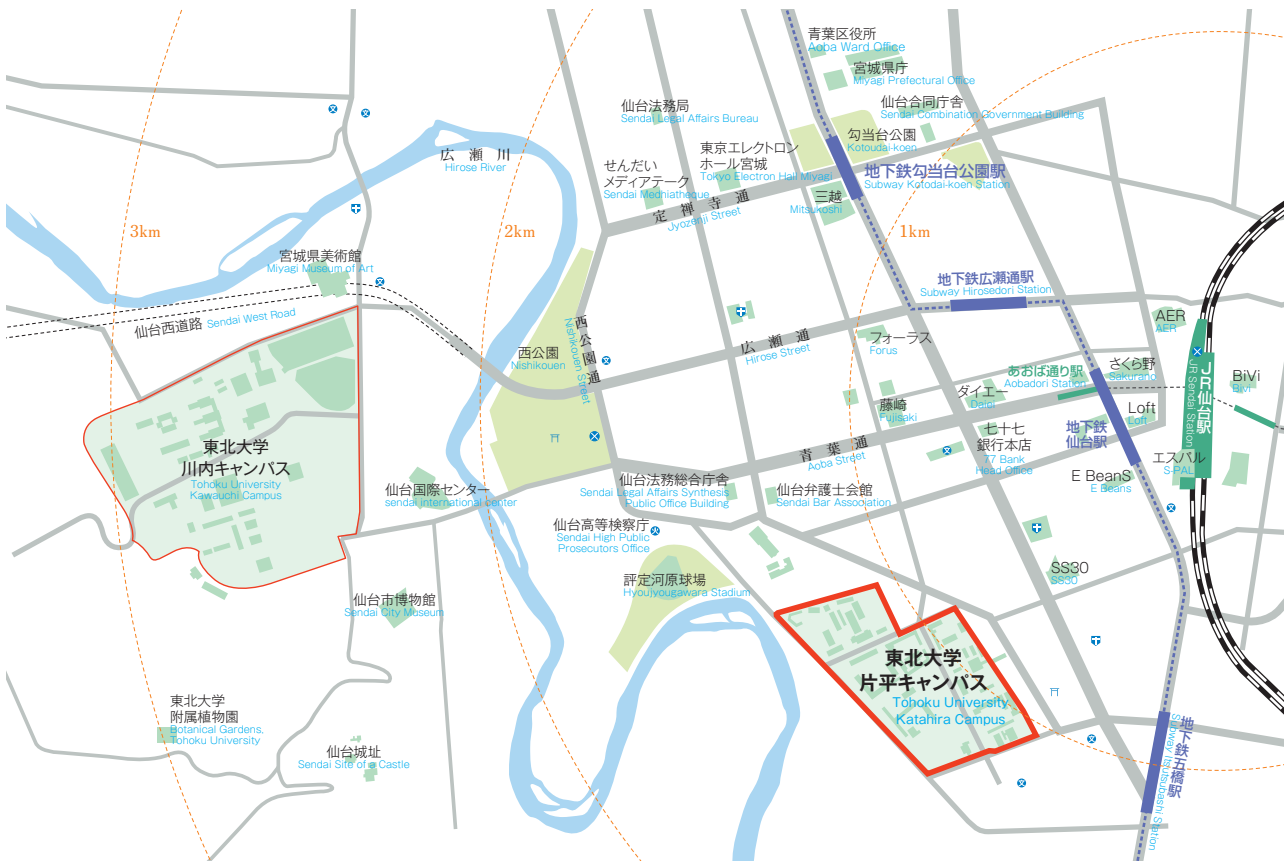
⑭ 多元研 南3号館  
(素材工学研究棟3号館)

IMRAM South Building 3

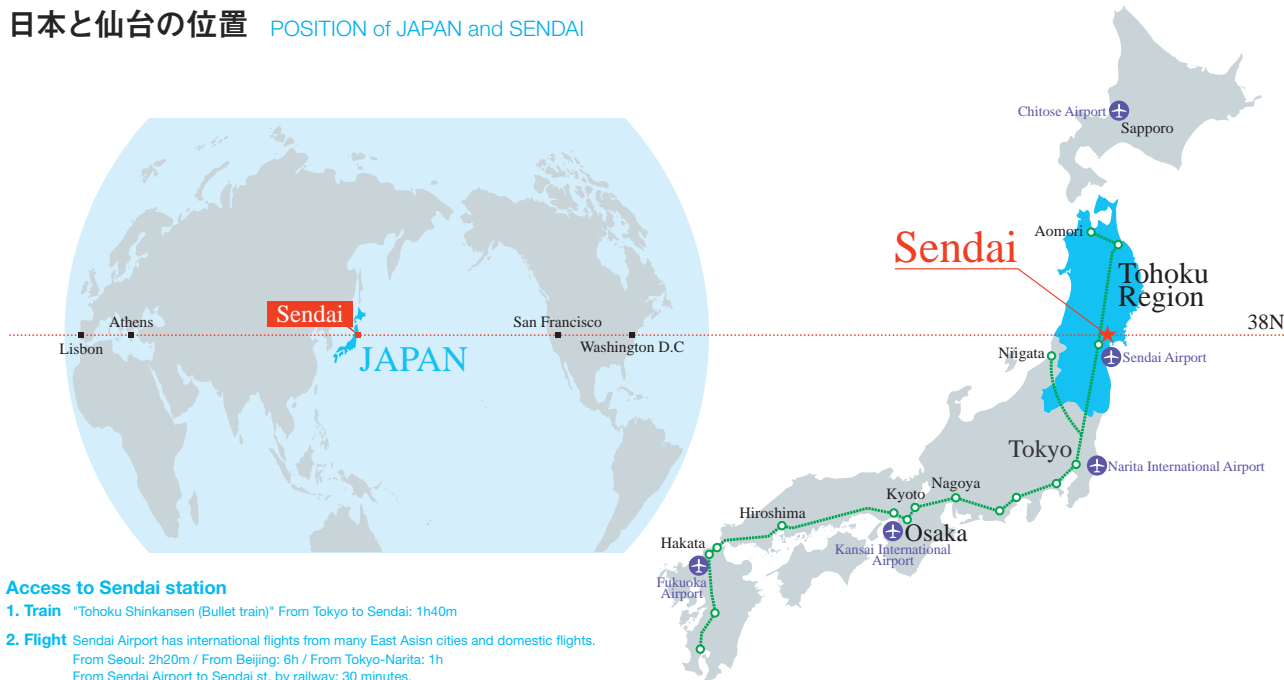
# アクセス

## ACCESS

### 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

TE L: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