

T

E

G

A

N

# 東北大学 多元物質科学研究所

Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials

TOHOKU UNIVERSITY

# 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の改組
- 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 / ORGANIZATIONAL CHART .....	5
有機・生命科学研究部門 / DIVISION OF ORGANIC- AND BIO-MATERIALS RESEARCH .....	8
無機材料研究部門 / DIVISION OF INORGANIC MATERIAL RESEARCH .....	16
プロセスシステム工学研究部門 / DIVISION OF PROCESS AND SYSTEM ENGINEERING .....	24
計測研究部門 / DIVISION OF MEASUREMENTS .....	32
寄附研究部門 / DONATED RESEARCH SECTION .....	40
サステナブル理工学研究センター / RESEARCH CENTER FOR SUSTAINABLE SCIENCE & ENGINEERING .....	42
先端計測開発センター / CENTER FOR ADVANCED MICROSCOPY AND SPECTROSCOPY .....	48
高分子・ハイブリッド材料研究センター / POLYMER・HYBRID MATERIALS RESEARCH CENTER .....	54
窒化物ナノ・エレクトロニクス材料研究センター / CENTER FOR ADVANCED NITRIDE TECHNOLOGY .....	62
多元CAF / TAGEN CENTRAL ANALYTICAL FACILITY .....	67
技術室 / TECHNICAL SERVICE SECTION .....	69
最近の主な成果 / MAIN ACHIEVEMENTS .....	72
学術交流協定 / ACADEMIC EXCHANGE AGREEMENTS .....	73
概要 / OUTLINE .....	74
建物案内図 / IMRAM BUILDING MAP .....	75



# 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

河村 純一

Institute of Multidisciplinary Research  
for Advanced Materials

Director  
Junichi Kawamura

2011年3月11日に東北・北関東一帯を襲ったマグニチュード9.0という未曾有の大地震と津波は、更に福島第一原発の事故へとつながり、東北大学にも甚大な被害をもたらしました。奇しくも本年4月には、東北大学多元物質科学研究所(略称:多元研)の創立10周年を迎え、本来であれば盛大な祝典を予定していたところですが、延期を余儀なくされました。

その後の調査で、多元研の被害状況も詳細に明らかになり、所員に大きな怪我などはなかったものの、家族や自宅などには多くの被害が報告されています。また、研究所の建物は無事でしたが、研究装置・機器の破損や貴重な試料の喪失など大きなダメージを被りました。この間、5研究所ネットワークをはじめ、国内・国外からの多くの支援と励ましをいただきました事に心より御礼申し上げます。

さて、多元物質科学研究所[英名: Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (IMRAM)]は、50年以上の歴史を持つ旧3研究所(選研・素材研、科研、非水研・反応研)が、平成13年4月に統合して発足した東北大学附置研究所の一つであり、本年は10周年の記念の年となります。

多元研のミッションは、“多元物質科学に関する基礎と応用の先端的研究を推進し、本学4研究科と協力して次世代を担う若者の教育研究活動を行い、世界的視点から思考できる指導的人材を育成し、地域と世界に貢献する”ことにあります。

多元物質科学とは、単に有機・無機・生物といった多元的物質の科学という意味のみならず、Multidisciplinary という英語表記からも分かる通り、一つの見方にとらわれずに物理や化学や生命や工学や環境科学など様々な学問的視点を融合した新しい物質科学の創出を目指すものです。

平成22年度から始まった第2期中期目標中期計画期間においては、多元物質科学の基盤となる部門をしっかりと守り育てながら、喫緊の社会的要請に集中的かつ迅速に対応できるように、大幅な組織変更を行いました。前者は、4つの基盤的部門(有機・生命科学研究部門、無機材料研究部門、プロセスシステム工学研究部門、計測研究部門)、後者は4つの重点研究センター(サステナブル理工学研究センター、先端計測開発センター、高分子・ハイブリッド材料研究センター、窒化物ナノ・エレクトロニクス材料研究センター)からなり、適切な評価と見直しを進めてまいります。

また、平成22年度からは、日本を縦断する北大電子研・東北大多元研-東工大資源研-阪大産研-九大先導研の5つの附置研究所ネットワークによる新しいタイプの共同利用研究所「物質・デバイス領域共同研究拠点」としての活動を開始しました。初年度にもかかわらず60件以上の公募型共同研究を実施し、多元研の全国展開への一歩を築くことができました。今後は、更に地域や日本そして世界に開かれた多元研として更なる発展を目指して行きます。

さて、震災の後、余震や放射能など様々な不安を抱えながらも、多くの多元研所員や学生が復旧・復興活動に献身され、5月末の時点では殆どの研究室が研究・教育を再開し、更には学内の被害が大きい部局への支援や地域ボランティアなどにも活躍しております。これからも、迅速かつ着実に研究・教育の復興を進め、従来にも増して大きな研究成果を挙げるべく全力を尽くして参りますので、どうか宜しく御支援をお願いいたします。

平成23年5月

The Tohoku earthquake on March 11, 2011, which triggered the devastating Tsunami and the accident in Fukushima nuclear power plants, has tremendously damaged to Tohoku and Kanto regions of Japan, including our campus of Tohoku university.

No victims or serious injuries are reported among our institute members, although many of them have lost their family members and their houses. No serious damage is found in the buildings of IMRAM, however the various equipments and devices are broken and many valuable samples are found to be lost.

We greatly appreciate many colleagues in Japan and all over the world, who have offered us various helps and encourages after the disaster.

Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (IMRAM), which is pronounced as TAGEN-BUSSHITSU-KAGAKU KENKYUSHO (Tagen-ken) in Japanese was founded 10 years ago on April 2001 as the successor of three prestigious research institutes with about 50 years' tradition; SENKEN-SOZAIKEN, KAKEN, HISUIKEN-HANNOUKEN in Tohoku university.

The meaning of TAGEN-BUSSHITSU-KAGAKU is not only the science for multi-sources of materials including organic, inorganic, biological etc., but also denotes a new concept of material science by fusing different fields of science and technologies such as, physics, chemistry, biology, process engineering, environmental science etc., which is well expressed in the English name of "Multidisciplinary Research".

The mission of IMRAM is "To promote basic and application of the TAGEN-BUSSHITSU-KAGAKU, to educate the next generations in this field to bring up international leading scientists and engineers and to contribute to the global human communities.

Since the "2nd period of Mid-term Plan of National University Corporation" started from 2010, the organization of IMRAM has been rearranged in to four basic divisions (Division of Organic- and Bio-materials Research, Division of Inorganic Material Research, Division of Process and System Engineering, Division of Measurements) and four priority centers (Research Center for Sustainable Science & Engineering, Center for Advanced Microscopy and Spectroscopy, Polymer Hybrid Materials Research Center, Center for Advanced Nitride Technology). The former divisions conserve and cultivate the core academic bases of IMRAM, on the other hand the latter centers catch-up and contribute quickly to the global serious and argent demands.

Also, in 2010, the IMRAM started the activity as a member of the new Network Joint Research Center for Materials and Devise composed of five national university institutes including RIES (Denshiken) in Hokkaido Univ., CRL (Shigennken) in Tokyo Institute of Technology, ISIR (Sanken) in Osaka Univ. and IMCE (Sendouken) in Kyushu Univ. The network is open to any people in Japan including colleges, institutes and private companies, who wish to collaborate with the five institutes.

After the earthquake in Tohoku, we have struggled to reconstruct our institute as well as our home and local communities. Now, the life-line of Sendai is mostly recovered and the scientific research and education have already started in IMRAM.

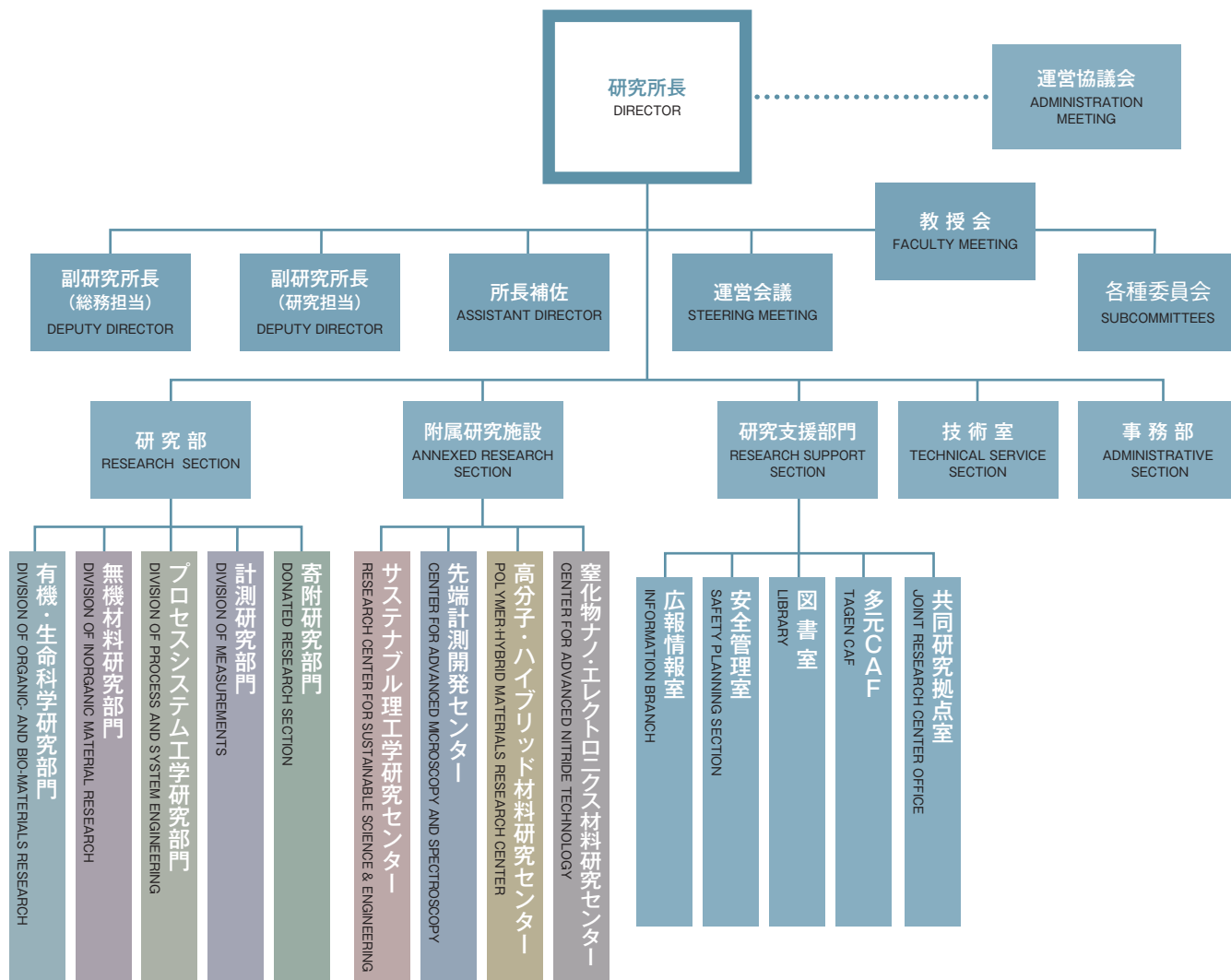
We express sincere thanks to all who help us and we promise to reestablish our institute swiftly and steadily up to much higher levels than before.

May, 25, 2011



# 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 齋藤(正)研究室 IKEDA-SAITO Lab / 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 石島研究室 ISHIJIMA Lab / Nano Biophysics
生命類似機能化学研究分野 金原研究室 KINBARA Lab / 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
生体高分子化学研究分野 清水研究室 SHIMIZU Lab / Biopolymer Chemistry	ソフト材料研究分野 (客員) (GUEST) / Soft Materials

無機材料研究部門 DIVISION OF INORGANIC MATERIAL RESEARCH	
高純度材料研究分野 一色研究室 ISSHIKI Lab / High Purity Materials	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
金属機能設計研究分野 蔡研究室 TSAI Lab / Metallurgical Design for Material Functions	強相関固体物性研究分野 (兼)有馬研究室 ARIMA Lab(c) / Correlated-electron Solid-state Physics
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	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
機能材料微細制御研究分野 鈴木研究室 SUZUKI Lab / Microstructural Control of Functional Materials	ハード材料研究分野 (客員) (GUEST) / Hard Materials

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 齋藤(文)研究室 SAITO F. Lab / Mechanochemical Operation and Nano-coating	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 田中研究室 TANAKA Lab / Nanostructure/Nanointerface Design and Control	エネルギーシステム研究分野 (兼)水崎研究室 MIZUSAKI Lab(c) / Energy System
超臨界ナノ工学研究分野 阿尻研究室 ADSCHIRI Lab / Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies	プロセスシステム研究分野 (客員) (GUEST) / 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	分光化学研究分野 山内研究室 YAMAUCHI Lab / Spectrochemistry
量子電子科学研究分野 高橋(正)研究室 TAKAHASHI M. Lab / Quantum Electron Science	ナノ界面化学研究分野 栗原研究室 KURIHARA Lab / Nano-surface Chemistry
光学計測研究分野 Optical Measurements	表面物理プロセス研究分野 高桑研究室 TAKAKUWA Lab / Surface Physics and Processing
構造材料物性研究分野 野田研究室 NODA Lab / Structural Physics and Crystal Physics	計測研究分野 (客員) (GUEST) / Measurements

寄附研究部門 DONATED RESEARCH SECTION
窒化物結晶寄附研究分野 石黒研究室 ISHIGURO Lab / Production of Bulk Nitride-crystals

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 有山研究室 ARIYAMA Lab / Environmental-Conscious Material Processing
固体イオニクス・デバイス研究分野 水崎研究室 MIZUSAKI Lab / Solid State Ionic Devices	金属資源循環システム研究分野 中村研究室 NAKAMURA Lab / Metallurgy and Recycling System for Metal Resources Circulation
固体イオン物理研究分野 河村研究室 KAWAMURA Lab / Solid State Ion Physics	

先端計測開発センター CENTER FOR ADVANCED MICROSCOPY AND SPECTROSCOPY	
軟X線顕微計測研究分野 柳原研究室 YANAGIHARA Lab / 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 宮下研究室 MIYASHITA 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 下村研究室 SHIMOMURA Lab / Organized Polymer Materials

窒化物ナノ・エレクトロニクス材料研究センター CENTER FOR ADVANCED NITRIDE TECHNOLOGY	
超臨界流体・反応研究分野 横山研究室 YOKOYAMA Lab / Chemical Reaction Engineering	量子構造形成／基板・デバイス評価研究分野 秩父研究室 CHICHIBU Lab / Device Design and Engineering Physics
活性反応場・合成研究分野 山根研究室 YAMANE Lab / Solid State Structural and Synthetic Chemistry	表界面反応制御・基板作製研究分野 福山研究室 FUKUYAMA Lab / High-temperature Processes and Measurements

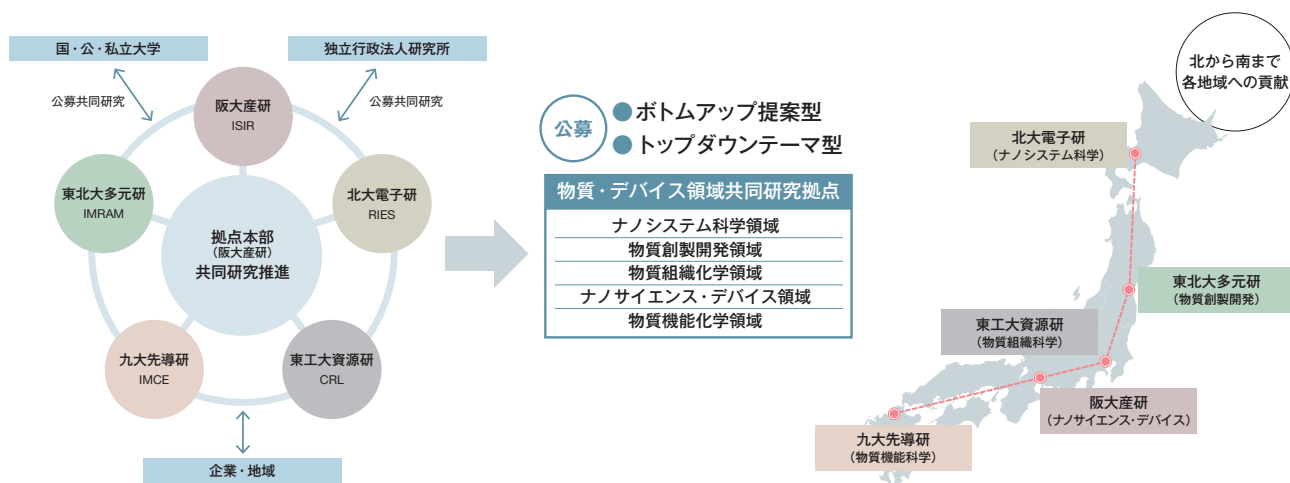
# 物質・デバイス領域共同研究拠点による 5附置研究所間ネットワーク型共同研究事業の推進

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。

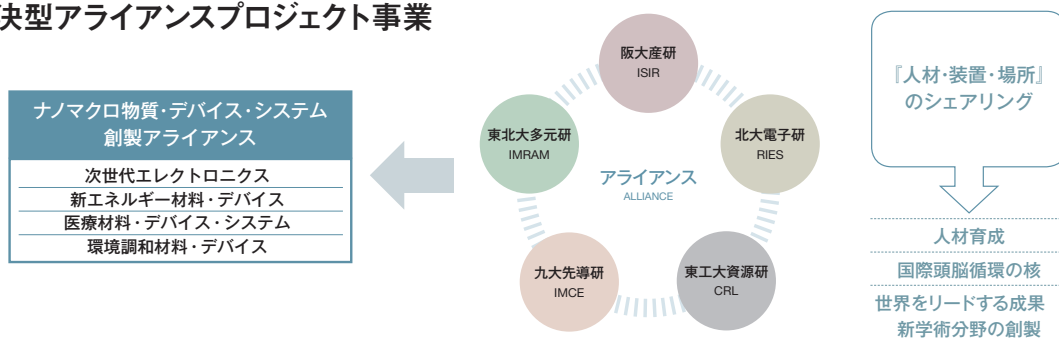
【ネットワーク型共同研究拠点事業】では、ナノシステム科学、物質創製開発、物質組織化学、ナノサイエンス・デバイス、物質機能化学の5つの研究領域を研究所間ネットワークで結合した「物質・デバイス領域」の公募による共同研究システムを整備し、物質・デバイス領域で多様な先端的・学際的共同研究を推進することを目的とします。平成23年度には305件の共同研究がスタートし、さらに新たな試みとして、トップダウン型重点研究課題の設定による特定共同研究の推進も企画されており、これは我が国の物質・デバイス研究の飛躍的推進を担う核として有効に機能することが大いに期待されています。

## 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





#### 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結合分子の新規検索法の開発
- 2本鎖DNA構造の制御を目指した分子モーターの合成
- Design and synthesis of functional molecules for regulation of gene expression
- Development of functional oligonucleotides for artificial regulation of gene expression

#### 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
- ガン細胞特異的遺伝子治療薬の開発
- 細胞内環境応答性生体機能制御材料の創成
- 外部刺激応答性緑色蛍光タンパク質 (GFP) の開発
- 生体高分子を不斉反応場とする超分子不斉反応
- 時間分解円二色 (CD) スペクトル測定装置の開発
- Development of external stimuli responsible artificial nucleic acids
- Creation of cellular signals responsible intelligent functional biomaterials
- New photochemical paradigm and methods for the study of chemical biology
- Supramolecular asymmetric photochirogenesis with biopolymers and biomolecules as nano-chiral reaction field/reactor

#### 生命類似機能化学研究分野

Bioinspired Synthetic Chemistry

### 金原研究室

KINBARA Lab

- 有機合成化学と超分子化学に立脚した新機能物質の開発
- 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発
- 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

#### 生体高分子化学研究分野

Biopolymer Chemistry

### 清水研究室

SHIMIZU Lab

- ガスのヘム鉄へ結合・解離が反応を制御するヘム結合 c-di-GMP 分解酵素の機能解析
- ヘム鉄の結合・解離が反応を制御する蛋白質の翻訳に関わるリン酸化酵素の機能解析
- ヘム鉄の結合・解離が反応を制御する時計遺伝子転写に関わる転写制御因子の機能解析
- 結晶構造解析、分光学などを用いた分子シグナル伝達の反応機構と活性部位構造の研究
- 遺伝子組換えにより創造する新規な機能を有する酵素・蛋白の生体工学 (プロテインチップ、生体材料)、及び環境科学への応用研究
- Structure-function relationships of heme-sensor enzymes/proteins including heme-regulated phosphodiesterase, heme-regulated kinase, heme-regulated transcription factor and heme transporter protein
- Crystallography, recombinant DNA technique and spectroscopies are used to analyze their functions
- The application of redesigned heme enzyme/protein with novel functions to bio..material, biomedical and bioremedial fields

#### タンパク機能解析研究分野

Structural Biology and Bioinorganic Chemistry

### 齋藤 (正) 研究室

IKEDA-SAITO Lab

- 細胞内のヘムを分解し、同時に生体内信号としての役割が注目されている一酸化炭素を生成する酵素、ヘムオキシゲナーゼの反応機構の研究
- 脳の中樞神経系において速い興奮性の信号伝達を行うイオンチャンネル型グルタミン酸受容体の機能-構造相関の研究
- ヘムのレセプターやトランスポーター、酸素感受性タンパク質等の新しいヘムタンパク質のクローニング、発現系の構築、および構造解析
- Determination of the molecular mechanism of the heme oxygenase catalysis which is the central enzyme of oxygen-dependent heme catabolism and associated CO biosynthesis
- Elucidation of the control mechanism of the enzyme action of soluble guanylate cyclase that is responsible for synthesis of a cellular messenger, cGMP
- Biochemical and biophysical characterization of a new type of heme proteins including heme-receptor and heme-transporter in bacterial iron utilization, and a heme protein responsible for the oxygen dependent erythropoietin gene expression

#### 生物分子機能計測研究分野

Nano Biophysics

### 石島研究室

ISHIJIMA Lab

- 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 nano tube 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

- 新しい一分子観察法の開発
- 一分子時系列データを基にした蛋白質の運動特性の解明
- 時分割 X 線小角散乱法を用いた蛋白質ダイナミクスの観測
- Development of the single molecule fluorescence tracking and the time-resolved small angle X-ray scattering for the observation of protein dynamics
- Observation of protein folding and functional dynamics based on the single molecule and the ensemble methods
- Development of theoretical background for the understanding of protein folding and functions based on the single-molecule time series

# 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

**萩原 伸也** 助教 Shinya HAGIHARA, Assistant Professor

**松本 高利** 助教 Takatoshi MATSUMOTO, Assistant Professor

**佐々木 要** 助教 Kaname SASAKI, 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

nagatugi@tagen.tohoku.ac.jp

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

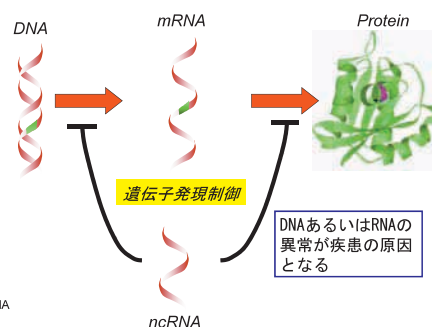
## 遺伝子発現の化学的制御を目指したケミカルバイオロジー

ゲノム解析の終了にともない、実際にタンパク質として発現される遺伝子はわずか2%のみであり、残りの98%はタンパク質をコードしていない、いわゆる non-codingRNA(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

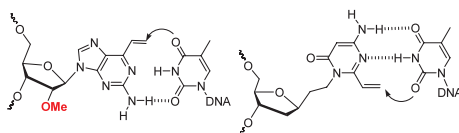
設計・合成し、既存の分子ではできない新たな機能を持つ人工分子を開発することを目標に研究を行っています。既に私たちの研究室では高機能を持つ核酸医薬として、標的遺伝子に対してピンポイントの反応性で架橋反応を形成するインテリジェント人工核酸の開発に成功し、効率的な遺伝子発現制御

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。

### 遺伝子発現機構と病気の原因



### チミン選択的クロスリンク剤



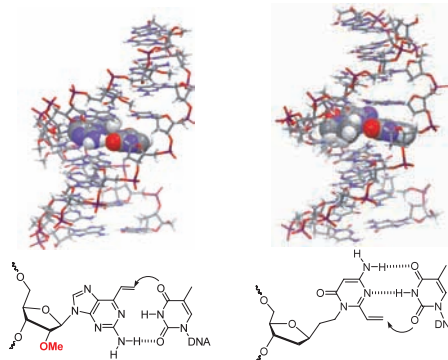
## Development of intelligent molecules for the regulation of gene expression in cells

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 spe-

cificity toward cytosine at the target site. We have applied the new cross-linking agent to anti-sense 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 助教	Yasuyuki ARAKI, Assistant Professor
坂本 清志 助教	Seiji SAKAMOTO, Assistant Professor

Functional Photochemistry  
and Chemical BiologyWADA  
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／遺伝子治療／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 / gene therapeutic oligonucleotide / external function control-  
lable material / CD measurement system with high sensitivity and high time resolution

hiko@tagen.tohoku.ac.jp

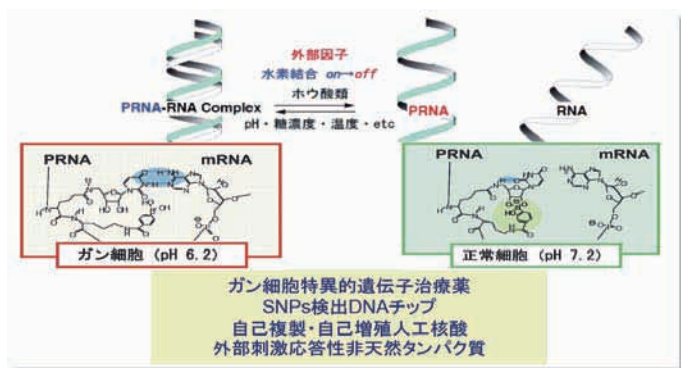
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/wada/index-j.html

## 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応答し、正常細胞には副作用を発現しないがん細胞特異的遺伝子治療薬の創製や、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緑色タンパク質(GFP)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

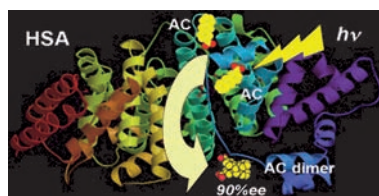
## Design and synthesis of artificial nucleic acid and non-natural protein for active control of cellular function and development of CD measurement system with high sensitive &amp; high time resolution

A chemical synthesis and modification of DNA/RNA and protein is the fundamental technology and science 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. Thus, focusing our research interest mostly on the recognition and complexation behavior control of biopolymers,

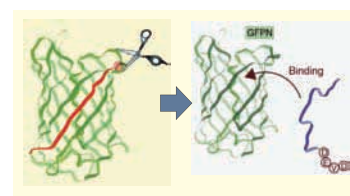
such as DNA/RNA, proteins by external factors, toward the active control of cellular functions.

Another topic reaction control based on molecular recognition phenomena in both 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

**KINBARA  
Lab**

生命類似機能化学研究分野

**金原研究室**

**金原 数** 教授 Kazushi KINBARA, 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

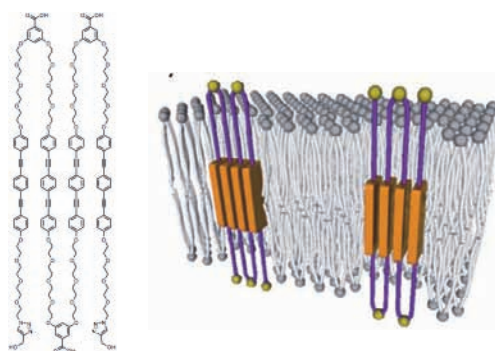
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=11>

## 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、光機能材料のスピノ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

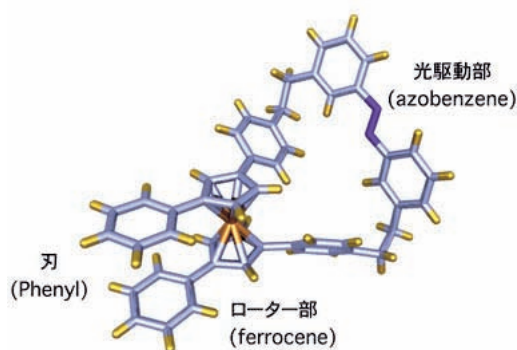


## Development of functional molecules inspired by biological systems

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



清水 透 教授 Toru SHIMIZU, Professor

Biopolymer Chemistry  
SHIMIZU  
Lab生体高分子化学研究分野  
清水研究室

## ■ 専門分野・キーワード ■

ヘム基盤ガスセンサー／環状リン酸分解酵素／蛋白質リン酸化／時計遺伝子

## ■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

heme-based gas-sensor / phosphodiesterase / protein kinase / body clock gene

shimizu@tagen.tohoku.ac.jp

http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=36

## ヘム基盤ガスセンサータンパク質の構造—機能相関関係

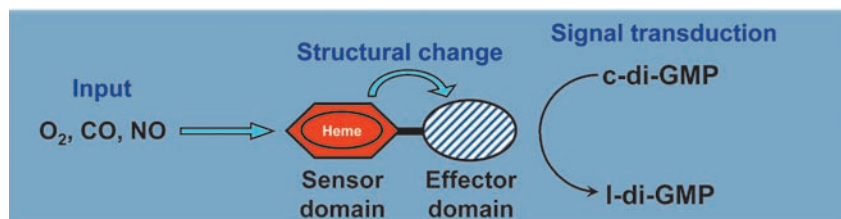
当分野では、ヘム基盤ガスセンサータンパク質の構造と機能の関係を研究しています。研究対象は、[1] ヘム鉄に酸素、CO、NOなどのガスが結合して反応を制御するヘム制御 c-di-GMP 分解酵素 *Ec* DOS、[2] 蛋白質の合成の制御に関わるヘム制御リン酸化酵素 HRI、[3] 時計遺伝子の転写に関わるヘム結合転写制御因子 NPAS2 及び Period などです。これらはヘムにガスが結合して機能が発揮されます。本研究室では、これらのヘムタンパク質のクローニング、大量発現系の構築、部位特異的のアミノ酸変異、及び精製を行い、それらの蛋白質の反

応分子機構を解析し、構造との相関関係を調べています。蛋白質工学、反応解析、スペクトル解析、結晶化、及び立体構造解析などを駆使して、それぞれの蛋白質の機能に

おけるヘムの役割を解析し、ヘムによる機能制御の分子的機構を考察します。新規酵素・蛋白質のバイオセンサーや生体類似材料としての応用も考えています。

Fig. 1: Gas-sensing of *Ec* DOS

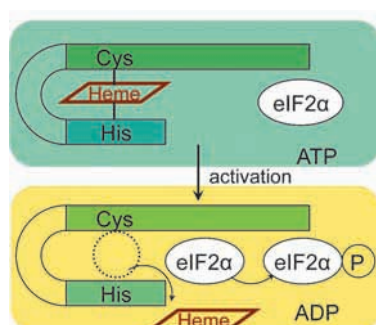
Gas binding to the heme in the sensor domain of *Ec* DOS causes structural changes, leading to intramolecular signal transduction and its function is switched on/off in response to gas availability.



## Structure-function relationships of heme-based gas-sensor proteins

In an attempt to understand the structure-function relationships of heme-based gas-sensor proteins, [1]: Heme-regulated phosphodiesterase toward c-di-GMP, *Ec* DOS, [2]: Heme-regulated kinase involved in protein synthesis, HRI, and [3]: Heme-bound transcriptional factor associated with circadian rhythms, NPAS2, and Period, we are using genetic and protein engineering techniques, spectroscopies, and X-ray crystallography. Functions of those heme proteins

are switched on/off in response to gas ( $O_2$ , CO, NO) availability. Our goal is to redesign the proteins and enzymes and construct modifier versions with novel functions



useful for biomaterials, biomedical and bioremedial applications.

Fig. 3: Heme transfer in transcription. Heme transfer from NPAS2 to Per2 regulates transcription associated with circadian rhythms.

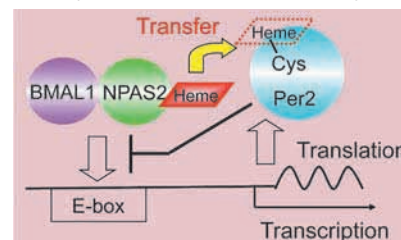


Fig. 2: Heme-sensing of HRI.

Heme inhibits the HRI activity under normal conditions by blocking the active site (upper). However, under heme shortage conditions, heme dissociates from the active site and its kinase function is elicited (lower).

Structural Biology  
and Bioinorganic Chemistry

**IKEDA-SAITO  
Lab**

タンパク機能解析研究分野

**齋藤 (正) 研究室**

**齋藤 正男** 教授

Masao IKEDA-SAITO, Professor

**松井 敏高** 講師

Toshitaka MATSUI, Senior Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

生物無機化学 / 構造生物学 / 金属タンパク質 / ヘムタンパク質

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

bioinorganic chemistry / structural biology / chemical biology / heme enzymes / metalloproteins

[mis2@tagen.tohoku.ac.jp](mailto:mis2@tagen.tohoku.ac.jp)

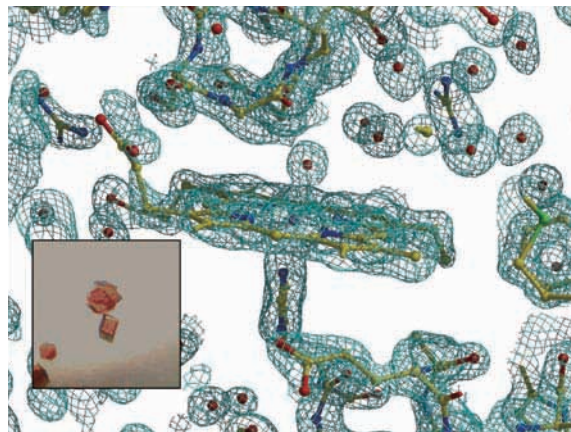
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=61>

## 蛋白質の構造—機能相関の原子レベルでの解明

タンパク質は生体内反応の主な担い手であり、生命活動の維持に重要な役割を果たしています。タンパク質はその目的に最適な構造を有し、高度に洗練されたメカニズムによって生理機能を発現します。私たちは、タンパク質の生理的重要性と化学的特殊性に注目し、X線結晶構造解析・精密反応解析・分光測定などの手法を駆使して、「タンパク質の反応と構造」の解明を目指しています。現在の主な研究ターゲットは「ヘム分解酵素」や「グルタミン酸受容体」などの、近年注目を集めている重要なタンパク質です。結晶構造解析からは、原子レベル分解能のタ

ンパク質構造が得られ、これらの構造に基づいたタンパク質機能の解明や、新たな薬剤の開発に取り組んでいます。また、反応メカニズムの解明により様々な生理現象の詳細が明らかとなり、新たな生体内反応の発見にも繋がっています。さらに、これらの研究から得られた生理学的な知見を実証するために、動物細胞を用いた研究も進めています。

Crystals of heme oxygenase (inset) and the electron density maps and the structure model of the active site.



## Structural biological chemistry of proteins of physiological significance

Our research endeavor focuses on elucidation of structure–function relationships of proteins of physiological significance, such as heme oxygenase and glutamate receptor, at the sub-molecular level by utilizing the power of advanced biochemical and biophysical techniques, including protein engineering, product and reaction analysis, vibrational and magnetic resonance spectroscopy, 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 protein structure and reaction mechanism investigations.

Heme oxygenase reaction products in the presence (right and center) and absence of a physiological small molecule.



石島 秋彦 教授	Akihiko ISHIJIMA, Professor
井上 裕一 助教	Yuichi INOUE, Assistant Professor
福岡 創 助教	Hajime FUKUOKA, Assistant Professor



Nano Biophysics

ISHIJIMA  
Lab

生物分子機能計測研究分野

石島研究室

## ■ 専門分野・キーワード ■

アクトミオシン/バクテリア/べん毛モーター/走化性

## ■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

actomyosin / bacteria / flagellar motor / chemotaxis

ishijima@tagen.tohoku.ac.jp

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、バクテリアべん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、一方向へ運動する。Actomyosin motor. Myosin molecules interact with actin filament that is a rail protein, and generate directed motion.



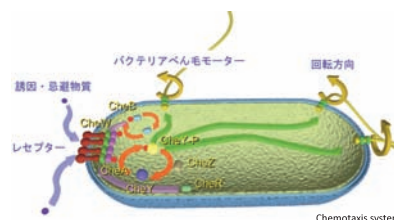
Actomyosin motor

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

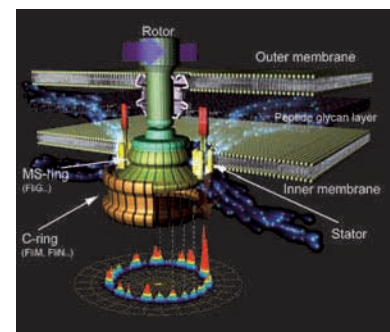
In biological system, macromolecules in the nanometer scale are key players in various physiological functions, including movement and signal transduction. However, these mechanisms were not understood well still. In my laboratory, in order to understand fundamental principle of mechanism of bio molecules, 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, bacteria 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

バクテリアべん毛モーター、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

佐上 博 准教授

Hiroshi SAGAMI, Associate Professor

鎌形 清人 助教

Kiyoto KAMAGATA, 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／一分子蛍光観察／ダイナミクス

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

protein folding / single molecule fluorescence detection / dynamics

st@tagen.tohoku.ac.jp

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

## 一分子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

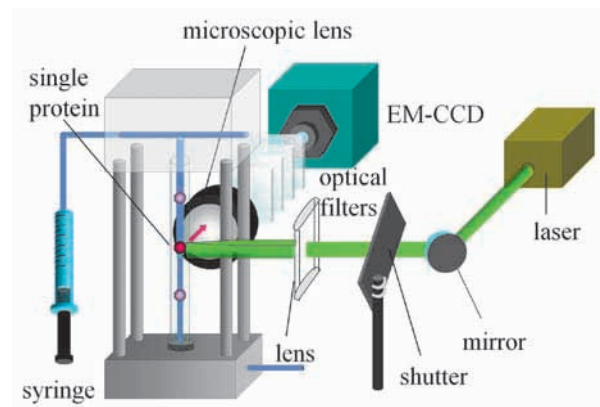
タンパク質は二十種類のアミノ酸が特定の配列でつながった高分子であり、アミノ酸配列を基に特定の構造に折り畳むことで機能を発揮します。タンパク質が折り畳む性質は生命を支える重要性を持つが、この性質を理解することは未だに困難です。このために、タンパク質の構造や機能の予測や人工設計は、現状では大変困難です。

当分野では「タンパク質が折り畳んで機能する」ことの総合的な理解を目指し、以下の研究を展開します。第一に、タンパク質がひも状にゆらいだ状態から特定の形に折り畳む運動を、一分子レベルで捉えます。こ

のために、独自の単分子蛍光追跡法を開発しています。第二に、タンパク質がさまざまな機能を発現する過程を、リアルタイムで観察します。

以上の目的のために、タンパク質のバルクレベル及び一分子レベルにおける運動データを解析する方法が必要です。当分野では、実験データに即した解析手法

を開発し、蛋白質の動的な特徴を捉える基盤を構築します。

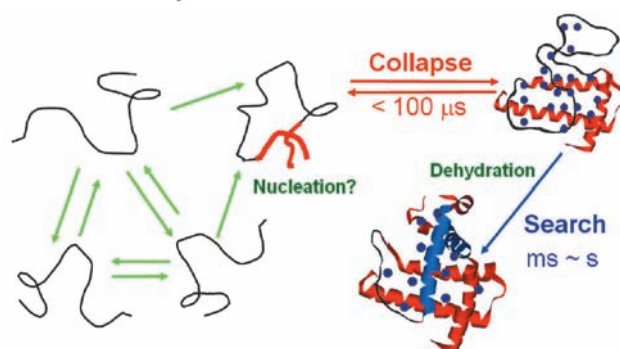


## Single molecule and ensemble observation on protein folding and functional dynamics

Proteins fold from the fully unfolded state to the functional native state based on the information coded in the amino acid sequences. To understand the physical principles of protein folding, we aim at observing the dynamic processes of protein folding based on the original techniques such as time-resolved small angle X-ray scattering and single molecule fluorescence tracking. Furthermore, to understand protein

functions, we aim at observing the functional processes such as the protein-ligand recognition process. To fully exploit the information obtained by the sin-

gle molecule and time resolved methods, we are developing new strategies of data analysis.





### 高純度材料研究分野

High Purity Materials

## 一色研究室

ISSHIKI Lab

- イオン交換、プラズマ溶解、帯溶融など化学的・物理的精製方法を組み合わせた高純度金属製造プロセスの開発、および高純度金属の特性評価
- 分子線エピタキシー法、イオンビームデポジション法等による高品位な高純度金属薄膜作製法の開発、およびその特性評価
- ブリッジマン法、気相成長法等による高品位な化合物半導体単結晶の作製、およびその特性制御
- 分子線エピタキシー法等による高品位な化合物半導体薄膜の作製、およびその特性制御
- 高純度金属および薄膜の表面酸化と表面安定化
- Purification of transition metals by various chemical and physical refining methods and characterization of high purity metals
- Characterization of high-quality metal thin films, prepared by MBE and Ion Beam Deposition
- Bulk growth and characterization of high-quality II-IV compound single crystals
- Growth and characterization of high-quality II-IV compound epitaxial layers
- Surface oxidation and surface stabilization of high-purity metals

### 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

- ソルボサーマル反応によるセラミックス微結晶・薄膜の合成と特性評価
- 層状化合物の2次元空間を利用するナノ複合体の合成と光化学特性
- 可視光反応型光触媒の創製と環境浄化
- セラミックス / 金属ナノ複合体の合成と環境浄化機能
- 誘電体の高強度高靱性化及びバリア放電プラズマ反応による環境浄化
- セラミックスナノ粒子の形態制御と紫外線遮蔽・赤外線遮蔽・発光特性
- 窒化物系 LED 用蛍光体の合成と光学応用
- Solvothermal synthesis and characterization of ceramic fine crystals and/or films
- Synthesis and photochemical properties of layered compound nanocomposites
- Development of advanced visible light responsive photocatalysts for environmental purification
- Synthesis of ceramic/metal nanocomposites and environmental purification functions
- Strengthening and toughening of dielectric ceramic materials and their application on the barrier discharge plasma reaction for environmental purification
- Morphological control of ceramics nanoparticles and the UV-shielding, IR-shielding and emission of light characteristics
- Synthesis of nitride based phosphors and their application on Light-Emitting Diodes(LEDs)

### 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

### 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

- 水溶液化学に立脚したグリーンプロセスの開拓
- 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の形態制御技術の開発
- パラレル合成スキームによる光機能性物質探索
- ノンオキサイド系フォトセラミックスの開発
- 溶液法による高活性水分解光触媒の合成
- 回折法と分光法による無機材料の平均構造と局所構造の解析
- Development of "green" processes based on solution chemistry
- Chemical design of new metal complexes
- Morphology control of photoceramics
- Search for new phosphor materials employing parallel synthesis
- Development of non-oxide photoceramic materials
- Synthesis of high activity photocatalysts by solution-based methods
- Analysis of materials average and local structures by diffraction and spectroscopic methods

### 強相関固体物性研究分野

Correlated-electron Solid-state Physics

## (兼)有馬研究室

ARIMA Lab(C)

- 磁性誘電体の物質設計と物性研究
- 強相関電子系における電子の規則的配列や軌道占有の交替現象の研究
- 磁場誘起相転移現象に起因する巨大磁気応答の研究
- 反転対称の破れた磁性体における新しいタイプの磁気光学の研究
- Material design of magnetoelectrics
- Control of charge/orbital ordering in strongly-correlated electron systems
- Novel magneto-optic in non-centrosymmetric magnets
- Observation of interface magnetism by using x-ray or laser

### 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

# 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.



High Purity Materials

ISSHIKI  
Lab

高純度材料研究分野

一色研究室

一色 実 教授 Minoru ISSHIKI, Professor

三村 耕司 准教授 Kouji MIMURA, Associate Professor

打越 雅仁 助教 Masahito UCHIKOSHI, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

高純度金属／高純度精製法／高品位物質の特性評価／化合物半導体単結晶

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

high purity metals / chemical and physical refining methods / characterization of high purity materials / compound semiconductor single crystals

isshiki@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=24>

## 高純度材料の創製とその特性評価

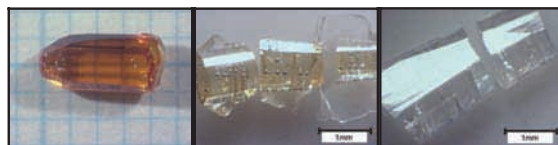
先端材料に不可欠な金属や化合物半導体等を対象に、新規な高純度化プロセスを開発し、高純度素材・単結晶・薄膜の作製とその純度評価及び特性制御を図り、種々の特性に及ぼす微量不純物や欠陥の効果に関する研究を展開しています。

金属の高純度精製では、目的金属の性質を考慮し、化学的・物理的精製法(イオン交換法、水素プラズマ溶解法、帯溶融法、昇華法など)を適宜組み合わせ、全ての不純物を効率的に分離除去できる高純度化プロセス

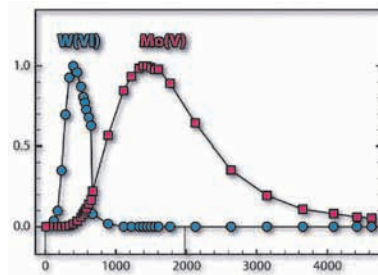
の構築を図っています。これまでに Fe, Co, Cu, Ni, Zn, Mn, Hf, Zr, Mo, La の高純度化を手掛け、世界最高純度の Fe, Co, Cu を得ています。

化合物半導体単結晶及び金属・酸化物薄膜に関しては、高純度原料を用い、前者では化学気相輸送法やブリッジマン法、

後者ではイオンビームデポジション法等を用い、高品位単結晶 (ZnSe, ZnO, PbI<sub>2</sub>, β-FeSi<sub>2</sub>等) や高品位薄膜(Hf, Zr, HfO<sub>2</sub>等) を作製後、光学的・電気的特性から高品位化の重要性を検証しています。



酸素分圧 → 高  
酸素分圧制御—化学気相成長法による高品位 ZnO 単結晶



陰イオン交換法による Mo と W の分離

## Preparation and characterization of high purity materials for advanced devices

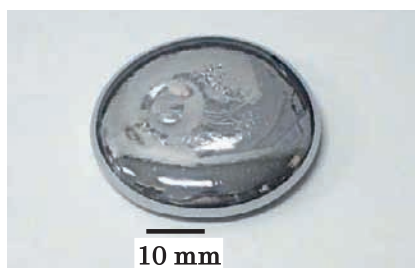
Demands for high purity materials have grown in advanced technology fields. In our division, novel processes to prepare high-purity metals, high quality compound semiconductor single crystals and high quality metal thin films have been developed and the influences of impurities and defects on their various properties are examined.

For purification of metals, combination of chemical and physical refining methods (ion exchange, hydrogen plasma arc melting, zone melting and

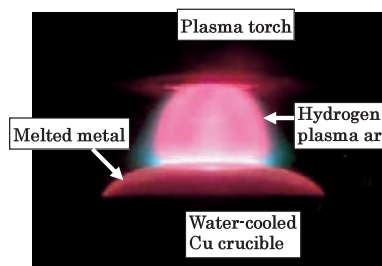
sublimation etc.) have been applied and we have purified successfully many transition metals.

High quality compound single crystals and high quality thin films have

been fabricated by “chemical vapor transport method” and “ion beam deposition method”, respectively, using the high purity starting materials.



High purity Fe (>99.9998 mass%), the highest level in the world, refined by a novel purification method



Melting and refining of the melted metal by hydrogen plasma arc

**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



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

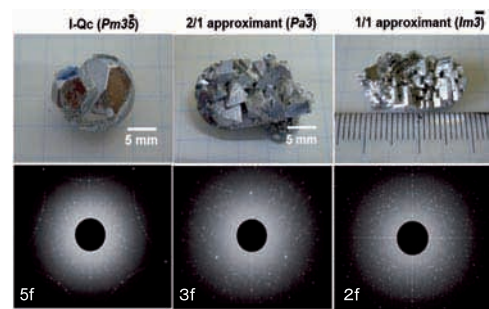
当研究室では準結晶合金と合金触媒を主とした基礎研究および材料開発を行っています。準結晶は結晶やアモルファスとは異なる新しい構造物質であり、準周期性に由来する興味深い性質が期待されます。我々は、新しい準結晶合金の合成、単準結晶の育成、準結晶の構造解析およびその構造数理論、準結晶の表面科学などを含む基礎研究と、準結晶を前駆物質とする新規触媒や準結晶分散による高強度 Mg 合金などの材料開発を並行して進めています。

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、単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

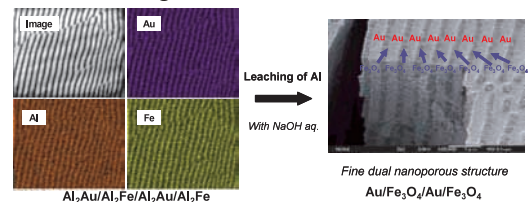
The research of the laboratory is focused on quasicrystals and alloy design for catalysis by controlling electronic structure and microstructure. Quasicrystals are a new form of solid with quasiperiodicity and symmetries forbidden in crystallography, and are expected to show unusual properties. The fundamental 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 nanoarchitectures 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

末廣 隆之 助教 Takayuki SUEHIRO, 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

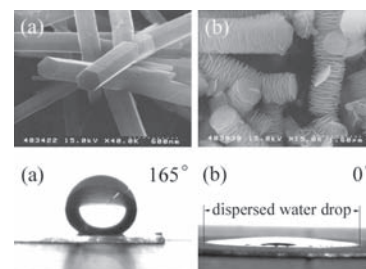
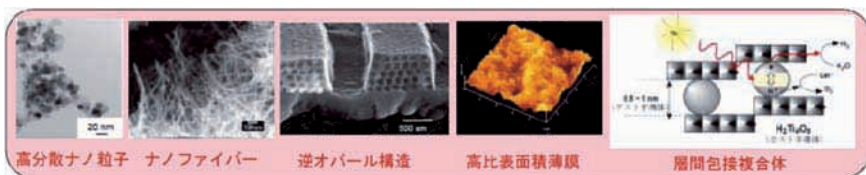
## ソルボサーマル反応によるセラミックスのパノスコピック形態制御

セラミックスのマイクロ・メソ・マクロ構造の階層的(パノスコピック)制御による機能性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利用するソルボサーマル反応等の溶液化学反応を用い、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、環境調和・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)遮蔽材料の開発
4. 自動車排ガス浄化触媒の開発

5. 非鉛圧電材料の開発
6. 白色LED用酸窒化物蛍光材料の開発
7. バイオイメージング用ナノ粒子蛍光材料の開発



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

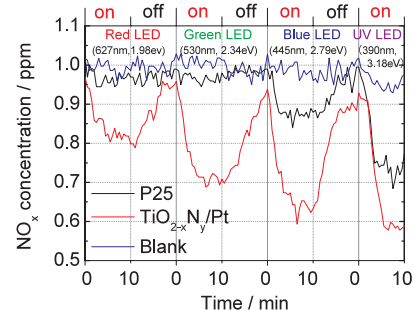
## Panoscopic assembling of advanced ceramic materials by solvothermal reaction

The panoscopic control of the micro-, meso- and macro-structures and characterization of ceramic materials are investigated in order to improve the functionality of ceramic materials related with energy, environment 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 clean-up 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. Development of lead-free piezoelectric materials
6. Development of nitride based



LEDランプによる可視光応答性光触媒の評価  
Characterization of Visible Light Responsive Photocatalysts by LED Lights Irradiations

- phosphors for white LED application
7. Synthesis of phosphor nanoparticles for bio-imaging application

**鈴木 茂** 教授 Shigeru SUZUKI, Professor  


---

**篠田 弘造** 准教授 Kozo 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

優れた特性をもつ金属等の無機系の物質や材料の開発においては、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、塑性変形した鉄系の多結晶

形状記憶合金のマイクロ組織の例を示しており、一部領域(右図の青色部)でfcc構造からhcp構造(Fig.2はその方位関係)への変態が起こっていることを示しています。引張方向に対する方位(TD)が特定の結晶粒において変態が起こりやすくなっていることがわかります。

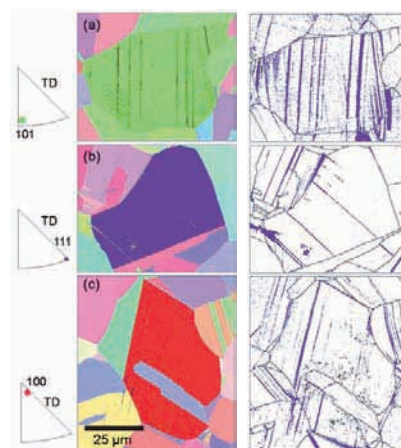


Fig.1

## Microstructural characterization and control of functional alloys and oxides

Microstructural characterization and control are important in development 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 these materials. 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, and control of microstructure and texture in novel alloys. Fig.1 shows a microstructure of a deformed shape memory alloy, in which a part (blue color) of the fcc structure was transformed to the hcp structure (orientation relationship in Fig.2). The

transformation preferentially occurs in grains with specific orientation.

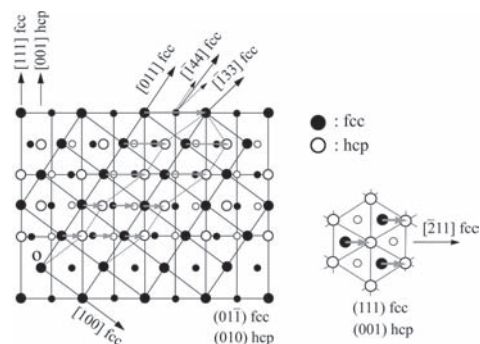


Fig.2

Design of Advanced Inorganic  
Materials

**KAKIHANA  
Lab**

無機材料創製プロセス研究分野

**垣花研究室**

**垣花 真人** 教授 Masato KAKIHANA, Professor

**加藤 英樹** 講師 Hideki KATO, Senior Assistant Professor

**手束 聡子** 助教 Satoko TEZUKA, Assistant Professor

**小林 亮** 助教 Makoto KOBAYASHI, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

水溶液化学に立脚したグリーンプロセスの開拓 / 機能性金属錯体のケミカルデザイン / 溶液法による高機能性フォトセラミックスの開発 / フォトセラミックスの形態制御技術の開発

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

development of "green" processes based on solution chemistry / chemical design of new metal complexes / synthesis of high performance photoceramics by solution-based method / morphology control of photoceramics

kakihana@tagen.tohoku.ac.jp

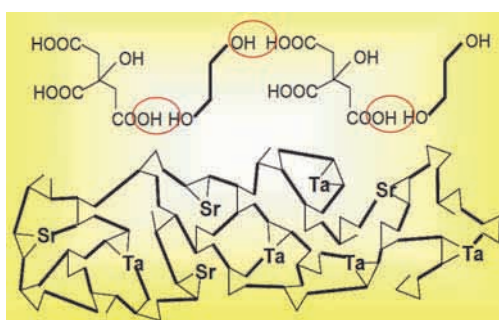
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=38>

## グリーンプロセスによる高機能ナノフォトセラミックスの創製

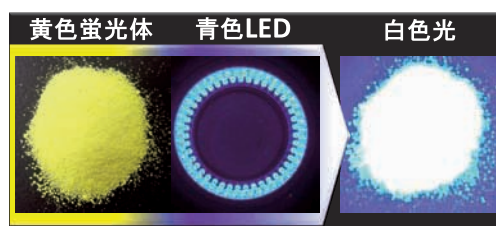
当研究室では、機能性セラミックスにおける「合成・構造・機能」の相互関係を深く理解し、より高機能な材料を提供できる錯体重合法を展開すると共に、パラレル合成スキームによる新物質及び新機能の探索を行っている。特に光触媒や蛍光体に代表されるナノフォトセラミックスと機能性金属錯体を研究対象とし、水溶液化学に立脚したグリーンプロセスの構

築、水溶性金属錯体の開発、酸化物多形の選択的合成を可能にする金属錯体の化学デザイン、可視光応答型光触媒や白色LED用蛍光体を想定した新しいオキサイド

及びノンオキサイド系フォトセラミックスの開発と実用化への展開を目指している。



錯体重合法の原理



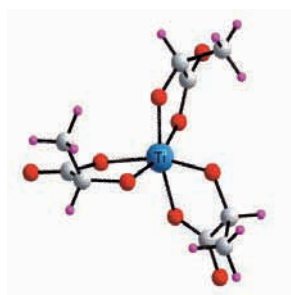
高輝度黄色蛍光体と青色LEDによる白色光

## High-performance nano-photoceramics via green processes

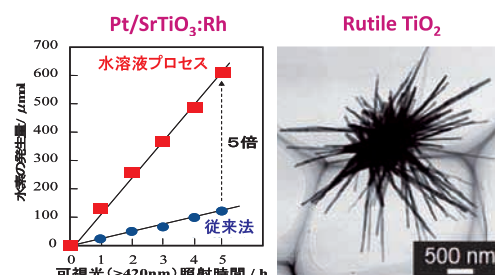
The main objective of our research is to acquire profound understanding of "synthesis-structure-properties" relationship for modern inorganic materials and to apply this knowledge for development of new materials with improved performance. Two important classes of modern materials such as nano-photoceramics and functional metal complexes are in the focus of our activities. The special attention is paid to design of pho-

tocatalysts with visible light response and phosphors for white LED within oxide, oxynitride, sulfide and oxysulfide systems.

The utilization of "green" solution processing towards these nano-photoceramic materials is the paradigm of our group.



水溶性金属錯体



高活性光触媒系ナノフォトセラミックス

**有馬 孝尚** 教授 Takahisa ARIMA, Professor  
**阿部 伸行** 助教 Nobuyuki ABE, Assistant Professor  
**佐賀山 基** 助教 Hajime SAGAYAMA, Assistant Professor



Correlated-electron  
Solid-state Physics  
**ARIMA  
Lab(c)**

強相関固体物性研究分野  
**(兼) 有馬研究室**

■ 専門分野・キーワード ■

強相関物質 / 対称性の破れ / 新奇物性 / 放射光X線 / 中性子散乱

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

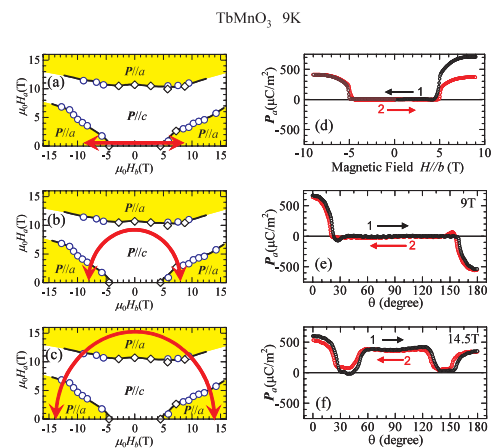
strongly correlated electron system / symmetry breaking / novel functionality / synchrotron x-ray / neutron scattering

arima@tagen.tohoku.ac.jp  
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/arima/index-j.html>

## 遷移金属酸化物を対象とした新規機能材料の開拓

本研究室は主に、遷移金属酸化物磁性体の物性研究を行っています。特に磁気的な秩序と強誘電性、あるいは磁気的な秩序と強弾性が同居するマルチフェロイクと呼ばれる物質を対象としています。手法としては、電気的、磁氣的、光学的な測定による新奇な物性の開拓と、放射光X線や中性子といったいわゆる量子ビームを用いて物性の発現機構の解明の二本立てで行っています。これまでに開拓した新規物性としては、回転磁場印加による電気分極の反転(TbMnO<sub>3</sub>, MnWO<sub>4</sub>など)、外部電場印加による磁化の回転((Cu,Ni)B<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)、光の方向

二色性と方向複屈折(CuB<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)、電場による光学異方性のスイッチング((La,Sr)<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>)、磁気形状記憶効果(MnV<sub>2</sub>O<sub>4</sub>など)が挙げられます。また、スピン偏極中性子や円偏光X線を用いてらせん磁性がヘリシティに依存した電気分極を発現することを初めて明らかにしました。



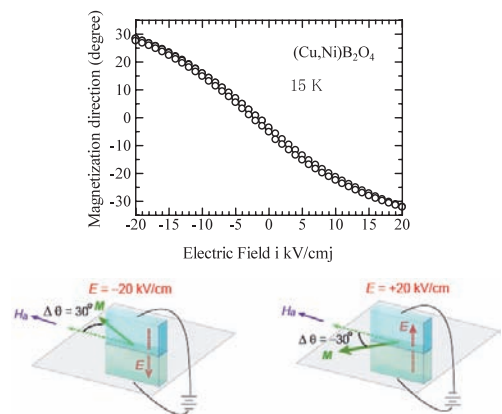
## Development of novel physical properties in transition-metal oxide compounds

We study magnetic, electric, and optical properties of materials, which simultaneously host some magnetic order and ferroelectricity or ferroelasticity, to explore novel physical properties.

Major accomplishments are 1) reversal of electric polarization by a rotating magnetic field, 2) rotation of magnetization direction by an electric field, 3) optical directional dichroism/birefringence, 4) switching an

optical anisotropy by an electric field, and 5) magnetic shape memory effect. We also carry out neutron and x-ray scattering measurements to elucidate the origin of the novel functionalities. We have also clarified that some helimagnetic order can

induce ferroelectric polarization depending on its helicity.



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**

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



■ 専門分野・キーワード ■

ナノ磁性体/サイズ効果/磁気メモリー/スピンドYNAMIX

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

nanomagnet / size effect / magnetic memory / spin dynamics

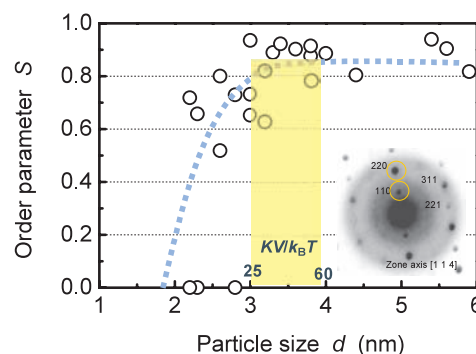
kitakami@tagen.tohoku.ac.jp

<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、表面効果、量子効果、熱揺らぎなどナノサイズ特有の様々な現象が顕在化しつつあります。例えば、具体的な問題として、どのような原子配列がナノサイズ領域において安定なのか、サイズ効果によりバルクとは異なる物性が現れるのか、さらには外場や熱に対して静的・動的にどのように振舞うのか、等々

があります。これら基本的な問題を解決することは、基礎的興味だけでなく将来のデバイス開発を進めていく上で非常に重要です。そうした背景を踏まえ、私達の研究グループでは、ナノサイズ粒子の結晶相安定性、単一ナノ粒子の物性・スピンドYNAMIX、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。



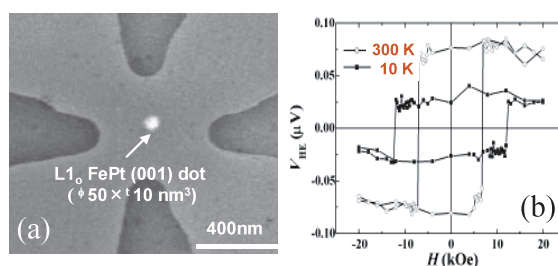
L1<sub>0</sub>FePt粒子の規則度の粒子サイズ依存性。KV/k<sub>B</sub>Tは熱安定性指標。挿入図は一粒子からの電子回折パターン。

## 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 non-volatility, 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。



### 基盤素材プロセス研究分野

Base Materials Processing

## 北村研究室

KITAMURA Lab

- 反応界面積の極大化による超高速精錬プロセスの追求
  - マルチフェーズフラックスを利用した製鋼脱りん反応効率の向上
  - 製鋼副産物からの有価金属元素の分離回収
  - 非金属介在物制御による高纯净度鋼の溶製
  - 各種無機材料の熱物性評価法の開発と測定
- Design of highly efficient reactors by enlargement of reaction interface
  - Process simulation model for dephosphorization using multi-phase flux
  - Recovery of valuable elements from steelmaking slag
  - Inclusion design using the change in its composition by heat treatment
  - Measurement of thermal property of various materials

### 機能性粉体プロセス研究分野

Mechanochemical Operation and Nano-coating

## 齋藤 (文) 研究室

SAITO F. Lab

- メカノケミカル (MC) 法による機能性材料設計
  - MC法による人工・都市資源処理と有価物回収
  - 難処理ハロゲン化有機化合物の非加熱無害化処理
  - コンピュータシミュレーションによる粉碎機の最適設計
  - バイオマスおよび樹脂廃棄物からの水素製造
- Synthesis of functional powder materials by a mechanochemical (MC) method
  - Recovery of valuable materials from civil and industrial wastes by a MC method
  - Non-thermal processes for dehalogenation of organic compounds by a MC method
  - Optimum design and condition of mill devices by a computer simulation technique
  - Production of hydrogen from biomass and plastic wastes by a MC method

### 高機能ナノ材料創成研究分野

Nanostructure/Nanointerface Design and Control

## 田中研究室

TANAKA Lab

- 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

ADSCHIRI Lab

- ハイブリッド超粒子の創製プロセス
  - ハイブリッド超粒子系の熱力学 (超分子構造形成・相挙動)
  - 超ハイブリッド創製 (ポリマー/無機物 ハイブリッド超粒子)
  - メタマテリアル創製 (磁性・誘電・光学新機能発現)
  - スーパー DDS 創製
- Synthesis of organic-inorganic hybrid nano building blocks under supercritical conditions
  - Thermodynamical properties of hybrid nano-materials
  - Fabrication of superhybrid polymer: Left handed materials, electromagnetic materials, optical device
  - Fabrication of novel nano devices: high performance thermo-electric devices, high speed optical devices, nano sensor, nano reactor (catalysts)
  - Medical application of hybrid nanoparticles: Molecular bio-imaging, super DDS and cancer therapy
  - Biomass conversion in supercritical water and chemical synthesis

### 光物質科学研究分野

Laser Applied Material Science

## 佐藤 (俊) 研究室

SATO S. Lab

- 高強度レーザー場におけるナノ粒子作製
  - 原子光学の材料工学への応用
  - ベクトルビームの光科学とナノイメージングへの応用
  - 径偏光ビームを用いた光トラッピング法の開発
- Nano-particles synthesis using an intense optical field generated by strong focusing of femto-second laser pulses
  - Application of atom optics to material science
  - Vector beam science and its application to nano-imaging
  - Development of optical trapping using a radially polarized laser beam

### 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 nanoparticles
  - 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

## (兼)水崎研究室

MIZUSAKI Lab(c)

- アクチノイド化合物の固体および溶液化学の研究
  - 使用済核燃料の硫化物再処理法の研究
  - 放射性廃棄物の処理・処分に関する研究
  - 水素を副生する硫黄固定化プロセスの開発
  - 雰囲気制御レーザーアブレーション法による機能性薄膜の合成と評価
  - レアメタルの乾式リサイクルプロセス開発に関する研究
- Solid state and solution chemistry of actinide elements
  - Materials processing for the advanced nuclear cycle
  - Sulfide reprocessing process for spent nuclear fuel
  - Research for the safety assessment of radio active waste underground disposal
  - Development of hydrogen producing desulfurization process from wastes
  - Recovery of rare-metals by dry halogenation processes

# 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.

**北村 信也** 教授 Shin-ya KITAMURA, Professor

**柴田 浩幸** 准教授 Hiroyuki SHIBATA, Associate Professor

**丸岡 伸洋** 助教 Nobuhiro MARUOKA, 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>

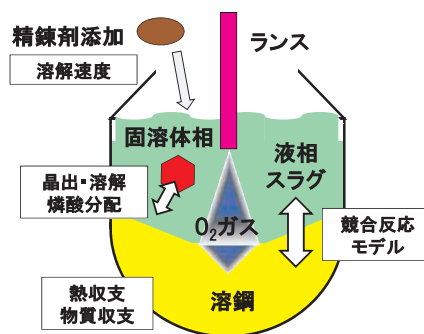
## 製鋼プロセスの新展開

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。

マルチフェーズスラグによる転炉精錬シミュレーションモデル



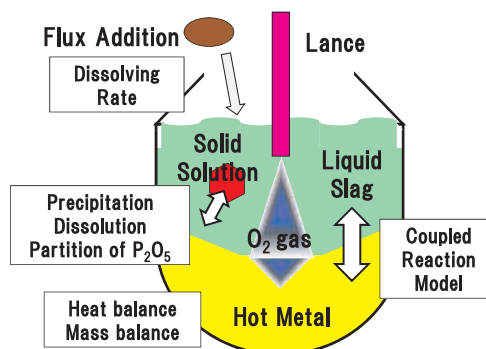
## New development of steelmaking process

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.

Simulation model of BOF by Multi-phase Slag



齋藤 文良 教授	Fumio SAITO, Professor
加納 純也 准教授	Junya KANO, Associate Professor
張 其武 助教	Qiwu ZHANG, Assistant Professor



Mechanochemical Operation  
and Nano-coating

SAITO F.  
Lab

機能性粉体プロセス研究分野

齋藤 (文) 研究室

#### ■ 専門分野・キーワード ■

粉体工学／粉碎／リサイクル工学／メカノケミカル反応／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 / recycle / mechano chemical reaction / hydrogen / rare metal / simulation

saito@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=28>

## メカノケミカル現象を利用した新規反応場の創製とそのプロセスの最適化

メカノケミカル現象は、機械的力によって固体を細かくし、粉体を得る粉碎過程で発現する現象である。固体の粉碎では粒子径や形状が変化するだけでなく、格子ひずみや結晶構造が変化し、粉碎物は不安定な状態に遷移し、化学的に活性な状態になる。この活性な状態は固体の反応性向上を意味しており、粉碎物は周囲の物質と相互作用する。例えば、粉碎物は周囲の気体、液体あるいは固体と非加熱でも反応することがある。この現象を利用すると、機能性粉体が粉碎により固相で合成でき、また、粉碎後の固体が容易に熱分解し、低温で焼結し

たり有価な気体を発生することがある。さらに、粉碎後の固体を液相に溶解すると特定成分のみが選択的に溶解分離できる。

本研究分野では、粉碎過程で発現するメカノケミカル現象を利用した高機能性粉体材料の作製、廃棄物からの希少有価物の分離・回収、バイオマスからの高純度水素の製造等の新規粉体プロセス、新規反応ルート開発のための原理の探求と反応プロセスの学術的構築に関する研究を推進している。更に粉体装置内での固体・粒子運動のDEM (離散要素法) によるコンピュー

タシミュレーションを行い、実験との融合により粉碎速度、メカノケミカル反応速度の予測や粉体プロセスの最適化・スケールアップ法の確立を目指す研究も行っている。



図1 ITOと窒化リチウムとのメカノケミカル反応で回収したインジウムとスズ

## Creation of a new chemical reaction through mechanochemical phenomena and its optimization by computer simulation

Mechanochemical phenomena are generally induced during ball milling for producing fine powders. Not only size reduction and shape change of the particles but also disorder and/or transformation of the crystal of solid materials are often observed during ball grinding. The latter is called mechanochemical phenomena, and disordered solid materials have a high potential to react with gas, liquid and other solid materials. These phenomena could synthesize functional powder materials, decompose ground materi-

als at low temperature and generate useful gases from the milled sample in subsequent heating operation.

The research in this group is categorized into four subjects: The first is the development of new mechanical refining processes and recycling of valuable materials from wastes, the second is synthesis of functional powder materials with an aid of mechanochemical effects and reactions, the third is production of hydrogen from biomass and plastic wastes, and the fourth is development of DEM (Dis-

crete Element Method) simulation method for the prediction of grinding and mechanochemical reaction and their optimizations in milling/mechanochemical operations.

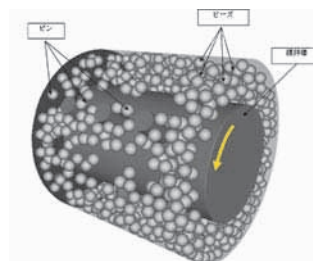


図2 媒体攪拌ミル内のピースのDEMシミュレーションによる運動

Nanostructure/Nanointerface  
Design and Control

TANAKA  
Lab

高機能ナノ材料創成研究分野

田中研究室

田中俊一郎 教授 Shun-ichiro TANAKA, Professor

関野 徹 准教授 Tohru SEKINO, Associate 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

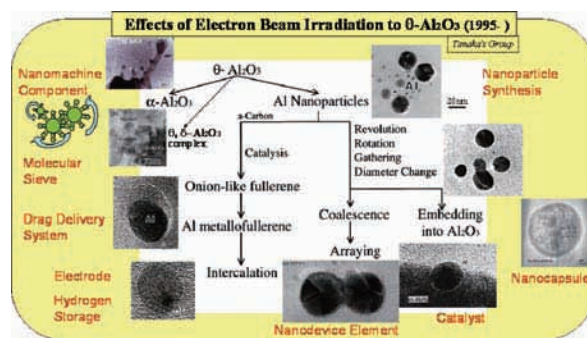
sitanaka@tagen.tohoku.ac.jp

<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

田中研究室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、その任意設計性に関する研究を行っています。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

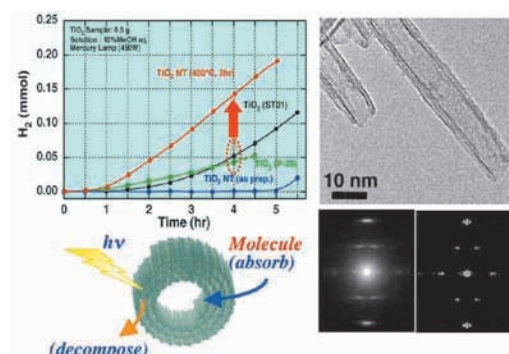


準安定 Al 酸化物に電子線を照射して得られる各種ナノ構造体

## 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 investigated by utilizing various materials/devices analysis technologies.



酸化チタンナノチューブの構造と優れた光化学機能

**阿尻 雅文** 教授 Tadafumi ADSCHIRI, Professor  
**高見 誠一** 准教授 Seiichi TAKAMI, Associate Professor  
**有田 稔彦** 助教 Toshihiko ARITA, Assistant Professor



Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies  
**ADSCHIRI Lab**  
 超臨界ナノ工学研究分野  
**阿尻研究室**

■ 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

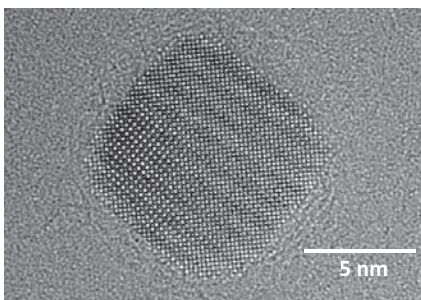
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=49

## 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、溶媒の超臨界状態を利用することで、有機分子・無機分子・生体分子が分子レベルで融合した「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、超ハイブリッドナノ粒子系の熱力学の構築を目指しています。また、このナノ粒子を高分子と分子レベルで融合させることで、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」、磁性・誘電・半導体材料等の配列により、自然界では得られない新しい特性を発現させる「 metamaterial 材料」、マルチイメージングと DDS

機能を兼備する「スーパー DDS」の創製の研究を行っています。

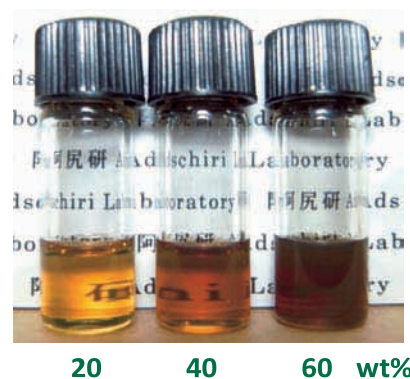
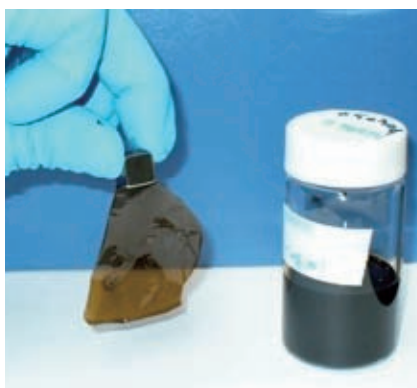


## Supercritical fluid for nano-hybrid technologies

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, and their directed assembly for medical applications, and metamaterials. We also develop novel devices

with these self-assembled structures for high performance thermo-electric devices, high speed

optical devices, nano sensors, and nano reactors (high order structured catalysts).



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/フォトンクス/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

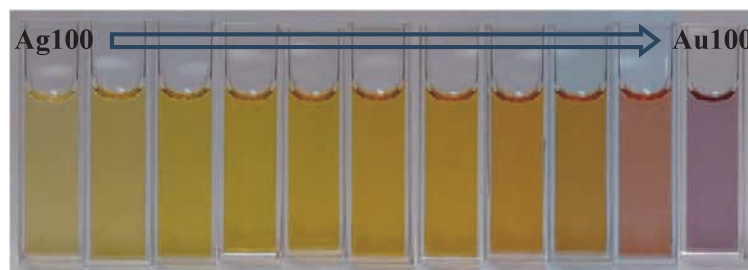
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=31>

## 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ン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。



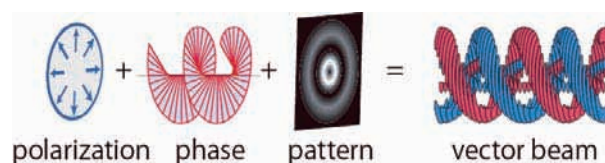
金と銀の合金ナノ微粒子の分散液。左から右にかけて金の割合が増えている。

## 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 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 ■

光触媒 / 燃料電池 / 有機-無機ナノハイブリッド / 半導体ナノドット / ナノコンポジット

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

photocatalysts / fuel cell / organic-inorganic nano-hybrid material / semiconductor nano-dots, nanocomposites

mura@tagen.tohoku.ac.jp

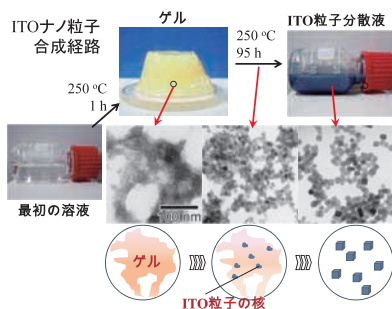
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=15

## 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？

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、有機-無機ハイブリッドナノ材料、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し、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  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 粒子と有機液晶分子とのハイブリッド化

● リン酸基を有する有機液晶性分子

● 面特異的吸着によるハイブリッド化

● 単分散  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 微粒子

● 有機液晶分子の導入

● 用いる無機微粒子の特異的な形状と優れた単分散性

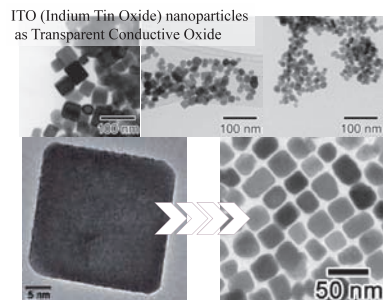
● 有機液晶分子の導入と微粒子表面に対して高い吸着性を示す官能基の導入

こういふ粒子はハイブリッド化しない

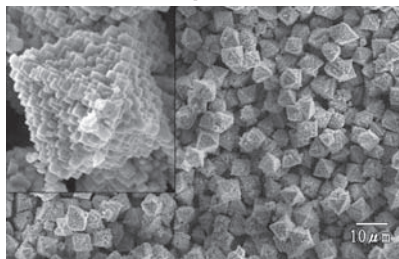
## Why don't you order us tailor-made, well-identified, nano-hybrid materials?

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.



Na<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub>NbO<sub>3</sub> for lead-free piezoelectric devices



**水崎純一郎** 教授 Junichiro MIZUSAKI, Professor

**佐藤 修彰** 准教授 Nobuaki SATO, Associate Professor

**桐島 陽** 助教 Akira KIRISHIMA, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

アクチノイド化合物の固体および溶液化学の研究 / 使用済核燃料の硫化物再処理法の研究 / 放射性廃棄物の処理・処分に関する研究 / 水素を副生する硫黄固定化プロセスの開発 / 雰囲気制御レーザーアブレーション法による機能性薄膜の合成と評価 / レアメタルの乾式リサイクルプロセス開発に関する研究

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

solid state and solution chemistry of actinide elements / materials processing for the advanced nuclear cycle / sulfide reprocessing process for spent nuclear fuel / research for the safety assessment of radioactive waste underground disposal / development of hydrogen producing desulfurization process from wastes / recovery of rare-metals by dry halogenation processes

dragon@tagen.tohoku.ac.jp (佐藤)

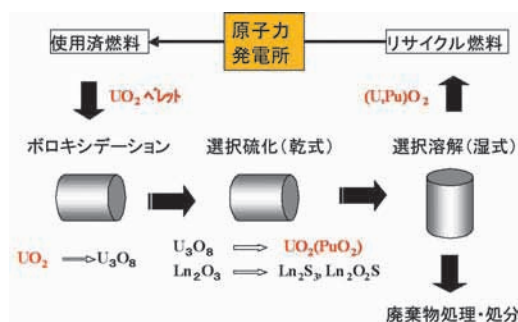
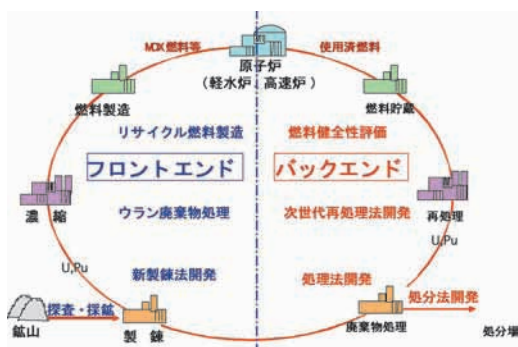
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=51>

## 資源・環境との共生を目指した原子燃料サイクル化学の展開

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すが、核燃料を原子炉において燃焼した後、核分裂生成物など放射性物質や未利用ウランなど有価成分を分離し、残った廃棄物を安全に処理・処分し環境の保全を図る必要があります。(核燃料サイクル)。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を開発するとともに、地層処分後の地下水圏における放射性核種の挙動を調べています。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りサイクルプロセスの開発も進めています。

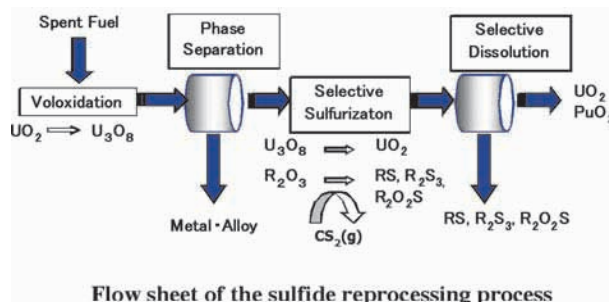


## Development of green nuclear chemistry for sustainable fuel cycle

Nuclear energy is one of the most important energy resource of our modern society, therefore, it is strongly demanded to make nuclear fuel cycle more reliable and sustainable for longer future. To respond this demand, our group develops novel and unique reprocessing processes of 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.





#### 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・電子波束観測を旨とした光電子分子法・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, and an X-ray free electron laser

#### 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

#### 構造材料物性研究分野

Structural Physics and Crystal Physics

### 野田研究室

NODA 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:T2-2FONDER)
- 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、磁性体およびマルチフェロイック物質の構造と物性研究
- 水素結合系誘電体物質の電子密度分布と核密度分布
- 酸化物・有機物などの様々な電気伝導体の構造転移の研究
- Development of the 4-circle neutron diffractometer
- Development of the wide-area two dimensional neutron detector for neutron structure analysis
- Development of the method for structure analysis under multiple extreme conditions (high field, high pressure, high temperature and low temperature)
- Development of the high sensitive low-temperature X-ray photographic equipment
- Imaging of 3d-electron-orbital
- 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
- Structural studies for various phase transitions in low dimensional organic conductors using X-ray and synchrotron radiation
- Study for structural phase transitions in various materials

#### 分光化学研究分野

Spectrochemistry

### 山内研究室

YAMAUCHI Lab

- 金属錯体の励起状態の電子状態・電子構造と性質との相関の解明
- 高出力パルス ESR によるトロポニンバククの構造解析
- 高時間分解・高周波 ESRによる光合成系 I と II の電荷分離過程の解明
- ESR 装置や方法論 (多次元・超高速・電場下 ESR、スペクトル解析) の開発
- Analyses and controls of excited triplet state properties of metal complexes
- Structural analyses of troponin protein to clarify a role of Ca<sup>2+</sup> ion in muscles
- Mechanisms of charge separation in the Photo-systems I and II by W-band EPR
- Development of advanced EPR apparatus in cw and pulsed microwave modes

#### ナノ界面化学研究分野

Nano-surface Chemistry

### 栗原研究室

KURIHARA Lab

- 装置の開発 (新規表面力装置、ナノトライボロジー・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 forces 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



# 計測研究部門

DIVISION OF MEASUREMENTS

新鋭な高性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 electromagnetics 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>

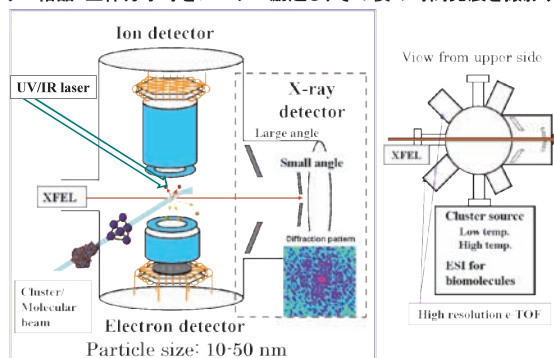
## 分子の動き、電子の動きを捉える

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3ヶ所でしか稼動していない短波長自由電子レー

ザー等の最先端光源を駆使して、研究を進めています。

X線自由電子レーザーを用いた分子動画の撮影  
ナノ結晶・生体分子等をレーザー励起し、その後の時間発展を撮影する。

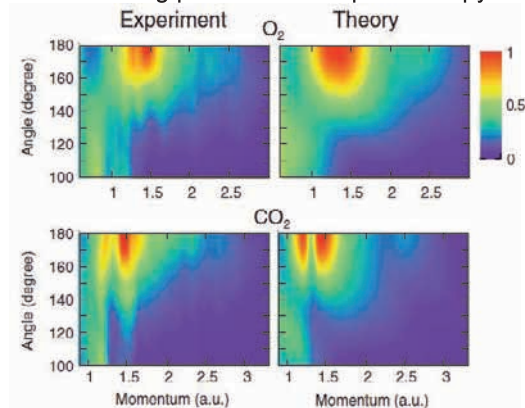


## Taking the molecular movie, catching the electron motion

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.

### Ultrafast molecular imaging by laser-induced rescattering photoelectron spectroscopy



Differential cross sections for e-ion elastic scattering extracted from laser-induced rescattering spectra are compared with theoretical cross sections.

高橋 正彦 教授 Masahiko TAKAHASHI, Professor  
 渡邊 昇 助教 Noboru WATANABE, Assistant 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

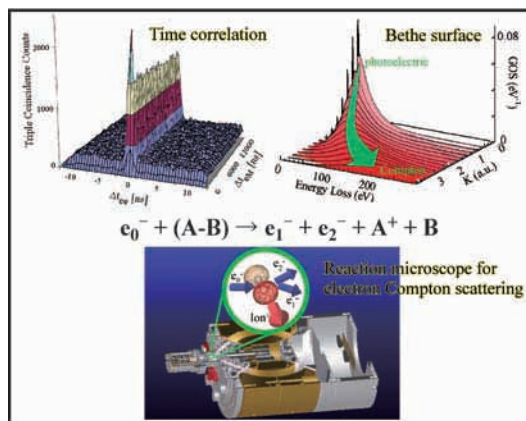
## 電子線コンプトン散乱を利用した物質内電子運動の可視化

物質の中ではいろいろな種類の電子が様々に運動しており、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。

(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

(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

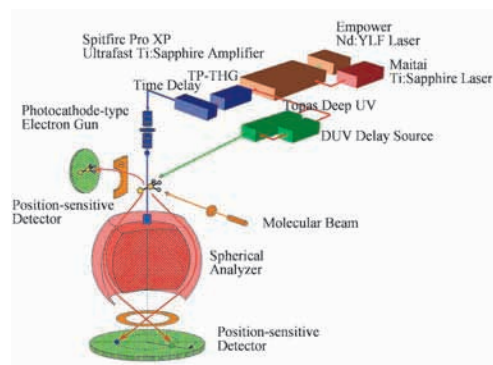


## Visualization of electron motion in matter by means of electron compton scattering

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 stereodynamics in electron-molecule collisions,
- (3) development of time-resolved electron

momentum spectroscopy for visualization of the change of electron motion in transient species.



Structural Physics  
and Crystal Physics

**NODA  
Lab**

構造材料物性研究分野

**野田研究室**

**野田 幸男** 教授 Yukio NODA, Professor

**木村 宏之** 准教授 Hiroyuki KIMURA, Associate Professor

**坂倉 輝俊** 助教 Terutoshi SAKAKURA, Assistant Professor



■ 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

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

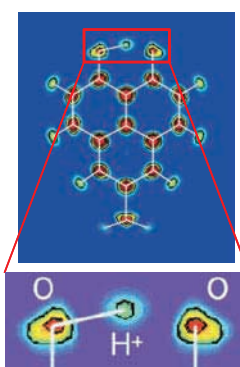
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=41>

## 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

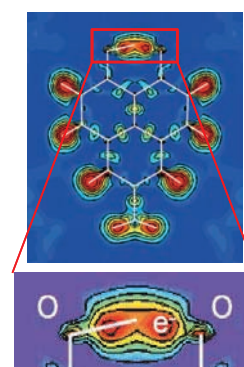
当研究室では低温・強磁場・高圧下の多様な環境条件の下で、X線・放射光・中性子を用いた高分解能結晶構造解析のための計測技術確立と、精密な電子密度あるいは原子核密度の分布解析に基づく物質の構造相転移及び物性の機能発現の起源について研究を行っています。図に示すのは、中性子とX線構造解析により可視化された水素結合型誘電体の原子核密度分布と、水素原子に注目した電子密度分布です。酸素原子に挟まれた水素原子内で、原子核と電子の重心位置がずれる事により、1原子内で巨大な電気分極(電子分極と呼ぶ)が生じて

いる事を示しています。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きます。更に我々は、大強度陽子加速器研究施設J-PARCにおいて建設が始まっている、超精密中性子構造解析装置 SENJUの開発にも主メンバーとして携わっています。

中性子構造解析による原子核密度分布



X線構造解析による原子核密度分布



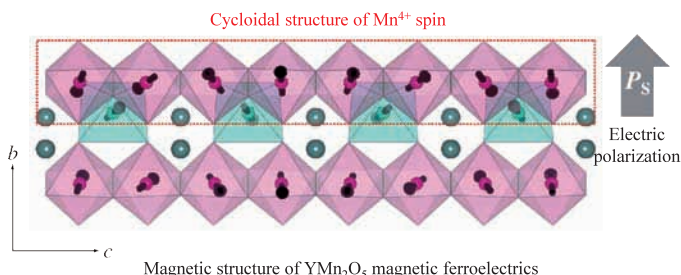
電子雲と原子核の重心位置のズレ → 1原子内電気分極

## Ferroelectric polarization induced by magnetic order in magnetic ferroelectrics

We have been developing the methodology for high-resolution crystal and magnetic structure analysis using X-ray, Synchrotron radiation and Neutron beam under extreme conditions such as low temperature, high magnetic field, and high pressure. We have also studied structural phase transitions to understand the microscopic origins of functional properties in solid-state materials based on the accurate distribution analyses of the elec-

tron 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.



**山内 清語** 教授 Seigo YAMAUCHI, Professor  
**大庭 裕範** 准教授 Yasunori OHBA, Associate Professor  
**松岡 秀人** 助教 Hideto MATSUOKA, Assistant Professor



Spectrochemistry  
**YAMAUCHI Lab**  
 分光化学研究分野  
**山内研究室**

■ 専門分野・キーワード ■

高周波ESR / パルスESR / 励起状態 / 光合成 / トロポニン

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

high frequency EPR / pulsed EPR / excited state / photosystem / troponin

yamauchi@tagen.tohoku.ac.jp

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

## スピン化学：金属錯体・タンパクなど複合系の構造—機能相関

金属錯体・タンパク質などの複合分子は、光合成・光触媒・筋肉の運動・プロトン輸送など生体系において重要な役割を果たしている。本研究分野では、電子スピン共鳴 (ESR) や発光・過渡吸収・ラマン散乱分光法などの分光法を用いて、これら複合分子の動的構造と機能との相関の解明、性質の制御の研究を行っている。電子スピに着目して、先端的な ESR 法を中心とする装置や方法論の開発にも努め、“複合分子の物理化学”研究の新しい展開をめざして、以下のような研究を行っている。

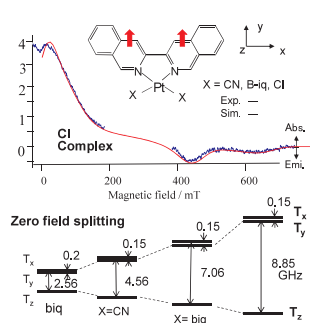
1. 励起三重項とラジカルの結合による新

規高スピン励起状態の創製

2. 金属錯体の励起状態の電子状態・電子構造と性質との相関の解明

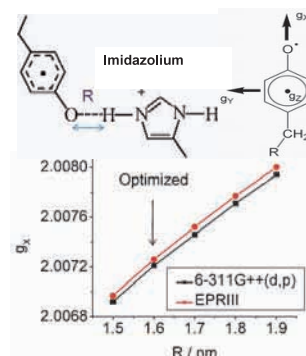
3. 高出力パルス ESR・二量子コヒーレンス法によるタンパク質の構造決定

4. 高周波パルス ESR による光合成系 I と II の電荷分離過程の解明



5. ラマン分光法による青色光受容タンパク質の機能—構造相関の解明

6. 先端的 ESR 装置や方法論の開発

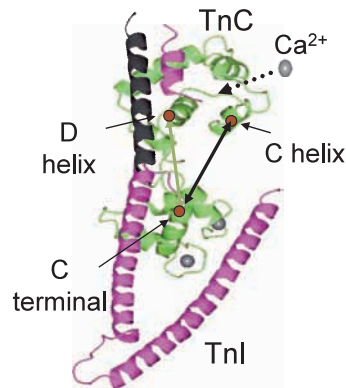
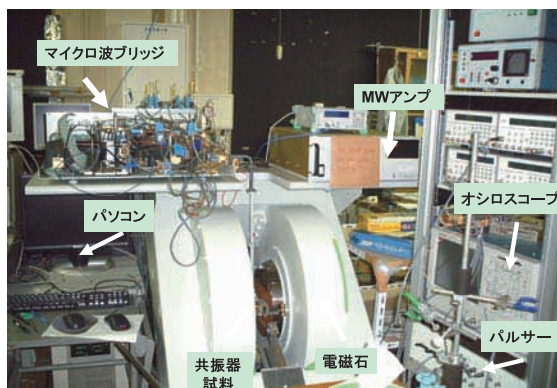


## Spin chemistry in composite systems including proteins

Correlations between structural & dynamic properties and functions of composite molecules including excited states of metal complexes and biological systems (proteins) have been studied by means of various advanced EPR and optical spectroscopy. The techniques such as pulsed high field and highly time-resolved EPR, high MW power pulsed EPR, two-dimensional EPR, and high field EPR having a Fabry-Perot-

type resonator are developed in our laboratory. Our target molecular systems involve the Pt and Rh metal complexes, Pho-

tosystems I and II, a troponin protein, and blue light receptor proteins.



計測研究部門  
 DIVISION OF MEASUREMENTS

**栗原 和枝** 教授 Kazue KURIHARA, Professor  
**水上 雅史** 講師 Masashi MIZUKAMI, Senior Assistant Professor  
**粕谷 素洋** 助教 Motohiro KASUYA, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

表面力測定 / 共振ずり測定 / 分子集合体 / 閉じ込め液体

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

surface force measurement / resonance shear measurement / molecular assemblies / confined liquid

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

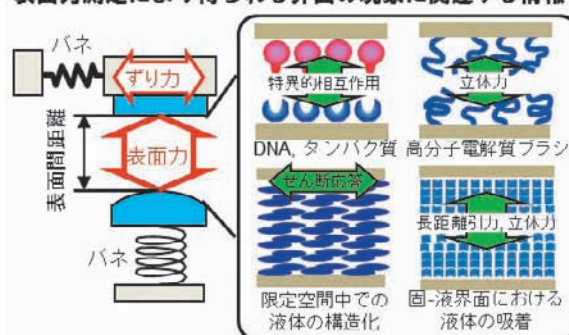
## ナノ界面化学

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。

表面力測定により得られる界面の現象に関連する情報

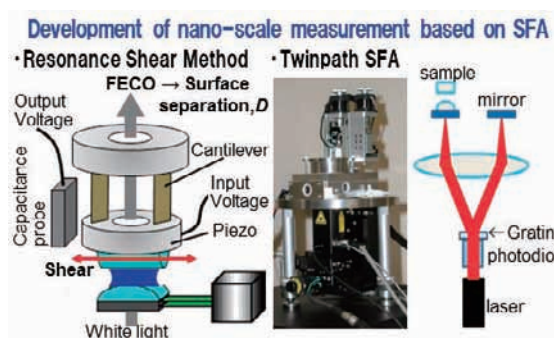


## Nano-surface chemistry

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 twin-path phenomena occurring at the solid-liquid interface such as adsorption and structuring of liq-

uids. 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-rheology 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



Surface Physics and Processing  
**TAKAKUWA Lab**  
 表面物理プロセス研究分野  
**高桑研究室**

■ 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

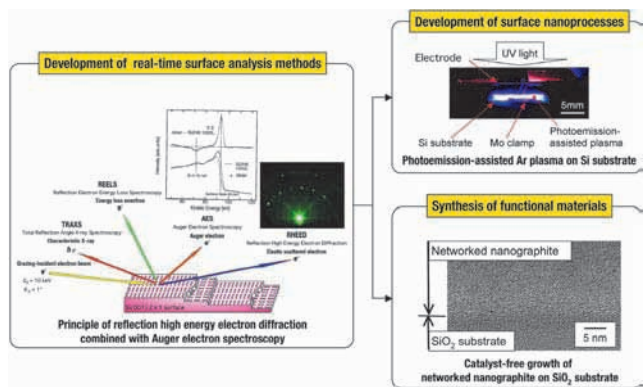
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=77

## 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ブ

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.

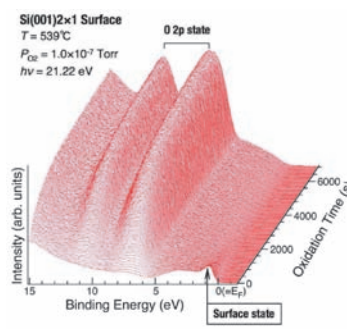


Fig.1. Time evolution of valence band photoelectron spectra taken in situ during oxidizing Si(001)2 × 1 surface with O<sub>2</sub>.

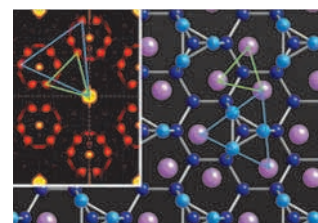


Fig.2. Patterson map (inset) and Structure model of Si(111)√3x√3-Ag surface: Ag (pink spheres) and Si (blue spheres) obtained by Weissenberg RHEED.





窒化物結晶寄附研究分野

Production of Bulk Nitride-crystals

## 石黒研究室

ISHIGURO Lab

- アモノサーマル法による GaN 結晶の高速成長、高品質化および大口径化のための研究
  - アモノサーマル法による低転位低曲率 GaN 結晶の作製
  - NEDO エネルギー使用合理化技術戦略的開発／エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発／低転位・極低曲率窒化物単結晶基板の創成による飛躍的省エネルギー化支援研究
- Research and development of ammonothermal technology for bulk nitride (GaN AlN, InN) growth
  - Research and development of solvothermal technology and high pressure vessel
  - Nedo project of strategic development for energy conservation technology



# 寄附研究部門

DONATED RESEARCH SECTION

Production of  
Bulk Nitride-crystals

ISHIGURO  
Lab

窒化物結晶寄附研究分野

石黒研究室

石黒 徹 客員教授 Tohru ISHIGURO, Visiting Professor

包 全喜 助教(研究特任) Quanxi BAO, Researcher



■ 専門分野・キーワード ■

窒化物/結晶成長/アモノサーマル/超臨界アンモニア

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

nitrides / crystal growth / ammonothermal / supercritical ammonia

ishiguro@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=66>

## アモノサーマル法によるⅢ族窒化物の結晶成長

当研究部門では、次世代の基盤技術となる情報通信、半導体、ディスプレイ、エネルギー・環境技術などの中枢を占め、高い産業的ポテンシャルを有する窒化物系半導体の大型バルク単結晶育成技術の開発を目指す。具体的な研究テーマは以下の通りです。

### a. 超臨界アンモニアに対する合金の組成と腐食速度に関する研究

耐腐食性及び高温材力に優れた材料の腐食試験を行い、高純度Ⅲ族窒化物作製に適したオートクレーブ材を研究しています。

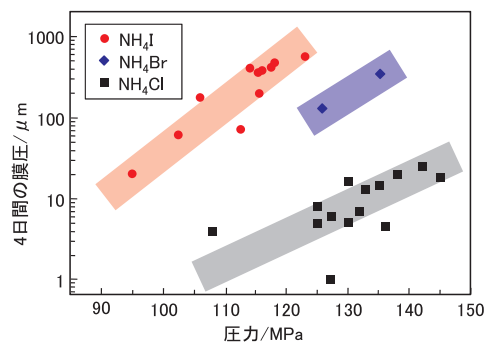
### b. アモノサーマル法による結晶作製条件が

### 成長モードに与える影響に関する研究

アモノサーマル法によるⅢ族窒化物作製を行い、前駆体や鉱化剤、温度差による対流制御など諸条件がⅢ族窒化物育成モードに与える影響について考察しています。

### c. アモノサーマル法による非極性・半極性Ⅲ族窒化物作製とその物性評価

非極性面・半極性面へⅢ族窒化物作製を行い、その基礎物性を評価しています。



各鉱化剤NH<sub>4</sub>X(X=Cl, Br, I)における圧力と育成膜厚

## Group-III nitrides by ammonothermal synthesis

Fundamental research on thermodynamics, kinetics, and chemistry of solution of group-III nitrides for the growth of large single crystals as substrate in nitride electronics and optoelectronics.

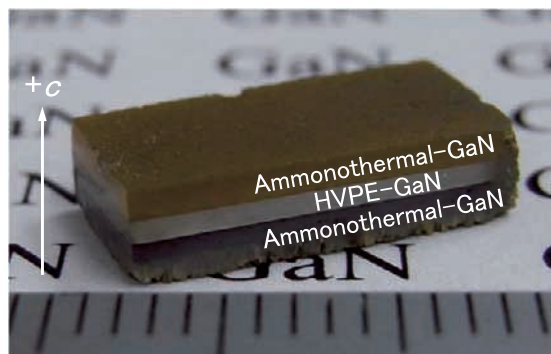
Main research topics:

- Investigation on the corrosion of alloys under supercritical ammonothermal conditions.
- Effect of ammonothermal conditions on crystal growth, such as precursors, mineralizers,

temperature, pressure, ammonia cracking.

(c) Bulk crystal growth of non-

polar, semi-polar group-III nitrides



アモノサーマル法によりHVPE-GaN種結晶上に育成したGaN

## 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
- グラフェンの合成とエネルギー材料への応用
- 太陽電池・燃料電池用の新材料・新デバイスの開発
- 超臨界・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
- High power and high energy lithium-ion batteries
- Design of high energy capacitor
- Synthesis of graphene and its applications for energy devices
- Development of novel materials and devices for solar cells and fuel cells
- Advanced device processings using supercritical fluids/plasma/laser

## 固体イオニクス・デバイス研究分野

Solid State Ionic Devices

### 水崎研究室

MIZUSAKI Lab

- 固体酸化燃料電池／高温水蒸気電解／各種化学センサの材料と要素技術の開発
- イオン機能材料の機械的・熱的・電気化学的安定性のデザインと評価
- 固体酸化物(バルク、界面)のイオン、電子の化学平衡と輸送現象に関する基礎研究
- 固体電解質系の電極反応論の構築
- 固体酸化物形燃料電池の機械的信頼性評価法の研究および長期安定性
- Development of materials and technologies for solid oxide fuel cells, high temperature water electrolyzers, and gas sensors
- Development of new solid state ionic devices("chemical potential micro probe", "solid state high temperature stress sensor" etc.)
- Basic research on defect equilibrium, transport in the bulk and boundaries, and mechanical properties of solid oxides
- Development of electrochemical systems in solid state electrochemical systems
- Research on the electrochemically induced chemical and mechanical properties

## 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

### 有山研究室

ARIYAMA Lab

- 次世代高炉数式モデルの開発
- バイオマスなど有機系廃棄物由来炭材の高機能化による酸化鉄還元反応の高速化
- 新しいCO<sub>2</sub>吸収プロセスの研究
- 製鋼スラグ中有害元素の固定化によるスラグの利材化、リサイクル重調和型製鉄プロセス視の環境の開発
- Development of the advanced mathematical model of blast furnace
- Utilization of new material like biomass and improvement of reduction rate with high reactive burden
- New sequestration process of carbon dioxide from ironmaking
- Utilization of slag and recycling of wastes from cities in the integrated steel works

## 金属資源循環システム研究分野

Metallurgy and Recycling System for Metal Resources Circulation

### 中村研究室

NAKAMURA Lab

- 「人工鉱床～Reserve to Stock～」新しい金属リサイクルへの取り組み
- 透明電極向けインジウム使用量低減技術開発
- 臭素系難燃樹脂の熱分解処理ならびに重金属酸化物の臭素化反応に関する研究
- 硫酸第一鉄溶液の酸化によるスコロタイトの生成ならびに結晶成長
- 銅製錬灰からの銅と砒素の分離浸出に関する基礎的研究
- 有機溶媒中の超音波キャビテーション場のアーク放電によるナノカーボン材料の作製
- 超音波で挙動制御したマイクロバブルによる高速浮上分離プロセスの開発に関する研究
- 超音波照射によるマイクロバブルの高速挙動を利用した新規洗浄プロセスの開発
- オキシハロゲン化合物の生成に関する基礎的研究
- 鉛製錬工程を利用したブラウン管鉛ガラスカレットの資源化処理プロセスに関する研究
- 海底熱水鉱床の乾式製錬に向けた基礎的検討
- タンタルコンデンサの乾留処理による金属タンタルの未粉化回収プロセスの開発
- 自動車に関する白金のマテリアルフロー
- "Artificial mineral deposit~Reserve to Stock~"
- Technology of decreasing indium in ITO transparent electrode
- Thermal decomposition of brominated flame retardant plastics and bromination of metallic oxides
- Synthesis of Scorodite by oxidation of ferrous sulfate solution
- Separate dissolution of copper and arsenic from copper smelting dusts
- Synthesis of nanocarbon materials by an electric plasma in the ultrasonic cavitation field of organic solutions
- Froth separation technology using microbubbles controlled by ultrasonic irradiation
- Development of new cleaning technology using high-speed motion of microbubbles under ultrasonic irradiation
- Formation mechanisms of oxyhalogen compounds
- Resource recovery treatment of CRT glass cullet utilizing the lead smelting process
- Pyrometallurgical treatment of hydrothermal ore deposits
- Recovery of metallic tantalum from the waste tantalum condensers
- Material flow of platinum for automobile

# 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

**宇根本 篤** 助教 Atsushi UNEMOTO, Assistant Professor

**筈居 高明** 助教 Takaaki TOMAI, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

再生可能エネルギー／ナノテクノロジー／リチウム二次電池／太陽電池

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

renewable energy / nanotechnology / lithium ion secondary battery / solar cells

[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化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・低炭素化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、太陽電池、燃料電池、二次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、単原子層電極であるグラフェン、金属酸化物ナノシート、ナノ結晶活物質、イオン液体、表面ナノ薄膜などの革新的ナノ

テクノロジーの基礎研究から高容量・高出力型リチウム二次電池、全固体型リチウム二次電池、金属空気電池、大容量キャパシタ、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。

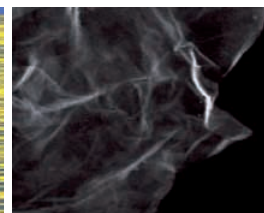
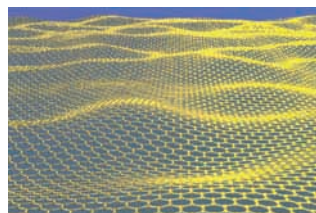
電気自動車



風力発電



太陽光発電



単原子層シートのカーボン電極：グラフェン

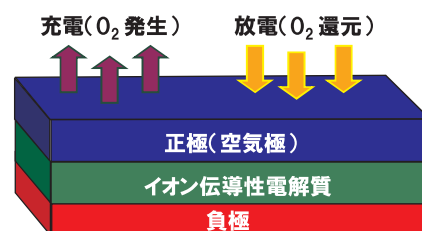
## Energy technology innovations via frontier nanotechnology and nanoscience

Honma laboratory investigates a frontier nanotechnology and nanoscience for an advanced renewable energy technology, in order 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 on fine chemistry of energy devices employing ad-

vanced nanomaterials and nanochemistry such as monoatom-layered electrode graphene, nanocrystalline electrodes, nanosheet materials, ionic liquids, interfacial nanofilms. these advanced materials can be applied to develop high energy density electrodes, high ion conductive electrolytes of all solid state lithium ion secondary battery, super capacitors, which are fundamental en-

ergy storage devices for electric vehicles, smart grids, solar cells backups for building next generation renewable energy systems.



高エネルギー密度電池：リチウム空気電池

水崎純一郎 教授 Junichiro MIZUSAKI, Professor

八代 圭司 講師 Keiji YASHIRO, Senior Assistant Professor



Solid State Ionic Devices  
**MIZUSAKI Lab**

固体イオニクス・デバイス研究分野  
**水崎研究室**

■ 専門分野・キーワード ■

固体イオニクス / 固体内拡散 / 界面過程 / エネルギー変換 / メカノエレクトロケミストリー

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

solid state ionics / diffusion in solid / interface process / energy conversion / mechano-electrochemistry

mizusaki@tagen.tohoku.ac.jp

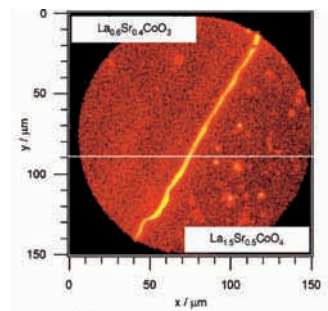
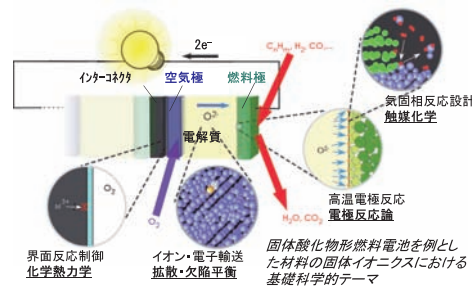
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=47

## エコエネルギーシステム用固体イオニクスデバイス創製と基礎科学

セラミックスや高分子などの固体内部をイオンが高速に移動する「固体イオニクス材料」は、幅広い応用展開を孕んだ未来材料です。イオンと電子の双方が移動する混合導電材料と専らイオン移動が電気を運ぶイオン伝導体の組合せが多様な機能素子を生み出します。本研究分野では、燃料電池・新型二次電池などの高効率エネルギー変換システム、ガス透過膜・高効率水蒸気電解などの水素エネルギーシステム技術、炭酸ガス・窒素酸化物・硫黄酸化物などの各種ガスセンサーや有害物質分解装置などの環境適応化技術を視野に、その大規模応用から

MEMS 応用まで、新デバイス創製と基礎科学の研究を行っています。固体酸化物バルクや界面のイオン、電子の化学平衡と輸送現象を取り扱うため、高温電気化学系についての速度論的 / 平衡論的アプローチによっ

て現象を解明します。また、その際に必要となる高温その場観察の新手法開発にも積極的に取り組んでいます。イオン移動と機械的安定性の関連にも学理を展開中です。



高性能空気電極を実現するナノヘテロ界面設計(明線が高速反応場)

## Defect chemistry, mechano-electrochemistry and relaxation kinetics for novel solid state ionic devices in eco-energy systems

For the achievement of sustainable society, we aim to develop new or improved solid state ionic devices on the basis of further understanding on dynamics and kinetics of ion transport in solids and high temperature chemical and mechanical stability of materials. Typical subjects are;

Development of materials and technologies for solid oxide fuel cells, high temperature water electrolyzers, and gas sensors.

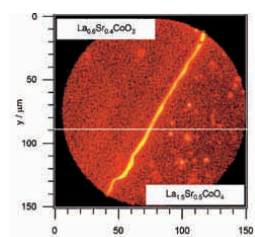
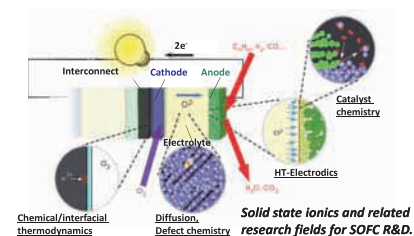
Fundamental researches on de-

fect equilibrium and transport in the bulk and interfaces of solid oxides.

Electroics in high temperature electrochemical system

Development of in-situ evaluation techniques on solid state ionic devices.

Development of a new field, Mechano-electrochemistry, to reveal the relationship between mechanical properties and defect chemistry in solid state ionic materials.



Nanohetero-interface design for fast oxygen reduction reaction (Bright part is the fast reaction zone).

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

武野 幸雄 助教 Yukio TAKENO, Assistant Professor

桑田 直明 助教 Naoaki KUWATA, Assistant Professor

R.Baskaran 助教 Rangasamy Baskaran, 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>

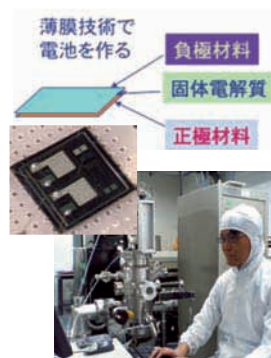
## 固体イオン物理を用いた循環型・高効率エネルギー社会の実現

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。

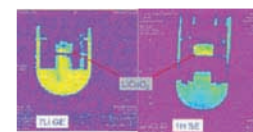
最近の主な研究テーマとして、1. リチウム電池の劣化診断技術開発、2. 薄膜リチウム電池の開発、3. 燃料電池材料のプロトン移動機構の研究、4. ガラス・過冷却液体のイオンダイナミクス研究などが挙げられます。

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、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)等を用いています。



レーザー蒸着法で作成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MRI

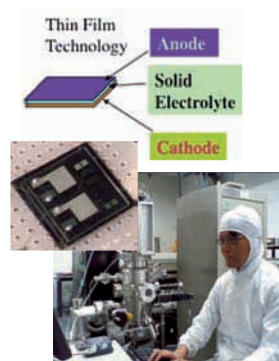
## Solid-state ion physics bring innovation to our life

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 lithiumion 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).

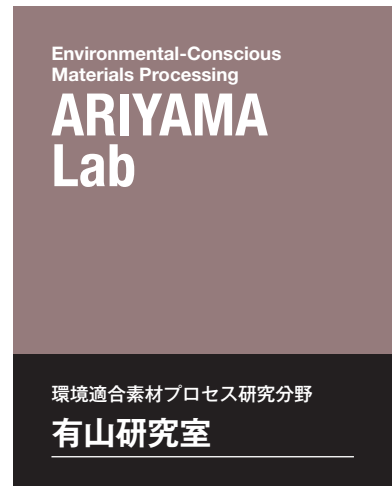


Thin-film Lithium battery fabricated by PLD



Field Gradient NMR & MRI of Lithium Battery

**有山 達郎** 教授 Tatsuro ARIYAMA, Professor  
**井上 亮** 准教授 Ryo INOUE, Associate Professor  
**植田 滋** 助教 Shigeru UEDA, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

地球環境 / 製鉄プロセス / 数式モデル / リサイクル

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

global warming / ironmaking / steelworks / mathematical modeling

ariyama@tagen.tohoku.ac.jp

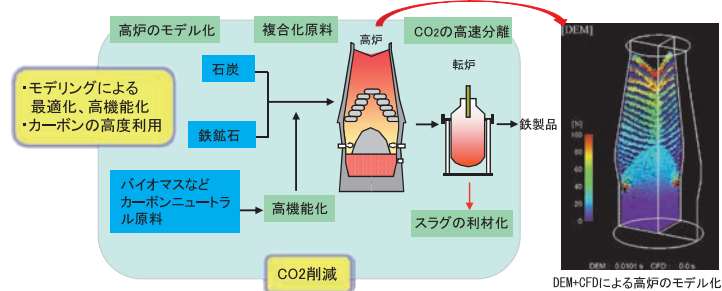
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=54

## 環境との調和を目指した新しい素材プロセスの追及

素材産業の代表である鉄鋼は我が国を支える重要な基盤産業ですが、地球環境問題、地域との共生の必要性から大きな変換を求められています。当研究室では鉄鋼プロセスの核である高炉など高温プロセスを対象に、速度論、コンピューターシミュレーション、熱力学を活かし、低炭素製鉄プロセス、循環型社会実現を目指した研究を展開しています。高炉のモデル開発に関しては、高炉内を構成する個々の粒子運動解析が可能な離散要素法(DEM)を用いて、固体粒子の装入から消失までを高精度にシミュレートし、連続体モデル(CFD)との結合によって、

気相、固相、液相間の相互作用、エネルギー移動、化学反応を表現できる新しい数式モデルの開発を行い、今後の低炭素製鉄プロセスの姿を追求しています。さらに、バイオマスを機能的に利用した低炭素高炉用原

料、二酸化炭素を高速に隔離できる吸収材設計、製鋼スラグ中有害元素の固定化、スラグの利材化など、様々な角度から環境調和型の新しい製鉄プロセスの実現を目指しています。

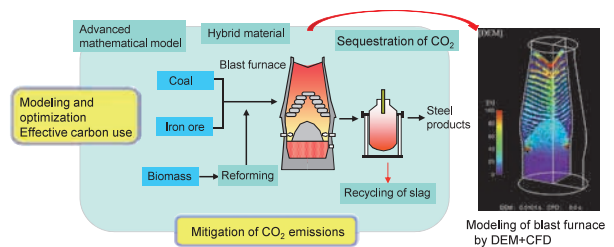


## Environmental-conscious materials processing and development of advanced mathematical model

A variety of environmental-related problems in the social systems like global warming and wastes have been exposed. From this background, in our laboratory, new process for decreasing CO<sub>2</sub> emissions from the integrated steel works are studied on the basis of new burden design for low carbon blast furnace and the advanced mathematical model. Moreover, effective utilization of wastes from the steel works and carbon

neutral materials such as biomass has been pursued for the global environment and co-existence with regional society. In particular, a new hybrid mathematical model of blast furnace combining Discrete Element Method with Computational Fluid Dynamics is developed to improve a blast

furnace capability. Moreover, novel absorbent material for CO<sub>2</sub> sequestration is actively studied by application of first-principle calculation.



Metallurgy and Recycling System  
for Metal Resources Circulation

# NAKAMURA Lab

金属資源循環システム研究分野

## 中村研究室

中村 崇 教授 Takashi NAKAMURA, Professor

柴田 悦郎 准教授 Etsuro SHIBATA, Associate Professor

飯塚 淳 助教 Atsushi IIZUKA, Assistant Professor



### ■ 専門分野・キーワード ■

金属資源循環 / 非鉄金属製錬 / 廃棄物の無害化処理技術 / 社会基盤システムの開発

### ■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

metal resources circulation / nonferrous metallurgy / waste treatment / social system for recycling

ntakashi@tagen.tohoku.ac.jp

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

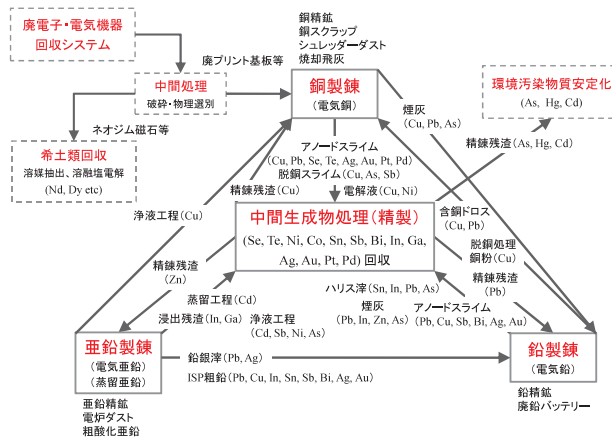
## 金属資源循環システムの構築に向けて

本研究分野では、資源循環、特に金属資源の国内における効率的な循環利用を実現するために、非鉄金属製錬業を基盤とする金属資源リサイクル、廃棄物の無害化処理技術、エネルギー回収、処理過程における低環境負荷技術の開発ならびに社会基盤システムの開発を行っています。

主に化学熱力学を学問ベースとし、金属資源リサイクルに関しては乾式製錬プロセスならびに湿式製錬プロセスを駆使した技術開発を行っています。また、それに伴う廃棄物処理や環境汚染物質の除去や安定化処理技術の開発も行っています。

その他にも新規な物理選別技術の開発や液中プラズマプロセスによる低環境負荷機能

材料の開発など化学熱力学のみでは対応できない技術課題へも積極的に取り組んでいます。



各製錬所間ならびに中間生成物処理施設のリンクによる有価金属の回収

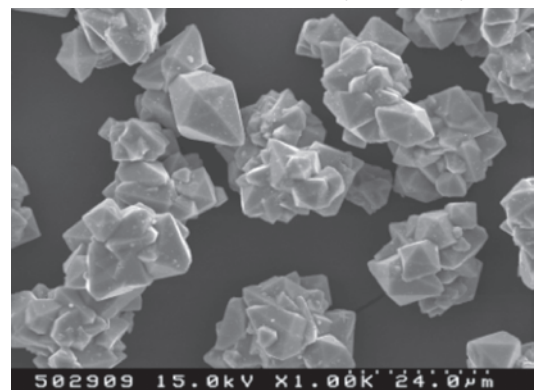
## Metallurgy and recycling system for metal resources circulation

Our aim is to develop the process technologies and social systems for metal recycling, waste detoxification and energy recovery based on the nonferrous metal smelting industries.

- Thermal and hydro processing for metal recycling and wastes treatment (Chemical Thermodynamics)
- Social system for sustainable society (Reduce, Reuse and Recycling of wastes and materials)

- New solution plasma process to synthesize metal-carbon nanocomposites (Environmental Material)
- Innovative processes of physical separation and washing technology using microbubbles and ultrasound (Physical Treatment)

砒素の安定化処理に向けた、新規合成プロセスで作製したスコロタイト (FeAsO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O) 粗大粒子





#### 軟X線顕微計測研究分野

Soft X-ray Microscopy

### 柳原研究室

YANAGIHARA Lab

- 透過型軟X線顕微鏡の開発と生体試料観察への応用
- 軟X線用高分解能対物鏡システムの新規開発
- 曲面鏡の全面で反射波長帯域を制御できる周期膜厚制御多層膜形成法の開発
- 軟X線多層膜結像鏡のサブnm波面誤差の干渉計測と補正法の開発
- Development of a transmission-type soft X-ray microscope and its application to biological samples
- High-resolution objective systems for the soft X-ray microscope
- Multilayer fabrication with accurate thickness control over the whole curved substrate enabling imaging applications
- Accurate reflection phase measurement and correction of soft X-ray imaging 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
- 強相関遷移金属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・価電子分布解析法の開発と応用
- 収束電子回折法による構造相転移および結晶格子歪み解析法の研究
- Electronic structures of boron compounds and nano-network materials
- Crystal and electronic structures of ferro-electric materials, transition-metal oxides and quasicrystals
- Development and application of nm-scale crystal structure refinement method by CBED
- Development and application of high energy-resolution EELS and SXES microscopes

#### 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.

Soft X-ray Microscopy

# YANAGIHARA Lab

軟X線顕微計測研究分野

柳原研究室

柳原 美廣 教授 Mihiro YANAGIHARA, Professor

江島 文雄 准教授 Takeo EJIMA, Associate Professor

羽多野 忠 助教 Tadashi HATANO, Assistant Professor

津留 俊英 助教 Toshihide TSURU, Assistant Professor

豊田 光紀 助教 Mitsunori TOYODA, Assistant Professor



### ■ 専門分野・キーワード ■

軟X線／多層膜ミラー／顕微鏡／生体試料

### ■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

soft X-ray / multilayer mirror / microscopy / biological samples

m.yanagi@tagen.tohoku.ac.jp

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

## 広視野・高分解能軟X線顕微鏡の開発と生体試料観察への応用

多層膜ミラーを用いた透過型軟X線顕微鏡は、波長が光学顕微鏡より1桁以上短く、回折限界に近い30 nmの空間分解能が得られ、また、軽元素の透過率の違いによるコントラストが得られるので、生体試料の高分解能観察に有望です(図1)。さらに、光学顕微鏡と同程度の広視野観察ができるので、小は細胞小器官から、大は生体組織に至るまで階層限界を超えた撮像が可能で(図2)。その上、パルスレーザーを集光して得られるレーザープラズマ(LPP)を光源としているので、ブラウン運動から要請される短時間露光ができるため、生きた生体試料

の観察を可能にするなど、今までにない機能を持った顕微鏡が期待できます。当研究分野では、このような広視野・高分解能軟X線顕微鏡の開発を目標とし、それに必要な基盤技術として、膜厚制御多層膜形成法の開発、多層膜ミラーの波面補正技術と干渉計測技術の開発、及び外乱に強

い新型対物ミラーの開発を並行して行っています。

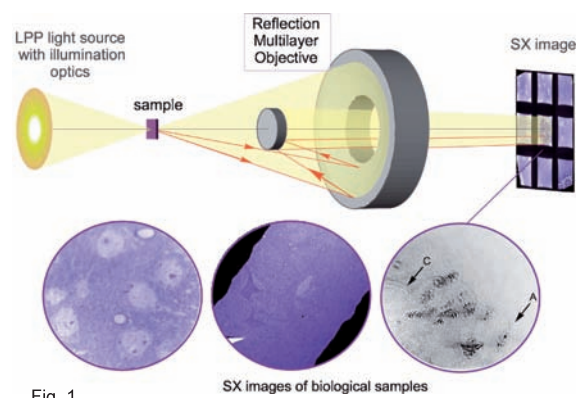


Fig. 1

SX images of biological samples

## Development of a wide-field-of-view and high-resolution soft X-ray microscope and its application to biological samples

A transmission-type soft X-ray (SX) microscope based on multilayer mirrors is promising to observe biological samples with a 30-nm spatial resolution and high contrast, which originate from the short wavelength of SX and the difference in SX transmittance among the light elements, respectively (Fig. 1). It also enables us to make super-hierarchical observation from organelles to biological tissues due to the wide field of view (Fig.

2). Besides, we can also observe fine structures in-vivo in a short period of time required from the Brownian motion using a laser-produced plasma SX source. In order to develop and demonstrate the SX microscope, we also study SX multilayer fabrication with laterally-graded period thickness, accurate reflection phase manipulation and measurement of SX

multilayer mirrors, and novel SX objective systems insensitive to external disturbance.

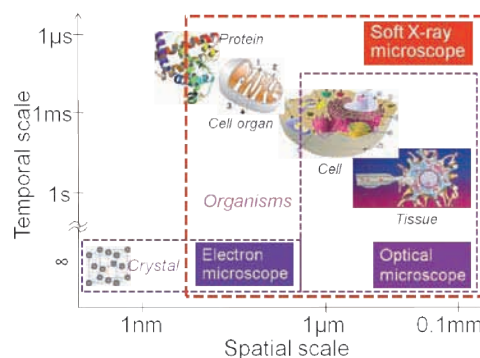


Fig. 2

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

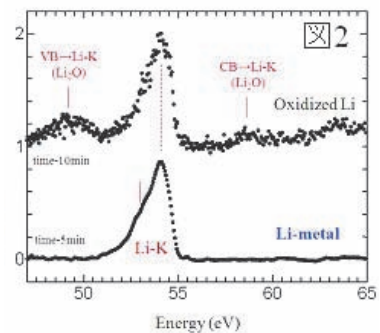
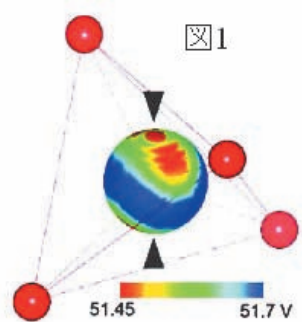
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=14

## 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た精密結晶構造解析により明らかになった、FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub>スピネル酸化物のFe-3d軌道電子の秩序状態を示す静電ポテンシャル分布

(矢印)。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。

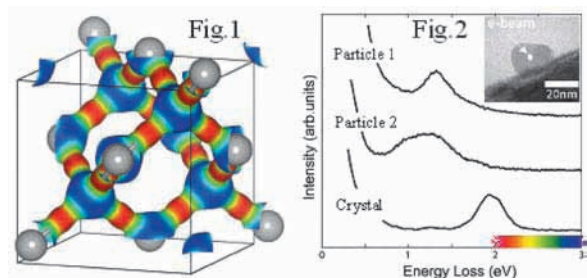


## Development and applications of crystal and electronic structure analysis methods based on transmission electron microscopy

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 mi-

croscope and XES instruments for electronic structure analysis were developed. Fig.1 shows a visualization of the electrostatic potential distribution of  $sp_3$  bonding change 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 nano-particle 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

村上 恭和 准教授 Yasukazu MURAKAMI, Associate 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

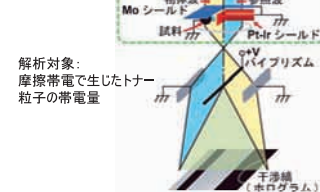
電子の波動性に注目しその干渉効果を利用した電子線ホログラフィーは、ナノスケールで電磁場を可視化できる最先端の科学技術です。我々は電子線ホログラフィーを活用して先端材料内外の電磁場を高精度で計測する研究を行っています。対物レンズに磁気シールドを導入するなど電子顕微鏡本体の改造を行う一方、試料ホルダーにも複数の探針を導入し、ピエゾ駆動操作することにより電磁場制御を行うとともに、局所領域での伝導性評価も実施しています。汎用の電子顕微鏡法による構造・組成情報に加え、電磁場・伝導性を評価する多

元的解析を展開しています。

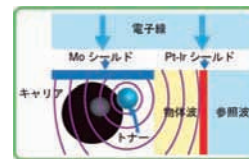
主な研究内容は以下のとおりです。(1) 電子線ホログラフィーによるナノスケール電磁場計測の高精度化。(2) 電磁場制御と伝導性評価のための電顕内探針操作技術の開発。(3) 電場解析による

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

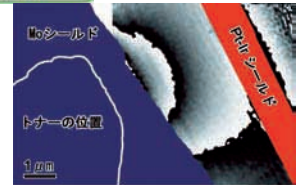


解析対象：  
摩擦帯電で生じたトナー  
粒子の帯電量



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

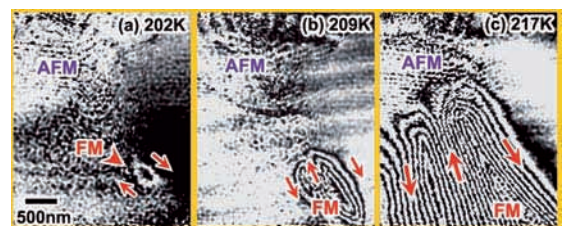
Electron holography, which is based on the interference of electron wave, is a powerful technique to visualize electromagnetic fields.

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 composi-

tion 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 Tadahiho 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

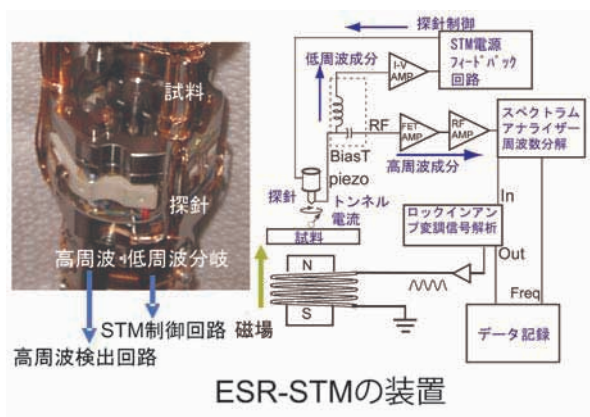
本研究室では、走査型プローブ顕微鏡を中心とした装置開発を通じて、ナノ領域科学の基本となる計測技術や原子分子制御技術を開拓し、分子の特徴を生かした素子開発を行なおうとします。特に近年、量子コンピュータやスピントロニクスへの応用から単一スピン検出が求められており、我々は単一スピンの検出手法の開発と、分子の特徴を生かした用いた分子スピントロニクス素子の開発を進めています。

単一スピン検出の手法として、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。

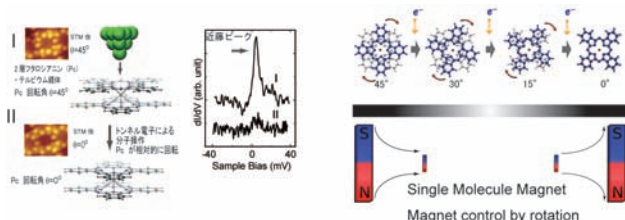


## Single spin detection and manipulation for molecule-spintronics

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 com-

patibility 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

## 宮下研究室

MIYASHITA Lab

- 高分子ナノシートをテンプレートとした金属／半導体ナノ粒子・カーボンナノチューブ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・電子デバイスの創製
  - ナノ接着、ナノ界面の自在構築およびナノポリマー成形加工技術
  - フィルムエレクトロニクスを目指したソフト系ナノデバイスの開発
- Polymer nanosheet assembly for the "film electronics" materials
  - Studies on near-field coupling between localized surface plasmons and polymer nanosheet films
  - Electric and electrochemical behavior in highly organized polymer nanosheet films
  - Micro-nano size electric circuit fabrication using laser induced pyrolysis (LIP) process
  - Dynamic interface for nano-actuator and nano-sensor

### 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

- スピルオーバーを利用した水素貯蔵材料の開発
  - 炭素ナノ薄膜を用いたナノエレクトロデバイスの開発
  - カーボンナノジャングルジムの合成と応用
  - 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
- Use of zeolite templated carbon as energy storage media for hydrogen storage
  - Synthesis of large-area single graphenes for electronic device
  - Template synthesis of ordered nanocarbons having single graphene sheets with negative Gaussian curvature
  - Development of highly ordered carbon-coated mesoporous materials for fuel cell and biosensor
  - Use of water-dispersible carbon nano-test-tubes as a capsule for drug and gene delivery system
  - Development of silicon/carbon nanocomposite for Li-ion battery

### 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

- 光反応性単分子膜の開発と応用
  - 熱ナノインプリントによるコインメタルの微細加工
  - 光ナノインプリント用密着単分子膜と光硬化樹脂の創製
  - 磁性中空粒子のエレクトロニクス応用と医療応用に関する研究開発
- Development of advanced organic monolayers showing adhesive or antisticking property for thermal and UV nanoimprint lithography
  - Development of ultrathin polymer resists for nanoimprint lithography and metal wet etching
  - Fabrication of nano/micro patterned metal thin films and their applications to optical and electronic devices
  - Fabrication of magnetic micro/nano materials and properties of their polymer composites
  - Fabrication of hybrid polymer materials dispersing inorganic nanoparticles and their applications to optical devices

### 自己組織化高分子材料研究分野

Organized Polymer Materials

## 下村研究室

SHIMOMURA 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(ハニカム構造フィルム)の作製と組織工学・移植医療への展開
  - ハニカム構造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
- Preparation of hierarchically structured soft materials by self-organization
  - Preparation and application of metallized honeycomb-patterned polymer films
  - Polymer nano-particles having hierarchical micro-phase separation structures and their metal hybrids
  - Tissue culture devices for the regeneration 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、フォトンクス分野、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 for promotion of the fields, the collaboration research and the education of graduated students for future.

Polymer Hybrid Nanomaterials

MIYASHITA  
Lab

高分子ハイブリッドナノ材料研究分野

宮下研究室

宮下 徳治 教授

Tokuji MIYASHITA, Professor

渡辺 明 准教授

Akira WATANABE, Associate Professor

三ツ石方也 准教授

Masaya MITSUISHI, Associate Professor

松井 淳 助教

Jun MATSUI, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

高分子ナノシート／光電子機能／ハイブリッド材料／ナノ材料

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

polymer nanosheet / optoelectronic device / hybrid material / nanomaterial

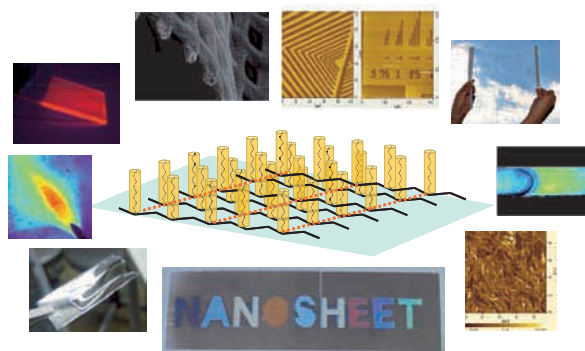
miya@tagen.tohoku.ac.jp

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=59>

## 自在集積・組織化による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、ナノカーボン、ナノ結晶、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ます。独自に開発した両親媒性高分子材料が、Langmuir-Blodgett法によって分子極限の厚さを有する高分子ナノシートとなることを見出しています。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、おのこのナノ物

質が示す機能を階層的にハイブリッド化した革新的な光電子機能発現およびその機構の解明を目指します。ボトムアップ的手法をとって、高分子ハイブリッドナノ集積体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ます。

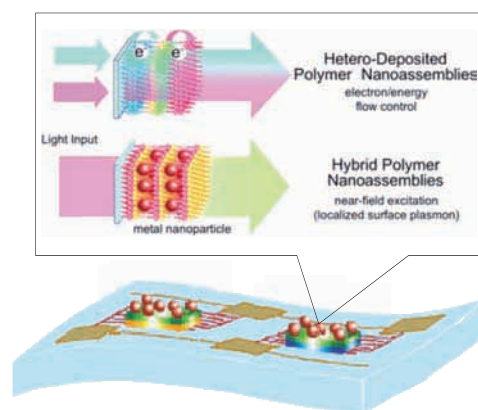


## Tailor-made fabrication of polymer hybrid nanomaterials

The research objective of our group involves developing well-defined hybrid assemblies organized with wide variety of nanomaterials such as polymer, metal/semiconductor nanoparticles, nanocarbon, nanocrystal, and silicon/germanium compounds. Polymer nanosheets prepared by Langmuir-Blodgett technique serve as key materials to assemble nanomaterials, 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

flexible optoelectronic nanodevice applications.





**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

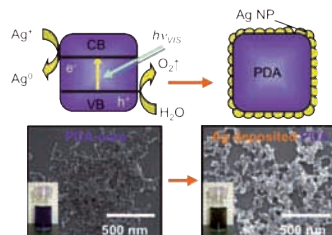
## 有機ハイブリッドナノ結晶の創成とフォトニック材料への展開

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。

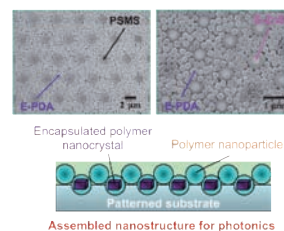
当研究分野では、次世代フォトニクス材料に資することを目的として、様々なタイプのコア-シェル型有機-無機ハイブリッドナノ結晶の創成とその集積化ナノ構造体制御に関する研究を推進しています。すなわち、大量作製も含めたより高度で精緻な有機ナノ結晶作製手法の開発、有機-無機へ

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 hetero nanostructure control consisted of encapsulated organic nanocrystals and semiconductor nanoparticles, and PS microspheres.

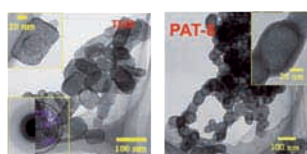
## Creation of novel organic-inorganic hybridized nanocrystals for next-generation photonic device materials

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.

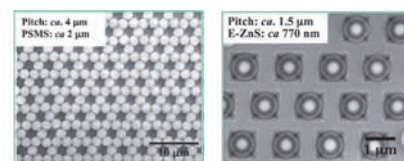
Aiming to develop photonic device materials, our research group has extensively studied on mass-production of well-defined organic nanocrystals,

design of organic-inorganic hetero nano-interface and hybridization method, directed-assembled nanostructure-control, 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 nanocrystals.



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 助教 Hirotomo NISHIHARA, Assistant Professor

千川 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／水素貯蔵材料／電極材料

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

nanocarbon / carbon coating / hydrogen storage / electrode materials

kyotani@tagen.tohoku.ac.jp

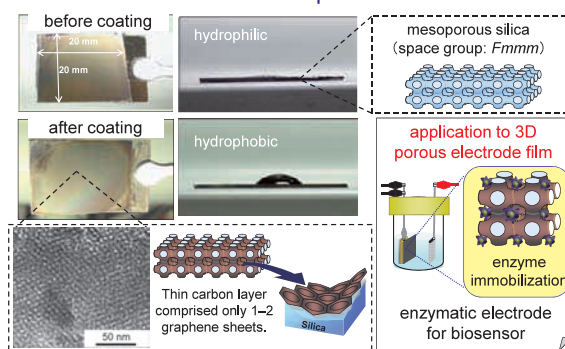
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=46>

## 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ター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ます。これまでに、直径と長さが均一であるカーボンナノチューブ、ゼオライトのような規則正しい細孔構造と世界最大の比表面積をもつ「ゼオライト鋳型炭素」といったユニークなナノカーボンの合成に世界に先駆けて成功しているほか、メソポーラスシリカなど無機多孔体の細孔表面をグラフェンシート数層で完璧に被覆する技術を開発するなど、ナノカーボンの分野で世界をリードした研究開発を

進めています。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ます。

### Carbon-coated mesoporous silica film

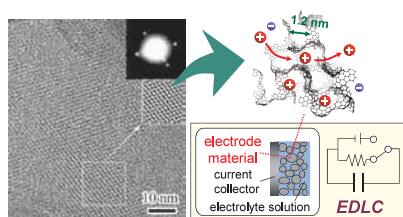


## Synthesis of novel nanocarbon-materials and their nano-hybrids

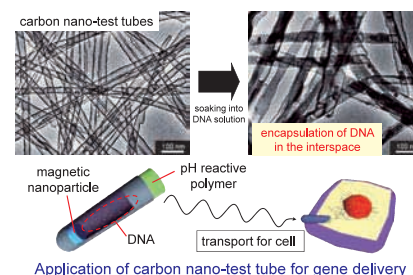
We are designing and developing novel nanocarbon materials together with their hybrids by controlling the reaction nano-fields for the syntheses of these materials. One example is fully tailored carbon nanotubes with uniform diameter and length. Another noteworthy material is zeolite-templated carbon 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 de-

veloped 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, lithiumion 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



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

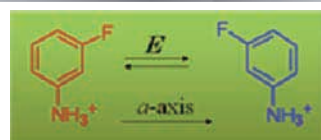
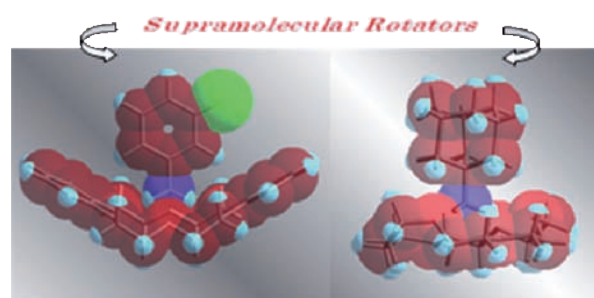
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=75>

## 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.

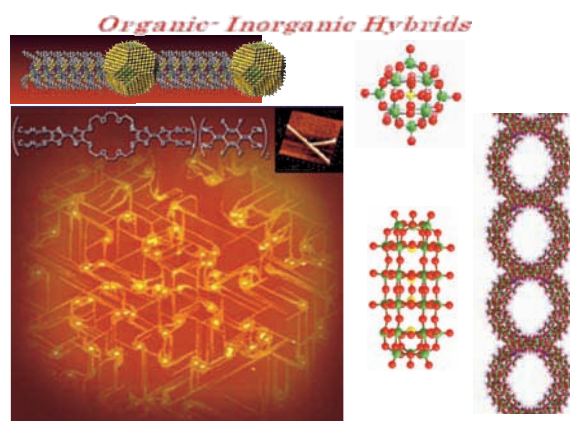


Photo-Functional  
Material Chemistry

**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

**杉原 興浩** 准教授 Okihiro SUGIHARA, Associate Professor

**久保 祥一** 助教 Shoichi KUBO, Assistant Professor



■ 専門分野・キーワード ■

材料化学／高分子科学／単分子膜工学／ナノインプリント

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

material chemistry / macromolecular science / monolayer engineering / nanoimprint

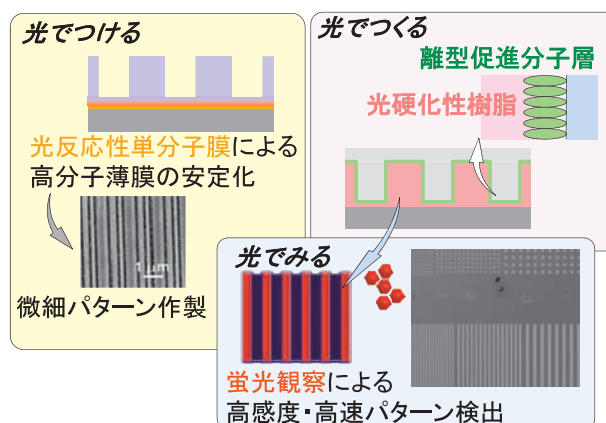
[nakagawa@tagen.tohoku.ac.jp](mailto:nakagawa@tagen.tohoku.ac.jp)

<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中川研究室では着目しています。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ソングラフィデバイス の創出を目指しています。

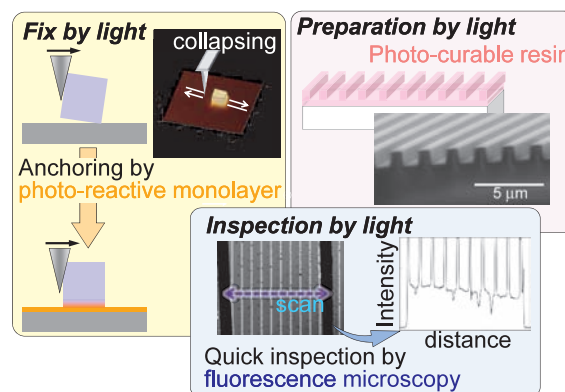


## Advanced photo-functional materials for nanoimprint lithography

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 “prepa-

ration 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.



**下村 政嗣** 教授 Masatsugu SHIMOMURA, Professor  
**藪 浩** 准教授 Hiroshi YABU, Associate Professor  
**平井 悠司** 助教 Yuji HIRAI, Assistant Professor



Organized Polymer Materials  
**SHIMOMURA Lab**  
 自己組織化高分子材料研究分野  
**下村研究室**

■ 専門分野・キーワード ■

バイオミメティクス／自己組織化／ハニカムフィルム／ポリマー粒子

■ SPECIALIZED FIELD・KEY WORD ■

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

shimo@tagen.tohoku.ac.jp

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

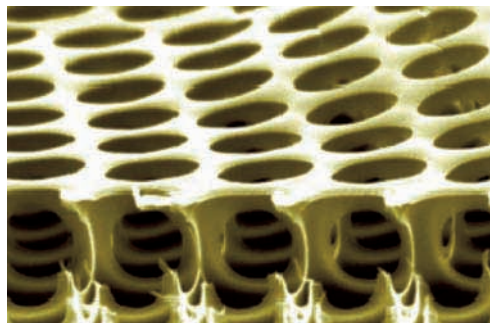
## 自己組織化ナノテクノロジーと生物模倣技術の融合

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いた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、自己組織化的析出現象などを利用することで、(1) 周期的な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) 内部ナノ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、新規フォトリソ材料として

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。

### 自己組織化ハニカム構造フィルム



5ミクロン

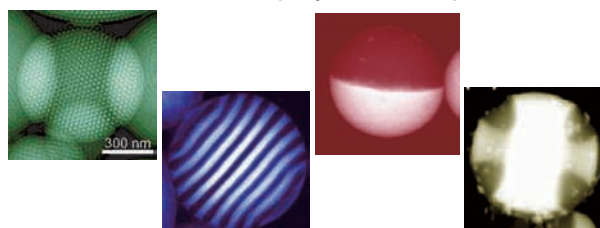
## Design and preparation of hierarchically structured materials based on nanotechnology and biomimetics

The research group aims at creating novel functional materials having hierarchically organized structure ranging from nanometer to millimeter scale by using molecular self-assembly and self-organization based on the spatiotemporal non-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 to prepare

novel tissue culture devices, biomimetic materials, photonic materials, etc. based on regular polymer patterns prepared by dissipative dewetting processes, “Honeycomb-patterned polymer films” and novel polymer nano-particles having hierarchical inner nano-structures especially from block copoly-

mers. Preparation of nano- and micro-structured metal materials based on inorganic-polymer hybrids is another research issue.

### Nano-structured polymer nano-particles





#### 超臨界流体・反応研究分野

Chemical Reaction Engineering

### 横山研究室

YOKOYAMA Lab

- 新規イオン液体触媒の合成と触媒反応への応用
- イオン液体と超臨界二酸化炭素を用いた化学プロセスの開発
- 糖類からの有用化学原料の製造プロセスの開発
- マイクロ波加熱を利用した有機合成プロセスの開発
- 超臨界アンモニア中への化合物半導体の溶解度
- 電解質を溶解したアンモニア溶液の熱物性
- Development of ionic liquids and its application to green chemical processes
- Reaction processes based on green solvents such as supercritical carbon dioxide and ionic liquid
- Solubility of inorganic compounds in supercritical ammonia
- Crystal growth of proteins under high pressure
- Measurements and prediction of thermophysical properties of fluids under high pressure
- Development of high efficient dye sensitized solar cell

#### 活性反応場・合成研究分野

Solid State Structural and Synthetic 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拓
- 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

#### 量子構造形成／基板・デバイス評価研究分野

Device Design and Engineering Physics

### 秩父研究室

CHICHIBU Lab

- 環境に優しい(AlInGa)Nおよび(MgZn)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
- フェムト秒レーザおよびフェムト秒電子線を用いた(AlInGa)Nおよび(MgZn)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ーピー
- 有機金属化学気相エビタキシーおよび分子線エビタキシーによる(AlInGa)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
- (MgZn)O系酸化物半導体のヘリコン波励起プラズマスバッタエビ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 (AlInGa)N and (MgZn)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 (MgZn)O and fabrication of multifunctional oxide thin films

#### 表界面反応制御・基板作製研究分野

High-temperature Processes and Measurements

### 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

# 窒化物ナノ・エレクトロニクス 材料研究センター

CENTER FOR ADVANCED NITRIDE TECHNOLOGY

窒化物ナノ・エレクトロニクス材料研究センターは、2007年の発足当初より窒化物結晶寄付研究分野とともに多元物質科学研究所内外の窒化物およびその関連物質に関する研究支援や講演会活動を通じた情報交換を行っています。主要な研究テーマは、窒化物半導体デバイス作製用の窒化ガリウム(GaN)や窒化アルミニウム(AlN)の単結晶基板作製と品質評価に関する研究です。

Center for Advanced Nitride Technology (CANTech) develops and promotes collaborative, interdisciplinary research in the science and engineering of nitrides and nitride-related materials. The main research is about crystal growth and characterization of gallium nitride (GaN) and aluminum nitride (AlN) for the substrates of nitride semiconductor devices.

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 fluid / nitride semiconductor / ionic liquid / immobilized catalyst

chiaki@tagen.tohoku.ac.jp

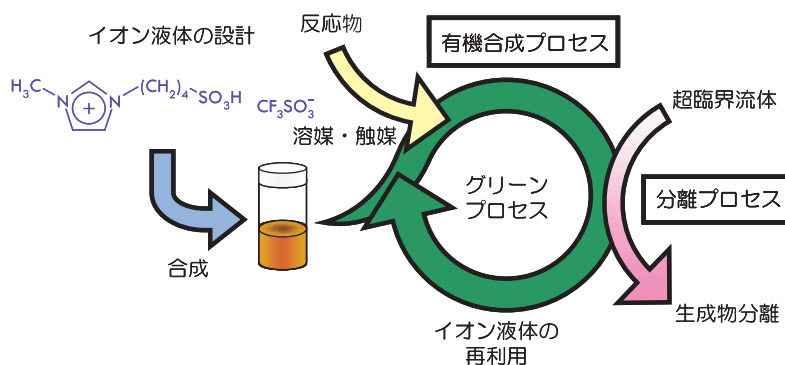
<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=63>

## 超臨界流体・イオン液体を用いた反応プロセス

本研究分野では、GaNバルク単結晶育成法の一つである超臨界アンモニアを溶媒としたアモノサマル法において必要不可欠な高温・高圧条件下における高精度な熱物性測定に基づき、アモノサマル法におけるGaN結晶育成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

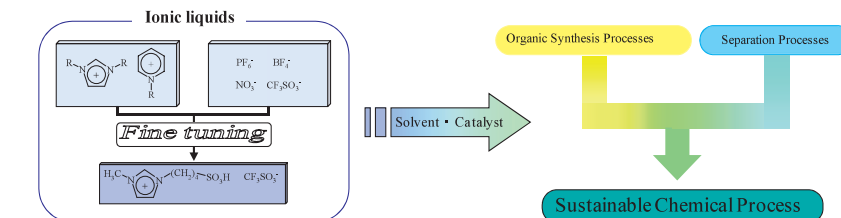
媒に着目し、超臨界流体やイオン液体などの新規溶媒を用いたプロセスの実用化に関する研究を行っています。溶媒の熱物性を

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.Continuous reaction/separation process on the basis of the combination of scCO<sub>2</sub>/ionic liquids.

- 3.Measurement and correlation of transport properties for ionic liquid + CO<sub>2</sub> mixtures



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

Solid State Structural  
and Synthetic ChemistryYAMANE  
Lab

活性反応場・合成研究分野

山根研究室

## ■ 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

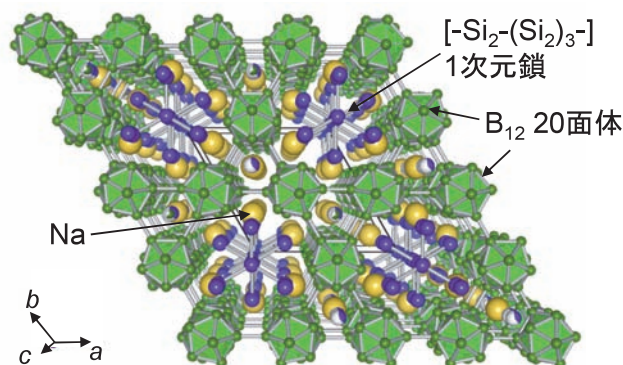
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=16

## Naフラックス法による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ります。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ます。新規物質の発見が直ちに実用材料に結びつくことは希ですが、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ます。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ます。

Na-B-Si系新規化合物 $\text{Na}_8\text{B}_{74.5}\text{Si}_{17.5}$ の結晶構造

## Synthesis of multinary inorganic compounds by using a Na flux

We are searching new multinary inorganic compounds, analyzing their crystal structures and characterizing their properties.

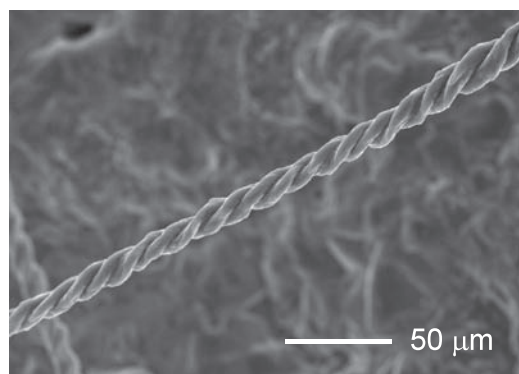
The novel methods developed for the synthesis of the new compounds are applied to the preparation of conventional ceramics and inorganic materials in order to improve their qualities and performances.

●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



Double-helical silicon microtubes prepared by evaporation of Na from NaSi at 800°C.

**秩父 重英** 教授 Shigefusa F. CHICHIBU, Professor  
**羽豆 耕治** 助教 Kouji HAZU, Assistant Professor  
**南風盛将光** 助教 Masamitsu HAEMORI, Assistant Professor



■ 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

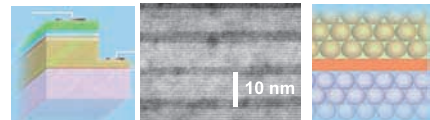
chichibu@tagen.tohoku.ac.jp  
http://www.tagen.tohoku.ac.jp/modules/laboratory/index.php?laboid=64

## 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、波長200nm台の遠紫外線から近赤外線まで広い波長範囲をカバーする禁制帯幅を持つ、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成長を行います。ま

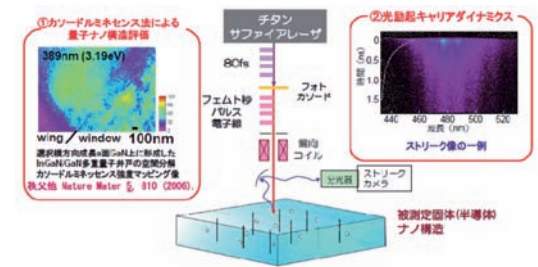
た、それらメソスコピック・ナノ構造のフェムト秒パルス収束電子線励起による時間・空間同時分解分光を行い、微細領域における励起子効果・量子効果(キャリアダイナミクスや点欠陥との相関など)の物理に迫ります。また、それらを用いた光・電子デバイス(紫外線・純青・純緑色半導体レーザーや光と励起子の連成波デバイス、電界効果トランジスタ等)の形成を行います。

■ ワイドバンドギャップ窒化物・酸化物半導体・ナノ構造のエピタキシャル形成 GaN, ZnO系多層超薄膜デバイス



原子層レベルで平坦な半導体界面・表面制御による超構造形成

■ フェムト秒~ピコ秒パルス収束電子線を用いたワイドバンドギャップ半導体の時間・空間分解スペクトロスコピーによるナノ領域キャリアダイナミクス計測



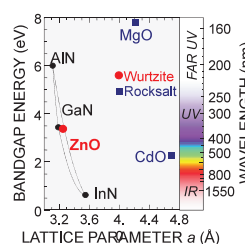
## Design and creation of wide bandgap semiconductor quantum nanostructures and spatio-time-resolved spectroscopy

Research objectives of the laboratory are to design and intentionally create quantum nanostructures desirable for new functional optoelectronic devices workable in far 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-

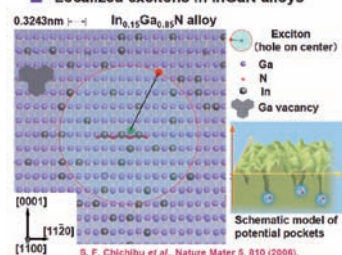
excited-plasma sputtering epitaxy methods. Ultrafast recombination dynamics of excited particles in nanostructures are studied by time-resolved spectroscopy using a femto-second laser, and

very local carrier dynamics are proved by focused pulsed electron beams using a home-made, spatio-time-resolved cathodoluminescence system equipped with a photo-electron-gun.

■ Environmentally friendly wide bandgap III-nitride and II-oxide semiconductors



■ Localized excitons in InGaN alloys



**福山 博之** 教授      Hiroyuki FUKUYAMA, Professor  


---

**大塚 誠** 准教授      Makoto OHTSUKA, Associate Professor  


---

**小島 秀和** 助教      Hidekazu KOBATAKE, Assistant Professor



High-temperature Processes and Measurements  
**FUKUYAMA Lab**  
 表界面反応制御・基板作製研究分野  
**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>

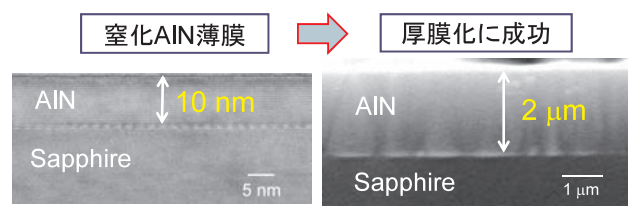
## 高温反応場を用いた機能材料の創製と熱物性計測法の開発

当研究室では、化学冶金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用光源など、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

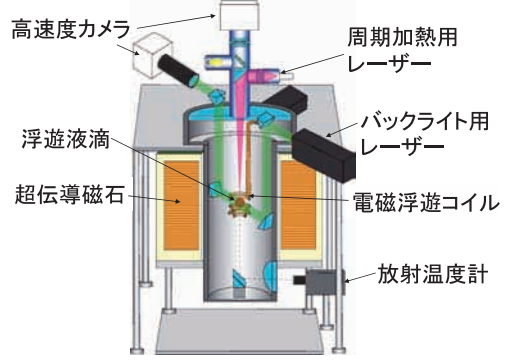
## High-temperature processes and measurements of materials

Fukuyama laboratory studies novel material processing based on chemical thermodynamics with high-temperature thermophysical property measurements. As examples, 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 thermo-

physical properties of materials is needed for modeling heat and mass transports in materials processes. A new thermophysical property measurement system is currently under development, 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.

### 超高温熱物性計測システム



# 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.

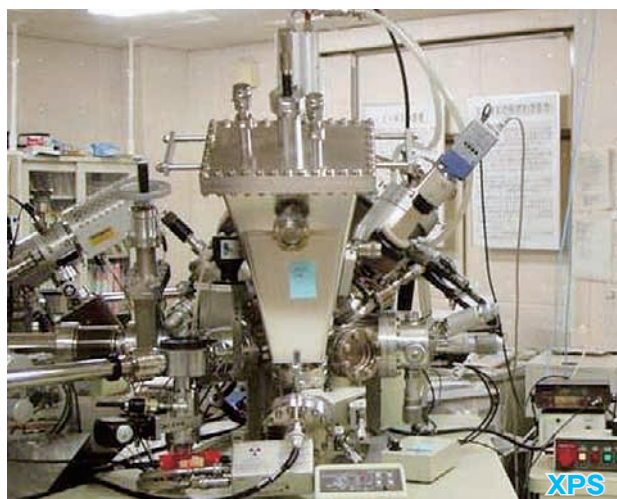
## 機器一覧

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・酸素分析装置、酸素・窒素分析装置、炭素・硫黄分析装置)  
Elemental analyzer (C-H-N-O analyzer, O-N analyzer, C-S 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

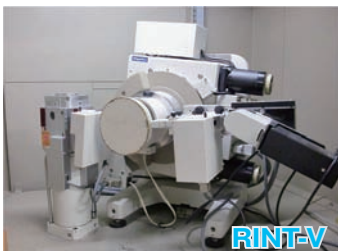
- 核磁気共鳴装置 (溶液用 NMR400/600MHz)  
NMR 400/600 MHz
- デジタル NMR 装置 (溶液用多核 NMR)  
Digital NMR (Liquid NMR spectrometer)
- ナノデバイスイオンダイナミクス計測装置 (固体用 NMR)  
Nano device ion dynamics analyzer (Solid-state NMR spectrometer)
- 高速緩和現象計測レーザー光源  
High-speed relaxation phenomenon measurement laser light source
- 時間・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 線回折装置  
Three-dimensional micro stress analyzer
- 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)



- 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 smelting 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



# 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」に精進しています。

他にも学生教育の一環として、例年「機械製図講習会」、「機械工作安全作業講習会」等を開催して技術の普及に努める一方、社会貢献活動としてインターンシップの受け入れも行っています。

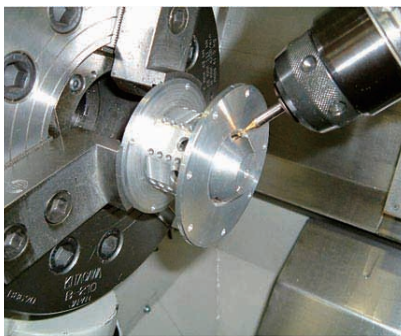
現在20名程の職員が勤務していますが、このように多くの職員と最新の設備を擁する大学の附属工場は全国的にも類が無く、当研究所の特色のひとつになっています。



汎用旋盤による二次加工



機械製図講習会



複合加工機による斜面への穴加工



機械工作安全作業講習会



汎用旋盤



CNC旋盤

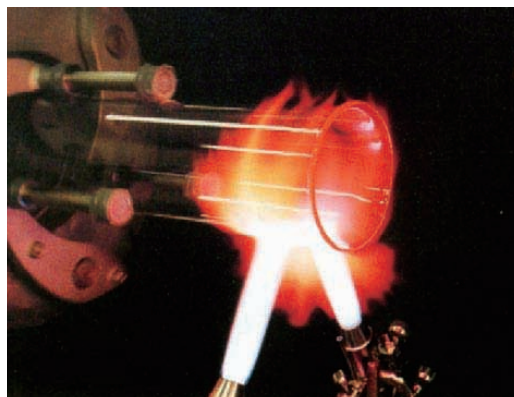


YAGレーザー加工機

## 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。



## 光器械工場

光器械工場では精密な平面・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試料研磨業務を担当しています。面精度がよくかつ表面粗さが小さい熔融石英ガラス石英基板では、表面形状をレーザー干渉計で随時測定しながら作製し、面精度 $\lambda/50$ 、面粗さについては WYKO 社非接触表面形状測定装置 TOP02D を用い面粗さ rms0.1nm を得ています。凹面鏡・凸面鏡では面粗さ rms0.1~0.3nm の非常に滑らかで焦点距離の誤差の少ない凹凸面鏡を作製しました。

今後さまざまな形状や精度の要求・扱った経験のない素材の加工等にも研究者と協力し、培ってきた技術を最大限駆使して研究者の期待に応え、着実に新しい技術の獲得をめざします。



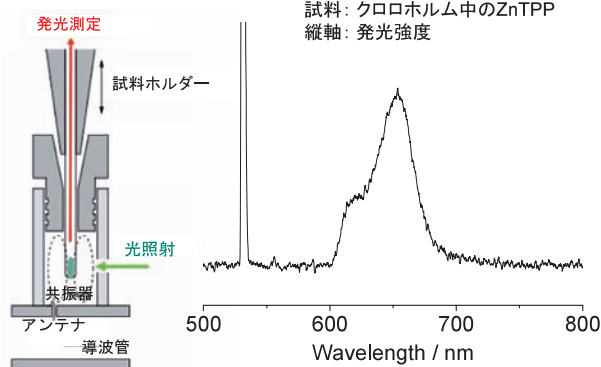
## プロジェクト支援

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：スタッフが設計したマイクロ波共振器によるESRと発光の同時測定



高周波(95GHz)ESR装置



# 技 術 室

TECHNICAL SERVICE SECTION

## Workshops

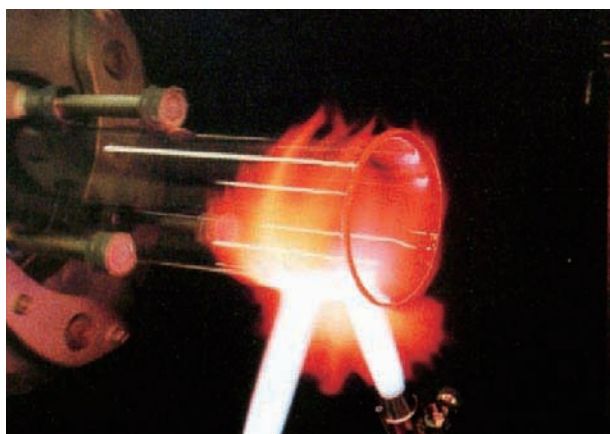
- Machine shop
- Optical finishing workshop
- Glass-blowing workshop

## Electron microscope section

- Nano-area analysis system
- Scanning electron microscope
- Transmission electron microscope
- Spectroscopic transmission electron microscope LEO-912
- High resolution scanning electron microscope LEO-982

## X-ray analysis section

- X-ray diffractometer
- X-ray fluorescence analyzer
- Electron probe microanalyzer
- Powder X-ray diffractometer
- Powder X-ray diffractometer for high
- X-ray diffractometer X<sup>1</sup>-pert for thin film

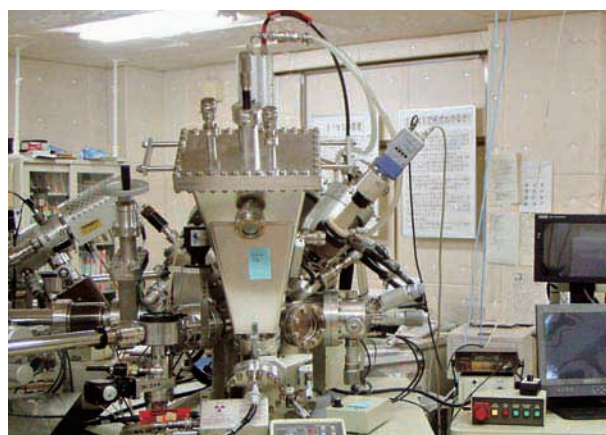


Glass lathe machine

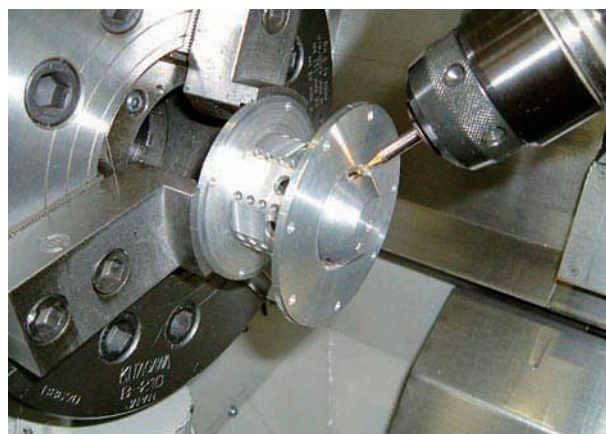
Main work is preparation of non-commercially available apparatus, which are designed by researchers with advice of highly skilled glass blowers and machinists. In the glass shop, a variety of vacuum apparatus and pressure-stable vessels are made by lathes and other machines. In the machine shop, various reaction vessels are prepared by lathes, milling machines, and precision.

## Others

- Inductively coupled plasma spectrometry
- Multi-functional surface analysis instrument
- High-temperature and precision differential scanning calorimeter
- Femto second laser system
- Nuclear magnetic resonance
- Surface analysis system
- Elemental analysis system



Multi-functional surface analysis instrument



Multi-tasking machine

For the efficient use of instruments, the room is saving to maintain several precise instruments. The instruments under service are TEM, SEM, SIMS, NMR, ultra fast reaction analysis system, system of computer aided molecular design, time- and space-resolved Raman and IR spectrometers for fine analyses of materials and so on.



## 最近の主な成果

### MAIN ACHIEVEMENTS

- 「物質・デバイス領域共同研究拠点」としての本格活動開始
- 「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・システム創製戦略プロジェクト」  
平成22年度成果報告会の実施
- 秩父 重英 教授 平成22年度化学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞
- 阿尻 雅文 教授 平成22年度化学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞
- 阿尻 雅文 教授 第8回産学官連携功労者表彰 文部科学大臣賞
- 村上 恭和 准教授 日本顕微鏡学会 学会賞(瀬藤賞)
- 佐藤 次雄 教授 第64回(平成21年度)日本セラミックス協会 学術賞
- 齋藤 文良 教授 チェコ化学工学会名誉会員賞
- 和田 健彦 教授 光化学協会 2010年光化学協会賞
- 西原 洋知 助教 炭素材料学会研究奨励賞
- 津田 健治 准教授 平成22年度日本結晶学会学術賞
- 福山 博之 教授 日本学術振興会 第7回(平成22年度)日本学術振興会賞
- 有山 達郎 教授 日本鉄鋼協会 学術功績賞
- 柴田 浩幸 准教授 日本鉄鋼協会 学術記念賞(西山記念賞)
- 丸岡 伸洋 助教 日本鉄鋼協会 研究奨励賞
- 小島 秀和 助教 日本鉄鋼協会 研究奨励賞
- 藪 浩 准教授 日本化学会 第60回進歩賞

# 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 \(Shenyang,China\)](#)
- 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 Engineerig 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3月13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**  
(モントリオール、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 ドルトムント大学**  
(ドルトムント、ドイツ)「大学間協定:2月15日締結、2009年9月14日更新」  
[University of Dortmund \(Dortmund,Germany\)](#)
- 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]  
[École 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10月14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 \(Quanzhou,Fujian,China\)](#)
- 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 \(Daejeon,Korea\)](#)
- ダルムシュタット大学**  
(ダルムシュタット、ドイツ)「大学間協定:4月30日締結、2009年10月5日更新」  
[Darmstadt University of Technology \(Darmstadt,Germany\)](#)
- 成均館大学情報通信用新機能性素材及び工程研究センター**  
(ソウル、韓国)「6月9日締結」  
[Advanced Materials & Process Research Center for IT, Sungkyunkwan University \(Soeul,Korea\)](#)
- 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:2008年7月29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7月31日更新」  
[National Technical University of Ukraine \(Kyiv,Ukraine\)](#)
- 2005年 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」  
[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」  
[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」  
[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 \(Kongju,Korea\)](#)
- 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」  
[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」  
[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」  
[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」  
[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」  
[Yangzhou University \(Yangzhou,China\)](#)
- 2009年 台湾工業技術院南分院(台南県、台湾)**「11月27日締結」  
[ITRI South, Industrial Technology Research Institute \(Tainann,Taiwan\)](#)
- マックスプランク核物理研究所**  
(ハイデルベルグ、ドイツ)「12月24日締結」  
[MPIK, Max-Planck-Institut für Kernphysik \(Heidelberg, Germany\)](#)
- 2010年 北京工業大学(北京、中国)**「大学間協定:10月16日締結」  
[Beijing University of Technology \(Beijing, China\)](#)

# 概要

## OUTLINE

### 構成員 MEMBERS

(as of 2011. 5)

#### 職員数 FACULTY & STAFF

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
※ 41	29	5	62	* 58	24	106	※ 325

※客員教授(4名)を除く。  
\* 再雇用職員(6名)を含む。

#### 研究員数 RESEARCHERS

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
5	0	3	1	3	12

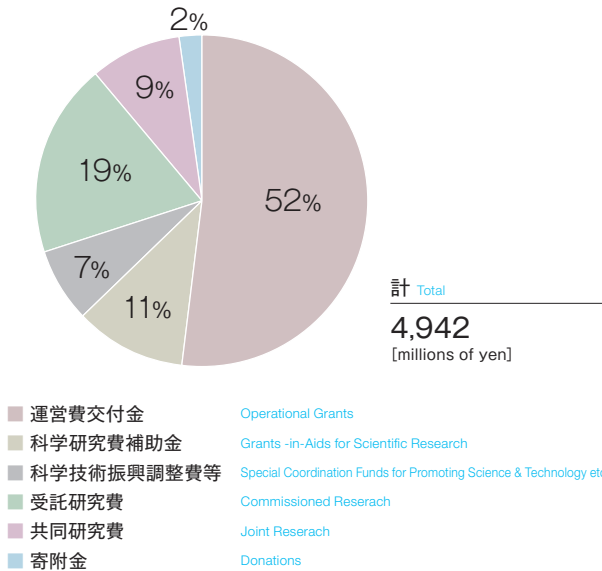
#### 学生数 STUDENTS

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		
205	76	47	328

### 歳入・歳出 ANNUAL REVENUE and EXPENSE

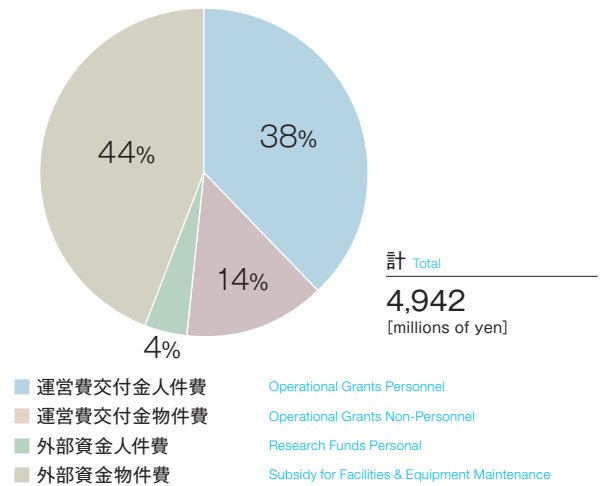
#### 平成22年度歳入内訳

Revenue for FY 2010



#### 平成22年度支出内訳

Expense in FY 2010



### 土地・建物 LAND and BUILDINGS

(as of 2011. 5)

土地 Land	A Part of Katahira Campus 140,075m <sup>2</sup>	建物総延面積 Total Floor Area	38,217m <sup>2</sup>
---------	---	-------------------------	----------------------

# 建物案内図

IMRAM BUILDING MAP



**科学計測研究棟**  
Scientific Measurements Building (SMB)

**反応化学研究棟**  
Chemical Reaction Science Building (CRSB)

**素材工学研究棟**  
Advanced Materials Processing Building (AMPB)

**材料・物性総合研究棟**  
Laboratories for Advanced Materials Research (LAMR)

① 科学計測研究棟N棟  
SMB-N

⑥ 反応化学研究棟2号館  
CRSB-2

⑪ 事務部  
Administrative Office

② 科学計測研究棟S棟  
SMB-S

⑦ 素材工学研究棟1号館  
AMPB-1

⑫ 材料・物性総合研究棟I  
LAMR-1

③ 工場棟  
Machineshop

⑧ 素材工学研究棟2号館  
AMPB-2

⑬ 材料・物性総合研究棟II  
LAMR-2

④ 図書室[仮移転中]  
Library

⑨ 素材工学研究棟3号館  
AMPB-3

⑤ 反応化学研究棟1号館  
CRSB-1

⑩ 工業化試験工場(共同研究棟)  
AMPB-Workshop

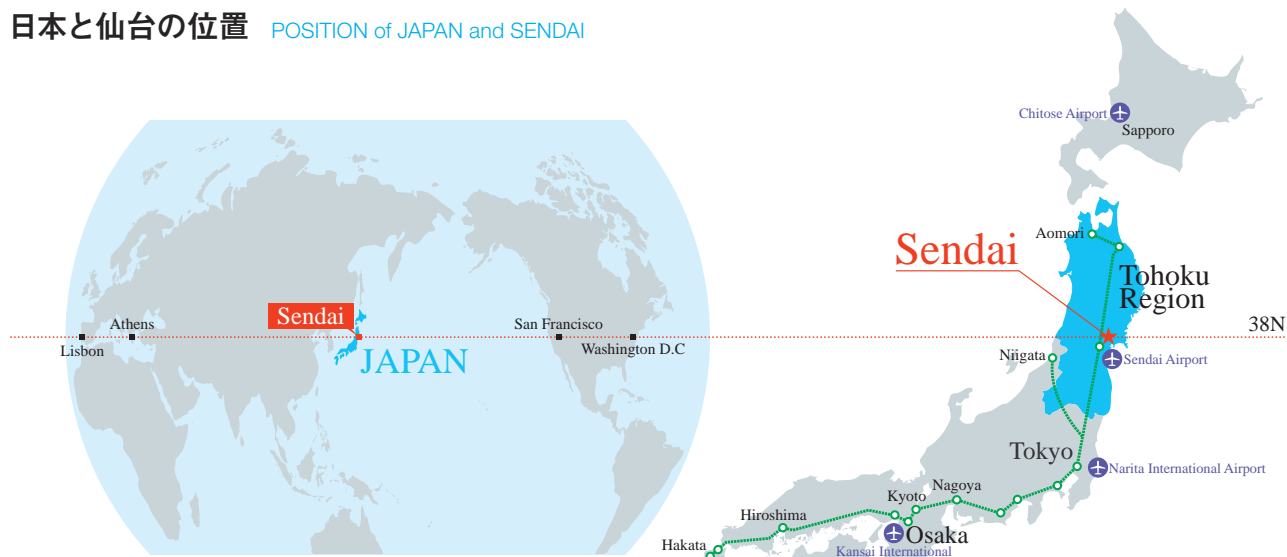
# アクセス

## 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 河村 純一

〒980-8577 仙台市青葉区片平2丁目1番1号 TEL:022-217-5204 FAX:022-217-5211 URL:<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/>

Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials TOHOKU UNIVERSITY

Director: Professor Junichi Kawamura

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