

細胞内における光化学反応の進行とフェナントリジン形成のイメージ  
「含窒素芳香族複素環を細胞内で構築できる光反応を発見～機能性分子を光制御する光化学ツールへの応用に期待～」(2023年1月20日プレスリリース)より

## 東北大学 多元物質科学研究所

研究所長 寺内 正己

〒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://www2.tagen.tohoku.ac.jp/>



INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH  
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

Director : Professor Masami Terauchi  
Address : 2-1-1, Katahira, Aoba-ku, Sendai 980-8577, JAPAN

Facebook

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

Twitter

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

YouTube チャンネル

<https://www.youtube.com/channel/UCgiZBMLdNLnJp1Dkky09fgA>

メールマガジン

<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/information/mailmagazine.html>



# 沿革

1941年3月	勅令第268号(官制)により選鉱製錬研究所設置
1943年1月	勅令第54号(官制)により科学計測研究所設置
1944年1月	勅令第7号(官制)により非水溶液化学研究所設置
1949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
1990年6月	文部省令により科学計測研究所が大部門制の組織に改組
1991年4月	国立学校設置法の改正により非水溶液化学研究所を反応化学研究所に改組
1992年4月	国立学校設置法の改正により選鉱製錬研究所を素材工学研究所に改組
2001年4月	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(研究部・附属研究組織)、多元設計研究部門、多元制御研究部門、多元解析研究部門、融合システム研究部門、資源変換・再生研究センター、超顕微計測光学研究センター
2002年4月	先端結晶化学技術寄附研究部門設置(～2005年3月)
2004年4月	多元ナノ材料研究センター設置(～2010年3月)
2005年4月	新産業創造物質基盤技術研究センター(阪大産研との連携事業)設置 先端結晶化学技術寄附研究部門設置(～2007年3月)
2006年4月	有機ナノ結晶科学技術寄附研究部門設置(～2009年3月)
2007年1月	先端圧電セラミックス寄附研究部門設置(～2009年12月)
2007年4月	超顕微計測光学研究センターを廃止し、先端計測開発センターを設置 窒化物結晶寄附研究部門設置(～2010年3月) ポストシリコン物質・デバイス創製基盤技術アライアンスの発足(～2010年3月)
2008年4月	窒化物ナノ・エレクトロニクス材料研究センター設置
2010年4月	多元設計研究部門、多元制御研究部門、多元解析研究部門、融合システム研究部門を廃止し、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、計測研究部門を設置 資源変換・再生研究センター、多元ナノ材料研究センター、新産業創造物質基盤技術研究センターを廃止し、サステナブル理工学研究センター、高分子・ハイブリッド材料研究センターを設置 物質・デバイス領域の共同利用・共同研究拠点(ネットワーク型)の構成機関となる
2012年4月	窒化物ナノ・エレクトロニクス材料研究センターを廃止し、新機能無機物質探索研究センターを設置 希少元素高効率抽出技術拠点発足(～2017年3月)
2013年4月	ナノ流体エンジニアリング共同研究部門設置(～2016年3月)
2016年4月	物質・デバイス領域共同研究拠点(ネットワーク型共同利用・共同研究拠点)の発足、拠点本部となる
2018年4月	サステナブル理工学研究センターを廃止し、金属資源プロセス研究センターを設置 非鉄金属製錬環境科学研究部門設置(～2023年3月)
2019年11月	放射光次世代計測科学連携研究部門設置(2020年7月、国際放射光イノベーション・スマート研究センターへ移管)
2020年5月	製鉄プロセス高度解析技術(JFEスチール)共同研究部門設置(～2023年4月)
2020年8月	次世代電子顕微鏡技術共同研究部門設置(～2024年3月)
2021年4月	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、新機能無機物質探索研究センターを廃止し、マテリアル・計測ハイブリッド研究センターを設置
2023年4月	デクセリアルズx東北大学「光メタセンシング共創研究所」設置(～2026年3月)、非鉄金属製錬環境科学共同研究部門(第二期)設置(2028年3月)

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).
April 2010	IMRAM started the activity as a member of the Network Joint Research Center for Materials and Devices.
March 2018	Research Center for Sustainable Science and Engineering was closed.
April 2018	Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science and the Center for Mineral Processing and Metallurgy was started.
November 2019	Collaborative Research Division of Advanced Synchrotron Radiation Metrogy started.(-June 2020)
May 2020	Collaborative Research Division of Advanced Analysis of Iron and Steelmaking Processes was started.
August 2020	Collaborative Research Division of Advanced Electron Microscopy was started.
April 2021	Center for Advanced Microscopy and Spectroscopy and Phlymer-Hybrid Materials Research Center and Center for Exploration of New Inorganic Materials were closed. Materials-Measurement Hybrid Research Center was started.
April 2023	Dexerials-Tohoku University "Photonic Meta Sensing Co-creation Research Center" was started. Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science and the Center for Mineral Processing and Metallurgy was started.

# もくじ

所長あいさつ / Director's Message	3
概要 / Outline	5
ソフトマテリアル研究拠点 / Advanced Imaging and Modeling Center for Soft-materials (Tohoku AIMcS)	7
物質・デバイス領域共同研究拠点による5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	9
次世代放射光施設 — ナノテラス —	11
プロジェクト研究紹介 / Research Projects	13
主な研究成果(プレスリリース、主な受賞) / Research Results (Awards, Press Release)	19
学生・研究支援 / Supports, Industry-Academia Collaboration	22
国際共同研究・教育活動 / International Exchange Activities	23
組織図 / Organization Chart	25
研究部門・研究センター / Research Divisions and Centers	27
非鉄金属製錬環境科学共同研究部門 / Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science	33
製鉄プロセス高度解析技術共同研究部門 / Collaborative Research Division of Advanced Analysis of Iron and Steelmaking Processes	34
次世代電子顕微鏡技術共同研究部門 / Collaborative Research Division of Advanced Electron Microscopy	35
デクセリアルズx東北大学 光メタセンシング共創研究所 / Photonic Meta Sensing Co-creation Research Center	36
有機・生命科学研究部門 / Division of Organic- and Bio-materials Research	37
無機材料研究部門 / Division of Inorganic Material Research	45
プロセスシステム工学研究部門 / Division of Process and System Engineering	54
計測研究部門 / Division of Measurements	60
金属資源プロセス研究センター / Center for Mineral Processing and Metallurgy	71
マテリアル・計測ハイブリッド研究センター / Materials-Measurement Hybrid Research Center	78
研究支援組織、技術室、多元CAF / Support Section, Technical Service Section, TAGEN Central Analytical Facility	84
建物案内図・アクセス / Maps and Directions	87







東北大学多元物質科学研究所  
研究所長  
寺内 正己

Institute of Multidisciplinary Research  
for Advanced Materials,  
Tohoku University  
Director  
Masami TERAUCHI

多元物質科学研究所（以下、多元研）は、従来の区別や枠にとらわれない、物質、材料だけでなく、それを生み出すプロセスや評価技術までも含む、あらゆる“もの”を多元的に研究する特徴ある研究所として2001年4月に発足し、22年が過ぎました。その礎は、創立1941年以来受け継がれてきた多元研の前身である、選鉱製錬研究所(素材工学研究所)、科学計測研究所、非水溶液化学研究所(反応化学研究所)のスピリットであり、先人たちが切り拓いてきた多くの研究分野と輝かしい研究成果が、漏れることなく多元研に引き継がれております。2018年4月1日には、新たに「金属資源プロセス研究センター」設置となって表れ、2021年4月1日には組織改編により「マテリアル・計測ハイブリッド研究センター」の発足となって表れております。

こうして多元研では、資源から最先端素材までの創製に関わる“プロセス軸”、無機・有機・バイオなどあらゆる物質を含む“物質軸”、そして、ナノからマクロまでのマルチスケールな“評価計測軸”を、ハイブリッドにカバーした、独創的で斬新な研究が数多く行われています。そうした研究の一端を、本「多元研概要」で紹介しています。パラパラとページをめくりながら、多元研では、“もの”、“人”、“技”がハイブリッドとなって、物質材料研究に従事していることがご覧いただける事と思えます。

2010年から始まった、先駆的なネットワーク型共同利用・共同研究拠点である「物質・デバイス領域共同研究拠点」(多元研の他、北海道大学電子科学研究所、東京工業大学科学技術創成研究院化学生命科学研究所、大阪大学産業科学研究所、九州大学先端物質化学研究所との連携事業)では、拠点利用

者と共にたくさんの研究成果が出されております。2022年度からはネットワーク活動も第3期に入り、多元研は『人と知と物質で未来を創るクロスオーバーアライアンス』事業の本部として、効率的かつ先進的に連携活動を行ってまいります。

一方で、多元研は次世代のイノベーション創出に重要な高輝度軟X線光源である次世代放射光施設計画推進の基幹部局として、2016年度から積極的に内外にその重要性を周知し、大学・宮城県そして東北経済団体連合会とともに活動してきました。2019年3月末には、東北大学青葉山新キャンパスで建設工事がスタートしました。同年10月には放射光利活用のための学内組織「国際放射光イノベーション・スマート研究センター」が発足し、多元研から複数の研究グループが移動してその活動を支えています。今後は、このNanoTerasuを多元研の研究活動にどのように活用するかという議論が重要な段階となっております。

さて、2011年3月の東日本大震災から12年が経過しました。多元研は物質材料研究による東北復興への貢献と、東北大学そして日本の未来を背負う新進気鋭の優秀な研究者の輩出を、今後も積極的に担ってまいります。皆様方の益々のご健勝とご発展を心より祈り申し上げますとともに、今後とも、変わらぬご支援を賜りますようお願い申し上げます。

2023年4月 研究所長 寺内正己

Our institute, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, IMRAM, is called TAGENKEN in Japanese. 22 years have passed from its foundation, April 2001. Nowadays, the word TAGEN is widely known, since the research in our institute has been carried out over "Multidisciplinary" fields of science and engineering for wide variety of materials. Our basis is, unfailingly, in the successor of three prestigious research institutes of Tohoku university: SENKEN (Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy)-SOZAIKEN (Institute for Advanced Materials Processing), KAKEN (Research Institute for Scientific Measurements) and HISUIKEN (Chemical Research Institute of Non-Aqueous Solution-) -HANNOUKEN (Institute for Chemical Reaction Science). SENKEN was established in 1941, KAKEN was in 1943 and HISUIKEN was in 1944.

So, about 80 years have passed since the foundation of the former three institutes. Their research spirits are passed down to us, so that the knowledge and experiences integrated from prestigious institutes allow us to establish so many collaborations among members in different fields of our institute. Thus, a plenty of noticeable research results have been achieved. This traditionality led to the establishment of new research centers, Center for Mineral Processing and Metallurgy on 1 April 2018, and Materials-Measurement Hybrid Research Center in 1 April 2021.

Our institute has been conducting a new activity as a member of the Network Joint Research Center for Materials and Devise from 2010, composed of five national university institutes, Research Institute of Electronic Science (RIES, Denshiken) in Hokkaido Univ., Institute of Multidisciplinary Research for

Advanced Materials (IMRAM, Tagenken) in Tohoku Univ., Laboratory for Chemistry and Life Science Institute of Innovative Research (CLS, Kaseiken) in Tokyo Institute of Technology, Institute of Science and Industrial Research (ISIR, Sanken) in Osaka Univ., and Institute for Materials Chemistry and Engineering (IMCE, Sendouken) in Kyushu Univ. This network is open to anyone in Japan and the world including colleges, institutes and private companies, who wishes to collaborate with the institutes. Based on the collaborations among the five institutes, the "Crossover Alliance for Open Innovation Bridging Human, Knowledge and Materials" was founded as a national project in April 2022.

Tohoku University is now promoting the project of a next generation 3 GeV synchrotron radiation facility (named as NanoTerasu), whose performance is optimized for soft X-ray energy region. This energy region covers the K-edges of light elements of Li, B, C, N, and O, and the L-edges of 3d-transition metal elements, those are all critical ones to current technological challenges. Since our institute is the main base of this project, we have been making our best for the realization in the near future.

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

April 2023 Director Masami TERAUCHI

### ロゴマークのテーマ

#### シーズのランドマーク

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



東北大学 多元物質科学研究所

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

## 概要

### 職員数 (2023年4月現在) Faculty & Staff (as of April, 2023)

教授 Professors	准教授 Associate Professors	講師 Senior Associate Professors	助教 Assistant Professors	研究員(常勤) Researchers	
48 (4) [1]	26 (3) [0]	12 (2) [0]	56 (9) [7]	7 (2) [3]	
事務職員*1 Administrative Staff	技術職員*2 Technical Staff	再雇用職員(技術系) Re-employed Technical Staff	非常勤職員(研究職) Part-time Staff (Research)	非常勤職員(その他) Part-Time Staff (Other)	合計 Total
33 (17) [0]	57 (25) [0]	4 (0) [0]	21 (4) [2]	55 (49) [0]	319 (115) [13]

※ ( ) 内は女性、内数 [ ] 内は外国人、内数 [ ] indicates the number of female staff included in counts.  
 ※ [ ] 内は外国人、内数 [ ] indicates the number of international staff included in counts.  
 \*1 内、限定事務職員 6名、内数 [ ] Purpose-Limited Administrative staff included in counts.  
 \*2 内、限定技術職員 12名、内数 [ ] Purpose-Limited Technical staff included in counts.

### 部門別教員数内訳 Faculty Members (as of April, 2023)

部門等 Research Division	教授 Professor	准教授 Associate Professor	講師 Senior Associate Professor	助教 Assistant Professor	助手 Research Assistants	計 Total
有機・生命科学研究部門 Division of Organic- and Bio-materials Research	8	5	2	11	0	26
無機材料研究部門 Division of Inorganic Material Research	10	4	3	9	0	26
プロセスシステム工学研究部門 Division of Process and System Engineering	6	4	1	6	0	17
計測研究部門 Division of Measurements	10	6	3	10	0	29
金属資源プロセス研究センター Center for Mineral Processing and Metallurgy	7	3	2	8	0	20
マテリアル・計測ハイブリッド研究センター Materials-Measurement Hybrid Research Center	6	2	1	10	0	19
非鉄金属精錬環境科学研究部門 Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science	0	1	0	0	0	1
製鉄プロセス高度解析技術共同研究部門 Collaborative Research Division of Advanced Analysis of Iron and Steelmaking Processes	0	0	0	1	0	1
次世代電子顕微鏡技術共同研究部門 Collaborative Research Division of Advanced Electron Microscopy	0	0	0	0	0	0
光メタセンシング共創研究所 Photonic Meta Sensing Co-creation Research Center	1	1	0	1	0	3
合計 Total	48	26	12	56	0	142

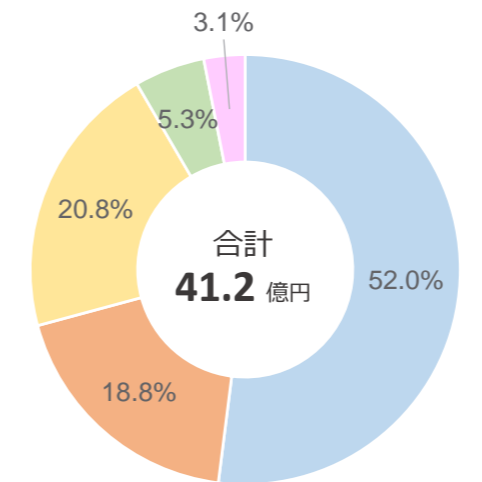
### 学生数 (2023年5月現在) Students (as of May, 2023)

研究科・学部 Schools	学部 Under Graduate	博士課程前期 Masters Program	博士課程後期 Doctoral Program
工学研究科・工学部 Engineering	46 (8) [2]	95 (22) [13]	36 (7) [15]
理学研究科・理学部 Science	7 (1) [4]	46 (8) [12]	17 (1) [8]
生命科学研究科 Life Science	0 (0) [0]	15 (4) [7]	7 (4) [6]
環境科学研究科 Environmental Science	0 (0) [0]	39 (9) [6]	20 (4) [8]
合計 Total	53 (9) [6]	195 (43) [38]	80 (16) [37]
		328 (68) [81]	

※ ( ) 内は女性、内数 [ ] 内は外国人、内数 [ ] indicates the number of female students included in counts.  
 ※ [ ] 内は外国人、内数 [ ] indicates the number of international students included in counts.

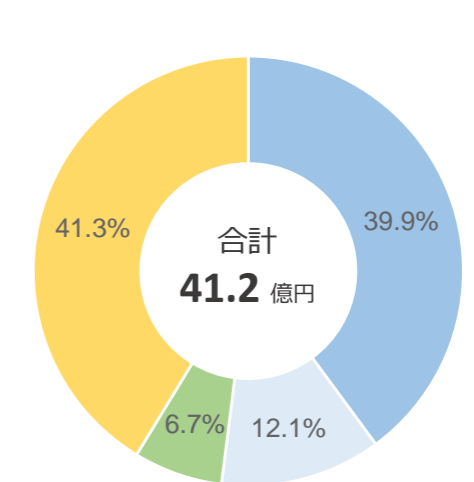
### 歳入・歳出内訳 (2021年度) Annual Revenue & Expense (FY 2021)

#### 2021年度歳入内訳 Revenue for FY2021



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

#### 2021年度歳出内訳 Expense for FY2021



- 運営費交付金人件費 General Grants for Salaries and Wages
- 運営費交付金物件費 General Grants for Supplies and Equipments
- 外部資金人件費 External Funds for Salaries and Wages
- 外部資金物件費 External Funds for Supplies and Equipments

### 主な外部資金採択状況 (単位: 千円) External Research Funds (in units of 1,000 yen)

年度 Fiscal Year	2017	2018	2019	2020	2021
科学研究費 Grants-in-Aid for Scientific Research	555,259	591,326	707,069	606,410	772,864
共同研究費 Funds for Joint Research	271,799	310,238	332,380	278,483	218,626
受託研究費 Funds for Commissioned Research	619,375	486,342	517,039	601,919	858,651
寄附金 Donations	81,807	93,289	129,212	72,825	129,386

### 建物総延面積 Total Floor Area of Buildings 38,318m<sup>3</sup>





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

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

「物質・デバイス領域共同研究拠点」は、北海道大学電子科学研究所（北大電子研）、東北大学多元物質科学研究所（東北大多元研）、東京工業大学科学技術創成研究院化学生命科学研究所（東工大研究院化生研）、大阪大学産業科学研究所（阪大産研）、九州大学先端物質化学研究所（九大先導研）が企画し、2010年度（平成22年度）に発足した先駆的なネットワーク型共同研究拠点のひとつです。共同研究拠点は、ボトムアップ型一般共同研究、トップダウン型特定共同研究を中心に、全国の国公立大学、高専、国立研究機関や企業に所属する研究者からの共同研究を推進しました。この間、国立大学の機能強化への寄与も視野に入れ、研究力強化、イノベーション創出、若手人材育成、グローバル化にも積極的に取り組み、2015年度（平成27年度）の文部科学省による期末評価ではネットワーク型拠点として唯一“S”評価を獲得しました。また第1期6年間は阪大産研を本部として活動してきましたが、2016年度（平成28年度）からの第2期は東北大多元研が本部を務め、2018年度（平成30年度）の中間評価および2021年度（令和3年度）の期末評価で“S”評価を得ております。共同研究拠点がスタートしてからの13年間で5,500件を超える共同研究を推進し、国内外の研究者コミュニティから大きな支持を頂いております。

2022年4月より第3期がスタートし、東北大学多元研から大阪大学産研に本部を移し、第1期からの「基盤共同研究（旧一般共同研究）」及び「施設・設備利用共同研究」に加え、クロスオーバーアライアンス（後述）との協働による新しい特色ある『拠点連動プログラム』として、基盤共同研究成果をさらに発展させ、ネットワーク型拠点を形成する他研究所教員との連携により幅広い研究発展を目指す『展開共

同研究』、優れた若手研究者が積極的に融合型研究を推進する『COREラボ共同研究』、そして共同研究を通じて主に地域大学、私立大学に在籍する優れた才能を有する大学院生、大学生等、学生をPI（Principal Investigator）として採択する『次世代若手共同研究』など多彩な共同研究を企画・運営し、より充実した共同研究活動を展開しております。また、継続的に新型コロナ等の感染症に関する研究活動継続支援の緊急特別公募を行い、社会課題解決型共同研究を推進しております。いずれのプログラムも、研究成果のみならず、その成果を生み出す情熱に満ちた研究者を育てる「人材育成」を拠点・アライアンス事業における大きなテーマのひとつとしています。2023年4月には、多元研内に「多元物質科学研究所共同研究拠点室」を設置し、新たに1名の特任教授を迎え入れ、万全な体制で「物質・デバイス領域共同研究拠点」を推進します。多くの研究者がこの拠点を積極的に活用し、人のネットワークを広げて頂けることを願います。また本ネットワーク型共同研究拠点が支援を行った学協会等の研究者コミュニティは約500、総参加者数は約6,800名を超え、関連研究分野および関連研究者コミュニティの発展に大きく貢献しています。更に2018年3月には同じネットワーク型共同研究拠点である放射線災害・医科学研究拠点、生体医歯工学共同研究拠点と緩やかな連携に関する協定を締結し、より広いコミュニティへの貢献を目指しております。

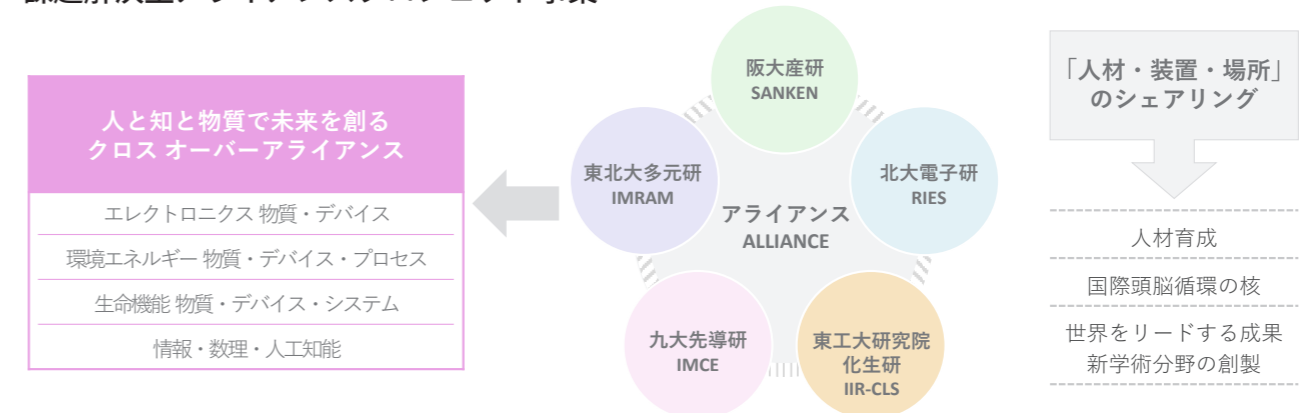
一方、【課題解決型アライアンスプロジェクト事業】においては、「人・環境と物質をつなぐイノベーション創出ダイナミック・アライアンス」を5研究所間の連携プロジェクトとして推進してきました（2005年度にスタートしたアライアンス事業から数えて3期目のプロジェクトであり、

2016年度からの事業）。日本を北から南まで縦断する形で「人材・装置・場所のシェアリング」を特徴とし、21世紀において安全安心で質の高い生活のできる社会の実現に要求される3つの課題解決型プロジェクトとして、1) エレクトロニクス 物質・デバイス (G1)、2) 環境エネルギー 物質・デバイス・プロセス (G2)、3) 生命機能 物質・デバイス・システム (G3) を戦略的に設定し、研究所横断型の共同研究を推進しています。2022年4月より、第3期「人と知と物質で未来を創るクロスオーバーアライアンス」がスタートし、上記G1～G3グループに加えて2022年4月に4) 情報・数理・人工知能に関するグループ (GC) を設置し、各グループ間のクロスオーバーによる社会課題解決に向けた新たな取り組みをスタートさせました。クロスオーバーアライアンス推進のための組織改革の一環として2022年4月にCORE<sup>2</sup>協働センターを東北大学多元研内に設置し、アライアンス研究管理部門 (AORA) およびアライアンスキャピタル部門 (ACMO) に2名の特任教授を迎え入れ、万全の体制でアライアンス事

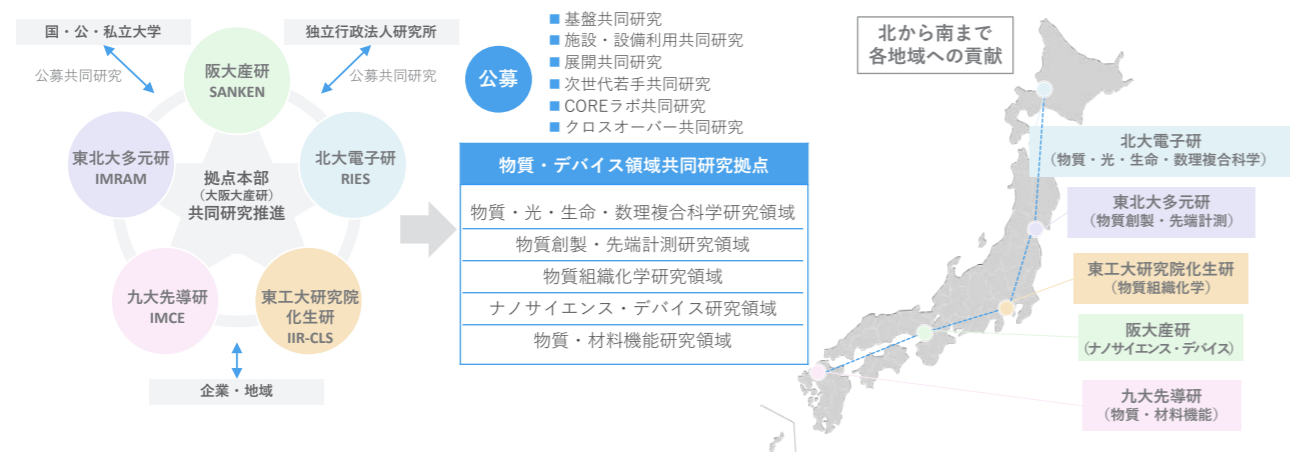
業を推進しております。2023年4月には、新たにCORE<sup>2</sup>協働センターにアライアンス社会連携部門を設置し、産学連携等も推進いたします。5研究所3グループに所属するPIは約150名に上り、若手研究者等を含めた常勤教員数の総勢は400名を超える規模を有しています。また、クロスオーバーアライアンス事業は、ネットワーク型「物質・デバイス領域共同研究拠点」と相補的かつ密接な連携を図り、社会課題の解決に向けた『CORE<sup>2</sup>-Aラボの設置』、『若手FS研究課題』、など、多様なプログラムを企画・運用します。

このように、5つの国立大学法人研究所が、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クロスオーバー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



### ネットワーク型共同研究拠点事業



### ロゴの制定について

2018年3月、物質・デバイス領域共同研究拠点、ダイナミック・アライアンスでは、それぞれのロゴを制定しました。物質・デバイス領域共同研究拠点は「協力しあいながら高めあう」を、ダイナミック・アライアンスは「ダイナミックな発信」を、それぞれモチーフとして、5色のパーツからなる一貫性のある図形で表現しています。シンプルな図形と略語（NJRC、Five-Star）からなるパターン（カラー、モノクロ）と、ロゴタイプと組み合わせ合わせたコンビネーションパターンを準備しました。2022年度よりスタートした第3期「物質・デバイス領域共同研究拠点事業」および「クロスオーバーアライアンス」においても両ロゴを引き続き使用し、本拠点、アライアンスに係る成果発表や情報発信などの際に活用していただけます。



物質・デバイス領域共同研究拠点



クロスオーバーアライアンス



# ソフトマテリアル研究拠点

## Advanced Imaging and Modeling Center for Soft-materials (Tohoku AIMcS)

材料科学の分野において、AI 技術、ビッグデータ解析の応用により、材料の計測・分析データを用いて開発期間の短縮、低コスト化を目指す「データ駆動型材料開発」の取り組みが世界各国で加速されています。この様な流れの下、ソフトマテリアル研究拠点では、電子顕微鏡を中核とする「マルチモーダル計測」を「マルチスケール解析」に高次元で融合させることで、マテリアルサイエンスとライフサイエンスの両分野におけるデータ駆動型材料開発を革新的に推進させ、ソフトマテリアルの新たな設計・解析ソリューションを社会に展開することを目的として、2020年8月に設立いたしました。

東北大学は電子顕微鏡の研究では長い歴史と実績を有し、金属材料をはじめとするマテリアル研究を支えてきました。金属材料や無機材料では、結晶構造や電子状態を電子顕微鏡・放射光による計測と計算の融合によって明らかにし、材料構

造の改変による機能・物性の改良をシステムティックに予測するデータ駆動型材料開発アプローチが可能となってきています。一方、小さな分子が“ひも状”につながった高分子・ゲル・ゴム・コロイド・ミセル・液晶・粘土・生体高分子（タンパク質、糖質、DNA）などの“ソフトマテリアル”は、スケールの異なる様々な構造単位が階層性をもって形成されるため、それぞれの「階層」に合わせたマルチモーダル計測とマルチスケール解析を高度に融合させることが必須であり、データ駆動型アプローチは容易でないことが問題でした。

本研究拠点は、このようなマテリアルサイエンス分野に加え、ライフサイエンスの基礎研究、医療・創薬、感染症への対応やバイオテクノロジーなども視野に入れ、広範なソフトマテリアルに対して、計測と解析とを綿密に連携しながら、観察・理論・計算・メカニズム解明までをトータルに扱う国内初の研究拠点です。

### ソフトマテリアルのワンストップ・ソリューション提供

ソフトマテリアルの原子・分子レベルの姿を、最先端の電子線解析を中心とするマルチモーダル計測と、マルチスケールでの計算科学を融合することで可視化し、ソフトマテリアルの諸課題をワンストップで解決します。



本研究拠点は、計測と解析の研究者からなる4つの活動グループから構成されます。研究テーマごとに、この4つの活動グループに所属する研究者が専門性を加味して選抜され、プロジェクトチームを形成して、課題をワンストップで解決します。

各グループの特徴は下記のとおりです。

### ■ マテリアルサイエンス／計測・解析グループ：

プラスチックやゴムなどの高分子材料、高分子に微細な無機固体を分散した複合材料など、産業活動で必須のソフトマテリアルについて、高分解能透過型電子顕微鏡解析法を中心にナノ領域の軟X線スペクトル法、電子エネルギー損失分光法(EELS法)などを駆使したマルチモーダル解析を進めます。拠点内の計算・解析 Gr. と連携し、次世代放射光施設とも連携しながら高度な構造・機能の可視化を実現します。

### ■ マテリアルサイエンス／計算・解析グループ：

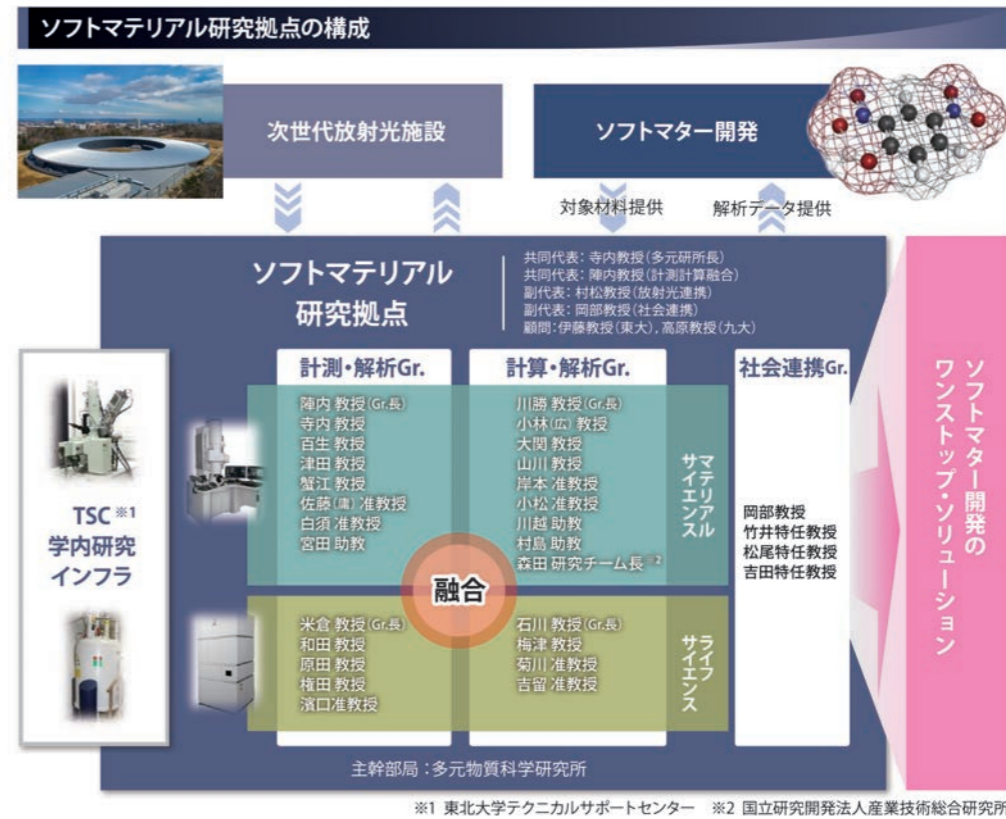
ソフトマテリアルとその複合材料について、電子レベルから全原子スケール、粗視化スケールに亘るダイナミクスや現象解明をシームレスに行い、マルチモーダル計測結果とも融合し、より確かな可視化情報を提供します。

### ■ ライフサイエンス／計測・解析グループ：

最先端のクライオ電子顕微鏡を用い、単粒子解析法による高分解能三次元構造情報の取得、薬剤や有機材料分子の極微小結晶からの電子線三次元結晶構造解析(マイクロED)、細胞組織などのトモグラフィー解析等を行います。また、位相法等のさまざまな最先端的手法を駆使して、生体分子や有機化合物の可視化を実現し、創薬、生命科学、材料科学の分野での課題解決・検証を可能にします。

### ■ ライフサイエンス／計算・解析グループ：

クライオ電子顕微鏡などで得られた生体分子のデータを効率的に分析する手法や実験データを補間するダイナミックな分子挙動をMDシミュレーションなどにより提供します。分子構造を粗視化したDPDシミュレーション、細胞や臓器スケールに適した有限要素法など様々な数値シミュレーション手法をシームレスに結合することで、マルチスケール・マルチフィジックスな生体シミュレーション環境を提供します。



本研究拠点では、上記の各グループが有する世界最先端レベルの科学技術を融合し、社会連携グループを窓口として産業界の科学・技術者とも連携して、ソフトマター開発のワンストップソリューションを社会に提供します。産業界が抱え

る多様で複雑な問題を、本研究拠点の多様な科学者が企業の科学技術者とともに解くべき課題に分解し、計測・計算融合を武器にスピーディーに解決することを目指します。



寺内 正己  
Masami TERAUCHI  
ソフトマテリアル研究拠点共同代表  
東北大学多元物質科学研究所長



陣内 浩司  
Hiroshi JINNAI  
ソフトマテリアル研究拠点共同代表  
東北大学多元物質科学研究所 教授

AIMcS

AIMcS

AIMcS

AIMcS

お問合せ先

東北大学多元物質科学研究所内  
ソフトマテリアル研究拠点事務局 (担当：竹井)  
電話：022-217-3543  
Mail: softmaterial-contact@grp.tohoku.ac.jp  
URL: https://softmaterial.tagen.tohoku.ac.jp/



世界最高レベルの光源性能を有するナノテラス

本学青葉山新キャンパス内に誕生した次世代放射光施設の愛称が「ナノテラス (NanoTerasu)」に決定しました。ナノテラスは、建設地の検討を経て、2019 年度より整備が開始されました。今年度 (2023 年度) のファーストビーム、来年度 (2024 年度) の本格稼働を目指し、今も着々と整備が進められています。

軟 X 線領域におけるナノテラスの光源輝度は、大型放射光施設 SPring-8 の 100 倍に及びます。また、コヒーレンス性 (可干渉性) においても高い性能を有します。この軟 X 線領域の高輝度性は、軽元素や遷移金属の化学状態の鮮明かつ迅速な可視化につながります。また、高コヒーレンス性を利用した計測手法の進展により、不均一な材料系の機能を 10 nm レベルの分解能で可視化することが出来るようになります。

これらの光源性能は、放射光による「物の見え方」を一新します。材料や生命の機能をナノスケールで可視化し、研究

開発における仮説検証サイクルを一気に加速することが期待できます。その活用範囲は、触媒材料、磁性・スピントロニクス材料、高分子材料など材料分野はもちろん、工学、理学、農学、医学、医工学、考古学など、広範な学術分野と産業分野に及びます。すなわち、ナノテラスは、こうした学問分野やディシプリンとともに、研究を統合・加速する拠点の集結により、研究開発基盤を構築するポテンシャルを有しています。

図 1 はナノテラスを上空から見た写真です。この周囲にはサイエンスパークが形成され、産学の研究や人材育成の拠点が集積します。多様なディシプリンを有する大学のキャンパス内という立地と、市街中心部からのアクセスの良さが、研究開発基盤の機能を促進します。ナノテラスは、国内の軟 X 線領域の放射光活用の海外に対する遅れを逆転し、研究の国際競争力を強化する原動力となります。



図 1. ナノテラスの上空写真

イノベーション創出を支える整備・運用方針

ナノテラスをイノベーションの源泉とするための整備・運営について、放射光科学の学術コミュニティ、既存の放射光施設の学術および産業界の利用者に加え、企業、大学の経営層、地域および中央の経済界、自治体との、2011 年より 6 年間にわたる対話が行われてきました。その結果を基にコンセプトの具体化が進められてきました。ロボティクスやイノベーションベンチの考え方を導入したビームラインデザイン

ン、産学利用による成果の最大化と社会実装の加速を目指したコアリション・コンセプト (有志連合) 等です。2017 年 7 月に、国側 (官) の主体として量子科学技術研究開発機構が指定され、パートナーの提案が公募されました。翌年 7 月に、一般財団法人 光科学イノベーションセンターを代表機関として、宮城県、仙台市、東北経済連合会と東北大学が地域パートナーに選定されました。

この官民地域パートナーシップは、次世代放射光の学術と産業の持続的発展に資する活用について役割分担と連携を行う、世界でも類を見ない挑戦的な枠組みです。本学は、放射光活用によって既存の学術の深化と新たな学術領域の開拓、そして分野融合や産学連携によるイノベーションの創出を先導するミッションを有します。学術研究者は、既存の共用法の下での施設利用だけでなく、企業と 1 対 1 でパートナーを組み、出口イメージを共有し、研究シーズや専門知識を以て企業の課題解決を支援し、その過程で新たな学術研究テーマを開拓する、コアリション・コンセプトの下での活用機会を得ることが出来ます。その先には、企業・地域と連携し、

学術に裏付けられた製品開発や実証実験を可能とするリサーチコンプレックスの形成があります。

東北大学は、ナノテラスに関わるあらゆる技術について集中的に研究開発するために、2019 年 10 月 1 日に国際放射光イノベーション・スマート研究センターを設置しました。ここでは、多元物質科学研究所から十数名の教員が参画し、科学計測分野の伝統を背景に、次世代放射光計測技術の研究開発を行っています。これまでの放射光施設にはなかった新たな技術を結集したビームラインを築き、学内外との強い連携体制を構築していきます。

コアリションビームライン・ラインナップ

初期ビームラインは、国 (官) が 3 本、地域パートナーが 7 本 (コアリションビームライン) を整備します。国際放射光イノベーション・スマート研究センターは、これらコアリションビームラインについて、設計から活用までをサイエンス面から支援する役割を担っており、これまでに、光源特性を活かすユーザー主体のビームラインコンセプトを提案してきました。また、次世代性の観点から重点的に整備すべき計測分野として、以下を提示しています。

- (1) 高輝度を活かした機能発現、失活等の可視化計測：時分割計測、オペランド計測、時間分解測定 (ミリ秒～)
- (2) 物質科学、環境科学、生命科学等あらゆる分野で機能や反応の鍵を握る元素の電子状態・化学状態可視化計測、軟 X 線領域に強みをもち tender X 線領域から硬 X 線領域の広領域をカバーする分光計測：光電子分光、光吸収分光、発光分光、XAFS、XMCD 等
- (3) 高いコヒーレンス性、集光性を活用した高分解能の構造可視化計測：タイコグラフィ、位相コントラストイメージング等の可視化技術
- (4) (1)~(3) を統合した複合計測：CT-XAFS、タイコグラフィ XAFS 等

図 2 は、初期整備 7 本のコアリションビームラインのラインナップを示しています。BL の横断的な活用によって、これまで複数の施設の放射光をまたぐ必要のあったデータセットを、次世代放射光施設の中で収集することが出来るようになります。(図 2 に、重要課題での活用想定を例示しています。) これらのラインナップによって、上記 (1) から (4) を実現していきます。一部のビームラインでは、分岐を行い、そのブランチでは、ハイスループット計測、メールイン測定、リモート計測などのニーズに応えるため、ロボット自動計測のエンドステーションの導入が検討されています。メインビームラインはいわゆる「先端計測ステーション」であり、挑戦的な計測までをカバーするエンドステーションです。その一部では、ユーザーが独自の試料環境を整えて計測を行うための、「取り外し可能な計測ベンチ = イノベーションベンチ」の導入も検討されています。

国際放射光イノベーション・スマート研究センター及び多元研は、今後もナノテラスをサイエンス面から支援し、施設の活用を通じた学術の深化と発展を推進します。

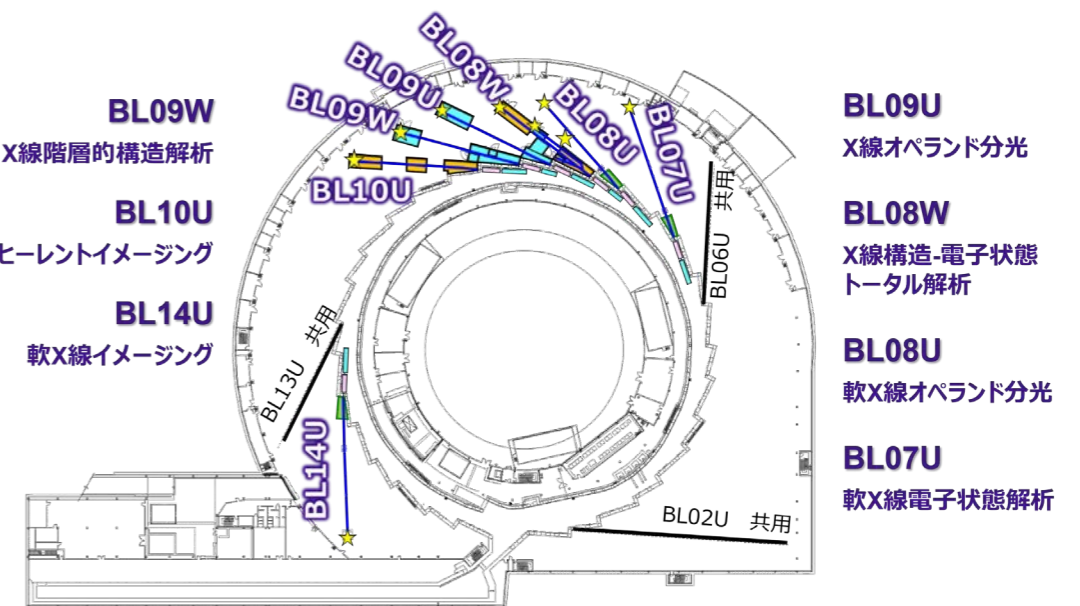


図 2. 初期整備 7 本のコアリションビームライン



## 日本学術振興会 科学研究費補助金 新学術領域研究（研究領域提案型） 「時分割実験のための多様な反応誘起システムの開発」の推進

「高速分子動画法によるタンパク質非平衡状態構造解析と分子制御への応用」（略名：高速分子動画）は2019年に発足した新学術領域研究で、高速分子動画と名付けられたX線自由電子レーザー（XFEL）による時分割構造解析を軸とした領域です。本領域の基本コンセプトは単純明快で、分子の動きを原子分解能でかつ実際のタイムスケールで観測するというものです。実際の分子の動きを高い時間・空間分解能で観測することは期待されてきましたが、従来の手法では容易ではなく、XFELの10 fs程度の非常に強力なパルス光源を用いて、分子を直接ストロボ撮影する技術により、初めて可能となりました。しかし、XFELを用いて分子の動きを追跡するためには、分子を結晶化する必要があり、光で反応を開始しなければならないなどの制約がありました。これらの問題を克服し、本法を生体高分子の分子動画観測のための普遍的な方法として確立することが、本領域の目標の一つです。また、本法を実際にタンパク質分子などに適用し、得られた“高速分子動画”を計算科学や分光学の手法を用いて定量的、理論的に理解し、得られた情報を基に、例えばイメージングや光遺伝学などに貢献する新しい機能性タンパク質の創製を目指しています。こうした目標を達成するため、本領域は放射光科学、構造生物学、生物物理学、ケミカルバイオロジー、計算科学など様々な研究分野から構成されています。計画研究班

は、主に3つのグループに分けられ、A01: タンパク質の反応機構解明及び分子制御法の開発、B01: 高速分子動画撮影法の基盤構築、C01: 高速分子動画に資する反応精密分析となっています。

私が計画研究班代表を務める「時分割実験のための多様な反応誘起システムの開発」はB01の一つであり、高速分子動画の開発を進める班です。高速分子動画法の基盤はシリアルフェムト秒結晶構造解析（SFX）というXFELを用いた結晶構造解析であり、私は2013年よりSACLA（SPring-8 Angstrom Compact free electron LAser）でこの手法開発に取り組んできました。SFX法は、2010年に供用を開始したアメリカのLCLS（Linac Coherent Light Source）にて最初に開発されました（Chapman, H. N. et al. *Nature* 2011）。これは、ガラスキャピラリーから緩衝液などと共に微結晶を流してXFEL照射領域に輸送し、ランダムな方位にある微結晶から回折像を静止画像として得る方法で、従来の単結晶構造解析とは全く異なる方法が考案されました。その理由は、結晶が非常に強力なXFELパルスによって回折後に崩壊するためであり、数10～100 Hzの繰り返し周波数を持つXFELに連続的に試料を送るために試料輸送インジェクターが用いられます。

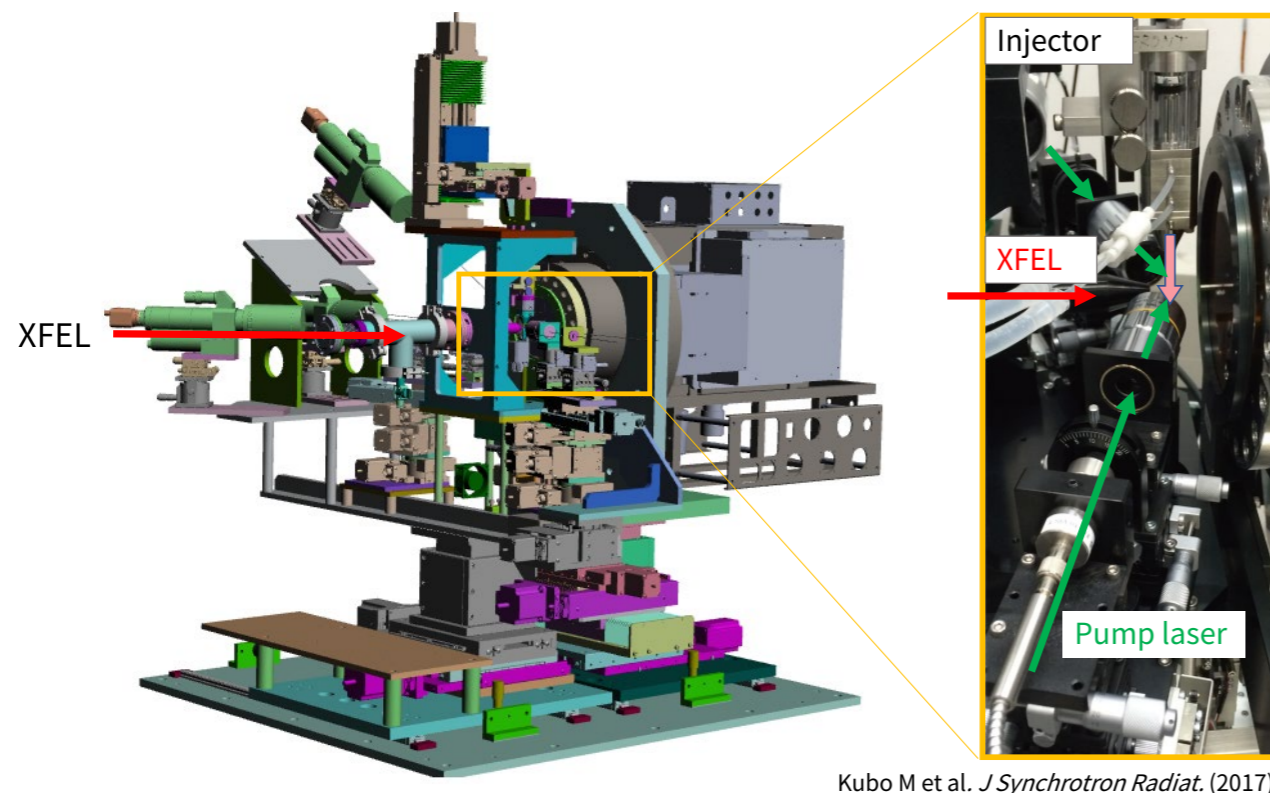


図1. 高速分子動画測定装置の一例：左はポンプ・プローブSFX法による装置全体図、右はXFEL照射領域拡大図

実はSFXの試料輸送方法はどの試料でも万能に使用できる方法が未だにありません。低粘性の緩衝液と結晶を懸濁して高流量で結晶を吐出するリキッドジェット法の他に高粘度媒体と結晶を混ぜて低流速で輸送する方法や（Weierstall, U. et al., *Nat Commun* 2014, Shimazu Y. et al., Shimazu, Y., et al. *J Appl Crystallogr* 2019）、試料を液滴として、XFELパルスに同期させて輸送する方法（Mafune, F., et al. *Acta Crystallogr D* 2016）が開発されましたが、試料消費量の観点や試料を壊さずに輸送するにはまだ改善の余地があり、こうした基盤技術の開発も本班の目的の一つです。また、領域発足当時は、光で分子を励起するポンプ・プローブ法とSFXを組み合わせるにより、“高速分子動画”を得ていましたが（Nango, E., et al. *Science* 2016）、光で反応するタンパク質分子は天然に存在する割合は1%にも満たず、汎用的な方法とは言えない状況でした。そこで、基質と微結晶を迅速に混合して酵素反応や受容体へのリガンド結合を観測する二液混合法や温度ジャンプを反応トリガーとする温度ジャンプSFX法の開発に取り組んでいます。実際、この4年の間に温度ジャンプSFXによるタンパク質分子構造変化の可視化（Alexander M. Wolff et al., *bioRxiv* 2022, 論文投稿中）や、二液混合法による数10ミリ秒から分にかけての酵素活性部位の変化観察（論文投稿準備中）を達成しました。開発され

た手法は、領域内研究者にも提供され、様々な試料の高速分子動画解析が進行しています。特に光励起性タンパク質については、光遺伝学で用いられるチャンネルロドプシン、クロライドポンプロドプシン、DNA修復に関係するDNAフォトリアーゼ、視覚に関与するロドプシンに適用され、照射後の構造変化を詳細に捉えるに至りました（Oda K., et al., *elife* 2021, Hosaka T., et al., *PNAS* 2022, Maestre-Reyna, M. et al. *Nat. Chem* 2022, Gruhl, T. et al., *Nature* 2023）。

さて、本領域は発足から約半年後に、新型コロナウイルスの感染拡大により研究活動に大きな制限を課せられるという事態に見舞われました。新学術領域研究の利点の一つは、ネットワークであり、新型コロナウイルスの問題により、対面での領域会議や共同研究打ち合わせなどが開催できない状況であったことは、大きな打撃でした。しかし、その状況を逆手に取り、オンラインでのセミナーが頻繁に開催され、領域内の交流が活発になったことは嬉しい誤算でした。実際、令和3年度の間評価時には、領域内で42件の共同研究が進行しており、活発な研究活動が認められてA+の評価を頂きました。今年是最終年度になりますが、これからも高速分子動画を軸とした生体高分子の理解を進め、新たな分子創製を目指して活動を続けていきたいと思っております。

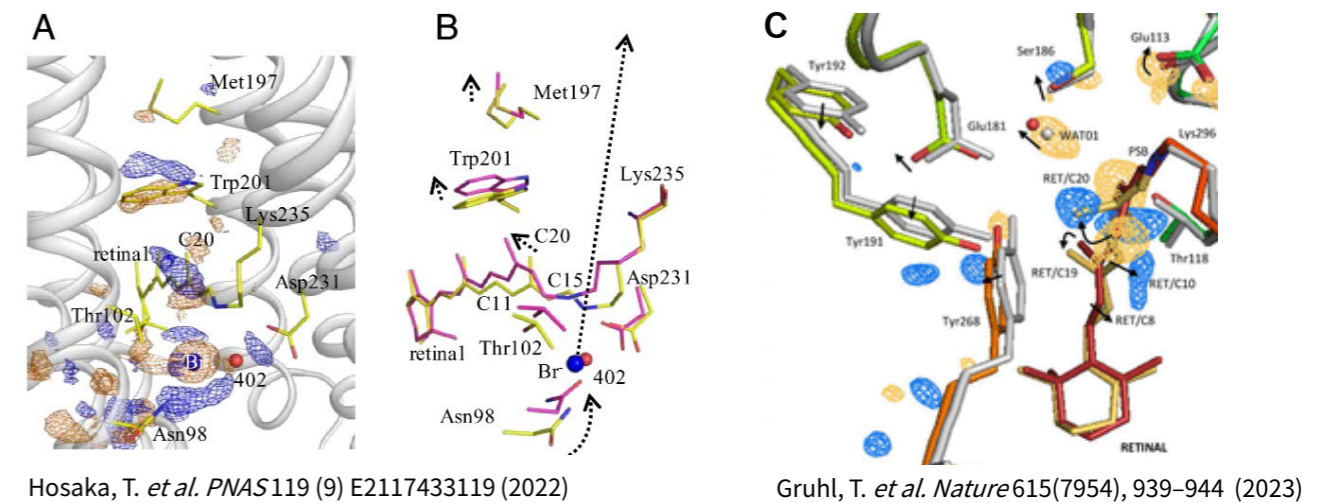


図2. 高速分子動画で捉えた構造変化の例  
A, B: クロライドポンプロドプシン NM-R3 のイオン輸送時の構造変化、C: 視覚ロドプシンの照射後1ピコ秒後の構造変化



南後 恵理子  
Eriko NANGO

有機・生命科学研究部門  
量子ビーム構造生物化学研究分野 教授



# 日本学術振興会 科学研究費補助金 特別推進研究「超タイコグラフィによる微視的非平衡状態の可視化プラットフォームの構築」の推進

## Promotion of “Construction of a platform for visualization of microscopic non-equilibrium states using super Ptychography”

計測研究部門放射光可視化情報計測研究分野（本務：国際放射光イノベーション・スマート研究センター）の高橋幸生教授は、日本学術振興会 科学研究費補助金 特別推進研究に採択され、2023年4月より新しい研究プロジェクトをスタートしました。本プロジェクトの概略を以下に紹介します。

物質科学研究では、X線回折法、電子顕微鏡法、プローブ顕微鏡法などを駆使して、原子・分子レベルでの構造、物性、反応過程を調べることが求められています。そして、より実用レベルの材料工学研究では、様々なプロセッシングを経て形成されるナノメートルからサブミクロンスケールでの不均質・複雑なドメイン構造を解析する必要があります。特に、実用材料における機能の発現・劣化機構を真に理解するためには、そのドメイン構造の時間変化を追跡することが不可欠です。高分子材料、電池・触媒材料、構造材料などの様々な実用材料の更なる高性能化のために、ナノ・メソスケールでの構造-時間-機能の多次元相関を解明し、新規材料設計へと繋げることが重要な研究課題となっています。

現在、ナノ・メソスケール領域での試料のダイナミックな変化を観察する技術として、電子顕微鏡、X線顕微鏡を用いた高速撮像法の開発が進んでおり、それぞれ、sub-ミリ秒、～10ミリ秒の時間分解能を達成しています。加えて、これらの顕微鏡法にエネルギー損失分光やX線吸収微細構造法などの分光学的アプローチを導入することで、試料の電子状態（化学状態）の解析も可能になっています。しかしながら、卓越した空間分解能を有する電子顕微鏡は電子線の侵入深さ

の問題から数十nm以上の厚みを有する試料内部の非破壊観察を苦手とし、X線顕微鏡はミクロンオーダーの厚みを有する試料観察を得意とするものの、光学素子作製技術の制約から空間分解能は数十nmに停滞しています。一方、これまで高橋教授らが開発を進めてきたレンズを用いない顕微鏡法であるタイコグラフィは、電子顕微鏡に迫るナノスケールの空間分解能を実現し、厚みのある試料観察が可能であるものの、時間分解能に乏しく、数分（キロ秒）のオーダーです。すなわち、厚いバルク試料について、ミリ秒～分、sub-nm～μmの時間空間スケールでの非破壊観察は完全に未開拓となっていました。例えば、応力印可時のタイヤゴム中のシリカ粒子のナノスケールでの運動およびそれに伴う空間的に不均一な粘弾性は、次世代のエコタイヤの設計に欠かせない情報ですが、平均構造解析に留まっており、微視的な領域での理解は十分に進んでいません。また、充電時におけるリチウムイオン電池正極活性物質中でのリチウムイオン拡散に伴う二相分離組織の形成過程ならびに相界面の原子スケールでのゆらぎは、新規正極活性物質の探索に欠かせない情報ですが未だその詳細は未解明です。また、金属構造材料の時効硬化という冶金学では良く知られた現象についても、ナノスケールでの析出物形成からメソスケールでの析出物の運動までを実空間で動画化した報告はありません。このように高分子材料から金属材料に至る広範囲な材料系において、バルクに埋もれたナノ・メソスケールでの非平衡状態の理解が材料工学における共通課題となっています。

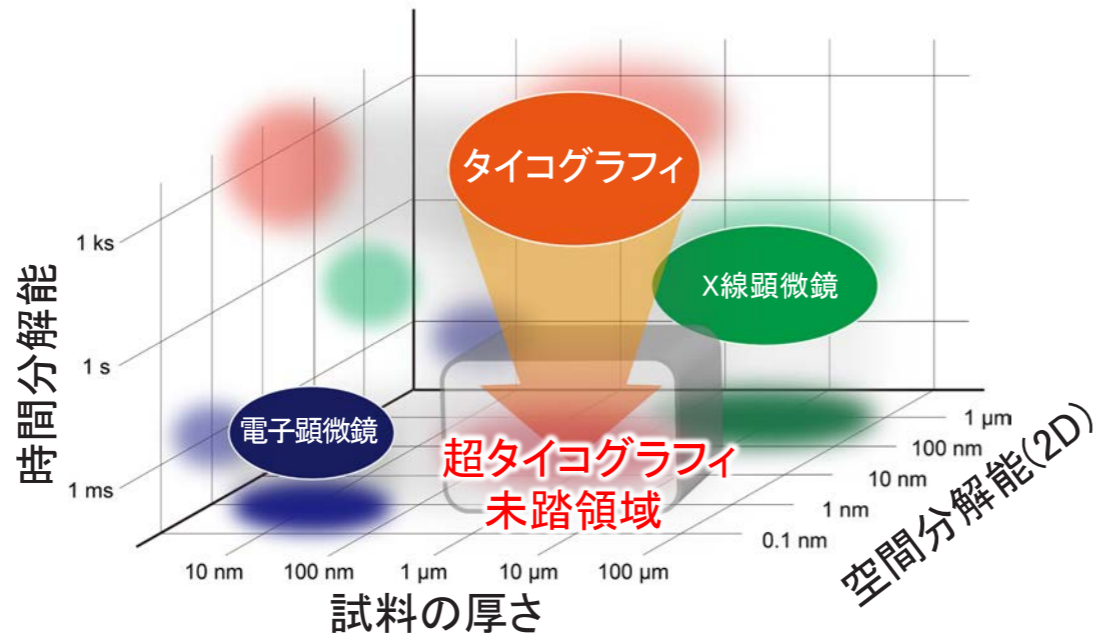


図1. 超タイコグラフィで可視化を目指す時空間スケールと電子顕微鏡、X線顕微鏡との関係

本プロジェクトでは、従来のタイコグラフィの時空間分解能を遥かに超える超タイコグラフィのスキームを実証します。そこで、コア技術となるのが、最近、高橋教授らの提案した放射光動画撮像法「三角形開口を用いた動的コヒーレント回折イメージング（動的CDI）」です。そして、動的CDIとダイナミクス解析法であるX線光子相関分光法をデータ科学アプローチを用いて融合するのが超タイコグラフィのスキームの特徴です。超タイコグラフィのスキームは以下の3つの要素で構成されています。

- ① 動画イメージ取得：動的CDI計測と深層ニューラルネットワークにより、実用材料の実環境中でのナノスケール微細構造・化学状態変化の動画イメージを取得します。

- ② 時空間スケール拡張：①で得られた動画の各フレーム画像を中間点として、深層生成モデルと強化学習技術を用いてX線光子相関分光（XPCS）フィッティング解析を行うことで、時空間スケールをそれぞれ0.1秒⇒1ミリ秒、10nm⇒sub-nmまで拡張します。
- ③ メカニズム発掘：②で得られた広範囲な時空間スケールでの微細構造・化学状態イメージデータに対して、深層学習によるデータマイニングを実行することで、時間・空間・機能パラメータを軸とすると多次元空間での相関分布を解析し、材料機能の発現・劣化に関わるメカニズム因子を発掘します。

## コヒーレントX線計測法とデータ科学的アプローチの連携

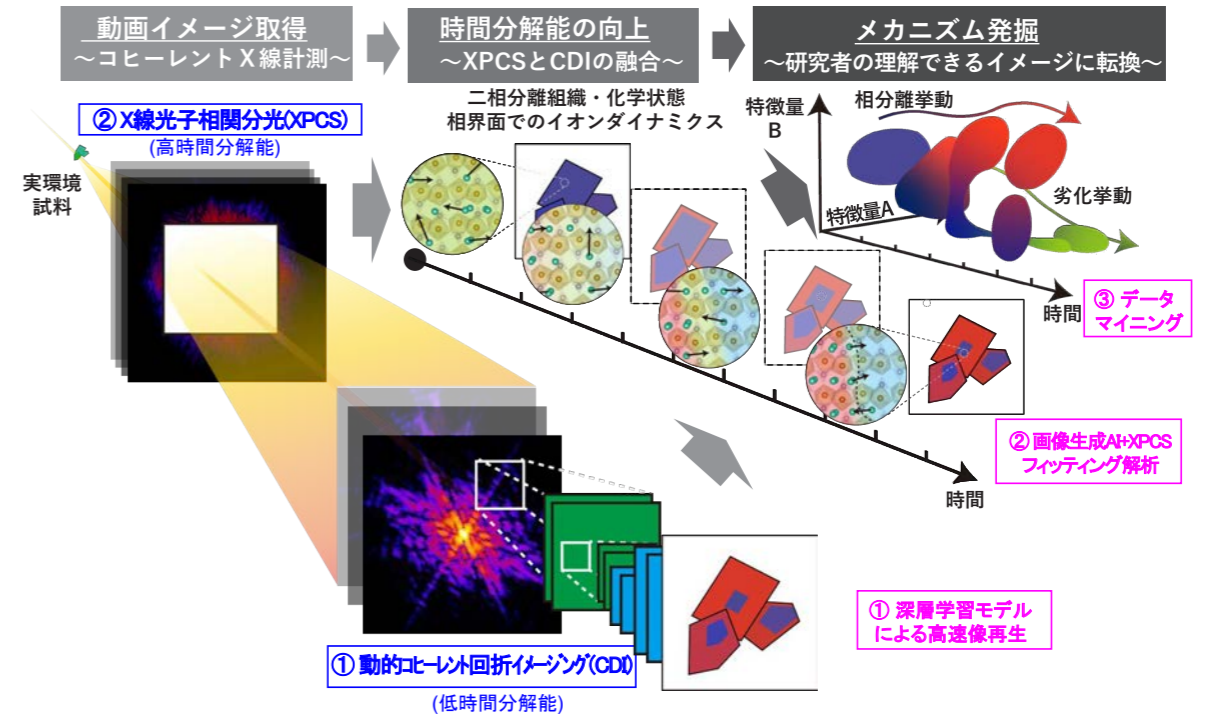


図2. 超タイコグラフィのスキームの概念図

研究期間は7年であり、最初の2年間は主に大型放射光施設 SPring-8 で計測および解析法の開発を行う予定です。具体的には、動的CDIとXPCSの連携解析によって溶液中の粒子の運動イメージを取得し、深層学習との連携によって運動モードを分類することで超タイコグラフィのスキームを実証します。3年目にダイナミックCDI計測装置を、次世代放射光施設 NanoTerasu に移設し、ダイナミックCDI- 広角 XPCS 同時計測装置に構築します。4年目以降は、ゴム材料中の粒

子の運動モード解析、リチウムイオン電池正極活性物質中のリチウム拡散に伴う相分離組織のダイナミクス解析など様々な実材料解析に関する応用研究を実施し、最終的に、超タイコグラフィによるナノ・メソスケール非平衡状態可視化のプラットフォームを NanoTerasu に構築することを目指します。そして、プロジェクト終了後には、SPring-8の次期計画 SPring-8-II で更に時空間分解能を向上させた超々タイコグラフィに着手したいと考えています。



高橋 幸生  
Yukio TAKAHASHI

計測研究部門  
放射光可視化情報計測研究分野 教授  
本務：国際放射光イノベーション・スマート研究センター（SRIS）



## JST 創発的研究支援事業「空間トランスフォーム光学の創出」

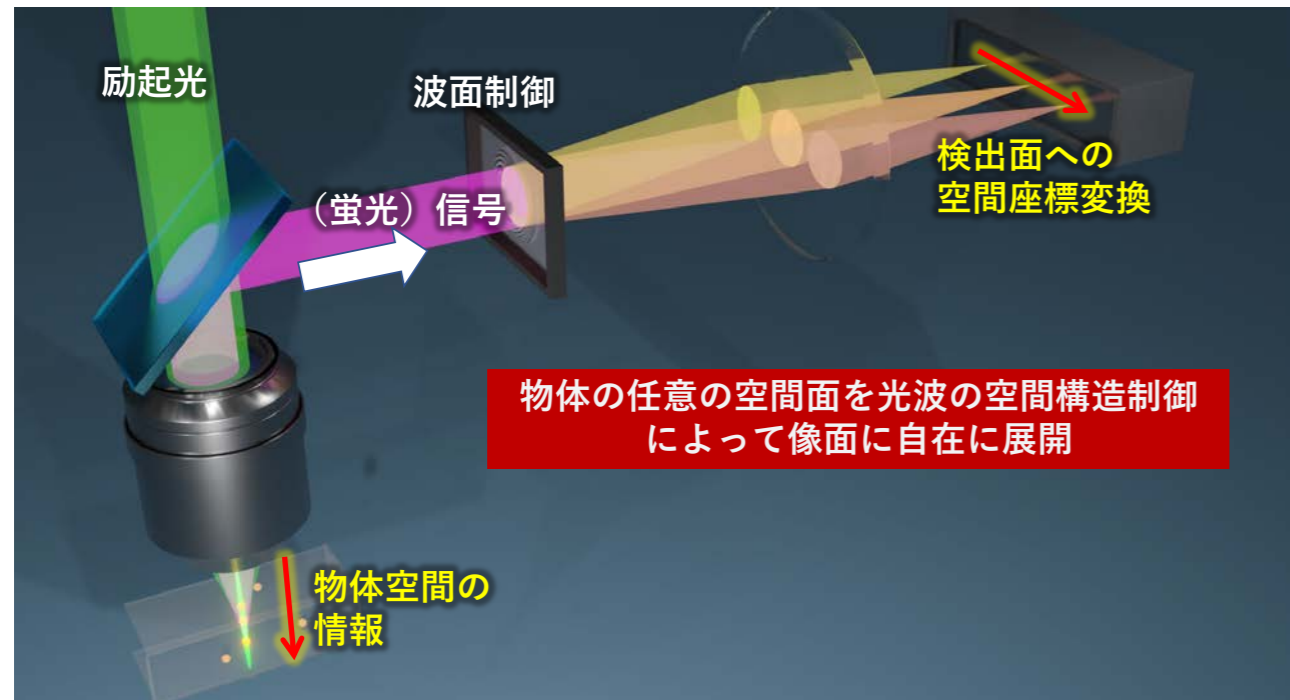
“Creation of spatial transformation optics” sponsored by JST FOREST (Fusion Oriented REsearch for disruptive Science and Technology) program

光物質科学研究分野の小澤祐市准教授は、JST 創発的研究支援事業の研究課題として「空間トランスフォーム光学の創出」を推進しています。本研究では、既存の結像光学系に基づく光イメージング技術の概念を刷新し、物体空間における3次元的な空間情報を変換することで検出面での2次元情報として取得する新しい結像体系を確立することを目指しています。これによって、観察対象の3次元的な構造に対する動的な挙動を瞬時に取得する高速な3次元イメージングの新しい方法論を提案します。

レーザー走査型顕微鏡法に代表される光イメージング法は、生命科学や物質科学を始めとした多くの研究分野において必須の観察法です。例えば生体イメージングにおいて観察対象となる生体試料は、本質的に複雑な構造を持っており、その動的な挙動を真に理解する上で、観察対象の高速かつリアルタイムでの3次元可視化が極めて重要であること言うまでもありません。しかしながら、通常の光イメージング技術の多くは対物レンズの焦点面（観察面）の2次元結像を基本原理としており、3次元像を得るためにはピエゾアクチュエーターなどを用いて観察面を機械的に動かしながら多数の

2次元画像取得を繰り返す行う必要があり、観察深さに応じて取得時間が増大するという原理的な制約があります。

本研究では、光イメージングに用いられる照明光や検出光に対して、その位相や振幅の空間分布の制御という従来には無いアプローチを提案し、物体空間での任意の座標からの信号を、検出面へと空間座標変換しながら結像する波面制御法を確立します。この実現によって、例えば光軸方向に対して平行にシート状の照明（励起）を行うだけで、その照射領域の空間情報を像面（検出面）での2次元情報として展開するアイデアを達成できます。つまり、シート状励起光を試料の面内1方向に走査するだけで試料の3次元情報を取得できることになり、従来の限界をはるかに超える高速な3次元画像取得が期待できます。本研究では、このような空間トランスフォーム光学の原理に基づく新しい光計測技術を提案し、3次元的な物質評価・分析における超高速化や高度化を目指しています。これらを通じて、基礎科学に加えて製造ラインの高速検査技術などへの産業応用、3次元高速センシングや立体ディスプレイといったコンピュータビジョン分野での社会実装の道を拓くことを本研究の大きな展望としています。



小澤祐市  
Yuichi KOZAWA

プロセスシステム工学研究部門  
光物質科学研究分野 准教授

## JST さきがけ、研究領域「原子・分子の自在配列と特性・機能」 「二次元配列構造における局所電子密度分布および物性解析手法の開発」

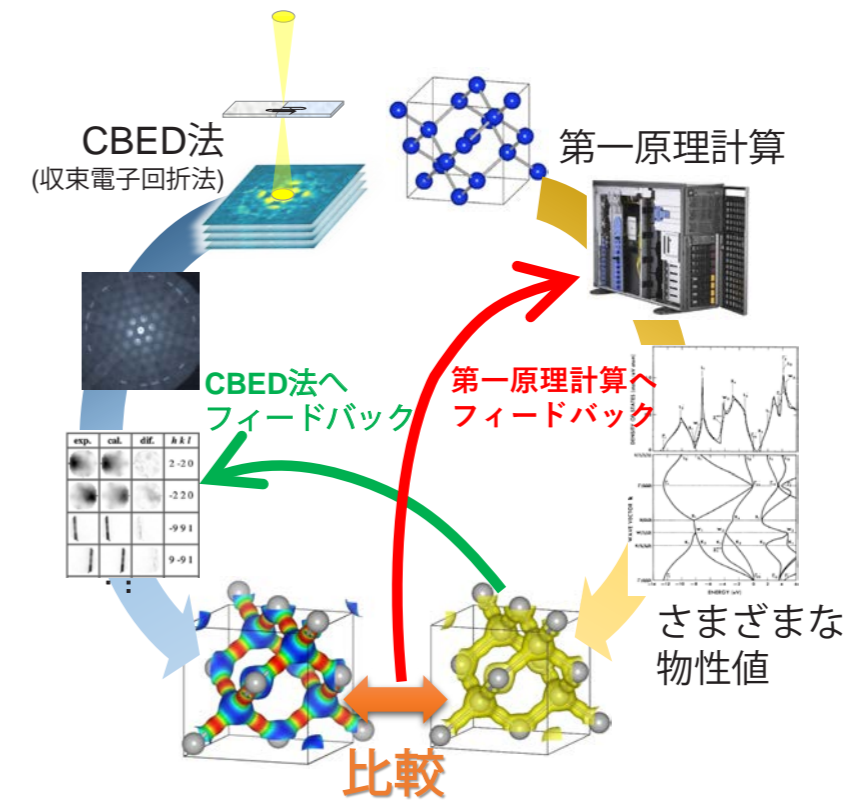
Promotion of “Development of local electron density and physical property analysis method for two dimensional structure” sponsored by JST (Japan Science and Technology Agency)

ナノ電子プローブ回折計測研究分野の森川大輔助教は、JST さきがけ事業の研究領域「原子・分子の自在配列と特性・機能」において3期生に採択され、2022年10月より新しい研究プロジェクトに取り組んでいます。採択課題は、「二次元配列構造における局所電子密度分布および物性解析手法の開発」です。

本プロジェクトでは、ナノ電子ビームを用いた局所電子密度分布解析と第一原理計算との協奏による、これまでに類のない局所領域における物性解析手法の開発を目指しています。一般的に結晶構造解析に用いられている量子ビームはX線・中性子線・電子線ですが、電子は電荷を持つために磁界によるレンズを作ることができ、ナノメートルサイズの電子ビームや、像の拡大縮小が容易です。任意の局所領域からデータ取得ができるという利点は、特に原子の配列が物性を支配している二次元配列構造の解析に有用です。ナノメートルサイズに収束した電子ビームを薄板形状の試料へ入射すると、ディスク状の回折図形が得られます。これは収束電子回折 (CBED) 図形と呼ばれ、その強度分布はサブ pm の原子変位や価電子密度分布の変化に敏感です。電荷を持つ電子は物質

内で多重に散乱されますが、それを考慮した計算による強度分布と定量的に比較し、原子位置や温度因子、低次の結晶構造因子などのパラメータを精密化することで、局所領域の結晶構造や静電ポテンシャル分布・電子密度分布を解析することが可能です。界面やドメイン壁といった二次元配列構造の解析のためには、パラメータ数の選択や精密化指針の変更が求められ、現在開発を進めています。

一方、実験的なパラメータを必要としない第一原理計算は、様々な物質や構造体における結晶構造や電子密度分布、物性パラメータを導出することができる優れた手法ですが、常に実験データによる計算結果のサポートが求められます。先に述べたように収束電子回折図形は原子変位や価電子密度分布に敏感ですので、実験的に決定した結晶構造や電子密度分布と計算による結果を比較し、それぞれの手法へフィードバックを行うことで、局所領域の物性解析が可能となります。本手法により、ナノ領域の電子密度分布やバンド構造といった、他の手法では得られない情報を取得できることが期待されます。



森川 大輔  
Daisuke MORIKAWA

計測研究部門  
ナノ電子プローブ回折計測 助教



## 主な研究成果 (2022年度のプレスリリースより、一覧)

2022.04.11	光がつくる電子のレンズ 原子ひとつまで分解する電子顕微鏡の実現に向けた新技術を提案 "Electron Lens Formed by Light: A New Method for Atomic-resolution Electron Microscopes" <i>Journal of Optics</i> , 21 April 2022, DOI: 10.1088/2040-8986/ac6524, 上杉祐貴	Green Life
2022.04.14	始原的なシアノバクテリアの光化学系I複合体の立体構造を解明 ～光合成生物の進化を紐解くきっかけに～ <i>eLife</i> , 11 April 2022, DOI: 10.7554/eLife.73990, 米倉功治, 濱口祐	Measurement
2022.04.22	3Dプリンターで世界最高性能のスーパーキャパシタを実証 ～多重細孔構造を人工的に制御し高いエネルギー密度と出力密度を達成～ <i>Advanced Functional Materials</i> , 21 April 2022, DOI: 10.1002/adfm.202201544, 小林弘明, 岩瀬和至, 本間格	Green Material Green Process
2022.05.10	耐性菌に効果のある抗菌剤の簡便な合成方法を開発 <i>Scientific Reports</i> , 06 May 2022, DOI: 10.1038/s41598-022-11608-8, 笠井均	Green Life
2022.05.12	水/氷の界面に2種類の“未知の水”を発見! 水の異常物性を説明する“2種類の水”仮説の検証に新たな道 <i>The Journal of Physical Chemistry Letters</i> , 11 May 2022, DOI: 10.1021/acs.jpclett.2c00660, 新家寛正	Green Life
2022.05.13	超伝導体と単分子磁石の出会いで現れた量子状態を観測 ～電流による分子スピンの読み書きと量子コンピュータの実現に一步前進～ <i>ACS Nano</i> , 25 April 2022, DOI: 10.1021/acsnano.1c11221, S.M.F. シャヘド, 米田忠弘	Measurement
2022.05.26	低圧超臨界相の活用で従来以上に高品質な窒化ガリウム結晶を作製 ～実験炉で反りがなく高純度な窒化ガリウム結晶成長を実証～ <i>Applied Physics Express</i> , 13 May 2022, DOI: 10.35848/1882-0786/ac671c, 秩父重英	Green Material
2022.06.13	固溶体化が燃料デブリの「その後、」を決める ～核燃料デブリの安全な保管や処理・処分に関わる新たな化学的知見～ <i>Journal of Nuclear Materials</i> , 9 June 2022, DOI: 10.1016/j.jnucmat.2022.153842, 桐島陽	Green Process
2022.06.15	世界初! 材料系・生命系二刀流 AI 制御の自動データ収集システムを実装したクライオ電子顕微鏡を共用開始 次世代放射光との相補利用で硬い材料から柔らかい材料までを可視化 ソフトマテリアル研究拠点	Measurement
2022.06.16	藻類の太陽光エネルギーを吸収する仕組みを解明 ～高効率な光エネルギー伝達デバイスへの応用に期待～ <i>Nature Communications</i> , 17 June 2022, DOI: 10.1038/s41467-022-30962-9, 米倉功治, 濱口祐	Measurement
2022.07.01	薄膜の微小領域だけ磁石にできることを実証 ～高密度スピントロニクス素子への利用に期待～ <i>Nanoscale</i> , 06 June 2022, DOI: 10.1039/D2NR02007F, S.M.F. シャヘド, 米田忠弘	Measurement
2022.07.14	3Dプリント技術でナトリウムイオン電池最高性能を達成 ～連続的3次元多孔構造を持つ新材料「カーボンマイクロラティス」で高容量化の限界を突破～ "Micro-engineered electrodes could cut battery manufacturing costs" <i>Small</i> , 20 June 2022, DOI: 10.1002/smll.202202277, 小林弘明, 本間格	Green Material Green Process
2022.08.18	室温で実用的な特性を実現したLiイオン電池用高分子固体電解質の合成に成功 ミクロ多孔膜と光架橋高分子電解質の複合化で達成 "Researchers Invent a New Hybrid Electrolyte for High Performance Li-ion Batteries" <i>iScience</i> , 13 August 2022, DOI: 10.1016/j.isci.2022.104910, 藪浩	Green Life
2022.08.23	最先端の永久磁石材料内部の微小磁石の振舞いを3次元で透視 超高性能磁石開発に向けた保磁力メカニズム解明に一步前進 <i>NPG Asia Materials</i> , 19 August 2022, DOI: 10.1038/s41427-022-00417-0, 岡本聡	Green Material
2022.09.05	硫黄の化学状態を50ナノメートルの高分解能で捉える計測技術を確立 ～リチウム硫黄電池の反応・劣化メカニズムの解明に期待～ <i>The Journal of Physical Chemistry C</i> , 11 August 2022, DOI: 10.1021/acs.jpcc.2c02795, 高橋幸生, 石黒志, 阿部真樹 (大学院生)	Measurement
2022.09.12	筋萎縮性側索硬化症 (ALS) の発症機構の一端を解明 ～タンパク質の高密度な凝縮構造が鍵～ <i>PNAS</i> , 16 September 2022, DOI: 10.1073/pnas.2122523119, 米倉功治	Measurement
2022.09.16	炭素原子膜グラフェンに含まれる微量元素量の計測に成功 ドーピングによるグラフェン機能制御へ大きな進展! <i>Applied Surface Science</i> , 12 September 2022, DOI: 10.1016/j.apsusc.2022.154748, 小川修一, 虻川匡司	Measurement
2022.10.06	放射光の発生特性を最大限に利用した高速サンプリング時間分解軟X線計測手法を開発 ～次世代超高速スイッチング・通信デバイス開発研究の飛躍的加速に期待～ <i>Journal of Synchrotron Radiation</i> , 6 October 2022, DOI: 10.1107/S160057522008724, 木村宏之	Green Material
2022.10.18	分子の内部構造制御で磁性をオン・オフする新手法を開発 ～高密度スピントロニクス素子への利用に期待～ <i>The Journal of Physical Chemistry C</i> , 29 September 2022, DOI: 10.1021/acs.jpcc.2c04234, 米田忠弘	Measurement
2022.11.14	カゴメ格子超伝導を担う電子軌道を解明 ～放射光を用いた先端電子計測で照らし出す～ <i>Physical Review Letters</i> , 10 November 2022, DOI: 10.1103/PhysRevLett.129.206402, 組頭広志	Green Process
2022.12.02	豊富な元素からなる硫化スズで高効率太陽電池を開発できる可能性を発見 ～効率向上のカギを握る大きく曲がるバンド構造を実測～ "Large Band Bending at SnS Interface Opens Door for Highly Efficient Thin-Film Solar Cells" <i>The Journal of Physical Chemistry C</i> , 30 November 2022, DOI: 10.1021/acs.jpcc.2c04212, 鈴木一誓, 川西咲子, 小俣孝久	Green Material Green Process

2022.12.06	膜ポンプによる膜輸送機構の普遍的概念の提唱 ～クライオ電子顕微鏡によるヒト由来カルシウムポンプの新たな反応中間状態の同定と構造決定～ <i>Cell Reports</i> , 6 December 2022, DOI: 10.1016/j.celrep.2022.111760, 張玉霞, 蔡笑寒, 渡部聡, 稲葉謙次	Green Life
2022.12.19	高輝度放射光で解き明かすシリコン酸化膜の成長過程 ～ナノデバイスの世界を支配する界面欠陥とキャリア捕獲～ <i>Journal of Chemical Physics</i> , 19 December 2022, DOI: 10.1063/5.0109558, 小川修一	Measurement
2022.12.26	物質の熱伝導率を低減させる新機構を発見 - 高性能な熱電材料開発の新たな指針に - "Correlated Rattling Atomic Chains Reduce Thermal Conductivity of Materials" <i>Advanced Materials</i> , 17 December 2022, DOI: 10.1002/adma.202207646, 山田高広, 山根久典, 菅野雅博	Green Process
2023.01.17	安価な鉄系正極材料の容量を2倍に, リチウムイオン電池の低コスト化と高エネルギー密度化に期待 "Doubling the capacity of iron oxide-type cathodes for cost-effective Li-ion batteries" <i>Advanced Energy Materials</i> , 15 January 2023, DOI: 10.1002/aenm.202203441, 小林弘明, 本間格	Green Material Green Process
2023.01.20	含窒素芳香族複素環を細胞内で構築できる光反応を発見 ～機能性分子を光制御する光化学ツールへの応用に期待～ <i>Organic Letters</i> , 11 January 2023, DOI: 10.1021/acs.orglett.2c04015, 岡村秀紀, 永次史	Green Life
2023.01.30	室温でマグネシウム蓄電池から大量のエネルギーを取り出せる正極材料を開発 ～リチウムイオン電池を置き換える安価で高性能の蓄電池実現に向け大きな一歩～ <i>ACS Nano</i> , 20 January 2023, DOI: 10.1021/acsnano.2c12392, 小林弘明, 本間格	Green Material Green Process
2023.02.01	【世界初!】アークアイグニス仙台 農業ハウス 栽培用自然エネルギー利用熱源システム 開発発表, 丸岡伸洋	Green Process
2023.02.21	シアノバクテリアの光化学系I単量体IsiA超複合体の立体構造解明 ～集光色素タンパク質の進化を紐解く契機に～ <i>Nature Communications</i> , 17 February 2023, DOI: 10.1038/s41467-023-36504-1, 米倉功治, 濱口祐	Measurement
2023.03.02	マイクロメートルサイズの微小な粉状結晶の電子構造測定に初めて成功 ～一次世代半導体開発や微粒子の物性解明のブレークスルーに～ <i>Nano Letters</i> , 27 February 2023, DOI: 10.1021/acs.nanolett.2c04048, 組頭広志	Green Material
2023.03.02	分子を構成する原子の速度を測るスピードガンを開発 ～“ナノの世界”の力学メカニズムの解明に挑む～ <i>Physical Chemistry Chemical Physics</i> , 15 February 2023, DOI: 10.1039/D3CP00339F, 高橋正彦, 塚塚侑樹, 立花佑一, 金谷諭 (大学院生)	Green Life
2023.03.06	ゴルジ体のカルシウムポンプの高分解能構造を決定 金属イオン輸送機構の一端をクライオ電子顕微鏡によって解明 "Cryo-electron Microscopy Captures Structure of a Protein Pump" <i>Science Advances</i> , 3 March 2023, DOI: 10.1126/sciadv.add9742, 陳正豪, 渡部聡, 稲葉謙次	Green Life
2023.03.07	歯科治療で発生する飛沫・エアロゾルの可視化に成功 - より清潔で安心な歯科医療環境の技術開発へ期待 - "LED Imaging Visually Confirms Oral Suction Device Efficacy in Droplet and Aerosol Reduction" <i>Journal of Prosthodontic Research</i> , 23 February 2023, DOI: 10.2186/jpr.JPR_D_23_00013, 矢代航	Green Life
2023.03.17	XFELと電子顕微鏡による低分子有機化合物の結晶構造解析 ～2線源の特性を生かし、水素原子と電荷に関する情報を取得～ <i>Nature Chemistry</i> , 20 March 2023, DOI: 10.1038/s41557-023-01162-9, 米倉功治, 濱口祐	Measurement
2023.03.22	視覚に関わるタンパク質の超高速分子動画 ～薄暗いところで光を感じる仕組み～ <i>Nature</i> , 22 March 2023, DOI: 10.1038/s41586-023-05863-6, 南後恵理子	Green Life
2023.03.27	環状構造にRNAが貫通する機能性核酸を開発 ～分子機械創製やRNAの機能化法への展開に期待～ <i>Bioconjugate Chemistry</i> , 17 March 2023, DOI: 10.1021/acs.bioconjchem.3c00031, 鬼塚和光, 桑原和貴 (大学院生), 永次史	Green Life
2023.03.30	水分解の高効率化と低コスト化につながる新しいペロブスカイト触媒を開発 ～水素エネルギー社会構築への貢献に期待～ <i>Chemistry of Materials</i> , 24 March 2023, DOI: 10.1021/acs.chemmater.2c03099, 岩瀬和至, 本間格	Green Material



多元物質科学研究所は、「グリーン未来創造」に向かう方向の研究を強力に推進しています。この取り組みを社会に向けて可視化するには、分野・センターの区分けは学術的な色彩が強すぎる面もあるため、「グリーン未来創造」に向けたアプローチの種別ごとにチーム化して、多元研の取り組みをより分かりやすくしました。

- Green Material** エネルギー材料の創製、新エネルギー源の創製
- Green Process** 脱/減CO<sub>2</sub>排出、資源の有効活用と循環、1F廃炉と恒久的安全確立
- Green Life** 健康と安全を支える計測技術の開発、未来型医療の基礎科学構築、未来型医療を実現する物質の創製
- Measurement** 電子顕微鏡、電子回折、放射光X線、走査プローブ顕微鏡



## 2022 年度の主な受賞・表彰一覧

4月	2021 年度第 54 回 市村学術賞 貢献賞	岡本 聡 教授 菊池 伸明 准教授	
	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構 感謝状	福山 博之 教授	
	令和 4 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 科学技術賞	佐藤 卓 教授	
	令和 4 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞	中村 崇司 准教授	
5月	令和 4 年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞	安達 正芳 講師	
	日本顕微鏡学会奨励賞（日本顕微鏡学会第 78 回学術講演会）	森川 大輔 助教	
	英国王立化学会フェロー	陣内 浩司 教授	
	化学とマイクロ・ナノシステム学会第 45 回研究会 優秀研究賞	福山 真央 講師 火原 彰秀 教授	
6月	新化学技術推進協会（JACI）第 11 回新化学技術研究奨励賞	小林 弘明 講師	
	東北大学プロミネントリサーチフェロー（令和 4 年度第 1 回）	岩瀬 和至 助教	
	東北大学プロミネントリサーチフェロー（令和 4 年度第 1 回）	鈴木 一誓 助教	
	日本ケミカルバイオロジー学会第 16 回年会 ポスター賞	岡村 秀紀 助教	
7月	第 23 回 酵素応用シンポジウム研究奨励賞	門倉 広 准教授	
	本多記念会 第 62 回原田研究奨励賞	山本 孟 助教	
	8月	日本エネルギー学会 創立 100 周年記念論文 一般部門 優秀賞	埜上 洋 教授 植田 滋 教授
	9月	鉄鋼環境基金 第 13 回 (2022 年度) 助成研究成果表彰「鉄鋼技術賞」	夏井 俊悟 准教授
10月	日本セラミックス協会 第 35 回秋季シンポジウム 特定セッション：先進的な構造科学と分析技術「優秀講演賞」	鈴木 一誓 助教 川西 咲子 助教 小俣 孝久 教授	
	第 70 回日本金属学会論文賞 [材料化学部門]	藤田 伸尚 講師	
	11月	2022 年「堀場雅夫賞」	中村 崇司 准教授
	12月	材料科学技術振興財団 山崎貞一賞（材用分野）	阿尻 雅文 教授
1月	国際粉体工業展東京 2022「アカデミックコーナー～若手研究者が語る未来の粉体技術～」 日本粉体工業技術協会奨励賞 研究奨励賞	石原 真吾 助教	
	青葉工学振興会 第 28 回青葉工学研究奨励賞	新家 寛正 助教	
	日本高圧力学会 2022 年度 奨励賞	山本 孟 助教	
	日本化学会 第 11 回女性化学者奨励賞	福山 真央 講師	
3月	日本化学会 第 41 回化学技術有功賞	工藤 友美 技術専門員	
	International Symposium on Advances in Multiscale Functional Materials 2023 "Innovation Award of Multiscale Functional Materials"	殷 澍 教授	
	人コニカミノルタ科学技術振興財団 令和 4 年度コニカミノルタ画像科学奨励賞	小和田 俊行 助教	
	日本鉄鋼協会 学術記念賞（西山記念賞）	助永 壮平 准教授	
3月	第 54 回日本金属学会研究技能功労賞	工藤 友美 技術専門員	
	第 6 回東北大学紫千代萩賞	川西 咲子 講師	
	JNST Most Popular Article Award	桐島 陽 教授 秋山 大輔 助教	
	日本原子力学会バックエンド部会 2022 年度「奨励賞」	秋山 大輔 助教	
3月	2022 年度（令和 4 年度）化学工学会賞 技術賞	石原 真吾 助教 加納 純也 教授	
	パワーアカデミー研究助成 2023 年成果報告会 パワーアカデミー萌芽研究優秀賞	小林 弘明 講師	
	日本化学会 第 103 春季年会「若い世代の特別講演会 講演証」	小和田 俊行 助教	
	電気化学会進歩賞（佐野賞）（電気化学会第 90 回大会、(2023.3.27～29)、仙台、日本）	木村 勇太 助教	
3月	The Environmental Science: Atmospheres best review award (2022)	玄 大雄 助教	
	公益信託小澤・吉川記念エレクトロニクス研究助成基金 小澤・吉川記念賞	新家 寛正 助教	

※職名は授賞当時のものです。

## 学生・研究支援

### ■「旗野奨学基金」多元物質科学研究奨励賞

「旗野奨学基金」に基づき、多元物質科学に関連する研究分野で優れた研究成果を挙げ、将来の発展が期待できる多元研の若手研究者等（大学院生も含む）を対象として表彰を行っています。

### ■「科学計測振興基金」科学計測振興賞・多元物質科学奨励賞

「科学計測振興基金」に基づき、様々な物質・材料（生体を含む）に対する「科学計測」技術の研究・開発において卓越した研究成果を挙げた東北大学の若手の教員、ならびに「多元物質科学」に関連し優れた研究成果を挙げた大学院生等を奨励し、学術・研究等の成果の普及に寄与することを目的として表彰を行っています。

### ■多元物質科学研究所所長賞

多元物質科学研究所研究発表会において、学生または共同研究拠点・アライアンス次世代若手研究 PI による優秀なポスター発表に授与しています。

### ■多元研プロジェクト

多元研の更なる進展を目指して、多元研教員を対象に毎年「一般テーマ」と「特定テーマ」の 2 つのテーマによりプロジェクト研究を公募し、研究費を支援しています。

## 産学連携

### ■イノベーション・エクスチェンジの開催

多元物質科学研究所の最先端研究シーズと地元企業との出会いの場を設け、親しみやすい科学・技術の交流の場の提供と、多元研の研究への理解醸成を目的とした産学連携イベントとして継続的に開催しています。2022 年度は、新型コロナウイルスの感染拡大防止に配慮しながら、実会場とオンラインの併用で開催しました。次世代放射光施設施設をテーマに、施設に関する解説、放射光施設を用いた研究に関する講演、自治体や企業からの報告、質疑応答を行いました。

### ■MaSC、BIP の活用

東北大学産学連携先端材料研究開発センター（MaSC）が開催する技術交流会への参画や、東北大学事業イノベーションセンターが実施する支援事業「ビジネスインキュベーションプログラム（BIP）」などの積極的な利用により産学連携を推進しています。

## 地域連携活動

研究活動を通じて研究成果を広く社会へ還元するだけでなく、企業や政府機関における役職を務めることで、研究者コミュニティに貢献をしています。また、地域社会との連携や交流の促進を目的として、様々な活動を実施しています。「学都『仙台・宮城』サイエンスデイ」や「みやぎ県民大学開放講座」、「夏休み大学探検」等の教育イベントにも継続的に参画しています。



## 国際共同研究・教育活動

多元物質科学研究所では、海外の大学や研究機関と学術交流協定を結び、組織的かつ継続的に共同で国際ワークショップを開催し、研究協力推進を目的とした訪問団を受け入れるなど、積極的に研究者交流の促進を行い、協同研究などを推進しています。

### ■ 2022 年度に開催した国際シンポジウム等の例

#### ・特別講義

| 2022 年 11 月～12 月 | 北京科技大学特別講義

北昨年に引き続き、北京科技大学の博士課程を対象とした、多元研の教授 9 名によるオンライン特別講義 "Frontiers of Materials Science and Engineering" を実施しました。

#### ・国際シンポジウム

| 2022 年 11 月 28 日 | 東北大学 - 台北科技大学ジョイントシンポジウム (オンライン開催)

2018 年に東北大学多元物質科学研究所と台北科技大学工程学院との部局間協定が締結されてから、毎年ジョイントシンポジウムを開催しており、4 回目の開催となりました。また、2019 年に東北大学と台北科技大学との大間協定が締結されたことから、学内多部署の研究者が参加し、東北大-台北科大両機関から将来研究ビジョンを意識した Keynote 講演、新進気鋭の中堅・若手研究者によるプロジェクト報告や、将来共同研究に繋がりそうな話題提供講演の他、両大学の学生による Flash Presentation も行われました。また、Poster Competition では、両大学から 3 名ずつ優秀発表者 (学生) を表彰しました。

#### ・学術交流

| 2022 年 6 月 | メルボルン大学とのジョイントワークショップ開催

| 2022 年 11 月 | メルボルン大学とのジョイントワークショップおよびオーストラリア放射光施設 (AS) 見学

6 月 29 日、メルボルン大学学長ら 10 名が大野総長への表敬訪問・ナノテラス視察のために来学されました。うち、Justin Zobel 教授ら 5 名を多元研にお迎えし、メルボルン大学とジョイントワークショップをハイブリッド開催しました。

11 月には、政府の渡航制限緩和を受け、教員 9 名・学生 9 名の計 18 名がメルボルンを訪問し、オーストラリア放射光施設 (AS) の見学、およびメルボルン大学にてジョイントワークショップへ出席しました。放射光施設見学では、AS の説明を受けるとともに、村松教授より、ナノテラスの紹介を行いました。また、ワークショップにおいては、3 年ぶりに対面開催が実現し、19 件の講演および 17 件のポスター発表を行い、教員・学生を交えて交流を深め合うことができました。

### ■ 学術交流協定 Academic Exchange Agreements with Foreign Institutions

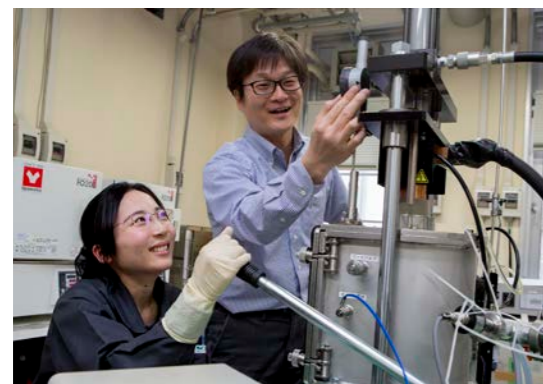
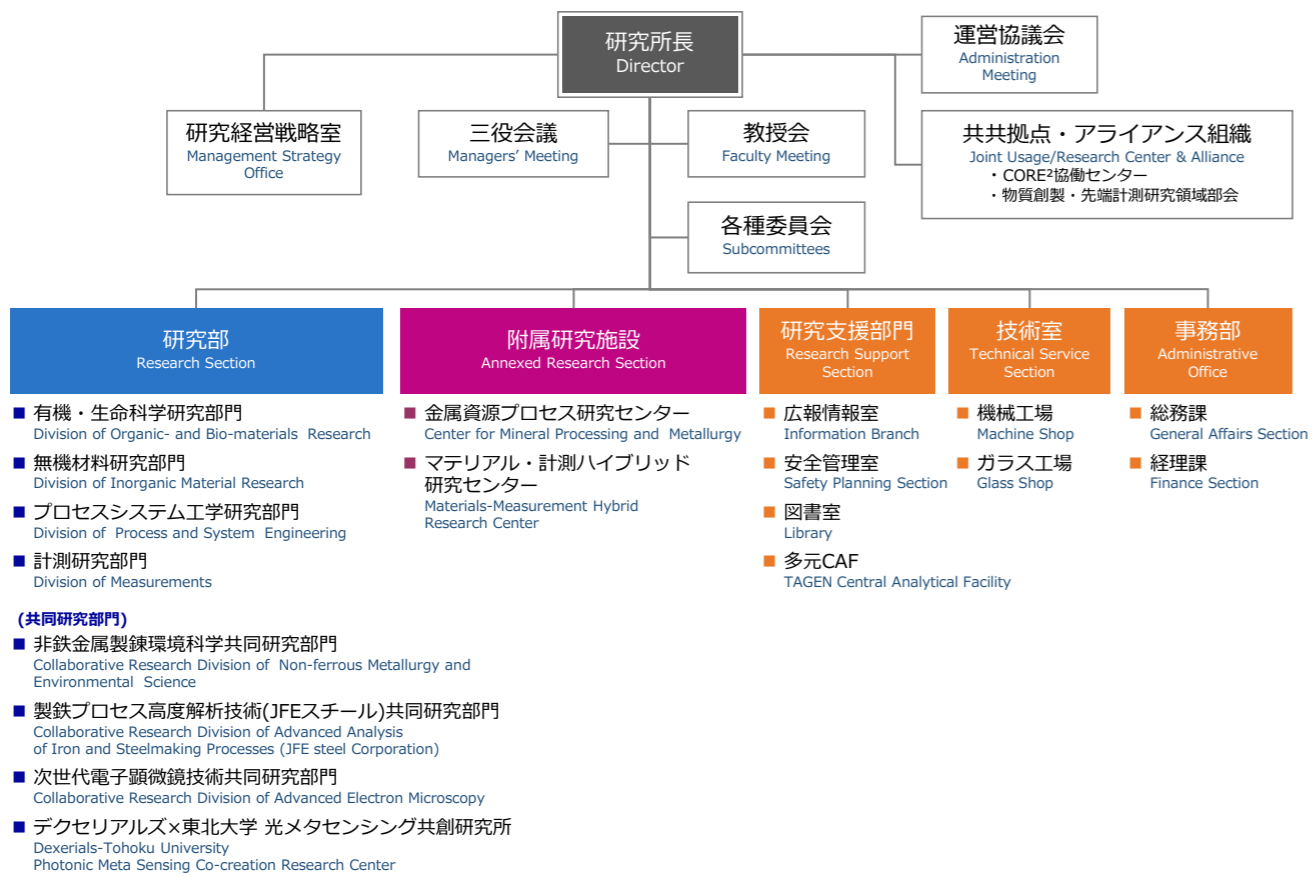
\* 大学間協定締結校 Agreement on the University Level

地域	国	機関名	締結年
アジア Asia	中国 China	北京大学ナノ科学技術研究センター / Center for Nanoscale Science and Technology Peking University	1998*
		北京大学 / Peking University	1999*
		中国科学院長春光学精密機械物理研究所 / Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics	2000
		華僑大学材料科学工程学院 / College of Material Science and Engineering, Huaqiao University	2001
		重慶大学 / Chongqing University	2001*
		北京科技大学 / University of Science and Technology Beijing	2002*
		鄭州大学材料工程学院 / College of Materials Engineering, Zhengzhou University	2003
		蘭州大学 / Lanzhou University	2007*
		北京工業大学 / Beijing University of Technology	2010*
		西南大学 材料・エネルギー学部 / Faculty of Materials and Energy, Southwest University	2017
	台湾 / Taiwan	台湾工業技術院南分院 / ITRI South, Industrial Technology Research Institute	2009
		国立精華大学 / National Tsing Hua University, Hsinchu	2009*
		国立台北科技大学工程学院 / College of Engineering, National Taipei University of Technology	2018
		国立台北科技大学 / National Taipei University of Technology	2019*
		全北大学校 / Chonbuk National University	1991*
	韓国 Korea	ソウル大学校 / Seoul National University	1998*
		韓南大学ハイブリット材料研究所 Institute of Hybrid Materials for Information and Biotechnology, Hannam University	2003
		成均館大学情報通信新機能性素材及び工程研究センター Advanced Materials & Process Research Center for IT, Sungkyunkwan University	2003

地域	国	機関名	締結年
アジア Asia	韓国 Korea	朝鮮大学校 / Chosun University	2004*
		韓国基礎科学研究所 / Korea Basic Science Institute (KBSI)	2021*
	タイ / Thailand	チュラロンコン大学 / Chulalongkorn University	2011*
中近東 Middle and Near East	クウェート Kuwait	クウェート科学研究所 Kuwait Institute for Scientific Research	2013
ヨーロッパ Europe	イギリス United Kingdom	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 Daresbury Laboratory, Council for the Central Laboratory of the Research Councils	1996
	ルーマニア Romania	レーザー・プラズマ・放射物理国立研究所 National Institute for Lasers, Plasma and Radiation Physics	2006
		ボルドー第一大学 / University of Bordeaux 1	2005*
	フランス France	アルビ鉱山大学 / Ecole des Mines d'Albi-Carmaux	2006*
		放射光施設ソレイユ / Synchrotron SOLEIL	2013
		ナント大学材料研究所 / Institute of Materials Jean Rouxel, University of Nantes	2014
		パリ・サクレ大学 / Paris-Saclay University	2020*
	ハンガリー Hungary	ミシュコルツ大学材料科学工学研究科 Faculty of Materials Science and Engineering, University of Miskolc	2014
	ドイツ Germany	ベルリン自由大学物理学科 / Department of Physics, Free University of Berlin	1997
		イエナ・フリードリッヒ・シラー大学固体物理研究所 Institute für Festkörperphysik, Friedrich-Schiller-Universität Jena	1999
		結晶成長研究所 / Institute for Crystal Growth	2006
		マックスプランク核物理研究所 / MPIK, Max-Planck-Institut für Kernphysik	2009
		カールスルーエ工科大学 / Karlsruhe Institute of Technology	2011*
	スペイン Spain	マドリード・アウトノマ大学化学部 Chemistry Department of the Universidad Autonoma de Madrid	2013
		アリカンテ大学材料研究所 / Materials Institute of Universidad de Alicante	2014
イタリア / Italy	トリエステ放射光研究所 / Sincrotrone Trieste, S.C.p.A	2007	
ロシア Russia	ロシア科学アカデミー固体物理学研究所 P.N. Lebedev Physics Institute of Russian Academy of Sciences	1993	
	トムスク工科大学原子核物理研究所 / Nuclear Physics Institute, Tomsk Polytechnic University	1997	
	ロシア科学アカデミーレベデフ物理研究所 P. N. Lebedev Physics Institute of Russian Academy of Sciences	2000	
	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 Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences	2005*	
	ロシア科学アカデミー地球科学・分析科学研究所 Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences	2013	
	モスクワ国立大学物理学部 / Faculty of Physics of Lomonosov Moscow State University	2018	
ウクライナ Ukraine	材料科学基礎国立研究所 Institute for Problems of Materials Science, National Academy of Science of Ukraine	2006	
オセアニア Oceania	オーストラリア Australia	メルボルン大学 / The University of Melbourne	2016*
		オーストラリア原子力科学技術機構 (ANSTO) Australian Nuclear Science and Technology Organisation (ANSTO)	2020*
北米 North America	カナダ Canada	マギル大学金属プロセス研究センター / McGill Metal Processing Center, McGill University	1998
		トロント大学金属・材料科学科 / Department of Metallurgy and Materials Science, University of Toronto	1998
		ウォータールー大学 / University of Waterloo	2006*
	アメリカ USA	コロンビア大学化学科 / Department of Chemistry, Columbia University	1995
		コロンビア大学理工学部地球・環境工学科 / Department of Earth and Environmental Engineering, Fu Foundation School of Engineering and Applied Science, Columbia University	1998
		ユタ大学金属工学科 / Department of Metallurgical Engineering, University of Utah	1998
		カリフォルニア大学バークレー校 / University of California, Berkeley	2008*
		ケースウェスタンリザーブ大学 / Case Western Reserve University	2015*
		マサチューセッツ工科大学電子工学研究科及びマイクロシステム技術研究所 Research Laboratory of Electronics (RLE) and Microsystems Technology Laboratories (MTL), Massachusetts Institute of Technology (MIT)	2015
アルゴンヌ国立研究所 APS / APS/Argonne National Laboratory	2020*		
ローレンス・バークレー国立研究所 / Lawrence Berkeley National Laboratory Advanced Light Source	2020*		
SLAC 国立加速器研究所 / SLAC National Accelerator Laboratory	2021*		



# 組織図



## 有機・生命科学研究部門

Division of Organic- and Bio-materials Research

- 生命機能分子合成化学 / 永次 史  
Synthesis of Organic Functional Molecules
- 生命機能制御物質化学 / 和田 健彦  
Functional Photochemistry and Chemical Biology
- 生体分子構造 / 稲葉 謙次  
Biomolecular Structure
- 細胞機能分子化学 / 水上 進  
Cell Functional Molecular Chemistry
- 生物分子機能計測 / 米倉 功治  
Nano Biophysics
- 生命分子ダイナミクス / 高橋 聡  
Biological and Molecular Dynamics
- 量子ビーム構造生物化学 / 南後 恵理子  
Quantum Beam-based Structural Biology and Chemistry
- 有機ハイブリッドナノ結晶材料  
Organic and Hybridized Nanocrystals
- 高分子ハイブリッドナノ材料 / 西堀 麻衣子 (SRIS)  
Polymer Hybrid Nanomaterials
- ソフト材料 / 客員教授 菅 裕明  
Soft Materials

## プロセスシステム工学研究部門

Division of Process and System Engineering

- 超臨界ナノ工学 / 苫居 高明 (FRIS)  
Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies
- 光物質科学 / 佐藤 俊一  
Laser Applied Material Science
- 固体イオニクス・デバイス / 雨澤 浩史  
Solid State Ionic Devices
- 環境適合素材プロセス / 桒上 洋  
Environmental-Conscious Material Processing
- 材料分離プロセス / 柴田 浩幸  
Materials Separation Processing
- ハイブリッドナノ粒子プロセス / 村松 淳司 (SRIS)  
Hybrid Nano-particle
- プロセスシステム / 客員教授 寺嶋 和夫  
Process System

## 金属資源プロセス研究センター

Center for Mineral Processing and Metallurgy

- 高温材料物理化学 / 福山 博之  
High-temperature Physical Chemistry of Materials
- 基盤素材プロセッシング / 植田 滋  
Base Materials Processing
- 機能性粉体プロセス / 加納 純也  
Powder Processing for Functional Materials
- エネルギー資源プロセス / 桐島 陽  
Energy Resources and Processing
- エネルギーデバイス化学 / 本間 格  
Chemistry of Energy Conversion Devices
- 金属資源循環システム / 柴田 悦郎  
Metallurgy and Recycling System for Metal Resources Circulation
- 原子空間制御プロセス / 小俣 孝久  
Atomic Site Control in Inorganic Materials
- 環境適合素材プロセス / 桒上 洋 (兼\*)  
Environmental-Conscious Material Processing (C)
- 材料分離プロセス / 柴田 浩幸 (兼\*)  
Materials Separation Processing (C) ※ 協力講座

## 非鉄金属製錬環境科学共同研究部門

Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science

## 製鉄プロセス高度解析技術(JFEスチール)共同研究部門

Collaborative Research Division of Advanced Analysis of Iron and Steelmaking Processes (JFE steel Corporation)

## 次世代電子顕微鏡技術共同研究部門

Collaborative Research Division of Advanced Electron Microscopy

## デクセリアルズ×東北大学 光メタセンシング共創研究所

Dexerials-Tohoku University Photonic Meta Sensing Co-creation Research Center

## 無機材料研究部門

Division of Inorganic Material Research

- 無機固体材料化学 / 山田 高広  
Inorganic Solid State Materials Chemistry
- スピン量子物性 / 佐藤 卓  
Quantum Spin Physics
- ナノスケール磁気機能 / 岡本 聡  
Nanoscale Magnetism
- ハイブリッドナノシステム / 蟹江 澄志 (SRIS)  
Hybrid Nano System
- ナノ機能物性化学 / 組頭 広志  
Nano Physical Chemistry
- 無機固体材料合成 / 山根 久典  
Inorganic Crystal Structural Materials Chemistry
- 金属機能設計 / 亀岡 聡  
Metallurgical Design for Material Functions
- 環境無機材料化学 / 殷 澍  
Environmental Inorganic Materials Chemistry
- 物質変換無機材料 / 加藤 英樹  
Inorganic Materials for Chemical Transformation
- ハード材料 / 客員教授 鈴木 清策  
Hard Materials

## 計測研究部門

Division of Measurements

- 量子ビーム計測 / 百生 敦  
Quantum Beam Measurements
- 構造材料物性 / 佐藤 卓 (兼)  
Structural Physics and Crystal Physics
- 高分子物理化学 / 陣内 浩司  
Polymer Physics and Chemistry
- 量子フロンティア計測 / 矢代 航 (SRIS)  
Frontier quantum-beam metrology
- 量子光エレクトロニクス / 秩父 重英  
Quantum Optoelectronics
- 放射光可視化情報計測 / 高橋 幸生 (SRIS)  
Synchrotron Radiation Microscopy and Informatics
- 固体表面物性 / 虻川 匡司 (SRIS)  
Solid Surface Physics
- ナノ電子プローブ回折計測 / 津田 健治  
Nano-Electron Probe Diffractometry
- 電子回折・分光計測 / 寺内 正己  
Electron -Crystallography and -Spectroscopy
- 走査プローブ計測技術 / 米田 忠弘  
Advanced Scanning Probe Microscopy
- 放射光ナノ構造可視化 / 高田 昌樹 (SRIS)  
Synchrotron Radiation Soft X-ray Microscopy
- 計測 / 客員教授 橋詰 保  
Measurements

## マテリアル・計測ハイブリッド研究センター

Materials-Measurement Hybrid Research Center

- 量子電子科学 / 高橋 正彦  
Quantum Electron Science
- ナノ・マイクロ計測化学 / 笠井 均 (兼)  
Nano/Micro Chemical Measurements
- ハイブリッド炭素ナノ材料 / 西原 洋知 (AIMR)  
Hybrid Carbon Nanomaterials
- ハイブリッド材料創製 / 芥川 智行  
Hybrid Material Fabrication
- 光機能材料化学 / 中川 勝  
Photo-Functional Material Chemistry
- 有機・バイオナノ材料 / 笠井 均  
Organic- and Bio- Nanomaterials



# 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科学手法を融合した核酸医薬創製やドラッグデリバリーシステム構築などに取り組んでいます。さらに生命機能と材料科学を融合したバイオミメティクス材料創製など、生命機能解明と物質合成を有機的に結びつけることにより世界をリードする材料・デバイス創製をも目指しています。

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

## 教授 | Professors

**永次 史** Fumi NAGATSUGI

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

**水上 進** Shin MIZUKAMI

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

**南後 恵理子** Eriko NANGO

タンパク質ダイナミクス解析と分子制御への応用  
Analysis of protein structural dynamics and its application to molecular control

客員教授 | Visiting Professor

**菅 裕明** Hiroaki SUGA

准教授 | Associate Professors

**鬼塚 和光** Kazumitsu ONIZUKA

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

**濱口 祐** Tasuku HAMAGUCHI

高分解能単粒子解析、トモグラフィー  
High-resolution single particle analysis, Tomography

講師 | Senior Assistant Professors

**黒河 博文** Hirofumi KUROKAWA

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

助教 | Assistant Professors

**Ahmed Mostafa Abdelhady**

Development of functional nucleic acids and their application

**小和田 俊行** Toshiyuki KOWADA

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

**藤原 孝彰** Takaaki FUJIWARA

時分割測定による生体高分子の作用機序の解明  
Elucidation of mechanism of biomacromolecules by time-resolved experiments

助教 | SAKURA プロジェクト

**鈴木 仁子** Satoko SUZUKI

**和田 健彦** Takehiko WADA

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

**米倉 功治** Koji YONEKURA

電子線三次元結晶構造解析、高分解能クライオ EM  
Electron 3D crystallography, High-resolution cryo-EM

**西堀 麻衣子 (SRIS)** Maiko NISHIBORI

放射光 X 線分析を用いた機能材料の特性発現メカニズムと構造形成ダイナミクスの解明 | Function expression mechanism and structure formation dynamics of hybrid materials using synchrotron radiation X-ray analysis

助教 | Assistant Professors

**荒木 保幸** Yasuyuki ARAKI

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

**鎌形 清人** Kiyoto KAMAGATA

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

**真木 祥千子 (SRIS)** Sachiko MAKI

先端放射光計測によるナノスケールの構造・機能相関の多元的可視化  
Multimodal visualization of nano-scale structure/property ensemble by advanced synchrotron radiation measurement

**渡部 聡** Satoshi WATANABE

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

**高嶋 一平** Ippei TAKASHIMA

人工分子やタンパク質を用いた細胞機能の可視化  
Application of artificial molecules and proteins for imaging cellular functions

**田口 真彦** Masahiko TAGUCHI

時分割実験と連携した計算科学による生体分子機能の理解とその応用  
Understanding of biomolecular function by computational science linked with time-resolved experiment and its application

**天貝 佑太** Yuta AMAGAI

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

**伊藤 優志** Yuji ITOH

一分子蛍光測定を用いたタンパク質ダイナミクスの解明  
Investigation of protein dynamics by single-molecule fluorescence measurements

**二宮 翔** Sho NINOMIYA

X 線イメージングとスペクトルシミュレーションを用いた不均一材料中ナノ構造体の形成過程 | Formation process of nanostructure in heterogeneous materials using X-ray spectroscopic imaging and spectral simulation

**稲葉 謙次** Kenji INABA

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

**高橋 聡** Satoshi TAKAHASHI

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

助教 | Assistant Professors

**門倉 広** Hiroshi KADOKURA

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

助教 | Assistant Professors

**岡村 秀紀** Hidenori OKAMURA

核酸を標的とした分子認識機構に基づく新規高機能人工分子の開発  
Development of the intelligent molecules targeted to nucleic acids based on the molecular recognition

**天貝 佑太** Yuta AMAGAI

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

**伊藤 優志** Yuji ITOH

一分子蛍光測定を用いたタンパク質ダイナミクスの解明  
Investigation of protein dynamics by single-molecule fluorescence measurements

**二宮 翔** Sho NINOMIYA

X 線イメージングとスペクトルシミュレーションを用いた不均一材料中ナノ構造体の形成過程 | Formation process of nanostructure in heterogeneous materials using X-ray spectroscopic imaging and spectral simulation

# 無機材料研究部門

Division of Inorganic Material Research

無機固体材料化学研究分野、スピン量子物性研究分野、ナノスケール磁気機能研究分野、ハイブリッドナノシステム研究分野、ナノ機能物性化学研究分野、無機固体材料合成研究分野、金属機能設計研究分野、環境無機材料化学研究分野、物質変換無機材料研究分野、ハード材料研究分野 (客員) 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 Inorganic Solid State Materials Chemistry, Quantum Spin Physics, Nanoscale Magnetism, Hybrid Nano System, Nano Physical, Inorganic Crystal Structural Materials Chemistry, Metallurgical Design for Material Functions, Environmental Inorganic Materials Chemistry, Inorganic Materials for Chemical Transformation, Hard Materials.

## 教授 | Professors

**山田 高広** Takahiro YAMADA

新規無機化合物の探索と機能性材料の開拓  
Exploration of novel inorganic compounds and development of functional materials

**蟹江 澄志 (SRIS)** Kiyoshi KANIE

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

客員教授 | Visiting Professor

**鈴木 清策** Kiyonori SUZUKI

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

准教授 | Associate Professors

**菊池 伸明** Nobuaki KIKUCHI

高周波磁化ダイナミクスの研究 / 磁気メタマテリアル技術  
Magnetization dynamics in microwave frequency / Magnetic metamaterial technologies

助教 | Assistant Professors

**志村 玲子** Rayko SIMURA

新規多元系金属酸化物の合成と X 線結晶構造解析  
Synthesis and X-ray structure analysis of new multinary metal oxides and related materials

助教 | Assistant Professors

**長谷川 拓哉** Takuya HASEGAWA

固体化学に立脚した光機能性無機材料の開発  
Development of new photo-functional materials based on solid-state chemistry

助教 | Assistant Professors

**石上 啓介** Keisuke ISHIGAMI

ベイズ統計と機械学習を活用した永久磁石材料の外場応答の理解  
Understanding the external field response of permanent magnet materials using Bayesian statistics and machine learning

助教 | Assistant Professors

**鈴木 博人 (FRIS)** Hakuto SUZUKI

共鳴非弾性 X 線散乱による量子物質の素励起の研究  
Resonant inelastic x-ray scattering study of elementary excitations in quantum materials

助教 | Assistant Professors

**吉野 隼矢** Shunya YOSHINO

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

**陶山 めぐみ** Megumi SUYAMA

構造因子の精密制御による配位子保護金属クラスターの集積化とその機能開拓  
Controlled-assembly of ligand-protected metal cluster in atomic precision and its application

**高橋 純一** Junichi TAKAHASHI

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

**徐 鉅威** Chu-Wei Hsu

酸化物質光触媒による水分解  
Water splitting by oxyanion photocatalysts

**金城 克樹** Katsuki KINJO

中性子散乱測定による金属間化合物の内部自由度に起因する特異な電子状態の研究 | Research on unique electronic states originating from internal degrees of freedom in intermetallic using neutron scattering technique

**谷口 卓也** Takuya TANIGUCHI

磁壁移動現象の研究 / スピン波伝播現象の研究計算科学を活用した新規材料開発  
Magnetic domain-wall motion / Spin-wave propagation

**志賀 大亮** Daisuke SHIGA

酸化ナノ構造の放射光計測と物質設計  
Synchrotron analysis of functional oxides and synthesis of oxide nanostructures

**大川 采久** Ayahisa OKAWA

液相反応場を用いた機能性バルクセラミックスの創出  
Development of Functional Bulk Ceramics Using Liquid Phase Reaction Field

**佐藤 卓** Taku J SATO

中性子散乱を用いた固体中のスピンダイナミクス研究  
Neutron scattering research on the spin dynamics in condensed matters

**岩頭 広志** Hiroshi KUMIGASHIRA

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

客員教授 | Visiting Professor

**加藤 英樹** Hideki KATO

水分解光触媒およびバイオマス変換のための固体触媒の開発 | Development of inorganic materials aiming at photocatalytic water splitting and biomass conversion

准教授 | Associate Professors

**那波 和宏** Kazuhiro NAWA

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

助教 | Assistant Professors

**松原 正樹** Masaki MATSUBARA

液晶性有機無機ハイブリッドナノ粒子の開発  
Development of liquid crystalline organic-inorganic hybrid nanoparticles

助教 | Assistant Professors

**藤田 伸尚** Nobuhisa FUJITA

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

助教 | Assistant Professors

**金城 克樹** Katsuki KINJO

中性子散乱測定による金属間化合物の内部自由度に起因する特異な電子状態の研究 | Research on unique electronic states originating from internal degrees of freedom in intermetallic using neutron scattering technique

助教 | Assistant Professors

**谷口 卓也** Takuya TANIGUCHI

磁壁移動現象の研究 / スピン波伝播現象の研究計算科学を活用した新規材料開発  
Magnetic domain-wall motion / Spin-wave propagation

助教 | Assistant Professors

**志賀 大亮** Daisuke SHIGA

酸化ナノ構造の放射光計測と物質設計  
Synchrotron analysis of functional oxides and synthesis of oxide nanostructures

**大川 采久** Ayahisa OKAWA

液相反応場を用いた機能性バルクセラミックスの創出  
Development of Functional Bulk Ceramics Using Liquid Phase Reaction Field

助教 | Assistant Professors

**徐 鉅威** Chu-Wei Hsu

酸化物質光触媒による水分解  
Water splitting by oxyanion photocatalysts



# プロセスシステム工学研究部門

Division of Process and System Engineering

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

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

## 教授 | Professors

笹居 高明 (FRIS) Takaaki TOMAI

超臨界流体を利用したエネルギー・物質変換プロセスに関する研究  
Advanced process for energy/materials conversion using supercritical fluids

埜上 洋 Hiroshi NOGAMI

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

## 客員教授 | Visiting Professor

寺嶋 和夫 Kazuo TERASHIMA

佐藤 俊一 Shunichi SATO

新しい光の特性探索と物質科学への応用  
Exploration of new features of light and its application to materials science

柴田 浩幸 Hiroyuki SHIBATA

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

雨澤 浩史 Koji AMEZAWA

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

村松 淳司 (SRIS) Atsushi MURAMATSU

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

## 准教授 | Associate Professors

小澤 祐市 Yuichi KOZAWA

構造化した光の開拓と応用  
Development and application of structured light

中村 崇司 Takashi NAKAMURA

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

夏井 俊悟 Shungo NATSUI

観測と計算を融合した高温分散系の力学的探求  
Exploration of Dynamics in High-Temperature Dispersion System by Combining Observation and Calculation

助永 壮平 Sohei SUKENAGA

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

## 講師 | Senior Assistant Professors

岩瀬 和至 Kazuyuki IWASE

新規ナノ材料開発と電極触媒応用に関する研究  
Development of novel nanomaterials and application to electrocatalysis

## 助教 | Assistant Professors

上杉 祐貴 Yuuki UESUGI

光による電子ビーム制御法の開発  
Development of electron beam controlling technique by light

木村 勇太 Yuta KIMURA

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

丸岡 伸洋 Nobuhiro MARUOKA

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

## 助教 | SAKURA プロジェクト

田辺 綾乃 Ayano TANABE

金子 房恵 Fusae KANEKO

増井 友美 Tomomi MASUI

# 計測研究部門

Division of Measurements

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

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

## 教授 | Professors

百生 敦 Atsushi MOMOSE

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

矢代 航 (SRIS) Wataru YASHIRO

量子ビームイメージング法の開発  
Development of quantum beam imaging methods

虻川 匡司 (SRIS) Tadashi ABUKAWA

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

米田 忠弘 Tadahiro KOMEDA

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

## 准教授 | Associate Professors

關 義親 Yoshichika SEKI

中性子・X線位相計測法の開発  
Development of phase measurement with neutron and X-ray

(SRIS) 篠田 弘造 Kozo SHINODA

鉄・非鉄製錬プロセス関連物質中の元素選択的局所構造解析と化学状態評価  
Element selective characterization of local structure and chemical state in materials related to ferrous and nonferrous smelting processes

(SRIS) 江島 文雄 Takeo EJIMA

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

## 講師 | Senior Assistant Professors

高岡 毅 Tsuyoshi TAKAOKA

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

宮田 智衆 Tomohiro MIYATA

透過型電子顕微鏡法を用いた高分子材料の原子分解能解析  
Atomic-scale analysis of polymeric materials using transmission electron microscopy

森川 大輔 Daisuke MORIKAWA

4D-STEM法による結晶界面・ナノドメイン構造の局所構造・静電ポテンシャル分布解析  
Local structure and electrostatic potential analysis of crystal interface and nanodomain structures using 4D-STEM

Fakruddin Shahed

2硫化モリブデンを用いた原子層薄膜FETによる化学種を識別するFET分子センサーの開発とオペランド・原子操作FET特性評価  
Development of MoS<sub>2</sub>-based FET sensor for the detection of molecular species

佐藤 卓 (兼) Taku SATO (c)

量子ビーム実験を用いた構造物性研究  
Structural science of materials using quantum beam experiments

秩父 重英 Shigefusa F. CHICHIBU

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

津田 健治 Kenji TSUDA

収束電子回折法による局所結晶構造・静電ポテンシャル分布解析法の開発と応用  
Development of local crystal structure and electrostatic potential analysis and its applications

高田 昌樹 (SRIS) Masaki TAKATA

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

## 講師 | Senior Assistant Professors

(SRIS) 山本 達 Susumu YAMAMOTO

放射光X線オペアンド計測による触媒表面科学の開拓  
Catalytic surface science opened by synchrotron radiation X-ray operando measurements

(SRIS) 星野 大樹 Taiki HOSHINO

コヒーレントX線散乱手法による非平衡・不均一系のダイナミクス解析  
Dynamical analysis of non-equilibrium and heterogeneous systems by coherent X-ray scattering technique

## 講師 | Senior Assistant Professors

丸林 弘典 Hironori MARUBAYASHI

電子顕微鏡法を用いた結晶性高分子の階層構造とダイナミクスの解析  
Analysis of hierarchical structure and dynamics in semicrystalline polymers by electron microscopy

## 助教 | Assistant Professors

上田 亮介 Ryosuke UEDA

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

梁 暁宇 Xiaoyu LIANG

4D X線イメージングシステムの開発  
Development of 4D x-ray imaging system

松本 高利 Takatoshi MATSUMOTO

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

(SRIS) 羽多野 忠 Tadashi HATANO

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

陣内 浩司 Hiroshi JINNAI

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

(SRIS) 高橋 幸生 Yukio TAKAHASHI

次世代のコヒーレントX線イメージング法の開発とその応用  
Development of next-generation coherent X-ray imaging method and its applications

寺内 正己 Masami TERAUCHI

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

## 客員教授 | Visiting Professor

橋詰 保 Tamotsu HASHIZUME

嶋 紘平 Kohei SHIMA

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

佐藤 庸平 Yohei SATO

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

赤瀬 善太郎 Zentarō AKASE

電子線ホログラフィーおよびローレンツ顕微鏡法によるナノスケール電磁場計測の高度化  
Advanced electron holography and Lorentz microscopy for nanoscale electromagnetic field measurements

山本 孟 Hajime YAMAMOTO

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

(SRIS) 石黒 志 Nozomu ISHIGURO

先端放射光計測による機能性材料の化学状態可視化  
Chemical state visualization of functional materials by advanced synchrotron radiation measurements

道祖尾 恭之 Yasuyuki SAINOO

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

# 金属資源プロセス研究センター

Center for Mineral Processing and Metallurgy

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

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

## 教授 | Professors

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

**植田 滋** Shigeru UEDA  
高温素材プロセス  
High temperature material processing

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

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

**本間 格** Itaru HONMA  
ナノテクノロジー、先端機能材料プロセッシングと次世代蓄電池  
Nanotechnology, advanced functional materials processing, and next-generation secondary battery

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

**小俣 孝久** Takahisa OMATA  
新たなエネルギー材料の創製  
Development of inorganic energy materials

## 准教授 | Associate Professors

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

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

**高井 千加** Chika TAKAI  
粒子の構造設計と機能化および評価手法の確立  
Structural Design, Functionalization, and Evaluation of Particles

**大野 真之** Saneyuki OHNO  
先端機能材料開発と全固体電池  
Development of advanced functional materials and all solid state battery

**村上 美和** Miwa MURAKAMI  
固体高分解能 NMR によるイオン伝導体の解析  
Application of high-resolution solid-state NMR to ion-conduction materials

## 講師 | Senior Assistant Professors

**安達 正芳** Masayoshi ADACHI  
窒化アルミニウム単結晶の新規液相成長法の開発  
Development of novel liquid phase growth method for aluminum nitride single crystal

**鈴木 一誓** Issei SUZUKI  
酸化物・ナルコゲナイド半導体のエネルギー応用  
Application of oxide and chalcogenide semiconductors to energy harvesting devices

## 助教 | Assistant Professors

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

**久志本 築** Kizuku KUSHIMOTO  
湿式ボールミル内砕粒の運動および破壊挙動のシミュレーション  
Simulation for analyzing dynamic and breakage behaviors of particles in wet ball milling

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

**菅野 杜之** Moriyuki KANNO  
ナノテクノロジーと先端機能材料プロセッシング  
Nanotechnology and advanced functional materials processing

**安達 謙** Ken ADACHI  
ハイドレートメルト系・溶融塩系における金属の電気化学  
Electrochemistry of metals in hydrate-melts and molten salts

**山崎 智之** Tomoyuki YAMASAKI  
水素化物材料の電子デバイス応用  
Application of hydride materials to electronic devices

**ヘラー ニチャ** Nithya HELLAR  
MRI/NMR による電池材料の解析  
Application of MRI/NMR to Battery Materials

## 助教 | SAKURA プロジェクト

**英 穂波** Honami HANABUSA

# マテリアル・計測ハイブリッド研究センター

Materials-Measurement Hybrid Research Center

マテリアル・計測ハイブリッド研究センターでは、高分子・ハイブリッド材料の創製及び応用展開を物質創成学と計測学とのハイブリッドな研究展開により推進し、現代社会の材料開発ニーズと密に連携した新たなマテリアル計測化学を実現し、未来社会の具現化に貢献します。

This research center promotes the study of innovative molecular / macromolecular hybrid materials and measurements for their applications related to demands of modern society. On the basis of new materials-measurement science and technology, it will contribute to the creation of future society.

## 教授 | Professors

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

**西原 洋知** (AIMR) Tomohiro NISHIHARA  
炭素系ハイブリッド材料の調製と応用  
Development of carbon-based hybrid materials and their applications

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

**中川 勝** Masaru NAKAGAWA  
ナノインプリント・アライメント技術開発による極限ナノ造形・積層の材料化学・プロセス科学  
Material chemistry and process science for ultimate nano-figuration based on development of nanoimprint and alignment technologies

**笠井 均** Hitoshi KASAI  
次世代ナノ薬剤の創出  
Creation of new generation nano-drugs

## 准教授 | Associate Professors

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

**押切 友也** Tomoya OSHIKIRI  
微細加工によって作製したナノ構造の近接場を用いた新規光化学反応場の創製  
Creation of photochemical reaction field by controlled/modulated near-field on metallic nanostructures.

## 講師 | Senior Assistant Professors

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

## 助教 | Assistant Professors

**鬼塚 侑樹** Yuuki ONITSUKA  
電子コンプトン散乱を用いた化学反応ダイナミクス研究  
Dynamics study on chemical reactions using electron Compton scattering

**玄 大雄** Masao GEN  
エアロゾルの気候影響に関する研究  
Quantitative understanding of aerosol-climate interactions

**吉井 文晴** Takeharu YOSHII  
カーボン系材料と計測の融合研究  
Interdisciplinary study of carbon-based materials and measurement

**中辻 博貴** Hirotaka NAKATSUJI  
カーボン系材料のマイクロ・ナノ構造の制御とそのバイオマテリアル応用  
Bio application of micro-nano structure controlled carbon-based materials

**出倉 駿** Shun DEKURA  
機能性有機材料の開発と物性開拓  
Development of functional organic materials and exploration of physical properties

**新家 寛正** Hiromasa NIINOMI  
ナノ構造体の近接場を駆使した自己組織化の制御と物性計測技術の開発  
Control of self-assembly and development of physical property measurement technique using near-field on nanostructures.

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

**鈴木 龍樹** Ryuju SUZUKI  
生物由来有機色素のナノ粒子化による高機能化  
Functionalization of Natural Pigments from Organisms by Formation of Nanoparticles

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



# 非鉄金属製錬環境科学共同研究部門 住友金属鉱山共同研究ユニット

Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science

## 専門分野・キーワード

非鉄金属製錬/都市鉱山/熱力学/超高純度精製  
Non-ferrous Metallurgy / Urban Mines / Thermodynamics / Ultra High Purification

## 主な研究テーマ

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

福山 博之 教授 (兼任)  
Hiroyuki Fukuyama, Professor(C)



村松 淳司 教授 (兼任)  
Atsushi MURAMATSU, Professor(C)

柴田 浩幸 教授 (兼任)  
Hiroyuki SHIBATA, Professor(C)



打越 雅仁 准教授  
Masahito UCHIKOSHI, Associate Professor

researcher@tohoku.ac.jp  
研究テーマ: 高純度精製技術を活かした非鉄金属製錬法の改善と新規開発  
Novel non-ferrous metallurgy based on the technology of ultrahigh purification

小笠原 修一 客員教授  
Shuichi OGASAWARA, Visiting Professor

# 製鉄プロセス高度解析技術 (JFE スチール) 共同研究部門

Collaborative Research Division of Advanced Analysis of Iron and Steelmaking Processes (JFE steel Corporation)

## 専門分野・キーワード

製鉄プロセス/数学モデル/プロセス解析/極低炭素プロセス  
Iron and steelmaking / Mathematical Modeling / Process Simulation / Ultra-low Carbon Processes

## 主な研究テーマ

- 極低炭素製鉄プロセス技術の開発
- 充填層プロセス内における多相流動の体系的解明
- 製鉄プロセス内の熱・物質流動と反応の解析技術開発
- 高炉の高度数学シミュレーターの開発
- Development of technology for ultra-low carbon iron and steelmaking processes
- Comprehensive understanding of multi-phase flow in packed bed processes
- Development of analyzing techniques for thermal, materials flow and reactions
- Development of advanced process simulator of ironmaking blast furnace

埜上 洋 教授 (兼任)  
Hiroshi NOGAMI, Professor(C)



nogami@tohoku.ac.jp

夏井 俊悟 准教授 (兼任)  
Shungo NATSUI, Associate Professor(C)



Siahhan Andrey Stephan 助教  
Andrey Stephan SIAHAAN, Assistant Professor  
研究テーマ: 次世代製鉄プロセスとその解析技術の開発  
Development and analysis of advanced ironmaking processes

## 非鉄製錬業の安定的発展のために

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

1. 鉱石及び都市鉱山からの有価金属抽出技術の先進化
  2. ゼロエミッション化を目指した環境負荷副産物を活用する機能性材料開発
  3. 未活用鉱石からの有価金属の効率的抽出技術の開発
- などの課題解決が必須であり、そのための人材育成も欠かせません。

本共同研究部門は 2023 年度から第二期を迎え、金属資源プロセス研究センターとの密接な協力関係のもと、非鉄金属製錬が抱える課題解決を目的とする研究を中心軸に据え、研究を通じた社会人、大学生・大学院生の実践的教育による人材育成、非鉄金属製錬業界との連携による産業の振興を図ります。



図 研究部門と関連組織との連携

## For Stable Development of Non-ferrous metallurgical Industry

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

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

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

Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science enters the second term from 2023. It is aimed at cultivation of human resources by practical minded education and stimulation of non-ferrous metallurgical industry collaborating with industrial society.

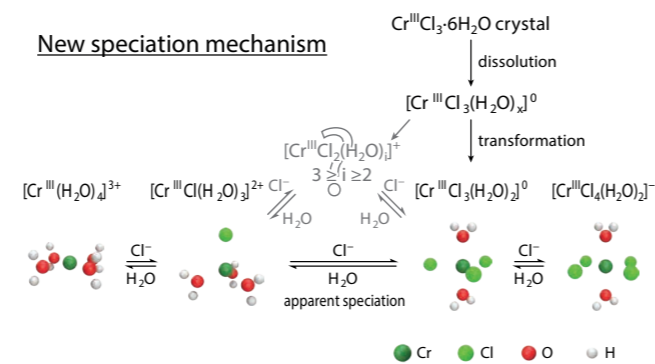
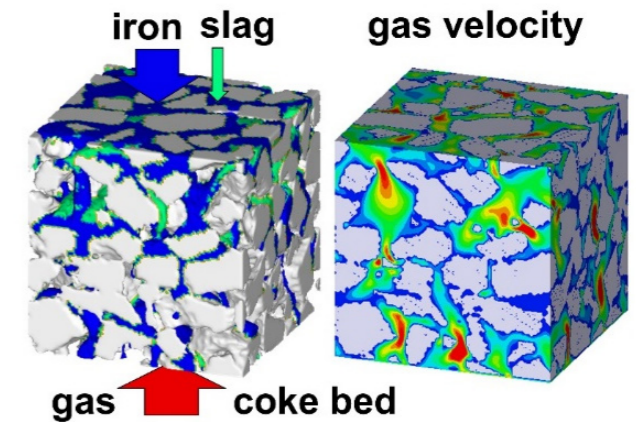


Fig. New speciation mechanism of chromium aqua and chloro complexes dissolving into aqueous solution. [M.Uchikoshi et al., RSC Advances, 12 (2022), 32722–32736]

## 高効率・環境対応製鉄技術に向けて

人類社会の基板材料である鉄鋼を製造するプロセスの低炭素化は、国際的かつ喫緊の課題です。この課題解決のためには、従来のプロセス効率改善に加えて従来技術に縛られない製鉄法の開発が必要です。そのためには熱力学的なプロセス原理に加えてプロセス内の反応物や熱エネルギーの供給や固体原料の運動や破壊の制御といった動的なプロセス技術の高度化が不可欠です。

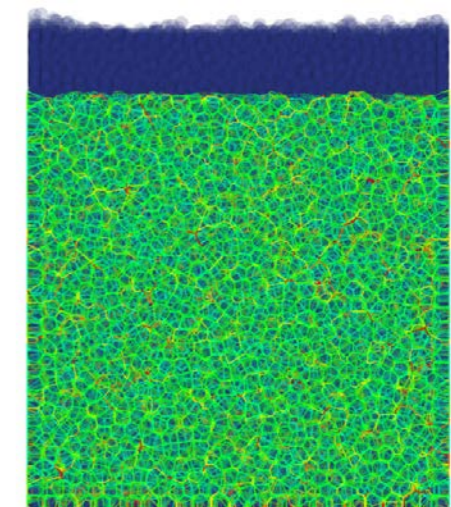
本共同研究部門は、最先端の現象モデリングおよびプロセス解析の技術を用いて、製鉄プロセス内のマルチフェーズ・マルチフィジクス・マルチスケールの化学・物理現象の解明を通じて、極低環境負荷製鉄技術の実現を目指します。



コークス充填層内の溶鉄・溶融スラグ・ガスの流動解析

## Toward Highly Efficient and Environmentally Low Impact Iron and Steelmaking Processes

Mitigation of carbon usage in the iron and steelmaking processes that provide vast steel products as base material of our society is one of the most urgent and world-wide concerns. For its solution, development of novel ironmaking process as well as the efficiency improvement of current process is required. To realize the low carbon ironmaking processes, not only thermodynamic process principle but also sophisticated/advanced process control technologies from the viewpoint of dynamics/kinetics are indispensable. This collaborative research division aims to realize novel ironmaking technology with ultra-low environmental impact through multi-phase, multi-physics and multi-scale process simulation.



Flow path analysis in packed bed



# 次世代電子顕微鏡技術共同研究部門

Collaborative Research Division of Advanced Electron Microscopy



寺内 正己 教授 (兼任)  
Masami TERAUCHI, Professor(C)  
masami.terauchi.c4@tohoku.ac.jp

陣内 浩司 教授 (兼任)  
Hiroshi JINNAI, Professor(C)

佐藤 庸平 准教授 (兼任)  
Yohei SATO, Associate Professor(C)

宮田 智衆 助教 (兼任)  
Tomohiro MIYATA, Assistant Professor(C)

米倉 功治 教授 (兼任)  
Koji YONEKURA, Professor(C)

丸林 弘典 講師 (兼任)  
Hironori MARUBAYASHI, Senior Assistant Professor(C)

森川 大輔 助教 (兼任)  
Daisuke MORIKAWA, Assistant Professor(C)

## 専門分野・キーワード

ソフトマテリアル電子顕微鏡法/クライオ電子顕微鏡法/電子エネルギー損失分光/軟X線発光分光  
Electron microscopy for polymer materials / Cryogenic electron microscopy / Electron energy-loss spectroscopy / Soft X-ray emission spectroscopy

## 主な研究テーマ

- ・ソフトマテリアル対応電子顕微鏡技術の開発
- ・クライオ電子顕微鏡技術に関する応用研究
- ・エネルギー分析技術の精度向上
- ・Development of a new electron microscopy for polymer materials
- ・Improvement of cryogenic electron microscopy for materials application
- ・Improvement of EELS and SXES methods

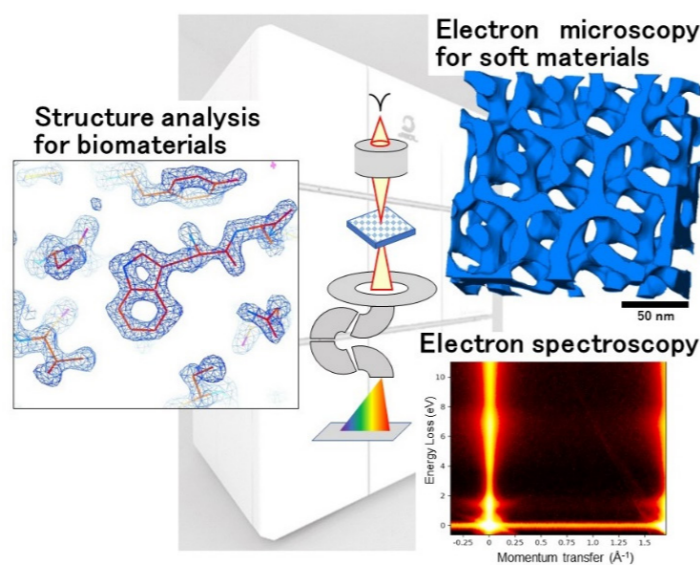
## 次世代電子顕微鏡技術開発

電子顕微鏡は、マテリアル・デバイス開発の分野に広く利用されるだけでなく、ポリマーやたんぱく質など新たなマテリアル分野への広がりが見られ、新たな電子顕微鏡技術が新たなマテリアルイノベーションにとってますます重要となってくる。本共同研究部門においては、本学の電子顕微鏡技術シーズを商

用電子顕微鏡の開発・生産を行っている日本電子株式会社と共有し、大学の研究者と企業の技術者の協働により、新たなマテリアルイノベーションを加速する新たな電子顕微鏡技術として社会へ発信することを目指す。

## Developments of new electron microscopy techniques for soft-materials

Structural and spectroscopic analyses based on electron microscopy (EM) are critical technologies not only for inorganic materials but also for novel polymeric and bio-related materials (hereafter called "soft-materials") at a high spatial resolution. To clarify the functional mechanisms of the soft-materials from the atomic-scale, further developments of instrumental and analytical techniques using EM are required. This collaborative division with JEOL develops such next-generation EM techniques suitable for soft-materials, made public to the academic and industrial communities in the future.



Development of novel (analytical) techniques for soft-materials using next-generation electron microscopy.

# デクセリアルズ×東北大学 光メタセンシング共創研究所

Dexerials-Tohoku University  
Photonic Meta Sensing Co-creation Research Center



林部 和弥 特任教授  
Kazuya HAYASHIBE, Specially Appointed Professor  
※運営総括責任者  
kazuya.hayashibe.a3@tohoku.ac.jp

赤毛 勇一 特任准教授  
Yuichi AKAGE, Specially Appointed Associate Professor

湖海 結菜 特任助教  
Yuina KOKAI, Specially Appointed Assistant Professor



中川 勝 教授 (兼任)  
Masaru NAKAGAWA, Professor(C)  
※運営支援責任者  
masaru.nakagawa.c5@tohoku.ac.jp

早川 俊昭 客員教授  
Toshiaki HAYAKAWA, Visiting Professor

## 専門分野・キーワード

光/情報/メタセンシング/ソリューション  
Photonics / information / meta-sensing / solution

## 主な活動内容

- (1) 共同研究テーマの探索と拡大推進  
量産を実現している高精度な微細構造 Roll 型を用いたインプリント技術、高感度なフォトダイオード光デバイスの技術を活用し、高速光通信やセンシングをはじめとするフォトニクス分野において、まだ開拓されていない領域やこれまでにない水準での新技術・製品・ソリューションの創出につながる具体的な共同研究テーマの探索と推進を行う
- (2) 人材育成  
フォトニクス分野において次世代を担う人材を育成する

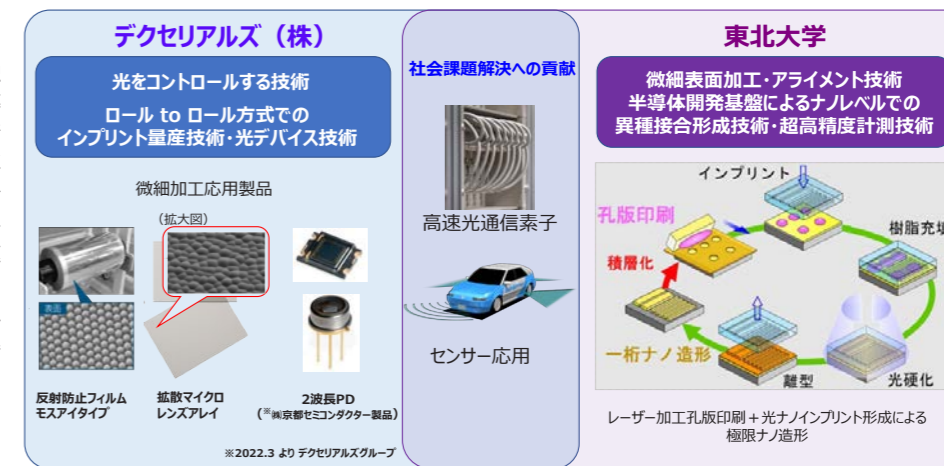
## Outline of activity

- (1) Pursuit and expansion of joint research subjects  
By utilizing our mass production imprint technology using high-precision microstructure roll together with high-sensitivity photodiode optical devices, we will explore new technologies, products, and solutions in photonics field such as high-speed optical communications and sensing that will lead to creation of new business area at unprecedented levels.
- (2) Human resource development  
We will develop personnel that can play central roles in the new era in photonics industry field.

## 光と情報が織りなす近未来社会の実現に貢献する次世代研究の展開

デクセリアルズは、企業ビジョン「Value Matters 今までなかったものを。世界の価値になるものを。」のもと、電子部品、接合材料、光学材料など機能性材料の開発・製造・販売を手掛けるメーカーで、微細加工の量産技術として独自のロール to ロール方式を有しております。

また、具体的な共同研究テーマの探索と推進の取組みを通して、超高速光通信・未来エネルギーに関わる高度技術人材層を厚くし、未来社会を担う人材の育成を推進します。



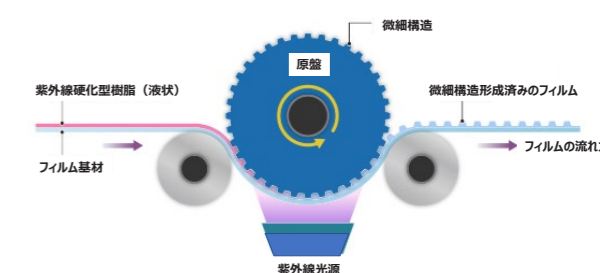
## Carry out next-generation research to realize our near-future society composed of photonics and information.

Dexerials Corporation is a manufacturer providing functional materials for use in smartphones, automobiles and other domains in accordance with its corporate vision, Value Matters - Unprecedented innovation, unprecedented value. This Research Center will have an operating structure under which highly skilled specialists from both parties will work together to further step up academic-industrial collaboration and expand joint studies. Tohoku University owns science and technology in new materials, high precision measurement, ultra-fine processing and bonding and stacking at atomic and nanometer levels, while Dexerials Group holds technologies in materials, micro-nano fabrication and other processing and optical semiconductors. Based on these technologies, we will aim to create new technologies, products and solutions in the field of photonics at unprecedented levels in unexplored areas.

In addition, we will accelerate development of personnel that can play central roles in the new era in these fields.

(例) Dexerials 特有の微細加工技術

### Roll to Roll方式による連続形状転写の概念図







永次史 教授  
Fumi NAGATSUGI, Professor

fumi.nagatsugi.b8@tohoku.ac.jp

鬼塚 和光 准教授  
Kazumitsu ONIZUKA, Associate Professor

岡村 秀紀 助教  
Hidenori OKAMURA, Assistant Professor

アハメド モスタファ アブデルハディ 助教  
Ahmed Mostafa Abdelhady, Assistant Professor

専門分野・キーワード

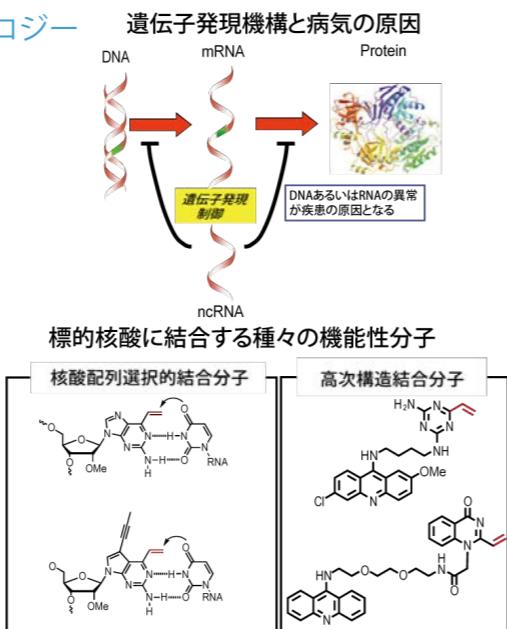
遺伝子発現制御／機能性人工核酸／クロスリンク剤／機能性 RNA  
control of the gene expression / intelligent artificial nucleic acid /  
cross-linking agents / non-coding RNA

主な研究テーマ

- 細胞内での遺伝子発現制御を目指した架橋反応性核酸の開発
- 核酸高次構造に結合する人工分子の開発
- RNA を標的とした新規化学ツールの開発
- 核酸を標的とした分子認識機構に基づく新規高機能人工分子の開発
- Development of the crosslinking molecules for control of gene expression in cells
- Development of the artificial molecules for binding to the higher-ordered structure of nucleic acid
- Development of the novel chemical tools targeted to nucleic acids
- Development of the intelligent molecules targeted to nucleic acids based on the molecular recognition

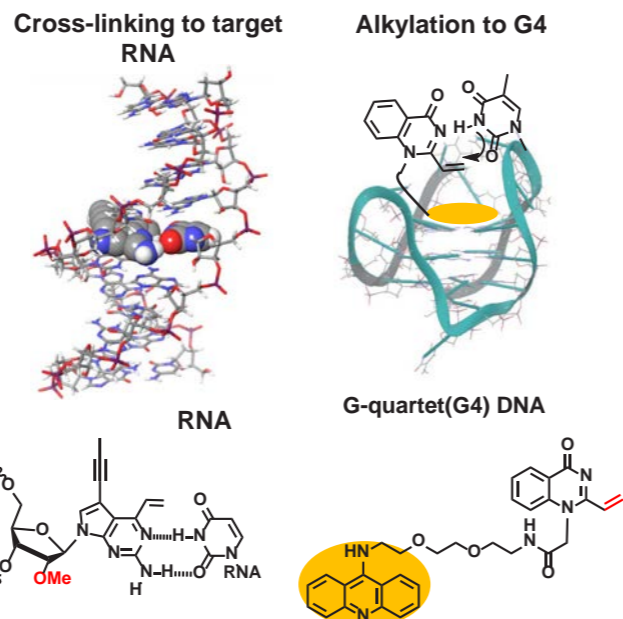
遺伝子発現の化学的制御を目指したケミカルバイオロジー

ゲノム解析が終了し、実際に蛋白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ない、noncodingRNA(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、様々な病気の原因になることから、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、細胞内で遺伝子発現を制御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の開発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、標的遺伝子に対しピンポイントの反応性で架橋形成する人工核酸を開発し、効率的な遺伝子発現制御に成功しています。さらに、遺伝子発現で重要な機能を果たすことが分かってきた核酸高次構造に結合する分子の開発にも成功しています。現在、さらなる高機能化人工分子の開発を目指して研究を行っています。



Development of Intelligent Molecules for the Regulation of Gene Expression in Cells

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



和田 健彦 教授  
Takehiko WADA, Professor

takehiko.wada.d3@tohoku.ac.jp

荒木 保幸 准教授  
Yasuyuki ARAKI, Associate Professor

鈴木 仁子 助教 (SAKURA)  
Satoko SUZUKI, Assistant Professor

専門分野・キーワード

ケミカルバイオロジー／核酸医薬／外部刺激応答型機能分子／光励起状態解明と活用  
Chemical Biology / Oligonucleotide Therapeutics / External Function Controllable Material / Analysis and Utilization of the Photo Excited State

主な研究テーマ

- 高効率触媒的標的 RNA 切断機能付与型人工核酸の創製
- 癌細胞選択的薬効発現人工核酸の開発
- 癌細胞選択的薬物運搬システムの開発
- 生体高分子を不斉反応場とする超分子不斉光化学の構築
- 光励起状態制御に基づく新規円偏光発光有機材料設計指針構築
- Development of artificial nucleic acids with highly efficient target RNA cleavage activities
- Development of cancer cell-specific artificial nucleic acids medicines
- Development of cancer cell-specific drug delivery systems
- Construction of Supramolecular asymmetric photochirogenesis utilizing biopolymers as chiral reaction media
- Development of novel circularly polarized luminescent (CPL) organic materials based on photoexcited state control

生命機能制御分子系構築と制御戦略の提案・光励起状態解明と活用

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活用を目指し、論理的設計・合成と物理化学的手法を活用した機能 / 物性解明を中心に研究を推進しています。例えば、癌細胞や低酸素状態癌細胞に特有の環境にตอบสนองし、正常細胞では副作用を発現しない安全・安心な癌細胞や脳梗塞など虚血細胞選択的人工核酸医薬の創製や、キメラ人工核酸と名付けた細胞内で RNaseH を活用し標的 RNA の高効率触媒的切断機能を付与した人工核酸医薬の設計・合成、そして細胞・動物試験での有効性実証実験に取り組んでいます。さらに有機分子の光励起状態解明に基づく新規円偏光発光有機材料設計指針構築、そしてタンパク質など生体関連分子を不斉反応場として活用する環境調和型超分子不斉光反応系構築などを、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。

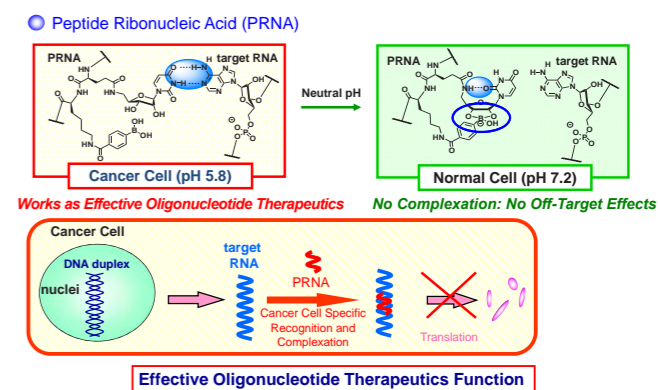


Fig1 ナノバイオ分子機能の on-off 制御

Construction of molecular systems to control biological functions and elucidation and utilization of the photo-excited states

Wada Laboratory aims to utilize biopolymers such as nucleic acids and proteins as next-generation intelligent nano-biofunctional materials through rational design, synthesis, and physicochemical methods to evaluate their function. For example, 1. Design and synthesis of cancer cell-selective artificial nucleic acid therapeutics that respond to the specific environment of ischemic cells such as cancer cells and cerebral infarction cells and suppress side effects on normal cells, 2. design and synthesis of chimeric artificial nucleic acid therapeutics that efficiently and catalytically cleave target RNA with RNaseH and demonstrate the efficacy of the concept at cell and animal levels have been conducted. Furthermore, we have been working in a wide range of fields from organic chemistry to physical chemistry and biochemistry, including the design and synthesis of novel circularly polarized luminescent organic materials based on the elucidation of the photoexcited states, and the construction of supramolecular asymmetric

photoreaction systems using proteins and other biopolymers as chiral reaction media for the trying to realize of a sustainable society.

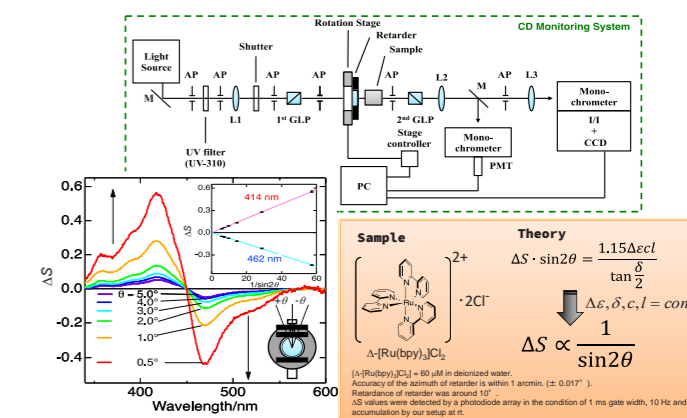


Fig2 和田研で構築した高感度・高時間分解の有する CD 測定装置



生体分子構造研究分野  
稲葉謙次研究室

Biomolecular Structure  
Kenji INABA Lab



専門分野・キーワード

X線結晶構造解析／細胞恒常性維持／タンパク質品質管理／レドックス／カルシウムイオン  
X-ray crystal structure analysis / cellular homeostasis / protein quality control / redox / calcium ion

主な研究テーマ

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

稲葉 謙次 教授

Kenji INABA, Professor

kenji.inaba.a1@tohoku.ac.jp

門倉 広 准教授

Hiroshi KADOKURA, Associate Professor

渡部 聡 助教

Satoshi WATANABE, Assistant Professor

天貝 佑太 助教

Yuta AMAGAI, Assistant Professor

細胞機能分子化学研究分野  
水上進研究室

Cell Functional Molecular Chemistry  
Shin MIZUKAMI Lab



専門分野・キーワード

バイオイメージング／蛍光プローブ／光機能性分子／蛋白質工学  
bioimaging / fluorescent probe / photofunctional molecule / protein engineering

主な研究テーマ

- 生物活性を可視化する蛍光センサーの開発
- 疾患機構や生命現象を調べる為の蛋白質-小分子ハイブリッド材料の開発
- 光を用いて生体分子活性を操作する技術の開発
- 高輝度レーザー顕微鏡技術に有用な光耐性蛍光色素の開発
- 酵素機能の解明と新規機能性蛋白質の創出
- Development of fluorescent sensor for imaging biological activity
- Development of protein-small molecule hybrid materials to investigate diseases and biology
- Development of technology to control biomolecular activity by light
- Development of light resistant fluorophores for strong laser-based microscopy
- Elucidation of enzyme function and development of new functional proteins

水上 進 教授

Shin MIZUKAMI, Professor

shin.mizukami.a6@tohoku.ac.jp

小和田 俊行 助教

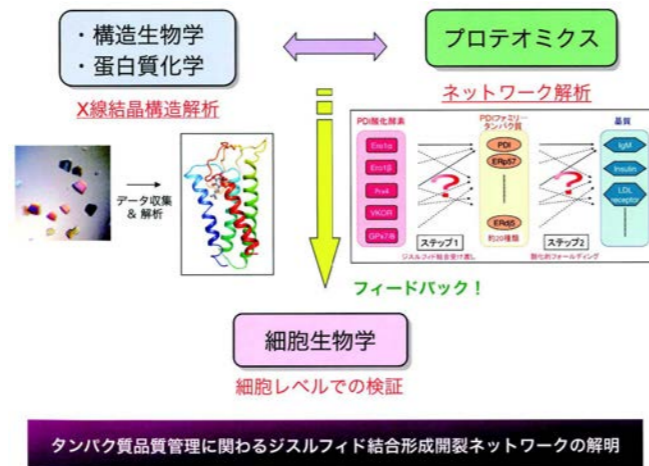
Toshiyuki KOWADA, Assistant Professor

高嶋 一平 助教

Ippei TAKASHIMA, Assistant Professor

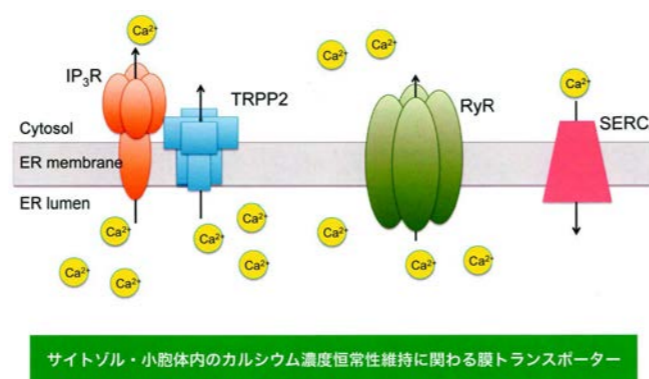
細胞恒常性維持の仕組みを細胞レベルと分子レベルで解き明かす

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



Toward elucidation of cellular mechanisms underlying protein and metal ion homeostasis

The biological kingdoms have evolved elaborate systems to maintain the cellular homeostasis. Employing structural, biochemical, proteomic and cell biological approaches, we aim at deep understanding of mechanisms by which protein quality and metal ion concentrations are controlled in living cells. We particularly focus on how the protein disulfide bond formation network and calcium and zinc ion transporters present in the early secretory pathway contribute to the cellular systems. Structural and mechanistic insights gained in this work will provide molecular insights into neurodegenerative diseases, diabetes and other fatal diseases caused by impairment of these cellular quality control systems.



化学に基づいた細胞機能の可視化と制御

生体内および生細胞内では、蛋白質・核酸・糖などの様々な生体分子が相互作用しながら機能しています。それらの生体分子の真の役割を解明するには、他の生体分子との相互作用が保たれた状態、すなわち生きた状態でそれらの挙動・機能を観察することが重要です。当研究室では、有機化学・高分子化学・蛋白質化学等の技術に基づいて新たな機能性分子を設計・合成し、光などを用いた生体分子の可視化技術や機

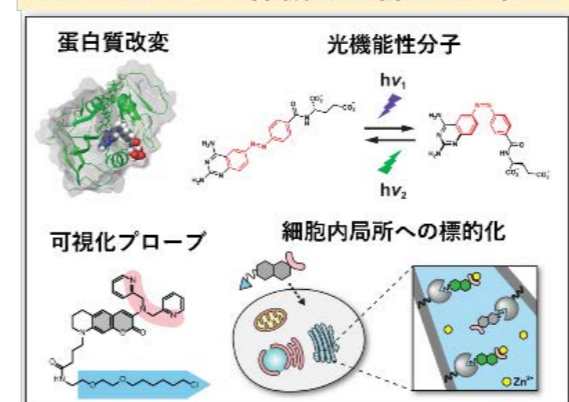
能制御技術を開発します。具体的には、酵素活性や細胞内シグナル伝達などの生体機能を選択的に検出する蛍光プローブや、照射によって結合の切断や構造変化を引き起こすケージド化合物・フォトクロミック化合物を用いた酵素や受容体の活性制御技術の開発などを行います。これらの機能性分子を蛍光顕微鏡観察と組み合わせることにより、生きた状態における生体分子の機能や疾患機構の本質に迫ります。

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

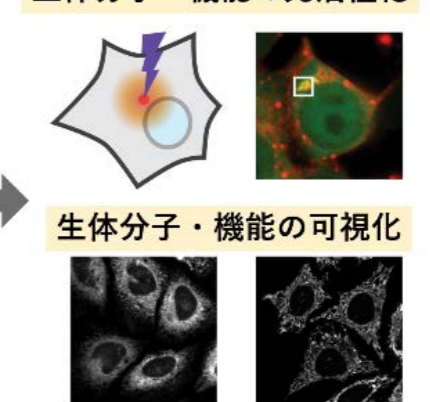
In a living body and cell, various biomolecules such as proteins, nucleic acids, and sugars function by interacting with each other. To understand their precise biological functions occurring within a cell, it is important to investigate the activities or behaviors of these target molecules in living systems, where all of these

interactions with other biomolecules are maintained. Using organic chemistry, macromolecular chemistry, and protein chemistry, we design and synthesize functional molecules, apply them to image behaviors or activities of target biomolecules, and then regulate the functions of these targets by utilizing light.

化学に基づく生体機能解析技術の開発



生体分子・機能の光活性化







米倉 功治 教授  
Koji YONEKURA, Professor

koji.yonekura.a5@tohoku.ac.jp

濱口 祐 准教授  
Tasuku HAMAGUCHI, Associate Professor

黒河 博文 講師  
Hirofumi KUROKAWA, Senior Assistant Professor

専門分野・キーワード

高分解能クライオ EM / 電子線三次元結晶構造解析 / AI データ測定 / トモグラフィ  
High-resolution cryo-EM / Electron 3D crystallography / AI data collection / Tomography

主な研究テーマ

- ・高分解能単粒子クライオ EM 解析
- ・タンパク質、有機分子微小結晶の電子線三次元結晶構造解析
- ・AI 測定等のクライオ EM の手法開発
- ・XFEL による有機分子の微小結晶構造解析
- ・High-resolution single particle cryo-EM
- ・Electron 3D crystallography of proteins and organic molecules
- ・Methodological development for cryo-EM including AI data collection
- ・XFEL crystallography of small organic molecules



高橋 聡 教授  
Satoshi TAKAHASHI, Professor

satoshi.takahashi.a6@tohoku.ac.jp

鎌形 清人 准教授  
Kiyoto KAMAGATA, Associate Professor

伊藤 優志 助教  
Yuji ITOH, Assistant Professor

専門分野・キーワード

タンパク質のフォールディングとデザイン / 癌抑制タンパク質 p53 の機能 / 一分子蛍光分光法  
Protein folding and design / Function of tumor suppressor p53 / Single molecule fluorescence spectroscopy

主な研究テーマ

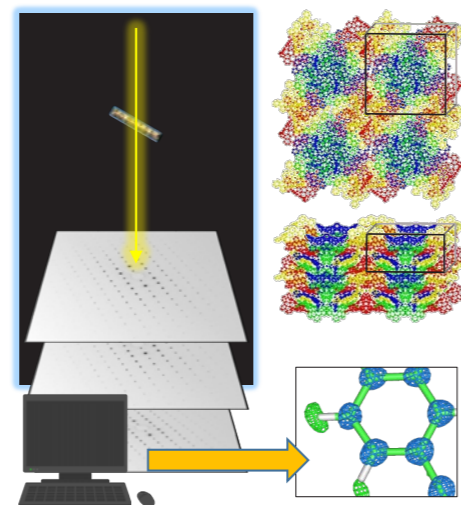
- ・一分子蛍光分光法を用いたタンパク質のフォールディングダイナミクス
- ・癌抑制タンパク質 p53 の DNA 探索機構の解明
- ・一分子ソーターを用いた新しいタンパク質デザイン手法の開発
- ・Dynamics of protein folding based on single molecule fluorescence spectroscopy
- ・Sliding motion of a tumor suppressor p53 along DNA
- ・Development of a new strategy of protein design based on single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

クライオ EM でタンパク質、有機分子の構造メカニズムに迫る

タンパク質や有機分子は、複雑な立体構造を形成して、機能を発現します。本研究室は、最先端のクライオ電子顕微鏡 (EM) 技術を用いて、より高い分解能、高い精度でこれらの試料の構造を決定し、その機能解明を目指します。AI 自動データ測定やデータ解析などの技術開発も進めます。

電子線は物質と強く相互作用するため、タンパク質の一分子の像が得られます。この特性を利用するのが単粒子解析で、タンパク質の原子の配置が得られます。構造変化や揺らぎを捉えることもでき、構造ダイナミクス研究も可能です。また、極微小な結晶からでも回折が得られるため、電子線三次元結晶解析では分子構造をより詳細に調べることができます。細胞組織や大きく不均一な複合体に対しては、電子線トモグラフィにより立体構造を解析します。

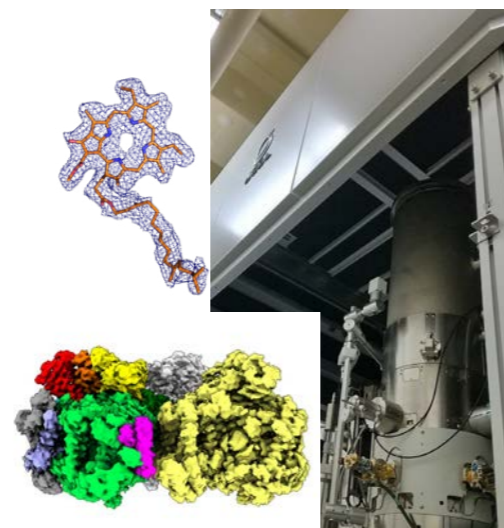
放射光 X 線も相補的に利用し、構造形成、安定化、機能発現に直結する水素原子や電荷の情報も可視化し、複雑な分子の構造メカニズムに迫ります。



単粒子解析構造とクライオ電子顕微鏡

Advanced cryogenic electron microscopy of proteins and organic molecules

Proteins and organic molecules comprise complex 3D structures responsible for their functions and properties. We analyze the detailed structural mechanisms of proteins and organic molecules using advanced cryogenic electron microscopy (cryo-EM). We also develop related technologies including automated artificial intelligence data collection and analysis for high-resolution and high-precision single particle cryo-EM, electron 3D crystallography and tomography. Our approach thus reveals chemical properties of hydrogen bonds and charges, which are critical in stabilizing structures and fulfilling functions. We also use synchrotron radiation and X-ray free-electron lasers to achieve our goals.

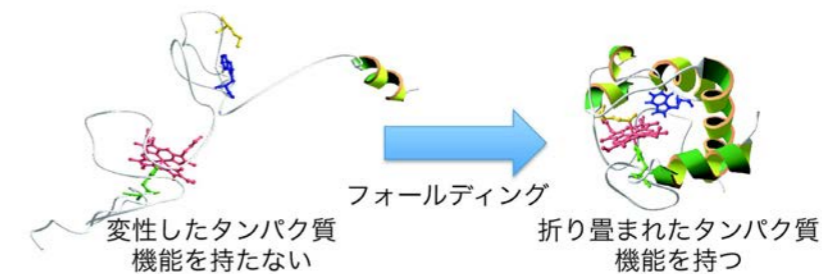


微小結晶の電子線三次元結晶構造解析

一分子蛍光観察によるタンパク質のフォールディングと機能の解明

タンパク質は、20 種類のアミノ酸が一次的につながった高分子であり、生体中においてさまざまな機能を発揮する究極の機能性分子です。タンパク質が機能を発揮するには、アミノ酸の配列により定められる特定の構造に折り畳まれる (フォールディングする) 必要があります。しかし、アミノ酸配列と構造の関係はいまだに理解されていません。さらに、あるタンパク質が、どのような運動により機能を発揮するのかもしばしば未解明です。本研究分野では、独自に開発

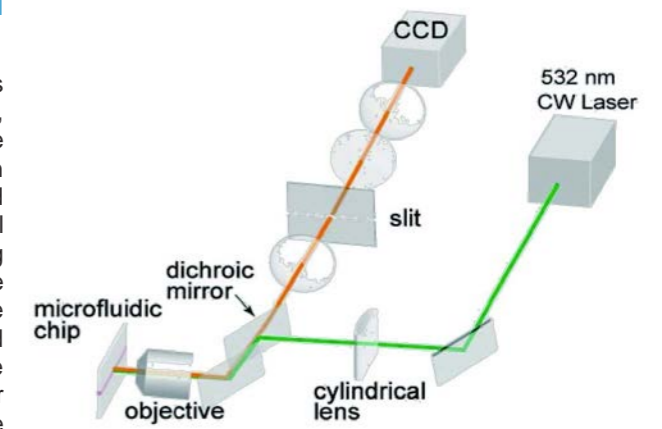
した一分子蛍光観察法を用いることで、タンパク質のフォールディング過程を直接観察し、タンパク質構造の構築原理の解明を目指しています。また、癌抑制タンパク質である p53 が DNA 上をすべり運動することで、ターゲット配列を探す過程の解明も目指しています。さらに、一分子観察実験により得られたタンパク質フォールディングと機能に関する知見を基に、新規タンパク質をデザインする手法の開発にも取り組んでいます。



タンパク質のフォールディング

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

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



高速一分子蛍光分光装置



量子ビーム構造生物化学研究分野  
南後恵理子研究室

Quantum Beam-based Structural Biology and Chemistry  
Eriko NANGO Lab



南後 恵理子 教授  
Eriko NANGO, Professor

eriko.nango.c4@tohoku.ac.jp

藤原 孝彰 助教  
Takaaki FUJIWARA, Assistant Professor

田口 真彦 助教  
Masahiko TAGUCHI, Assistant Professor

専門分野・キーワード

X線自由電子レーザー / X線結晶構造解析 / 時分割測定 / 合理的タンパク質設計  
X-ray free electron lasers / X-ray crystallography / time-resolved measurement / rational protein design

主な研究テーマ

- X線自由電子レーザーによるタンパク質構造解析
- 動的構造解析ツールの開発
- G-タンパク質共役型受容体の活性化機構
- 動的構造情報による合理的分子設計
- Protein structure analysis by X-ray free electron lasers
- Development of protein dynamic structural analysis tools
- Activation mechanism of G-protein coupled receptors
- Rational molecular design based on dynamic structural information

高分子ハイブリッドナノ材料研究分野  
西堀麻衣子研究室

Polymer Hybrid Nanomaterials  
Maiko NISHIOBORI Lab



西堀 麻衣子 教授 (SRIS)  
Maiko NISHIBORI, Professor

maiko.nishibori.d8@tohoku.ac.jp

真木 祥千子 講師 (SRIS)  
Sachiko MAKI, Senior Assistant Professor

二宮 翔 助教 (SRIS)  
Kakeru NINOMIYA, Assistant Professor

専門分野・キーワード

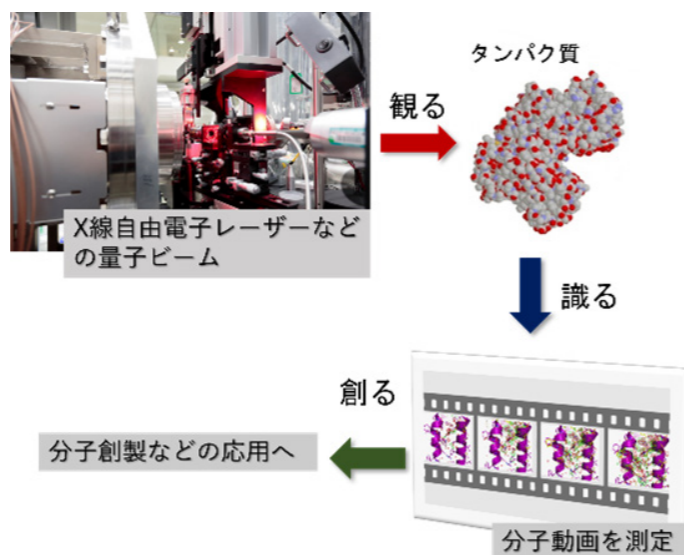
有機-無機ハイブリッドナノ材料 / 時空間階層構造 / ダイナミクス / 放射光 X線分析  
organic-inorganic hybrid nano-materials / hierarchical structure on multiple time and space dynamics / synchrotron x-ray analysis

主な研究テーマ

- 高分子-セラミックスハイブリッドナノ材料の合成
- 機能性無機材料表面へのポリマーブラン修飾と界面相互作用の解明
- X線分光法と計算科学の融合による材料中の原子拡散挙動の追跡
- 放射光 X線を用いた不均一材料の元素選択的反応解析
- Development of the crosslinking molecules for control of gene expression in cells
- Development of the artificial molecules for binding to the higher-ordered structure of nucleic acid
- Development of the novel chemical tools targeted to nucleic acids
- Development of the intelligent molecules targeted to nucleic acids based on the molecular recognition

タンパク質が機能する瞬間を量子ビームで捉える

タンパク質は、細胞情報伝達、生体内触媒反応、貯蔵や輸送を行うなど、生命現象を支える重要な生体構成物質です。多数のアミノ酸から成るタンパク質の立体構造はその機能と深く関連しており、機能を発揮する際にどのような構造の変化を起こすのか興味を持たれてきました。しかし、ナノサイズであるタンパク質が、高速の時間スケール（フェムト秒〜ミリ秒）で動く様子を原子の動きまで詳細に捉えるには新たな技術が必要です。当研究室では、X線自由電子レーザー、放射光、電子線などの量子ビームを用いて、タンパク質の中で実際におこっている化学変化や構造変化を可視化し、例えば、光に反応するタンパク質のスイッチ機構や、ユニークな反応を触媒する酵素の反応機構などを明らかにしていきます。また、得られた精密な構造情報を基にタンパク質分子の合理的設計と新機能をもつ分子の創製を目指します。

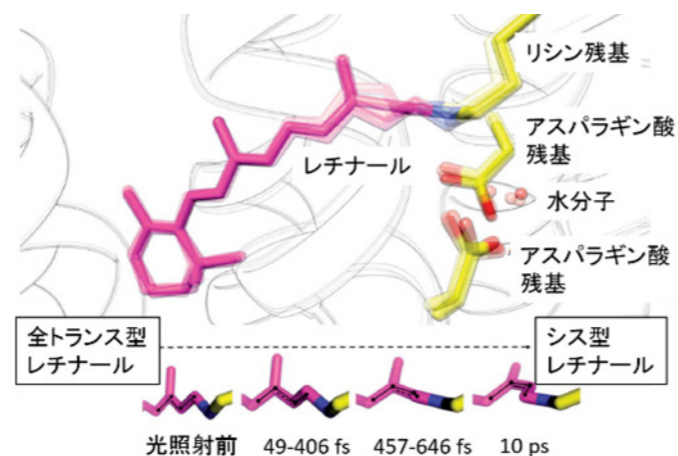


Capturing structural changes in proteins at work by quantum beams

A protein is one of the biomolecules that are essential to the phenomena of life, such as cell signaling, in vivo catalytic reactions, storage and transport. A three-dimensional structure of a protein, which consists of a number of amino acids, is closely related to its function, and there has been an interest in how a protein structurally changes when it functions. However, new techniques are needed to capture the movement of nano-sized proteins on a fast time scale (femtoseconds to milliseconds) at an atomic level.

In our laboratory, we use a quantum beam such as an X-ray free-electron laser, synchrotron radiation, or an electron beam to visualize actual chemical and structural changes in proteins. For instance, we will reveal the switching mechanism of light-sensitive proteins and the reaction mechanism of enzymes catalyzing

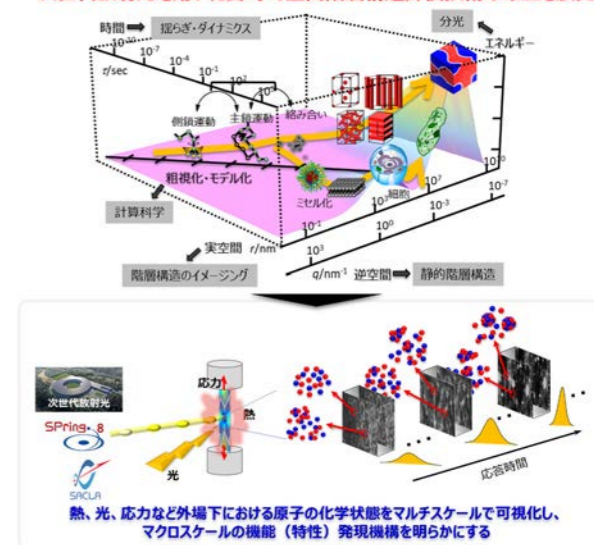
unique reactions. Furthermore, we aim to design and create protein molecules with new functions based on precise information from dynamic structural analysis.



放射光分析を駆使したハイブリッドナノ材料の階層構造ダイナミクス

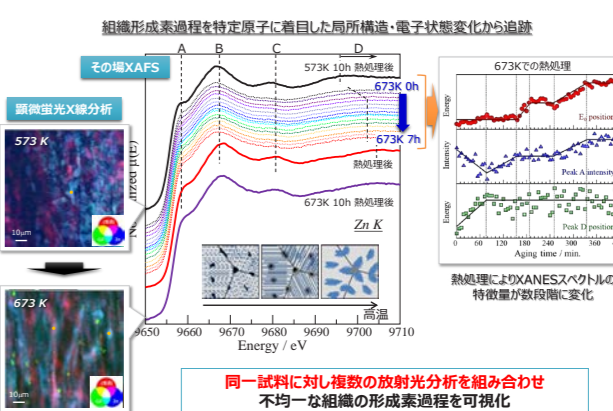
ソフトマテリアルや生体材料は、ナノからマイクロに至る広い時間空間のスケールで複雑な階層構造を形成しています。量子サイズ効果などの新規な物性や優れた機能を発現するナノ粒子を有機分子や高分子と複合化すると、相分離や自己組織化、化学状態・局所構造変化など時間空間のスケールに応じた興味深い現象が生じます。こうしたナノ複合材料の階層構造がなぜ特異な機能を発現するか、どうやってそのような構造を形成するのかを理解することは、新たな複合材料の開発に必要不可欠です。私たちはハイブリッドナノ材料の構造と機能の相関を正しく理解するために、構造形成過程や熱・光・応力など外場下における原子の化学状態・構造・ダイナミクスを、高輝度放射光 X線を用いてマルチスケールで可視化しています。階層的な物質構造化学を深化させ、新奇な機能を担う新原理の発見を目指します。

次世代放射光を用いた動的時空間階層構造評価技術の確立と展開



Dynamics of hierarchical structure for hybrid nanomaterials by synchrotron X-ray analysis

Soft- and bio-materials form complex hierarchical structures in large space-time scale. Nanoparticles combined with organic molecules and polymers cause interesting phenomena such as phase separation, self-assembly, and change of chemical state and local structure with space-time scale. Understanding the function and structure formation dynamics with the hierarchical structure of nanocomposites is essential for the development of new materials. To understand the correlation between the structure and function of hybrid nanomaterials, we use synchrotron X-ray analysis to visualize the chemical state, structure, and dynamics of atoms under reaction. We progress the hierarchical structural chemistry of materials and discover novel functions.







山田 高広 教授  
Takahiro YAMADA, Professor  
takahiro.yamada.b4@tohoku.ac.jp

専門分野・キーワード

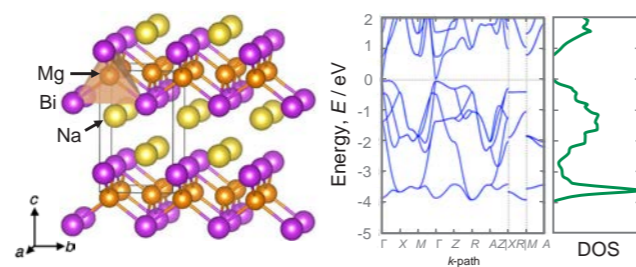
無機物質科学 / ジントル化合物 / 熱電材料 / 低温合成  
inorganic materials science / Zintl compounds / thermoelectric materials / low-temperature synthesis process

主な研究テーマ

- 多元系金属間化合物を対象とした熱電材料の開拓
- 固体窒素源を用いた金属窒化物の合成プロセスの開発と応用
- 新規極性金属間化合物の探索と、機能性材料への応用
- 非酸化セラミックスの新規低温合成プロセスの開発
- Development of thermoelectric materials based on multinary intermetallic compounds
- Development and application of synthetic processes of nitrides using solid nitrogen sources
- Synthesis and characterization of novel polar intermetallics for the development of functional materials
- Development of a low-temperature synthesis process for non-oxide ceramics

新しい無機化合物・機能性材料の開拓と新規合成法の開発

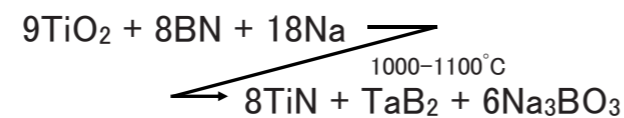
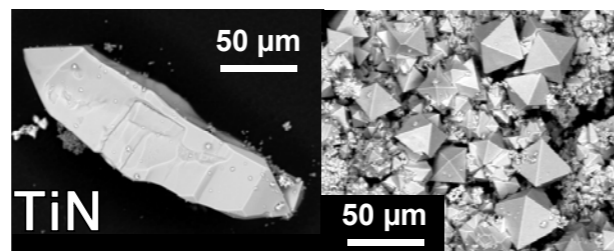
無機材料の多くは金属や合金、酸化物が用いられていますが、窒化物や金属間化合物などの無機化合物も材料としての高いポテンシャルを有しています。多元系の無機化合物には、まだ見出されていないものや、既知化合物であってもその機能が十分に明らかにされていないものが数多く存在します。本研究分野では、新規化合物の探索的な研究や、新規合成法による純良な試料の合成、また、それらの物性評価や機能発現のメカニズムの検証を実験や理論計算によって行うことで、熱電材料、硬質セラミックス・金属材料、超伝導体などの非酸化物系化合物を中心とした新規材料を開拓することを目指します。こうしたボトムアップ型の研究は、従来の材料の概念を一転させるような性能や機能を有した物質の発見につながる可能性もあり、大学において継続して行うべき研究であると考えます。



新規金属間化合物 NaMgBi の結晶構造と電子構造  
Novel intermetallic compound NaMgBi; the crystal structure and calculated electronic structure.

Exploration of novel inorganic functional materials and development of new synthetic processes

Most inorganic materials are based on metals, alloys, and oxides, while inorganic compounds such as nitrides and intermetallic compounds also have high potential as functional materials. There are many inorganic compounds that have not been discovered or whose functions have not been completely revealed and understood. We aim to develop novel inorganic compounds through exploratory synthesis for use as functional materials such as thermoelectric materials, hard materials, and superconductors. We also intend to prepare high-quality samples by new synthetic processes and characterize such compounds by determining their functionalities and demonstrating the mechanism simultaneously through appropriate experimentation and theoretical calculation. These fundamental research efforts can aid the discovery of the so-called game changers in materials science.



窒化ホウ素を固体窒素源に用いた合成法によって TiO<sub>2</sub> から作製された TiN 単結晶粒  
Faceted crystal grains of titanium nitride prepared from TiO<sub>2</sub> and a solid nitrogen source of boron nitride.



佐藤 卓 教授  
Taku J SATO, Professor  
taku@tohoku.ac.jp

専門分野・キーワード

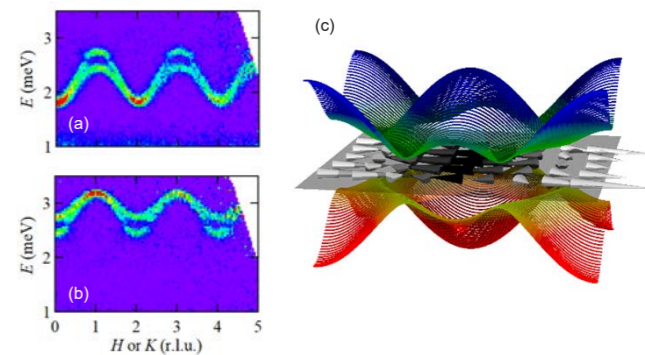
中性子非弾性散乱 / 中性子磁気散乱 / 量子スピン系 / 遍歴電子磁性と超伝導  
neutron inelastic scattering / neutron magnetic scattering / quantum magnets / itinerant electron magnetism and superconductivity

主な研究テーマ

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

中性子非弾性散乱を用いた量子スピン系や遍歴磁性体のスピンダイナミクス研究

我々のグループでは電子スピンの多体相関による新奇な量子相の探索とその解明を目指しています。この目的を達成するため、スピンの動的性質を直接観測することのできる中性子非弾性散乱を主たる実験手法としています。近年量子系の性質をその連続変形に対する不変性（トポロジー）を用いて理解する方法論が盛んに研究されています。電子系におけるトポロジカル絶縁体はその代表的な例です。我々はこのようなトポロジカルな性質を磁性体における素励起（準粒子）に対して探索し、量子反強磁性ダイマ—物質 Ba<sub>2</sub>CuSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub> においてトポロジカルな磁気準粒子励起を発見しました。他にも磁性体中のトポロジカルな磁気テクチャーである磁気スカーミオンの遅いダイナミクスの解明等、電子スピン集団のトポロジカルな性質の解明が進んでいます。



(a,b) Observed dispersions of triplons along H (or K) with the K (or H) integrated around (a) K (or H) = 0, or (b) K (or H) = -1. The integration range is  $|\Delta K|$  (or  $|\Delta H|$ ) < 0.1. (c) Calculated modeled dispersions with the fictitious magnetic field shown by the arrows.

Neutron inelastic scattering study on spin dynamics in quantum and itinerant magnets

Quest for novel quantum phases and elucidation of them in correlated-many-electron or quantum-spin systems is at the heart of condensed matter physics for decades, and has been our mission. Neutron inelastic scattering is a powerful tool to achieve this goal, enabling us to directly observe spin dynamics in condensed matter. Recently, the advantage of using invariance on continuous deformation (topology) becomes widely recognized for elucidating physical properties of many-body quantum systems; a celebrated example may be electronic topological insulator. We searched for such topological states in quantum magnets, and found topologically nontrivial quasiparticles (triplons) in the quantum dimerized antiferromagnet Ba<sub>2</sub>CuSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>.

Another recent discovery is the intriguing slow dynamics of the lattice of skyrmions, a topological spin texture in an itinerant chiral magnet. Our activity to find and understand novel quantum phases, in particular characterized by its topological nature, is advancing.



ナノスケール磁気機能研究分野  
岡本聡研究室

Nanoscale Magnetism  
Satoshi OKAMOTO Lab



専門分野・キーワード

磁性材料/磁気計測/スピンドYNAMICS/高周波磁気応答  
Ferromagnetic materials / magnetization measurements / spin dynamics / high-frequency magnetic response

主な研究テーマ

- ・低損失軟磁性材料およびデバイス創成
- ・高性能永久磁石材料の原理研究
- ・超高密度磁気記録技術の開発
- ・高周波磁気応答の挙動解明
- ・超高感度スピンドYNAMICS計測技術開発
- ・Low-loss soft magnetic materials and devices
- ・Magnetization reversal processes of the high-performance permanent magnets
- ・Ultra-high-density magnetic recording technology
- ・High frequency spin dynamics
- ・Ultra-high sensitive spin dynamics measurements

岡本聡 教授

Satoshi OKAMOTO, Professor

satoshi.okamoto.c1@tohoku.ac.jp

菊池 伸明 准教授

Nobuaki KIKUCHI, Associate Professor

谷口 卓也 助教

Takuya TANIGUCHI, Assistant Professor

石上啓介 助教

Keisuke ISHIGAMI, Assistant Professor

ハイブリッドナノシステム研究分野  
蟹江澄志研究室

Hybrid Nano System  
Kiyoshi KANIE Lab



専門分野・キーワード

有機無機ハイブリッドナノ粒子/ハイブリッド液晶/ナノ粒子ミストデポジション/  
人工リン脂質材料

Organic-Inorganic Hybrid Nanoparticles / Hybrid Liquid Crystals / Nanoparticles-based Mist-Deposition / Phospholipids-based Artificial Materials

主な研究テーマ

- ・有機無機ハイブリッドナノ粒子のデザイン・合成
- ・サイズ・形態制御無機ナノ粒子の精密液相合成法開拓
- ・ミストデポジション法による機能性薄膜の作製
- ・刺激応答性人工リン脂質の設計・合成とマクロ自己組織構造制御
- ・機能性イオン液体の分子設計による新たな抽出プロセス開発
- ・Design and Synthesis of Organic-Inorganic Hybrid Nanoparticles
- ・Liquid Phase Precise Synthesis of Inorganic Nanoparticles Controlled in Size and Shape
- ・Development of Functional Thin Films by Mist-Deposition Method
- ・Design and Synthesis of Stimuli-responsive Artificial Phospholipids and Control of the Macro-scale Self-Organized Structures
- ・Development of Novel-type Extraction Process by Molecular-level Design of Task-specific Ionic Liquids

蟹江澄志 教授

Kiyoshi KANIE, Professor

kanie@tohoku.ac.jp

松原正樹 講師

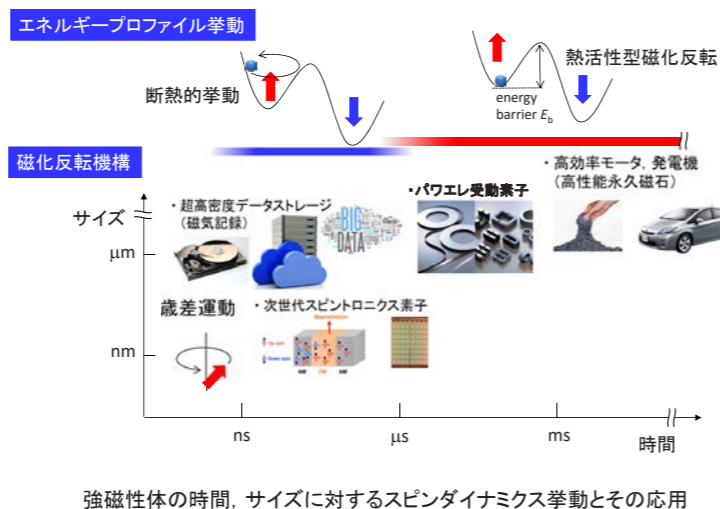
Masaki MATSUBARA, Senior Assistant Professor

陶山めぐみ 助教

Megumi SUYAMA, Assistant Professor

ナノスケールでの強磁性体の機能解明と高性能磁気デバイスの創出

強磁性体は情報通信、電子部品、モーター、発電機など、社会の至るところで広く活用されています。これら様々な磁気デバイスの多様な機能性は、すべてナノスケールでのスピンの振舞いにより発現するものです。つまり、ナノスケールでの磁気機能解明と高制御化が磁気デバイスの高性能化の鍵となります。例えば、マイクロ波周波数領域のスピンの振舞いを制御する記録技術(マイクロ波アシスト磁気記録方式)により、ハードディスクの記録密度を飛躍的に高められると期待されています。また電気自動車の高性能モーターに不可欠な永久磁石材料においても、ナノスケールでの粒子表面の磁化状態がマクロな永久磁石特性を決定付けており、高性能化を実現するための表面磁化状態の制御手法について研究を進めています。当研究分野では、このナノスケールにおける磁気機能解明とその制御に軸足を置き、次世代高性能磁気デバイスの創出を目指しています。



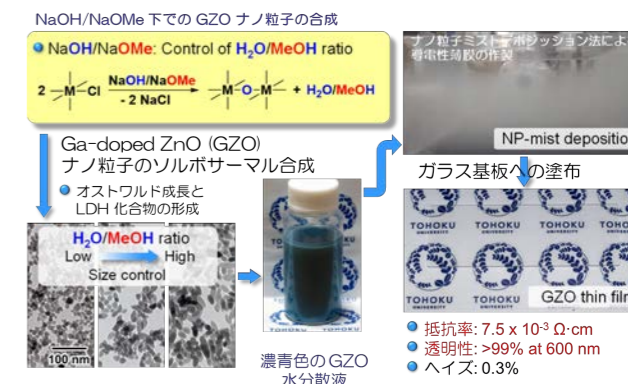
Nano-scale physical properties of ferromagnetic materials and developments of advanced magnetic devices

Ferromagnetic materials are widely utilized for various fields such as information communication technology, electronic devices, motors, generators, and so on. These various functionalities of magnetic devices are governed by the nano-scale spin dynamics. Therefore, it is essentially important to understand the physics of nano-scale spin dynamics and to control it for the advanced magnetic devices. For example, the recording density of hard-disk drives can be significantly increased by controlling the spin dynamics of microwave frequency range, i.e., microwave-assisted magnetic recording technology. The high-performance permanent magnets,

which are indispensable for traction motors of electric vehicles, can be developed by controlling the nano-scale spin dynamics at the grain surfaces.

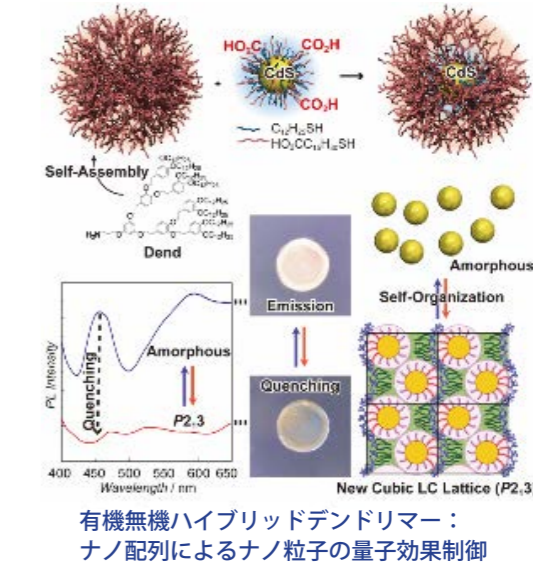
Functional Materials based on Multidisciplinary Precise Synthesis Across Organic, Inorganic, and Bio

Functional materials have large potentials for our sustainable future life. From this viewpoint, development of novel functional materials is an indispensable target for scientists to improve qualities of future society and life. To date, we have designed and synthesized novel-types of functional materials beyond the conventional frameworks of organic, inorganic, and biochemical syntheses. Especially, "hybridization" of unique features of materials is not only become a simple technique to combine the properties but also lead to induce novel-functions through synergistic effect of the materials. Based on this concept, we have successfully developed hybrid functional materials such as i) quantum effect-tunable nanoparticles by the control of the nanoparticle-based self-organized structures, ii) nanoinks to obtain functional thin films by mist-deposition, and iii) stimuli-responsive artificial phospholipids forming lamella and giant vesicle structures.



有機・無機・バイオにわたる多元精密合成に基づく機能性材料

機能性材料は、私たちの豊かな生活を支える縁の下の力持ちです。それ故、あらたな機能性材料の開発は、未来をより豊かなものとする上でとても大切です。私たちは、従来の有機・無機・バイオの枠組みにとらわれず、自由な発想であらたな機能性材料を設計・合成しています。なかでも複数の材料の長所を“ハイブリッド化”することは、長所の単なる重ね合わせに留まらず、予想を超えた相乗機能の発現、すなわち、あらたな機能性材料の発見に繋がります。この思想の元、これまでに、i) 無機ナノ粒子への自己組織性の付与による量子効果の制御、ii) 霧化して塗布することで機能性薄膜となるナノインク、iii) 可逆的な刺激応答性を有する脂質二分子膜材料など、“ハイブリッド化”に基づく機能性材料を世に送り出してきました。豊かな将来のため、これからもあらたな機能性材料の発見に取り組みます。





ナノ機能物性化学研究分野  
組頭広志研究室

Nano Physical Chemistry  
Hiroshi KUMIGASHIRA Lab



専門分野・キーワード

機能性ナノ物質／酸化物エレクトロニクス／表面・界面物性／放射光電子分光  
Functional nanomaterials / Oxide electronics / Surface and interface physical properties / Photoemission spectroscopy

主な研究テーマ

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

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

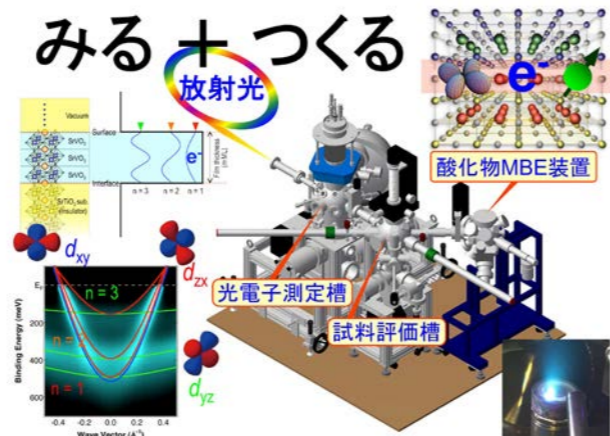
吉松 公平 准教授  
Kohei YOSHIMATSU, Associate Professor

志賀 大亮 助教  
Daisuke SHIGA, Assistant Professor

鈴木 博人 助教 (FRIS)  
Hakuto SUZUKI, Assistant Professor

酸化物ナノ構造を自在に設計・合成し、新しい機能物性を創造する。

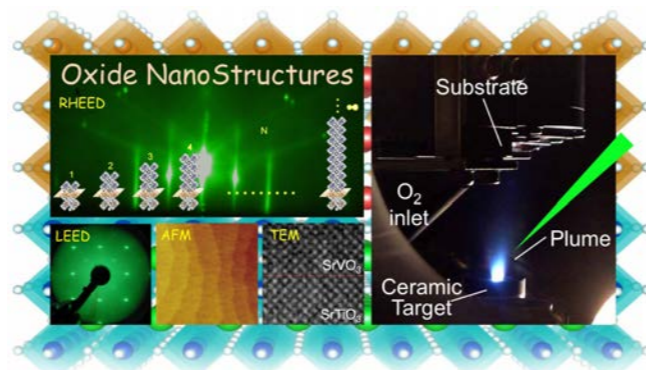
酸化物の中には、高温超伝導や光触媒などの驚くべき機能物性を示すものがあります。いわば「天才児」達です。当研究室では、この「天才児」の振る舞いを高輝度放射光を用いて可視化し、その知見に基づいて新たな機能性ナノ物質を開発することに取り組んでいます。具体的には、酸化物分子線エピタキシー (MBE) という酸化物ナノ構造を原子レベルで制御しながら「つくる」技術と、放射光を用いた先端計測 (角度分解光電子分光・内殻吸収分光など) という化学・電子状態を「みる」技術とを高いレベルで融合することにより、酸化物の類い希な物性を設計・制御しながら新しい機能性ナノ物質の開拓を推進しています。さらには、酸化物ナノ構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



Control and design of novel functionalities in oxide nanostructures

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

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



無機固体材料合成研究分野  
山根久典研究室

Inorganic Crystal Structural Materials Chemistry  
Hisanori YAMANE Lab



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  
inorganic structural chemistry / solid state materials chemistry / ceramics / materials synthesis

主な研究テーマ

- 新規多元素無機固体物質探索と構造解析および結晶化学的研究
- 活性金属を利用した非酸化物系セラミックスの新規合成プロセスの開拓
- 多元素系窒化物および酸化物蛍光体の探索
- X線異常散乱を利用した結晶構造中のサイト・元素解析
- Synthesis, crystal structure analysis, and characterization of new multinary inorganic compounds
- Synthesis of nitrides, carbides and silicides using a Na flux
- Development of novel synthetic routes for advanced ceramic materials using active metals
- Structure analysis for direct determination of site occupancy for a specific element using X-ray anomalous scattering

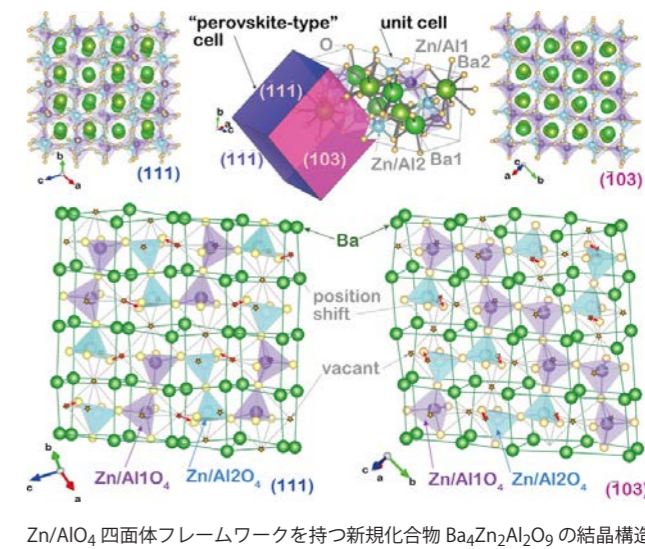
山根 久典 教授  
Hisanori YAMANE, Professor  
hisanori.yamane.a1@tohoku.ac.jp

志村 玲子 准教授  
Rayko SIMURA, Associate Professor

高橋 純一 助教  
Junichi TAKAHASHI, Assistant Professor

多元系新規無機化合物の合成と結晶構造化学

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

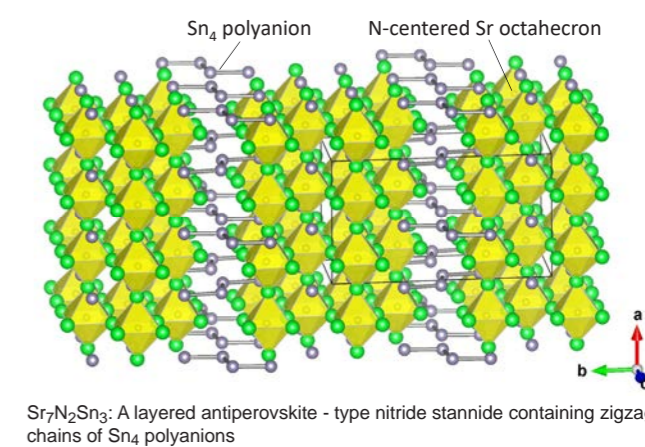


Zn/AlO₄四面体フレームワークを持つ新規化合物 Ba₄Zn₂Al₂O₉の結晶構造

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

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

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



Sr₇N₂Sn₃: A layered antiperovskite-type nitride stannide containing zigzag chains of Sn₄ polyanions





亀岡聡 教授  
Satoshi KAMEOKA, Professor  
satoshi.kameoka.b4@tohoku.ac.jp

藤田伸尚 講師  
Nobuhisa FUJITA, Senior Assistant Professor

専門分野・キーワード

金属触媒材料／金属間化合物／準結晶／ハイパーマテリアル  
metallurgy for catalytic materials / intermetallics / quasicrystals / hypermaterials

主な研究テーマ

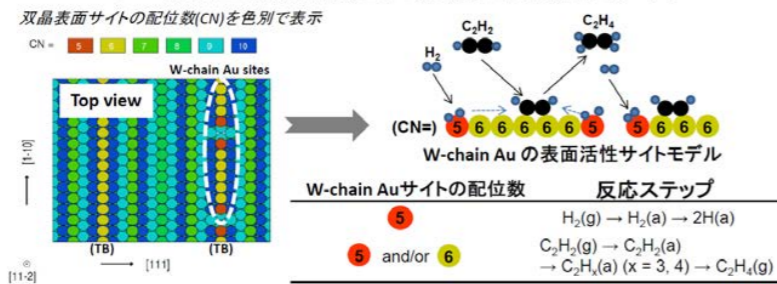
- 金属間化合物とその組織制御を用いた新奇触媒材料の創製
- 金属箔型触媒材料のメタラジ
- 貴金属代替合金触媒材料に関する研究
- ハイパーマテリアルの新規創製・構造解析・物性評価
- 準結晶関連物質の電子構造と構造安定化メカニズム
- Creation of novel catalytic materials using intermetallic compounds and their microstructure control
- Metallurgy for structured metallic catalysts
- Research on precious metals alternative alloys
- Novel creation, structural analysis, and physical property evaluation of hypermaterials
- Electronic structure and structural stabilization mechanism of quasicrystal-related materials

金属学に基づく新奇金属触媒材料創製と新規合金構造モデルの提案

我々は、金属学に基づく視点から新たな構造と機能を有する金属・合金に関する基礎研究および材料開発を行っています。研究の柱は、バルク金属を対象として優れた触媒機能を持つ金属・合金触媒を設計・調製することであり、特に各種金属・合金への活性化処理（リーチング、水素吸蔵、酸化など）を行うことによる新奇触媒材料調製プロセスの開発を行っています。また同時に、準結晶関連物質（ハイパーマテリアル）の新規合成やX線構造解析、構造モデリングにも取

り組んでおり、得られた知見に基づいてハイパーマテリアルの触媒材料としての応用の可能性を探索しています。最近の成果として、例えば、触媒的に不活性と思われてきたバルク状金でも触媒活性サイトとなる低配位数（配位不飽和）のサイトが形成されるような活性化処理を施すことで高いアセチレンの部分水素化活性を示すようになるなど新奇機能の発見とその活性発現機構の提案を行いました。

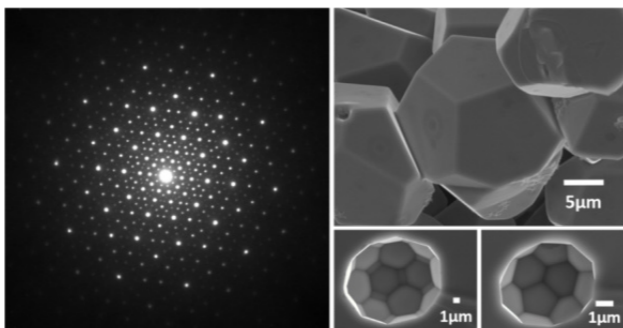
ポラス金の双晶表面に形成された活性サイト



Creation of catalysts in terms of metallurgy and exploration of alloys with novel structures

The research of our laboratory is focused on creation of catalytic materials with excellent properties in terms of metallurgy and exploration of alloys with novel structures. The main research theme is to design and fabricate metallic materials with novel catalytic functions. We will create a catalytic material with a unique structure and morphology that cannot be obtained using conventional chemical methods. We will also study about the synthesis and structure of quasicrystal related intermetallic compounds, to take advantage of the knowledge gained as the basis of novel catalyst development.

Icosahedral quasicrystal, i-AlPdRu, obtained by annealing an arc melted alloy ingot for more than 2 weeks at 1000°C (ED and SEM).



殷澍 教授  
Shu YIN, Professor  
shu.yin.b5@tohoku.ac.jp

長谷川拓哉 講師  
Takuya HASEGAWA, Senior Assistant Professor

大川采久 助教  
Ayahisa OKAWA, Assistant Professor

専門分野・キーワード

複合アニオン化合物／ソルボサーマルプロセス／セラミックスの形態制御／環境応答機能

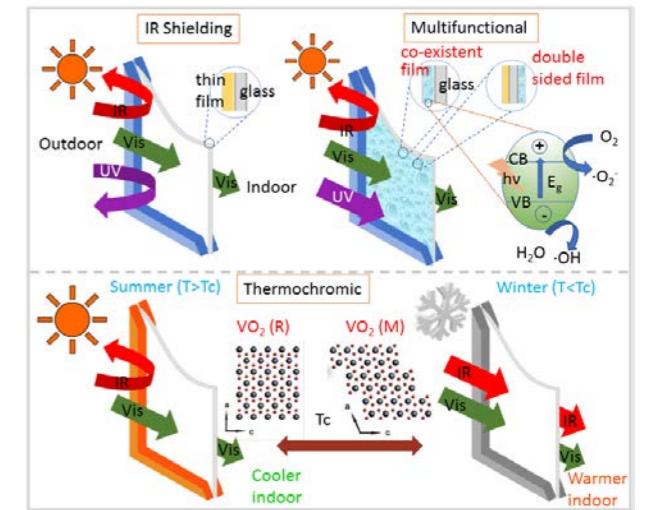
Mixed Anion Compounds / Solvothermal Process / Morphological Control of Ceramics / Environmental Responsive Functionality

主な研究テーマ

- 環境に優しいプロセスによる機能性無機材料の開発
- 複合アニオン型高感度可視光応答光触媒の合成とマルチ機能性の実現
- 無機紫外線・赤外線遮蔽及び透明導電性薄膜の開発
- 半導体ナノ材料のガスセンサー特性
- 希土類含有光機能性ナノ材料の合成
- Development of inorganic functional materials by environmental friendly processes
- Synthesis of mixed-anion type high sensitive visible light responsive photocatalysts and their multifunctionality
- Development of inorganic ultraviolet / infrared light shielding and transparent electric conductive thin films
- Gas sensing property characterization of semiconductor nanomaterials
- Synthesis of rare-earth contained photo-functional nanomaterials

ソルボサーマル反応による環境応答性無機ナノマテリアルの創製

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

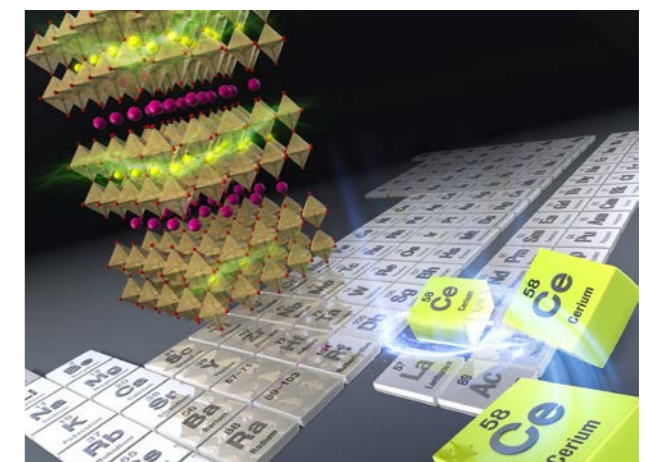


赤外線遮蔽スマートウィンドウ作動モデル  
Working models for IR shielding smart windows

Creation of Environmental Responsive Inorganic Nanomaterials by Solvothermal Reaction

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

The creation of environmental responsive inorganic functional materials with novel applications on environmental harmony, high-efficiency energy utilization, and responsivity related to photon and chemicals is carried out.



Ce<sup>3+</sup> 導入層状ペロブスカイトのイメージ図  
Schematic image for novel Ce<sup>3+</sup>-introduced layered perovskite



物質変換無機材料研究分野  
加藤英樹研究室

Inorganic Materials for Chemical Transformation  
Hideki KATO Lab



専門分野・キーワード  
光触媒/無機材料化学/エネルギー変換  
Photocatalyst / Inorganic material chemistry / Energy conversion

- 主な研究テーマ
- 光触媒による水分解
  - 光電気化学的エネルギー変換
  - バイオマス変換のための固体酸塩基触媒の開発
  - 物質変換のための新物質開拓
  - Photocatalytic water splitting
  - Photoelectrochemical energy conversion
  - Development of solid acid-base catalysts for biomass conversion
  - Exploration of new inorganic compounds

加藤 英樹 教授  
Hideki KATO, Professor

hideki.kato.e2@tohoku.ac.jp

吉野 隼矢 助教  
Shunya YOSHINO, Assistant Professor

徐 鉅威 助教  
Chu-Wei Hsu, Assistant Professor

超臨界ナノ工学研究分野  
告居高明研究室

Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies  
Takaaki TOMAI Lab



専門分野・キーワード  
超臨界流体/ナノ材料/プロセス工学/電気化学/カーボンニュートラル  
Supercritical fluids / Nanomaterials / Process engineering / Electrochemistry / Carbon neutral

- 主な研究テーマ
- 超臨界流体によるナノ材料の高度制御合成
  - ナノ材料の複階層構造制御
  - 炭素循環に資する革新的水熱電気化学プロセス
  - ナノ材料を用いた高効率物質-エネルギー変換
  - 界面精密設計による高性能電気化学デバイス開発
  - Nanomaterials synthesis in supercritical fluid
  - Control of multi-scale hierarchical structure of nanomaterial
  - Innovative hydrothermal electrochemical processes for carbon neutral
  - Highly efficient material-energy conversion using nanomaterials
  - Development of highly efficient electrochemical devices by precise design of catalysts-electrolyte interface

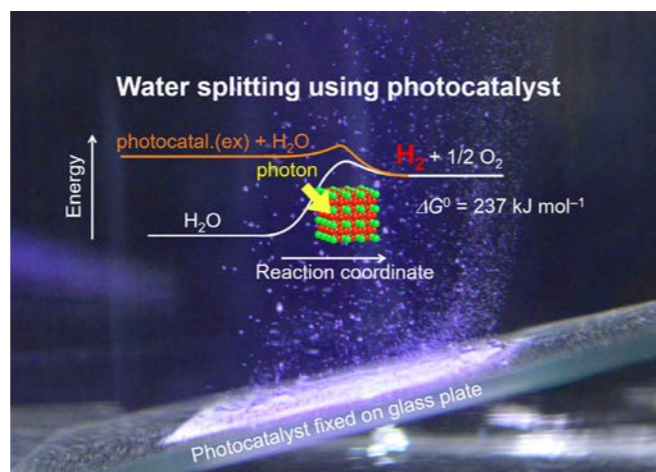
告居 高明 教授 (FRIS)  
Takaaki TOMAI, Professor

takaaki.tomai.e6@tohoku.ac.jp

岩瀬 和至 講師  
Kazuyuki IWASE, Senior Assistant Professor

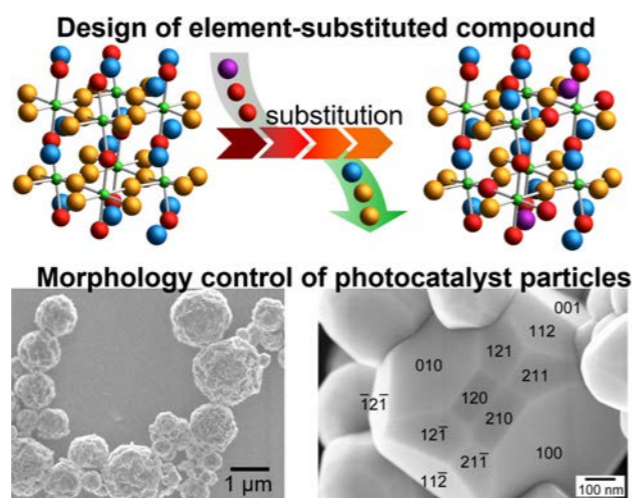
持続可能社会のための高機能な物質変換無機材料開発

当研究室では持続可能社会に不可欠な人工光合成やバイオマス変換のための無機材料開発を行っています。酸化物、硫化物、酸窒化物、およびリン酸塩など多様な無機物質を対象として、結晶構造、構成元素、表面構造などの観点から無機材料の高機能化を図っています。人工光合成では半導体光触媒による水分解に注力し、より長波長の光に反応し、より高い量子収率で水を分解できる光触媒系の構築を目指し、バンドポテンシャル制御による応答波長と反応特性制御、反応活性点導入およびキャリアトラップ制御のための表面修飾、そして合成プロセスおよびポスト合成処理に着目して光触媒開発を進めています。また、バイオマス資源からの有用化学物質製造のための固体酸塩基触媒開発および反応プロセス開発も行っています。さらに、無機材料化学の視点から光触媒や固体酸塩基触媒として機能する新物質の設計・開拓も行っています。



Construction of highly active inorganic materials for chemical reactions

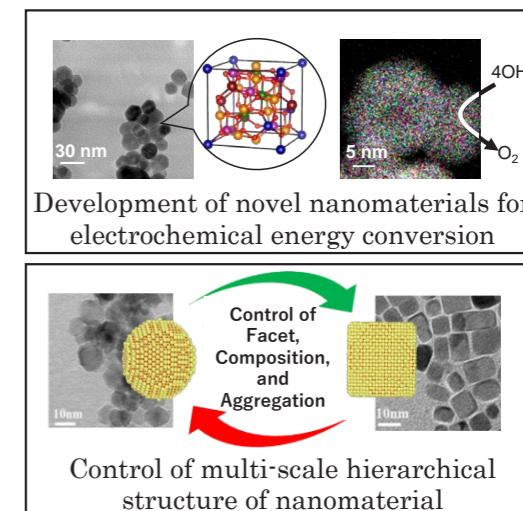
Our research interest is focused on construction of high-performance inorganic materials for artificial photosynthesis and biomass conversion, which are very important techniques in sustainable society. For artificial photosynthesis, we are making an effort to construct semiconductor photocatalysts with response to longer wavelengths and higher quantum yields. To achieve it, we examine control of band gaps and reactivity of electrons/holes through band potential tuning, surface modification for introduction of active sites and control of carrier traps, and synthesis processes. We also study properties of complex oxides as solid acid-base catalysts for biomass conversion. In addition, we are exploring new inorganic compounds capable of application to photocatalysts and solid acid-base catalysts.



超臨界流体による革新的ナノ材料創製と革新的物質変換プロセス開拓

超臨界状態では水と有機物が均一に混ざり合うなど、通常の圧力、温度では為しえない溶媒物性操作が可能となります。この超臨界流体の特徴を利用すると、通常合成できないユニークなナノ材料が合成できます。我々の研究では、材料合成プロセス独自設計により新規ナノ材料を開発し、それらの材料を低温廃熱や再生可能エネルギーで駆動する革新的物質-エネルギー変換プロセスの触媒材料に展開することを目指して研究を行っています。物質の組成・構造を始め、ナノ粒子の分散・凝集（ポーラス構造）に至る複階層構造を精密に制御することでプロセス・デバイス特性の向上に取り組んでいます。

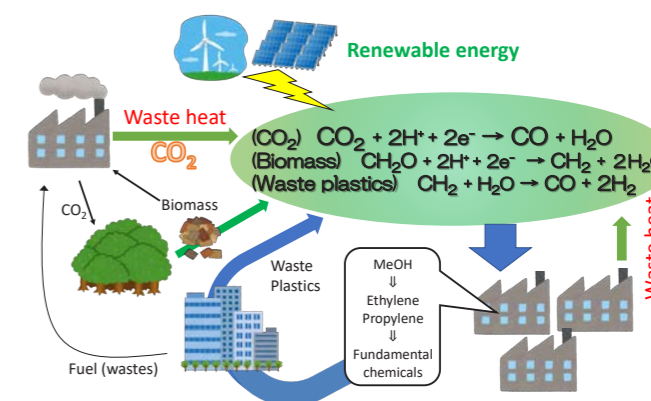
さらに上記の超臨界流体の物性に着目し、超臨界・亜臨界流体を反応場として用いた電気化学変換系、具体的には二酸化炭素電解や水電解に応用し、高温高圧の電気化学系の学理構築にも取り組んでいます。上記を通じて、持続可能な社会の実現に貢献することを目指します。



Development of Novel Nanomaterials and Innovative Material Conversion Processes Using Supercritical Fluids

The high controllability of solvent properties is the advantage of supercritical fluid. For example, supercritical water is miscible with organic compounds. The unique characteristics of supercritical fluids enable the synthesis of unique nanomaterials that cannot be synthesized under conventional synthesis process. Our research group aims to develop innovative chemical process driven by low-temperature waste heat and renewable energy by designing unique nanomaterial. We are working on improving process/device by precisely controlling multi-scale hierarchical structure of nanomaterial from the composition and crystalline structure to the dispersion/aggregation (porous) structure. Moreover, we are developing electrochemical material-energy conversion systems using supercritical and subcritical fluids as reaction fields by focusing on their unique properties, specifically carbon dioxide and water

electrolysis. Through our research efforts, we aim to establish scientific principles for high-temperature, high-pressure electrochemical energy conversion systems and contribute to realizing a sustainable society.



Our target: Carbon circulation utilizing renewable energy and waste heat



光物質科学研究分野  
佐藤俊一研究室

Laser Applied Material Science  
Shunichi SATO Lab



佐藤 俊一 教授  
Shunichi SATO, Professor  
sato@tohoku.ac.jp

専門分野・キーワード

レーザー/フォトリソ/材料科学/電子光学  
laser / photonics / materials science / electron optics

主な研究テーマ

- ・高強度光の場における物質変換プロセス
- ・構造化光の発生とビーム特性の解析
- ・構造化光を用いたナノイメージングと新規レーザー加工法
- ・フェムト秒パルスレーザー加工
- ・レーザー光と電子の相互作用
- ・Material conversion process in intense optical field
- ・Generation and analysis of structured light
- ・Development of nano-imaging and novel laser processing by structured light
- ・Femtosecond laser pulse processing
- ・Interaction between laser light and electron

小澤 祐市 准教授  
Yuichi KOZAWA, Associate Professor

上杉 祐貴 助教  
Yuuki UESUGI, Assistant Professor

田辺 綾乃 助教 (SAKURA)  
Ayano TANABE, Assistant Professor

固体イオニクス・デバイス研究分野  
雨澤浩史研究室

Solid State Ionic Devices  
Koji AMEZAWA Lab



雨澤 浩史 教授  
Koji AMEZAWA, Professor  
koji.amezawa.b3@tohoku.ac.jp

専門分野・キーワード

固体イオニクス/エネルギー変換/オペランド分析/電気化学  
solid state ionics / energy conversion / operando analysis / electrochemistry

主な研究テーマ

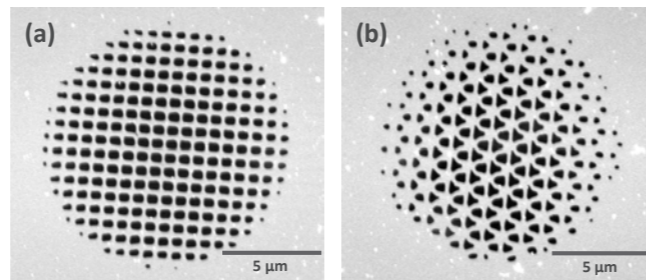
- ・燃料電池/蓄電池の高性能化・高信頼性化
- ・電気化学エネルギー変換デバイス評価のための高度オペランド分析技術の開発
- ・ヘテロ界面における電気化学現象に関する基礎研究
- ・新規固体イオニクス材料の設計と創製
- ・Improvement of performance and reliability of fuel cells and rechargeable batteries
- ・Development of advanced operando analytical techniques for electrochemical energy conversion devices.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

中村 崇司 准教授  
Takashi NAKAMURA, Associate Professor

木村 勇太 助教  
Yuta KIMURA, Assistant Professor

光科学と物質科学の融合研究

レーザーを中心とする最先端のフォトリソ技術を駆使して、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見、プロセスの開発などを大きな目標としています。現在進めている主たる研究テーマは、高強度光の場における物質変換プロセス開発と、構造化光に関する総合的な研究、レーザー光と電子の相互作用に関する研究です。具体的には、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た新規物質の合成、光（電磁波）の振幅、位相、偏光に空間的な構造を持たせた光（構造化光）を設計・合成し、未知なる光の特性の開拓とレーザー加工や超解像顕微鏡などへの総合的な基礎と応用研究、さらに、光と電子の相互作用を利用した、光による電子の位相と振幅の空間的な制御方法の開発を進めています。

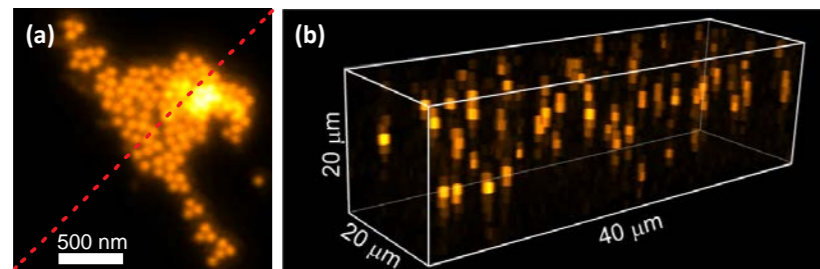


厚さが 10 nm の支持基板のない Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 薄膜を (a) 4 光束および (b) 6 光束シングルショットレーザー干渉加工により作製した 2 次元格子の例。

Multidisciplinary research of photonics and materials science

We are intentionally and intensively attempting to make the best use of the excellent properties of lasers for the advancement of materials science. The state-of-the-art photonics technologies are our useful and essential tools. Our current research themes are the development of material conversion processes in high-intensity light fields, comprehensive research on structured light, and research on the interaction between laser light and electrons. Concretely, we are involved in the synthesis of new materials using a strong optical field formed by

a focused femtosecond laser pulse as a field for new non-equilibrium, nonlinear, and ultrafast processes. Designing and synthesizing of structured light with inhomogeneous spatial distributions of amplitude, phase and polarization for its comprehensive basic and applied research on laser processing and super-resolution microscopy are also our important research projects. Moreover, we are developing a method for spatially controlling the phase and amplitude of electrons by light using the interaction between light and electrons.

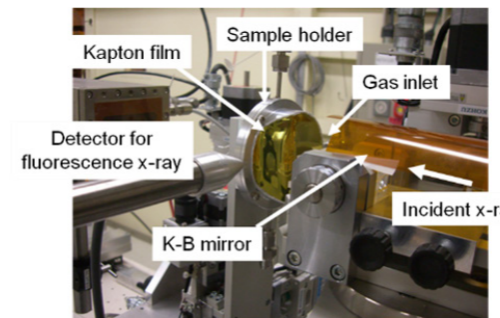


Structured light innovates (a) super-resolution microscopy and (b) high speed three-dimensional microscopy. In (a), each bead was clearly recognized in the lower righthand side. In (b), Brownian motion of floating beads is volumetrically imaged.

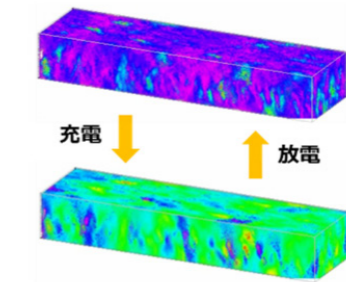
環境にやさしいエネルギー変換デバイスの実現・普及に向けて

環境問題、エネルギー問題を解決し、持続可能社会を実現することは、21世紀の科学者・技術者に課せられた大きな課題です。我々の研究室では、これらの問題の解決に資する、燃料電池や蓄電池など、環境にやさしいエネルギー変換デバイスの実現・普及のための基礎研究を行っています。特に、固体でありながらその中をイオンが高速移動できる“固体イオニクス”材料に着目し、固体におけるイオン輸送、界面反応、欠陥構造についての学理を探究すると共に、それに基づ

く機能設計、材料開発を行っています。また、固体イオニクスデバイスにおける材料、反応に関する理解を深化させるべく、高温/制御雰囲気/通電といった特殊なデバイス動作環境下でのオペランド分析を可能とする高度計測技術の開発も行っています。以上の研究を通し、固体イオニクス材料を利用した環境調和型エネルギー変換デバイスの開発ならびに高性能化・高信頼性化に取り組んでいます。



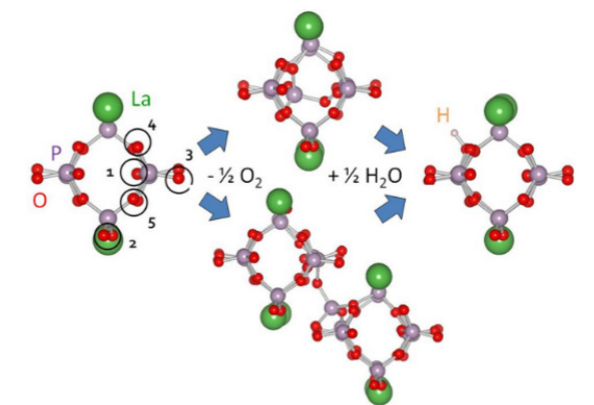
高温雰囲気制御型オペランドマイクロX線吸収分光計測装置



オペランド測定による蓄電池合材電極反応の3D可視化

Toward the development of environmental-friendly energy conversion devices

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



第一原理計算による希土類メタリン酸塩におけるプロトン伝導の発現機構モデル



環境適合素材プロセス研究分野  
**桒上洋研究室**

Environmental-Conscious Material Processing  
**Hiroshi NOGAMI Lab**



**桒上洋 教授**  
 Hiroshi NOGAMI, Professor  
 nogami@tohoku.ac.jp

専門分野・キーワード

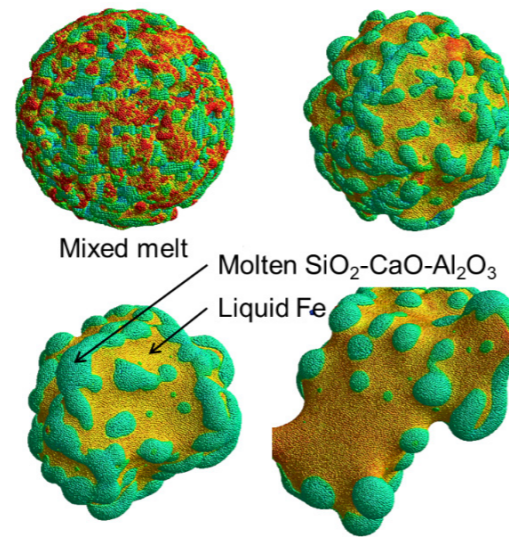
プロセスシミュレーション/移動現象/多相流/熱工学  
 process simulation / transport phenomena / multiphase flow / thermal engineering

主な研究テーマ

- ・素材製造プロセスの多相反応シミュレータ開発
- ・新規エネルギー変換・貯蔵・回収プロセスの開発
- ・反応・移動現象高効率化のための境界制御技術開発
- ・充填層内分散相挙動の幾何的・トポロジカル解析
- ・相変化を伴う融体の界面ゆらぎ構造形成メカニズムの解明
- ・Reaction process simulator for material production
- ・Development of energy recovery, conversion and storage
- ・Boundary layer control to improve reaction and transport processes
- ・Geometrical/Topological analysis of behavior of dispersed phase in packed bed
- ・Exploration of formation mechanism of interfacial fluctuation structure of phase change melts

反応性熱流体解析による革新的素材プロセスの開発

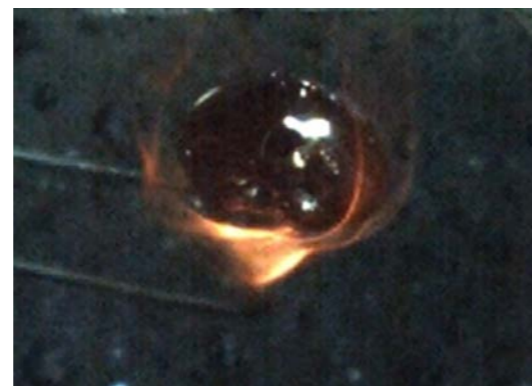
鉄鋼に代表される各種基盤材料の製造プロセスは、その製造量の膨大さから、資源・エネルギーの消費量も膨大で、これらを抑制し、循環型社会の実現に資するための変革が求められています。その方策として、現行プロセスの高効率化、資源対応の強化、革新的プロセスの開発などがあり、その実現のためには、熱力学的なプロセス原理に加えてプロセス内部で生じる微視的な現象や原料の反応特性を理解し、新たなプロセスを設計していく必要があります。本研究分野では、環境適合型のプロセス開発に向けて、各種素材原料の物性値や反応特性の熱力学、熱工学、移動現象論や反応工学などの手法による解明、素材製造プロセスに広く見られる混相流動現象の流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



不混和二液体の分離過程

Development of novel material processing through process analysis based on reactive thermal fluid analysis

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



High-speed imaging of envelope flame formed around FeS<sub>2</sub> sample

材料分離プロセス研究分野  
**柴田浩幸研究室**

Materials Separation Processing  
**Hiroyuki SHIBATA Lab**



**柴田浩幸 教授**  
 Hiroyuki SHIBATA, Professor  
 hiroyuki.shibata.e8@tohoku.ac.jp

専門分野・キーワード

ケイ酸塩/熱物性/凝固結晶成長/精錬プロセス/その場観察  
 silicates / thermophysical property / solidification process / refining process / in-situ observation

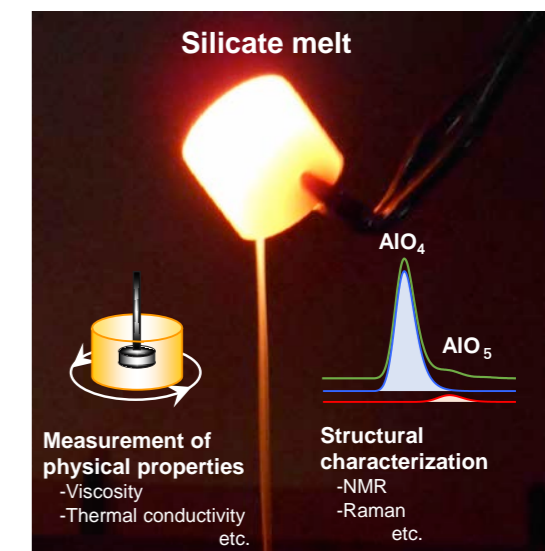
主な研究テーマ

- ・ケイ酸塩融体およびガラスの物理化学的性質と構造
- ・次世代材料シリコンカーバイドの溶液成長
- ・金属および酸化物過冷却液体の凝固メカニズム
- ・鉄鋼スラグのリサイクル
- ・高効率な硫化スズ太陽電池の実現
- ・放射性廃棄物の安定化・固定化技術開発
- ・Structure and physicochemical properties of silicate melts and glasses
- ・Solution growth of SiC crystal
- ・Solidification mechanism of metallic and oxide super-cooled liquids
- ・Recycling of steel slag
- ・Realization of high efficiency SnS solar cells
- ・Development of immobilization and stabilization technology for radioactive waste

**助永 壮平 准教授**  
 Sohei SUKENAGA, Associate Professor

高効率素材製造プロセスのための高温界面物理化学

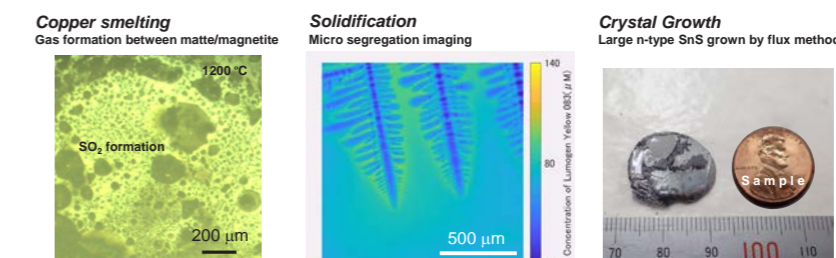
素材の精錬・製造・リサイクルの各種プロセスでは、さまざまな元素から成る固体・液体・気体が互いに高温で反応しながら進行します。その原理を理解し、プロセスの高効率化を実現するには、異相間の化学的、物理的な分離過程を明らかにする必要があります。そのために欠かせないのが、高温での各相や異相間の界面の化学的、物理的性質です。例えば熔融ケイ酸塩や金属融体の熱伝導率、粘性は高温の精錬プロセスで極めて重要な働きをします。これらの物性値はその物質の構造を敏感に反映するため、物性の発現機構を物質の構造との関連から解明しています。このように、材料物性とプロセスは密接に関わるため、『物性研究とプロセス研究の融合』をモットーに研究を進めています。また、材料の分離プロセスや結晶成長に関わる界面での反応機構を、高温での反応場の直接観察を通じて解明しています。これらを基に実際の素材製造プロセスの高効率化や新規プロセスの開発を目指しています。



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

Recycling, refining and solidification processes of materials are important to sustain high efficiency process for manufacturing products. Each material separation process is governed by many chemical and thermophysical properties of materials and interfaces among materials. "Fusion of materials processing research and physicochemical property research" is our

motto for realizing sustainable society. Functions of the materials should be clarified from micromechanism of each phenomenon to develop high efficiency processes for materials separation as well as crystal growth by means of in-situ observation and measurements especially at high temperature.



Control of material processes through original visualization technique



# ハイブリッドナノ粒子プロセス研究分野 村松淳司研究室

Hybrid Nano-particle  
**Atsushi MURAMATSU Lab**



**専門分野・キーワード**  
単分散無機ナノ粒子合成/有機-無機ハイブリッドナノ材料/金属含有ゼオライト触媒/精密構造解析  
Monodispersed inorganic nanoparticles / Organic-inorganic hybrid nano-materials  
Metal-containing zeolite catalysts / Precise structure analysis

- 主な研究テーマ**
- 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
  - 液相還元法による新規触媒材料の調製
  - メカノケミカル法による新規金属含有ゼオライト触媒の開発
  - 放射光を用いたゼオライト触媒の精密構造解析
  - Preparation of organic-inorganic hybrid nano-particles
  - Development of nano-sized metallic particle and application to functional materials
  - Preparation of novel catalysts by liquid phase synthesis
  - Synthesis of metal-containing zeolite catalysts by mechanochemical method
  - Precise structure analysis for zeolite catalysts using synchrotron radiation

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

**金子 房恵 助教** (SAKURA)  
Fusae KANEKO, Assistant Professor

**増井 友美 助教** (SAKURA)  
Tomomi MASUI, Assistant Professor

# 量子ビーム計測研究分野 百生敦研究室

Quantum Beam Measurements  
**Atsushi MOMOSE Lab**



**専門分野・キーワード**  
イメージング/X線/位相計測/三次元計測  
Imaging / X-ray / phase measurement / three-dimensional observation

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

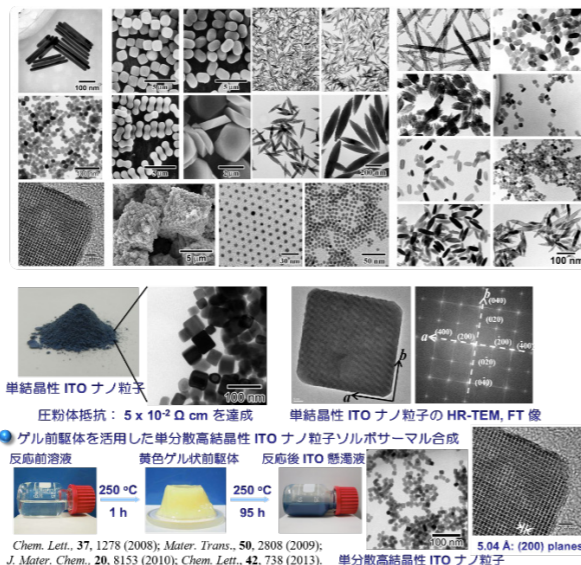
**百生 敦 教授**  
Atsushi MOMOSE, Professor  
atsushi.momose.c2@tohoku.ac.jp

**關 義親 准教授**  
Yoshichika SEKI, Associate Professor

**上田 亮介 助教**  
Ryosuke UEDA, Assistant Professor

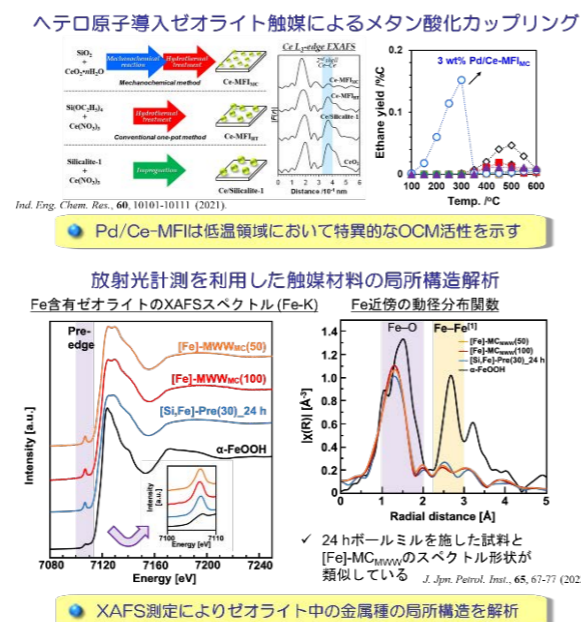
## テーラーメイドのよく定義されたナノハイブリッド材料はいかが？

有機-無機ハイブリッド材料、光応答性ベシクル、メタルドープゼオライト系触媒、透明導電膜ITOナノインク、非鉛圧電素子用二オプ酸系粒子、光触媒用チタニア、種々のペロブスカイト系酸化物、半導体ナノ粒子、非Pt系燃料電池材料、多種類にわたる合金ナノ触媒粒子など、たくさんの機能性ナノ材料を生み出しています。それらはいずれも、粒子合成の根幹である、(1)核生成と粒子成長の分離、(2)粒子同士の凝集の防止、(3)粒子合成反応場制御の、3つの極めて重要な基礎理念を応用することにより生み出されています。つまり、コーヒーや牛乳が安定であったり、クリーミーなビールの泡ができるのと、形状と形態が極めて精密に制御された、単分散ナノ粒子が合成されるのは、その根本になる理論は同じです。私たちはそうした自然のコロイドを真似ながら、全く新しい、よく定義されたナノハイブリッド材料を生み出します。あなたが欲しい、テーラーメイドの、よく定義されたナノハイブリッド材料は何ですか？ 私たちが作ります。



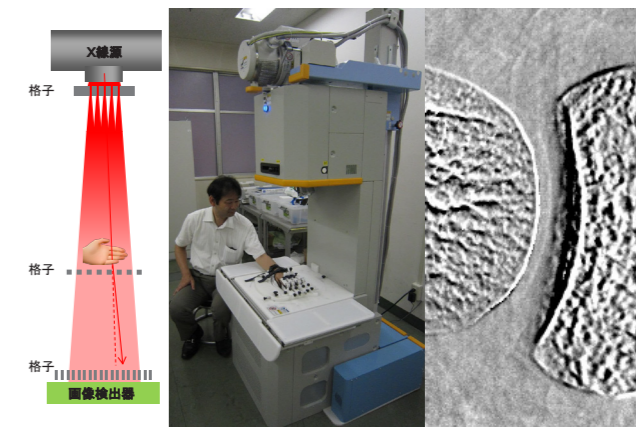
## Why don't you order us tailor-made, well-identified, nano-hybrid materials?

Highly functional materials, such as metal-containing zeolite catalysts, ITO nanoink for TCO, niobium-based oxide particles for lead-free piezoelectric devices, titania, perovskite metal oxides, semiconductor nanoparticles, organic-inorganic hybrid nanomaterials, fuel cell, and alloy nanoparticulate catalysts, etc. have been widely provided. Their production methods are based on the particle-synthesis principles, (1) strict separation of nucleation and particle growth, (2) perfect inhibition against aggregation, (3) precise control in particle synthesis mode. Namely, the physico-chemical theory for the stability of coffee or milk, and the very good foams of beer, is similar to the formation of nanoparticles precisely controlled in size and shape. What kind of nanomaterials do you need? We'll make it.



## 量子ビームの位相で観る

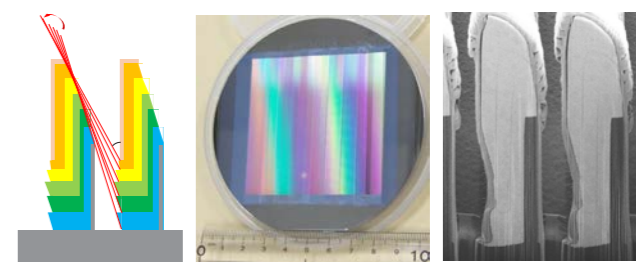
X線などの量子ビームは、原子スケールから日常スケールまで、幅広い範囲で物質の内部構造を可視化するために使われています。ただし、例えばX線の場合、高分子材料、軽金属、あるいは生体軟組織など、比較的軽い元素で構成される物体に対して十分なコントラストが得られないという問題があります。ところが、波としてのX線の性質に基づく位相コントラストを生成・利用すれば、この問題は緩和され、量子ビームの利用価値は桁違いに膨らみます。本研究室では、X線位相計測に基づく高感度画像計測技術を創始し、従来の常識を覆す数々の成果を世界に発信してきました。量子ビーム物理の基礎に立脚し、他では実現できない実験環境構築と先端計測研究を推進するとともに、実用展開を視野に入れた産業界との共同研究も行っています。



X線位相イメージング (X線 Talbot-Lau 干渉計) による早期リウマチ診断装置の開発

## Imaging by using wave nature of quantum beam

Quantum beams, such as X-rays, are used to visualize internal structures of various materials having the scales ranging from atoms to human. However, there is a problem that sufficient contrast is not obtained for materials consisting of light elements, such as polymers, light metals, and biological soft tissues. The use of phase contrast based on the wave nature of X-rays is significant for overcoming this problem and enhances the usefulness of quantum beams tremendously. We have innovated in X-ray imaging technology by developing X-ray phase measurement, releasing groundbreaking results beyond conventional expectation. Based on quantum beam physics, we are developing unique experimental environment and pioneering advanced imaging research. This technology is attractive for practical applications, and we are also conducting various collaborations with industry.



斜め蒸着法で開発した中性子位相イメージング用高アスペクト比 Gd 大型格子





佐藤 卓 教授 (兼)  
Taku J SATO, Professor

taku@tohoku.ac.jp

山本 孟 助教  
Hajime YAMAMOTO, 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／水素結合型強誘電体／超高压合成法開発

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

主な研究テーマ

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

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・高压下の多様な環境条件の下で、X 線・放射光・中性子を用いた高分解能結晶構造解析のための計測技術確立と、精密な電子密度あるいは原子核密度の分布解析に基づく物質の構造相転移及び物性の機能発現の起源について研究を行っている。図に示すのは、中性子と X 線構造解析により可視化された水素結合型誘電体の原子核密度分布と、水素原子に注目した電子密度分布である。酸素原子に挟まれた水素原子内で、原子核と電子の重心位置がずれる事により、1 原子内で巨大な電気分極 (電子分極と呼ぶ) が生じている事を示している。その他にも、磁性強誘電体における巨大電気磁気効果について、結晶・磁気構造解析の立場からその微視的起源を明らかにする研究も行っている。更に我々は高压合成を基盤とした新物質・新機能の開拓とその構造物性研究にも取り組んでいる。2021 年度に再起動した研究炉 JRR-3 では、中性子二次元検出器の開発とそれを用いた超高精度の構造解析手法の開発を行う。

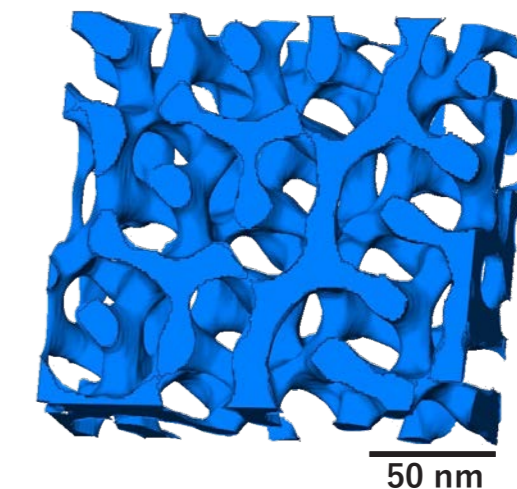
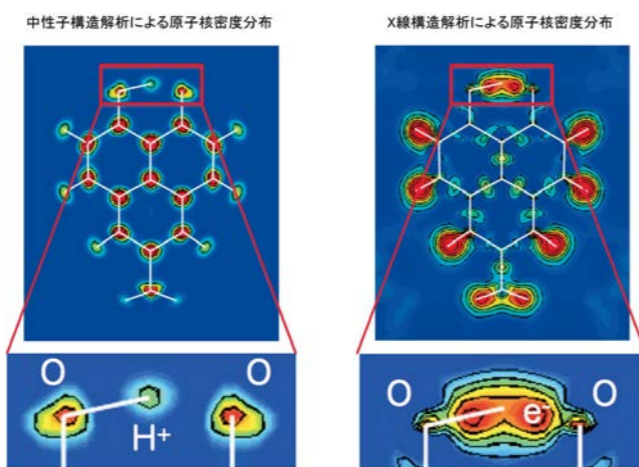


Fig.1. 3D structure of the ordered bicontinuous double gyroid structure in a diblock copolymer.



陣内 浩司 教授  
Hiroshi JINNAI, Professor

hiroshi.jinnai.d4@tohoku.ac.jp

丸林 弘典 講師  
Hironori MARUBAYASHI, Senior Assistant Professor

宮田 智衆 助教  
Tomohiro MIYATA, Assistant Professor

専門分野・キーワード

ソフトマター物理／高分子の自己組織化／高分子結晶／高分子ハイブリッド材料  
Soft Matter Physics / Self-Assembly in Polymers / Polymer Crystals / Polymeric Hybrid Materials

主な研究テーマ

- ・有機・無機接着構造の原子レベル解析
- ・有機・無機複合材料のナノスケール変形機構の解明
- ・結晶性高分子材料のナノスケール構造解析
- ・高分子単一分子鎖の電子顕微鏡直接観察
- ・ブロック共重合体の自己組織化ナノ構造の 3 次元観察とその分子論的解析
- ・Atomic-scale analysis of organic/inorganic interfaces
- ・Elucidation of nanoscale deformation mechanisms in organic/inorganic composite materials
- ・Nanoscale structural analysis of semicrystalline polymers
- ・Direct observation of single polymer chains using electron microscopy
- ・3D Observation and analysis of block copolymer self-assembled nanostructures

電子線によってソフトマテリアルの構造とダイナミクスを観る

高分子は軽量性・柔軟性・加工性などに優れた物質であり、基幹材料として産業的に広く利用されています。高分子材料の物性は、化学構造や分子配列の制御に加え、異種高分子や無機物質を混合することで幅広くコントロールされています。しかし、材料の内部に形成される分子・ナノスケールの微細構造と巨視的な物性・機能の相関関係は明確になっておらず、より高性能・高機能な高分子材料を設計する上でこの関係の解明が強く求められています。当研究室では最新の透過型電子顕微鏡法の開発に取り組みつつ、高分子材料内部の微細構造やダイナミクスを精確に観測し、巨視的な物性・機能との相関関係を解明することを目指しています。具体的には、ナノ粒子複合材料の界面の原子分解能観察や変形ダイナミクスの観察・高分子結晶のナノ構造マッピング・単一高分子鎖の原子分解能観察・ナノ相分離構造の 3 次元観察等に取り組んでいます。

Nano-scale investigations of structures and dynamics in soft materials by electron microscopy

Polymers are industrially vital materials, and their properties can be widely controlled by mixing different polymers, introducing inorganic materials, tuning the chemical structure and molecular arrangement, etc. Nevertheless, the relationships between the microstructures and macroscopic properties of polymeric materials (soft materials) have not been fully established. Therefore, we work on various soft materials systems from atomic- to meso-scale: the atomic-resolution observation of single polymer chains, the atomic-scale observation of inorganic/organic interface for adhesive, the nano-scale structural mapping of polymer crystals, the 3D observation of phase-separated nanostructures, etc. We are interested in the dynamical aspect of soft materials, such as structural observation of nanoparticle-dispersed composite materials under tensile deformation. With the development of novel methodology and analytical techniques, we aim to interpret the relationships between microstructures/dynamics and macroscopic properties of soft materials.

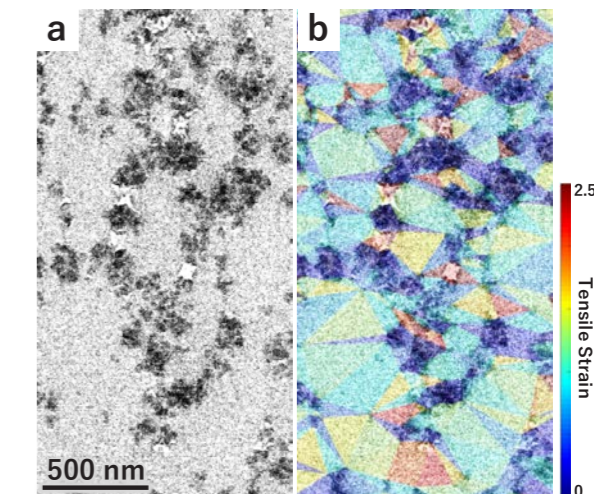


Fig.2. (a) Transmission electron microscopy image of the vertically-elongated inner structure of a rubber with silica nanoparticles (black parts). (b) Stress map of (a).



量子フロンティア計測研究分野  
矢代航研究室

Frontier quantum-beam metrology  
Wataru YASHIRO Lab



矢代航 教授 (SRIS)  
Wataru YASHIRO, Professor  
wataru.yashiro.a2@tohoku.ac.jp

山本達准教授 (SRIS)  
Susumu YAMAMOTO, Associate Professor

梁晓宇 助教  
Xiaoyu LIANG, Assistant Professor

専門分野・キーワード

量子ビーム光学/計測/データサイエンス/マイクロ・ナノファブリケーション  
Quantum-beam optics / Metrology / Data Science / Micro/Nanofabrication

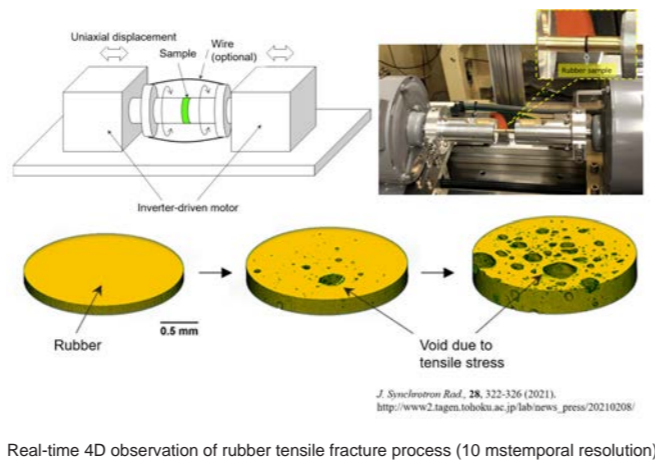
主な研究テーマ

- ・ミリ秒 X 線 CT の開発
- ・X 線エラストグラフィの開発
- ・イメージングと構造解析の融合技術の開発
- ・量子ビーム光学素子・システムの開発
- ・量子現象を利用したイメージング技術のフロンティアの開拓
- ・Millisecond-temporal-resolution X-ray tomography
- ・X-ray elastography
- ・Fusion of structural analysis and imaging techniques
- ・Quantum beam optical elements and systems
- ・Exploring the frontiers of imaging technology using quantum phenomena

4D 世界のフロンティアを拓く

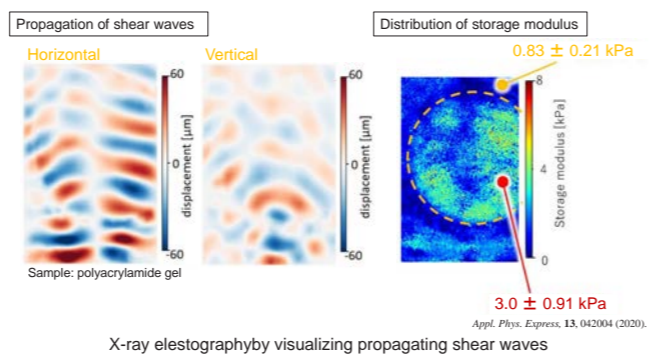
私たちは三次元 (3D) + 時間という「4D の世界」に生きていますが、マイクロメートル以下かつミリ秒以下の 4D 時空間領域には、最先端の計測テクノロジーでもアクセスできない広大な未知の世界が広がっています。本研究分野では、X 線などの高エネルギービームの量子性と、先端的なマイクロ・ナノファブリケーション技術、データサイエンス技術を駆使することにより、従来の限界を飛躍的に超える新たなイメージング技術を開発し、未開の 4D 世界の開拓に挑んでいます。

本研究分野で開発しているイメージング技術は、物質・生命科学における様々な非可逆・非平衡系 (例えば、流動性のある材料や、生きた生物など) の新たな理解につながるだけでなく、持続可能社会の実現に向けた材料・マイクロマシンシステム開発や、病変の早期発見につながる医療診断機器の開発、延いては生物の脳の機能解明など、一般社会にも多様な波及効果を生むと期待しています。



Exploring the frontiers of the 4D world

We live in a "4D world", but in the 4D space-time region of less than  $\mu\text{m}$  and  $\text{ms}$ , there is a vast unknown world that is inaccessible even to the most advanced measurement technologies. In our laboratory, we are taking on the challenge of developing new imaging techniques that dramatically exceed the conventional limits by exploiting high-energy quantum beams such as X-rays, advanced micro/nanofabrication technologies, and data science techniques, and to open up the uncharted 4D world. Our imaging technologies will not only lead to a new understanding of various irreversible and non-equilibrium systems in the material and life sciences, but will also have diverse ripple effects on general society.



量子光エレクトロニクス研究分野  
秩父重英研究室

Quantum Optoelectronics  
Shigefusa CHICHIBU Lab



秩父重英 教授  
Shigefusa CHICHIBU, Professor  
chichibu@tohoku.ac.jp

嶋紘平 准教授  
Kohei SHIMA, Associate Professor

専門分野・キーワード

半導体光デバイス/量子構造/キャリアダイナミクス/時間空間分解分光  
Wide bandgap semiconductors / Quantum nanostructures / Carrier dynamics / Spatio-time-resolved spectroscopy

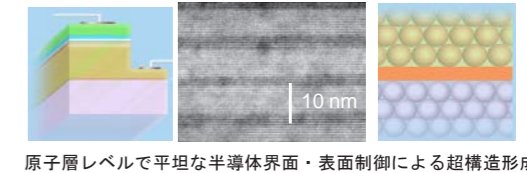
主な研究テーマ

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

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ーピー

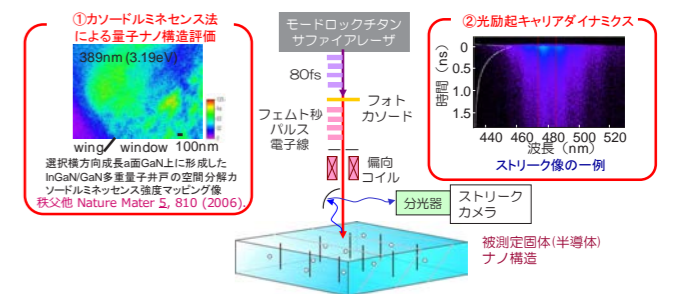
光子系 (電磁波) と電子系 (励起子) の機能を融合させる量子構造デバイス用半導体として、禁制帯幅に相当する波長が 200 nm 台の深紫外線から近赤外線まで広範囲をカバーし、環境にも人間生活にも優しいプラネットコンシャスな BN, AlN, GaN, InN 等の III 族酸化物半導体や ZnO, MgO 等の II 族酸化物半導体、NiO や TiO<sub>2</sub> 等の金属酸化物半導体にスポットライトを当て、エピタキシャル結晶成長法によって原子層レベルで平坦な表面・界面を持つ半導体ナノ超薄膜や構造の形成を行います。また、それらメソスコピック・ナノ構造のフェムト秒パルス集束電子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



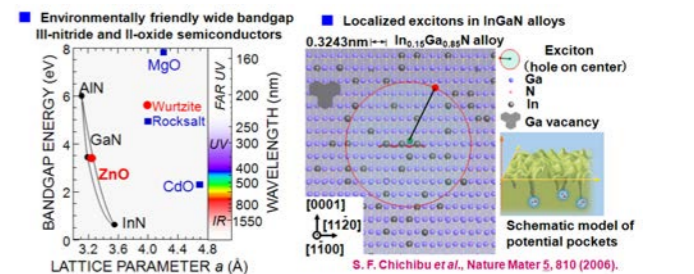
原子層レベルで平坦な半導体界面・表面制御による超構造形成

■ フェムト秒・ピコ秒パルス集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ー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 create quantum nanostructures desirable for new functional optoelectronic devices workable in deep ultraviolet, visible, and optical communication wavelengths using planet-conscious wide bandgap semiconductors, namely (B,Al,Ga,In)N and (Mg,Zn)O systems. We are growing quantum structures by metalorganic vapor phase epitaxy and unique helicon-wave-excited-plasma sputtering epitaxy methods, Ultrafast recombination dynamics of excited particles in nanostructures are studied by time-resolved spectroscopy using a femtosecond laser, and very local carrier dynamics are proved by focused pulsed electron beams using a home-made, spatio-time-resolved cathodoluminescence system equipped with a photoelectron-gun.









ナノ電子プローブ回折計測研究分野  
津田健治研究室

Nano-Electron Probe Diffractometry  
Kenji TSUDA Lab

専門分野・キーワード

収束電子回折 / STEM-CBED/4D-STEM / 構造相転移 / 結晶界面・ドメイン構造  
Convergent-beam electron diffraction (CBED) / STEM-CBED/4D-STEM /  
Structural phase transformation / Crystal interface and domain structures

主な研究テーマ

- 収束電子回折法による局所結晶構造・静電ポテンシャル分布解析法の開発と応用・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
- 4D-STEM法による結晶界面・ナノドメイン構造の局所構造・静電ポテンシャル分布解析
- 機能性材料の外場印加におけるナノ局所結晶構造解析
- 構造相転移におけるナノ局所結晶構造解析
- 電子線ホログラフィーおよびローレンツ顕微鏡法によるナノスケール電磁場計測の高度化
- Development of local crystal structure and electrostatic potential analysis and its applications
- Local structure and electrostatic potential analysis of crystal interface and nanodomain structures using 4D-STEM
- Nanoscale local crystal structure analysis of functional materials under applying external fields
- Nanoscale local crystal structure analysis at structural phase transformations
- Advanced electron holography and Lorentz microscopy for nanoscale electromagnetic field measurements



津田 健治 教授  
Kenji TSUDA, Professor

kenji.tsuda.b6@tohoku.ac.jp

赤瀬 善太郎 講師  
Zentaro AKASE, Senior Assistant Professor

森川 大輔 助教  
Daisuke MORIKAWA, Assistant Professor

電子回折・分光計測研究分野  
寺内正己研究室

Electron -Crystallography and -Spectroscopy  
Masami TERAUCHI Lab

専門分野・キーワード

電子顕微鏡 / 電子エネルギー損失分光 / 軟 X 線発光分光 / 収束電子回折  
electron microscopy / electron energy-loss spectroscopy /  
soft-X-ray emission spectroscopy / convergent-beam electron diffraction

主な研究テーマ

- 機能性ナノ粒子の物性解析
- 角度分解 EELS による光物性評価手法の開発
- 電子顕微鏡用 SXES 装置の開発と応用
- 収束電子回折法およびビームロッキング電子回折を用いた局所構造解析
- Functional analysis of nm-scale particles by TEM-EELS
- Identification of electronic excitations by angle-resolved EELS
- Development of SXES instrument for electron microscopy
- Crystal structure analysis using CBED and beam-rocking ED



寺内 正己 教授  
Masami TERAUCHI, Professor

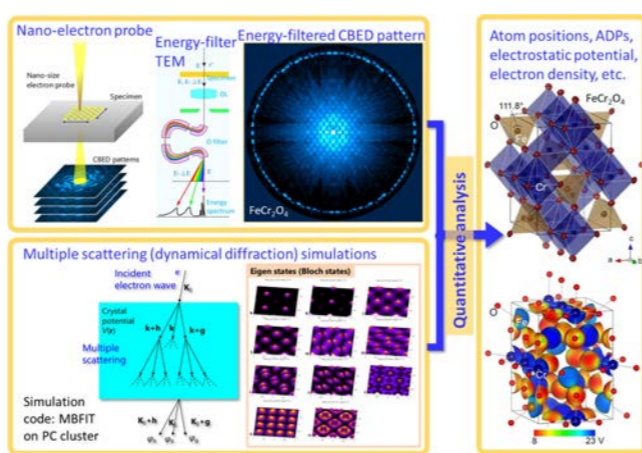
masami.terauchi.c4@tohoku.ac.jp

佐藤 庸平 准教授  
Yohei SATO, Associate Professor

松本 高利 助教  
Takatoshi MTSUMOTO, Assistant Professor

ナノ電子プローブを用いた局所構造・静電ポテンシャル分布解析

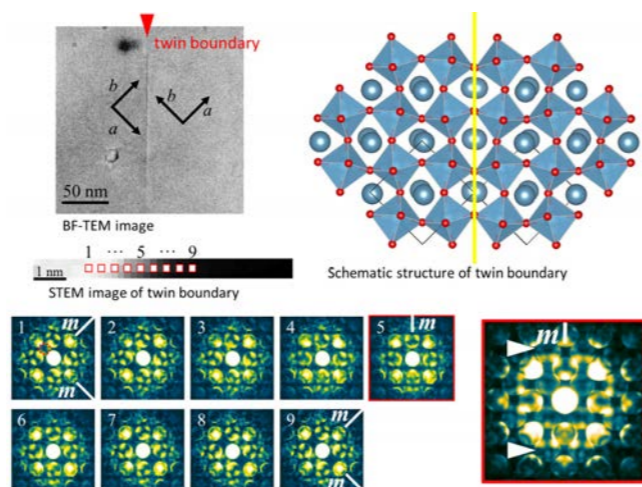
機能性材料において、ナノスケールの局所構造や結晶・ドメイン界面に起因する特異な物性の報告が増加しており、局所結晶構造解析の重要性が高まっています。このためには、透過電子顕微鏡を利用して、ナノサイズに収束した電子プローブを試料に照射する収束電子回折 (CBED) 法がきわめて有利です。本研究分野では、CBED 法を用いて動力学回折 (多重散乱) 理論計算に基づく定量的な局所結晶構造解析を世界に先駆けて実現し、強誘電セラミックス材料、固体燃料電池関連材料、強相関電子系材料等に適用しています。現在、走査透過電子顕微鏡 (STEM) 法と CBED 法を組み合わせた STEM-CBED/4D-STEM 法を活用して、結晶界面・ナノドメイン構造のような非周期・不均一構造から局所結晶構造・静電ポテンシャルの空間変化を定量的解析する手法の開発に取り組んでおり、局所構造・界面に起因する新規機能性材料開発に寄与することを目指しています。



CBED 法による局所結晶構造・静電ポテンシャル分布解析  
Local structure and electrostatic potential analysis using CBED

Nanoscale local crystal structure and electrostatic potential analysis using nano-electron probe

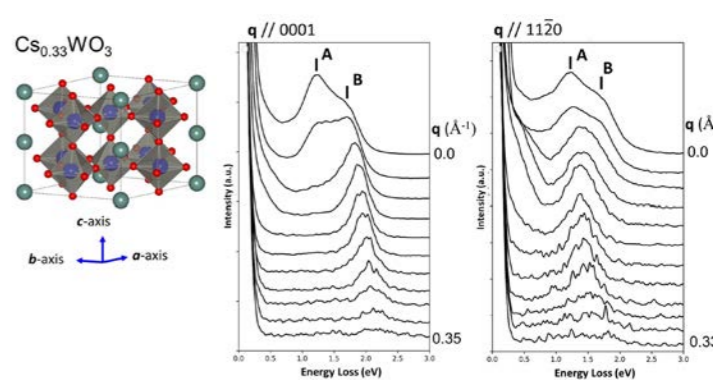
Local crystal structure analysis is increasingly important in functional materials that exhibit intriguing physical properties induced by nanoscale local structures and crystal interfaces. For this purpose, the convergent-beam electron diffraction (CBED) method using nano-electron probe is extremely advantageous. Using the CBED method, we developed a quantitative analysis method of local structures and electrostatic potential distributions based on the dynamical diffraction (multiple scattering) theory, and applied it to various functional materials. Furthermore, we are developing a method to investigate spatial variations of local structures and electrostatic potential distributions in crystal interfaces and nanodomain structures by using the STEM-CBED/4D-STEM method.



CBED 法および STEM-CBED 法による CaTiO<sub>3</sub> の双晶境界の局所構造解析  
Local structure analysis of twin boundary in CaTiO<sub>3</sub> using CBED and STEM-CBED.

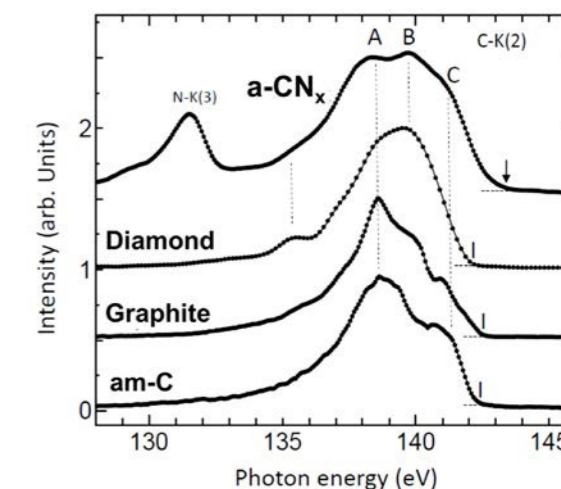
電子線を用いた局所の構造・物性解析手法の開発と応用

持続可能な社会の実現には、省資源・省エネルギーでコンパクトな高性能デバイスや新物質の開発が必要であり、そのためには、電子顕微鏡を基礎としたナノスケールでの構造・物性解析手法の確立とその適用が不可欠です。これまでに、我々の目標である「ナノスケール構造・物性解析システムの構築」の実現を目指し、世界初の精密構造解析用分光型電子顕微鏡および解析ソフトウェア、高エネルギー分解能 EELS 電子顕微鏡、世界初の価電子状態分析電子顕微鏡など、オリジナルな手法・装置の開発とその機能評価への応用を行い、物性の解明と手法の有用性を実証してきました。図は、熱線遮蔽材料として用いられている Cs ドープ酸化タングステンのプラズモン振動の結晶方位依存性を角度分解 EELS により測定した例です。近赤外光エネルギー領域で、結晶方向に依存して 2 つの振動エネルギーが存在し、これらが高効率な近赤外光遮蔽性能の起源であることを解明しました。



Development and Applications of nm-scale Crystallography and Spectroscopies

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





走査プローブ計測技術研究分野  
米田忠弘研究室

Advanced Scanning Probe Microscopy  
Tadahiro KOMEDA Lab



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  
scanning tunneling microscope / quantum computing / spintronics / ESR-STM

主な研究テーマ

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

米田 忠弘 教授  
Tadahiro KOMEDA, Professor

tadahiro.komeda.a1@tohoku.ac.jp

高岡 毅 講師  
Tsuyoshi TAKAOKA, Senior Assistant Professor

道祖尾 恭之 助教  
Yasuyuki SAINOO, Assistant Professor

シャヘドシエドモハマドファクルディン 助教  
Shahed Syed Mohammad FAKRUDDIN, Assistant Professor

放射光ナノ構造可視化研究分野  
高田昌樹研究室

Synchrotron Radiation Soft X-ray Microscopy  
Masaki TAKATA Lab



専門分野・キーワード

次世代放射光施設／X線光学／軟X線顕微鏡  
Next-Generation Synchrotron Radiation Facility / X-ray Optics / Soft X-ray Microscopy

主な研究テーマ

- ・次世代放射光施設「ナノテラス」の推進
- ・X線可視化技術の高度化による構造科学の革新
- ・軟X線顕微鏡の開発および生体試料への応用
- ・軟X線光源・光学素子・検出器など要素技術の開発
- ・ Next-generation synchrotron radiation facility "NanoTerasu" project
- ・ Innovation of structural science by development of X-ray visualization technology
- ・ Development of soft X-ray microscope and application to biological samples
- ・ Development of soft X-ray light sources, optics, and detectors

高田 昌樹 教授 (SRIS)  
Masaki TAKATA, Professor

masaki.takata.a4@tohoku.ac.jp

江島 丈雄 准教授 (SRIS)  
Takeo EJIMA, Associate Professor

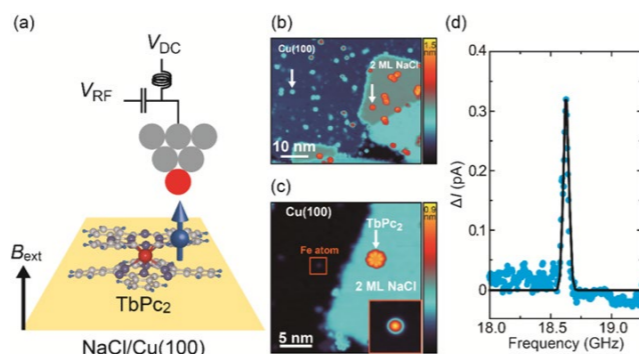
羽多野 忠 助教 (SRIS)  
Tadashi HATANNO, Assistant Professor

スピントロニクスへ向けた単一スピンの検出と操作

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

ナノ領域でのスピン・磁気特性の分析は量子情報処理の基本となる技術であり、その一つがトンネル磁気抵抗を用いてスピンの向きを決定しようとするものであります。我々は分子で磁石の性質を示す単一分子磁石を用いて、N・S極のいずれが上を向くかを磁気抵抗の差としてもとめ、磁場によって反転させることに成功しています。

また局在したスピンのRF高周波と相互作用することを利用して、ESR-STMを開発し、より高度な磁気測定技術の開発を行っています。



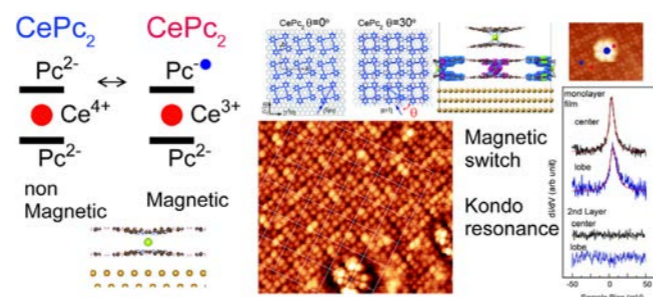
単一分子 ESR

Single spin detection and manipulation for molecule-spintronics

The detection of a single spin is demanded for variety of applications, e.g., for reading and manipulation of isolated spins for spintronics and quantum computation. We are developing instrumentation of the detection of a single spin using scanning tunneling microscope (STM).

Especially, a method that detects the Larmor precession by monitoring a variation of tunneling current, called ESR-STM, has a large advantage due to its compatibility with solid devices and atom-scale spatial resolution. We successfully developed ESR-STM instrument which can detect the single spin in SiO layers.

In addition, for the realization of the molecular-spintronics, single molecule magnet (SMM) is one of the most promising material. We investigated the spin of SMM by detecting Kondo states. We found that the Kondo peak intensity shows a clear variation with the conformational change of the molecule; namely the azimuthal rotational angle of the Pc planes.



単分子磁石の原子レベル磁性制御

放射光X線によるナノ可視化技術の開発と応用

本研究分野は、放射光X線により物質中の電子構造をナノレベルで可視化し、新しい機能を持った材料を開発する設計指針を確立することを目標としています。現在、私達は最先端の軟X線放射光光源である「ナノテラス」(図1、2023年度に青葉山新キャンパスに完成予定)を強力に推進しています。これまで私達が独自に開発を進めてきたX線回折・顕微・分光法の計測手法及びマキシムエントロピー法などの画像再構成の解析手法を、ナノテラスが実現する未踏の光源に適用することで、X線ナノ可視化技術の革新を目指します。また、学術と企業が課題解決に向けて1対1の強固なチームを作る新しい産学連携の形「コアリション(有志連合)・コンセプト」(図2)を通じ、ナノテラスをオープン・イノベーションの揺籃とし、新産業創成に繋げることを目指しています。



Fig. 1

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

The mission of Takata Lab is to visualize electronic structures of materials at nano-meter level using synchrotron radiation X-rays, and establish the design guidelines for developing new functional materials. Currently, we are strongly promoting "NanoTerasu" (Fig. 1), which is a state-of-the-art soft X-ray light source, scheduled to be constructed on Aobayama new campus by FY2023. We aim to innovate X-ray nano visualization technology by combining the unprecedented light properties of NanoTerasu with our own measurement and analysis methods. In addition, we aim to make NanoTerasu a cradle of open innovation through a new type of industry-academia collaboration based on "Coalition Concept" (Fig. 2), in which academia and company form a strong one-on-one team to solve social challenges.

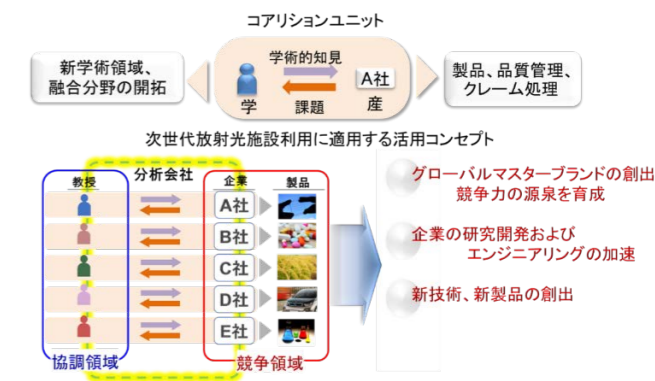


Fig. 2



高温材料物理化学研究分野  
福山博之研究室

High-temperature Physical Chemistry of Materials  
Hiroyuki FUKUYAMA Lab



専門分野・キーワード

エネルギー・環境材料／化学熱力学／融体物性／結晶成長  
energy & environmental materials / chemical thermodynamics / properties of high-temperature melts / crystal growth

主な研究テーマ

- ・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
- ・超高温材料の熱物性計測
- ・エネルギー・環境材料のプロセス創製
- ・金属製錬プロセス開発
- ・Crystal growth and physical chemistry of nitride semiconductors
- ・Development of high-temperature thermophysical property measurement system
- ・Thermophysical property measurements of ultra-high temperature materials
- ・Energy & environmental materials processes
- ・Metallurgical processes

福山博之 教授

Hiroyuki FUKUYAMA, Professor

hiroyuki.fukuyama.b6@tohoku.ac.jp

大塚 誠 准教授

Makoto OHTSUKA, Associate Professor

打越 雅仁 准教授

Masahito UCHIKOSHI, Associate Professor

安達 正芳 講師

Masayoshi ADACHI, Senior Assistant Professor

基盤素材プロセス研究分野  
植田滋研究室

Base Materials Processing  
Shigeru UEDA Lab



専門分野・キーワード

素材プロセス／製鉄鋼／高温物理化学／リサイクル  
Material processing / Iron and steelmaking / High temperature physical chemistry / Material recycling

主な研究テーマ

- ・製鋼スラグからのりん資源回収
- ・界面における物質移動と化学反応
- ・金属-酸化物-気相間の平衡と反応速度
- ・新素材プロセス開発
- ・混相流の物性
- ・Recovery of phosphorus from steelmaking slag
- ・Control of mass transfer and chemical reactions at interfaces
- ・Chemical equilibrium and reaction kinetics between molten metal, oxide and gas phases
- ・Development of novel material processing
- ・Physical properties of multiphase flow

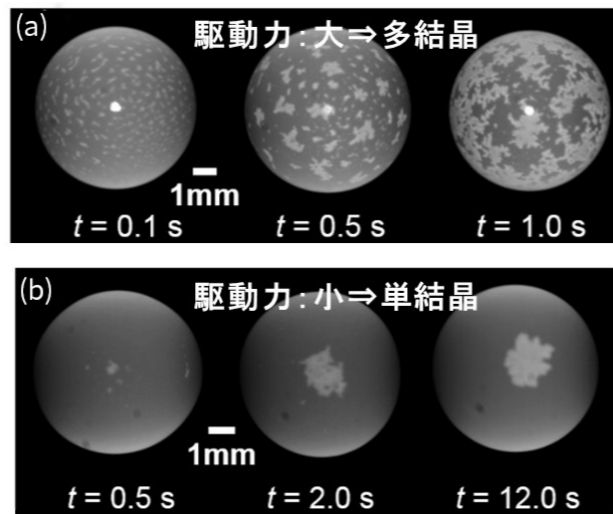
植田滋 教授

Shigeru UEDA, Professor

tie@tohoku.ac.jp

エネルギー・環境材料の高温プロセス創製

当研究室では、化学熱力学をベースにエネルギーと環境に役立つ新しい先端材料やそのプロセス開発に関する研究を行っています。例えば、窒化物半導体は、環境や医療分野での応用が期待される紫外発光デバイスや省エネにつながるパワーデバイスの基板材料として注目されており、当研究室では、その新たな結晶成長プロセスに関する研究を行っています。また、様々な材料プロセスにおける熱・物質移動現象をシミュレーションするため、電磁浮遊法と静磁場を組み合わせ、融体の熱容量、熱伝導率、放射率、密度および表面張力等の熱物性を高精度に計測する超高温熱物性計測システムの開発を行っています。この技術によって、鉄・非鉄の金属製錬、機能性材料の結晶成長、耐熱材料の開発、蓄熱材料の開発、原子炉重大事故のモデリング、鋳造、溶接など様々な材料分野へ貢献することに加えて、未知の高温融体科学を開拓する研究を行っています。



窒化アルミニウム結晶成長その場観察

高温プロセスにおける反応制御の最適化

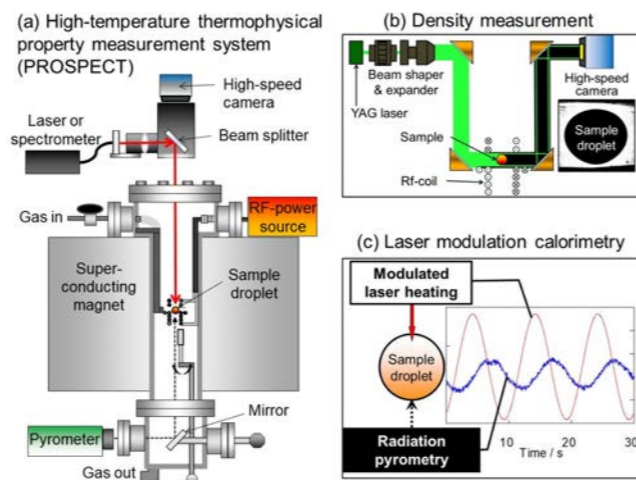
持続可能な社会が求められる中で、高度な文明を維持するためには社会基盤となる素材供給を維持することが必要です。世界の粗鋼生産量は年々増加し、ベースメタルやレアメタルの需要も増加しています。この背景には新興国での旺盛な資源需要があり、同時に鉱物資源の劣質化およびCO<sub>2</sub>や有害な副産物発生の問題が顕在化してきました。この情勢の中で安全かつ安定な社会を構築するために、資源とエネルギー需給および原料の変化に対する対応力が高く低環境負荷で安定的に素材が生産可能なプロセスの構築と持続性の高い資源循環型の社会の構築が重要です。高温物理化学、反応プロセス工学をもとに資源、エネルギー対応、副産物の削減および利用といった社会基盤構築に必要な反応プロセスの構築を目指します。

Optimization of high temperature processing for base metal

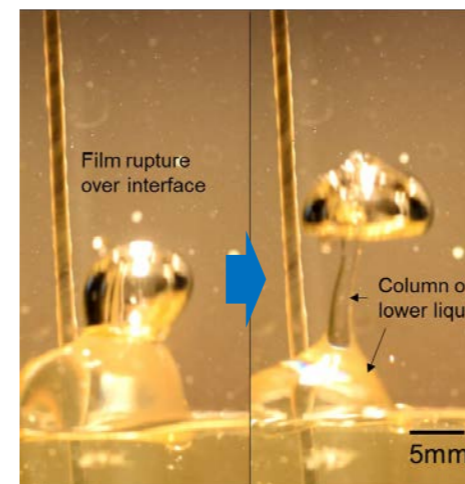
In order to establish a sustainable society, it is necessary to maintain the supply of materials that act as social infrastructure. Global crude steel production is increasing year by year, and demand for base and rare metals is also increasing. At the same time, degradation and depletion of mineral resources, and production of CO<sub>2</sub> and by-products have become problems. It is necessary to establish social sustainability through efficient material process and resource recycling. Based on high-temperature physical chemistry and reaction engineering, our group aim to build the reaction process necessary for sustainable resource supply, reduction and use of by-products.

High-temperature processes for energy & environmental materials

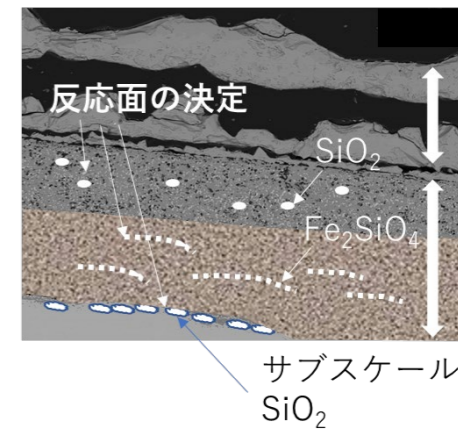
Fukuyama laboratory studies novel processes for energy & environmental materials based on chemical thermodynamics with high-temperature thermophysical property measurements. Currently, we are developing new crystal growth processes to bring a breakthrough in nitride-semiconductor devices such as ultraviolet optical devices utilized in environmental and medical fields and power devices. Thermophysical properties of materials are needed for modeling heat & mass transfer in material processes. A thermophysical property measurement system at ultra-high temperature has been developed in our laboratory, which enables accurate measurements of heat capacity, thermal conductivity, emissivity, density and surface tension of high-temperature melts, utilizing electromagnetic levitation in a dc magnetic field. This technique makes a great contribution to various material industries.



High-temperature thermophysical property measurement system (PROSPECT)



Control of chemical reactions by controlling interface phenomena



Analysis of reaction mechanism and control of high temperature reaction



機能性粉体プロセス研究分野  
加納純也研究室

Powder Processing for Functional Materials  
Junya KANO Lab

専門分野・キーワード

粉体工学/シミュレーション/粉碎/水素エネルギー  
powder technology / simulation / grinding / hydrogen energy

主な研究テーマ

- ・コンピュータシミュレーションによる粉体プロセスの高度化
- ・機械的微粒生成プロセスのシミュレーションの創成
- ・粒子・流体プロセスシミュレーションの創成
- ・バイオマスおよび樹脂廃棄物からの高効率水素製造プロセスの創製
- ・Optimum design of powder processing by computer simulation
- ・Development of simulation model for grinding processes of fine particles
- ・Development of simulation model for multiphase flow
- ・Development of new hydrogen generation processes from biomass and plastic waste

加納 純也 教授  
Junya KANO, Professor

kano@tohoku.ac.jp

高井 千加 准教授  
Chika TAKAI, Associate Professor

石原 真吾 助教  
Shingo ISHIHARA, Assistant Professor

久志本 築 助教  
Kizuku KUSHIMOTO, Assistant Professor

英穂波 助教 (SAKURA)  
Honami HANABUSA, Assistant Professor



エネルギー資源プロセス研究分野  
桐島陽研究室

Energy Resources and Processing  
Akira KIRISHIMA Lab

専門分野・キーワード

放射化学/原子力バックエンド/廃止措置/溶液化学  
Radiochemistry / Nuclear waste management / Decommissioning / Solution Chemistry

主な研究テーマ

- ・放射化学アプローチによる原発事故廃棄物のバックエンド工学研究
- ・プロトアクチニウム溶液化学研究への再挑戦
- ・深部地下ならびに表層環境中の放射性核種の移行挙動研究
- ・素材や製品に含まれる天然放射性物質 (NORM) 問題の研究
- ・Research for radioactive waste management and environmental recoverability on Fukushima NPP accident in 2011
- ・Solution chemistry research on Protactinium
- ・Research for front and back end chemistry on nuclear fuel cycle
- ・Research on Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) existing in materials and products

桐島 陽 教授  
Akira KIRISHIMA, Professor

kiri@tohoku.ac.jp

秋山 大輔 助教  
Daisuke AKIYAMA, Assistant Professor



機能性粉体プロセスの創成とシミュレーションによる粉体プロセスの最適化

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

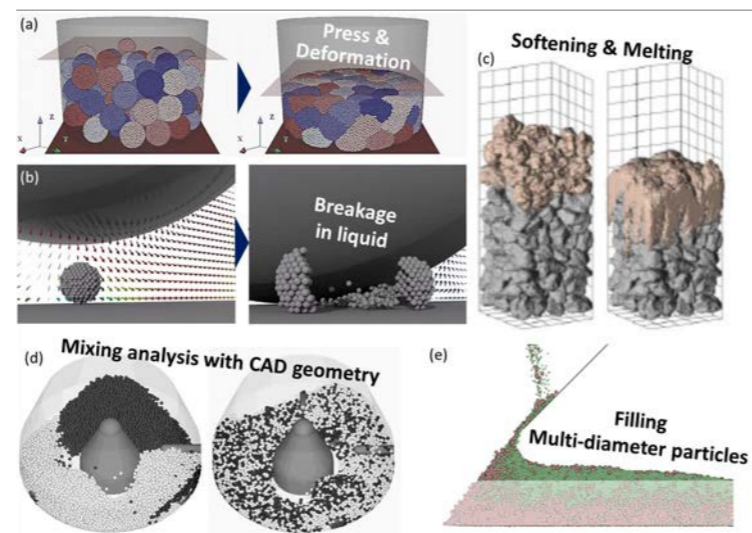


図1 粉体現象および粉体プロセスのシミュレーションによる解析: (a) 圧縮成形時の粒子の変形挙動, (b) 湿式ボールミル中の粒子の運動・破壊挙動, (c) 高炉中の粒子の軟化溶融挙動, (d) CAD データを用いた粒子混合挙動, (e) 原料充填時の粒子偏析挙動

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

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

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

放射化学アプローチによる放射性廃棄物のバックエンド工学

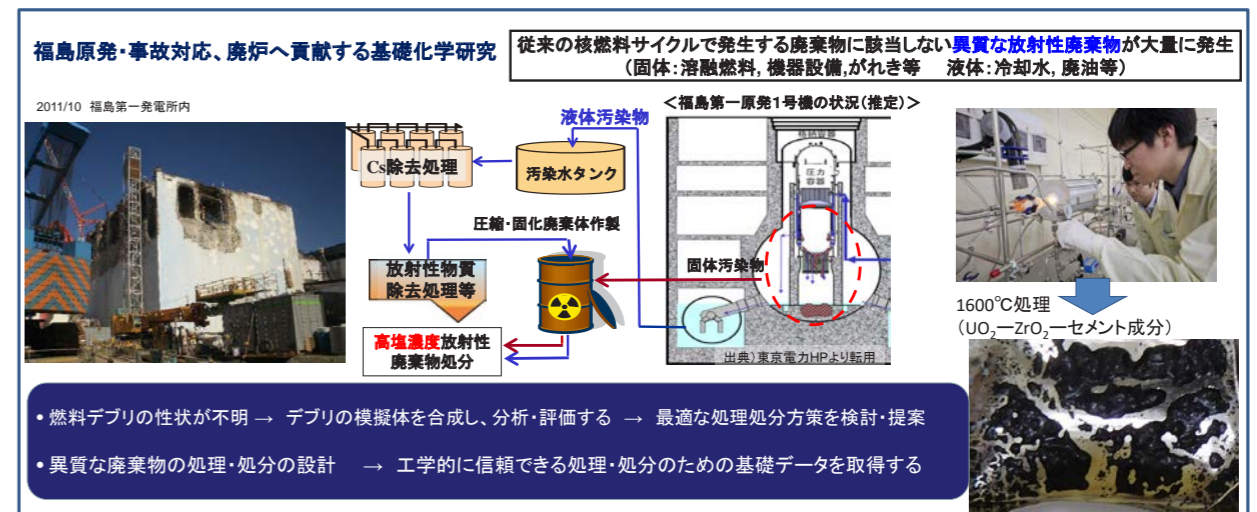
2011年の福島第一原発事故により、膨大な量の様々な放射性廃棄物が発生しました。この中には核燃料デブリなど現時点ではアクセスが限られ、性状や汚染の程度などが不明な取り扱いの難しい廃棄物が含まれます。これらは今後30-40年をかけて順次取り出され、安定化や廃棄体処理を施し、処分される見込みです。これを実現するには廃棄物の性状や含まれる放射能量を正確に把握する必要がありますが、廃棄物には毒性が高く化学挙動が複雑な種々のアクチノイド元素

等が含まれます。当研究室では、この困難な課題に放射化学アプローチによる実験研究で取り組んでいます。具体的には模擬デブリ合成・分析による燃料デブリの物理・化学特性の把握、汚染水へのアクチノイドの溶出挙動研究、さらには新規な汚染物の安定化および廃棄体処理法の開発等を行っています。これにより、現在の日本における最も困難な工学課題である福島第一原発の廃止措置に大学の研究室として貢献することを目指しています。

Research on Nuclear Waste Management and Nuclear Facility Decommissioning by Radiochemistry

Nuclear energy is one of the most important energy resources of our modern society, therefore, it is strongly demanded to make nuclear fuel cycle more reliable. Also, decommissioning of the severely damaged reactors by Fukushima NPP accident in 2011 and recovery of the contaminated environment, are urgent issues in Japan. To respond these demands, our

group investigates chemistry of nuclear fuel debris and leaching behavior of actinides in it by synthesizing simulated fuel debris with actinide tracers. Furthermore, we develop novel and unique nuclear waste solidification processes using functional aluminum silicate minerals as fixation agent.











小俣 孝久 教授  
Takahisa OMATA, Professor  
takahisa.omata.c2@tohoku.ac.jp

村上 美和 准教授  
Miwa MURAKAMI, Associate Professor

鈴木 一誓 講師  
Issei SUZUKI, Senior Assistant Professor

山崎 智之 助教  
Tomoyuki YAMASAKI, Assistant Professor

ヘラー ニチャ 助教  
Nithya HELLAR, Assistant Professor

専門分野・キーワード

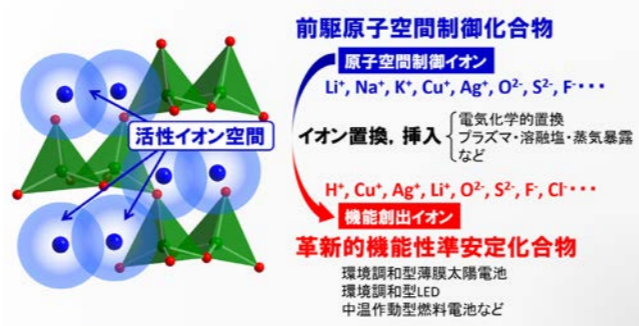
機能性無機材料 / 自然エネルギー利用デバイス / 原子空間制御  
inorganic materials / power generation devices using natural energy / ion-exchange and intercalation

主な研究テーマ

- 機能性無機材料の物質設計と合成プロセスの開発
- ナローギャップ酸化半導体の開発と光電素子への応用
- 化合物半導体・プロセスの開発とエネルギーデバイスへの応用
- 中温域で動作する燃料電池の要素材料の開発
- NMRによる電池材料の解析
- Design of inorganic materials and development of their synthesis techniques
- Development of narrow-band-gap oxide semiconductors and their application to photoelectric devices
- Development of compound semiconductors and their processes and their application to energy harvesting devices
- Development of elemental materials in intermediate temperature fuel cells
- Analysis of battery materials using NMR spectroscopy

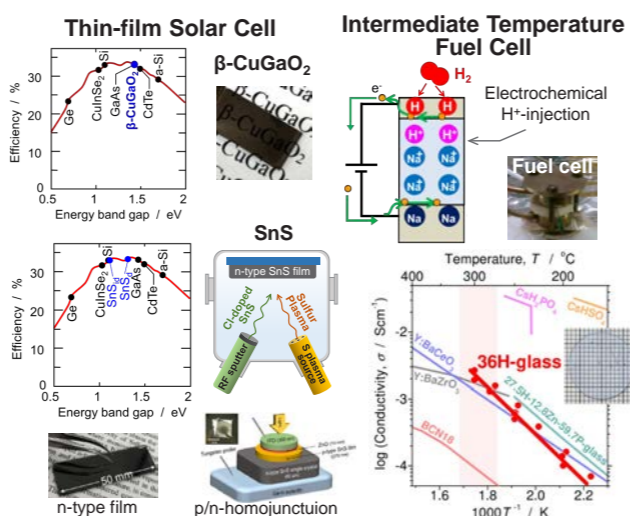
原子占有空間の設計に基づく環境材料・プロセス・デバイスの創製

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



Development of environmentally conscious materials based on atomic site designing

Most innovations have been triggered by advent of new materials, and the present energy, environmental and resource issues are expected to be solved by new materials. We focus on to explore new materials and their synthesis routes using ion-exchange and ionic intercalation techniques. Proton conducting phosphate glasses applicable to the intermediate temperature fuel cells (ITFCs), mixed protonic and electronic conductors suitable to electrodes for ITFCs and narrow gap oxide and chalcogenide semiconductors applicable in visible and NIR regions have been recently developed. Thin-film solar cells and fuel cells using those materials are being developed. New materials consisting of elements not currently utilized are also under exploration.



高橋 正彦 教授  
Masahiko TAKAHASHI, Professor  
masahiko@tohoku.ac.jp

渡邊 昇 准教授  
Noboru WATANABE, Associate Professor

鬼塚 侑樹 助教  
Yuuki ONITSUKA, Assistant Professor

専門分野・キーワード

分子科学 / 原子衝突物理学 / 運動量空間化学 / 化学反応動力学  
molecular science / atomic collision physics / momentum space chemistry / chemical reaction dynamics

主な研究テーマ

- 反応過渡系の電子および原子核運動のイメージングと化学反応の駆動原理の可視化
- 分子軌道の運動量空間イメージングと分子振動による電子波動関数形状の歪みの研究
- 原子運動量分光による原子核の分子内運動のイメージングと分子内力場の研究
- 運動量空間化学の開拓とその創薬研究への展開
- 多次元同時計測分光による電子・分子衝突の立体ダイナミクス
- Visualization of the driving principle behind chemical reaction by imaging of the motion of electron and nuclei in a transient, evolving system
- Studies on the origin of vibronic coupling or distortion of electron orbitals due to molecular vibration by looking at molecular orbitals in momentum space
- Studies on intramolecular atomic motions by electron-atom Compton scattering
- Development of momentum space chemistry and its application to medicinal chemistry
- Stereo-dynamics of electron-molecule collision by multi-parameter coincidence experiments

電子コンプトン散乱を利用した物質の静的および動的性質の可視化

あらゆる物質は2種類の荷電粒子、すなわち電子と原子核から構成されます。したがって、反応性や機能性など物質の多種多様な性質は、物質内での電子の運動と原子核の運動およびそれら運動の協奏に基づく他ありません。当研究室は、そうした最も基本的な観点に立ち、高速電子線を励起源とするコンプトン散乱を駆使した独自の新しい分光法を開発することにより、物質の静的および動的性質の根源的理解と望みの機能の物質への付与を目指して、以下の三つの課題を中心に研究を進めています。

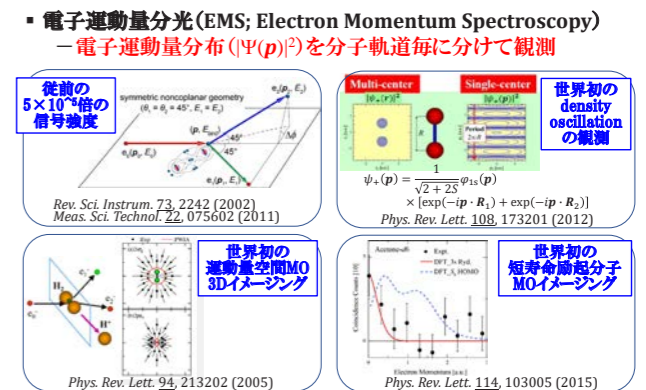
- 電子コンプトン散乱による電子と原子核の物質内運動のイメージング
- 時間分解電子コンプトン散乱による化学反応の駆動原理の可視化
- 多次元同時計測分光による電子・分子衝突の立体ダイナミクス

Visualization of static and dynamic nature of matter by means of electron Compton scattering

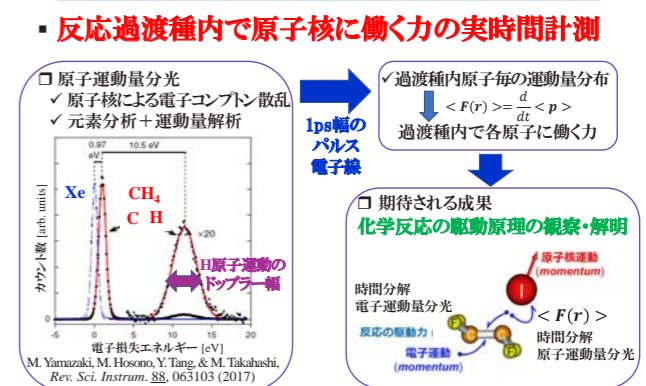
Properties of matter, such as reactivity and functionality, are determined by the motion of the constituent electrons and nuclei and their concerted effect. For this reason, we aim at understanding of static and dynamic nature of matter at the most fundamental level and exploration of materials having desired functionalities, by developing new and original spectroscopies that would visualize the motion of both electrons and nuclei in matter. They are all basically based on either of electron-electron and electron-atom Compton scattering:

- Imaging of the motion of electrons and nuclei in matter by electron Compton scattering,
- Visualization of the driving principle behind chemical reaction by time-resolved electron Compton scattering,
- Stereo-dynamics of electron-molecule collision by multi-parameter coincidence experiments.

運動量空間化学の主たる成果



開発中の時間分解原子運動量分光





ナノ・マイクロ計測化学研究分野  
笠井均 (兼) 研究室

Nano/Micro Chemical Measurements  
Hitoshi KASAI Lab (c)



専門分野・キーワード  
ナノ・マイクロ分析素子/顕微イメージング法/界面化学  
nano / micro analytical devices / imaging microscopy / interface chemistry

- 主な研究テーマ
- タンパク質凝集核形成のシングルイベント解析
  - 蛍光偏光分光装置の開発とワンステップ免疫アッセイ法
  - マイクロ水滴を用いるバイオアッセイ法
  - Kinetic analysis of protein aggregation nucleation at the single event level.
  - Development of fluorescent polarization apparatus and one-step immunoassay
  - Bioassay utilizing aqueous microdroplet

笠井均 教授 (兼)  
Hitoshi KASAI, Professor

福山 真央 講師  
Mao FUKUYAMA, Senior Assistant Professor  
maofukuyama@tohoku.ac.jp

玄 大雄 助教  
Masao GEN, Assistant Professor

ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野  
西原洋知研究室

Hybrid Carbon Nanomaterials  
Hiroto NISHIHARA Lab



専門分野・キーワード  
ナノカーボン/吸着/エネルギー貯蔵/固体反応  
nanocarbons / adsorption / energy storage / solid reactions

- 主な研究テーマ
- 単層グラフェンから成るナノ多孔体の創成
  - 弾性変形するナノ多孔体を引き起こす新しい物理化学現象
  - 先進カーボン材料を利用したエネルギー貯蔵・変換
  - 有機化学的手法に基づく結晶性カーボン材料の創成と応用
  - カーボン材料エッジサイトの高度分析
  - カーボン系材料のヘルスケア分野への展開
  - Development of nanoporous materials with single-layer graphene walls
  - Study on new physicochemical phenomena induced by elastic nanoporous materials
  - Study on energy storage and conversion using advanced carbon materials
  - Synthesis of crystalline carbon materials based on organic chemistry and their applications
  - Advanced analysis of carbon edge sites
  - Application of carbon-based materials to healthcare field

西原 洋知 教授 (AIMR)  
Hiroto NISHIHARA, Professor

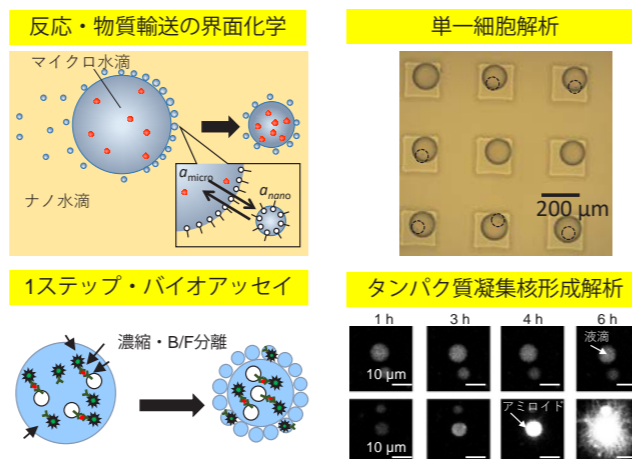
hirotomo.nishihara.b1@tohoku.ac.jp

吉井 文晴 助教  
Takeharu YOSHII, Assistant Professor

中辻 博貴 助教  
THirotaka NAKATSUJI, Assistant Professor

ナノ・マイクロ空間の化学と分析

ナノ・マイクロ空間を利用した化学・生化学の集積化と高度化に関する研究分野開拓を中心に研究を進めます。生体・環境・食品・工業プロセスなどを対象とした簡便分析・自動分析などの実現が期待できます。また、単一細胞を対象とする分析、単一分子レベルでの分析など、他の手法からは得られない情報を計測するデバイス・計測技術実現に挑戦します。このような新しい技術のためには、空間制約下での化学反応・界面現象などの特性を明らかにする基礎化学研究が必要になります。そのためのツールとして、マイクロ流体実験装置や、顕微イメージング法など他に例のない高度計測手法の開発を進めます。



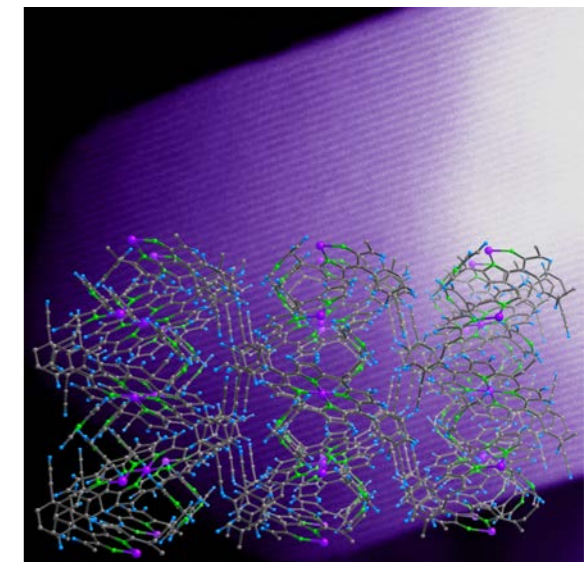
Chemistry in nano/micro space: measurements & applications

We study advanced nano-micro technologies in chemistry and biochemistry and their applications to integrated analytical devices. We investigate easy and automated analytical technologies for life science, environmental science, food safety, and industrial process. We also investigate novel analytical technologies such as single cell analysis, and single-molecule analysis. For the advanced technologies,

fundamental chemistry such as chemical reactions and interfacial phenomena in a confined space should be revealed in detail. We study unique advanced measurement methodologies such as microscopic imaging.

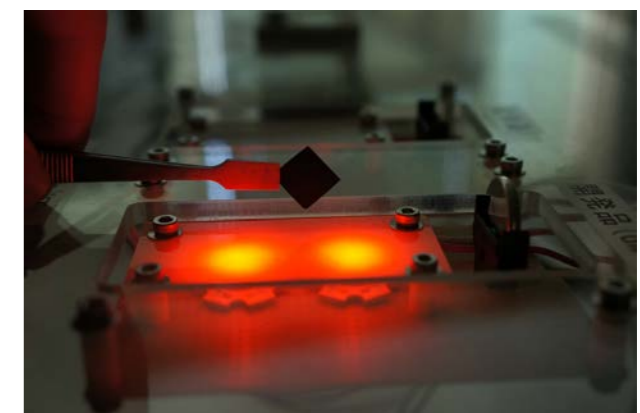
カーボン系材料を中心とした非晶質材料の新展開

当研究室では、従来は構造制御も構造描写も困難であった非晶質を主体とするカーボン系材料に関し、有機合成や化学気相蒸着の手法を用いて原子・分子レベルからのボトムアップ的な材料合成を行い、有機結晶のように構造を規定できる金属カーボン構造体、グラフェンからなる3次元構造体をはじめ、種々の新しいカーボン系構造体および複合材料の調製を進めている。また、先進のカーボン材料分析技術を利用し、カーボン系材料の反応性、耐食性、触媒能等、様々な化学的特性を分子論的に理解し、その精密制御を行っている。さらに、調製した新規材料をスーパーキャパシタ、二次電池、燃料電池、ヒートポンプ、新規エネルギーデバイス、機能性吸着材、触媒、ヘルスケアなど幅広い分野へ応用する検討を、国内外の多数の研究機関および企業と連携しつつ進めている。



Development of advanced functional carbon materials

non-crystalline materials is also a difficult issue. We have developed the new techniques which allow the bottom-up synthesis of advanced carbon materials with controlled structures at atomic/molecular scale, specifically using organic synthesis or chemical-vapor deposition. Thus, a variety of functional carbon materials have been achieved such as metal-carbon frameworks with defined chemical structures like organic crystals, micro/mesoporous materials with single-graphene walls, and carbon-based composite materials. Also, we focus on the elucidation of physicochemical properties of carbon materials including reactivity, durability, and catalysis from the view point of chemistry by using advanced analysis techniques. Moreover, we proceed in the application of our advanced carbon-based materials for supercapacitors, secondary batteries, fuel cells, heat pump, new energy devices, functional adsorbents, catalysis, and healthcare, with many collaborators including research organizations and companies.





ハイブリッド材料創製研究分野  
芥川智行研究室

Hybrid Material Fabrication  
Tomoyuki AKUTAGAWA Lab



芥川 智行 教授  
Tomoyuki AKUTAGAWA, Professor  
akutagawa@tohoku.ac.jp

出倉 駿 助教  
Shun DEKURA, Assistant Professor

専門分野・キーワード

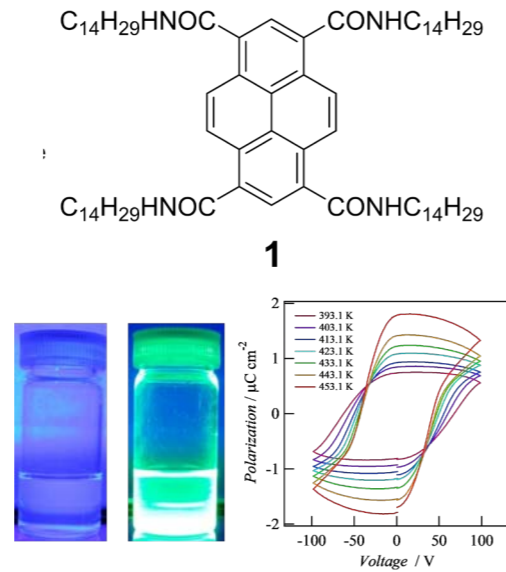
有機電子材料 / 分子性半導体 / 分子強誘電体 / 分子エレクトロニクス  
organic electronic materials / molecular conductors / molecular ferroelectrics / molecular electronics

主な研究テーマ

- 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
- 新規な分子性半導体・磁性体・強誘電体の開発
- 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
- 酸化還元活性な有機π電子系化合物および金属錯体の開発
- Ferroelectric, pyroelectric, and thermal conducting materials from supramolecular rotators
- Molecular-assembly devices based on charge-transfer interactions
- Novel molecular conductors, magnets, and ferroelectrics
- Molecular devices based on organic-inorganic hybrid nanostructures
- Redox active organic π-electron and/or metal-coordination compounds

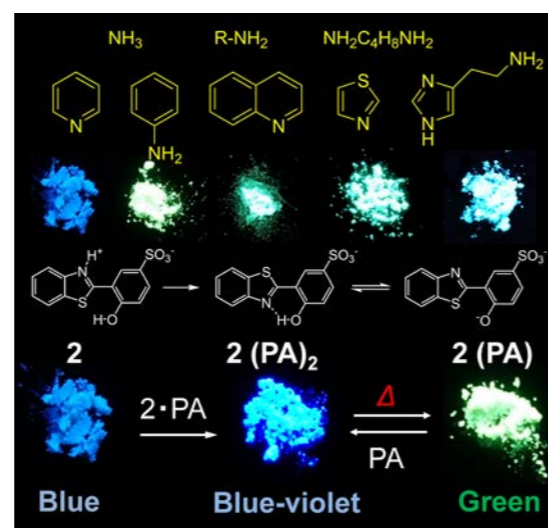
多重機能を有する分子性材料の創製

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-強誘電性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・柔軟性結晶・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んでいます。



Fabrications of multifunctional molecular materials

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



光機能材料化学研究分野  
中川勝研究室

Photo-Functional Material Chemistry  
Masaru NAKAGAWA Lab



中川 勝 教授  
Masaru NAKAGAWA, Professor  
masaru.nakagawa.c5@tohoku.ac.jp

押切 友也 准教授  
Tomoya OSHIKIRI, Associate Professor

新家 寛正 助教  
Hiromasa NIINOMI, Assistant Professor

専門分野・キーワード

材料科学 / 光化学 / ナノインプリント / メタサイト  
material science / photochemistry / nanoimprinting / metasite

主な研究テーマ

- 一桁ナノ造形に資する光ナノインプリント成形のレジスト材料とアライメント技術の開発
- レーザー加工孔版印刷法によるナノリソグラフィプロセスの開発
- 蛍光と散乱光による精密位置合わせと積層化
- 金属・誘電体ナノ構造体の近接場光制御と光化学反応場・自己組織化制御場への応用
- ナノ構造体を駆使した物性計測技術の開発
- Single-digit-nanometer figuration by development of resist materials and alignment technology in UV nanoimprinting
- Development of nanolithography process using laser-drilled screen printing
- Alignment and building by fluorescence and scattering
- Creation of fields for photochemical reaction and self-assembly control by controlled/modulated near-field on metallic and dielectric nanostructures
- Development of measurement technology for physical property using nanostructures

ナノインプリントによる金属・誘電体ナノ構造形成に立脚した光応答メタサイトの創製と光機能材料の応用化学

ものづくりにおける次世代基盤技術の一つである有型成形ナノ加工方式のナノインプリント技術の材料とプロセスの研究を進めている。設計通りの金属や誘電体のナノ構造体の作製を行い、ナノ構造体自体やナノ構造体間の制御されたナノ空間と、分子との光学、光化学および物理的相互作用の解明を進め、機能性分子の光化学合成や分離精製に基づく物質・材料の創製を目指している。ナノインプリント技術では、一桁ナノ精度の造形を目標としたモールド作製用電子線レジスト材料、一桁ナノ造形に資する光硬化性成形・レジスト材料、定型成形を実現する被成形材料の精密塗布プロセス、積層化に資する一桁ナノ精度のアライメントプロセスと材料、ナノリソグラフィに資するエッチングプロセスの研究を進めている。金属・誘電体のナノ構造体どうしの配置において、未踏の化学反応や物理現象を誘起することを目的として一桁ナノサイズの精密さで人工的に作られた場所を“メタサイト (metasite)”と提唱し、メタサイトの研究を先導する。

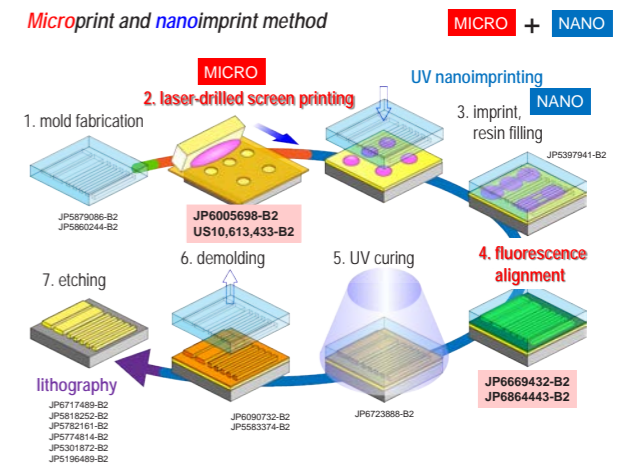
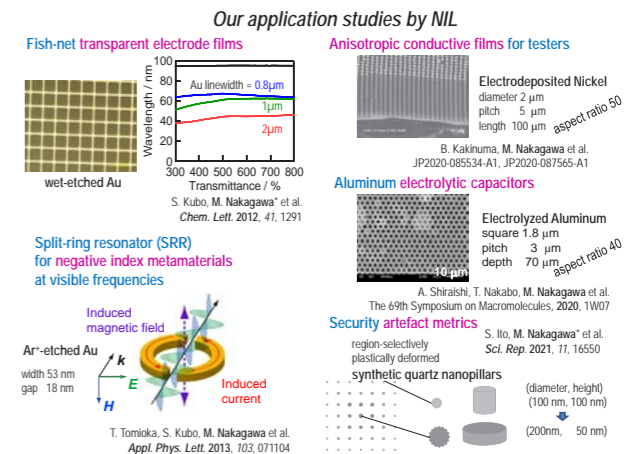


Photo-functional material science based on metasites fabricated by nanoimprint lithography

Nakagawa group conducts research on materials and processes for mold-using nanoimprint technology, one of the next-generation fundamental nanofabrication technologies in manufacturing. Using our developed resist materials and alignment and nanolithography processes, we fabricate metallic and dielectric nanostructures strictly as design and investigate the optical, photochemical, and physical interactions of molecules with the nanostructures and nano-clearances between/among nanostructures. Herein we propose and pursue "metasite" as an artificially created nano-clearance with nanometer sizes using the arrangement of metallic and dielectric nanostructures, where unprecedented chemical reactions and physical phenomena occur at hot spots of the nano-clearance.





## 有機・バイオナノ材料研究分野 笠井均研究室

Organic- and Bio- Nanomaterials  
Hitoshi KASAI Lab



笠井均 教授

Hitoshi KASAI, Professor

hitoshi.kasai.a6@tohoku.ac.jp

小関良卓 助教

Yoshitaka KOSEKI, Assistant Professor

鈴木龍樹 助教

Ryuju SUZUKI, Assistant Professor

有田稔彦 助教

Toshihiko ARITA, Assistant Professor

### 専門分野・キーワード

ナノ薬剤/有機ナノ粒子/抗癌薬  
Nano Drugs / Organic Nanoparticles / Anti-cancer Drugs

### 主な研究テーマ

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

## 難水溶化という従来の逆の分子設計に基づく新規ナノ薬剤の創出

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

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

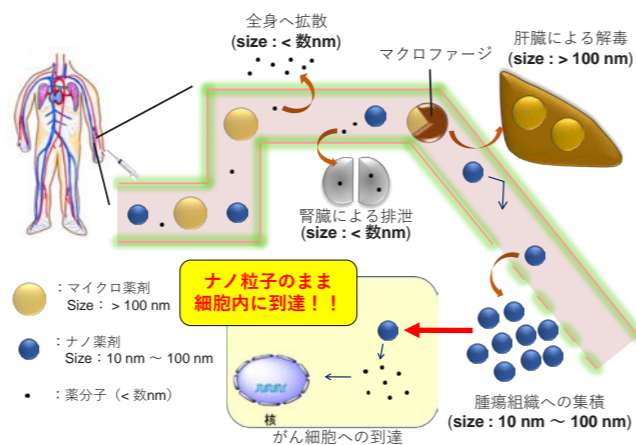


Fig.1

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

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

In our group, in order to overcome the above problems, we are designing the novel anti-cancer drugs composed in the dimer or the compounds to which the poorly water-soluble substituent such as a cholesterol derivative are chemically linked. In addition, by utilizing our technique of reprecipitation for fabrication of organic nanoparticles,

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

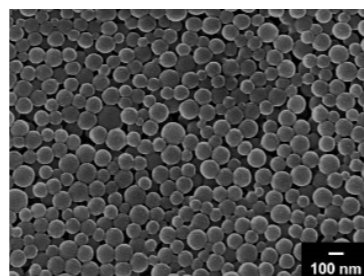


Fig. 2

## 研究支援組織

Research Support Section

### ・事務部

多元研における研究・教育活動の支援業務を行っています。総務係、人事係、研究協力係からなる総務課と、司計係、経理係、用度係、管理係からなる経理課で構成され、一般的な事務的業務だけでなく、教職員や学生・大学院生のサポート、研究費の申請や、イベントや会議の運営補助など、多岐にわたる業務を行っています。

### ・図書室

図書や資料の閲覧、相互利用、参考調査、学習や研究に必要な資料の購入、受入などの業務を担い、図書の適切な管理と運営をもって、研究活動を支援しています。AIMR本館に位置し、東北大学に所属する教職員や学生が利用できる閲覧室と学習スペースも備えています。

### ・安全管理室

多元研の所内環境・安全・防災に関する事項の企画及び実施、「安全マニュアル」の製作の他、定期的な巡視の実施など、研究所の安全を確保するための安全衛生管理活動を行っています。また、多様な研究室や職域等で発生する個々の事案への対応も行っていきます。

### ・広報情報室

多元研における広報活動や快適なネットワーク環境の整備など多岐にわたる支援業務を行っています。業績を掲載した評価資料など、研究所の公式な刊行物の編集・発行、web サイト管理、プレスリリース、イベント支援などの業務を行っています。

### ・技術室

技術室では、47名の技術職員(再雇用職員5名を含む)が、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研究支援技術の高度化に努めています。

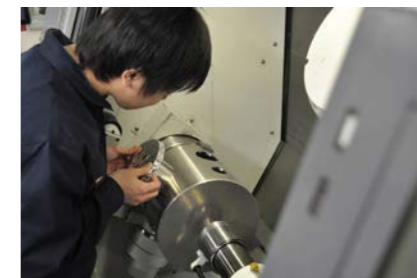
## 技術室

### ・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、新型ワイヤ放電加工機などを順次導入して設備の高機能化を図り、若い技術者でも高度で様々な工作依頼にも応えられるよう日々「装置(モノ)づくり」に取り組んでいます。

学生教育の一環としては「機械製図講習会」・「機械工作安全作業講習会」をBCPのレベルに合わせ、対面かオンラインかを上手く切り替えて実施しています。また、社会貢献活動として見学や中学生職場体験活動の依頼があれば、受け入れも行っていきます。

現在9名の職員が在籍していますが、このように多くの職員と最新の加工設備を擁する附属工場は全国的にも少なくなくなり、当研究所の特色のひとつになっています。



### ・ガラス工場

ガラス工場では研究者から依頼された実験装置や器具を製作しています。ほとんどの依頼品は市販形状のものでないため受注段階で研究者と十分討議し、研究の目的に最も良く合うように工夫と改良を重ねながら製作しています。製品はパイプ、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、研究者の要求に応じた精密な平面・球面・反射鏡、特殊なレンズやプリズムの製作及び結晶や特殊材料の切断研磨業務を行っています。面精度が良くかつ表面粗さが小さい熔融石英ガラス基板では表面形状をレーザー干渉計で測定しながら加工し、焦点距離の誤差の少ないものを作り上げる技術を持っています。





・共通機器・研究プロジェクト支援

再雇用3名を含む25名が、共通機器・施設・設備(多元CAF)の管理・運営を行い、共同利用共同研究拠点である研究所の活動を支援しています。同時に多元CAFと兼務する形で研究プロジェクトの支援も行っており、多様な技術で多元研ならではの研究を技術スタッフとして支援し、また技術の高度化にも取り組んでいます。技術スタッフは電子回路、超高真空、実験機器・装置の開発・改良、測定・制御ソフトウェア開発、結晶育成、薄片研磨、化学分析、レーザーシステム、生物・バイオ関連技術などの技術要素を持ち、1人1人はエフォートにより複数の支援を行うことで多くの支援件数に応えています。また、学生の実験指導や安全教育・管理にも携わり、研究所全体の発展に貢献しています。

業務の一例

■ 全固体リチウム電池の作製と充放電測定によるデバイス性能評価

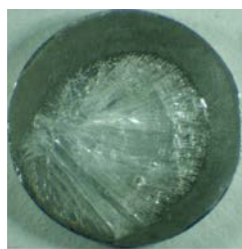


グローブボックス内で全固体リチウム電池を作製している様子

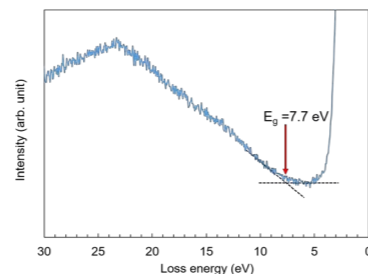


定電流充放電装置

■ 多成分系ケイ酸塩融体(マルチアニオン融体)の物性解明ならびに低レベル放射性廃棄物のガラス固化処理プロセスの技術支援。



白金基板上に凝固した透明なリチウムダイシリケート



リチウムダイシリケートのバンドギャップ評価  
J. Am. Ceram. Soc., 103 (2020) 5139-5144.

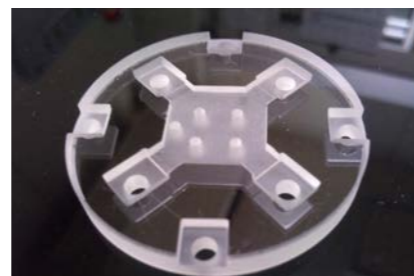
・Machine Shop

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



・Glass shop

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



・Project Support

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



多元CAF Central Analytical Facility in Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (Designated as Tagen CAF)

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

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

機器一覧

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 analyzer, O analyzer, S-X analyzer)
- ・ICP発光分析装置  
Inductively coupled plasma emission spectrophotometer (ICP-AES)
- ・微小部走査X線分析装置  
Electron probe micro analyzer (EPMA)
- ・多機能型素材分析装置(X線光電子分光装置)  
Multi-functional material analyzer (X-ray photoelectron spectrometer: XPS)
- ・X線光電子分光装置  
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)
- ・高周波誘導結合プラズマ質量分析装置  
Inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS)



B. 分子構造解析装置

Apparatuses for molecular structure analyses

- ・核磁気共鳴装置(溶液用 NMR400/500/600MHz)  
NMR 400/500/600 MHz
- ・ナノデバイスイオンダイナミクス計測装置(固体用 NMR400/600MHz)  
Nano device ion dynamics analyzer (Solid-state NMR spectrometer)
- ・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 spec-trometer)
- ・パルス EPR  
Electron paramagnetic resonance spectrometer (EPR)
- ・高温 NMR 解析装置  
High Temperature NMR Analysis Systems System
- ・高速ラマンイメージングシステム  
High Speed Raman Imaging System



C. 構造組織解析装置 Apparatuses for crystal structure and microstructure analyses

- ・電界放射型走査電子顕微鏡  
Field emission type electron microscope (SEM,EDX,EBSF)
- ・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)
- ・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)
- ・全自動粉末 X線回折装置  
Automatic powder X-ray diffraction devices (XRD)
- ・蛍光 X線分析装置  
X-ray Fluorescence (XRF)
- ・共通 X線装置  
X-ray diffractometers (XRD)  
1. 粉末 Powder XRD  
2. 粉末高温 High temperature powder XRD  
3. 小角散乱 Small angle X-ray scattering instrument  
4. 薄膜 Thin film XRD
- ・単結晶自動 X線構造解析装置
- ・三次元マイクロストレス X線実測システム  
X-ray microarea three-dimensional stress measuring system





C. 構造組織解析装置

Apparatuses for molecular structure analyses

- レーザーイオン化質量分析装置 (MALDI-TOF/MS)  
Laser desorption ionization mass spectrometer
- 四重極・飛行時間型質量分析装置 (Q-TOF/MS)  
Quadrupole time-of-flight mass spectrometer (Q-TOF/MS)
- 高分解能フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR)  
High-resolution Fourier transform infrared spectrophotometer (FT-IR)
- 示差熱天秤・質量分析同時測定装置 (TG-DTA/GC-MS)  
Thermogravimetry-differential thermoanalysis/mass spectrometry simultaneous measurement device (TG-DTA/MASS)
- 熱分析装置 Thermal analysis devices
  1. 超高温示差走査熱量計  
Super high temperature differential scanning calorimeter (DSC)
  2. 熱膨張計  
Thermomechanical analyzer (TMA)
- 精密万能試験機 Autograph
- 紫外可視分光光度計 UV-Vis spectrophotometer
- レーザー回折式粒度分布測定装置  
Laser diffraction particle size analyzer
- 表面粗さ測定装置 Surface roughness measuring instrument
- 大型ステージ走査型プローブ顕微鏡
- 微小領域分析用 X 線回折システム  
X-ray Diffractometer for Micro-Area Analysis of Phases and Stresses

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
- アーク溶解炉 Arc melting furnace
- 高電圧パルス選択性粉碎装置  
High Voltage Pulse Selective Crushing Equipment
- 高精度微小荷重試験機



| 建物案内図 Building guide map



<b>B06</b> 多元研 西 1 号館 (科学計測研究棟 S 棟) IMRAM West Building 1	<b>C02</b> 多元研 東 1 号館 (反応科学研究棟 1 号館) IMRAM East Building 1	<b>E03</b> 南総合研究棟 2 (材料・物性総合研究棟 1) South Multidisciplinary Research Laboratory 2	<b>F03</b> 多元研 共同研究棟 IMRAM Cooperative Research Building
<b>B07</b> 多元研 西工場 (工場棟) IMRAM West Technical Plant	<b>C03</b> 多元研 東 2 号館 (反応科学研究棟 2 号館) IMRAM East Building 2	<b>E02</b> 南総合研究棟 1 (材料・物性総合研究棟 II) South Multidisciplinary Research Laboratory 1	<b>F04</b> 多元研 南 2 号館 (素材工学研究棟 2 号館) IMRAM South Building 2
<b>B08</b> 多元研 西 2 号館 (科学計測研究棟 N 棟) IMRAM West Building 2	<b>C04</b> 多元研 東 3 号館 (反応化学研究棟旧館) IMRAM East Building 3	<b>F01</b> 多元研 南 1 号館 (素材工学研究棟 1 号館) IMRAM South Building 1	<b>F05</b> 多元研 南 3 号館 (素材工学研究棟 3 号館) IMRAM South Building 3
<b>B01</b> 図書室 Library (AIMR Main Building 2F)		<b>F02</b> 多元研 事務部棟 IMRAM Administration Building	

◇ 登録有形文化財 (2021 年 10 月 14 日告示)

旧東北帝国大学工学部機械学及び電気学教室 (※ 1)  
(現) 東北大学多元物質科学研究所 南 1 号館



東北帝国大学工学部の初期の姿を伝える、また当時多く見られた左右対称の立面を持つ建造物のうち現存するその時期の建築様式の実例としても貴重です。

旧東北帝国大学工学部機械学及び電気学実験室 (※ 2)  
(現) 東北大学多元物質科学研究所 事務部棟

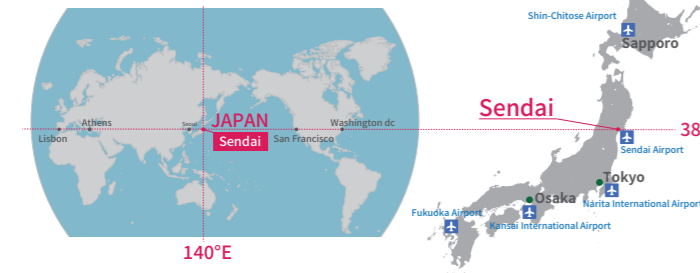


事務部棟旧東北帝国大学工学部機械・電気学教室と一体となって東北帝国大学工学部の初期の姿を伝える貴重な建築です。中廊下式の二階建て、玄関にはステンドグラスが掲げられています。

アクセス Access



日本と仙台の位置 Position of Japan and Sendai



Access to Sendai Station  
- From Sendai Airport to Sendai Station by railway : 30m  
- From Tokyo Station to Sendai Station by Tohoku Shinkansen (Bullet train) : 1h40m  
From Sendai Station  
- On foot: About 20 minutes  
- By taxi: About 5 minutes