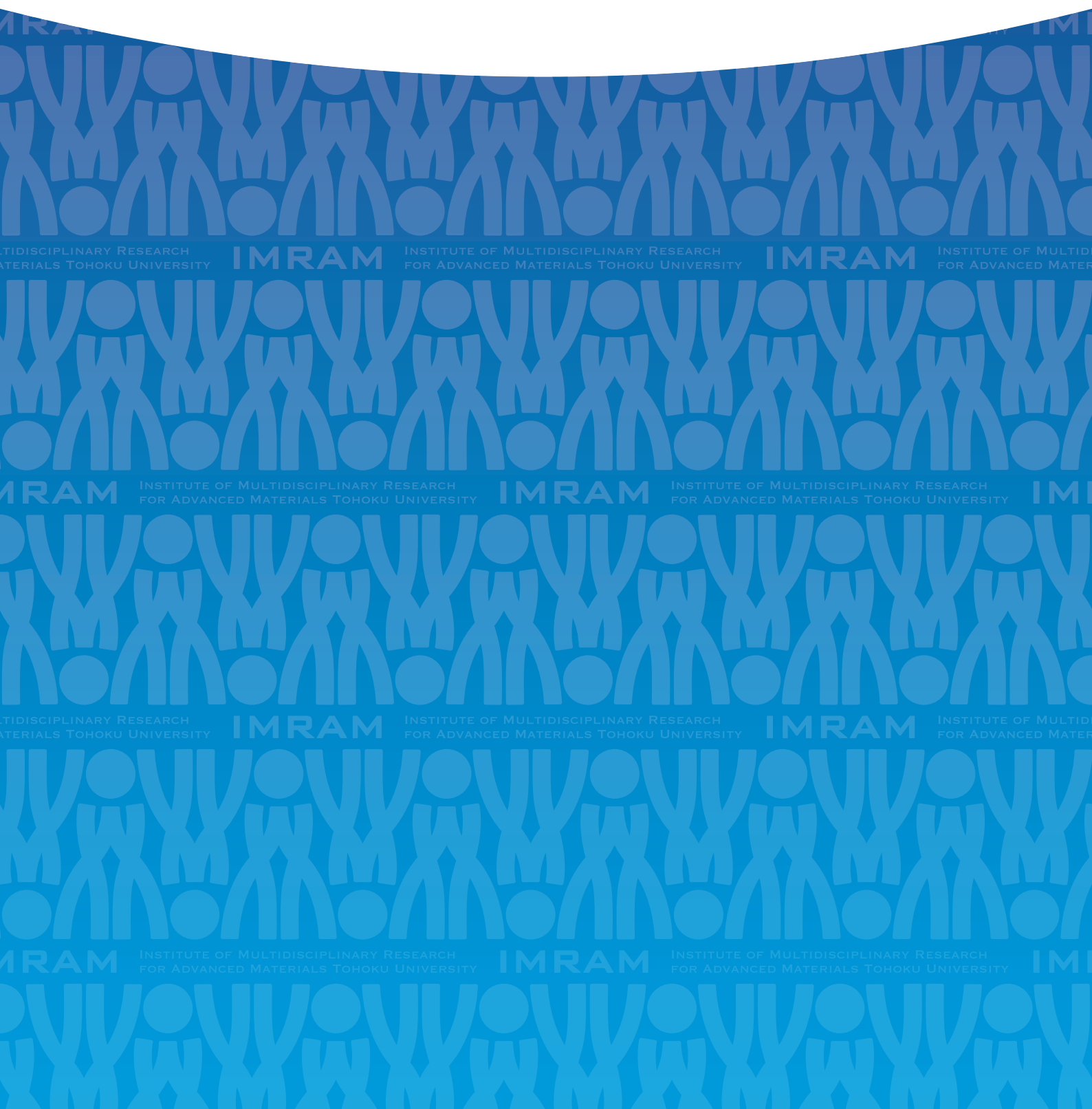


東北大学 多元物質科学研究所

**IMRAM**

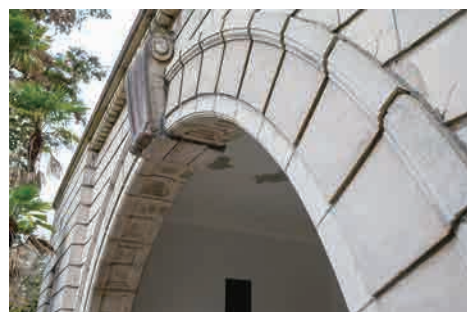
INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH  
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

**2020**



# 沿革

|             |                                                                                                                                                                                                                  |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 昭和 16 年 3 月 | 勅令第 268 号（官制）により選鉱製錬研究所設置                                                                                                                                                                                        | 1941, March    | Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku Imperial University was founded.                                                                                                                                                         |
| 昭和 18 年 1 月 | 勅令第 54 号（官制）により科学計測研究所設置                                                                                                                                                                                         |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 昭和 19 年 1 月 | 勅令第 7 号（官制）により非水溶液化学研究所設置                                                                                                                                                                                        | 1943, January  | Research Institute for Scientific Measurements, Tohoku Imperial University was founded.                                                                                                                                                                |
| 昭和 24 年 5 月 | 国立学校設置法により、選鉱製錬研究所、科学計測研究所、非水溶液化学研究所は、それぞれ東北大学附置研究所となる                                                                                                                                                           | 1944, January  | Chemical Research Institute of Non - Aqueous Solution, Tohoku Imperial University was founded.                                                                                                                                                         |
| 平成 3 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                                                                                                                                                                                | 1949, May      | These three Institutes were reorganized as research institutes affiliated to Tohoku University.                                                                                                                                                        |
| 平成 4 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                                                                                                                                                                                  | 1991, April    | Chemical Research Institute of Non - Aqueous Solution was reorganized as Institute for Chemical Reaction Science.                                                                                                                                      |
| 平成 13 年 4 月 | 国立学校設置法の改正により素材工学研究所と科学計測研究所と反応化学研究所を再編統合し、多元物質科学研究所設置<br>（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、多元ナノ材料研究センター）                                                                       | 1992, April    | Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy was reorganized as Institute for Advanced Materials Processing.                                                                                                                                  |
| 平成 17 年 4 月 | 新産業創造物質基盤技術研究センター、先端結晶化学技術寄附研究部門（～平 19.3）設置                                                                                                                                                                      | 2001, April    | 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). |
| 平成 18 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）                                                                                                                                                                                 | 2010, April    | IMRAM started the activity as a member of the Network Joint Research Center for Materials and Devices.                                                                                                                                                 |
| 平成 19 年 1 月 | 先端電圧セラミックス寄附研究部門設置（～ 2009 年 12 月）                                                                                                                                                                                | 2018, March    | Research Center for Sustainable Science & Engineering was closed.                                                                                                                                                                                      |
| 平成 19 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<br>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設置（～ 2010 年 3 月）<br>窒化物結晶寄附研究部門設置（～ 2012 年 3 月）                                                                                                     | 2018, April    | Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science and the Center for Mineral Processing and Metallurgy were started.                                                                                                 |
| 平成 20 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                                                                                                                                                                                         | 2019, November | Collaborative Research Division of Advanced Synchrotron Radiation Metrology started.                                                                                                                                                                   |
| 平成 22 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<br>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<br>物質・デバイス領域型共同研究拠点（ネットワーク型）発足 | 2020, May      | Collaborative Research Division of Advanced Analysis of Iron and Steelmaking Processes was started.                                                                                                                                                    |
| 平成 24 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<br>希少元素高効率抽出技術拠点発足（～ 2017 年 3 月）                                                                                                                                   |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 平成 25 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）                                                                                                                                                                               |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 平成 27 年 2 月 | 百生量子ビーム位相イメージングプロジェクト開始                                                                                                                                                                                          |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 平成 28 年 4 月 | 物質・デバイス領域型共同研究拠点（第 2 期）発足                                                                                                                                                                                        |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 平成 30 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<br>非鉄金属製錬環境科学研究部門を設置                                                                                                                                                       |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 令和 元年 11 月  | 放射光次世代計測科学連携研究部門を設置                                                                                                                                                                                              |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 令和 2 年 5 月  | 製鉄プロセス先端解析技術共同研究部門を設置                                                                                                                                                                                            |                |                                                                                                                                                                                                                                                        |



# 目 次

|                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 所長挨拶 / Director's Message .....                                                                                                                         | 3  |
| 概 要 / Outline .....                                                                                                                                     | 5  |
| 主な研究成果 / Research Results- 2019 年度のプレスリリースより、主な表彰・受賞 .....                                                                                              | 7  |
| 国際共同研究・教育活動 / International Exchange Activities .....                                                                                                   | 11 |
| 学生・研究支援 / Supports .....                                                                                                                                | 13 |
| 産学連携・地域連携活動 / Industry-Academia Collaboration .....                                                                                                     | 14 |
| 主要なプロジェクト / Research Projects .....                                                                                                                     | 15 |
| 組織図 / Organization Chart .....                                                                                                                          | 21 |
| 研究部門・研究センター / Research Divisions and Centers .....                                                                                                      | 23 |
| 非鉄金属精錬環境科学研究部門 / Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science ...                                                | 31 |
| 放射光次世代計測科学連携研究部門 / Collaborative Research Division of Advanced Synchrotron Radiation Metrology .....                                                    | 32 |
| 製鉄プロセス先端解析技術共同研究部門 (JFE スチール) /<br>Collaborative Research Division of Advanced Analysis of Iron and Steelmaking Processes (JFE steel Corporation) ..... | 33 |
| 有機・生命科学研究部門 / Division of Organic- and Bio-materials Research .....                                                                                     | 34 |
| 無機材料研究部門 / Division of Inorganic Material Research .....                                                                                                | 40 |
| プロセスシステム工学研究部門 / Division of Process and System Engineering .....                                                                                       | 46 |
| 計測研究部門 / Division of Measurements .....                                                                                                                 | 51 |
| 金属資源プロセス研究センター / Center for Mineral Processing and Metallurgy .....                                                                                     | 58 |
| 先端計測開発センター / Center for Advanced Microscopy and Spectroscopy .....                                                                                      | 66 |
| 高分子・ハイブリッド材料研究センター / Polymer・Hybrid Materials Research Center .....                                                                                     | 70 |
| 新機能無機物質探索研究センター / Center for Exploration of New Inorganic Materials.....                                                                                | 75 |
| 研究支援組織 / Support Section .....                                                                                                                          | 79 |
| 技術室 / Technical Service Section .....                                                                                                                   | 80 |
| 多元 CAF / TAGEN Central Analytical Facility .....                                                                                                        | 83 |
| 建物案内図・アクセス / Maps and Directions .....                                                                                                                  | 85 |

## あいさつ

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）創立から19年が過ぎました。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月に誕生しました。そして「多元物質科学」は一般社会にも浸透しつつあります。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ます。もうすぐ80年を迎えようとする伝統の力を、ひしひしと感じます。先人たちが切り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、過去から未来への時間軸の中で、研究所のあちこちで、時空を超えて融合していく姿を見ることができます。2018年4月1日には、それが新たに「金属資源プロセス研究センター」となって現実に誕生することとなりました。これこそ伝統の力そのものです。

こうして多元研では、資源から最先端素材までのプロセス軸、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

事と思います。

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。2016年度からは多元研が拠点本部となり推進しております。さらに、この活動を支える5附置研究所は、『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』事業により、効率的かつ先進的に連携活動を行っております。

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。昨年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。

さて、2011年3月の東日本大震災から9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いきます。最後になりましたが、皆様方の益々のご健勝とご発展を心より祈り申し上げますとともに、今後とも、変わらぬご支援を賜りますようお願い申し上げます。

2020年4月 研究所長 寺内正己

Our institute, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, IMRAM, is called TAGEN-KEN in Japanese. 19 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 a new research center, Center for Mineral Processing and Metallurgy, in April 1st, 2018, where researches on mineral processing and metallurgy for urban mine have been uniquely investigated.

Our institute has started a new activity as a member of the Network Joint Research Center for Materials and Device

from 2010, composed of five national university institutes, Research Institute of Electronic Science (RIES, Denshiken) in Hokkaido Univ., Laboratory for Chemistry and Life Science (CLS, Kaseiken) in Tokyo Institute of Technology, Institute of Science and Industrial Research (ISIR, Sanken) in Osaka Univ., and Institute for Materials Chemistry and Engineering (IMCE, Sendouken) in Kyushu Univ. This network is open to anyone in Japan and the world including colleges, institutes and private companies, who wishes to collaborate with the institutes. Based on the collaboration among the five institutes, the "Dynamic Alliance for Open Innovation Bridging Human, Environment and Materials" was also founded as a national project started in 2016.

Tohoku Univ. is now promoting the project of a next generation 3 GeV synchrotron radiation facility, 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, 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.

Nine 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 2020 Director Masami TERAUCHI



東北大学 多元物質科学研究所

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

#### ロゴマークのテーマ シーズのランドマーク

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



# 概要

## 構成員 Members

### 職員数 Faculty & Staff (as of May 1, 2020)

|                   |  |                             |  |                                    |  |                             |  |                           |  |
|-------------------|--|-----------------------------|--|------------------------------------|--|-----------------------------|--|---------------------------|--|
| 教 授<br>Professors |  | 准教授<br>Associate Professors |  | 講 師<br>Senior Assistant Professors |  | 助 教<br>Assistant Professors |  | 助 手<br>Research Associate |  |
| 44 (3) [1]        |  | 28 (1) [2]                  |  | 10 (1)                             |  | 70 (9) [11]                 |  | 0                         |  |

|                              |  |                         |  |                            |  |                                          |  |                                       |  |                |  |
|------------------------------|--|-------------------------|--|----------------------------|--|------------------------------------------|--|---------------------------------------|--|----------------|--|
| 事務職員<br>Administrative Staff |  | 技術職員<br>Technical Staff |  | 再雇用職員<br>Re-employed Staff |  | 非常勤職員（研究職）<br>Part-Time Staff (Research) |  | 非常勤職員（その他）<br>Part-Time Staff (Other) |  | 計<br>Total     |  |
| 43 (31)                      |  | 47 (11)                 |  | 4 (0)                      |  | 18 (4) [1]                               |  | 78 (61) [6]                           |  | 342 (121) [21] |  |

※（ ）内は女性（内、助教の6名は、平成30年度東北大学女性教員採用促進事業に採択された「東北大学多元物質科学研究所“桜—SAKURA”プロジェクト」により採用）で内数  
 ※[ ]内は外国人で内数  
 ※（ ） indicates the number of female staff in counts.  
 ※[ ] indicates the number of foreign staff in counts.

### 部門別教員数内訳 Number of Faculty Members

| 部門等<br>Research Division                                                                                     | 教 授<br>Professors | 准教授<br>Associate Professors | 講 師<br>Senior Assistant Professors | 助 教<br>Assistant Professors | 助 手<br>Research Associates | 計<br>Total |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|------------|
| 有機・生命科学研究部門<br>Division of Organic-and Bio-materials Research                                                | 6                 | 5                           | 2                                  | 8                           |                            | 21         |
| 無機材料研究部門<br>Division of Inorganic Material Research                                                          | 7                 | 1                           | 1                                  | 8                           |                            | 17         |
| プロセスシステム工学研究部門<br>Division of Process and System Engineering                                                 | 5                 | 4                           |                                    | 7                           |                            | 16         |
| 計測研究部門<br>Division of Measurements                                                                           | 7                 | 4                           | 3                                  | 11                          |                            | 25         |
| 非鉄金属製錬環境科学研究部門<br>Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science        |                   | 1                           |                                    |                             |                            | 1          |
| 放射光次世代計測科学連携研究部門<br>Collaborative Research Division of Advanced Synchrotron Radiation Metrology              | 1                 | 1                           |                                    |                             |                            | 2          |
| 製鉄プロセス先端解析技術共同研究部門<br>Collaborative Research Division of Advanced Analysis of Iron and Steelmaking Processes |                   |                             |                                    |                             |                            |            |
| 金属資源プロセス研究センター<br>Center for Mineral Processing and Metallurgy                                               | 8                 | 5                           | 2                                  | 16                          |                            | 31         |
| 先端計測開発センター<br>Center for Advanced Microscopy and Spectroscopy                                                | 3                 | 3                           | 2                                  | 5                           |                            | 13         |
| 高分子・ハイブリッド材料研究センター<br>Polymer・Hybrid Materials Research Center                                               | 4                 | 1                           |                                    | 10                          |                            | 15         |
| 新機能無機物質探索研究センター<br>Center for Exploration of New Inorganic Materials                                         | 3                 | 3                           |                                    | 5                           |                            | 11         |
| 合計<br>Total                                                                                                  | 44                | 28                          | 10                                 | 70                          |                            | 152        |

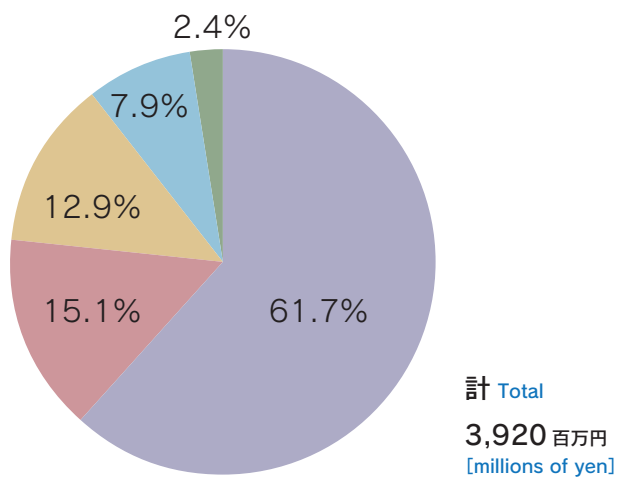
### 学生数 (2019年11月現在) Number of Students (as of November, 2019)

| 研究科・学部<br>Schools                | 学部<br>Under Graduate | 博士課程前期<br>Master's Program | 博士課程後期<br>Doctoral Program |
|----------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|
| 工学研究科・工学部<br>Engineering         | 47 (8) [1]           | 106 (17) [14]              | 42 (8) [18]                |
| 理学研究科・理学部<br>School of Science   | 11 (5) [7]           | 49 (18) [12]               | 22 (1) [13]                |
| 生命科学研究科<br>Life Sciences         |                      | 13 (7) [2]                 | 4 (2) [3]                  |
| 環境科学研究科<br>Environmental Studies |                      | 40 (11) [4]                | 13 (1) [8]                 |
| 合計<br>Total                      | 58 (13) [8]          | 208 (53) [32]              | 81 (12) [42]               |
|                                  | 347 (78) [82]        |                            |                            |

※（ ）内は女性、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.

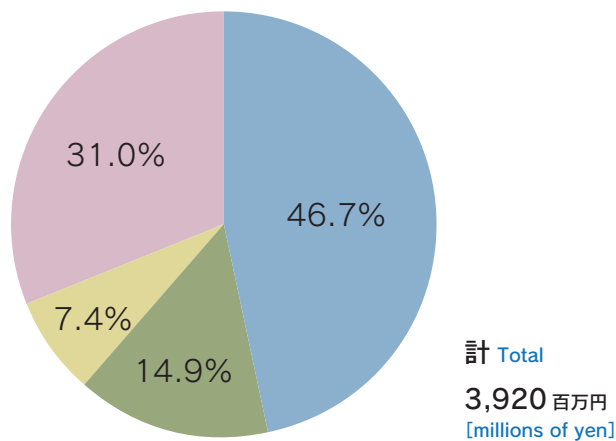
## 歳入・歳出内訳 Annual Revenue and Expense

### 2018 年度 歳入内訳 Revenue for FY 2018



- 運営費交付金 Operational Grants
- 科学研究費補助金 Grants-in-Aids 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

### 2018 年度 歳出内訳 Revenue for FY 2018



- 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：百万円) External Research Funds ( millions of yen )

|                                                 | 2014 年度<br>FY 2014 | 2015 年度<br>FY 2015 | 2016 年度<br>FY 2016 | 2017 年度<br>FY 2017 | 2018 年度<br>FY 2018 |
|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 科学研究費<br>Grants-in-Aids for Scientific Research | 551                | 565                | 635                | 563                | 555                |
| 共同研究<br>Joint Research                          | 394                | 340                | 230                | 272                | 310                |
| 受託研究<br>Commissioned Research                   | 538                | 810                | 710                | 711                | 526                |

## 建物 BUILDINGS(as of April, 2019)

建物総延面積 Total Floor Area 38,318m<sup>2</sup>



2019 年度 7 月に完成した新棟「南 2 号館」

# 主な研究成果 (2019 年度のプレスリリースより)

**2019.04.16** | ジスルフィド結合導入酵素によるたんぱく質の立体構造形成促進機構を解明  
—構造異常たんぱく質が引き起こす神経変性疾患などの原因解明に光—  
稲葉謙次、奥村正樹

“Dynamic assembly of protein disulfide isomerase in catalysis of oxidative folding”

Masaki Okumura, Kentaro Noi, Shingo Kanemura, Misaki Kinoshita, Tomohide Saio, Yu-ichi Inoue, Takaaki Hikima, Shuji Akiyama, Teru Ogura, and Kenji Inaba

Nature Chemical Biology, UK

DOI: 10.1038/s41589-019-0268-8

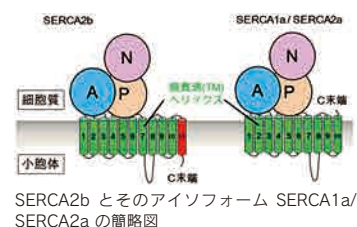
**2019.04.24** | ヒト由来カルシウムポンプの高分解能構造と活性制御機構を解明  
—細胞内カルシウム恒常性維持機構の破綻が引き起こす疾病の原因解明に光—  
井上道雄、渡部聡、稲葉謙次

“Structural basis of sarco/endoplasmic reticulum  $\text{Ca}^{2+}$ -ATPase 2b regulation via transmembrane helix interplay”

Michio Inoue, Nanami Sakuta, Satoshi Watanabe, Yuxia Zhang, Kunihito Yoshikaie, Yoshiki Tanaka, Ryo Ushioda, Yukinari Kato, Junichi Takagi, Tomoya Tsukazaki, Kazuhiro Nagata, Kenji Inaba

Cell Reports

DOI: 10.1016/j.celrep.2019.03.106



**2019.05.07** | 3次元放射光ナノイメージングとデータ科学の融合 —酸素吸蔵・放出材料における酸化反応の軌跡を可視化—  
高橋幸生

“Oxygen-diffusion-driven Oxidation Behavior and Tracking Areas Visualized by X-ray Spectro-ptychography with Unsupervised Learning”

Makoto Hirose, Nozomu Ishiguro, Kei Shimomura, Duong-Nguyen Nguyen, Hirosuke Matsui, Hieu Chi Dam, Mizuki Tada and Yukio Takahashi

Communications Chemistry

DOI: 10.1038/s42004-019-0147-y

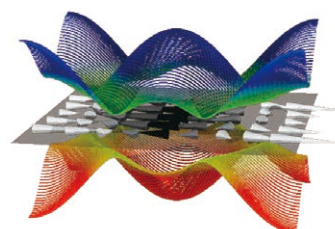
**2019.05.10** | 量子磁性体でのトポロジカル準粒子の観測に成功  
—トポロジカルに保護された磁性準粒子端状態の予言—  
那波和宏、佐藤卓

“Triplon band splitting and topologically protected edge states in the dimerized antiferromagnet”

K. Nawa, K. Tanaka, N. Kurita, T. J. Sato, H. Sugiyama, H. Uekusa, S. Ohira-Kawamura, K. Nakajima, and H. Tanaka

Nature Communications

DOI: 10.1038/s41467-019-10091-6



Ba<sub>2</sub>CuSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub> でのトリプ隆の分散関係を 2 次元的に結合する SSH 模型を用いて再現した図。三角錐は SSH 模型における仮想磁場を表している。

**2019.05.17** | X線照射で始まる超高速反応の観測に成功 —レントゲンによるX線の発見から120年で初—  
福澤宏宣、上田潔

“Real-time observation of X-ray-induced intramolecular and interatomic electronic decay in CH<sub>2</sub>I<sub>2</sub>”

Hironobu Fukuzawa, Tsukasa Takanashi, Edwin Kukk, Koji Motomura, Shin-ichi Wada, Kiyonobu Nagaya, Yuta Ito, Toshiyuki Nishiyama, Christophe Nicolas, Yoshiaki Kumagai, Denys Iablonskyi, Subhendu Mondal, Tetsuya Tachibana, Daehyun You, Syuhei Yamada, Yuta Sakakibara, Kazuki Asa, Yuhiro Sato, Tsukasa Sakai, Kenji Matsunami, Takayuki Umemoto, Kango Kariyazono, Shinji Kajimoto, Hikaru Sotome, Per Johnsson, Markus S. Schöffler, Gregor Kastirke, Kuno Kooser, Xiao-Jing Liu, Theodor Asavei, Liviu Neagu, Serguei Molodtsov, Kohei Ochiai, Manabu Kanno, Kaoru Yamazaki, Shigeki Owada, Kanade Ogawa, Tetsuo Katayama, Tadashi Togashi, Kensuke Tono, Makina Yabashi, Arya Ghosh, Kirill Gokhberg, Lorenz S. Cederbaum, Alexander I. Kuleff, Hiroshi Fukumura, Naoki Kishimoto, Artem Rudenko, Catalin Miron, Hirohiko Kono, Kiyoshi Ueda

Nature Communications

DOI: 10.1038/s41467-019-10060-z

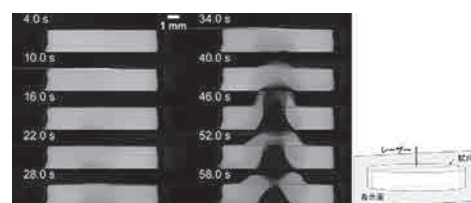
**2019.05.23** | レーザー照射下での高分子材料をX線位相で観察  
—高分子レーザー加工の三次元的可視化に成功—  
百生敦

“Development of pink-beam 4D phase CT for in-situ observation of polymers under infrared laser irradiation”

Karol Vegso, Yanlin Wu, Hidekazu Takano, Masato Hoshino, Atsushi Momose

Scientific Reports 9, Article number: 7404 (2019)

DOI: 10.1038/s41598-019-43589-6



円盤状のポリプロピレンの中央に赤外レーザーを照射しているときの 4D 位相 CT 撮影結果。表示は中央部の縦割り位置のもの。数値は、レーザー照射後の秒数。

**2019.05.24** | 窒化ガリウムウェハの高速・高感度検査技術を確立  
—分光技術駆使した半導体の結晶欠陥計測—  
小島一信、秩父重英

“Quantification of the quantum efficiency of radiation of a freestanding GaN crystal placed outside an integrating sphere”

Kazunobu Kojima, Kenichiro Ikemura, and Shigefusa F. Chichibu

Applied Physics Express

DOI: 10.7567/1882-0786/ab2165



新たに開発された半導体ウェハ検査装置の外観。

**2019.06.18** | ナノの孔をもつスポンジを利用した 自然冷媒で動作する高効率ヒートポンプを提案 —ナノ空間の変形による気液相転移を利用—  
野村啓太、山本雅納、我部篤、西原洋知、京谷隆

"Force-driven reversible liquid-gas phase transition mediated by elastic nanosponges"

Keita Nomura, Hiroto Nishihara, Masanori Yamamoto, Atsushi Gabe, Masashi Ito, Masanobu Uchimura, Yuta Nishina, Hideki Tanaka, Minoru T. Miyahara & Takashi Kyotani

Nature Communications 10, Article number: 2559 (2019)

DOI: 10.1038/s41467-019-10511-7

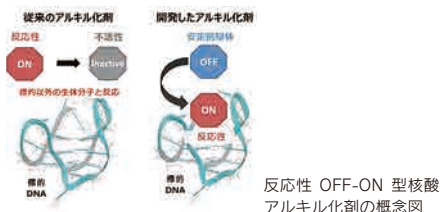
**2019.06.20** | DNA の特殊構造選択的な化学修飾に成功  
—反応性 OFF-ON 型核酸アルキル化剤を開発—  
永次史、鬼塚和光

"Reactive OFF-ON type alkylating agents for higher-ordered structures of nucleic acids"

Kazumitsu Onizuka, Madoka E. Hazemi, Norihiro Sato, Gen-ichiro Tsuji, Shunya Ishikawa, Mamiko Ozawa, Kousuke Tanno, Ken Yamada, Fumi Nagatsugi

Nucleic Acids Research

DOI: 10.1093/nar/gkz512



**2019.07.01** | がん抑制タンパク質 p53 の天然変性領域を標的とした ペプチドの人工設計 —天然変性タンパク質の創薬に期待—  
鎌形清人

"Rational design using sequence information only produces a peptide that binds to the intrinsically disordered region of p53"

Kiyoto Kamagata, Eriko Mano, Yuji Itoh, Takuro Wakamoto, Ryo Kitahara, Saori Kanbayashi, Hiroto Takahashi, Agato Murata, and Tomoshi Kameda

Scientific Reports

DOI: 10.1038/s41598-019-44688-0

**2019.07.12** | 流動中の磁気スキルミオン格子の変形挙動観測に成功  
奥山大輔、佐藤卓

"Deformation of the moving magnetic skyrmion lattice in MnSi under electric current flow"

D. Okuyama, M. Bleuel, J. S. White, Q. Ye, J. Krzywon, G. Nagy, Z. Q. Im, I. Zivkovic, M. Bartkowiak, H. M. Ronnow, S. Hoshino, J. Iwasaki, N. Nagaosa, A. Kikkawa, Y. Taguchi, Y. Tokura, D. Higashi, J. D. Reim, Y. Nambu, and T. J. Sato

Communications Physics 2, Article number: 79 (2019)

DOI: 10.1038/s42005-019-0175-z

**2019.08.01** | 太陽電池の材料はよく光る!? —ペロブスカイト半導体の発光量子効率計測—  
小島一信、秩父重英

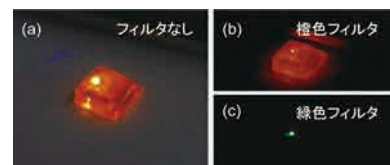
"Internal quantum efficiency of radiation in a bulk CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub> perovskite crystal quantified by using the omnidirectional photoluminescence spectroscopy"

Kazunobu Kojima, Ken-ichiro Ikemura, Kouhei Matsumori, Yasuhiro Yamada, Yoshihiko Kanemitsu, and Shigefusa F. Chichibu

APL materials, 7, 071116 (2019)

DOI: 10.1063/1.5110652

APL Materials, Editor's Pick



点状に励起された結晶が発光する様子を撮影した図。

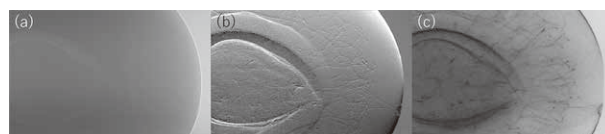
**2019.10.04** | X線イメージングと構造解析の融合に成功 —各画素で nm オーダーの定量的構造解析が可能に—  
矢代航

"Probing Surface Morphology using X-ray Grating Interferometry"

Wataru Yashiro, Susumu Ikeda, Yasuo Wada, Kentaro Totsu, Yoshio Suzuki, and Akihisa Takeuchi

Scientific Reports, 9, Article number: 14120(2019)

DOI: 10.1038/s41598-019-50486-5



X 線回折格子干渉法により撮影されたサクランボの投影像。

(a) 吸収像、(b) 微分位相像、(c) ビジビリティコントラスト像

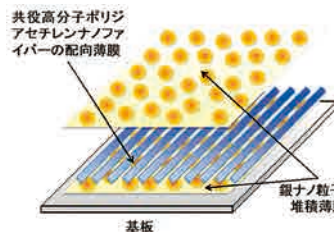
**2019.10.15** | 共役高分子ハイブリッドナノ薄膜の非線形光学特性の増強に成功 —超高速光スイッチングデバイス素子材料への期待—  
小野寺恒信、及川英俊

"Third-Order Nonlinear Optical Properties of Layered Type Hybridized Thin Films Consisted of Oriented Polydiacetylene Nanofibers and Silver Nanoparticles"

K. Wada, T. Onodera, H. Kasai, R. Sato, Y. Takeda, and H. Oikawa

The Journal of Physical Chemistry, Part C (Section C)

DOI: 10.1021/acs.jpcc.9b05665



共役高分子ポリジアセチレンナノファイバーの配向薄膜と銀ナノ粒子の堆積薄膜から構成されるサンドイッチ型「ハイブリッドナノ薄膜」の構成図。

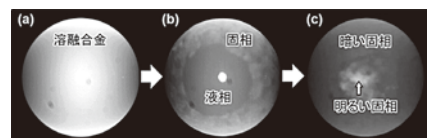
**2019.10.23** | 超高温モシブチック合金の凝固過程を解明  
—黒体放射を利用した新規超高温熱分析装置の開発と浮遊法による凝固過程のその場観察手法の確立—  
福山博之、大塚誠

"Study of solidification pathway of a MoSiB<sub>2</sub>TiC alloy by optical thermal analysis and in-situ observation with electromagnetic levitation"

Hirokyu Fukuyama, Ryogo Sawada, Haruki Nakashima, Makoto Ohtsuka, and Kyosuke Yoshimi

Scientific Reports, 9, Article number: 15049(2019).

DOI: 10.1038/s41598-019-50945-z



電磁浮遊した熔融モシブチック合金の凝固過程のその場観察（合金上部から観察）。

## 主な研究成果 (2019 年度のプレスリリースより)

### 2019.11.14 | 近赤外光の散乱機構をナノ電子線分光法を用いて解明

—新たな熱線遮蔽フィルター材の開発に有用—

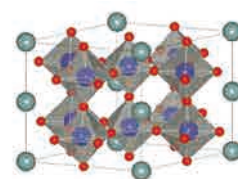
佐藤庸平、寺内正己

“Anisotropic plasmons due to carrier electrons in Cs-doped hexagonal WO<sub>3</sub> studied by momentum transfer resolved electron energy-loss spectroscopy”

Yohei K. Sato, Masami Terauchi, and Kenji Adachi

Journal of Applied Physics 126, 185107 (2019)

DOI: 10.1063/1.5115068



Cs<sub>0.33</sub>WO<sub>3</sub> 結晶構造

### 2019.11.29 | 超短パルス軟 X 線レーザー特有の表面加工メカニズムを解明 —ナノスケールの超精密・直接加工が可能に！—

羽多野忠

“Controlled strong excitation of silicon as a step towards processing materials at sub-nanometer precision”

Thanh-Hung Dinh, Nikita Medvedev, Masahiko Ishino, Toshiyuki Kitamura, Noboru Hasegawa, Tomohito Otobe, Takeshi Higashiguchi, Kazuyuki Sakaue, Masakazu Washio, Tadashi Hatano, Akira Kon, Yuya Kubota, Yuichi Inubushi, Shigeki Owada, Tatsunori Shibuya, Beata Ziaja & Masaharu Nishikino

Communications Physics 2, 150 (2019)

DOI: 10.1038/s42005-019-0253-2

### 2019.12.05 | 一億個に一つの不純物も見逃さない！ —窒化ガリウム結晶中の炭素不純物を高感度・非破壊・非接触検出—

小島一信、秩父重英

“Roles of carbon impurities and intrinsic nonradiative recombination centers on the carrier recombination processes of GaN crystals”

Kazunobu Kojima, Fumimasa Horikiri, Yoshinobu Narita, Takehiro Yoshida, Hajime Fujikura, and Shigefusa F. Chichibu

Applied Physics Express, 13, 012004(2020)

DOI: 10.7567/1882-0786/ab5adc

### 2019.12.10 | グラフェンの新しい合成法 —垂融水熱電解によるグラフェンと水素の同時生成—

筈居高明、本間格、中安祐太

“Bottom-up synthesis of graphene via hydrothermal cathodic reduction”

Takaaki Tomai, Yuta Nakayasu, Yusuke Okamura, Shunichi Ishiguro,

Naoki Tamura, Shusuke Katahira, Itaru Honma

Carbon, 158, 3(2020), 131-136

DOI: 10.1016/j.carbon.2019.11.052



白金陰極を覆う水熱電解法により合成されたグラフェンの SEM (走査型電子顕微鏡) 像 (グラフェンと白金の熱膨張係数の差に由来する「しわ (wrinkle)」が見える)

### 2020.01.14 | マルチビーム X 線タイコグラフィを実証 —放射光を高い効率で利用し観察視野を広げる—

高橋幸生

“Multibeam ptychography with synchrotron hard X-rays”

Makoto Hirose, Takaya Higashino, Nozomu Ishiguro and Yukio Takahashi

Optics Express

DOI: 10.1364/OE.378083

### 2020.01.20 | がん抑制タンパク質 p53 の液滴形成現象の発見 —がん抑制機構の解明に期待—

鎌形清人、高橋聡、永次史

“Liquid-like droplet formation by tumor suppressor p53 induced by multivalent electrostatic interactions between two disordered domains”

Kiyoto Kamagata, Saori Kanbayashi, Masaya Honda, Yuji Itoh1, Hiroto Takahashi, Tomoshi

Kameda, Fumi Nagatsugi, and Satoshi Takahashi

Scientific Reports 10, 580 (2020)

DOI: 10.1038/s41598-020-57521-w

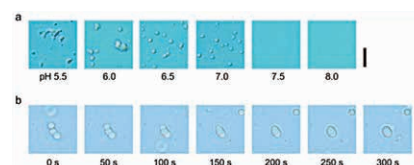


Fig. 微分干渉顕微鏡を用いて、p53 の液滴状の会合体を観察 (原著論文の図 1 より転載)

### 2020.03.19 | X 線により硬さを高解像度で可視化

矢代航

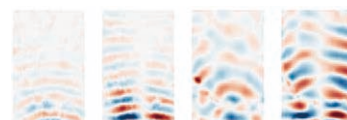
“X-ray elastography by visualizing propagating shear waves”

Chika Kamezawa, Tomokazu Numano, Yoshihiko Kawabata, Hiroyasu Kanetaka, Maiko Furuya, Kotone

Yokota, Hidemi Kato, Akio Yoneyama, Kazuyuki Hyodo, and Wataru Yashiro

Applied Physics Express

DOI: 10.35848/1882-0786/ab7e06



X 線イメージングにより求められた試料 (ポリアクリルアミドゲル) 内の水平方向の変位マップの例 (試料内の硬さがほぼ均一な場合と、わずかに硬い領域が内包されている場合)。

### 2020.03.26 | X 線撮像素子のピクセルサイズを従来の 1/1000 以下にする超解像現象の発見

江島丈雄

“Demonstration of stimulated emission depletion phenomenon in luminescence of solid-state scintillator excited by soft X-rays”

Takeo Ejima, Toshitaka Wakayama, Natsumi Shinozaki, Misaki Shoji, Genta Hatayama & Takeshi Higashiguchi

Scientific Reports (nature research)

DOI: 10.1038/s41598-020-62100-0

## 主な研究成果 (2019 年度の受賞・表彰より)

|      |                                                                                                              |                                              |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 5 月  | 令和元年春の褒章 紫綬褒章                                                                                                | 阿尻 雅文 教 授                                    |
|      | 令和元年春の叙勲 瑞宝中綬章                                                                                               | 早稲田嘉夫 名誉教授                                   |
|      | みやぎ産業科学振興基金 研究奨励賞                                                                                            | 小澤 祐市 准教授                                    |
| 6 月  | 東北大学ディスティングイッシュトプロフェッサー                                                                                      | 阿尻 雅文 教 授                                    |
|      | International Symposium on Polymer Analysis and Characterization, Best Paper Award                           | 宮田 智衆 助 教                                    |
|      | IWJT2019(International Workshop on Junction Technology) Best Paper Award                                     | 嶋 紘平 助 教<br>小島 一信 助 教<br>秩父 重英 教 授           |
|      | 新化学技術推進協会「18 回グリーン・サステナブル ケミストリー (G C S) 賞奨励賞」                                                               | 本間 格 教 授                                     |
|      | ドイツ・イノベーション・アワード「ゴットフリート・ワグネル賞 2019」                                                                         | 西原 洋知 准教授                                    |
|      | The 2018 Best Paper Award, JACERAS(Journal of Asian Ceramic Societies)                                       | 朝倉 裕介 助 教<br>殷 シュウ 教 授                       |
|      |                                                                                                              |                                              |
| 7 月  | 本多記念会 原田研究奨励賞                                                                                                | 川西 咲子 助 教                                    |
|      | Outstanding Contribution Award, The 5th International Symposium on Microscopy and Microanalysis of Materials | 殷 シュウ 教 授                                    |
|      | アメリカ炭素学会「SGL Carbon Award 2019」                                                                              | 京谷 隆 教 授                                     |
| 9 月  | JAISIS2019 ポスター賞, Analytical Chemistry, Environmental Applications                                           | Mott Derrick Michael 助 教                     |
|      | The 6th Meeting of International Society for Zinc Biology ポスター賞                                              | 天貝 佑太 助 教                                    |
|      | 日本バイオイメーjing学会 奨励賞                                                                                           | 小和田俊行 助 教                                    |
| 10 月 | 中国希土類学会 希土類結晶部門「2019 年学術賞」                                                                                   | 殷 シュウ 教 授                                    |
|      | 日本銅学会 第 53 回論文賞                                                                                              | 大谷 博司 教 授<br>榎木 勝徳 助 教                       |
|      | 2019 International Conference on Nanospace Materials Presentation Award                                      | 朝倉 裕介 助 教                                    |
|      | 日本学術振興会産学協力研究委員会 光電相互変換第 125 委員会 奨励賞                                                                         | 小島 一信 助 教                                    |
|      | The 5th International Conference on X-ray and Neutron Phase Imaging with Gratings (XNPIG2019) Poster Award   | 矢代 航 准教授                                     |
|      |                                                                                                              |                                              |
| 11 月 | 令和元年秋の叙勲 瑞宝中綬章                                                                                               | 阿座上竹四 名誉教授                                   |
|      | 第 17 回 日本中性子科学会 奨励賞                                                                                          | 那波 和宏 助 教                                    |
| 12 月 | 令和元年度 (第 32 回) 有機合成化学協会研究企画賞 コニカミノルタ 研究企画賞                                                                   | 鬼塚 和光 准教授                                    |
|      | 令和元年度 (第 32 回) 有機合成化学協会研究企画賞 ADEKA 研究企画賞                                                                     | 小和田俊行 助 教                                    |
|      | 日本光学会 2019 年度光学論文賞                                                                                           | 小澤 祐市 准教授                                    |
|      | 令和元年度ナイトライド基金 研究奨励賞                                                                                          | 小島 一信 助 教                                    |
| 1 月  | 日本化学会 第 37 回学術賞 (2019 年度)                                                                                    | 芥川 智行 教 授                                    |
|      | 河北文化事業団 第 69 回 (令和元年度) 河北文化賞                                                                                 | 早稲田嘉夫 名誉教授                                   |
| 3 月  | 日本鉄鋼協会 依論文賞                                                                                                  | 夏井 俊悟 助 教                                    |
|      | 日本鉄鋼協会 澤村論文賞                                                                                                 | 杜 伝明 助 教<br>高 旭 助 教<br>植田 滋 准教授<br>北村 信也 教 授 |
|      |                                                                                                              |                                              |
|      | 日本鉄鋼協会 鉄鋼技能功績賞                                                                                               | 大橋 諭 技術専門職員                                  |
|      |                                                                                                              |                                              |

職名は受賞当時のものです

## 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。

### 主な国際ワークショップ等（2019 年度実績）

- 北京科技大学材料科学与工程学院（中国）：5 月、国際ワークショップ "TU-USTB Joint Symposium" を開催。講演会、学生・大学院生によるポスターセッションを行った。9 月～12 月、多元研の教授 8 名が、北京科大において博士課程対象の出張特別講義を実施。
- ケースウェスタンリザーブ大学（米国）：8 月、情報科学、生命科学、材料科学に関する国際シンポジウムを開催した。
- メルボルン大学（豪）：11 月、国際ワークショップ "Tohoku-Melbourne Joint Workshop - Materials Science" を開催。講演会、ポスターセッションの他、機能性セラミックス、粉体プロセス、資源プロセッシング分野における共同研究および若手研究者の派遣等について議論し、その後の学術交流の推進に貢献している。

### 主な訪問団受け入れ（2019 年度実績）

- ノルウェー科学技術大学
- 北京科技大学材料科学与工程学院

### 学術交流協定

\* 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<br>Asia     | 中国<br>China      | 北京大学ナノ科学技術研究センター<br>Center for Nanoscale Science and Technology Peking University                         | 1998* |
|                 |                  | 北京大学 / Peking University                                                                                  | 1999* |
|                 |                  | 中国科学院长春光学精密機械物理研究所<br>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 / Changqing University                                                                               | 2001* |
|                 |                  | 鄭州大学材料工程学院 / College of Materials Engineering, Zhengzhou University                                       | 2003  |
|                 |                  | 蘭州大学 / Lanzhou University                                                                                 | 2007* |
|                 |                  | 北京科技大学 / University of Science and Technology Beijing                                                     | 2007* |
|                 |                  | 揚州大学 / Yangzhou University                                                                                | 2008* |
|                 |                  | 北京工業大学 / Beijing University of Technology                                                                 | 2010* |
|                 |                  | 西南大学 / South west University                                                                              | 2017* |
|                 | 台湾<br>Taiwan     | 台湾工業技術院南分院 / ITRI South, Industrial Technology Research Institute                                         | 2009  |
|                 |                  | 国立清華大学 / 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 Technikogy                            | 2018* |
|                 | 韓国<br>Korea      | 全北大学校 / Chonbuk National University                                                                       | 1991* |
|                 |                  | 慶北大学校 / Kyungpook National University                                                                     | 2002* |
|                 |                  | 韓南大学ハイブリット材料研究所<br>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<br>Advanced Materials & Process Research Center for IT, Sungkyunkwan University | 2003* |
|                 |                  | ソウル大学校 / Seoul National University                                                                        | 2003* |
|                 |                  | 朝鮮大学校 / Chosun University                                                                                 | 2004* |
|                 |                  | 公州国立大学校 / Kongju National University                                                                      | 2007* |
|                 | タイ<br>Thailand   | チェンマイ大学 / Chiang Mai University                                                                           | 2008* |
|                 |                  | チュラロンコーン大学 / Chu la long korn University                                                                  | 2011* |
| ヨーロッパ<br>Europe | ルーマニア<br>Romania | レーザー・プラズマ・放射物理国立研究所                                                                                       | 2006  |
|                 | フランス<br>France   | アルビ鉱山大学 / Ecole des Mines d'Albi-Carmaux                                                                  | 1999* |
|                 |                  | ボルドー第一大学 / University of Bordeaux 1                                                                       | 2005* |
|                 |                  | 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  |

| 地域                          | 国                      | 機関名                                                                                                                                                                        | 締結年   |
|-----------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ヨーロッパ<br>Europe             | ハンガリー<br>Hungary       | ミシュコルツ大学材料科学工学研究科<br>Faculty of Materials Science and Engineering, University of Miskolc                                                                                   | 2014  |
|                             | ドイツ<br>Germany         | ベルリン自由大学物理学科 / Department of Physics, Free University of Berlin                                                                                                            | 1997  |
|                             | ドイツ<br>Germany         | ドルトムント工科大学 / TU Dortmund University                                                                                                                                        | 1999* |
|                             |                        | イエナ・フリードリッヒ・シラー大学固体物理研究所<br>Institut für Festkörperphysik, Friedrich-Schiller-Universität Jena                                                                             | 1999  |
|                             |                        | ダルムシュタット工科大学 / Darmstadt University of Technology                                                                                                                          | 2003* |
|                             |                        | 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* |
|                             |                        | ハイデルベルク大学 / Ruprecht-Karls-University Heidelberg                                                                                                                           | 2012* |
|                             | スペイン<br>Spain          | グラナダ大学 / University of Granada                                                                                                                                             | 2012* |
|                             |                        | 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<br>Italy          | トリエステ放射光研究所 / Sincrotrone Trieste, S.C.p.A                                                                                                                                 | 2007  |
|                             | イギリス<br>United Kingdom | ナポリ大学 / University of Naples Federico II                                                                                                                                   | 2012* |
|                             | イギリス<br>United Kingdom | 英国リサーチカウンシル中央研究機構ダースベリ研究所<br>Daresbury Laboratory, Council for the Central Laboratory of the Research Councils                                                             | 1996  |
| 中近東<br>Middle and Near East | クウェート<br>Kuwait        | クウェート科学研究所 / Kuwait Institute for Scientific Research                                                                                                                      | 2013  |
| オセアニア<br>Oceania            | オーストラリア<br>Australia   | メルボルン大学 / The University of Melbourne                                                                                                                                      | 2016* |
| 北米<br>North America         | カナダ<br>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<br>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<br>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<br>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* |
|                             |                        | 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<br>Research Laboratory of Electronics (RLE) and Microsystems Technology Laboratories (MTL), Massachusetts Institute of Technology (MIT) | 2015  |
| NIS                         | ロシア<br>Russia          | ロシア科学アカデミー固体物理学研究所<br>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<br>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<br>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<br>Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry of Russian Academy of Sciences                                                      | 2013  |
|                             |                        | モスクワ国立大学化学部 / Department of Chemistry, Lomonosov Moscow State University                                                                                                   | 2013  |
|                             | ウクライナ<br>Ukraine       | ウクライナ国立工業大学 / National Technical University of Ukraine                                                                                                                     | 2004* |
|                             |                        | 材料科学基礎国立研究所<br>Institute for Problems of Materials Science, National Academy of Science of Ukraine                                                                         | 2006  |

## 学生・研究支援

〔旗野奨学基金〕多元物質科学研究奨励賞、〔科学計測振興基金〕科学計測振興賞・多元物質科学奨励賞、多元物質科学研究所所長賞を設け、毎年開催する「多元物質科学研究所研究発表会」の会期中に表彰式を行っています。

〔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。



2019年度〔旗野奨学基金〕多元物質科学研究奨励賞受賞式



2019年度〔科学計測振興基金〕科学計測振興賞受賞式

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。

### ■ キャリア支援

多元物質科学研究所では、学生を対象とした「キャリア支援交流会」を継続的に開催し、キャリア支援に詳しい教職員や、インターンシップや就職活動を経験したOBによる講演や、企業とのミキサーを行っています。2019年度に開催した「第7回多元研キャリア支援交流会」には、19の企業や団体が出展、大学院生や学生を含め、約120名が参加しました。

同日開催された男女共同参画セミナー「研究者ってなに？～企業就職編～」では、企業で活躍しながらクロスアポイントメント制度「多元研産学連携「桜－SAKURA」プロジェクト」により多元研の教員としても活躍する、7名の女性研究者がパネリストとして登壇しました。大学院に進学したきっかけや、どのように就職先を決めたか、研究の進め方における大学との違いや、子育てに関する支援等について、参加した学生や大学院生らと情報交換を行いました。



企業とのミキサー



男女共同参画セミナー パネルディスカッション

## 産学連携

### ■ イノベーション・エキスチェンジの開催

東北大学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、社会に開かれ、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「多元物質科学研究所イノベーション・エキスチェンジ」を平成 25 年より継続的に開催し、材料（ナノ材料など）をはじめとした、ものづくりに関する情報交換を実施しています。2019 年 12 月には、「未来を照らす光」をテーマに開催し、企業 27 社から 67 名、官公庁・財団等、団体法人 12 箇所から 24 名、東北大学関係者 32 名、合計で 123 名が参加し、産学連携に関する基調講演会や企業による講演、自治体による取組に関する報告、ポスター交流会を実施しました。ポスター交流会には、14 の企業と 16 の研究分野等が出展、75 名が参加し、企業や団体法人の担当者と東北大学の教職員が交流し、事業内容や研究分野を超えて活発に情報交換を行いました。



### ■ 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）」を積極的に活用するなど、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、企業や政府機関等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」サイエンスデイや宮城県民大学開放講座、夏休み大学探検等の教育イベントに継続的に参画し、学都仙台コンソーシアムサテライトキャンパス公開講座での講演や出前授業なども積極的に実施しています。技術室機械工場では、仙台市教育委員会が「自分づくり教育」の一環として推進する職場体験活動を継続して受け入れています。



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

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

「物質・デバイス領域共同研究拠点」は、北海道大学電子科学研究所（北大電子研）、東北大学多元物質科学研究所（東北大多元研）、東京工業大学化学生命科学研究所（東工大化生研）、大阪大学産業科学研究所（阪大産研）、九州大学先端物質化学研究所（九大先導研）が参画し、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。ボトムアップ型一般共同研究、トップダウン型特定共同研究を中心に、全国の国公立、私立大学、国立研究機関や企業に所属する研究者から、10 年間で約 4,500 件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座に入れ、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 期は東北大学多元研が本部を務め、2018 年度（平成 30 年度）の中間評価においても “S” 評価を得ています。

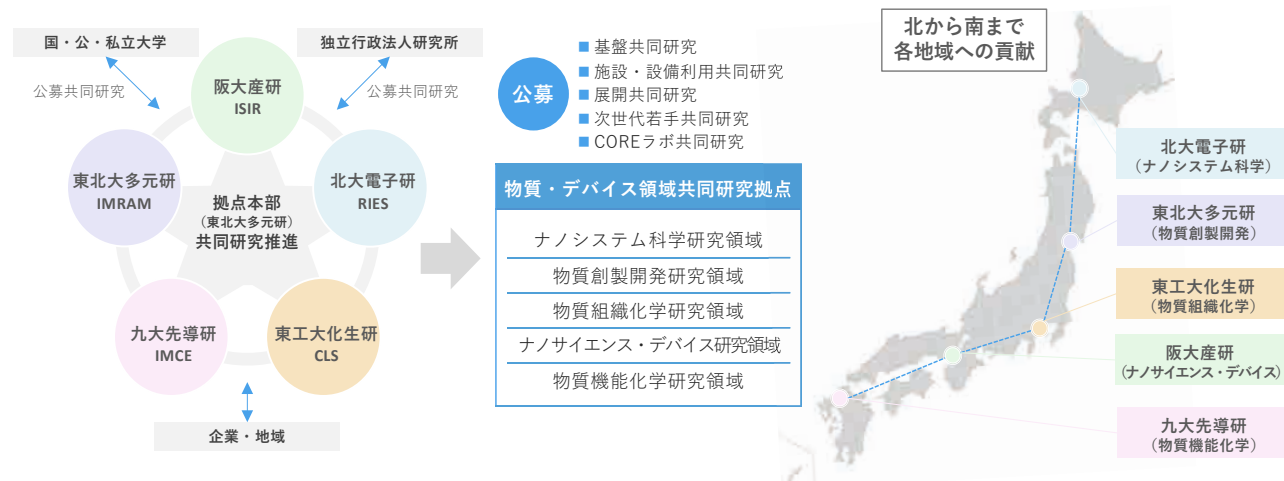
共同研究拠点の基本的なテーマは、「研究のネットワークづくりは、人のネットワークづくり」です。本共同研究拠点発足に先立ち 2005 年度（平成 17 年）には、阪大産研と東北大多元研が、大学の枠を超えた新産業創造物質基盤技術研究センター（MSTeC）を設立・運営し、15 年以上の長きにわたり協働関係の構築に努力してきました。人のつながりが現在の 5 つの研究所に広がる礎になりました。本共同研究拠点では、研究者同士が国内・海外のどこかで会ってもすぐに話ができるような、顔の見える face to face の関係づくりが重要と考えています。

東北大多元研が本部を担う第 2 期では、第一期からの「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、ダイナミック・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、基盤共同研究で得られた成果を基にネットワーク型拠点を形成する他研究所教員との連携により幅広い研究発展を目指す『展開共同研究』、優れた若手研究者が積極的に融合型研究を推進する『CORE ラボ共同研究』、そして共同研究を通じて主に地域大学、私立大学に在籍する優れた才能を有する大学院生を 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います。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。多くの研究者がこの拠点を積極的に活用し、人のネットワークを広げて頂けることを願います。本拠点を通じ形成された研究者ネットワークを礎とした大型研究プロジェクトの発案・運営として、多元研教員が領域代表・班長を務める科学研究費補助金新学術領域研究が 7 プロジェクト採択され、多元研教授が JST 創造科学技術推進事業（ERATO）の統括研究者を務めるなど数多くの実績が得られています。また本ネットワーク型共同研究拠点が支援を行った学協会等の研究者コミュニティは約 500 を超え、総参加者数はのべ約 6,200 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・医科学共同研究拠点、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

## ネットワーク型共同研究拠点事業

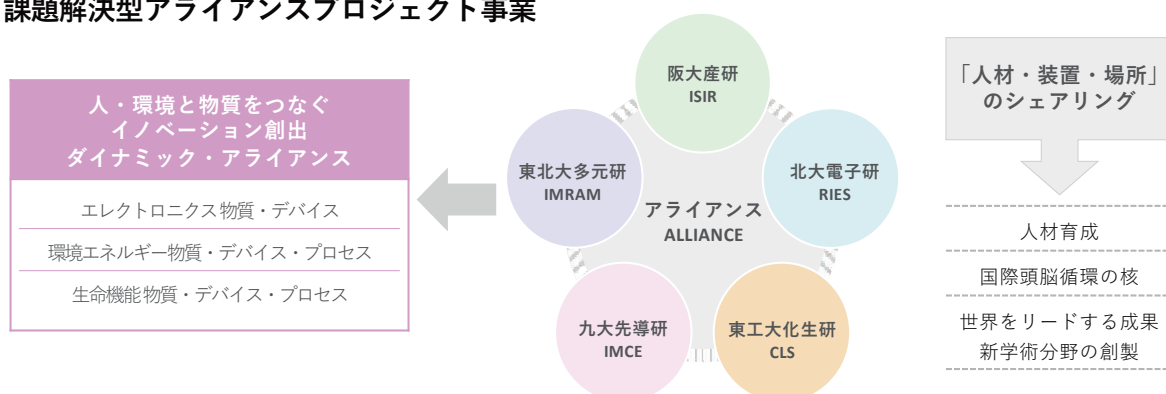


では、「人・環境と物質をつなぐイノベーション創出ダイナミック・アライアンス」を5研究所間の連携プロジェクトとして推進しています(2005年度にスタートしたアライアンス事業から数えて4期目のプロジェクトであり、2016年度からの事業)。日本を北から南まで縦断する形で「人材・装置・場所のシェアリング」を特徴とし、21世紀において安全安心で質の高い生活のできる社会の実現に要求される3つの課題解決型プロジェクトとして、1) エレクトロニクス 物質・デバイス (G1)、2) 環境エネルギー物質・デバイス・プロセス (G2)、3) 生命機能 物質・デバイス・システム (G3) を戦略的に設定し、研究所横断型の共同研究を推進しています。さらにG1～G3グループに跨った分野融合を目指した「物質・物性評価横串サブグループ」を組織し、ユニークな研究活動を展開しています。5研究

所3グループに所属するPIは141名に上り、若手研究者等を含めた常勤教員数の総勢は約450名を超える規模を有しています。また、ダイナミック・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、前述のように、多様なプログラムを企画・運用しています。

このように、5つの国立大学法人附置研究所が、各々の得意分野で相互に連携・ネットワークを組み相補的・協力的な体制を取る、という大掛かりな共同研究拠点およびダイナミック・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



## 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たコンビネーションパターンを準備しました。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。



# 次世代放射光施設

## 官民地域パートナーシップの下、リサーチコンプレックス形成を目指す

文部科学省は、2018年1月「官民地域パートナーシップによる次世代放射光施設の推進」を発表しました。次世代放射光施設は、軟X線領域で、大型放射光施設 SPring-8 の100倍の高輝度性と高コヒーレンス性（干渉性）という最先端の光源性能を有します。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を鮮明かつ迅速に可視化します。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、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と期待されています。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、次世代放射光施設は、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はその次世代放射光施設のイメージであり、この周りには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強化すると期待されます。既に、海外では、同様の3 GeV 級の放射光施設が建設され、周辺の大学や研究機関と連携し、リサーチコンプレックスを形成しています。本施設は、国内の軟X線領域の放射光活用の遅れを逆転し、研究の国際競争力を強化する原動力となります。

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たり、その過程で新たな学術研究テーマを開拓したり出来る、コアリション・コンセプト（有志連合）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。



図1. 東北大学青葉山新キャンパス内に建設が進む次世代放射光施設（イメージ）

## イノベーション創出を支える整備・運用方針

次世代放射光施設をイノベーションの源泉とするための整備・運営については、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年間にわたる対話の結果を基にコンセプトが具体化されてきました。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、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。建設地の検討を経て、2019年度より、本学青葉山新キャンパスにて次世代放射光施設の整備が開始されました。2023年度のファーストビームを目指しています。

次世代放射光施設では、官民地域パートナーシップの下、学術および産業界が課題を共有しながら活用でき、イノベーション創出に資する研究環境の整備として求められている条件：

- (1) 軟X線からテンダーX線まで幅広いエネルギー領域の利用
- (2) 安定で切れ目のない機動的な利用 / 夏場運転の実現
- (3) データ解析・利用支援の充実
- (4) 学術パートナーとの戦略的連携の機会拡大
- (5) 自動計測・メールインシステムの完備

を踏まえ、加速器・光源、ビームラインの基本構想について、以下を掲げています。

- (1) 従来の放射光施設に比べ、より安定でコンパクトな光源で、輝度やビーム寿命のみならず X 線エネルギーの広帯域化とコヒーレンス比の改善等、ビーム性能を総合的に最適化
- (2) 機器メンテナンス期間を分散させることで、長期停止期間のない随時利用可能な環境と、高い RAS (Reliability 信頼性、Availability 可用性、Serviceability 保守性) をもつ加速器・光源・付帯設備のシステム設計と省エネ設計 (消費電力 約 4 MW、設備容量 5 MW) で年間 6,000 時間の安定な利用運転を実現

- (3) 先端性・ハイスループット性を最適化したビームラインの戦略的・総合的な整備

また、次世代放射光施設の低エミッタンス光源に産業界が期待するスペックの概要として、以下が挙げられています。

- (1) 軟 X 線領域で SPring-8 の約 100 倍の高輝度性 (200 eV ~ 5 keV で  $10^{21}$  photons/s/mrad<sup>2</sup>/mm<sup>2</sup>/0.1% b.w.)
- (2) 硬 X 線領域 (5 ~ 20 keV) で、SPring-8 と同程度の輝度
- (3) 可視化技術にジャンプをもたらす、SPring-8 の約 100 倍となる高いコヒーレンス成分
- (4) あらゆる観測対象の磁気特性、光学特性をナノで計測可能とする偏光特性

## 地域パートナーのビームライン・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 本を整備します。東北大学は地域パートナーの一員として、これら 7 本の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 (時間分解能：ミリ秒～ナノ秒、数 10 ピコ秒)
- (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テンダー 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、ホロトモグラフィー、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 XFAS、タイコグラフィ MCD 等

セプトを示しています。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。これらのラインナップによって、上記 (1) から (4) を実現してまいります。

各ビームラインは、産業界・学术界ユーザーの多様なニーズに応える 2 種類のエンドステーションを備えます。1 つは「自動化計測ステーション」であり、既に確立された計測法を主に行うエンドステーションです。多くのユーザーの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、ロボティクスの導入による計測の効率化が検討されています。もう 1 つは「先端計測ステーション」であり、R&D が必要となる挑戦的な計測を主に行うエンドステーションです。そこでは、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」の導入を想定しています。イノベーションベンチは、7 本のいずれの BL にも取り外しができるように設計されるため、複数のビームラインの横断的な活用を支える根幹技術「Plug & Play テクノロジー」を支える要素となっています。

東北大学は引き続き、次世代の放射光施設活用の在り方について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 は、7 本のビームラインのラインナップと横断的な活用コン

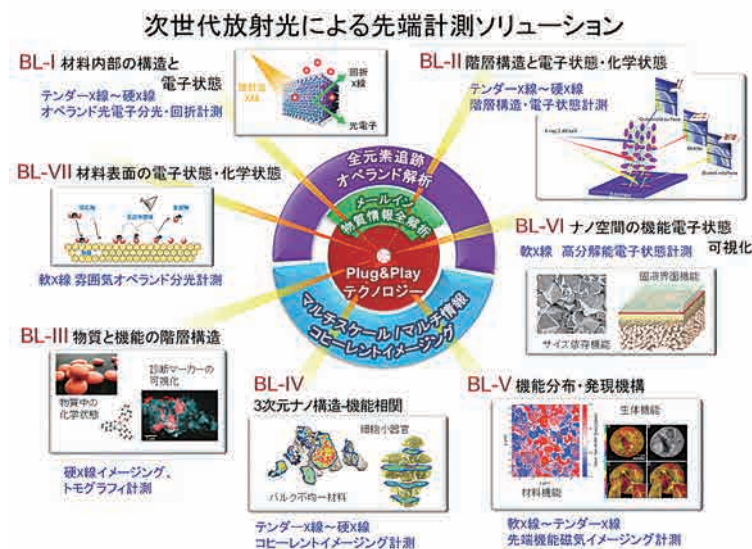


図 2. 7 本のビームラインのラインナップと横断的な活用コンセプト

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

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

百生量子ビーム位相イメージングプロジェクトでは、その本期間である平成27年2月から令和2年3月まで、高エネルギー光子（X線）や中性子、電子などの量子ビームの波としての性質を利用して、量子ビームが物体を透過する際に生じる位相の変化（位相情報）を活用する「位相イメージング」技術の飛躍的な展開を目指してきました。引き続き、特別重点期間として令和2年度の一年間、開発した位相イメージング技術の応用展開に重点を置いてプロジェクト推進を継続します。

位相イメージングは単なる位相コントラスト法とは異なり、位相情報の定量計測を実現し、これによる三次元可視化をも可能とする技術です。長らく培ってきたX線位相イメージング技術を核に、中性子線や電子線を用いた位相イメージングへの技術展開を図り、複数の量子ビーム位相イメージングを相補的に活用するイメージングプラットフォームの構築を進めています

(図1)。

本期間においては、多元研を中核とし、JASRI（高輝度光科学研究センター）およびKIT（Karlsruhe Institute of Technology, 独国）をサブグループとしたX線位相イメージンググループを組織しました。そこで、X線顕微鏡技術に基づく顕微位相CT（図2）や機能イメージングを目指した動的位相イメージング（四次元位相CT）の開発などを推進してきました。開発した装置は、多元研およびSPRING-8にて稼働しており、X線位相イメージングの効力が期待される高分子材料や生体軟組織に適用しています。位相イメージング装置に必須となる透過格子は、KITが中心となって、X線リソグラフィや狭所金メッキなどの先端マイクロファブリケーション技術によって開発し、加えて、超解像X線位相イメージングのためのX線屈折レンズアレイ開発なども進めています。

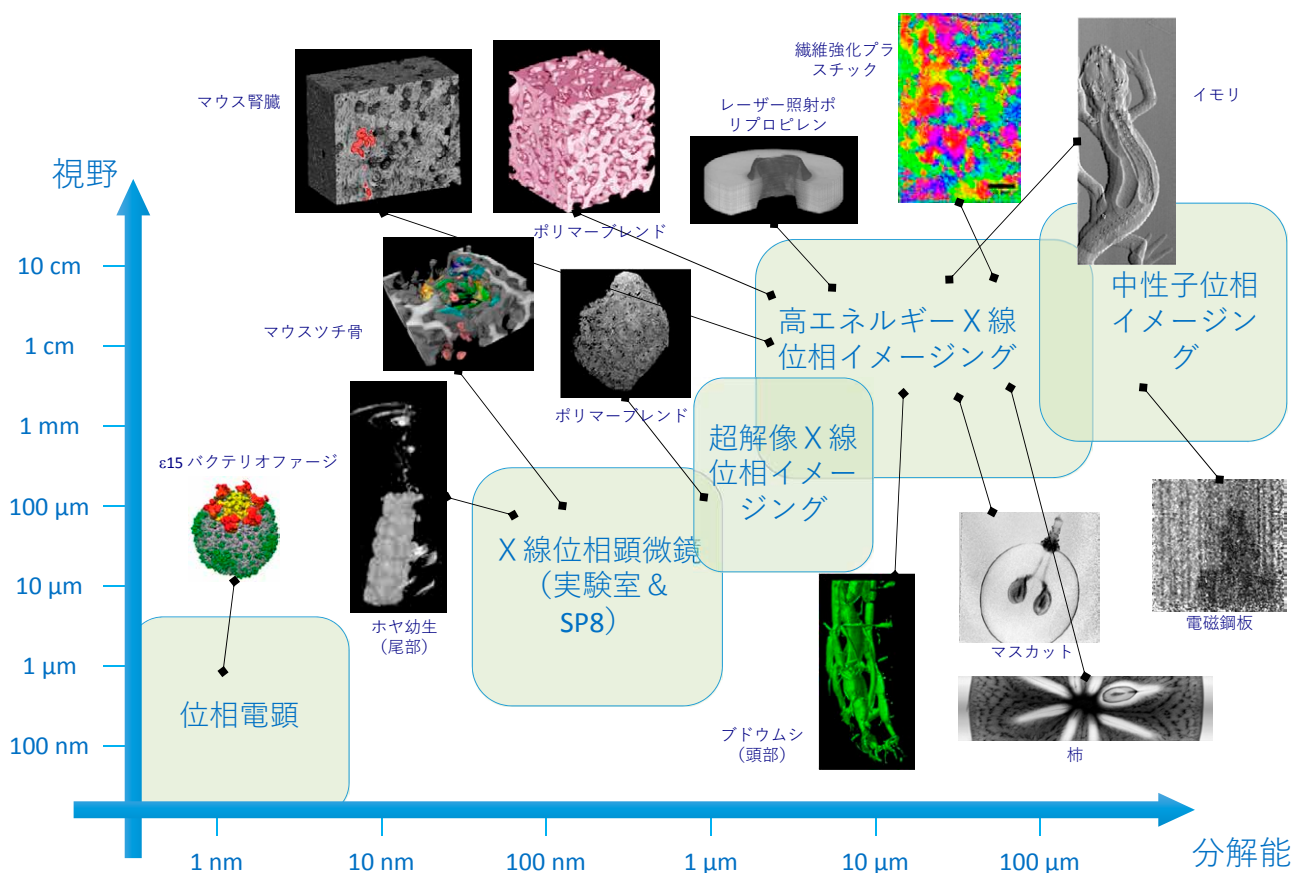


図1 量子ビーム位相イメージング・位相CTによる撮影例

X線位相イメージング技術は、中性子ラジオグラフィにも展開できます。J-PARC（日本原子力開発機構）に中性子線位相イメージンググループを設置し、その開発を推進してきました。中性子に対しては大面積 Gd 格子開発がキーとなり、多元研において斜め蒸着技術によりこれを実現しました。これにより、J-PARC の中性子ラジオグラフィステーション RADEN において位相イメージング装置が稼働しています。X線とは異なり、金属や磁性材料に有効であることが見出されています。また、京都大学研究用原子炉（KUR）や理研小型中性子源システム（RANS）への技術展開が進んでいます。

さらに、位相イメージングの概念を電子顕微鏡へ展開する取り組みを、自然科学開発機構・生理学研究所に電子線位相イメージンググループを設置して進めています。一種の回折格子であるフレネルゾーンプレートを用いた走査型位相電顕やレーザー場による電子位相変調を使うレーザー位相電顕の開発を推進しています。

位相イメージングは、位相コントラスト像をデジタル計測し、位相画像情報などを定量的に抽出する技術です。さらには、X線断層撮影法（X線CT）の画像再構成技術による三次元画像

生成も行います。そこで、筑波大学システム情報系に位相画像解析グループを設置し、最先端の数理工学の位相イメージング適用を進めました。

これらの開発を進めた結果、令和元年度末をもって終了する本期間に続き、令和2年度の一年間、特別重点期間として応用展開を主軸としたプロジェクト推進が認められました。組織としては、シンクロトロン放射光利用（JASRI）および J-PARC のアクティビティについては各施設のユーザーグループなどへの開放を前提にプロジェクトから独立させ、多元研と生理研をメンバとする体制で推進します。

位相イメージングに対しては産業界からの関心も高く、本プロジェクト推進期間中、およびそれ以前も含めて、多くの企業との共同研究を行ってきました。位相計測を基盤とした複数の量子ビームプローブ技術を連携的に使用し、素材からデバイス・実装体レベルまでの幅広い空間スケールでの三次元高感度可視化を実現する本プロジェクトの成果は、素材産業（ソフトマテリアル、複合材料、etc.）、デバイス産業（エネルギーデバイス、電子デバイス、etc.）、医療産業等に貢献できるものと期待されます。

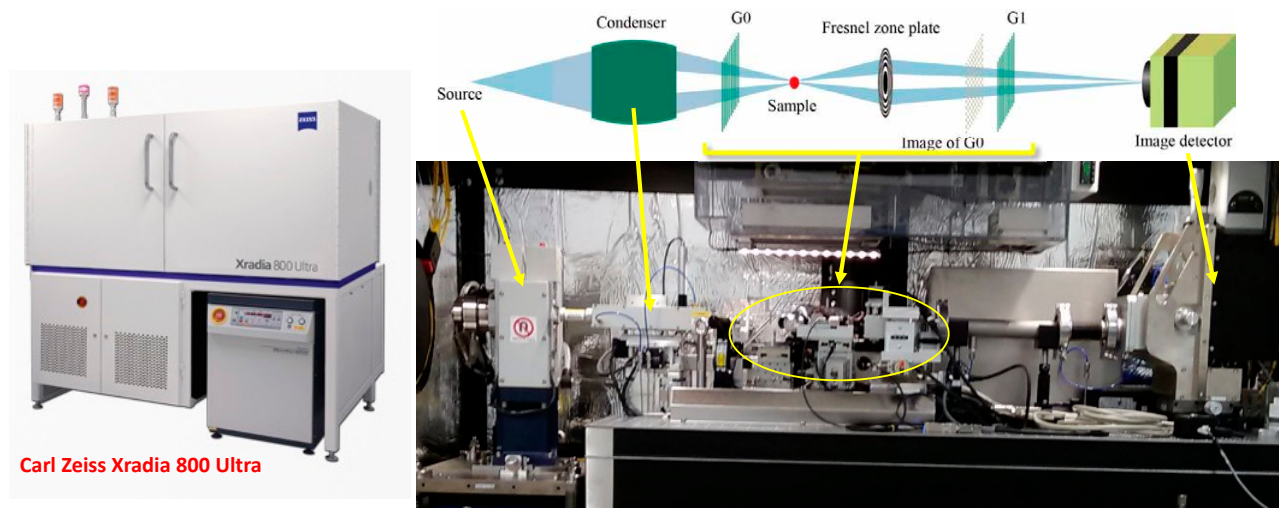
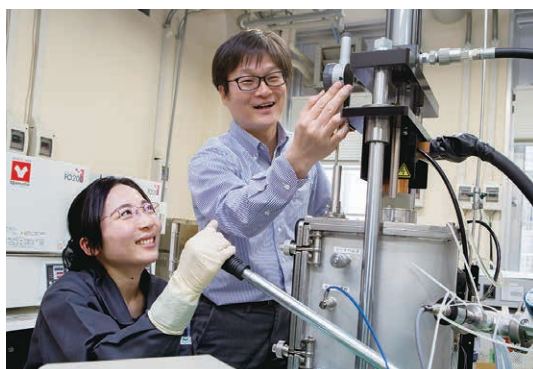


図2 X線顕微位相CT装置（多元研）

## 組織図



## ● 有機・生命科学研究部門

Division of Organic- and Bio-materials Research

生命機能分子合成化学 / 永次 史  
Synthesis of Organic Functional Molecules  
生命機能制御物質化学 / 和田 健彦  
Functional Photochemistry and Chemical Biology  
ナノ機能物性化学 / 組頭 広志  
Nano Physical Chemistry  
生体分子構造 / 稲葉 謙次  
Biomolecular Structure  
細胞機能分子化学 / 水上 進  
Cell Functional Molecular Chemistry  
生物分子機能計測  
Nano Biophysics  
生命分子ダイナミクス / 高橋 聡  
Biological and Molecular Dynamics  
ソフト材料 / 客員教授 秋吉 一成  
Soft Materials

## ● 無機材料研究部門

Division of Inorganic Material Research

計算材料熱力学 / 大谷 博司  
Computational Materials Thermodynamics  
放射光可視化情報計測 / 高橋 幸生  
Synchrotron Radiation Microscopy and Informatics  
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  
Hybrid Nano System  
固体表面物性 / 虻川 匡司  
Solid Surface Physics  
ハード材料 / 客員教授 中島 健次  
Hard Materials

## ● プロセスシステム工学研究部門

Division of Process and System Engineering

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

## ● 計測研究部門

Division of Measurements

量子ビーム構造生物化学 / 南後 恵理子  
Quantum Beam-based Structural Biology and Chemistry  
量子電子科学 / 高橋 正彦  
Quantum Electron Science  
量子ビーム計測 / 百生 敦  
Quantum Beam Measurements  
構造材料物性 / 木村 宏之  
Structural Physics and Crystal Physics  
ナノ・マイクロ計測化学 / 火原 彰秀  
Nano/Micro Chemical Measurements  
高分子物理化学 / 陣内 浩司  
Polymer Physics and Chemistry  
表面物理プロセス  
Surface Physics and Processing  
量子光エレクトロニクス / 秩父 重英  
Quantum Optoelectronics  
計測 / 客員教授 米倉 功治  
Measurements

## ● 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  
基盤素材プロセス / 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  
ハイブリッドナノ粒子プロセス / 村松 淳司  
Hybrid Nano-particle  
原子空間制御プロセス / 小俣 孝久  
Atomic Site Control in Inorganic Materials  
環境適合素材プロセス / 埜上 洋 (兼\*\*)  
Environmental-Conscious Material Processing (C)  
材料分離プロセス / 柴田 浩幸 (兼\*\*)  
Materials Separation Processing (C)  
※※ 協力講座

## ● 先端計測開発センター

Center for Advanced Microscopy and Spectroscopy

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

## ● 高分子・ハイブリッド材料研究センター

Polymer・Hybrid Materials Research Center

高分子ハイブリッドナノ材料  
Polymer Hybrid Nanomaterials  
有機ハイブリッドナノ結晶材料 / 火原 彰秀 (兼)  
Organic and Hybridized Nanocrystals  
ハイブリッド炭素ナノ材料 / 西原 洋知 (兼\*)  
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  
※ AIMR

## ● 新機能無機物質探索研究センター

Center for Exploration of New Inorganic Materials

無機固体材料合成 / 山根 久典  
Inorganic Crystal Structural Materials Chemistry  
金属機能設計 / 山根 久典 (兼)  
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

## ● 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

## ● 放射光次世代計測科学連携研究部門

Collaborative Research Division of Advanced  
Synchrotron Radiation Metrology

## ● 製鉄プロセス先端解析技術共同研究部門

Collaborative Research Division of Advanced  
Analysis of Iron and Steelmaking Processes



# 有機・生命科学研究部門

DIVISION OF ORGANIC-AND BIO-MATERIALS RESEARCH

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

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

## 教授 Professor

### 永次 史

Fumi NAGATSUGI

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

### 和田 健彦

Takehiko WADA

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

### 組頭 広志

Hiroshi KUMIGASHIRA

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

### 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

### 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

### 高橋 聡

Satoshi TAKAHASHI

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

## 客員教授 Visiting Professor

### 秋吉 一成

Kazunari AKIYOSHI

## 准教授 Associate Professor



### 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



### 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



### 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



### 松井 敏高

Toshitaka MATSUI

新機能探索を指向した金属タンパク質のメカニズム解明

Structure-function relationships and novel reactions of metalloproteins



### 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

## 講師 Senior Assistant Professor



### 黒河 博文

Hirofumi KUROKAWA

ケミカルセンサーによる新規分子認識機構の解明

Novel molecular recognition mechanism by chemical sensors



### 吉松 公平

Kohei YOSHIMATSU

高品質酸化物薄膜の合成と電子物性探索

Synthesis of high-quality oxide thin-films and investigation of electronic properties

## 助教 Assistant Professor



### 松本 高利

Takatoshi MATSUMOTO

In silicoによる高感度・高選択的な機能性試薬の設計開発

Design and development of high sensitive and selective functional reagent in silico



### 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



### 西嶋 政樹

Masaki NISHIJIMA

光によるキラリティーの創成と制御：生体超分子キララ化学

Supramolecular photochemistry using chiral biomolecular media



### 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



### 天貝 佑太

Yuta AMAGAI

小胞輸送を介したタンパク質品質管理機構の解明

Molecular mechanisms of protein quality control systems via vesicle trafficking



### 小和田俊行

Toshiyuki KOWADA

機能性小分子を用いた生体機能の可視化と制御

Visualization and manipulation of biological functions using functional small molecules

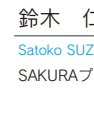


### 小井川浩之

Hiroyuki OIKAWA

一分子蛍光分光法による生体分子の高速ダイナミクスの追跡

Tracking of fast dynamics of biomolecules by single-molecule fluorescence spectroscopy



### 鈴木 仁子

Satoko SUZUKI

SAKURAプロジェクト

# 無機材料研究部門

## DIVISION OF INORGANIC MATERIAL RESEARCH

無機材料研究部門は、計算材料熱力学研究分野、放射光可視化情報計測研究分野、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、固体表面物性研究分野で構成されています。各研究分野では、無機系物質・材料の高機能化や特性制御、デバイス化、機能発現機構の解明等に関する研究を行っています。

Division of inorganic material research consists of laboratories of Computational Materials Thermodynamics, Synchrotron Radiation Microscopy and Informatics, Quantum Spin Physics, Nanoscale Magnetism, Hybrid Nano System, Solid Surface Physics.

### 教授 Professor

#### 大谷 博司

Hiroshi OHTANI

実測できない材料物性の電子論計算と材料開発への応用  
Development of new materials based on calculation of thermodynamic properties using electronic theory

#### 高橋 幸生

Yukio TAKAHASHI

放射光計測と高度情報処理の融合による物質機能可視化への展開  
Function visualization of materials through coalition between advanced synchrotron radiation measurement and informatics

#### 佐藤 卓

Taku 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

#### 岡本 聡

Satoshi OKAMOTO

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

#### 蟹江 澄志

Kiyoshi KANIE

機能性無機ナノ粒子のサイズ・形態制御液相合成とハイブリッド材料開発への展開  
Size- and shape-controlled synthesis of functional inorganic nanoparticles and application to develop self-organized hybrid materials

#### 虻川 匡司

Tadashi ABUKAWA

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

### 客員教授 Visiting Professor

#### 中島 健次

Kenji NAKAJIMA

### 准教授 Associate Professor

#### 篠田 弘造

Kozo SHINODA

水環境からの環境負荷化学種除去のための多孔質吸着材料開発

Development of porous adsorbing materials to remove toxic elements from water

### 講師 Senior Assistant Professor

#### 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 Professor

#### 榎木 勝徳

Masanori ENOKI

計算科学を活用した新規材料開発

Development of new materials based on computational science

#### 柳 玉恒

Yuheng LIU

実験手法を用いた合金状態図に関する研究

Experimental research for phase diagrams of alloys

#### 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

#### 姜 正敏

Jungmin KANG

コヒーレントX線散乱を用いたナノイメージング法の開発と応用

Development and application of nanoimaging method using coherent X-ray scattering

#### 奥山 大輔

Daisuke OKUYAMA

中性子散乱を用いた異常物性を伴う新奇磁性体の研究

Study on exotic magnetic materials with anomalous properties by neutron scattering

#### 那波 和宏

Kazuhiro NAWA

中性子散乱を用いた新しい磁気秩序や磁気励起の開発

Exploring new magnetic orders and excitations using neutron scattering technique

#### 菊池 伸明

Nobuaki KIKUCHI

磁性体ナノ構造の磁化機構・磁化ダイナミクス

Magnetization process/dynamics of nanostructured magnets

#### 小川 修一

Shuichi OGAWA

ナノ炭素材料のCVD成長法と電子状態評価法の開発

Development of CVD process and evaluation methods for nano-carbon materials

# プロセスシステム工学研究部門

## DIVISION OF PROCESS AND SYSTEM ENGINEERING

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

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

### 教授 Professor

#### 阿尻 雅文（兼、AIMR）

Tadafumi ADSCHIRI

超臨界水を用いた物質変換プロセスおよびナノフルイドの合成と応用

Chemical reaction processes in supercritical water

#### 佐藤 俊一

Shunichi SATO

光科学と物質科学の融合研究

Multidisciplinary research of photonics and material science

#### 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

#### 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

#### 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

### 客員教授 Visiting Professor

#### 近藤 忠

Tadashi KONDO

### 准教授 Associate Professor



#### 筈居 高明

Takaaki TOMAI

先端エネルギーデバイスに資する材料プロセスに関する研究

Materials processing for advanced energy devices



#### 小澤 祐市

Yuichi KOZAWA

レーザー光の強度・偏光・位相の空間制御手法の開発と応用

Development of methods to control the spatial distribution of intensity, polarization, and phase of laser beams and its application



#### 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



#### 助永 壮平

Sohei SUKENAGA

ケイ酸塩系高温融体およびガラスの物理化学的性質と微構造

Relation between micro-structure and physico-chemical properties for silicate melts and glasses

### 助教 Assistant Professor



#### 上杉 祐貴

Yuuki UESUGI

自立安定な光共振器システムの開発とその応用

Development of self-resonating optical cavity system and its applications



#### 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



#### 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



#### 川西 咲子

Sakiko KAWANISHI

次世代ワイドギャップ半導体シリコンカーバイドの溶液成長

Solution growth of silicon carbide



#### 田辺 綾乃

Ayano TANABE

SAKURAプロジェクト



#### 佐藤 郁奈

Ikuna SATO

SAKURAプロジェクト

# 計測研究部門

## DIVISION OF MEASUREMENTS

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

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

### 教授 Professor

#### 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

#### 木村 宏之

Hiroyuki KIMURA

中性子・放射光・X線の相補利用による機能性物質の構造物性研究

Structural science of materials by a complementally use of neutron, SOR, and X-ray

#### 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

#### 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 timesolved regime

#### 火原 彰秀

Akihide HIBARA

ナノ・マイクロ流体を用いる分析デバイスと微小領域の分光化学

Analytical device utilizing nano-microfluidics, and spectroscopy for nano-microchemistry

### 客員教授

Visiting Professor

#### 米倉 功治

Koji YONEKURA

#### 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

#### 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

### 准教授

Associate Professor



#### 渡邊 昇

Noboru WATANABE

電子散乱分光を用いた分子内電子運動の研究

Investigation of electronic motions in molecules using electron scattering spectroscopy



#### 矢代 航

Wataru YASHIRO

X線・中性子の位相計測を利用した新規計測手法の開発

Development of new methods using phases of X-rays and neutrons



#### 小島 一信

Kazunobu KOJIMA

高出力と高効率を両立する新奇デバイス

Creation of novel optical devices establishing both high output power and high efficiency



### 特任准教授

Specially Appointed Associate Professor

#### 高野 秀和

Hidekazu TAKANO

X線イメージング法の開発及び応用

Development and application of X-ray imaging

### 講師

Senior Assistant Professor



#### 池松 克昌

Katsumasa IKEMATSU

LIGAプロセスを用いたX線透過格子の開発とX線位相イメージングの高度化

Development of X-ray transmission gratings using the LIGA process and X-ray phase imaging with a novel grating interferometer



#### 丸林 弘典

Hironori MARUBAYASHI

回折・散乱法と電子顕微鏡の相補的利用による結晶性高分子材料の階層構造とダイナミクスの解析

Analysis of hierarchical structure and dynamics of crystalline polymeric materials by complementary usage of diffraction/scattering and electron microscopy techniques

### 特任講師

Specially Appointed Senior Assistant Professor



#### 橋本 康

Koh HASHIMOTO

X線イメージング、位相コントラスト

X-ray imaging, phase contrast

### 助教

Assistant Professor



#### 奥西 みさき

Misaki OKUNISHI

強光子場中の電子・分子ダイナミクス

Electron and molecular dynamics in intense laser fields



#### 福澤 宏宣

Hironobu FUKUZAWA

自由電子レーザーと放射光を用いた原子・分子・クラスター科学

Atomic, molecular, and cluster sciences using freeelectron laser and synchrotron radiation



#### 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の研究

Dynamics study on chemical reactions using electron Compton scattering



#### 呉 彦霖

Yanlin WU

放射光及び実験室X線源を用いた新しいX線イメージング

New X-ray phase imaging using synchrotron and laboratory X-ray source



#### 坂倉 輝俊

Terutoshi SAKAKURA

単結晶X線回折法における技術開発

Technical study of single-crystal X-ray diffraction



#### 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



#### 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



#### モット デリック

Derrick Michael MOTT

Optical laser based trapping and analysis of aerosol droplet surface tension for atmosphere and weather studies.



#### 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



#### 王 孝方

Hsiao Fang WANG

4次元透過型電子顕微鏡法を用いたソフトマター挙動のその場観察

Four-dimensional(4D) TEM observation for soft matter and corresponding in-situ environmental behavior



#### 嶋 紘平

Kohei SHIMA

ワイドバンドギャップ半導体を用いた高効率光電子デバイスの開発

Development of high-efficiency optoelectronic devices using wide bandgap semiconductors

# 金属資源プロセス研究センター

CENTER FOR MINERAL PROCESSING AND METALLURGY

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

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

## 教授 Professor

### 福山 博之

Hiroyuki FUKUYAMA

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

### 植田 滋

Shigeru UEDA

高温物理化学  
High temperature physical chemistry

### 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

エネルギー変換デバイス・材料開発を志向した先端化学工学  
Advanced chemical engineering for energy conversion devices & materials

### 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

### 村松 淳司

Atsushi MURAMATSU

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

### 小俣 孝久

Takahisa OMATA

イオン交換を利用したエネルギー変換材料の創製  
Development of inorganic energy conversion materials using ionexchange

## 准教授 Associate Professor



### 大塚 誠

Makoto OHTSUKA

多機能性薄膜材料の高機能化と新規デバイスの開発

Improvement of properties for multi-functional thinfilms and development of novel devices



### シュタウス スウェン

Sven STAUSS

生体適合性マイク口電池の開発とその応用

Development and application of biocompatible microbatteries



### 飯塚 淳

Atsushi IIZUKA

鉱物・廃棄物を利用した高効率水質浄化材料の開発

Development of high-efficiency water purification materials



### 水上 雅史

Masashi MIZUKAMI

表面力・共振すり測定法と界面分光によるナノ界面・閉じ込め液体の研究

Surface forces and resonance shear measurement study on nano-interface and nano-confined liquids



### 渡辺 明

Akira WATANABE

金属および半導体系の元素ブロックによる光・電子材料およびプロセス

Optical and electrical materials and processing based on elemental blocks of metals and semiconductors



## 講師 Senior Assistant Professor

### 真木祥千子

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



### 佃 諭志

Satoshi TSUKUDA

高分子・金属ナノ粒子ハイブリッドナノワイヤーの形成と制御

Formation and control of polymer-metal NPs hybrid nanowires

## 助教 Assistant Professor



### 安達 正芳

Masayoshi ADACHI

Ga-Al フラックスを用いた単結晶窒化アルミニウムの液相成長

Liquid phase epitaxial growth of single crystalline AlN using Ga-Al solution



### 高 旭

Xu GAO

多分野の融合による金属製錬スラグの利用拡大

Expansion of the utilization of metal-refining slag with the perspective of disciplines



### 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粒子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



### 小林 弘明

Hiroaki KOBAYASHI

多電子レドックス反応を利用した二次電池正極ナノ材料の創成

Developments of nano-sized cathode materials using multi-electron redox reactions



### 岩瀬 和至

Kazuyuki IWASE

ナノ構造の制御された新規電極触媒材料の開発とその応用

Development of novel nano-structured materials for electrocatalysts and their applications



### 原 国豪

Guohao YUAN

ハロゲン化物リチウム伝導体を用いた高電圧固体電池の開発

Development of solid-state lithium-ion batteries with high-voltage performance based on halide lithium conductors



### 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

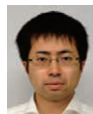


### 粕谷 素洋

Motohiro KASUYA

表面力装置を基にした新規評価法の開発と閉じ込め液体の特性評価への利用

Development of the novel methods based on surface forces apparatus for the characterization of the confined liquid



### 敷下 瑞帆

Mizuho YABUSHITA

炭素資源の有効活用を志向した固体触媒材料の開発

Development of heterogeneous catalysts enabling efficient utilization of carbon resources



### RAHMAN ASHIQUR

Ashiqur RAHMAN

レーザープロセッシングによる機能性フィルムの形成

Formation of functional films by laser processing



### 鈴木 一誓

Issei SUZUKI

新しい酸化物半導体の探索と物性の解明

Exploration of new oxide semiconductors and analysis of their physical properties



### ドライ アルンクマール

Arunkumar DORAI

NMRを用いた電解質の拡散測定

Diffusion measurement of electrolytes using NMR



### 金子 房恵

Fusae KANEKO

SAKURAプロジェクト



### 増井 友美

Tomomi MASUI

SAKURAプロジェクト

# 先端計測開発センター

CENTER FOR ADVANCED MICROSCOPY AND SPECTROSCOPY

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

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

## 教授 Professor

### 高田 昌樹

Masaki TAKATA

放射光による物質の電子密度レベルでの可視化構造科学の構築

Development of materials structural visualization science via synchrotron radiation

### 寺内 正己

Masami TERAUCHI

電子顕微鏡を用いた構造・電子状態解析

Electron crystallography and spectroscopy by electron microscope

### 米田 忠弘

Tadahiro KOMEDA

単一分子のスピン自由度を用いたデバイス開発

Development of devices using single molecule spin degree of freedom

## 准教授 Associate Professor



### 江島 文雄

Takeo EJIMA

軟 X 線相関顕微鏡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



### 山本 達

Susumu YAMAMOTO

放射光 X 線オペラ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



### 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

## 講師 Senior Assistant Professor



### 赤瀬善太郎

Zentarō AKASE

先端透過電子顕微鏡法による実用材料の電磁場評価と計測技術の開発

Development of advanced transmission electron microscopy for electromagnetic analyses of practical materials



### 高岡 毅

Tsuyoshi TAKAOKA

固体表面における分子の運動機構の解明

Exploration of mechanism of molecular motion on solid surfaces

## 助教 Assistant Professor



### 羽多野 忠

Tadashi HATANO

軟 X 線多層膜結像ミラーの開発

Development of soft X-ray multilayer imaging mirrors



### 森川 大輔

Daisuke MORIKAWA

電子回折を用いた結晶・磁気構造解析手法の開発とその応用

Crystal and magnetic structure analysis using electron diffraction



### 道祖尾恭之

Yasuyuki SAINOO

複合計測法による実空間観察に基づいた振動分光法の開発

Development of vibrational spectroscopy based on real space imaging by combined measurements



### シャヘド シエド モハマド ファクルディン

Syed Mohammad 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

### 奥村 知世

Tomoyo OKUMURA

SAKURAプロジェクト

# 高分子・ハイブリッド材料研究センター

POLYMER・HYBRID MATERIALS RESEARCH CENTER

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

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

## 教授 Professor

### 火原 彰秀 (兼任)

Akihide HIBARA

中性子・放射光・X線の相補利用による機能性物質の構造物性研究

Structural science of materials by a complementally use of neutron, SOR, and X-ray

### 西原 洋知 (兼、AIMR)

Hiroto 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・誘導自己組織化・原子層堆積による極限ナノ造形・構造物性の探究

Study of ultimate nano-figuration and structure-induced property by nanoimprint, directed self-assembly, and atomic layer deposition

### 笠井 均

Hitoshi KASAI

次世代ナノ薬剤の創出

Creation of new generation nano-drugs

## 准教授 Associate Professor



### 中村 貴宏

Takahiro NAKAMURA

革新的レーザープロセッシング手法を用いた新規機能性材料の創成

Creation of functional materials by innovative laser processing

## 助教 Assistant Professor



### 小野寺恒信

Tsunenobu ONODERA

有機・高分子・錯体ナノ結晶を基盤とする光・電子材料の開発

Development of optoelectronic materials based on organic/polymer/complex nanocrystals



### 山本 雅納

Masanori YAMAMOTO

分子工学に基づく高機能性カーボン材料の創成

Synthesis of functional carbon materials based on molecular engineering



### 吉井 丈晴

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



### 星野 哲久

Norihisa HOSHINO

固体内自由度を活用した多機能性金属錯体の開発

Development of multi-functional metal complexes



### 武田 貴志

Takashi TAKEDA

電子活性を有する $\pi$ 共役系分子の合成と機能探索

Syntheses of electronic active  $\pi$  conjugated molecules and investigation their function



### 伊東 駿也

Shunya ITO

界面分子科学に基づいた光ナノインプリントリソグラフィによるナノ造形

Nanofabrication by UV nanoimprint lithography based on surface molecular science



### 小関 良卓

Yoshitaka KOSEKI

薬剤ナノ粒子の創製と新規ドラッグデリバリーシステムの構築

Creation of nano drugs toward novel drug delivery system



### ダオ ティ ゴック アン

Anh Thi Ngoc DAO

Designing and modification of heterogeneous nanoparticles for biosensing applications. degradation and stability of highly functional protein materials



### 有田 稔彦

Toshihiko ARITA

粒子共存重合法による機能化フィラーの作製と高分子材料の改良

Functional fillers by Polymerization with Particles (PwP) for improvement of polymers



### 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

# 新機能無機物質探索研究センター

CENTER FOR EXPLORATION OF NEW INORGANIC MATERIALS

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

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

## 教授 Professor

### 山根 久典

Hisanori YAMANE

新規多元系無機化合物の合成と結晶構造解析、特性評価  
Synthesis, structure analysis and characterization of new multinary inorganic compounds

### 殷 澍

Shu YIN

グリーンプロセスによるセラミックスの環境応答機能性創出  
Creation of environmental responsive functionality of ceramics by green process

### 加藤 英樹

Hideki KATO

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

## 准教授 Associate Professor



### 山田 高広

Takahiro YAMADA

新規金属間化合物の探索と熱電変換材料への応用

Exploration of novel intermetallic compounds for thermoelectric materials



### 志村 玲子

Rayko SIMURA

物質構成元素と微量元素の原子位置の計測と機能性材料の開発

X-ray crystal site analysis of elements for developing the functional materials



### 亀岡 聡

Satoshi KAMEOKA

新奇金属・合金触媒材料の設計と調製

Research and development of novel metallic materials for catalysis

## 助教 Assistant Professor



### 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



### 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



### 朝倉 裕介

Yusuke ASAKURA

液相合成を基盤とした無機物質の精密合成

Precise synthesis of inorganic materials on the basis of liquid phase reactions



### 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



### 熊谷 啓

Hiromu KUMAGAI

エネルギー変換型反応に向けた光触媒 / 光電気化学系の開発

Development of photocatalytic/photoelectrochemical systems for energy conversion reactions

# 非鉄金属製錬環境科学研究部門

Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science

## 非鉄金属製錬環境科学研究部門 住友金属鉱山共同研究ユニット

専門分野・キーワード | 非鉄金属製錬／都市鉱山／熱力学／超高純度精製

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

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



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

hiroyuki.fukuyama.b6@tohoku.ac.jp

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

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



打越 雅仁 准教授  
Masahito UCHIKOSHI, Associate Professor  
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

井手上 敦 客員教授  
Atsushi IDEGAMI, Visiting Professor

## 非鉄製錬業の安定的発展のために

社会基盤の基である金属素材の安定供給のためには、製錬業の安定的発展が望めます。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、金属資源プロセス研究センターとの密接な協力関係のもと、熱力学データの再検討を含む課題解決を目的とする研究を中心軸に据え、研究を通じた社会人、大学生・大学院生の実践的教育による人材育成、非鉄金属製錬業界との連携による産業の振興を図ります。



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.

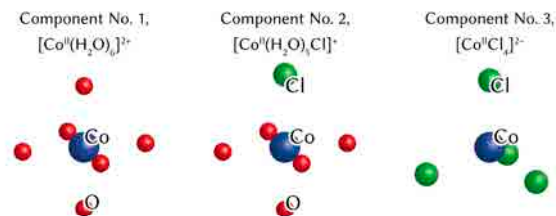


Fig. Structures of individual cobalt-chloro complexes in hydrochloric acid solutions. They were determined using extended X-ray absorption fine structure spectra analyzed by factor analysis.

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

# 放射光次世代計測科学連携研究部門

Collaborative Research Division of Advanced Synchrotron Radiation Metrology

放射光次世代計測科学連携研究部門  
PhoSIC 共同研究部門

専門分野・キーワード | 放射光／先端計測／可視化技術／材料科学

SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORD

Synchrotron Radiation / Advanced measurement technique / Visualization technique / Materials science

- 次世代放射光施設における先端ビームライン技術の研究開発
- 産学ミクストユースの普及と強化のための自動計測技術の研究開発
- 次世代放射光の活用分野の情報収集・展開と利活用の推進
- 第2期の新規ビームライン構想の構築
- 施設活用における国際的な評価制度の策定

- Research and development of advanced beamline technologies for the Next-generation Synchrotron Radiation Facility
- Research and development of automatic measurement technology to promote and strengthen industry-academia mixed uses
- Collection and development of information in order to promote the utility of next-generation synchrotron radiation
- Planning the construction of new beamlines for the second phase period
- Formulation of an international review system for facility utilization



福山 博之 教授 (兼任)

Hiroyuki FUKUYAMA, Professor (C)



高田 昌樹 教授 (兼任)

Masaki TAKATA, Professor (C)

中村 哲也 教授

Tetsuya NAKAMURA, Professor

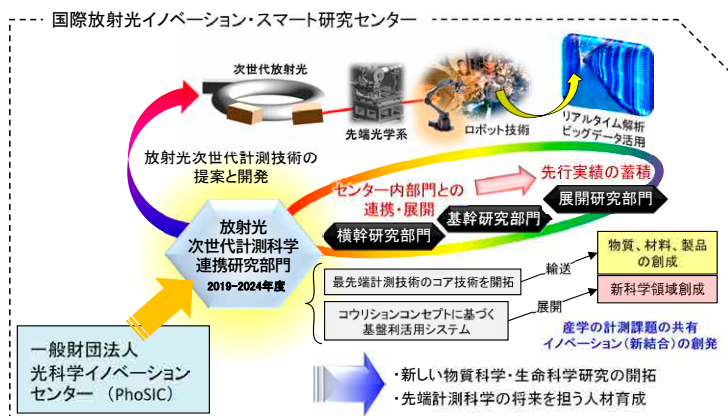
tetsuya.nakamura.b5@tohoku.ac.jp

真木祥千子 講師 (兼任)

Sachiko MAKI, Senior Assistant Professor (C)

## 次世代放射光源のための先端的ビームライン・計測技術の研究開発

次世代放射光源の開発整備がもたらす革新的計測技術と、その利活用システムとしてコウリションコンセプトを融合することで、イノベーションへの展開も含めた新しい科学領域の創成が求められています。次世代放射光施設整備を遂行する「官民地域パートナーシップ」のパートナーの一員として、本学は、最先端計測技術のコア技術を開拓し、そこから生まれる新しい物質科学・生命科学の基礎研究への展開を図り、さらに、積極的にイノベーションへ輸送するという役割を担っています。本研究部門は、一般財団法人光科学イノベーションセンターのビームライン建設・運營業務と密接な連携の下、学術と産業における計測課題を共有し、新規な先端計測技術の提案、開発における学術研究を推進します。これらの先端計測が資する未踏課題の開拓と解決における先行実績の蓄積、幅広い学術的知見を有し先端計測学の将来を担う人材の育成を遂行します。



## Advanced Beamlines and Measurements for Next-generation Synchrotron Radiation

By combining innovative measurement techniques brought about by the development of The Next-generation Synchrotron Radiation Facility, with the industrial coalition concept at its heart, world leading innovations will be created some of which are likely to lead to completely new scientific fields. As a member of the “Public-Private / Local Governments Partnership” that will construct our next-generation synchrotron radiation facility, Tohoku University will develop core technologies for these cutting-edge measurements. These efforts will be applied to fundamental research in novel material and life sciences and Tohoku University will play a crucial role in applying these research outputs to develop further innovations. In close

collaboration with both academia and industry, and in terms of the construction and operation of the beamline with the Photon Science Innovation Center, our division will promote academic research by proposing and developing new advanced measurement techniques for mutual benefit. We plan to grow a team of people with a wide range of academic expertise that will be responsible for the future of advanced metrology, pioneering and exploring the unexplored issues that contribute to these advanced measurements.

# 製鉄プロセス先端解析技術共同研究部門 (JFEスチール)

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

製鉄プロセス先端解析技術共同研究部門 (JFE スチール)



埜上 洋 教授 (兼任)

Hiroshi NOGAMI, Professor (C)

[nogami@tohoku.ac.jp](mailto:nogami@tohoku.ac.jp)

夏井 俊悟 助教 (兼任)

Shungo NATSUI, Assistant Professor (C)

三木 祐司 客員教授

Yuji MIKI, Visiting Professor

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

SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORD

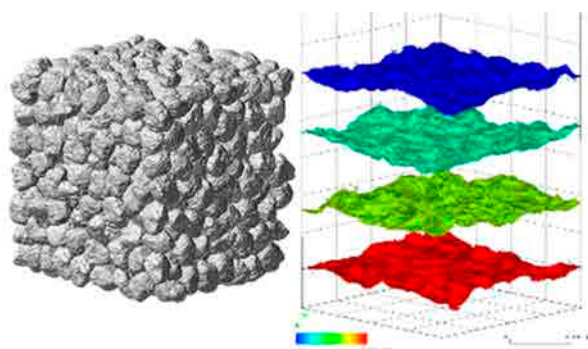
Iron and steelmaking / Mathematical Modeling / Process Simulation / Ultra-low Carbon Processes

- 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

## 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力学的なプロセス技術の高度化が不可欠です。

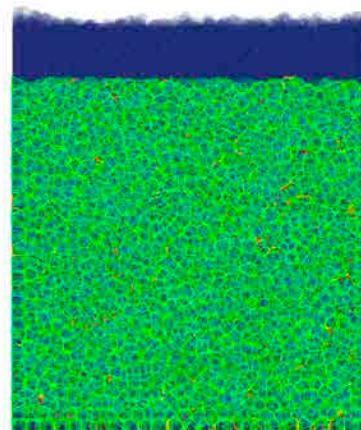
本共同研究部門は、最先端の現象モデリングおよびプロセス解析の技術を用いて、製鉄プロセス内のマルチフェーズ・マルチフィジックス・マルチスケールの化学・物理現象の解明を通じて、極低環境負荷製鉄技術の実現を目指します。



コークス充填層内リアルシェープ流動解析

## 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



専門分野・キーワード

遺伝子発現制御／機能性人工核酸／クロスリンク剤／機能性 RNA

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

control of the gene expression / intelligent artificial nucleic acid / cross-linking agents / non-coding RNA

- 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

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

松本 高利 助教

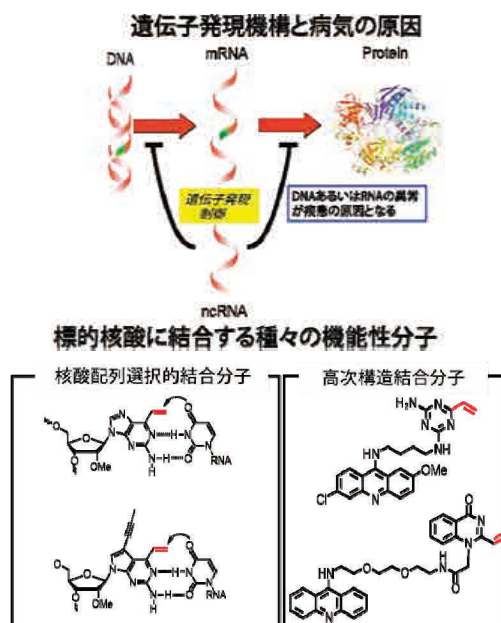
Takatoshi MATSUMOTO, Assistant Professor

岡村 秀紀 助教

Hidenori OKAMURA, Assistant Professor

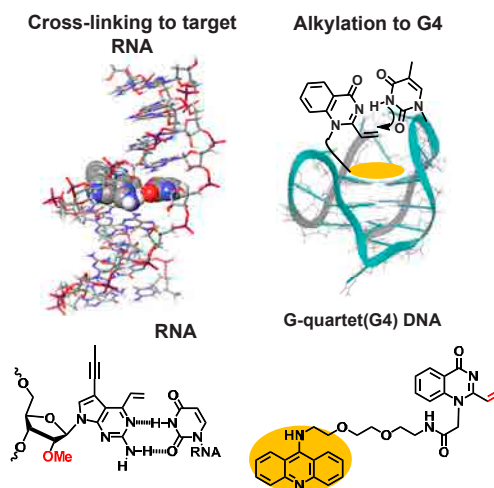
## 遺伝子発現の化学的制御を目指した ケミカルバイオロジー

ゲノム解析が終了し、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になってきています。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.



生命機能制御物質化学研究分野  
和田研究室

専門分野・キーワード

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／  
構造変化高感度高時間分解検出SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDChemical Biology / oligonucleotide therapeutics / external function  
controllable material / CD measurement system with high sensitivity and high  
time resolution

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



和田 健彦 教授

Takehiko WADA, Professor

takehiko.wada.d3@tohoku.ac.jp

荒木 保幸 准教授

Yasuyuki ARAKI, Associate Professor

黒河 博文 講師

Hirofumi KUROKAWA, Senior Assistant  
Professor

西嶋 政樹 助教

Masaki NISHIJIMA, Assistant Professor

鈴木 仁子 助教

Satoko SUZUKI, Assistant Professor

## 生命機能の外部刺激制御法の開発と構造 —機能相関の高時空間分解検出

当研究室では、DNA や RNA などの核酸、そしてタンパク質など生体高分子の、次世代インテリジェント型ナノバイオ機能材料への応用を目指し、論理的設計・合成・機能物性の物理化学的手法を活用した評価を中心に研究を行っています。例えば、がん細胞特有の細胞情報に应答し、正常細胞には副作用を発現しない安全・安心ながん細胞や脳梗塞など虚血細胞選択的核酸医薬分子の創製や、細胞内での RNaseH などヌクレアーゼの酵素機能の向上ならびに新規機能性付与を指向した DNA と人工核酸を融合したキメラ人工核酸の設計・合成、そしてタンパク質や核酸の高次構造変化を高感度・高時間分解測定可能な時間分解円二色性スペクトル測定装置の開発、さらには次期 3D 表示材料として注目されている円偏光発光 (CPL) 材料開発やタンパク質などを不斉反応場とする超分子不斉光反応などを、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。

## ● Peptide Ribonucleic Acid (PRNA)

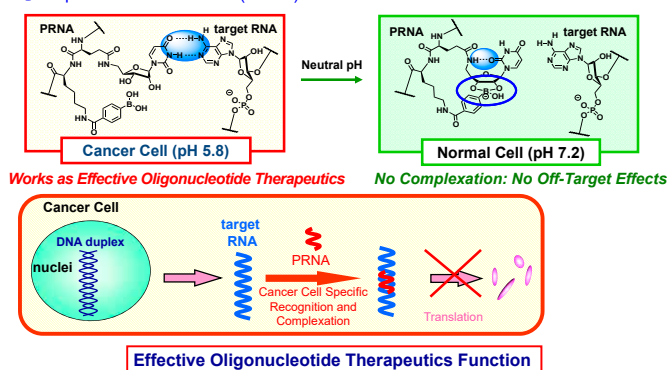


Fig1 ナノバイオ分子機能の on-off 制御

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

Chemical synthesis and modification of DNA/RNA and proteins are the fundamental science and technology that have led the molecular biology revolution. Hence, the chemistry of DNA/RNA and protein not only in vitro but also in vivo expects to open the new generational stages of bioorganic chemistry and molecular biology. Therefore, focusing our research interest is mostly on the recognition and complexation behavior control of functional biopolymers, such as DNA/RNA, proteins, and their derivatives by external factors, toward the active control of cellular functions. Another research topics of Wada Lab. are reaction control based on molecular recognition phenomena in both the ground and electronically excited states. Our laboratory is also working on the development of high-sensitive and high time-resolved circular dichroism (CD) spectrum measurement system, creation of circularly polarized luminescence (CPL) material/device, and supramolecular asymmetric photochirogenesis utilizing proteins as a chiral reaction media.

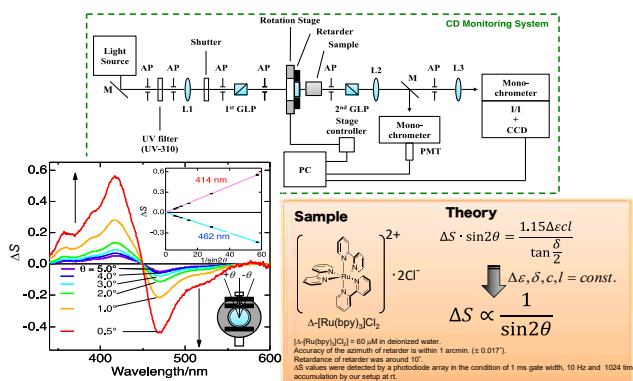


Fig2 和田研で構築した高感度・高時間分解の有する CD 測定装置



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

SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORD

Functional nanomaterials / Oxide electronics / Surface and interface physical properties / Photoemission spectroscopy

- 酸化物ナノ構造の機能設計・制御
- 酸化物超構造における機能物性の開拓と新規デバイスの開発
- 表面・界面における電子・スピン
- 放射光電子分光装置の開発

- Control and design of novel functionalities of oxide nanostructures
- Exploration of multi-functionalities based on oxide nanostructures and application to novel devices
- Characterization of electronic, magnetic, and orbital structures at the surface and heterointerface using synchrotron radiation analysis
- Development and application of photoemission spectroscopy and x-ray absorption spectroscopy

組頭 広志 教授

Hiroshi KUMIGASHIRA, Professor

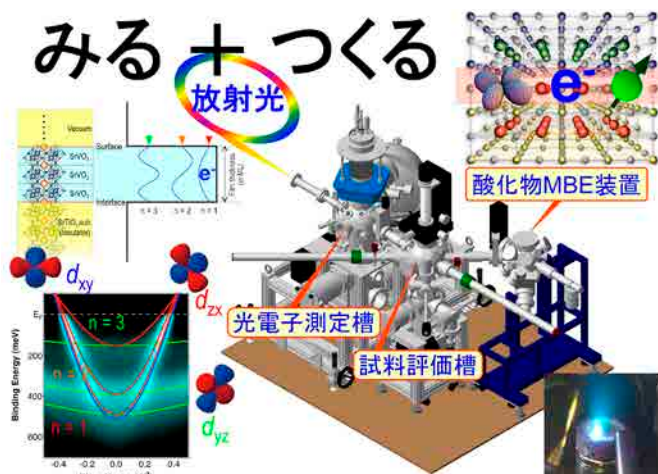
kumigashira@tohoku.ac.jp

吉松 公平 講師

Kohei YOSHIMATSU, Senior 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

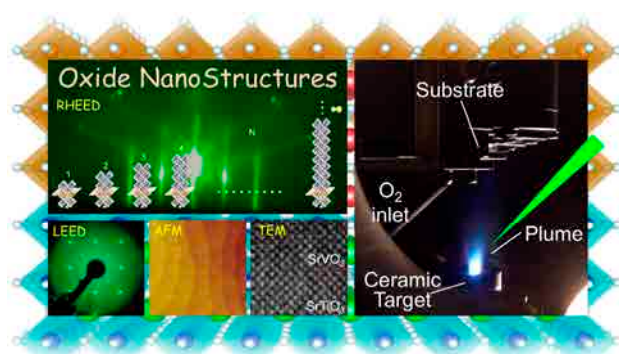
酸化物の中には、高温超伝導や光触媒などの驚くべき機能物性を示すものがあります。いわば「天才児」達です。当研究室では、この「天才児」の振る舞いを高輝度放射光を用いて可視化し、その知見に基づいて新たな機能性ナノ物質を開発することに取り組んでいます。具体的には、酸化物分子線エピタキシー（MBE）という酸化物ナノ構造を原子レベルで制御しながら「つくる」技術と、放射光を用いた先端計測（角度分解光電子分光・内殻吸収分光など）という化学・電子状態を「みる」技術とを高いレベルで融合することにより、酸化物の類い希な物性を設計・制御しながら新しい機能性ナノ物質の開拓を推進しています。さらには、酸化物ナノ構造を基盤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



専門分野・キーワード

X線結晶構造解析／細胞恒常性維持／タンパク質品質管理／レドックス／カルシウムイオン

SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORD

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

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

稲葉 謙次 教授

Kenji INABA, Professor

kenji.inaba.a1@tohoku.ac.jp

門倉 広 准教授

Hiroshi KADOKURA, Associate Professor

渡部 聡 助 教

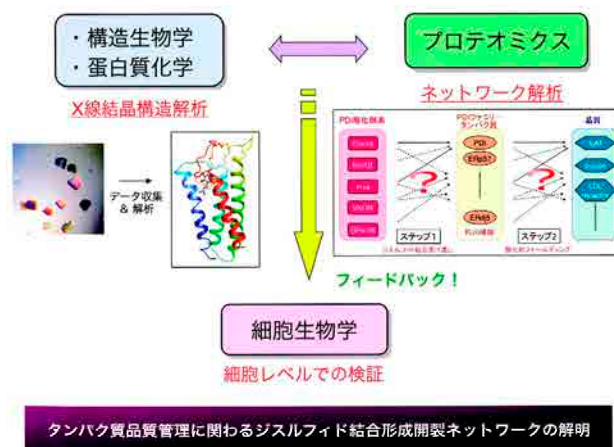
Satoshi WATANABE, Assistant Professor

天貝 佑太 助 教

Yuta AMAGAI, Assistant Professor

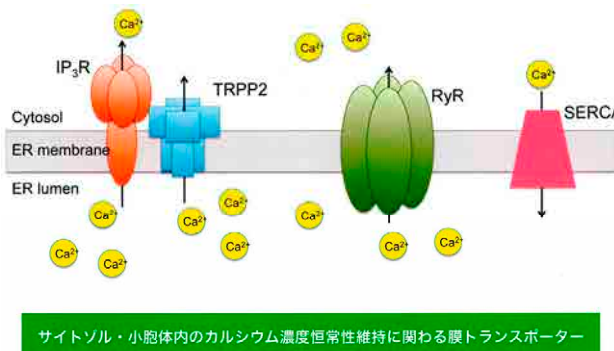
## 細胞恒常性維持の仕組みを細胞レベルと分子レベルで解き明かす

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フォールドタンパク質などが引き起こす種々の病態の分子レベルでの成因解明につながると期待されます。



## 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.





専門分野・キーワード

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

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

- 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 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@tohoku.ac.jp

松井 敏高 准教授

Toshitaka MATSUI, Associate Professor

小和田俊行 助教

Toshiyuki KOWADA, Assistant Professor

## 化学に基づいた細胞機能の可視化と制御

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

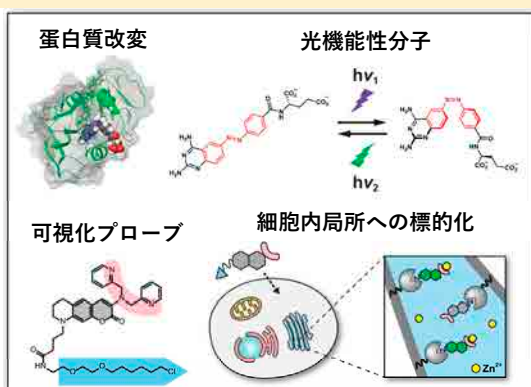
に検出する蛍光プローブや、光照射によって結合の切断や構造変化を引き起こすケージド化合物・フォトクロミック化合物を用いた酵素や受容体の活性制御技術の開発などを行います。これらの機能性分子を蛍光顕微鏡観察と組み合わせることにより、生きた状態における生体分子の機能や疾患機構の本質に迫ります。

## 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.

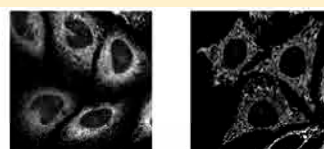
### 化学に基づく生体機能解析技術の開発



### 生体分子・機能の光活性化



### 生体分子・機能の可視化





専門分野・キーワード

タンパク質のフォールディングとデザイン／癌抑制タンパク質 p53 の機能／一分子蛍光分光法

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

Protein folding and design / Function of tumor suppressor p53 / Single molecule fluorescence spectroscopy

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

高橋 聡 教授

Satoshi TAKAHASHI, Professor

satoshi.takahashi.a6@tohoku.ac.jp

鎌形 清人 准教授

Kiyoto KAMAGATA, Associate Professor

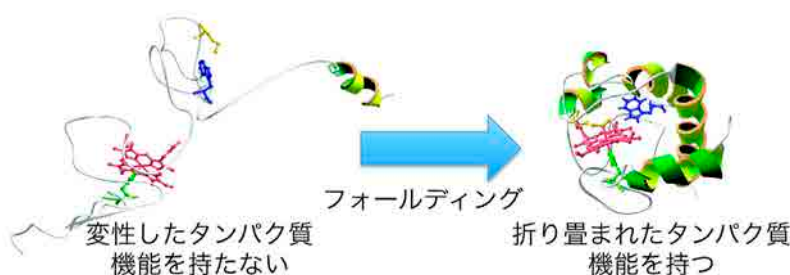
小井川浩之 助教

Hiroyuki OIKAWA, Assistant Professor

## 一分子蛍光観察によるタンパク質のフォールディングと機能の解明

タンパク質は、20 種類のアミノ酸が一次元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れないと未解明です。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

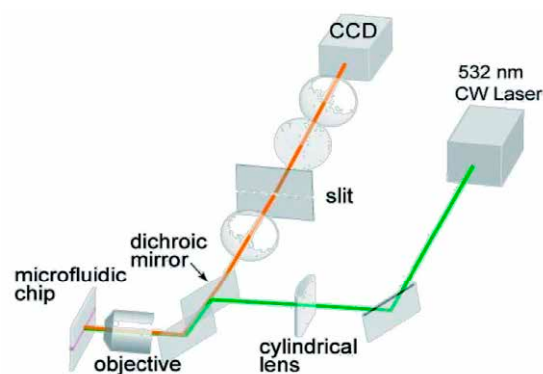
により得られたタンパク質フォールディングと機能に関する知見を基に、新規タンパク質をデザインする手法の開発にも取り組んでいます。



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



高速一分子蛍光分光装置

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



専門分野・キーワード

計算狀態図／第一原理計算／材料設計／電子論

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

CALPHAD / first-principles calculations / materials design / electronic theory

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

大谷 博司 教授

Hiroshi OHTANI, Professor

hiroshi.otani.c4@tohoku.ac.jp

榎木 勝徳 助教

Masanori ENOKI, Assistant Professor

リュウ ユウホン

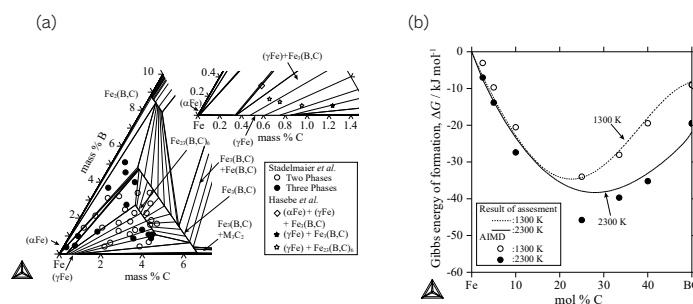
柳 玉恒 助教

Yuheng LIU, Assistant Professor

## 電子論計算にもとづく理論状態図の構築と新材料開発への応用

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

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

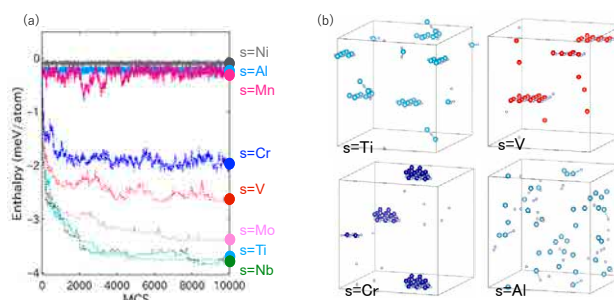


(a) 計算による1073 KにおけるFe-B-C三元系等温断面状態図と (b) 第一原理分子動力学法によって計算した液相の自由エネルギーの計算結果.

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

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

contribution to the materials science.



(a) Change of enthalpy and (b) equilibrium atomic configurations obtained from Monte Carlo simulation for Fe-1at.%s-1at.%N at  $T = 773$  K.



専門分野・キーワード

コヒーレント X 線光学 / 放射光 / 可視化計測 / 情報科学

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDCoherent X-ray Optics / Synchrotron Radiation / Visualization Measurement  
/ Informatics

- タイコグラフィ-XAFS 法による電池 / 触媒材料の化学状態分析
- テンダー X 線タイコグラフィの基盤技術開発と硫黄化合物の化学状態分析への展開
- マルチスライス X 線タイコグラフィによる電子デバイスの三次元ナノ構造可視化
- シングルショットコヒーレント回折イメージング法の開発と動画イメージングへの展開
- タイコグラフィとホロトモグラフィの連携によるマルチスケールイメージング法の開発
- Chemical state imaging of battery / catalyst materials by ptychographic-XAFS(X-ray Absorption Fine Structure) method.
- Development of tender X-ray ptychography and its application to chemical state imaging of sulfur compounds
- Three-dimensional nanostructure visualization of electric devices by multi-slice X-ray ptychography
- Development of single-shot coherent diffraction imaging method and its application to dynamic imaging
- Development of multiscale X-ray imaging method by cooperation of ptychography and holotomography.

高橋 幸生 教授

Yukio TAKAHASHI, Professor

ytakahashi@tohoku.ac.jp

篠田 弘造 准教授

Kozo SHINODA, Associate Professor

石黒 志 助 教

Nozomu ISHIGURO, Assistant Professor

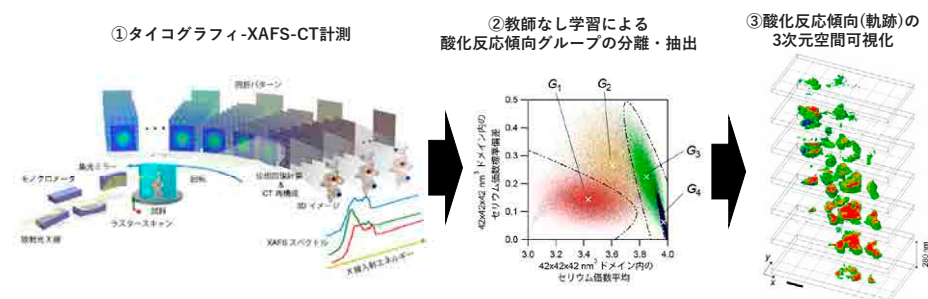
姜 正敏 助 教

Jungmin KANG, Assistant Professor

## 放射光計測と高度情報処理の融合による材料機能可視化への展開

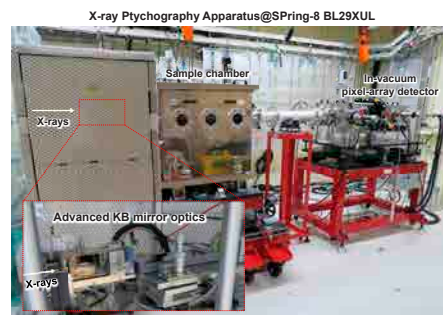
実用材料の多くは、ナノからマイクロメートルまでの空間階層構造を有する複雑系です。したがって、新材料を設計・開発する際、ナノ・メソスケールでの微細構造と機能の相関を解明することが重要です。放射光を光源とするイメージング・分光技術を駆使することで実用バルク材料全体の構造・元素・電子状態を多角的に可視化することができます。特に、放射光のコヒーレント成分を活用したコヒーレント回折イメージングは、X 線領域で未踏であったナノスケールでの構造可視化を実現する次世代の可視化計測法として注目されています。また、近年の情報処理技術の発展に伴い、3次元空間に分布する元素・電子状態の情報から構造-機能相関に関

する特徴的な情報を抽出ことも可能になりつつあります。本研究室では、先進的 X 線光学技術を駆使した次世代の放射光イメージング・分光法の開拓を基軸とし、高度情報処理技術を活用することで、実用材料の機能を可視化する共通基盤を構築することを目指します。



## Function visualization of materials through coalition between advanced synchrotron radiation measurement and informatics

Many practical materials are heterogeneous complex systems with hierarchical structures from nanometer to micrometer scale. It is therefore important to understand correlation between the fine structures and the function at nano-meso scale to create new functional materials. Synchrotron radiation microscopy/spectroscopy can provide multimodal visualization of bulk materials. Especially, coherent X-ray diffraction imaging is a promising method for visualizing the structures inside bulk materials at the nanoscale, which provides the huge amount of structural and chemical data in real 3D space. Recent machine learning and data-mining techniques can help the discovery and comprehension of new materials and phenomena. Our mission is the



development of next-generation synchrotron radiation microscopy /spectroscopy methods using novel X-ray optics. Finally, we will create the platform to visualize the function of practical materials using informatics.



専門分野・キーワード

中性子非弾性散乱／中性子磁気散乱／量子スピン系／遍歴電子磁性と超伝導

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

- 中性子非弾性散乱分光器の開発
- 中性子磁気非弾性散乱スペクトル解析法の開発
- 量子スピン系における巨視的量子現象の研究
- 遍歴電子系における反強磁性と超伝導の研究
- 非周期スピン系における磁気秩序とダイナミクス研究

- Development of neutron inelastic spectroscopy
- Development of analysis methods for spin excitation spectra obtained in neutron spectroscopy
- Novel macroscopic quantum phenomena in quantum magnets
- Antiferromagnetism and superconductivity in itinerant electron systems
- Ordering and dynamics in aperiodic spin systems

佐藤 卓 教授

Taku J SATO, Professor

taku@tohoku.ac.jp

奥山 大輔 助教

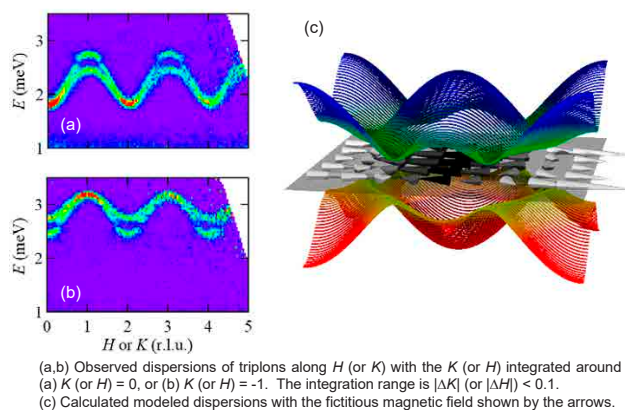
Daisuke OKUYAMA, Assistant Professor

那波 和宏 助教

Kazuhiro NAWA, Assistant Professor

## 中性子非弾性散乱を用いた量子スピン系や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ー物質  $\text{Ba}_2\text{CuSi}_2\text{O}_6\text{Cl}_2$  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ス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。



## 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  $\text{Ba}_2\text{CuSi}_2\text{O}_6\text{Cl}_2$ .

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.



専門分野・キーワード

強磁性材料／磁気計測／スピンドYNAMICS／高周波磁気応答

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDFerromagnetic materials / magnetization measurements / spin dynamics /  
high-frequency magnetic response

- 超高密度磁気記録技術の開発
- 高性能永久磁石材料の原理研究
- 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
- 新規高機能磁性材料開発

- Ultra-high-density magnetic recording technology
- Magnetization reversal processes of the high-performance permanent magnets
- High frequency spin dynamics
- Ultra-high sensitive spin dynamics measurements
- Development of novel high-performance magnetic materials

岡本 聡 教授

Satoshi OKAMOTO, Professor

satoshi.okamoto.c1@tohoku.ac.jp

菊池 伸明 助教

Nobuaki KIKUCHI, Assistant Professor

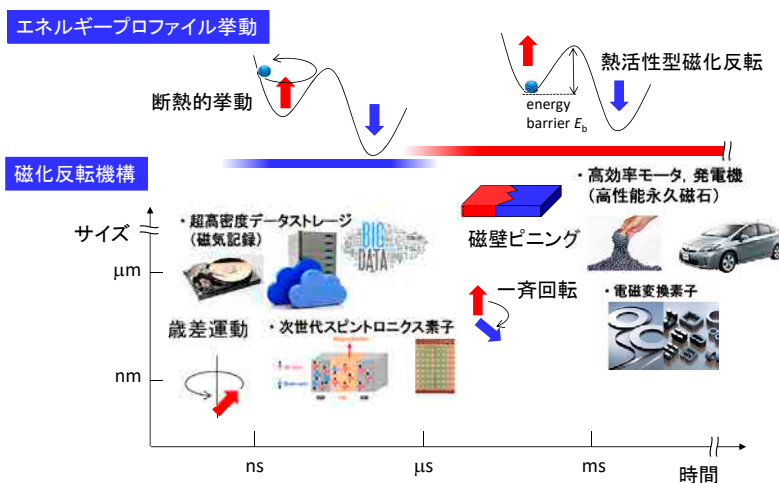
## ナノスケールでの強磁性体の機能解明と高性能磁気デバイスの創出

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 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.



強磁性体の時間、サイズに対するスピンドYNAMICS挙動とその応用

## Hybrid Nano System KANIE Lab

### ハイブリッドナノシステム研究分野 蟹江研究室



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／  
プリンテッドエレクトロニクス向けナノインク／人工リン脂質材料

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

Organic-Inorganic Hybrid Nanoparticles / Hybrid Liquid Crystals / Nano-Inks  
for Printed Electronics / Phospholipids-based Artificial Materials

- 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発
- ナノ粒子精密合成に基づくプリンテッドエレクトロニクス向けナノインクの開発
- 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あらたな抽出プロセス開発
- Design and Synthesis of Organic-Inorganic Hybrid Nanoparticles
- Development of Liquid Phase Precise Synthesis of Inorganic Nanoparticles Controlled in Size and Shape
- Development of Nano-inks based on Precise Synthesis of Inorganic Nanoparticles for Printed Electronics
- 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

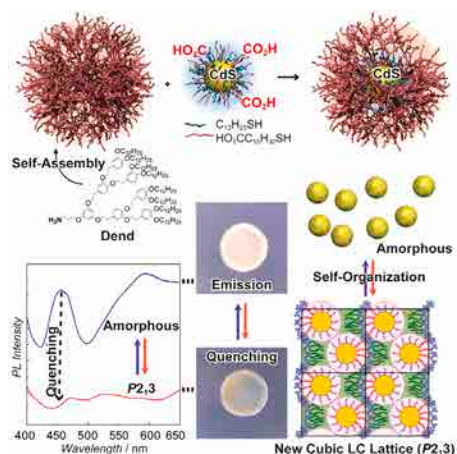
松原 正樹 講師

Masaki MATSUBARA, Senior Assistant Professor

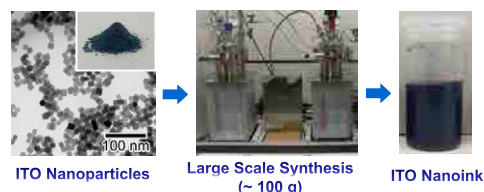
### 有機・無機・バイオにわたる 多元精密合成に基づく機能性材料

機能性材料は、私たちの豊かな生活を支える縁の下で力持ちです。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) 塗ることによって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めます。



有機無機ハイブリッドデンドリマー：  
ナノ配列によるナノ粒子の量子効果制御



ナノ粒子精密合成に基づくプリンテッドエレクトロニクス向け  
ナノインクの開発

### 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 coating methods for printed electronics, and iii) stimuli-responsive artificial phospholipids forming lamella and giant vesicle structures.



専門分野・キーワード | 表面構造／表面ダイナミクス／電子回折／ナノ表面分析

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

surface structure / surface dynamics / electron diffraction / nano surface analysis

- 新しい表面構造解析法の開発
- 表面構造ダイナミクスの研究
- 2次元原子層物質の成長と物性研究
- マイクロ／ナノ構造の表面

- Development of novel techniques for surface structure analysis
- Study of surface structure dynamics
- Growth and characterization of 2D atomic layer materials
- Surface analysis of micro/nano-structures

虻川 匡司 教授

Tadashi ABUKAWA, Professor

abukawa@tohoku.ac.jp

小川 修一 助教

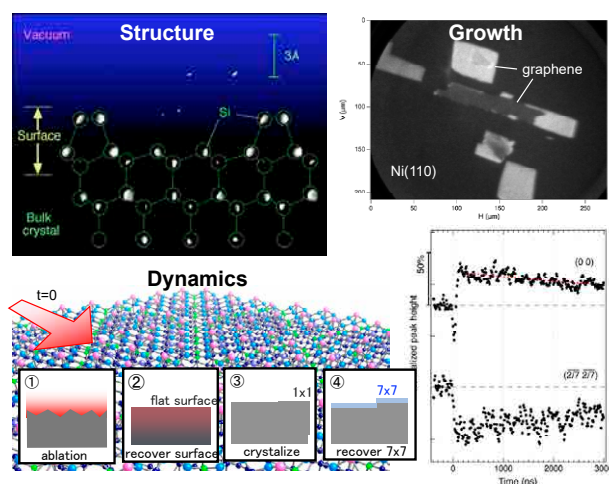
Shuichi OGAWA, Assistant Professor

## 原子レベルでの固体表面と界面の理解と機能の創成

本研究分野では、様々な機能を持った表面・界面の創成を目指して、表面・界面を原子レベルで理解する研究を行っています。

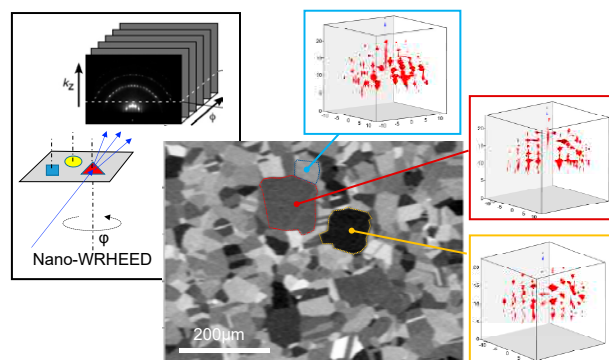
これまでに、表面の原子配列を3次元的に可視化するために、振動相関熱散漫散乱法、ワイゼンベルグ反射高速電子回折法を開発しました。独自開発のワイゼンベルグ反射高速電子回折法では、3次元的な表面構造解析に必要な大量のデータを、わずか数10分で測定できる優れた手法です。また、反応ダイナミクスや構造相転移ダイナミクスを研究するために、ストリークカメラ電子回折法という表面原子の高速な動きを捉える新しい手法を開発しました。サブナノ秒から数ミリ秒という幅広い時間領域で、表面上の原子の動きを捉えることができます。

不均一な物質表面をナノレベルで計測するために光電子顕微鏡法 (PEEM) と走査電子顕微鏡法 (SEM) を使用しています。PEEMでは、2次元原子層物質の成長プロセスや化学反応プロセスの観測を行なっています。



## Atomic-level characterization of solid surfaces and interfaces for new surface functions.

We investigate solid surfaces and interfaces at atomic level in order to create surfaces and interfaces with various functions. We have developed several original techniques for surface analysis, such as correlated thermal diffused scattering (CTDS) and Weissenberg reflection high energy electron diffraction (WRHEED). In order to study reaction and phase transition dynamics, we have developed a new method called streak camera reflection high energy electron diffraction (SC-RHEED), which captures high-speed movement of surface atoms. Photoelectron microscopy (PEEM) and scanning electron microscopy (SEM) are also used to measure non-uniform material surfaces at the nano level.



Grains of Ni polycrystal and their 3D reciprocal maps by nano-WRHEED.

## Supercritical Fluid and Hybrid Nano Technologies

# ADSCHIRI Lab(C:AIMR)

超臨界ナノ工学研究分野

阿尻研究室（兼：材料科学高等研究所）

専門分野・キーワード

超臨界水／超ハイブリッド／ナノ材料／プロセス工学

SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORD

supercritical water / super hybrid / nanomaterials / process engineering

- 超臨界水による材料プロセスの高度制御
- 超臨界場でのハイブリッドナノ粒子創成
- ナノ粒子の熱力学（構造形成・相挙動・粘弾性）
- 超ハイブリッド材料創製（ポリマー／ハイブリッドナノ粒子）
- 低温廃熱で駆動する革新的化学プロセスマイクロ／ナノ構造の表面
- Process intensification for materials synthesis in supercritical water
- Synthesis of organic inorganic hybrid nanomaterials under supercritical conditions
- Thermodynamics of nanomaterials
- Fabrication of novel composite (polymer/hybrid nanomaterials)
- Innovative chemical processes for utilization of low-temperature waste heat



阿尻 雅文 教授

Tadafumi ADSCHIRI, Professor

tadafumi.ajiri.b1@tohoku.ac.jp

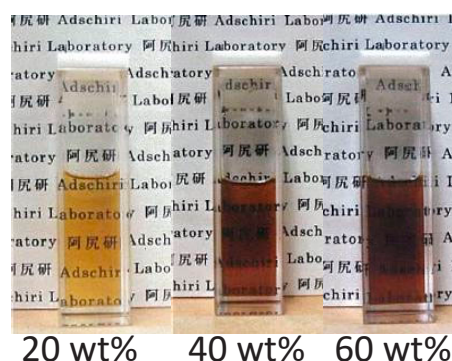
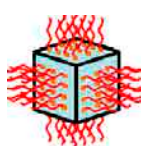
笈居 高明 准教授

Takaaki TOMAI, Associate Professor

## 超臨界水による革新的ナノ材料創製：その学理と応用展開

超臨界状態では水と有機物が均一に混じり合うことができます。この超臨界水の特徴を利用すると、表面が有機修飾された金属酸化物粒子を合成できます。現在、その合成機構の解明とプロセスの高度制御化に取り組んでいます。有機修飾された金属酸化物粒子「有機・無機ハイブリッドナノ粒子」は、有機溶媒に高い親和性をもつため、超高濃度分散が可能になります。セラミックス質量分率80%以上でも流動するフルイディックセラミックスもその一つです。分子のようにふるまうナノ粒子を扱うための「新科学」の創製に挑戦しています。また有機修飾でナノ粒子の成長方向を制御すると、活性面のみが露出した超高活性ナノ触媒を合成することができます。このナノ触媒は低温でも非常に高い活性を示すことから、これを使って、今まで不可能とされてきた低温廃熱の高エネルギー変換（エクセルギー再生産）プロセスを開発しています。

## Organic-inorganic hybrid nanomaterials



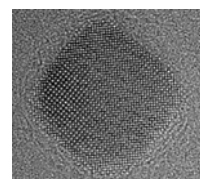
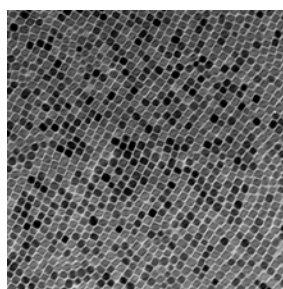
20 wt%

40 wt%

60 wt%

## Creation of innovative nanomaterials by supercritical water: Science and Applications

Supercritical water is miscible with organic materials. Using this feature, the organically-modified metal-oxide nanoparticles can be synthesized. Organically-modified nanoparticles "organic-inorganic hybrid nanomaterials" can be dispersed in organic solvents at very high concentration. We aim to establish novel fundamental of material/process design for such nanomaterials, which behave like "molecules." In addition, using nanocatalyst synthesized by supercritical water, we are developing innovative chemical processes for utilization of low-temperature waste heat.



Nanocatalysts

Innovative chemical processes for  
utilization of low-temperature waste heat



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

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

laser / photonics / materials science / electron optics

- 高強度光の場における物質変換プロセス
- 高強度光の場におけるナノ粒子作製
- ベクトルビームの発生とビーム特性の解析
- ベクトルビームを用いたナノイメージングと新規レーザー加工法
- レーザー光による電子の運動量制御
- Material conversion process in intense optical field
- Nano-particle synthesis in intense optical field
- Generation and analysis of vector beams
- Development of nano-imaging and novel laser processing by vector beams
- Control of electron momentum by laser

佐藤 俊一 教授

Shunichi SATO, Professor

sato@tohoku.ac.jp

小澤 祐市 准教授

Yuichi KOZAWA, Associate Professor

上杉 祐貴 助教

Yuuki UESUGI, Assistant Professor

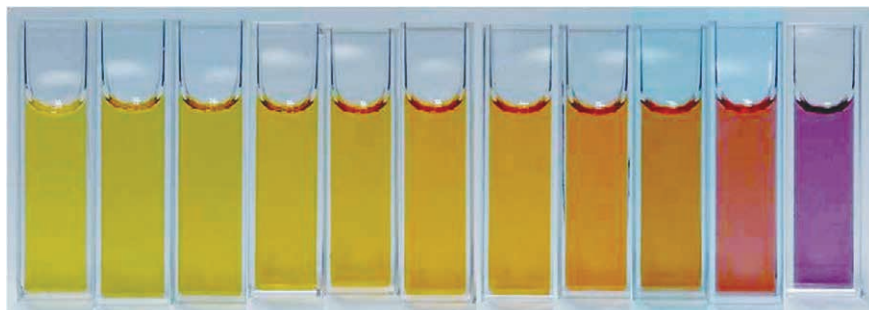
田辺 綾乃 助教

Ayano TANABE, 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現、プロセスの開発などを大きな目標としています。現在具体的に進めている主たる研究テーマは、高強度レーザー場によるシングルナノ粒子作製と、ベクトルビームに関する総合的な研究です。前者は、集光したフェムト秒レーザーパルスによって形成される強い光の場を新しい非平衡・非線形・超高速プロセスの場として利用し、分子の分解によって発生するラジカルや別種分子などによって、ダイヤモンド様カーボンや貴金属元素のシングルナノ粒子作製を行っています。これに対して後者は、光（電磁波）の本来

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

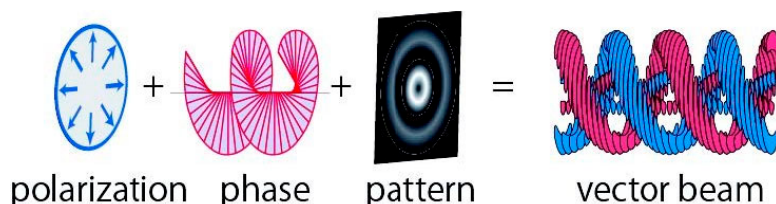


金と銀の合金ナノ微粒子の分散液。左から右にかけて金の割合が増えている。

## Multidisciplinary research of photonics and material science

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

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



The Vector Beam under study shows a synergistic aspect of polarization, phase and pattern of a light beam.

Solid State Ionic Devices

# AMEZAWA Lab

固体イオニクス・デバイス研究分野  
雨澤研究室

専門分野・キーワード

固体イオニクス／エネルギー変換／オペランド分析／電気化学

SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORD

solid state ionics / energy conversion / operando analysis / electrochemistry

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



雨澤 浩史 教授

Koji AMEZAWA, Professor

koji.amezawa.b3@tohoku.ac.jp

中村 崇司 准教授

Takashi NAKAMURA, Associate Professor

木村 勇太 助教

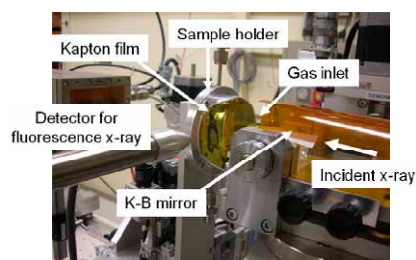
Yuta KIMURA, Assistant Professor

佐藤 郁奈 助教

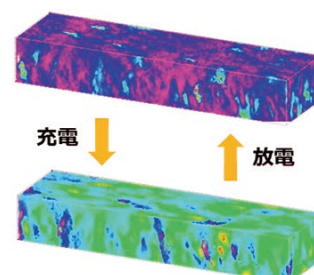
Ikuna SATO, Assistant Professor

## 環境にやさしいエネルギー変換デバイスの実現・普及に向けて

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



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

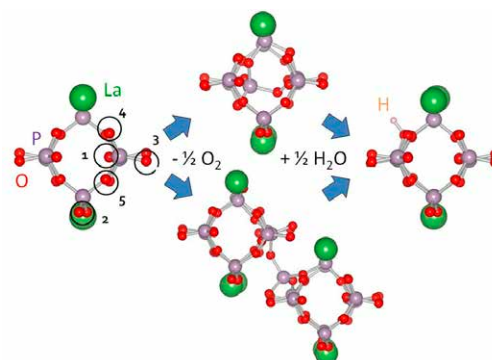


オペランド測定による蓄電池合材電極反応の3D可視化

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

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

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



第一原理計算による希土類メタリン酸塩における  
プロトン伝導の発現機構モデル



埜上 洋 教授

Hiroshi NOGAMI, Professor

nogami@tohoku.ac.jp

丸岡 伸洋 助教

Nobuhiro MARUOKA, Assistant Professor

夏井 俊悟 助教

Shungo NATSUI, Assistant Professor

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

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDprocess simulation / transport phenomena / multiphase flow / thermal  
engineering

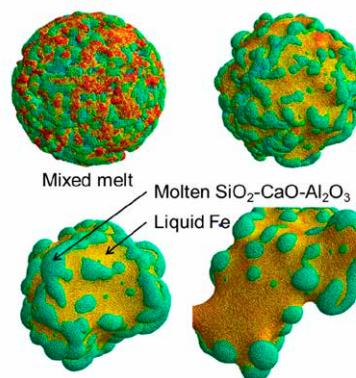
- 素材製造プロセスの多相反応シミュレート開発
- 新規エネルギー変換・貯蔵・回収プロセスの開発
- 反応・移動現象高効率化のための境界制御技術開発
- 充填層内分散相挙動の幾何的・トポロジカル解析
- 相変化を伴う融体の界面ゆらぎ構造形成メカニズムの解明

- 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。

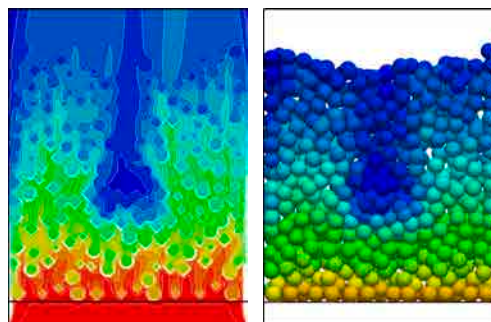


不混和二融体の分離過程

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

recovery and storage of thermal energy.



Temperature evolution in non-uniform packed bed.

Materials Separation Processing

# SHIBATA HIROYUKI Lab

材料分離プロセス研究分野  
柴田浩幸研究室

専門分野・キーワード

ケイ酸塩／熱物性／凝固結晶成長／精錬プロセス／ワイドギャップ半導体

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

silicates / thermophysical property / solidification process / refining process

- 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
- Structure and physicochemical properties of silicate melts and glasses
- Solution growth of SiC crystal
- Solidification mechanism of metallic and oxide super-cooled liquids



柴田 浩幸 教授

Hiroyuki SHIBATA, Professor

hiroyuki.shibata.e8@tohoku.ac.jp

助永 壮平 准教授

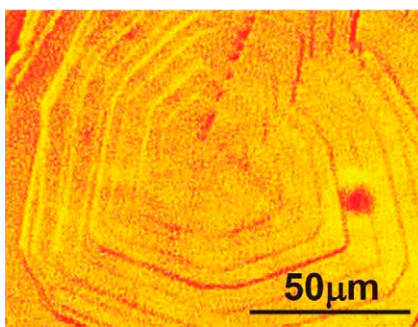
Sohei SUKENAGA, Associate Professor

川西 咲子 助教

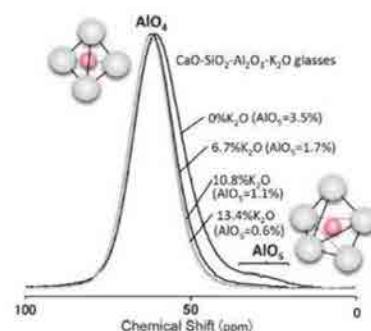
Sakiko KAWANISHI, Assistant Professor

## 高効率素材製造プロセスのための高温界面物理化学

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



SiC が 1400°C で結晶成長する様子



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

際の素材製造プロセスの高効率化や新規プロセスの開発に取り組んでいます。

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

Recycling, refining and solidification processes of materials are important to sustain high efficiency process for manufacturing products. Each material separation process is governed by many chemical and thermophysical properties of materials and interfaces among materials. Functions of the materials should be clarified from 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.



Crystallization of lithium silicate on the molybdenum substrate



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

SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORDX-ray free electron lasers / X-ray crystallography / time-resolved  
measurement / rational protein design

- 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

南後恵理子 教授

Eriko NANGO, Professor

eriko.nango.c4@tohoku.ac.jp

奥西みさき 助教

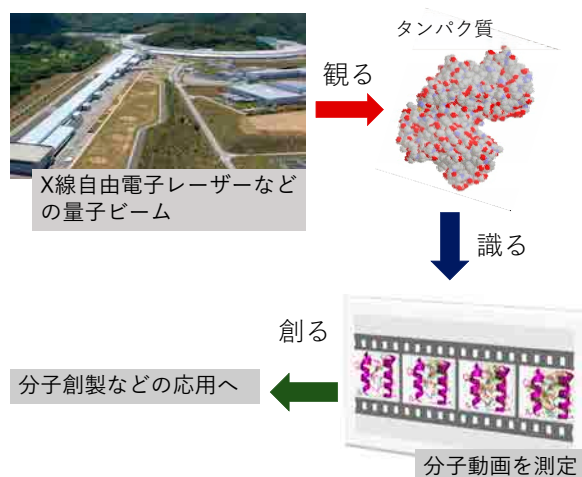
Misaki OKUNISHI, Assistant Professor

福澤 宏宣 助教

Hironobu FUKUZAWA, Assistant Professor

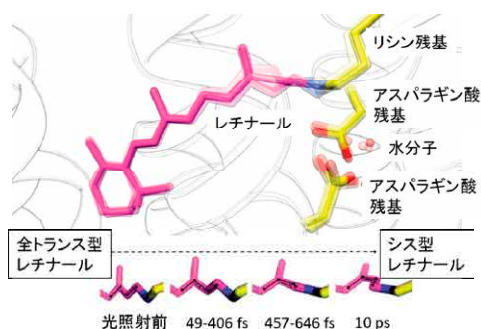
## タンパク質が機能する瞬間を量子ビームで捉える

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が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、光に応答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-



タンパク質（バクテリオロドプシン）に含まれる発色団周辺の構造変化

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.



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／化学反応力学

SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORDmolecular science / atomic collision physics / momentum space chemistry /  
chemical reaction dynamics

- 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

高橋 正彦 教授

Masahiko TAKAHASHI, Professor

masahiko.takahashi.c4@tohoku.ac.jp

渡邊 昇 准教授

Noboru WATANABE, Associate Professor

鬼塚 侑樹 助教

Yuuki ONITSUKA, Assistant Professor

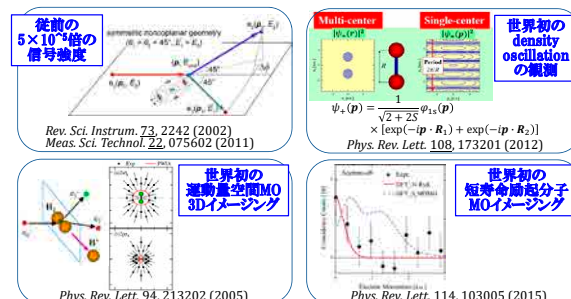
## 電子コンプトン散乱を利用した物質の静的および動的性質の可視化

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。

- (1) 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
- (2) 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
- (3) 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

## 運動量空間化学の主たる成果

- 電子運動量分光(EMS; Electron Momentum Spectroscopy)  
— 電子運動量分布  $(|\Psi(p)|^2)$  を分子軌道毎に分けて観測



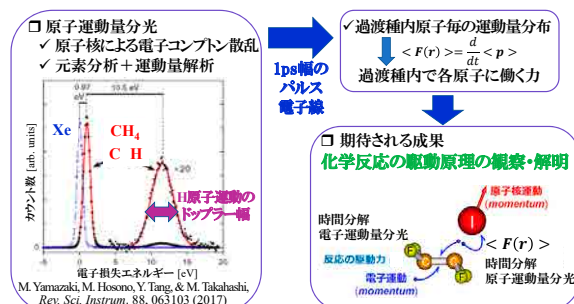
## Visualization of static and dynamic nature of matter by means of electron Compton scattering

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:

- (1) Imaging of the motion of electrons and nuclei in matter by electron Compton scattering,
- (2) Visualization of the driving principle behind chemical reaction by time-resolved electron Compton scattering,

## 開発中の時間分解原子運動量分光

- 反応過渡種内で原子核に働く力の実時間計測



- (3) Stereo-dynamics of electron-molecule collision by multi-parameter coincidence experiments.



専門分野・キーワード | イメージング／X線／位相計測／三次元計測

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDImaging / X-ray / phase measurement /  
three-dimensional observation

- 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

矢代 航 准教授

Wataru YASHIRO,  
Associate Professor

呉 彦霖 助教

Yanlin WU,  
Assistant Professor

橋本 康 特任講師

Koh HASHIMOTO,  
Specially Appointed  
Senior Assistant Professor

池松 克昌 講師

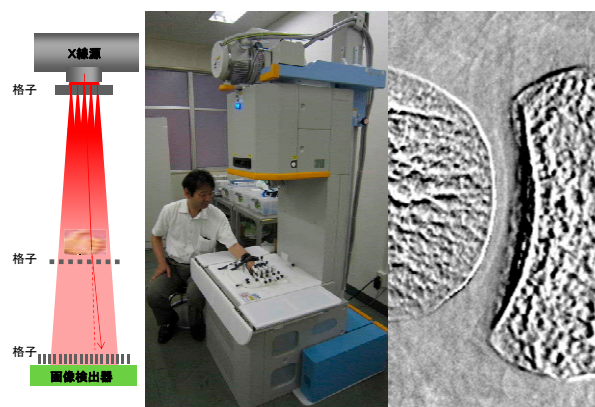
Katsumasa IKEMATSU,  
Senior Assistant Professor

高野 秀和 特任准教授

Hidekazu TAKANO,  
Specially Appointed  
Associate Professor

## 量子ビームの位相で観る

X線などの量子ビームは、原子スケールから日常スケールまで、幅広い範囲で物質の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。

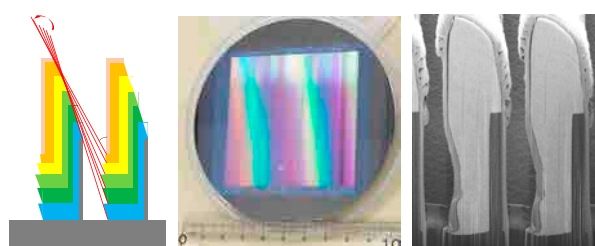


X線位相イメージング（X線 Talbot-Lau 干渉計）による早期リウマチ診断装置の開発

## 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



## 専門分野・キーワード

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

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

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

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

木村 宏之 教授

Hiroyuki KIMURA, Professor

hiroyuki.kimura.b5@tohoku.ac.jp

坂倉 輝俊 助教

Terutoshi SAKAKURA, Assistant Professor

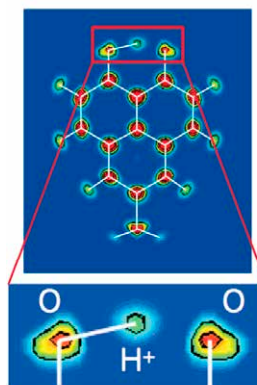
山本 孟 助教

Hajime YAMAMOTO, Assistant Professor

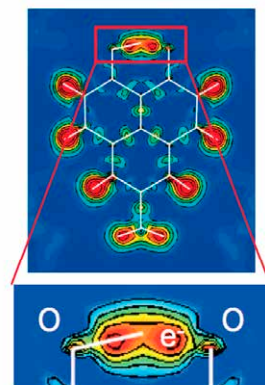
## X 線・中性子結晶構造解析による 1 原子内電子分極の可視化

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

中性子構造解析による原子核密度分布



X線構造解析による原子核密度分布

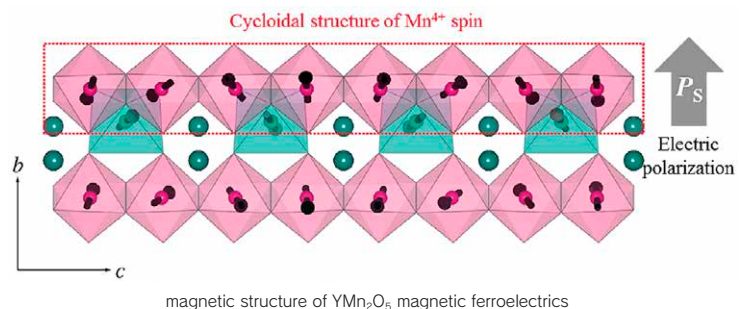


電子雲と原子核の重心位置のズレ → 1 原子内電気分極

## Ferroelectric polarization induced by magnetic order in magnetic ferroelectrics

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

of electric polarization. We also engage the development of novel neutron 2-dimensional detector for structure analysis JRR-3 reactor.





専門分野・キーワード | ナノ・マイクロ分析素子／顕微イメージング法／光学検出法／界面化学

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDnano / micro analytical devices / imaging microscopy / optical  
detection methods / interface chemistry

- ナノ・マイクロ流体デバイスを用いる簡易・自動化学分析
- 界面化学に基づく液膜型分離・濃縮法
- 顕微イメージング法およびマイクロ空間検出法
- 界面計測法
- Easy and automated chemical analysis utilizing nano/microfluidic device.
- Liquid-film separation/preconcentration method based on interface chemistry.
- Imaging microscopies and detection methods for microspace.
- Interface measurement tools

火原 彰秀 教授

Akihito HIBARA, Professor

akihito.hibara.e7@tohoku.ac.jp

福山 真央 助教

Mao FUKUYAMA, Assistant Professor

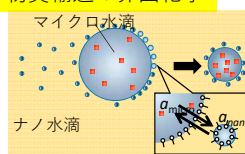
モット デリック 助教

Derrick Michael MOTT, Assistant Professor

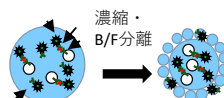
## ナノ・マイクロ空間の化学をつかい・はかる

ナノ・マイクロ空間を利用した化学・生化学の集積化と高度化に関する研究分野開拓を中心に研究を進めます。生体・環境・食品・工業プロセスなどを対象とした簡便分析・自動分析などの実現が期待できます。また、単一細胞を対象とする分析、単一分子レベルでの分析など、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、顕微イメージング法、顕微レーザー分光法などで、他に例のない高度計測手法の開発を進めます。

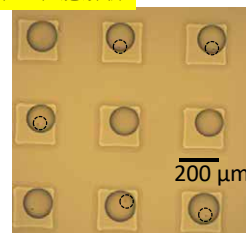
## 反応・物質輸送の界面化学



## 1ステップ・バイオアッセイ



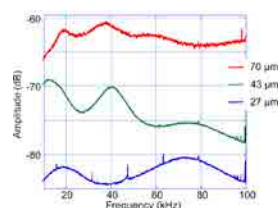
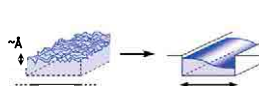
## 単一細胞解析



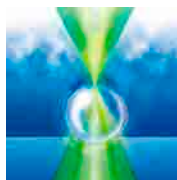
## Chemistry in nano/micro space: measurements &amp; applications

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 reaction and interfacial phenomena in a confined space should be revealed in detail. We study unique advanced measurement tools such as microscopic imaging, and laser microscopy.

## 自由界面の基礎科学



## エアロゾル・バブルの光学解析法



## 小型・可搬分析装置開発





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

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDSoft Matter Physics / Self-Assembly in Polymers / Polymer Crystals /  
Polymeric Hybrid Materials

- ブロック共重合体の自己組織化ナノ構造の3次元観察とその分子論的解析
- 有機・無機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
- 有機・無機接着構造の原子レベル解析
- 3D Observation and analysis of block copolymer self-assembled structures
- Elucidation of nanoscale deformation mechanisms in organic/inorganic composite materials
- Nanoscale structural analysis of semi-crystalline polymers
- Direct observation of single polymer chains using electron microscopy
- Atomic-scale analysis of organic/inorganic interfaces

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

Wang Hsiao Fang 助教

Hsiao Fang WANG, Assistant Professor

## 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が、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・機能の関係が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。私たちは最新の透過型電子顕微鏡技術を駆使することで、単一高分子鎖の原子分解能観察・高分子結晶の配向マッピング・相分離構造の3次元観察・ナノ粒子複合材料の変形ダイナミクス観察等に取り組み、高分子材料内部の微細構造やダイナミクスと巨視的な物性・機能との関係を解明することを目指しています。

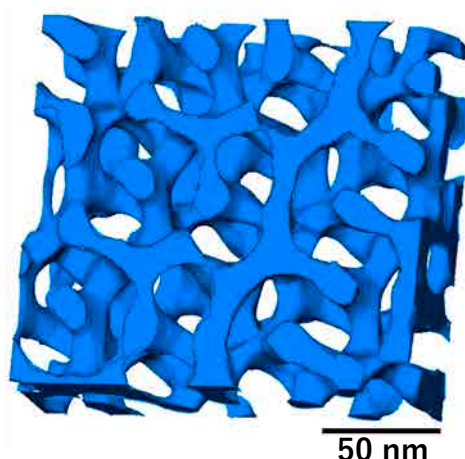


Fig.1. 3D structure of the ordered bicontinuous double gyroid structure in a diblock copolymer.

## Observations of structures and dynamics in soft materials by using electron microscopy

Polymers are industrially key materials and their properties can be widely controlled by mixing different polymers and polymers/inorganic materials as well as by tuning the chemical structure and molecular arrangement. The relationships between the microstructures inside and macroscopic properties of polymeric materials have not been clarified yet. Thus, we work on the atomic-resolution observation of single polymer chains, orientation mapping of polymer crystals, 3D observation of phase-separated structures, deformation-dynamics observation of nanoparticle composite materials, etc., by front-line transmission electron microscopy techniques. We aim to elucidate the relationships between microstructures/dynamics and macroscopic

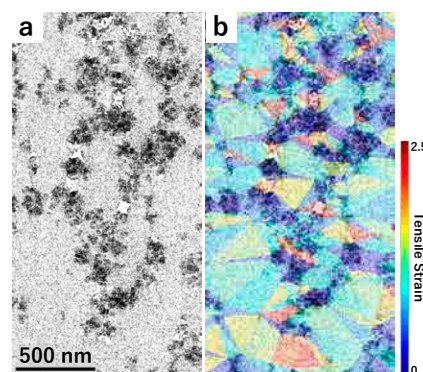


Fig.2. (a) Transmission electron microscopy image of the vertically-elongated inner structure of a rubber with silica nanoparticles (black parts). (b) Tensile-strain map of (a).

properties of polymeric materials through these observations.



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

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

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

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

秩父 重英 教授

Shigefusa F. CHICHIBU, Professor

chichibu@tohoku.ac.jp

小島 一信 准教授

Kazunobu KOJIMA, Associate Professor

嶋 紘平 助教

Kohei SHIMA, Assistant Professor

ワイドギャップ半導体ナノ構造創成と時空間分解スペクトロスコピー

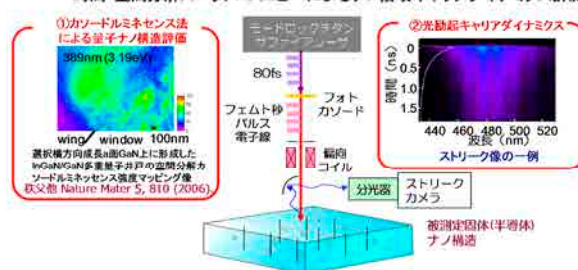
光子系（電磁波）と電子系（励起子）の機能を融合させる量子構造デバイス用半導体として、禁制帯幅に相当する波長が 200 nm 台の深紫外線から近赤外線まで広範囲をカバーし、環境にも人間生活にも優しいプラネットコンシャスな AlN, GaN, InN 等のⅢ族窒化物半導体や ZnO, MgO 等のⅡ族酸化物半導体、NiO や TiO<sub>2</sub> 等の金属酸化物半導体にスポットライトを当て、エピタキシャル結晶成長法によって原子層レベルで平坦な表面・界面を持つ半導体ナノ超薄膜や構造の形成を行います。また、それらメゾスコピック・ナノ構造のフェムト秒パルス集束電子線励起による時間・空間同時分解分光を行い、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

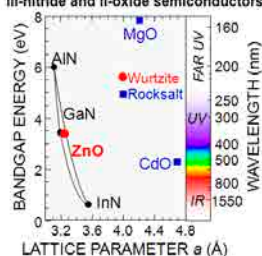
■ フェムト秒~ピコ秒パルス集束電子線を用いたワイドバンドギャップ半導体の時間・空間分解スペクトロスコピーによるナノ領域キャリアダイナミクス計測



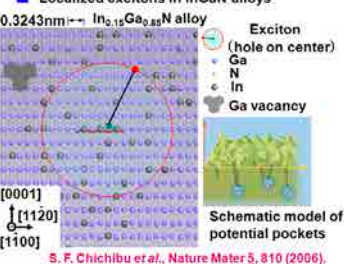
## Design and creation of wide bandgap semiconductor quantum nanostructures and spatio-time-resolved spectroscopy

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 (Al, In, Ga) 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.

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



- Localized excitons in InGaN alloys



## High-temperature Physical Chemistry of Materials

# FUKUYAMA Lab

## 高温材料物理化学研究分野 福山研究室

専門分野・キーワード

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

材料プロセス／化学熱力学／融体物性／結晶成長

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

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



福山 博之 教授

Hiroyuki FUKUYAMA, Professor

hiroyuki.fukuyama.b6@tohoku.ac.jp

大塚 誠 准教授

Makoto OHTSUKA, Associate Professor

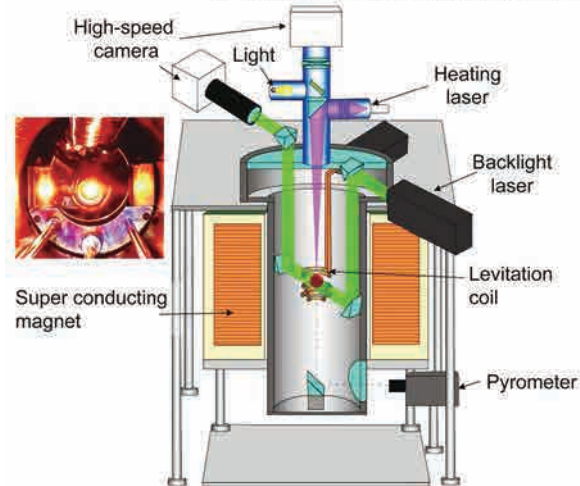
安達 正芳 助教

Masayoshi ADACHI, Assistant Professor

## 機能性材料プロセスと熱物性計測法の開発

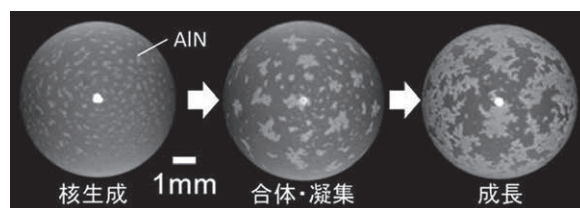
当研究室では、化学熱力学と融体物性を融合させた新しい機能性材料のプロセス開発を提唱しています。例えば、窒化物半導体は、青・紫からさらに波長の短い紫外線発光素子として、環境、医療、バイオ、情報分野での応用が期待されていますが、当研究室では、窒化物半導体の素子としての性能を向上させるため、結晶成長に関する物理化学的な知見を蓄積しながら、新たな結晶成長プロセスを創製しています。また、材料プロセスにおける複雑な熱物質移動現象をシミュレーションするため、熱物性値のデータベース化を進めています。電磁浮遊装置と静磁場を組み合わせ、金属融体の静的な浮遊状態を実現し、融体の熱容量、熱伝導率、放射率、密度および表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

## PROSPECT Properties and Simulations Probed with Electromagnetic Containerless Technique



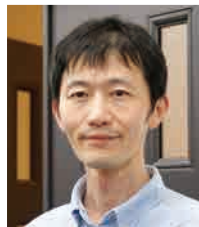
## High-temperature processes and measurements of materials

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



AlN 結晶成長のその場観察

- 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 - 気相間の平衡と還元反応速度
- 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



植田 滋 教授

Shigeru UEDA, Professor

shigeru.ueda.a5@tohoku.ac.jp

高 旭 助 教

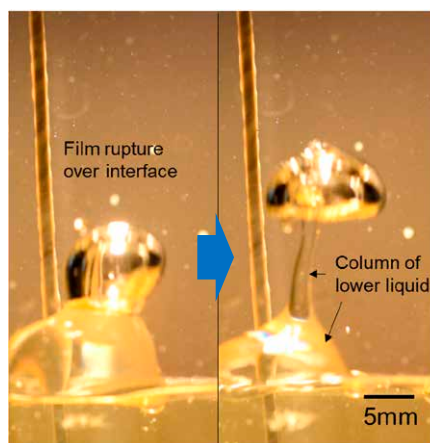
Xu GAO, Assistant Professor

## 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.



Control of chemical reactions by controlling interface phenomena

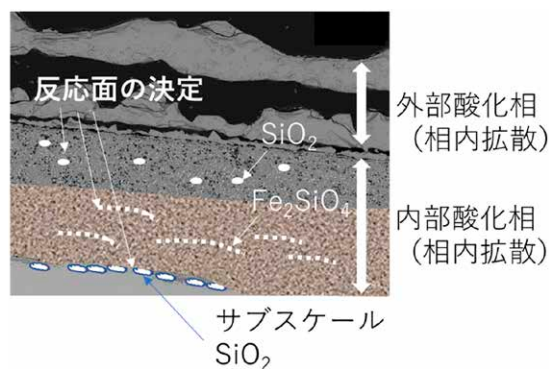


Figure. Analysis of reaction mechanism and control of high temperature reaction

## Powder Processing for Functional Materials

# KANO Lab

## 機能性粉体プロセス研究分野 加納研究室

専門分野・キーワード

粉体工学／シミュレーション／粉砕／水素エネルギー

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

powder technology / simulation / grinding / hydrogen energy

- コンピュータシミュレーションによる粉体プロセスの高度化
- 機械的微粒子生成プロセスのシミュレーションの創成
- 粒子・流体プロセスシミュレーションの創成
- 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

石原 真吾 助教

Shingo ISHIIHARA, Assistant Professor

久志本 築 助教

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

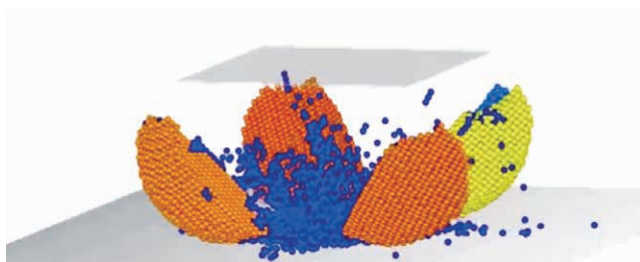


図1 ADEMによる固体粒子破壊挙動のシミュレーション

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

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

numerical 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.

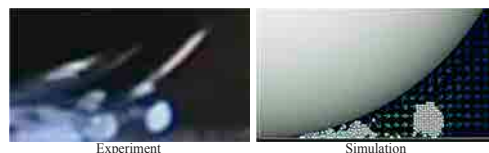


図2 ADEM-CFDモデルによる液中での固体粒子破壊挙動のシミュレーション



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

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

Radiochemistry / Nuclear waste management / Decommissioning / Solution Chemistry

- 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

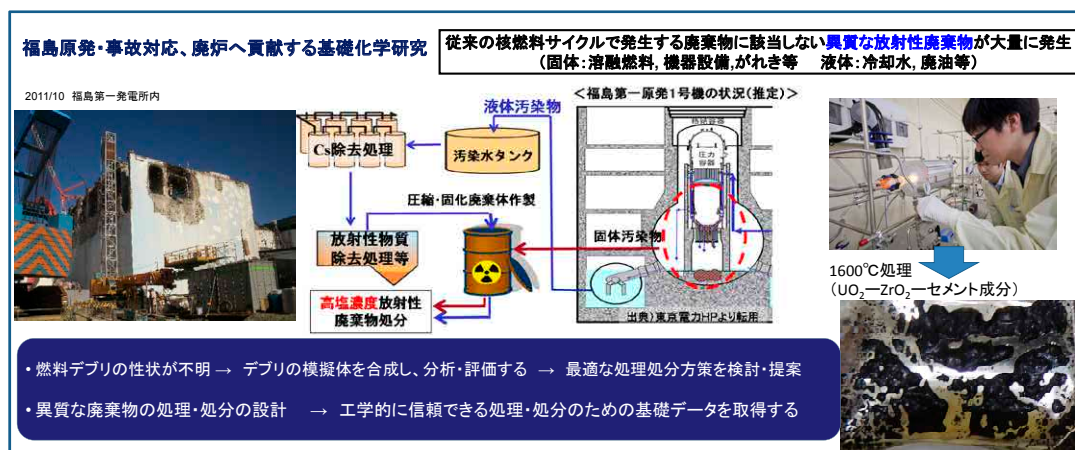
Daisuke AKIYAMA, Assistant Professor

## 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エネルギー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.



## Chemistry of Energy Conversion Devices

# HONMA Lab

## エネルギーデバイス化学研究分野 本間研究室

専門分野・キーワード

ナノテクノロジー／先端ナノ材料／低環境負荷プロセス／ポストリチウムイオン電池／低炭素エネルギー技術

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

Nanotechnology / Advanced energy nanomaterials / Sustainable materials processing / Post lithium-ion battery / low carbon emission technology

- 高容量・高出力型リチウムイオン電池
- マグネシウムイオン電池
- 二酸化炭素の有用化合物への電気化学的変換プロセス
- 超臨界流体プロセスを用いた機能性ナノ材料の創製
- 3次元プリンティング技術を用いた電池デバイスのオンデマンド作製
- High power and high energy density lithium-ion batteries
- Magnesium batteries
- Electrochemical conversion processes of CO<sub>2</sub> to useful chemical compounds
- Synthesis of functional nanomaterials employing supercritical fluid processing
- On-demand fabrication of battery devices by 3D printing technologies



本間 格 教授

Itaru HONMA, Professor

itaru.homma.e8@tohoku.ac.jp

シュタウス スヴェン 准教授

Sven STAUSS, Associate Professor

小林 弘明 助教

Hiroaki KOBAYASHI, Assistant Professor

岩瀬 和至 助教

Kazuyuki IWASE, Assistant Professor

原 国豪 助教

Guohao YUAN, Assistant Professor

## ナノテクノロジーを基盤としたエネルギーイノベーションの実現

本間研究室では21世紀の科学技術が取り組む最重要課題である地球持続技術・低炭素社会構築の為にナノテクノロジーを利用した再生可能エネルギー技術のフロンティア開拓を行います。低環境負荷プロセスと機能性ナノ材料開発をコア技術として、二酸化炭素変換、次世代二次電池、キャパシタ、燃料電池等の革新的エネルギーデバイスを創生して、再生可能エネルギー普及と地球温暖化対策のイノベーションを起こすことを目的としています。

革新的エネルギーデバイスを実現するために、単原子層材料(グラフェン、層状金属化合物)、ナノ粒子、ナノポーラス物質、多元組成化合物、準安定相、有機活物質、擬固体電解質、超臨界流体・水熱電解プロセス技術や放射光 in-situ 分析等の先進的な材料科学を探索し、それらの先進的なナノ材料科学を基礎学理として高容量・高出力型ポストリチウムイオン電池、大容量キャパシタ、燃料電池、太陽電池など低炭素化社会構築と産業競争力強化に資するエネルギーデバイスの研究開発を行います。

**高容量・高出力次世代二次電池の創製**

**マイクロバイオ電池**

微生物を電極表面に固定し、有機物を酸化して電気を発生させる。バイオセンサーやバイオ燃料電池に応用可能。

**全固体電池**

ナノ粒子を用いた高容量・高出力な全固体電解質を開発。高安全・高エネルギー密度を実現。

**CO<sub>2</sub>の電気化学分解**

CO<sub>2</sub>を電気的に還元して、COやHCOOHなどの有用化学品を生成。カーボンニュートラル社会の実現に貢献。

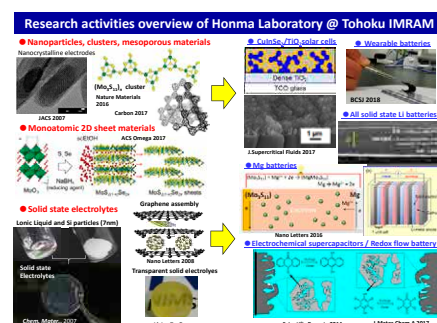
**マグネシウム電池**

高安全・高エネルギー密度を実現。全固体電解質を用いたMg二次電池の開発。

**革新的ナノ機能材料の創製により高エネルギー・高パワー・高安全性を備えた高性能電池の実現へ！**

## Nanotechnology and nanoscience of advanced functional materials for energy technology innovations

Our research goal is to realize renewable energy innovations and to contribute to global sustainability through advanced nanotechnology and nanoscience. Using environmentally friendly materials processing and the exploration of advanced functional nanomaterials, the Honma laboratory investigates the frontiers of nanotechnology and nanomaterials for carbon capture and utilization, post lithium-ion batteries, supercapacitors, and fuel cells, thereby contributing to innovative solutions for global sustainability, renewable energy, and a low carbon emission industry. Our studies focus on advanced functional nanomaterials such as monoatomic layered materials (graphene and transition metal dichalcogenides), nanoparticles, nanoporous materials, multi-material compounds, metastable materials, organic nanocrystalline electrodes, novel solid state electrolytes for all solid-state batteries, supercritical fluid & hydrothermal-



electrochemical processing, and in-situ spectroscopy analysis using synchrotron light sources. We investigate the superior functionalities of these novel nanomaterials for post lithium-ion batteries, fuel cells, solar cells, and carbon dioxide conversion, to enable energy device innovations, a low carbon emission economy, and industrial competitiveness.

## Metallurgy and Recycling System for Metal Resources Circulation SHIBATA ETSURO Lab

### 金属資源循環システム研究分野 柴田悦郎研究室

専門分野・キーワード

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

非鉄金属製錬／金属資源循環／リサイクル／廃棄物処理

Non-ferrous Metallurgy / Metal Resources Circulation / Recycling / Waste Treatment

- 銅製錬における高濃度不純物対応技術に関する基礎的研究
  - スコロダイト合成によるヒ素の安定固定化技術の開発
  - ヒ素含有鉱物分離のための新規浮選剤のスクリーニング
  - 塩基性廃棄物を利用した二酸化炭素の固定と有効利用
  - その他、金属リサイクルシステムの最適化に向けた各種要素技術開発に関する基礎的研究
  - その他、金属資源循環における環境負荷元素の処理等の各種環境技術開発に関する基礎的研究
- Fundamental study for copper smelting with high impurities
  - Synthesizing technology of scorodite particles for stabilization of arsenic
  - Screening for new flotation reagents to separate arsenic minerals
  - Carbon dioxide sequestration and utilization using alkali wastes
  - Development of component technologies for optimization of metal recycling system
  - Development of environmental technologies such as treatments of environmental load elements in metal resources circulation



柴田 悦郎 教授

Etsuro SHIBATA, Professor

etsuro.shibata.e3@tohoku.ac.jp

飯塚 淳 准助教

Atsushi IIZUKA, Associate Professor

安達 謙 助教

Ken ADACHI, Assistant Professor

## 非鉄製錬業を基盤とした金属資源循環システムの構築

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

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

### 非鉄製錬業を基盤とした金属資源循環システムの構築

様々な金属含有資源（鉱石、E-scrap、など）

原料の前処理、主要製錬技術、製錬副産物の処理、環境負荷元素の安定化など

非鉄製錬学問分野全体に渡る横断的かつ従来の枠組みを超えた研究活動

#### 物理選別技術

- ・破碎/摩砕
- ・浮選
- ・比重選別
- ・磁選
- ・静電/渦電流選別

#### 乾式製錬技術

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

#### 湿式/電解製錬技術

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

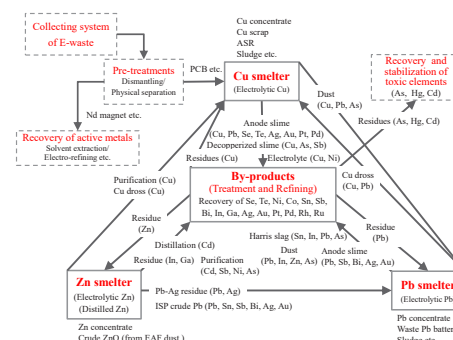
金属資源循環システムの構築に向けた研究アプローチ

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

Non-ferrous smelting industry is necessary for achievement of the resource circulation society. In the future, the use of various electrical and electronic devices is expected to increase with growth of population in the world. To secure metal resources continuously, it is necessary to recycle metals used in waste products.

The main research aim is to establish the metal resources circulation system based on the non-ferrous smelting industry. Research activities including non-ferrous metallurgy along with mineral processing beyond the traditional framework are intended to achieve the high efficiency circulation of metal resources and environmental conservation in the future. Researches for smelting

processes for primary and secondary resources, treatments of by-products and stabilization of environmental load elements, etc. are conducted.



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

Hybrid Nano-particle

# MURAMATSU Lab

## ハイブリッドナノ粒子プロセス研究分野 村松研究室



専門分野・キーワード

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

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

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

- 有機-無機ハイブリッドナノ粒子の合成
- シングルナノサイズ金属粒子の合成と機能性材料への応用
- 部分硫化による可視光応答性光触媒材料の開発
- 液相還元法による新規触媒材料

- Preparation of organic-inorganic hybrid nano-particles
- Development of nano-sized metallic particle and application to functional materials
- Partial sulfurization of metal oxides for visible light-active photocatalysts
- Synthesis of multi-layered films by laser ablation
- Fabrication of new structures of nano-porous materials

村松 淳司 教授

Atsushi MURAMATSU, Professor

atsushi.muramatsu.d8@tohoku.ac.jp

水上 雅史 准教授

Masashi MIZUKAMI,  
Associate Professor

渡辺 明 准教授

Akira WATANABE,  
Associate Professor

真木祥千子 講師

Sachiko MAKI,  
Senior Assistant Professor

粕谷 素洋 助教

Motohiro KASUYA,  
Assistant Professor

藪下 瑞帆 助教

Mizuho YABUSHITA,  
Assistant Professor

Rahman Ashiqur 助教

Ashiqur RAHMAN,  
Assistant Professor

金子 房恵 助教

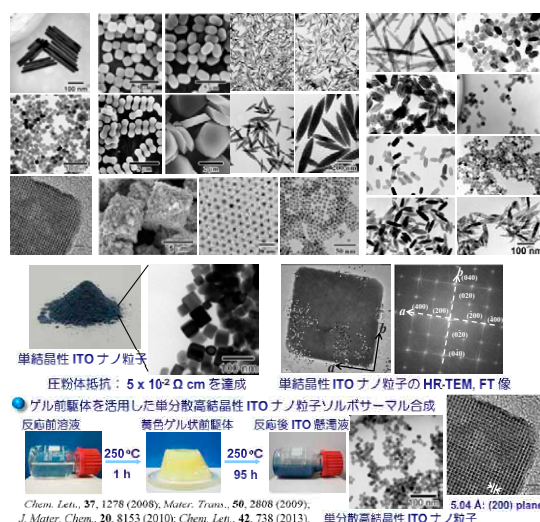
Fusae KANEKO,  
Assistant Professor

増井 友美 助教

Tomomi MASUI,  
Assistant Professor

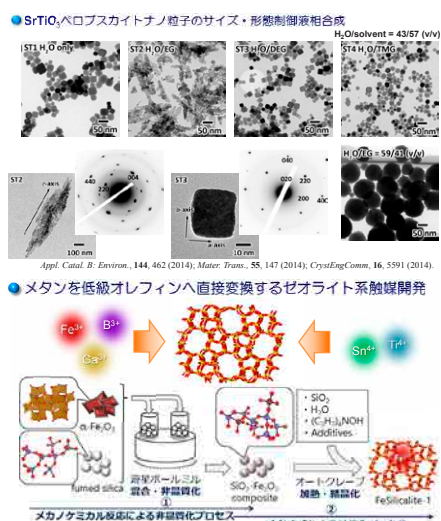
## テーラーメイドのよく定義されたナノハイブリッド材料はいかが？

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



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

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





専門分野・キーワード

機能性無機材料／自然エネルギー変換デバイス／原子空間制御

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDinorganic materials / energy-harvesting devices converting natural energy  
into electrical energy / ion-exchange and intercalation

- 機能性無機材料の物質設計と合成プロセスの開発
- 環境に適応した太陽電池材料の開発と素子への応用
- 中温域で動作する燃料電池の要素材料の開発
- 半導体量子ドットの溶液合成プロセスの開発
- Design of inorganic materials and development of their synthesis techniques
- Development of novel semiconductors for environmental-friendly solar cell and their application to devices
- Development of elemental materials in intermediate temperature fuel cells
- Syntheses of colloidal semiconductor quantum dots

小侯 孝久 教授

Takahisa OMATA, Professor

takahisa.omata.c2@tohoku.ac.jp

佃 諭志 講師

Satoshi TSUKUDA, Senior Assistant Professor

鈴木 一誓 助教

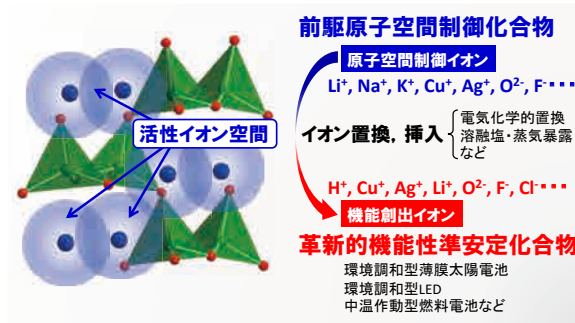
Issei SUZUKI, Assistant Professor

ドライ アルンクマール 助教

Arunkumar DORAI, Assistant Professor

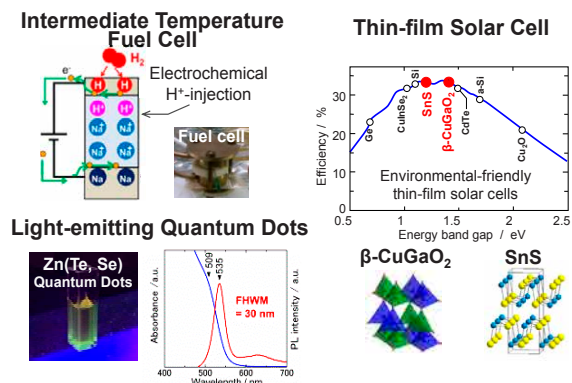
## 原子の占有空間をデザインし環境調和型材料・デバイスを生み出す

人類がこれまで経験してきた大きな変革は新しい材料の登場が引き金となっており、現在直面しているエネルギー、環境、資源に関わる諸課題に対しても、必ずやそれらを解決へと導く材料があるはずです。先人たちの努力により、誰もが容易に入手できる安定な物質はもはや研究しつくされており、今私たちが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、省エネ・広色域ディスプレイの中核をなす要素材料の開発とその素子化を研究しています。



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

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



## Synchrotron Radiation Soft X-ray Microscopy

# TAKATA Lab

## 放射光ナノ構造可視化研究分野 高田研究室

専門分野・キーワード

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

次世代放射光施設／X線光学／軟X線顕微鏡／オペランド計測

Next-Generation Synchrotron Radiation Facility／X-ray Optics／Soft X-ray Microscopy／Operando measurement

- 次世代放射光施設の推進
- 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線オペランド計測による表面界面プロセスの解明
- 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 project
- Innovation of structural science by development of X-ray visualization technology
- Development of soft X-ray microscope and application to biological samples
- Surface and interface processes revealed by soft X-ray operando measurements
- Development of soft X-ray light sources, optics, and detectors



高田 昌樹 教授

Masaki TAKATA, Professor

masaki.takata.a4@tohoku.ac.jp

江島 丈雄 准教授

Takeo EJIMA, Associate Professor

山本 達 准教授

Susumu YAMAMOTO, Associate Professor

羽多野 忠 助 教

Tadashi HATANO, Assistant Professor

## 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「次世代放射光施設」(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マムエントロピー法などの画像再構成の解析手法を、次世代放射光施設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、次世代放射光施設をオープン・イノベーションのゆりかごとし、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 (SR) X-rays, and establish the design guidelines for developing new functional materials. Currently, we are strongly promoting the “Next-Generation Synchrotron Radiation Facility” (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 the next-generation SR facility with our own measurement and analysis methods. In addition, we aim to make the next-generation SR facility 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.

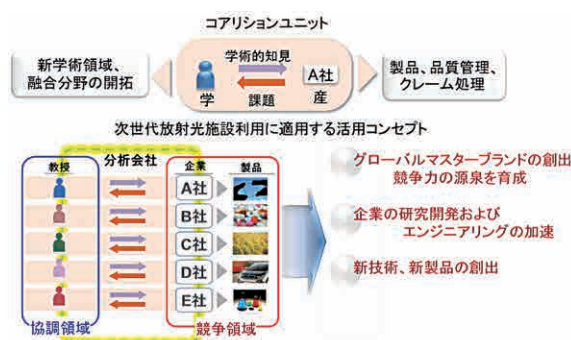


Fig. 2



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

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDelectron microscopy / electron energy-loss spectroscopy / soft-X-ray  
emission spectroscopy / convergent-beam electron diffraction

- 機能性ナノ粒子の物性解析
- 角度分解 EELS による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 EED

寺内 正己 教授

Masami TERAUCHI, Professor

masami.terauchi.c4@tohoku.ac.jp

佐藤 庸平 准教授

Yohei SATO, Associate Professor

森川 大輔 助教

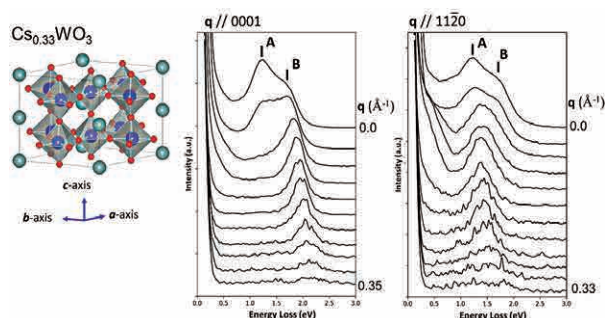
Daisuke MORIKAWA, Assistant Professor

奥村 知世 助教

Tomoyo OKUMURA, Assistant Professor

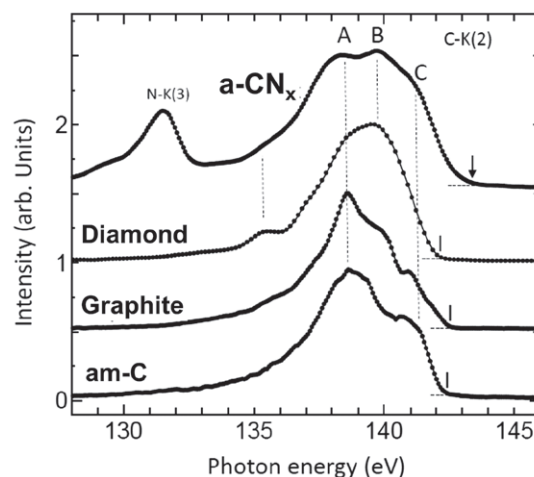
## 電子線を用いた局所の構造・物性解析手法の開発と応用

持続可能な社会の実現には、省資源・省エネルギーでコンパクトな高性能デバイスや新物質の開発が必要であり、そのためには、電子顕微鏡を基礎としたナノスケールでの構造・物性解析手法の確立とその適用が不可欠です。これまでに、我々の目標である「ナノスケール構造・物性解析システムの構築」の実現を目指し、世界初の精密構造解析用分光型電子顕微鏡および解析ソフトウェア、高エネルギー分解能 EELS 電子顕微鏡、世界初の価電子状態分析電子顕微鏡など、オリジナルな手法・装置の開発とその機能評価への応用を行い、物性の解明と手法の有用性を実証してきました。図は、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.



## Electron Interference Measurement TERAUCHI Lab (c)

電子線干渉計測研究分野  
寺内（兼）研究室



専門分野・キーワード

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

電子線ホログラフィー／電磁場／伝導性／その場観察

electron holography / electromagnetic field / conductivity / in situ observation

- 電子線ホログラフィーによるナノスケール電磁場計測の高精度化
- 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
- 電場解析による帯電現象と電子の集団運動の動的観察
- 先端磁性材料のナノスケール磁区構造解析とその場観察
- 高温超伝導体、強相関電子系新物質の磁束イメージング

- High precision measurement and visualization of electromagnetic field at nanometer scale by electron holography
- Development of multifunctional specimen holders with piezodriving probes for control of electromagnetic field and evaluation of local conductivity
- Control and visualization of collective motion of electrons
- In-situ observation of magnetic domain motion in advanced magnetic materials.
- Imaging of magnetic flux in high Tc superconductors and strongly correlated materials.

(兼) 寺内 正己 教授

Masami TERAUCHI, Professor

赤瀬善太郎 講師

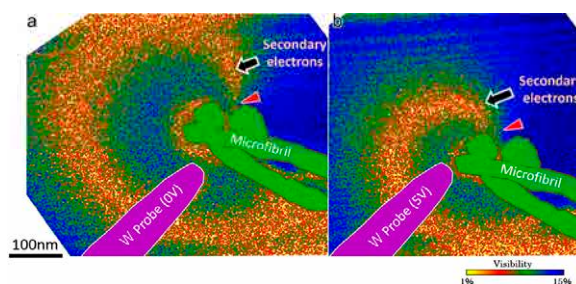
Zentaro AKASE, Senior Assistant Professor

zentaro.akase.a8@tohoku.ac.jp

### ナノ領域での構造・伝導性・電磁場の多元解析

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

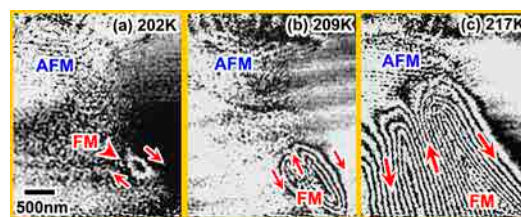
主な研究内容は以下のとおりです。(1) 電子線ホログラフィーによるナノスケール電磁場計測の高精度化。(2) 電磁場制御と伝導性評価のための電顕内探針操作技術の開発。(3) 電場解析による帯電現象と電子の集団運動の動的観察。(4) 先端磁性材料のナノスケール磁区構造解析とその場観察。(5) 高温超伝導体、強相関電子系新物質の磁束イメージング。



Reconstructed amplitude images showing the change in the electric circuits of secondary electrons resulting from insertion of an electrode. The color bar indicates the visibility of fringe contrast in the original hologram. (a) The electrode (tungsten) is outlined by a white line. The bias voltage of the electrode is zero. (b) The bias voltage of the electrode is +5 V.

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

Electron holography, which is based on the interference of electron wave, is a powerful technique to visualize electromagnetic fields. We are devoted to precise measurements of the electromagnetic fields in many advanced materials, both in hard and soft matters. Special efforts are made to develop unique tools that are combined with electron holography: e.g., a magnetic-shielded pole piece dedicated to magnetic domain observations, and a special equipment to move microprobes inside the transmission electron microscope. These techniques enable simultaneous measurements of the electromagnetic fields, conductivity, structure, as well as composition at nanometer scale.



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



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／スピンエレクトロニクス／ESR-STM

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

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

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

米田 忠弘 教授

Tadaihiro 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

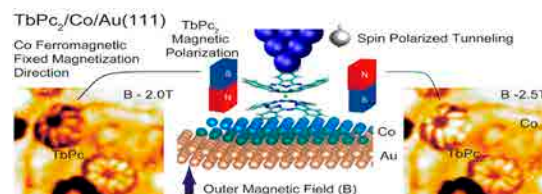
Yasuyuki SAINOO, Assistant Professor

## スピントロニクスへ向けた単一スピンの検出と操作

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



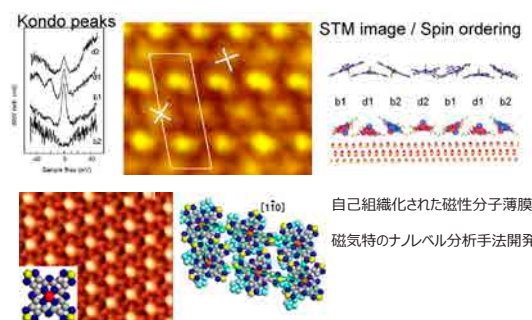
分子をビルディングブロックとして用いる量子情報処理に向けた原子レベルでのスピン操作

## 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

自己組織化された磁性分子薄膜  
磁気特のナノレベル分析手法開発

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.



(兼) 火原 彰秀 教授

Akihide HIBARA, Professor

小野寺恒信 助教

Tsunenobu ONODERA, Assistant Professor

tsunenobu.onodera.a4@tohoku.ac.jp

専門分野・キーワード

有機ナノ結晶／ハイブリッドナノ結晶／集積化ナノ構造体制御／フォトニック材料

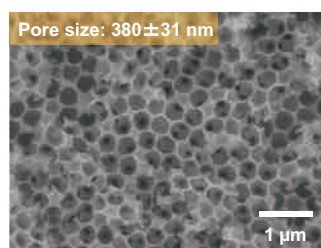
SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORDorganic nanocrystals / hybridized nanocrystals / directed-assembled  
nanostructure control / photonic materials

- 有機／無機ハイブリッドナノ結晶の新規作製法の開発と物性評価
- 励起子／増強光電場相互作用の解析
- $\pi$  共役系有機ナノ結晶を用いたエネルギー変換
- Developments of novel fabrication processes for organic-inorganic hybridized nanocrystals, their characterization, and evaluation of physical properties
- Mutual interaction between exciton and enhanced photoelectric field on nano-level
- Energy conversion using  $\pi$ -conjugated organic nanocrystals

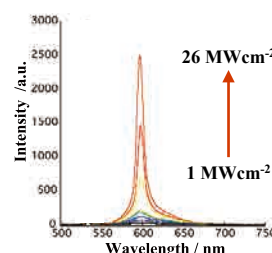
## 有機ハイブリッドナノ結晶の創成とフォトニック材料への展開

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

当研究分野では、次世代フォトニクス材料に資することを目的として、様々なタイプの有機—無機ハイブリッドナノ結晶の創成に関する研究を推進しています。すなわち、高度で精緻な有機ナノ結晶作製手法の開発、有機—無機ハイブリッド化手法の開発、有機—無機ヘテロナノ界面の構築、基礎物性解析と光・電子物性機能の評価を中心課題に据え、高誘電率材料を用いた発光増強現象の実現・解明、高誘電率多孔質材料を用いたランダムレーザー発振、 $\pi$  共役系有機ナノ結晶を用いた可視光応答型光触媒材料の開発などの研究展開を図っています。



SEM image of zirconia porous material and random laser oscillation from Rhodamine B loaded in the porous material.

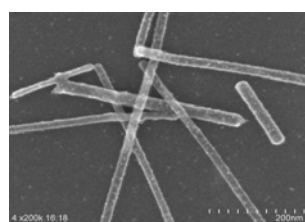


## Creation of novel organic-inorganic hybridized nanocrystals for next-generation photonic materials

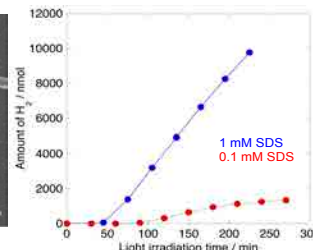
In current material science, hybridized nanomaterials are expected to exhibit the peculiar optoelectronic and photonic properties, which are strongly dependent on combination of organic and inorganic components, size and shape, inner structure, and interface interaction.

Aiming to develop photonic device materials, our research group has extensively studied on mass-production of well-defined organic nanocrystals, design of organic-inorganic hetero nano-interface and hybridization method, and evaluation of optoelectronic and photonic functions. Especially, enhanced fluorescence based on mutual interaction between exciton and enhanced photoelectric field on nano-level, random laser oscillation using porous

materials, and visible-light driven photocatalysts using  $\pi$ -conjugated organic nanocrystals are also now in progress.



SEM image of Pt-deposited  $\pi$ -conjugated organic nanofibers and  $H_2$  generation under visible light irradiation.



## Hybrid Carbon Nanomaterials NISHIHARA Lab

### ハイブリッド炭素ナノ材料研究分野 西原研究室

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

SPECIALIZED  
FIELD・KEY WORD

nanocarbons / adsorption / energy storage / solid reactions

- 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

Hiroto NISHIHARA, Professor

[hirotomo.nishihara.b1@tohoku.ac.jp](mailto:hirotomo.nishihara.b1@tohoku.ac.jp)

山本 雅納 助教

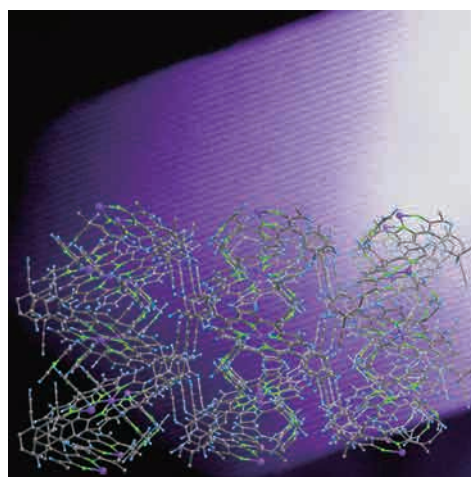
Masanori YAMAMOTO, Assistant Professor

吉井 文晴 助教

Takeharu YOSHII, Assistant Professor

## 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

It is difficult to precisely control the structure of carbon-based materials with non-crystalline frameworks. Moreover, precise structure drawing of such 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.





## 専門分野・キーワード

有機電子材料／分子性導体／分子強誘電体／分子エレクトロニクス

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORDorganic electronic materials / molecular conductors / molecular ferroelectrics /  
molecular electronics

- 超分子ローター構造を利用した強誘電体・焦電体・熱伝導体の開発
- 電荷移動型分子集合体デバイスの開発
- 新規な分子性導体・磁性体・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 $\pi$ 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  $\pi$ -electron and/or metal-coordination compounds

芥川 智行 教授

Tomoyuki AKUTAGAWA, Professor

akutagawa@tohoku.ac.jp

星野 哲久 助教

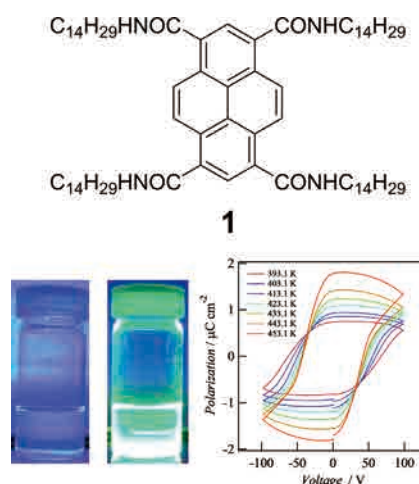
Norihsa HOSHINO, Assistant Professor

武田 貴志 助教

Takashi TAKEDA, Assistant Professor

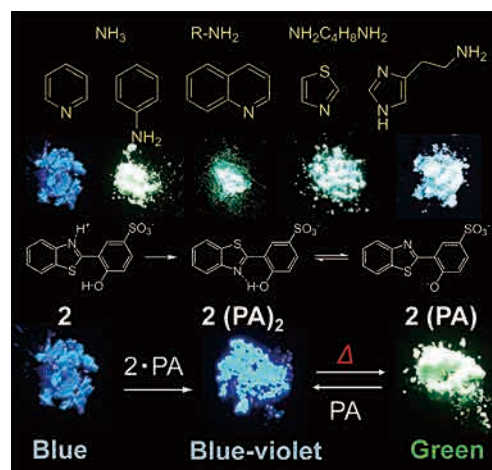
## 多重機能を有する分子性材料の創製

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



## Fabrications of multifunctional molecular materials

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



# Photo-Functional Material Chemistry NAKAGAWA Lab

## 光機能材料化学研究分野 中川研究室



専門分野・キーワード | 材料科学／高分子化学／単分子膜工学／ナノインプリント  
SPECIALIZED FIELD・KEY WORD | Materials chemistry / macromolecular science / monolayer engineering / nanoimprinting

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

中川 勝 教授  
Masaru NAKAGAWA, Professor

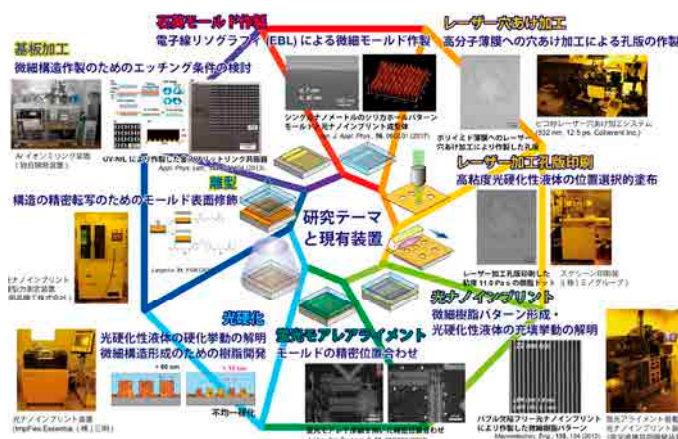
masaru.nakagawa.c5@tohoku.ac.jp

中村 貴宏 准教授  
Takahiro NAKAMURA, Associate Professor

伊東 駿也 助教  
Shunya ITO, Assistant Professor

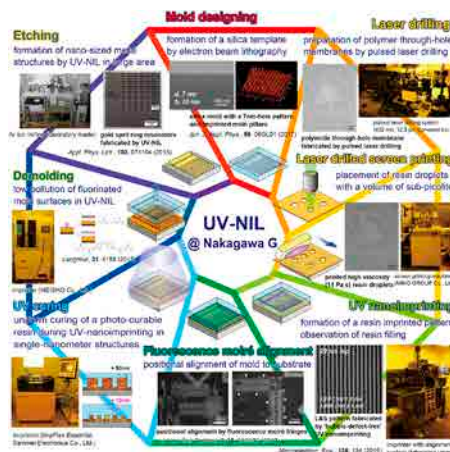
## 界面機能分子制御に基づく光機能材料の創製

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



## Advanced photo-functional materials for nanoimprint

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





専門分野・キーワード

ナノ薬剤／有機ナノ粒子／抗癌薬

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

Nano Drugs / Organic Nanoparticles / Anti-cancer Drugs

- サイズ制御された有機ナノ粒子の作製
- 新たなデザインが施された抗癌性ナノ薬剤の創製とその薬理効果
- ナノ点眼薬の創製とその薬理効果
- バイオプロセスを巧みに活かした薬効化合物の合成
- 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

笠井 均 教授

Hitoshi KASAI, Professor

hitoshi.kasai.a6@tohoku.ac.jp

小関 良卓 助 教

Yoshitaka KOSEKI, Assistant Professor

ダオティ ゴックアン 助 教

Anh Thi Ngoc DAO, Assistant Professor

有田 稔彦 助 教

Toshihiko ARITA, Assistant Professor

鈴木 龍樹 助 教

Ryuju SUZUKI, Assistant Professor

## 難水溶化という従来の逆の分子設計に基づく新規ナノ薬剤の創出

従来の薬化合物の設計としては、薬理効果を有する化合物に水溶性の置換基を付けることが一般的でした。ところが、抗がん治療に用いる薬剤の場合、水溶性化合物を静脈注射投与すると、血中に移行後、腎臓から濾過されやすい上、正常組織にも拡散しやすいこと、また、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まで効率的なドラッグデリバリーが可能な抗癌性ナノプロドラッグを創出できることや、本技術が点眼薬などにも幅広く応用展開できることが分かってきました。近い将来での実用化に

向けて邁進中です。

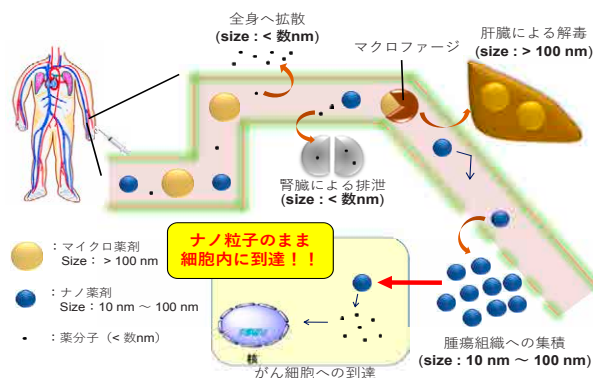


Fig.1

## 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  $\mu$  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.

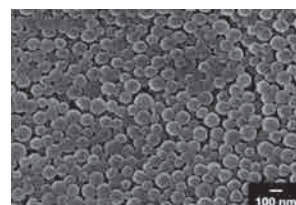


Fig. 2



専門分野・キーワード

無機構造化学／固体材料化学／セラミックス／材料合成

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

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

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

山根 久典 教授

Hisanori YAMANE, Professor

hisanori.yamane.a1@tohoku.ac.jp

山田 高広 准教授

Takahiro YAMADA, Associate Professor

志村 玲子 准教授

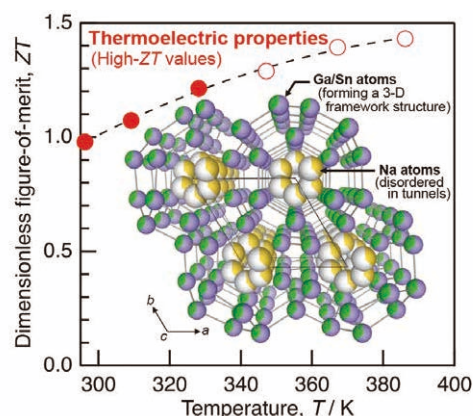
Rayko SIMURA, Associate Professor

高橋 純一 助教

Junichi TAKAHASHI, Assistant Professor

## 金属融液を利用した多元系新規無機化合物の合成と結晶構造化学

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

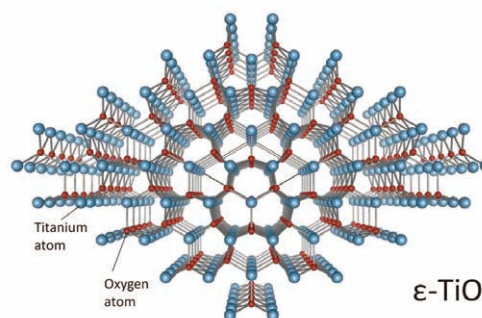


螺旋トンネル空間内に統計的に配置した Na 原子を含むジントル化合物の結晶構造と高熱電エネルギー変換特性

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

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

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



Synthesis of a new polymorph  $\epsilon$ -TiO using a Bi flux.



専門分野・キーワード

準結晶／触媒／格子欠陥／価電子帯構造

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

quasicrystal / catalysis / lattice defect / valence electronic structure

- 準結晶合金の合成と準結晶分散 Mg 合金の作製
- 準結晶の構造解析と構造数値
- 合金化による電子構造と触媒機能の制御
- 複合組織化による触媒機能の創出
- 金属間化合物を前駆体とした触媒作用の発現起源

- Synthesis of quasicrystals and preparation of quasicrystal reinforced Mg alloys
- Structure analysis and mathematical modeling of quasicrystals
- Adjusting electronic structure and controlling catalytic function in terms of alloying
- Creating new catalytic function by tailoring composite structure
- Origin of activity of Raney metals prepared from intermetallic precursors

(兼) 山根 久典 教授

Hisanori YAMANE, Professor

亀岡 聡 准教授

Satoshi KAMEOKA, Associate Professor

satoshi.kameoka.b4@tohoku.ac.jp

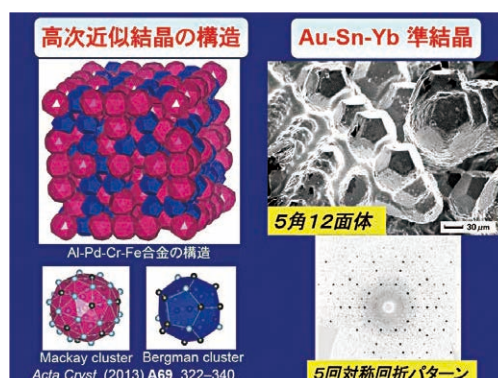
藤田 伸尚 助教

Nobuhisa FUJITA, Assistant Professor

## 準結晶の合成と構造解析および金属学に基づく触媒機能設計

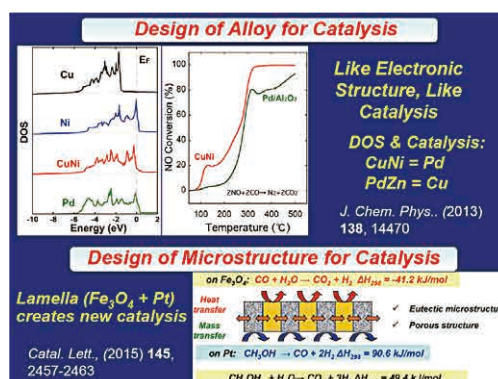
準結晶合金と合金触媒を主とした基礎研究および材料開発を行っています。準結晶関連では、新しい準結晶合金や単準結晶の合成、準結晶と類似した骨格構造を有する近似結晶の構造解析、構造転移メカニズムや構造数値などの基礎研究と並行して、準結晶を前駆物質とする触媒や準結晶分散型の高強度 Mg 合金などの材料開発を進めています。最近では、Cd-Mg-希土類系で新種の近似結晶を発見しました。

一方、合金の電子構造および微細組織の制御といった金属学的な手法による新しい触媒材料の設計開発も行っています。例えば、1.) 枯渇が危惧される貴金属資源の代替として価電子帯構造制御による新しい合金触媒の設計を進め、一部の反応において Pd の触媒機能を CuNi 合金により創出することに成功しました。また、2.) 組織制御した合金にリーチングもしくは酸化還元による“自己ナノ組織化”を促すことで触媒機能の向上を図る新しい合金触媒調製プロセスを開発しました。



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

Quasicrystals (QCs) and alloy catalysts are the main foci of the lab, ranging from fundamental studies to material developments. The QC-related topics include the search for novel quasicrystalline alloys, structure analysis, phase transformation mechanisms, mathematical modeling, the development of QC-reinforced high-strength Mg alloys and QC catalysts. We also pursue a new paradigm for designing catalysts in terms of metallurgy by controlling electronic structure and microstructure: 1) control of electronic structure by alloying to adjust the catalytic function, aiming at replacement for precious metals, 2) tailoring nanoarchitectures through self-organization processes generated by leaching or redox treatments for developing new processes for catalysts.





専門分野・キーワード

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

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

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

- 環境に優しいプロセスによる機能性無機材料の開発
- 複合アニオン型高感度可視光応答光触媒の合成とマルチ機能性の実現
- 無機紫外線／赤外線遮蔽及び透明導電性薄膜の開発
- 自動車排ガス浄化触媒の開発
- 半導体ナノ材料のガスセンサー特性評価
- 窒化物・酸窒化物のナノ構造制御と機能性開発

- Development of inorganic functional materials by environmental friendly processes
- Synthesis of mixed-anion type high sensitive visible light responsive photocatalysts and their multifunctionality
- Development of inorganic ultraviolet / infrared light shielding and transparent electric conductive thin films
- Development of automobile exhaust gas purification catalysts
- Gas sensing property characterization of semiconductor nanomaterials
- Nanostructure control and functionality development of nitrides / oxynitrides

殷 澍 教 授

Shu YIN, Professor

yin.shu.b5@tohoku.ac.jp

朝倉 裕介 助 教

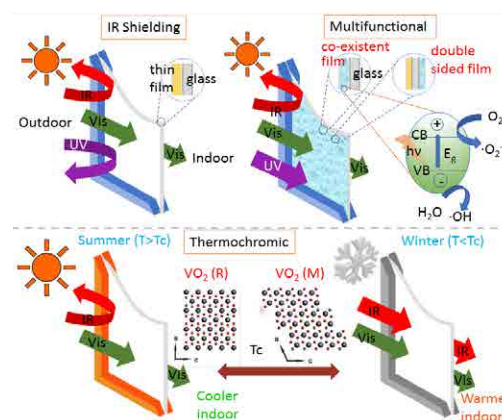
Yusuke ASAKURA, Assistant Professor

長谷川拓哉 助 教

Takuya HASEGAWA, Assistant Professor

## 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・エネルギーの高効率利用・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。

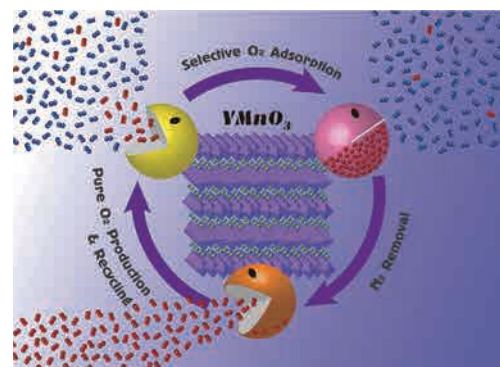


赤外線遮蔽スマートウィンドウ作動モデル  
Working models for IR shielding smart windows

## 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



YMnO<sub>3</sub> を利用した酸素製造のイメージ図  
Schematic image for oxygen production by using YMnO<sub>3</sub>

materials with novel applications on environmental harmony, high-efficiency energy utilization, and responsivity related to photon and chemicals is carried out.



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

SPECIALIZED  
FIELD-KEY WORD

Photocatalyst / Inorganic material chemistry / Energy conversion

- 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

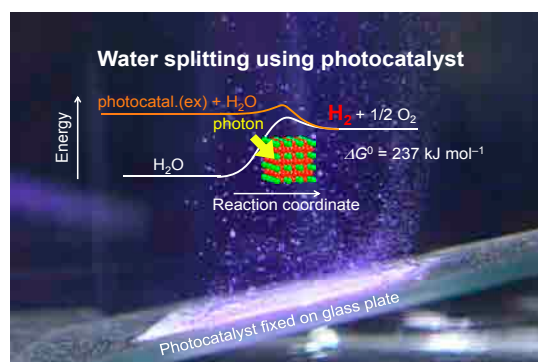
hideki.kato.e2@tohoku.ac.jp

熊谷 啓 助教

Hiromi KUMAGAI, Assistant Professor

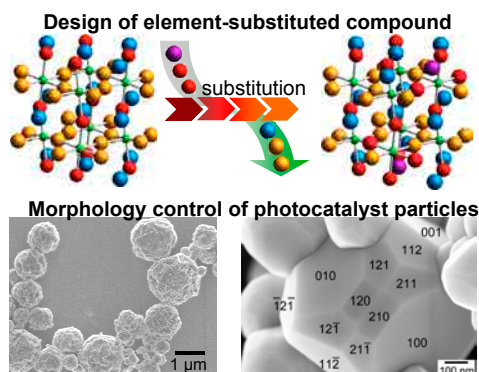
## 持続可能社会のための高機能な物質変換無機材料開発

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、より長波長の光に応答し、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.



# 研究支援組織

## 研究支援部門 Research Support Section

### ・技術室

多元物質科学研究所技術室では、51名のスタッフが、総合企画班と総合情報班で構成される企画・情報系、システム設計班、特殊精密加工班、特殊材料加工班で構成される機械・ガラス工場系、多元計測技術班と材料合成技術班で構成される共通機器・研究プロジェクト系所属し、それぞれの専門分野を活かして、研究教育活動の支援業務を行っています。研究者からの多様な要請に応えるため、様々な技術を学び、経験を積みながら、常に技術力向上に努めています。

### ・事務部

多元研事務部では、43名のスタッフが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

多元物質科学研究所図書室は、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用を持って、研究活動を支援しています。片平キャンパスのAIMR本館に位置し、東北大学に所属する教職員や学生が使用できる閲覧室と学習スペースにも備えています。



### ・安全管理室

研究所内の環境・安全・防災に関する講習会や訓練などの企画・実施、「安全マニュアル」の制作の他、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ます。

### ・広報情報室

多元部室科学研究所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「多元物質科学研究所 研究業績・活動報告」など、研究所の公式な刊行物の編集発行や、ウェブサイト管理、プレスリリース、イベント支援などの業務も行っています。

## 技術室

技術室では、51名の技術職員（再雇用職員3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技術力向上に努めています。

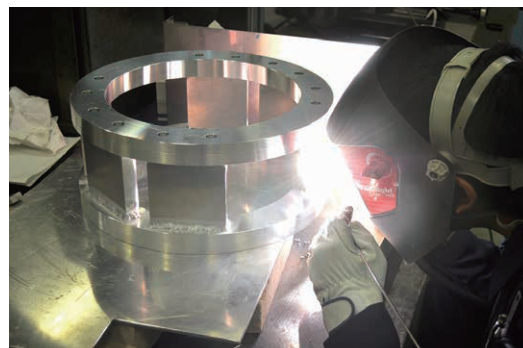
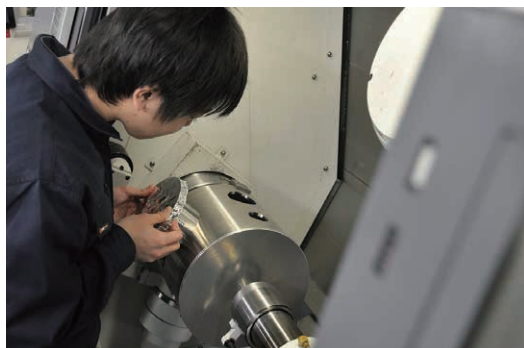
### 機械工場

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

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

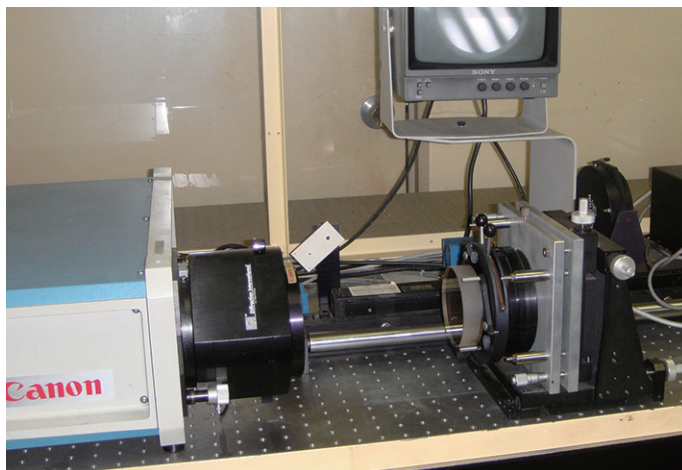


現在 13 名程の職員が在籍していますが、このように多くの職員と最新の加工設備を擁する附属工場は全国的にも類が無く、当研究所の特色のひとつになっています。



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

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



# 技 術 室

## ガラス工場

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

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



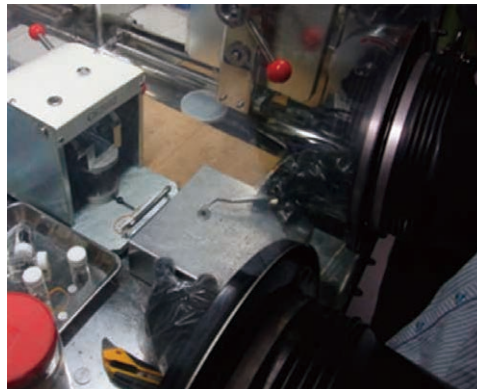
## プロジェクト支援

再雇用 1 名を含む 25 名が、共通機器（多元 CAF）の管理・運営と兼務する形で、研究プロジェクトの支援に携わり、多様な技術を発揮し、研究者の構想を迅速に具体化するとともに技術の向上に努めています。スタッフは電子回路、超高真空、実験機器・装置の開発・改良、測定・制御ソフトウェア開発、結晶育成、薄片研磨、化学分析、レーザーシステム、生物・バイオ関連技術などの技術要素を持ち、1 人 1 人はエフォートにより複数の支援を行うことで多くの支援件数にえています。また、学生の実験指導や安全教育・管理にも携わり、研究所全体の発展に貢献しています。

## 業務の一例

全固体リチウム電池の作製と充放電測定によるデバイス性能評価

定電流充放電装置

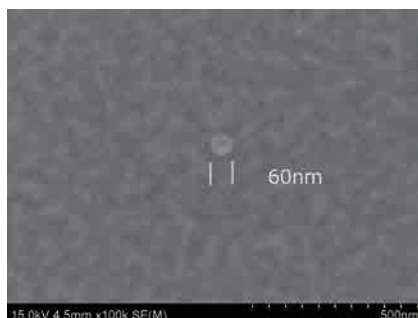


グローブボックス内で全固体リチウム電池を製作している様子

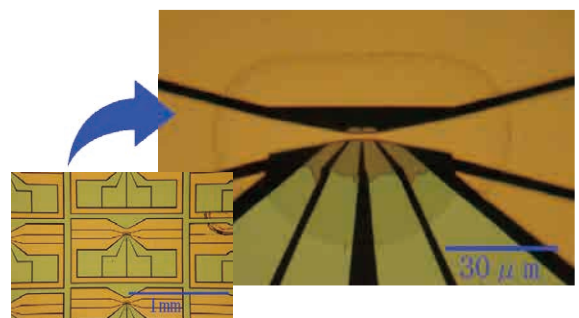


## 業務の一例

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



磁性ドットの走査電子顕微鏡像  
ドット径は約 60nm



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

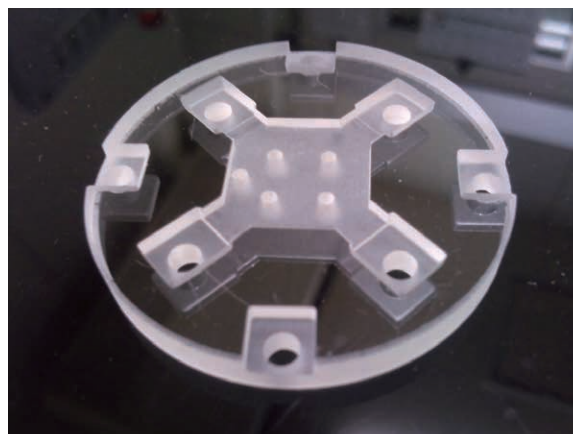
## Machine Shop

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

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 spec-trometer: XPS)
- X 線光電子分光装置  
X-ray photoelectron spec-trometer (XPS)
- 飛行時間型二次イオン質量分析装置  
Time of Flight secondary ion mass spectrometer (TOF-SIMS)
- グロー放電質量分析装置  
Glow discharge mass spectrometer (GDMS)



#### B. 分子構造解析装置

Apparatuses for molecular structure analyses

- 核磁気共鳴装置  
(溶液用 NMR400/600MHz)  
NMR 400/600 MHz
- 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 spectrometer)
- パルス EPR  
Electron paramagnetic resonance spectrometer (EPR)



## C. 構造組織解析装置

Apparatuses for crystal structure and microstructure analyses

- 電界放射型電子顕微鏡  
Field emission type electron microscope (FE-SEM)
- 電界放射型走査電子顕微鏡  
Field emission type electron microscope (SEM)
- ナノエリア解析システム  
Nano area analysis device
- 走査型プローブ顕微鏡  
Atomic force microscope (AFM, SNOM)
- 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)
- 共通 X 線装置  
X-ray diffraction devices
  1. RINT-V
  2. RINT-H
  3. 小角散乱装置  
Small angle scattering device
  4. X'Per
- 三次元マイクロストレス X 線実測システム  
X-ray microarea three-dimensional stress measuring system
- 蛍光 X 線分析装置  
Fluorescence X-rays analyzer (XRF)
- レーザーイオン化質量分析装置 (MALDI-TOF/MS)  
Laser desorption ionization mass spectrometer
- イオントラップ型質量分析装置 (ESI-TOF/MS)  
Ion trap mass spectrometer
- 高分解能フーリエ変換赤外分光光度計 (FT-IR)  
High-resolution Fourier transform infrared spectrophotometer (FT-IR)
- 示差熱天秤 - 質量分析同時測定装置 (TG-DTA/GC-MS)  
Thermogravimetry-differential thermoanalysis/mass spectrometry simultaneous measurement device (TG-DTA/MASS)
- 熱分析装置  
Thermal analysis devices
  1. 超高温示差走査熱量計  
Super high temperature differential scanning calorimeter (DSC)
  2. 熱膨張計  
Thermomechanical analyzer (TMA)
- 精密万能試験機  
Autograph



- 紫外可視分光光度計  
UV-Vis spectrophotometer
- レーザー回折式粒度分布測定装置  
Laser diffraction particle size analyzer
- 表面粗さ測定装置  
Surface roughness measuring instrument

## D. 基盤設備

Base facilities

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



# 建物案内図



**B06** 多元研 西 1 号館  
(科学計測研究棟 S 棟)

IMRAM West Building 1

**B07** 多元研 西工場  
(工場棟)

IMRAM West Technical Plant

**B08** 多元研 西 2 号館  
(科学計測研究棟 N 棟)

IMRAM West Building 2

**B01** 図書室

Library (AIMR Main Building 2F)

**C02** 多元研 東 1 号館  
(反応化学研究棟 1 号館)

IMRAM East Building 1

**C03** 多元研 東 2 号館  
(反応化学研究棟 2 号館)

IMRAM East Building 2

**C04** 多元研 東 3 号館  
(反応化学研究棟旧館)

IMRAM East Building 3

**E02** 南総合研究棟 1  
(材料・物性総合研究棟Ⅱ)

South Multidisciplinary Research Laboratory 1

**E03** 南総合研究棟 2  
(材料・物性総合研究棟Ⅰ)

South Multidisciplinary Research Laboratory 2

**F01** 多元研 南 1 号館  
(素材工学研究棟 1 号館)

IMRAM South Building 1

**F02** 多元研 事務部棟

IMRAM Administration Building

**F03** 多元研 共同研究棟

IMRAM Cooperative Research Building

**F04** 多元研 南 2 号館  
(素材工学研究棟 2 号館)

IMRAM South Building 2

**F05** 多元研 南 3 号館  
(素材工学研究棟 3 号館)

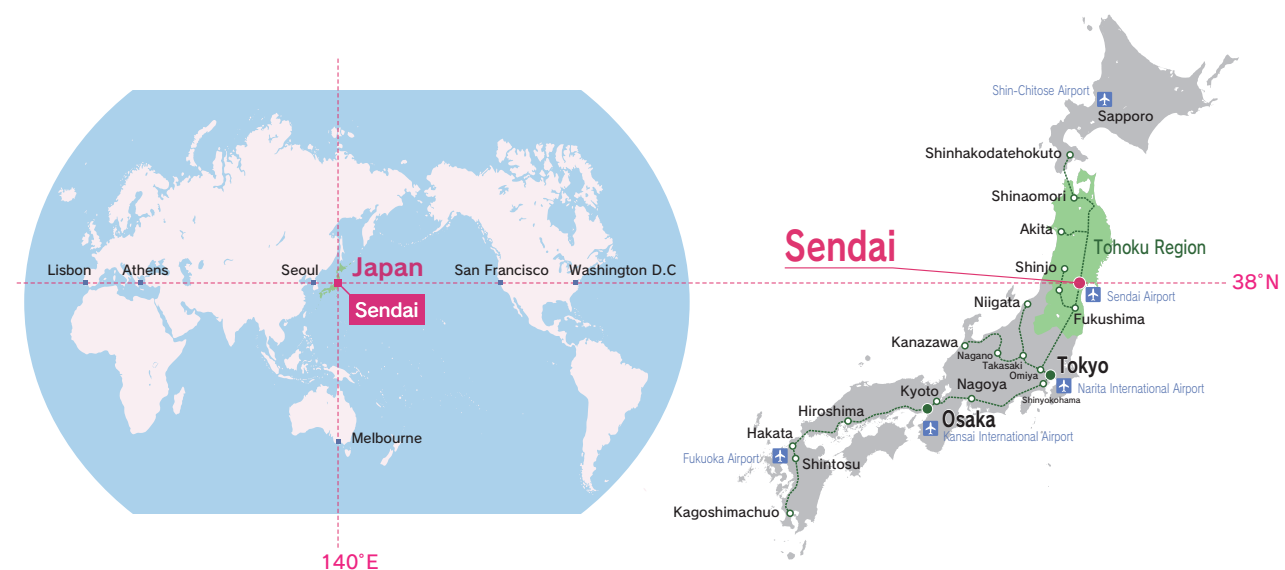
IMRAM South Building 3

# アクセス

## 仙台市内マップ SENDAI CITY MAP



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

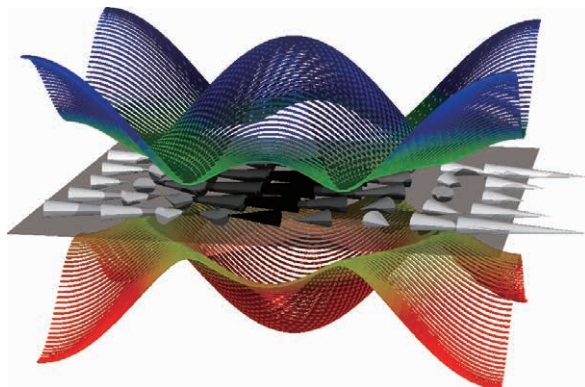


### Access to Sendai Station

- 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



The Observation of Topologically Protected Magnetic Quasiparticles.  
Calculated model dispersions with the fictitious magnetic field shown by the arrows.

## 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      | <a href="https://www.fb.com/tagen.tohoku.ac.jp/">https://www.fb.com/tagen.tohoku.ac.jp/</a>                                             |
|  | Twitter       | <a href="https://twitter.com/team_tagen">https://twitter.com/team_tagen</a>                                                             |
|  | YouTube チャンネル | <a href="https://www.youtube.com/channel/UCgiZBMLdNLnJp1Dkky09fgA">https://www.youtube.com/channel/UCgiZBMLdNLnJp1Dkky09fgA</a>         |
|  | メールマガジン       | <a href="http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/information/mailmagazine.html">http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/information/mailmagazine.html</a> |