



東北大学 多元物質科学研究所

IMRAM

INSTITUTE OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH
FOR ADVANCED MATERIALS TOHOKU UNIVERSITY

2019



歴史・沿革

昭和 16年 3月	勅令第268号（官制）により選鉱製錬研究所設置	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	1943, January	Research Institute for Scientific Measurements, Tohoku Imperial University was founded.
昭和 19年 1月	勅令第7号（官制）により非水溶液化学研究所設置	1944, January	Chemical Research Institute of Non - Aqueous Solution, Tohoku Imperial University was founded.
昭和 24年 5月	国立学校設置法により、選鉱製錬研究所、科学計測研究所、非水溶液化学研究所は、それぞれ東北大学附属研究所となる	1949, May	These three Institutes were reorganized as research institutes affiliated to Tohoku University.
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	1991, April	Chemical Research Institute of Non - Aqueous Solution was reorganized as Institute for Chemical Reaction Science.
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	1992, April	Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy was reorganized as Institute for Advanced Materials Processing.
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 （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）	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 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（～平成19.3）設置	2010, April	IMRAM started the activity as a member of the Network Joint Research Center for Materials and Devices.
平成 18年 4月	有機ナノ結晶科学技術寄附研究部門設置（～平成21年3月）	2018, March	Research Center for Sustainable Science & Engineering was closed.
平成 19年 1月	先端電圧セラミックス寄附研究部門設置（～平成21年12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 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 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（～平成22年3月） 窒化物結晶寄附研究部門設置（～平成24年3月）		
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		
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・生命科学研究所、無機材料研究部門、プロセスシステム工学研究所、計測研究部門を設置 資源変換・再生研究センター、多元ナノ材料研究センター、新産業創造物質基盤技術研究センターを廃止し、サステナブル理工学研究センター、高分子・ハイブリッド材料研究センターを設置 物質・デバイス領域型共同研究拠点（ネットワーク型）発足		
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 希少元素高効率抽出技術拠点発足（～平成29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（～平成28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 非鉄金属製錬環境科学研究部門設置		



目次

所長挨拶 / DIRECTOR'S MESSAGE	3
概要 / OUTLINE	5
主な研究成果 / RESEARCH RESULTS — 2018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
非鉄金属製錬環境科学研究部門 / COLLABORATIVE RESEARCH DIVISION of NON-FERROUS METALLURGY and ENVIRONMENTAL SCIENCE	31
有機・生命科学研究部門 / DIVISION OF ORGANIC- AND BIO-MATERIALS RESEARCH	32
無機材料研究部門 / DIVISION OF INORGANIC MATERIAL RESEARCH	38
プロセスシステム工学研究部門 / DIVISION OF PROCESS AND SYSTEM ENGINEERING	44
計測研究部門 / DIVISION OF MEASUREMENTS	49
金属資源プロセス研究センター / CENTER FOR MINERAL PROCESSING AND METALLURGY	57
先端計測開発センター / CENTER FOR ADVANCED MICROSCOPY AND SPECTROSCOPY	65
高分子・ハイブリッド材料研究センター / POLYMER-HYBRID MATERIALS RESEARCH CENTER	69
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 / IMRAM BUILDING MAP	85

あいさつ



東北大学
多元物質科学研究所

研究所長

村松 淳司

Institute of Multidisciplinary Research
for Advanced Materials
Tohoku University

Director
Atsushi MURAMATSU

多元物質科学研究所(以下、多元研)創立から、18年が過ぎました。従来の区別や枠にとらわれない、物質、材料を含む、あらゆる“もの”を多元的に研究する、特徴ある研究所として2001年4月に誕生し、そして「多元物質科学」は一般社会にも次第に浸透しつつあります。その礎は、創立1941年以来受け継がれる、選鉱製錬研究所(素材工学研究所)、科学計測研究所、非水溶液化学研究所(反応化学研究所)のスピリットであり、もうすぐ80年を迎えようとする、伝統の力を、ひしひしと感じます。先人たちが切り開いてきた多くの研究分野と、輝かしい研究成果が、漏れることなく、多元研に引き継がれており、過去から未来への時間軸の中で、研究所のあちこちで、時空を超えて融合していく姿を見ることができます。昨年4月1日、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、資源から最先端材料までの垂直方向、そして無機、有機、バイオなどあらゆる物質材料を含む水平方向の両機軸を、ハイブリッドにカバーした、独創的で斬新な研究が、数多く行われています。そうした研究の一端を、本「多元研概要」で紹介しています。パラパラとページをめくりながら、多元研では、“もの”も、“人”もハイブリッドとなって、物質材料研究に従事していることを想像してみてください。きっと、多元研の世界に没頭することができることでしょ。

2010年から始まった、先駆的なネットワーク型共同研究拠点である「物質・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、大阪大学産業科学研究所、九州大学先導物質化学研究所)では、本当にたくさんの研究成果を出しており、2016年度からは多元研が拠点本部になっています。さらに、お互いに顔の見える共同研究を進めていく中で、『人・環境と物質をつなぐイノベーション創出ダイナミック・アライアンス』が、非常に効率的に、かつ、先端的に推進されています。

一方で、多元研は次世代の重要な軟 X 線拠点となる、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次世代放射光の重要性を周知し、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7月に正式に青葉山新キャンパスに設置されることが決まり、3月末には最初の槌音が発せられました。

さて、2011年3月の東日本大震災から8年が経過しました。多元研は物質材料における東北復興への貢献と、日本の復興と未来を背負う新進気鋭の優秀な研究者の輩出を、今後も積極的に担っていきます。最後になりましたが、皆様方の益々のご健勝とご発展を心より祈上申し上げるとともに、今後とも、変わらぬご支援を賜りますようお願いいたします。

2019年4月 研究所長 村松淳司



ロゴマークのテーマ

シーズのランドマーク

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

Our institute, Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, IMRAM, is called TAGENKEN in Japanese. It takes 18 years from its foundation, April 2001. Nowadays, it will be widely known, since the research in our institute has been carried out over "Multidisciplinary" fields of science and engineering for materials. Our basis unfailingly is in the successor of three prestigious research institutes of Tohoku university: SENKEN (Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy)-SOZAIKEN (Institute for Advanced Materials Processing), KAKEN (Research Institute for Scientific Measurements) and HISUIKEN (Chemical Research Institute of Non - Aqueous Solution-) -HANNOUKEN (Institute for Chemical Reaction Science). SENKEN was established in 1941, KAKEN was in 1943 and HISUIKEN was in 1944. So, 78 years have passed since the foundation of the former three institutes. Their research spirit will be passed down to us so that the knowledge and experience integrated from prestigious institutes allow us to establish so many collaborations between members of our institute so that a plenty of noticeable research results have been achieved. This traditionality led to the establishment of 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 the activity as a member of the new Network Joint Research Center for Materials and Devise from 2010, composed of five national university institutes, Research Institute of Electronic Science (RIES,

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

Tohoku Univ. is now promoting the next generation 3GeV synchrotron radiation project, which focuses on the soft X-Ray region of the spectrum where its performance is optimized. This spectral range covers the K edges of the light elements including for example Li as well as C, N, and O which are all critical to current technological challenges. Since our institute is the main base of this project, we have been making our best effort on the realization in the near future.

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

概要

構成員 Members

職員数 Faculty & Staff (as of April 1, 2019)

教授 Professors	准教授 Associate Professors	講師 Senior Assistant Professors	助教 Assistant Professors	助手 Research Associate
47 (1) [3]	30 (1) [1]	8 (1)	72 (10) [10]	1(0)

事務職員 Administrative Staff	技術職員 Technical Staff	再雇用職員 Re-employed Staff	非常勤職員 (研究職) Part-Time Staff (Research)	非常勤職員 (その他) Part-Time Staff (Other)	計 Total
49 (33)	48 (11)	4 (0)	22 (6) [4]	68 (57) [4]	349 (120) [22]

※ ()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 Research Division	教授 Professors	准教授 Associate Professors	講師 Senior Assistant Professors	助教 Assistant Professors	助手 Research Associate	計 Total
有機・生命科学研究部門 Division of Organic and Bio-materials Research	6	5	2	8		21
無機材料研究部門 Division of Inorganic Material Research	7	2	0	6		15
プロセスシステム工学研究部門 Division of Process and System Engineering	5	3	0	8		16
計測研究部門 Division of Measurements	8	5	3	11	1	28
非鉄金属製錬環境科学研究部門 Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science		1				1
金属資源プロセス研究センター Center for Mineral Processing and Metallurgy	8	6	1	16		31
先端計測開発センター Center for Advanced Microscopy and Spectroscopy	3	2	2	4		11
高分子・ハイブリッド材料研究センター Polymer・Hybrid Materials Research Center	6	2	0	15		23
新機能無機物質探索研究センター Center for Exploration of New Inorganic Materials	4	4	0	4		12
合計 Total	47	30	8	72	1	158

学生数 (2018年10月現在) Number of Students (as of October, 2018)

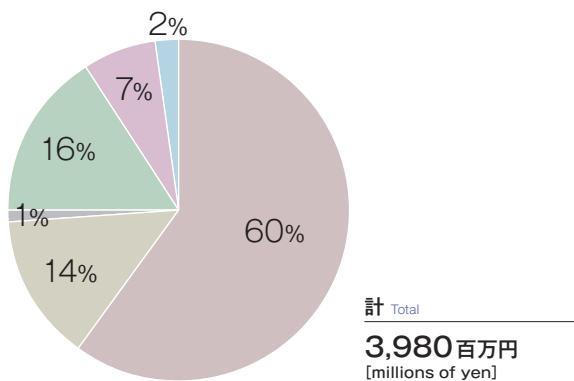
研究科・学部 Schools	学部 Under Graduate	博士課程前期 Master's Program	博士課程後期 Doctoral Program
工学研究科・工学部 Engineering	53 (9) [5]	122 (20) [12]	42 (6) [16]
理学研究科・理学部 Science	11 (2) [7]	42 (15) [7]	28 (4) [15]
生命科学研究科 Life Sciences		16 (7) [0]	4 (2) [2]
環境科学研究科 Environmental Studies		39 (9) [3]	14 (2) [6]
合計 Total	64 (11) [12]	219 (51) [22]	88 (14) [39]
		371 (76) [73]	

※ ()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

2017年度 歳入内訳

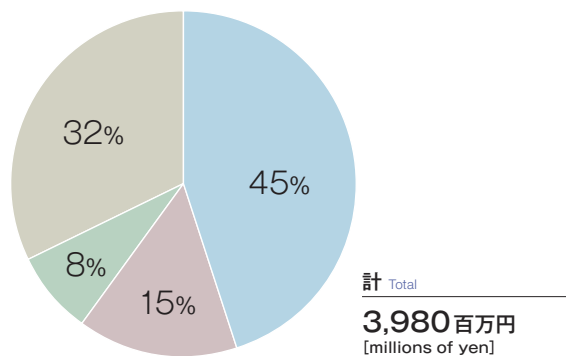
Revenue for FY 2017



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

2017年度 歳出内訳

Expenditure in FY 2017



- 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)

	2016年度 FY 2016	2017年度 FY 2017
科学研究費 Grants -in-Aids for Scientific Research	635	563
共同研究 Joint Reserach	230	272
受託研究 Commissioned Reserach	710	711

建物 Buildings (as of April 1, 2019)

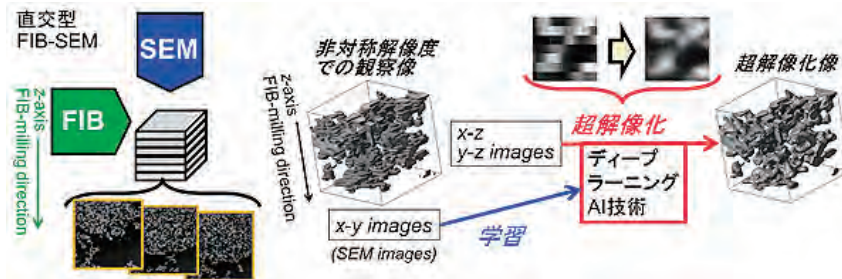
建物総延面積 Total Floor Area **38,333m²**

主な研究成果 —2018年度のプレスリリースより

2018.04.12 | ディープラーニングなどAI技術を活用した超高速の3次元高分解能観察技術の開発に成功

陣内 浩司/樋口 剛志

“Super-resolution for asymmetric resolution of FIB-SEM 3D imaging using AI with deep learning”, Katsumi Hagita, Takeshi Higuchi & Hiroshi Jinnai
Scientific Reports volume , 8, 5877(2018), DOI:10.1038/s41598-018-24330-1



2018.05.07 | インスリンの簡便な化学合成法を開発 —糖尿病患者が増加する中、新しいインスリン製剤技術としての応用に期待—

稲葉 謙次/奥村 正樹

“Characterization and optimization of two-chain folding pathways of insulin via native chain assembly”, Kenta Arai, Toshiki Takei, Reina Shinozaki, Masato Noguchi, Shouta Fujisawa, Hidekazu Katayama, Luis Moroder, Setsuko Ando, Masaki Okumura, Kenji Inaba, Hironobu Hojo & Michio Iwaoka.
Communications Chemistry , (2018) 1:26., DOI: 10.1038/s42004-018-0024-0

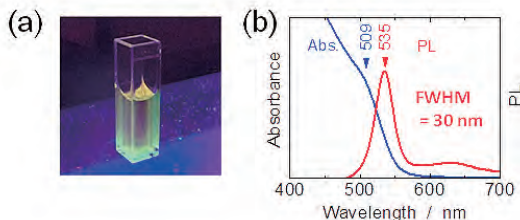
2018.06.11 | 温めると縮む材料の合成に成功 —室温条件で最も体積が収縮する材料—

山本 孟

“Colossal Negative Thermal Expansion in Electron-Doped PbVO3 Perovskites”, Hajime Yamamoto, Takashi Imai, Yuki Sakai, and Masaki Azuma
Angewandte Chemie International Edition, DOI:10.1002/anie.201804082 and 10.1002/ange.201804082

2018.06.21 | カドミウムや鉛を含まない量子ドット緑色蛍光体を開発 —スーパーハイビジョン放送に適合した広色域ディスプレイに最適—

佃 諭志/小俣 孝久



“Colloidal Zn(Te,Se)/ZnS core/shell quantum dots exhibiting narrow-band and green photoluminescence”, Hiroshi Asano, Satoshi Tsukuda, Masao Kita, Shinji Fujimoto, Takahisa Omata
ACS Omega, 2018, 3 (6), pp 6703–6709, DOI: 10.1021/acsomega.8b00612

図：(a) 緑色に発光する Zn(Te,Se)/ZnS コアシェル量子ドット。
(b) Zn(Te,Se)/ZnSの光学吸収スペクトル(青線)と発光スペクトル(赤線)。発光スペクトルの幅が狭く(FWHM=30 nm)単色性の高い緑色の発光(波長 535 nm)に成功。

2018.06.21 | ソフトマテリアルのナノスケールでの変形状態を3次元で観察することに成功

陣内 浩司/樋口 剛志

“Development of a three-dimensional tomography holder for in situ tensile deformation for soft materials”, Takeshi Higuchi, Takashi Gondo, Hiroya Miyazaki, Akemi Kumagai, Keizo Akutagawa, and Hiroshi Jinnai
Microscopy, 2018 June 11, DOI:10.1093/jmicro/dfy027

2018.07.31 | ディラック線ノードの直接観測に成功 —トポロジカル量子コンピューター基盤物質を発見—

組頭 広志

“Observation of a Dirac nodal line in AIB2”, D. Takane, S. Souma, K. Nakayama, T. Nakamura, H. Oinuma, K. Hori, K. Horiba, H. Kumigashira, N. Kimura, T. Takahashi, and T. Sato,
Physical Review B , 98, 041105(R) (2018), DOI: 10.1103/PhysRevB.98.041105

2018.08.03 | プラズマ誕生の瞬間を観測 国際チームがX線自由電子レーザー照射によるプラズマ生成機構を解明

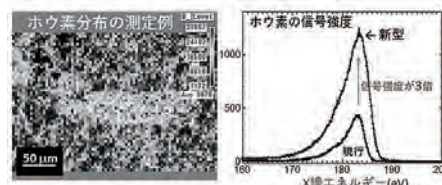
上田 潔/福澤 宏宣

“Following the birth of a nanoplasma produced by an ultrabrief hard-x-ray laser in xenon clusters”, Yoshiaki Kumagai, Hironobu Fukuzawa, Koji Motomura, Denys Iablonskyi, Kiyonobu Nagaya, Shin-ichi Wada, Yuta Ito, Tsukasa Takanashi, Yuta Sakakibara, Daehyun You, Toshiyuki Nishiyama, Kazuki Asa, Yuhiro Sato, Takayuki Umemoto, Kango Kariyazono, Edwin Kukk, Kuno Kooser, Christophe Nicolas, Catalin Miron, Theodor Asavei, Liviu Neagu, Markus Schöffler, Gregor Kastirke, Xiao-jing Liu, Shigeki Owada, Tetsuo Katayama, Tadashi Togashi, Kensuke Tono, Makina Yabashi, Nikolay V. Golubev, Kirill Gokhberg, Lorenz S. Cederbaum, Alexander I. Kuleff, and Kiyoshi Ueda
Physical Review X8, 031034(2018), DOI: 10.1103/PhysRevX.8.031034

2018.08.09 鉄鋼材料や半導体の性能向上に貢献する
ホウ素の分析強度を3倍以上に向上させることに成功

寺内 正己 / 羽多野 忠

電子顕微鏡用軟X線発光分光器(SXES)の性能向上ニーズに応えるため、新たなSXESの試作と実証試験を行い、ホウ素の分析強度を3倍以上に高めることに成功しました。微量でも鉄鋼材料や半導体デバイスの性能に大きな影響を与える物質として知られているホウ素の分析は、軽量かつ高強度な鋼板の生産や半導体デバイスの高効率化に関する研究開発に貢献することが期待されます。(共同研究:量子科学技術研究開発機構、株式会社島津製作所、日本電子株式会社)



2018.10.15 Fe-Ga単結晶の板材の低コスト量産製造技術を確立

—電池を代替する振動発電デバイスの大幅コスト低減が実現、各分野のIoT実用化が加速—

志村 玲子 / 鈴木 茂

チョクラルスキー(CZ)法により従来にない直径4インチ直胴10センチの巨大Fe-Ga単結晶合金の製造に成功しました。さらに、この単結晶を、マルチワイヤーソーを用いたスライス加工により、低コストで板状に成形する技術を確立しました。これにより従来の乾電池利用のモジュールシステムに比べて1/2以下の価格で提供できるようになります。本技術の確立により、磁歪振動発電の実用化が期待されます。(共同研究:金沢大学、株式会社福田結晶技術研究所)

写真: 手前が直径2インチ直胴25センチ、奥が直径4インチ直胴10センチのFe-Ga単結晶インゴット



2018.10.22 異分野融合による新規触媒の発見 貴金属の代替と触媒機能のメカニズム解明に期待

蔡 安邦 / 亀岡 聡

"Catalysis tunable Heusler alloys in selective hydrogenation of alkyne -A new potential for old materials-", Takayuki Kojima, Satoshi Kameoka, Shinpei Fujii, Shigenori Ueda, and An-Pang Tsai
Science Advances, Vol.4, no.10, eaat6063, DOI: 10.1126/sciadv.aat6063

2018.10.23 アモルファス高分子の高次構造形成や粘度上昇をもたらす分子ユニット —わずか数%で高分子物性が劇的に変化—

高田 昌樹

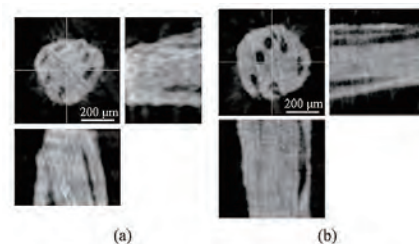
"Terminal Functionalization with a Triptycene Motif That Dramatically Changes the Structural and Physical Properties of an Amorphous Polymer", Fumitaka Ishiwari, Gen Okabe, Hibiki Ogiwara, Takashi Kajitani, Masatoshi Tokita, Masaki Takata, and Takanori Fukushima
Journal of the American Chemical Society, DOI: 10.1021/jacs.8b09242

2018.11.02 ミリ秒オーダーの高空間分解能X線CTに成功

矢代 航

"Millisecond-order X-ray phase tomography with a fringe-scanning method", Wataru Yashiro, Chika Kamezawa, Daiji Noda, Kentaro Kajiwara
Applied Physics Express, 11, 122501(2018), DOI:10.7567/APEX.11.122501

図. 木片のCT再構成結果。(a) Fourier変換法の結果(露光時間8.90 ms)[1]、(b) 縞走査法の結果(露光時間4.43 ms)。



2018.11.12 バイオマス資源を原料とする炭素5員環化合物の創製および高付加価値の薬用化合物への応用

笠井 均

"One-Step Conversion to a Disubstituted Cyclopentenone from 2-Deoxy-D-Glucose and Application to Synthesis of Prostaglandin E1 Methyl Ester", Takaaki Kamishima, Toshiyuki Nonaka, Toshihiro Watanabe, Yoshitaka Koseki, Hitoshi Kasai*
Bulletin of the Chemical Society of Japan, 2018, Vol.91, No.12, DOI:10.1246/bcsj.20180241

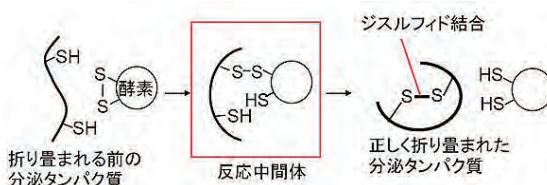
2018.11.28 ヒト消化酵素が作られる仕組み —消化酵素が正しい構造に折り畳まれる過程に必要な因子を発見—

門倉 広 / 藤本 拓志 / 稲葉 謙次

"Identification of the physiological substrates of PDip, a pancreas-specific protein—disulfide family member", Takushi Fujimoto, Ori Nakamura, Michiko Saito, Akio Tsuru, Masaki Matsumoto, Kenji Kohno, Kenji Inaba, Hiroshi Kadokura
Journal of Biological Chemistry, 293, 48, 18421-18433, DOI: 10.1074/jbc.RA118.003694

図1. PDIファミリー酵素による分泌タンパク質の折り畳み反応の促進

折り畳み反応の途上で、PDIファミリー酵素と分泌タンパク質は分子間のジスルフィド結合でつながった反応中間体を形成する。このことを利用してPDipが相互作用するタンパク質を膵臓から網羅的に同定した。



主な研究成果 —2018年度のプレスリリースより

2018.12.14 | タンパク質の構造形成を助ける薬剤の開発に成功
—インスリンや抗体など健康維持に必須なタンパク質の高効率生産への応用に期待—
奥村 正樹／松崎 元紀／稲葉 謙次

“Coupling effects of thiol and urea-type groups for promotion of oxidative protein folding”, S. Okada, M. Matsusaki, K. Arai, Y. Hidaka, K. Inaba, M. Okumura, T. Muraoka
Chemical Communications, DOI:10.1039/C8CC08657E

2019.01.21 | 結晶にも液晶にも液体にも分類されない新物質を発見 —分子自己集合体の科学における新発見—
高田 昌樹

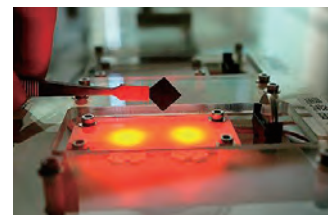
“Chiral crystal-like droplets displaying unidirectional rotational sliding”, Takashi Kajitani, Kyuri Motokawa, Atsuko Kosaka, Yoshiaki Shoji, Rie Haruki, Daisuke Hashizume, Takaaki Hikima, Masaki Takata, Koji Yazawa, Ken Morishima, Mitsuhiro Shibayama, Takanori Fukushima
Nature Materials, DOI: 10.1038/s41563-018-0270-7

2019.01.30 | 公衆衛生や生活の質的向上に寄与! —深紫外発光素子の高効率動作メカニズムを解明—
小島 一信／秩父 重英

“Carrier localization structure combined with current micropaths in AlGaIn quantum wells grown on an AlN template with macrosteps”, K. Kojima, Y. Nagasawa, A. Hirano, M. Ippommatsu, Y. Honda, H. Amano, I. Akasaki, and S. F. Chichibu
Applied Physics Letters, DOI:10.1063/1.5063735

2019.02.07 | カーボンナノチューブに勝る高耐久のキャパシタ電極カーボンを開発
野村 啓太／西原 洋知／京谷 隆

“4.4 V supercapacitors based on super-stable mesoporous carbon sheet made of edge-free graphene walls”, Keita Nomura, Hiroto Nishihara, Naoya Kobayashi, Toshihiro Asada, and Takashi Kyotani
Energy & Environmental Science, DOI:10.1039/C8EE03184C



Developed GMS sheet and its supercapacitor connected to two LEDs.

2019.02.13 | 細胞内の亜鉛の新しい生理的役割が明らかに
亜鉛とシャペロンタンパク質 ERp44による新しいタンパク質品質管理機構の仕組みを解明
渡部 聡／天貝 佑太／稲葉 謙次

“Zinc regulates ERp44-dependent protein quality control in the early secretory pathway”, Satoshi Watanabe, Yuta Amagai, Sara Sannino, Tiziana Tempio, Tiziana Anelli, Manami Harayama, Shoji Masui, Ilaria Sorrentino, Momo Yamada, Roberto Sitia*, and Kenji Inaba*
Nature communications, DOI: 10.1038/s41467-019-08429-1

2019.02.21 | トポロジカル物質中の新型粒子を発見 —ディラック・ワイル粒子に次ぐスピン1および2重ワイル粒子—
組頭 広志

“Observation of Chiral Fermions with a Large Topological Charge and Associated Fermi-arc Surface States in CoSi”, D. Takane, Z. Wang, S. Souma, K. Nakayama, T. Nakamura, H. Oinuma, Y. Nakata, H. Iwasawa, C. Cacho, T. Kim, K. Horiba, H. Kumigashira, T. Takahashi, Y. Ando, and T. Sato
Physical Review Letters, DOI: 10.1103/PhysRevLett.122.076402

2019.02.28 | 物質中の電気分極を制御することに成功 —強弾性や負熱膨張も実現—
山本 孟

“Melting of dxy Orbital Ordering Accompanied by Suppression of Giant Tetragonal Distortion and Insulator-to-Metal Transition in Cr-Substituted PbVO₃”, Takahiro Ogata, Yuki Sakai, Hajime Yamamoto, Satyanarayan Patel, Peter Keil, Jurij Koruza, Shogo Kawaguchi, Zhao Pan, Takumi Nishikubo, Jürgen Rödel, and Masaki Azuma
Chemistry of Materials, DOI:10.1021/acs.chemmater.8b04680

2019.03.07 | 新たなリチウム超イオン伝導材料を開発 —全固体電池の高エネルギー密度化を一気に加速—
Arunkumar Dorai／桑田 直明／河村 純一

“A complex hydride lithium superionic conductor for high-energy-density all-solid-state lithium metal batteries”, Sangryun Kim, Hiroyuki Oguchi, Naoki Toyama, Toyoto Sato, Shigeyuki Takagi, Toshiya Otomo, Dorai Arunkumar, Naoaki Kuwata, Junichi Kawamura, and Shin-ichi Orimo
Nature Communications, DOI: 10.1038/s41467-019-09061-9

主な研究成果 —2018年度の表彰・受賞より

5月	粉体粉末冶金協会 研究進歩賞	加納 純也 教授
	高分子学会 高分子研究奨励賞	山本 俊介 助教
	Scripta Materialia “Outstanding Reviewer awards”	藤枝 俊 助教
7月	台湾中央研究院 院士	蔡 安邦 教授
8月	ISHA Best Ph.D. Thesis Award	朝倉 裕介 助教
	2018年第5回IRMAILサイエンスグラント 「himac(工機ホールディングス)賞」	矢代 航 准教授
9月	第14回固体イオニクスセミナー 優秀ポスター賞	中村 崇司 助教
	ACS Editor's Choice	粕谷 素洋 助教
	The 5th International Symposium on Rare Earth Resource, Rare Earth Resource Utilization Science & Technology Award	殷 シュウ 教授
	第16回 日本金属学会学術貢献賞	大塚 誠 准教授
	第66回 日本金属学会論文賞	川西 咲子 助教
10月	日本磁気学会フェロー	北上 修 教授
11月	Top 10 Innovations	本間 格 教授
	日本銅学会 論文賞	鈴木 茂 教授
	第38回エレクトロセラミックス研究討論会 発表奨励賞	鈴木 一誓 助教
	Clarivate Analytics:Highly Cited Researchers 2018 "Cross-Field"	本間 格 教授
		2019年2月に行われた授賞式
3月	応用物理学会 第9回 女性研究者研究業績・人材育成賞 (小舘香椎子賞) 研究業績部門(若手)	朱 慧娥 助教
	日本鉄鋼協会 研究奨励賞	川西 咲子 助教

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(2018年度実績)

- メルボルン大学(豪)：先進材料に関する国際ワークショップを相互共同開催し、大学間交流協定および学生交換プログラムの締結に貢献、国際共同研究に向けた大学院生および研究者交流を促進
- ケースウェスタンリザーブ大学(米国)：情報科学、生命科学、材料科学に関する国際ワークショップを開催、共同研究を開始
- 北京科技大学材料学院(中国)：材料科学に関するワークショップを開催し共同研究・学術連携強化に貢献
- ボルドー大学(仏)：本学理学研究科とのダブルディグリー協定締結および国際シンポジウムの開催に貢献

主な訪問団受け入れ(2018年度実績)

- アルビ鉱山大学訪問団
- Rio Tinto訪問団
- フライデルベルグ工科大学(鉱山アカデミー)訪問団

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 Asia	中国 China	北京大学ナノ科学技術研究センター Center for Nanoscale Science and Technology, Peking University	1998
		北京大学 Peking University	1999*
		中国科学院長春光学精密機械物理研究所 Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences	2000
		華僑大学材料科学工程学院 College of Material Science and Engineering, Huaqiao University	2001
		重慶大学 Chongqing University	2001*
		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*
		北京工業大学 Beijing University of Technology	2010*
		西南大学 Southwest University	2017*
	台湾 Taiwan	台湾工業技術院南分院 Industrial Technology Research Institute, Southern Region Campus	2009
		国立台北科技大学工程学院 College of Engineering National Taipei University of Technology	2018
	韓国 Korea	全北大学校 Chonbuk National University	1991*
		慶北大学校 Kyungpook National University	2002*
		韓南大学校ハイブリット材料研究所 Institute of Hybrid Materials for Information and Biotechnology, Hannam University	2003
		成均館大学情報通信信用新機能性素材及び工程研究センター Advanced Materials & Process Research Center for IT, Sungkyunkwan University	2003
		ソウル大学校 Seoul National University	2003*
	タイ Thailand	国立公州大学校 Kongju National University	2007*
		チェンマイ大学理学部 Faculty of Science, Chiang Mai University	2008*
			チュラロンコン大学 Chulalongkorn University

地域	国	機関名	締結年	
ヨーロッパ Europe	ルーマニア Romania	レーザー・プラズマ・放射物理国立研究所 National Institute for Lasers, Plasma and Radiation Physics	2006	
	フランス France	アルビ鉱山大学 Ecole des Mines d'Albi-Carmaux	1999*	
		ボルドー大学 University of Bordeaux	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	
	ハンガリー Hungary	ミシュコルツ大学材料科学工学研究科 Faculty of Materials Science and Engineering, University of Miskolc	2014	
	ドイツ Germany	ベルリン自由大学物理学科 Department of Physics, Free University of Berlin	1997	
		ドルトムント工科大学 Technische Universität Dortmund	1999*	
		イエナ・フリードリッヒ・シラー大学固体物理研究所 Institute für Festkörperphysik, Friedrich-Schiller-Universität Jena	1999	
		結晶成長研究所 Institute for Crystal Growth	2006	
		マックスプランク核物理研究所 Max-Planck Institute for Nuclear Physics	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*	
		グラナダ大学 University of Granada	2012*	
		スペイン Spain	マドリッド・アウトノマ大学化学部 Chemistry Department of the Universidad Autonoma de Madrid	2013
			アリカンテ大学材料研究所 Materials Institute of Universidad de Alicante	2014
	イタリア Italy	トリエステ放射光研究所 Elettra Sincrotrone Trieste, S.C.p.A	2007	
		ナポリ大学 University of Naples Federico II	2012*	
	イギリス United Kingdom	科学技術設備会議ダースベリ研究所 Science and Technology facilities Council, Daresbury Laboratory	1996	
中近東 Middle and Near East	クウェート Kuwait	クウェート科学研究所 Kuwait Institute for Scientific Research	2013	
オセアニア Oceania	オーストラリア Australia	メルボルン大学 The University of Melbourne	2016*	
北米 North America	カナダ Canada	マギル大学金属プロセス研究センター McGill Metal Processing Center, McGill University	1998	
		トロント大学金属・材料科学科 Department of Metallurgy and Materials Science, University of Toronto	1998	
		ウォータールー大学 University of Waterloo	2006*	
	アメリカ USA	コロンビア大学化学科 Department of Chemistry, Columbia University	1995	
		コロンビア大学理工学部地球・環境工学科 Department of Earth and Environmental Engineering, Fu Foundation School of Engineering and Applied Science, Columbia University	1998	
		ユタ大学金属工学科 Department of Metallurgical Engineering, University of Utah	1998	
		マサチューセッツ工科大学電子工学研究所及びマイクロシステム技術研究所 Research Laboratory of Electronics and Microsystems Technology Laboratories (MTL), Massachusetts Institute of Technology (MIT)	2015	
NIS	ロシア Russia	ロシア科学アカデミー固体物理学研究所 Institute of Solid State Physics, Russian Academy of Sciences	1993	
		トムスク工科大学原子核物理研究所 Nuclear Physics Institute, Tomsk Polytechnic University	1997	
		ロシア科学アカデミーレベデフ物理研究所 P. N. Lebedev Physics Institute, Russian Academy of Sciences	2000	
		ロシア科学アカデミー極東支部自動制御プロセス研究所 Institute of Automation and Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences	2005	
		ロシア科学アカデミー地球科学・分析化学研究所モスクワ国立大学化学部 Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Russian Academy of Sciences, Chemistry Department, Lomonosov Moscow State University	2013	
		モスクワ国立大学物理学部 The Faculty of Physics of The Lomonosov Moscow State University	2013	
	ウクライナ 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 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・多元物質科学研究奨励賞、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・多元物質科学研究奨励賞:

「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。



2018年度 科学計測振興賞授賞式



2018年度 多元物質科学研究奨励賞授賞式

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。2018年度には、19の企業や団体が出展、大学院生や学生を含め、約200名が参加しました。さらに、同日開催された男女共同参画セミナー「研究者ってなに?「博士課程進学」編」では、4名の女性研究者がパネリストとして登壇し、博士課程に進学してよかったことや、博士課程取得後のキャリアパスなどについて率直にディスカッションし、就職だけでなく博士課程進学を考える学生が多数参加しました。



企業とのミキサー

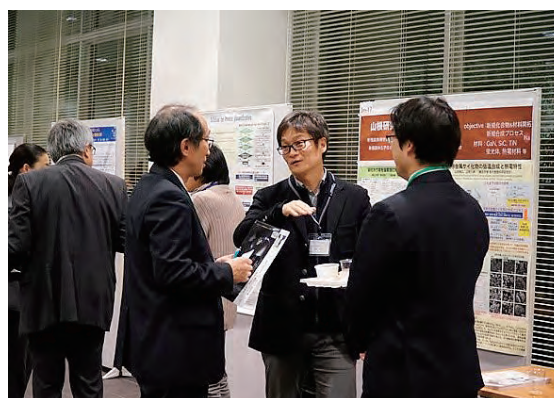


男女共同参画セミナー

産学連携

■ イノベーション・エクスチェンジの開催

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・エクスチェンジ」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。2018年は12月に開催し、企業30社から55名、官公庁・財団等、団体法人10箇所から23名、東北大学関係者30名、合計で108名の参加者を集め、産学連携に関する講演会や企業によるショートプレゼンテーション、ポスター交流会を実施しました。17の企業と20の研究分野が出展したポスター交流会では、70名を超える企業や団体法人の担当者と多元研の教員スタッフが参加し、展示されたサンプルに触れるなど直接交流し、事業内容や研究分野を超えた活発な情報交換が行われました。



■ 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。



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(可干渉性)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、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、触媒化学、生命科学、磁性・スピントロニクス材料、高分子材料等の幅広い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、先端的可視化ツールである次世代放射光の周りに集積する、産学の研究や人材育成の拠点のイメージです。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、コウリジョン・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. 東北大学青葉山キャンパス内の敷地を想定した次世代放射光施設

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ウリジョン・

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パートナー(民地域)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。

我々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利用環境と、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

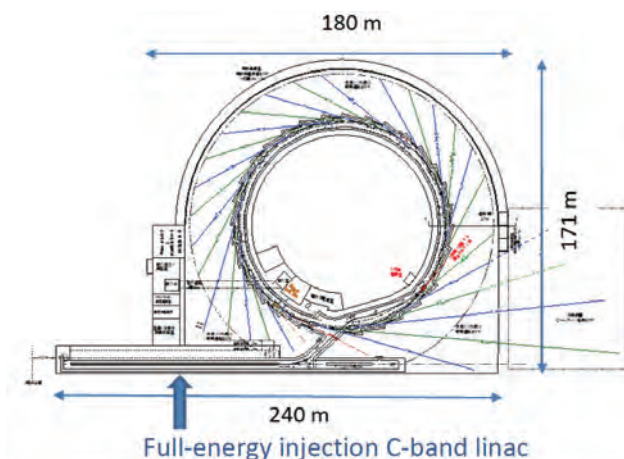
また、低エミッタンス次世代放射光施設の光源に産業界が期待するスペックの概要として、以下が挙げられています。

- (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/mrad²/mm²/0.1%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

図2に平面模式図と加速器の概要、および完成イメージ(外観)を示します。国が整備を担う加速器の計画では、長直線部は真空封止アンジュレータを挿入光源とし、短直線部は白色光源、または、アンジュレータでは十分な強度が供給できない高エネルギー領域の光源の利用が前提となっており、我々はパートナーとして、それらの光源特性を活かす、ユーザー主体のビームラインコンセプトを提案しています。次世代性の観点から、光源特性を活かし重点的に整備すべき計測分野としては、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線領域に強みを持ちテンダー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、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

東北大学は、パートナーの一員として、次世代放射光施設により「物の見え方」を根本から一新する機能可視化科学の構築と、それが創発する未踏の活用分野の開拓を推進して参ります。



Beam energy	3 GeV
Current	400 mA
Lattice	Double double-bend achromat
Natural emittance	0.93 nm.rad
Circumference	354 m
Cell	16
Long straight / ID length	5.40 m / 4.2 m
Short straight / ID length	1.66 m / 0.7 m
Beamline (long straight)	14
Beamline (short straight)	12

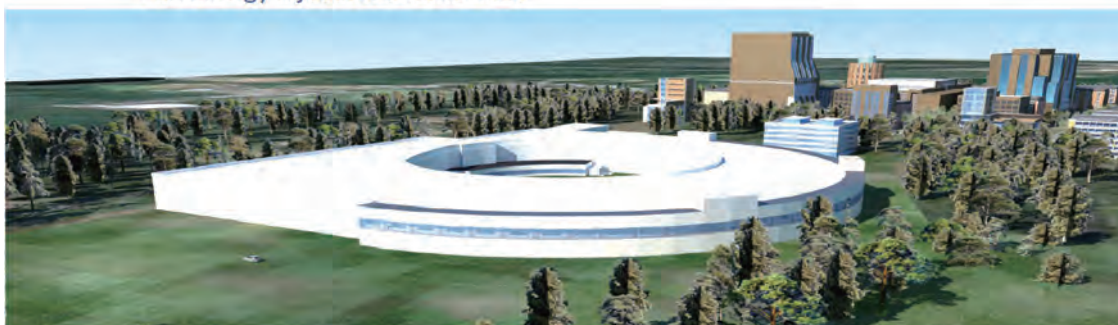


図2. 次世代放射光施設の平面模式図と加速器の概要、完成イメージ(外観)

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

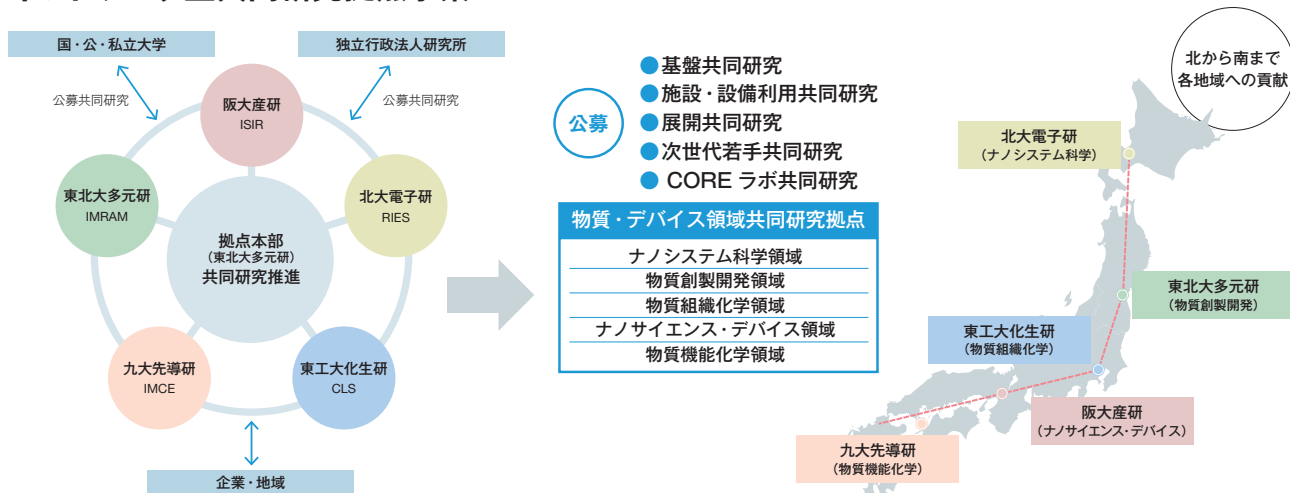
「物質・デバイス領域共同研究拠点」は、北海道大学電子科学研究所(北大電子研)、東北大学多元物質科学研究所(東北大多元研)、東京工業大学化学生命科学研究所(東工大化生研)、大阪大学産業科学研究所(阪大産研)、九州大学先端物質化学研究所(九大先導研)が参画し、2010年度(平成22年度)に発足した先駆的なネットワーク型共同研究拠点のひとつです。ボトムアップ型一般共同研究、トップダウン型特定共同研究を中心に、全国の国公立、私立大学、国立研究機関や企業に所属する研究者から、9年間で約4,000件の共同研究を推進しました。この間、国立大学の機能強化への寄与も視座に入れ、研究力強化、イノベーション創出、若手人材育成、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”評価を得ております。

共同研究拠点の基本的なテーマは、「研究のネットワークづくりは、人のネットワークづくり」です。本共同研究拠点発足に先立ち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、14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、基盤共同研究成果をさらに発展させる『展開共同研究A』、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B』、優れた若手研究者が積極的に融合型研究を推進する『COREラボ共同研究』、そして共同研究を通じて主に地域大学、私立大学に在籍する優れた才能を有する大学院生を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5,000名を超え、関連研究分野および関連研究者コミュニティの発展に大きく貢献しています。

ネットワーク型共同研究拠点事業

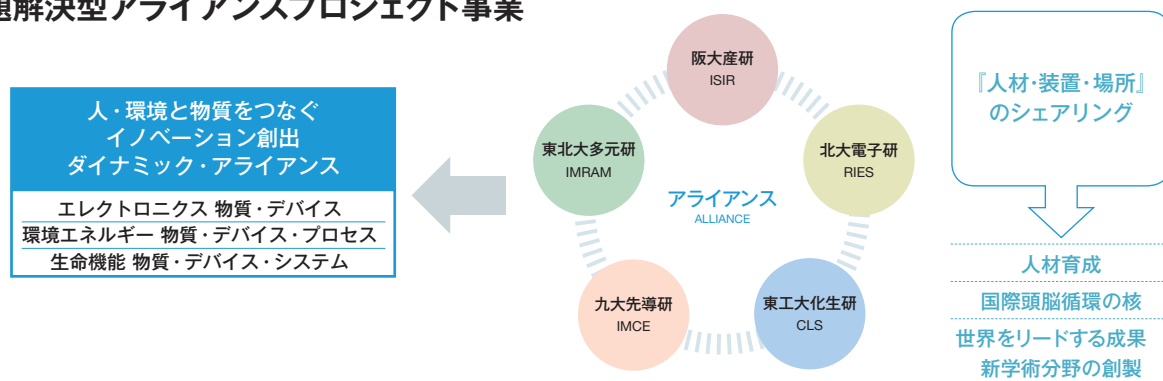


一方、【課題解決型アライアンスプロジェクト事業】においては、「人・環境と物質をつなぐイノベーション創出ダイナミック・アライアンス」を5研究所間の連携プロジェクトとして推進しています(2005年度にスタートしたアライアンス事業から数えて4期目のプロジェクトであり、2016年度からの事業)。日本を北から南まで縦断する形で「人材・装置・場所のシェアリング」を特徴とし、21世紀において安全安心で質の高い生活のできる社会の実現に要求される3つの課題解決型プロジェクトとして、1)エレクトロニクス 物質・デバイス(G1)、2)環境エネルギー 物質・デバイス・プロセス(G2)、3)生命機能 物質・デバイス・システム(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は約145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。

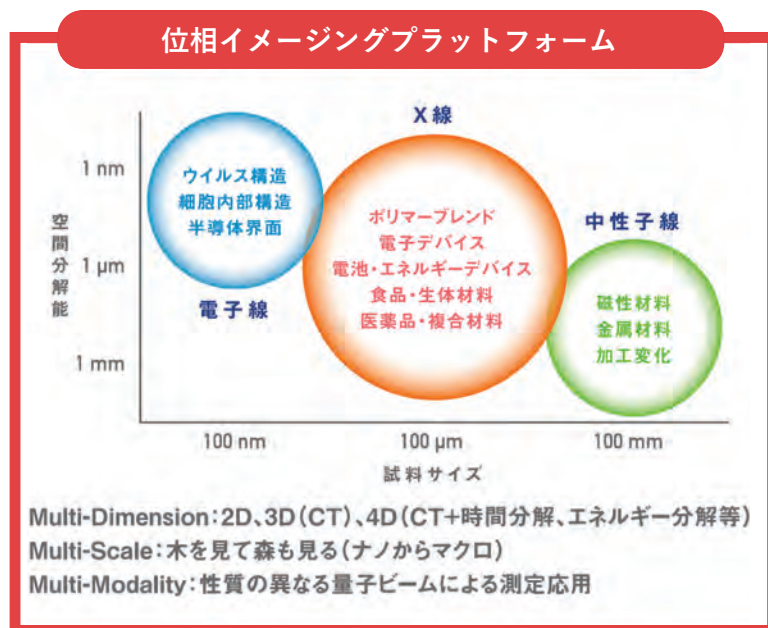


JST (科学技術振興機構) のERATO (戦略的創造研究推進事業) による 東北大学多元物質科学研究所を中核とした6研究機関共同 「量子ビーム位相イメージング技術」研究開発の推進

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

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

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



【2】 研究開発のScope

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



【3】国際研究を含む6研究機関での研究開発体制

東北大学多元物質科学研究所

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

JASRI (高輝度光科学研究センター)

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

KIT (Karlsruhe Institute of Technology, 独国)

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

J-PARC (日本原子力開発機構)

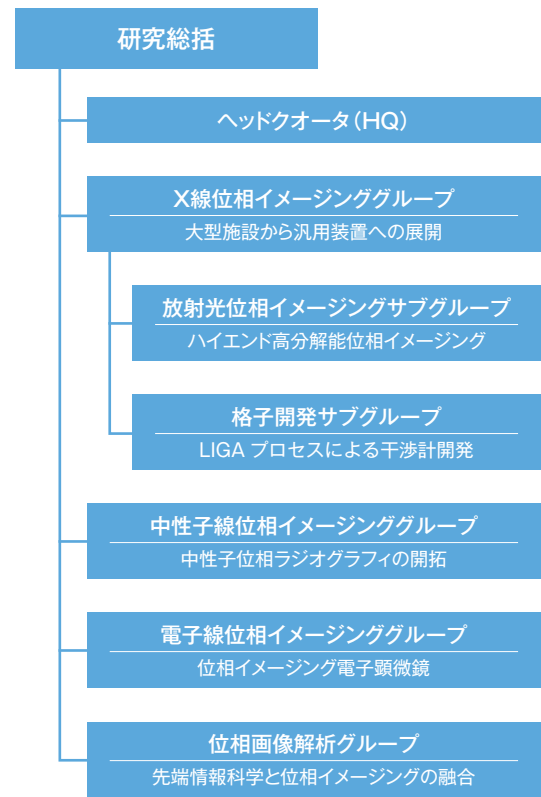
中性子位相イメージングに取り組み、磁性材料などの構造と磁気情報の同時可視化を目指します。

自然科学開発機構・生理学研究所

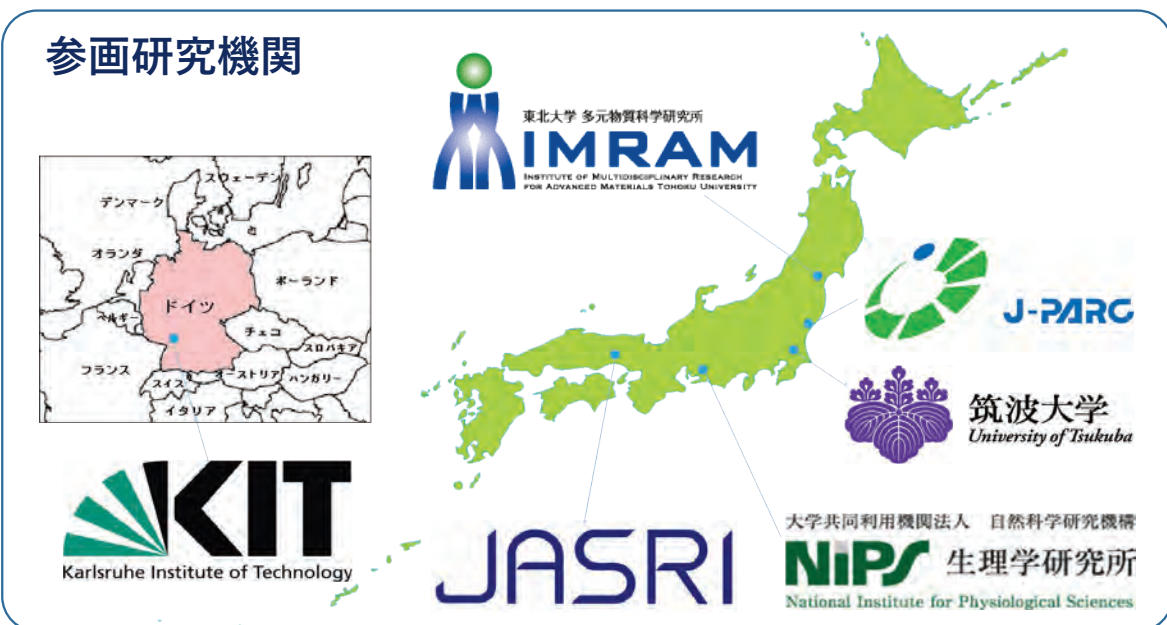
レーザー位相差透過型電子顕微鏡やFZP 位相差走査透過型電子顕微鏡など、電子線を用いた位相イメージング技術の開発を進めます。

筑波大学システム情報系

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

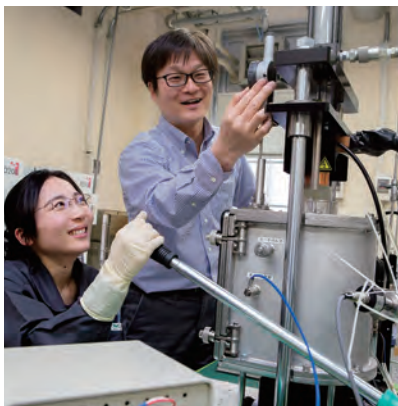
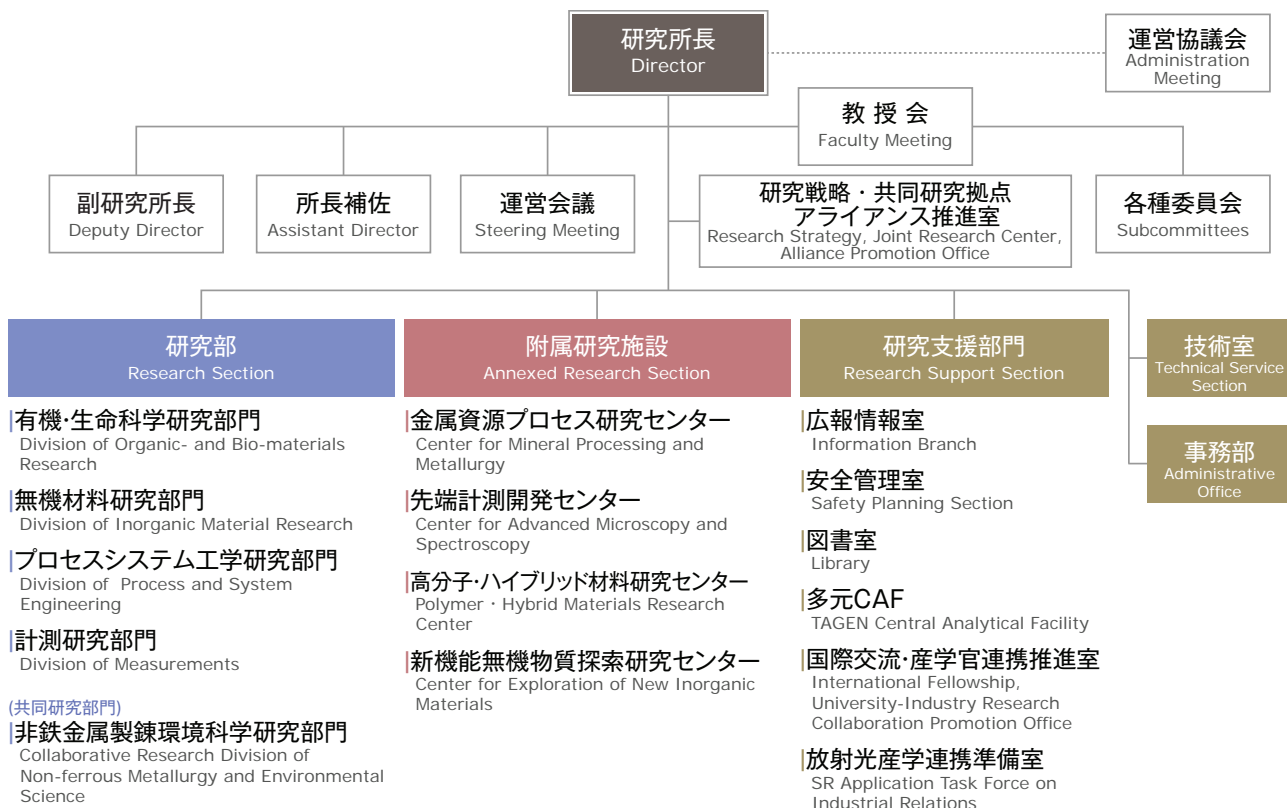


【4】共同研究開発参加研究機関



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

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 沈 建仁
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
ナノスケール磁気デバイス / 北上 修
Nanoscale Magnetism and Devices
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 伊藤 聡
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 笹木 圭子
Process System
※ AIMR

計測研究部門

Division of Measurements

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

非鉄金属製錬環境科学研究部門 (共同研究部門)
Collaborative Research Division of Non-ferrous Metallurgy and Environmental Science

金属資源プロセス研究センター

Center for Mineral Processing and Metallurgy

高温材料物理化学 / 福山 博之
High-temperature Physical Chemistry of Materials
基盤素材プロセッシング / 北村 信也
Base Materials Processing
機能性粉体プロセス / 加納 純也
Powder Processing for Functional Materials
エネルギー資源プロセス / 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 / 三ツ石 方也
Polymer Hybrid Nanomaterials
有機ハイブリッドナノ結晶材料 / 及川 英俊
Organic and Hybridized Nanocrystals
ハイブリッド炭素ナノ材料 / 京谷 隆
Hybrid Carbon Nanomaterials
ハイブリッド材料創製 / 芥川 智行
Hybrid Material Fabrication
光機能材料化学 / 中川 勝
Photo-Functional Material Chemistry
有機・バイオナノ材料 / 笠井 均
Organic- and Bio- Nanomaterials

新機能無機物質探索研究センター

Center for Exploration of New Inorganic Materials

無機固体材料合成 / 山根 久典
Inorganic Crystal Structural Materials Chemistry
金属機能設計 / 蔡 安邦、山根 久典 (兼※※)
Metallurgical Design for Material Functions
環境無機材料化学 / 殷 澍
Environmental Inorganic Materials Chemistry
無機材料創製プロセス / 垣花 真人
Design of Advanced Inorganic Materials
※※※ 2019年5月25日より



有機・生命科学研究部門

DIVISION OF ORGANIC- AND BIO-MATERIALS RESEARCH

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

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

教授 Professor

永次 史

Fumi NAGATSUGI

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

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

和田 健彦

Takehiko WADA

核酸有機化学・生命科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

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

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

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

沈 建仁

Jian-Ren Shen

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

Toshihiko 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:生体超分子ケル光化学

Supramolecular photochirogenesis 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

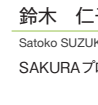


小井川 浩之

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、ナノスケール磁気デバイス研究分野、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, microstructural control of functional materials, quantum spin physics, nanoscale magnetism and devices, chemical reaction engineering, and solid state ion physics.

教授 Professor

大谷 博司

Hiroshi OHTANI

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

北上 修

Osamu KITAKAMI

ナノ磁性体の物性と高密度メモリデバイスへの展開
Study on nanomagnets and their application to high density memory devices

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

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

佐藤 卓

Taku J SATO

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

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

伊藤 聡

Satoshi Ito

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



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

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



奥山 大輔

Daisuke OKUYAMA

中性子散乱を用いた異常磁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

プロセスシステム工学研究部門

DIVISION OF PROCESS AND SYSTEM ENGINEERING

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

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

教授 Professor

阿尻 雅文

Tadafumi ADSCHIRI

超臨界水を用いた物質変換プロセスおよびナノフルイドの合成と応用

Chemical reaction processes in supercritical water

埜上 洋

Hiroshi NOGAMI

超臨界水を用いた革新的な材料プロセスの開発

Development of Novel Material Production Processes

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

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

笹木 圭子

Keiko SASAKI

准教授 Associate Professor



笹居 高明

Takaaki TOMAI

先端エネルギーデバイスに資する材料プロセスに関する研究

Materials processing for advanced energy devices



小澤 祐市

Yuichi KOZAWA

レーザー光の強度・偏光・位相の空間制御手法の開発と応用

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



助永 壮平

Sohei SUKENAGA

ケイ酸塩系高温融体およびガラスの物理化学的性質と微構造

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

助教 Assistant Professor



上杉 祐貴

Yuuki UESUGI

自立安定な光共振器システムの開発とその応用

Development of self-resonating optical cavity system and its applications



中村 崇司

Takashi NAKAMURA

エネルギーデバイス用材料の機能性発現機構の解明

Elucidation of the electrochemical properties of energy conversion devices



木村 勇太

Yuta KIMURA

外場によるエネルギー貯蔵／変換デバイス用材料の物性制御

Tuning the properties of the materials for the energy storage/conversion devices with an external field



丸岡 伸洋

Nobuhiro MARUOKA

高温プロセスを基盤とする持続可能システムの開発

Development of sustainable system based on the high temperature process



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

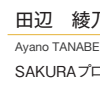


川西 咲子

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

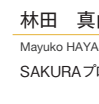
Solution growth of silicon carbide



田辺 綾乃

Ayano TANABE

SAKURA プロジェクト



林田 真由子

Mayuko HAYASHIDA

SAKURA プロジェクト

計測研究部門

DIVISION OF MEASUREMENTS

新規な高性能材料開発をめざして、電子、中性子、レーザー、マイクロ波、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, nterfacial nano-science, and condensed matter physics.

教授 Professor

上田 潔

Kiyoshi UEDA

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

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

高桑 雄二

Yuji TAKAKUWA

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

高橋 正彦

Masahiko TAKAHASHI

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

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

秩父 重英

Shigefusa CHICHIBU

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

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

客員教授 Visiting Professor

東 俊行

Toshiyuki AZUMA

特任教授 Specially Appointed Professor

中野 朝雄

Asao NAKANO

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



大庭 裕範

Yasunori OHBA

二量子遷移EPRによるトロポニンタンパク構造と機能の相關の研究
A study of structure-function relationships of troponin by DQC EPR



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



小島 一信

Kazunobu KOJIMA

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

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

助手 Research Associate



菊地 清

Kiyoshi KIKUCHI

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

助教 Assistant Professor



奥西 みさき

Misaki OKUNISHI

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



福澤 宏宣

Hironobu FUKUZAWA

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



呉 彦霖

Yanlin WU

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



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



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



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.



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



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



中須 大蔵

Taizo NAKASU

ワイドバンドギャップ半導体を用いた量子光エレクトロニクスデバイスの研究
Study of quantum-optical electronics device 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・製精錬プロセスをはじめとして、廃棄物資源化プロセス、核燃料プロセス、資源循環・処理プロセス、都市鉱山プロセスなどに対して、社会基盤を支える金属の選鉱・製錬の英智を再創造し、新しい金属資源プロセスの未来を追求します。

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

教授 Professor

福山 博之

Hiroyuki FUKUYAMA

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

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

村松 淳司

Atsushi MURAMATSU

高機能性単分散ナノ粒子合成とサイズ・形態の精密制御

Highly functional nanoparticle synthesis with precisely controlled size and shape

北村 信也

Shin-ya KITAMURA

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

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

小俣 孝久

Takahisa OMATA

イオン交換を利用したエネルギー変換材料の創製

Development of inorganic energy conversion materials using ion-exchange

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

柴田 悦郎

Etsuro SHIBATA

非鉄製錬業を基盤とした金属資源循環システムの構築

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

准教授 Associate Professor



大塚 誠

Makoto OHTSUKA

多機能性薄膜材料の高機能化と新規デバイスの開発

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



植田 滋

Shigeru UEDA

高温物理化学

High temperature physical chemistry



シュタウス スヴェン

Sven STAUSS

生体適合性マイクロ電池の開発とその応用

Development and application of biocompatible microbatteries



飯塚 淳

Atsushi IIZUKA

鉱物・廃棄物を利用した高効率水質浄化材料の開発

Development of high-efficiency water purification materials



水上 雅史

Masashi MIZUKAMI

表面力・共振ずり測定法と界面分光によるナノ界面・閉じ込め液体の研究

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



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

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

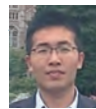


高 旭

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



杜 传明

Chuan-ming DU

製鋼スラグからの選択浸出によるりん・鉛の分離と回収

Separation and recovery of P from steelmaking slag by selective leaching



石原 真吾

Shingo ISHIHARA

粒子法シミュレーションによる破砕のモデリングと粉体プロセス設計

Modeling and Simulation of Particle Breakage and Design of Powder Processing



久志本 築

Kizuku KUSHIMOTO

湿式ボールミル内砕粒の運動および破壊挙動のシミュレーション

Simulation for analyzing dynamic and breakage behaviors of particles in wet ball milling



秋山 大輔

Daisuke AKIYAMA

福島第一原子力発電所事故により生じた燃料デブリの処理・処分研究

Study on Fuel Debris Disposal at Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Station



小林 弘明

Hiroaki KOBAYASHI

多電子レドックス反応を利用した二次電池正極ナノ材料の創成

Developments of Nano-Sized Cathode Materials using Multi-Electron Redox Reactions



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



チュオン クワン ドク

TRUONG Quang Duc

High energy-density advanced electrodes for next generation rechargeable batteries

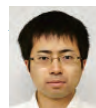


粕谷 素洋

Motohiro KASUYA

表面力装置を基にした新規評価法の開発と閉じ込め液体の特性評価への利用

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



藪下 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



佃 諭志

Satoshi TSUKUDA

高分子-金属ナノ粒子ハイブリッドナノワイヤーの形成と制御

Formation and control of polymer-metal NPs hybrid nanowires



鈴木 一誓

Issei SUZUKI

新しい酸化物半導体の探索と物性の解明

Exploration of new oxide semiconductors and analysis of their physical properties

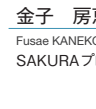


ドライ アルンクマール

Arunkumar DORA

NMRを用いた電解質の拡散測定

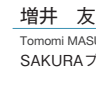
Diffusion measurement of electrolytes using NMR



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線相関顕微鏡法の開発とその生物細胞観察応用

Development of Soft X-ray Correlation Spectromicroscopy applying to Bio-cells



佐藤 庸平

Yohei SATO

電子ナノプローブを用いたナノマテリアルの誘電特性解析

Analysis for dielectric properties of nano-scale materials using nm electron probe

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 MoS₂-based FET sensor for the detection of molecular species

高分子・ハイブリッド材料研究センター

POLYMER-HYBRID MATERIALS RESEARCH CENTER

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

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

教授 Professor

三ツ石 方也

Masaya MITSUISHI

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

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

及川 英俊

Hidetoshi OIKAWA

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

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

京谷 隆

Takashi KYOTANI

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

笠井 均

Hitoshi KASAI

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

准教授 Associate Professor



西原 洋知

Hiroto NISHIHARA

機能性ナノ空間材料の創製と応用

Development of functional nanospace materials and their applications



中村 貴宏

Takahiro NAKAMURA

革新的レーザープロセッシング手法を用いた新規機能性材料の創成

Creation of functional materials by innovative laser processing

助教 Assistant Professor



山本 俊介

Shunsuke YAMAMOTO

高分子ナノシートを用いた光電子機能材料の開発

Development of optoelectronics materials based on polymer nano-sheets



山本 雅納

Masanori YAMAMOTO

弾性ナノ構造材料による新型温度制御装置の開発

Development of new refrigeration using elastic nanostructured carbon materials



武田 貴志

Takashi TAKEDA

電子活性を有する π 共役系分子の合成と機能探索

Syntheses of electronic active π conjugated molecules and investigation their function.



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



朱 慧娥

Huijie ZHU

強誘電性高分子超薄膜を用いたフレキシブルエレクトロニクス

Ferroelectric Polymer Nanofilms for Flexible Electronics Applications



我部 篤

Atsushi GABE

ペレット化されたナノカーボン材料の水素及びメタン貯蔵

Hydrogen and methane storage on pelletized nanocarbon materials



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ソングラフィによるナノ造形

Nanofabrication by UV nanoimprint lithography based on surface molecular science



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



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



野村 啓太

Keita NOMURA

炭素と金属の三次元規則複合体の創成

Creation of three-dimensional ordered composites consisting of carbon and metals

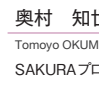


小関 良卓

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



奥村 知世

Tomoyo OKUMURA

SAKURA プロジェクト



干川 康人

Yasuto HOSHIKAWA

炭素ナノ複合材料を用いた機能性デバイスの開発

Development of functional devices by using carbon nanocomposite



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



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

新機能無機物質探索研究センター

CENTER FOR EXPLORATION OF NEW INORGANIC MATERIALS

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

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

教授 Professor

山根 久典

Hisanori YAMANE

新規多元系無機化合物の合成と結晶構造解析、特性評価

Synthesis, structure analysis and characterization of new multinary inorganic compounds

垣花 真人

Masato KAKIHANA

フォトセラミックスにおける新物質探索と高機能化

Exploration of new photoceramics and improvement of their performance

蔡 安邦

An-Pang TSAI

新準結晶と新機能を有する金属触媒の探索

Exploration of new quasicrystal and metallic catalysts with new function

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

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



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

助教 Assistant Professor



藤田 伸尚

Nobuhisa FUJITA

準結晶構造の幾何学模型に関する理論的研究とそれに基づく構造安定性及び物性の解明

Geometrical modeling of quasicrystals and structure-based studies on the stability and physical properties of quasicrystals



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



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



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



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
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

今村 正樹 客員教授
Masaki IMAMURA, Visiting Professor

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

非鉄製錬業の安定的発展のために

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

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

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

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



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.

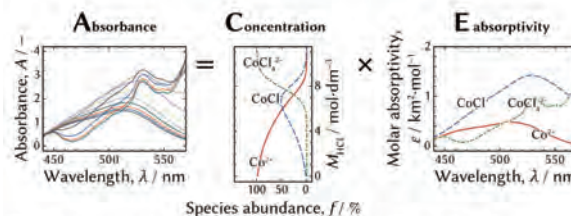


Fig. Decomposition of UV/Vis absorption spectra of Co chloro complexes in HCl solutions into the distribution and the molar attenuation coefficients of individual species using factor analysis.

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.

Synthesis of Organic Functional Molecules

NAGATSUGI Lab

生命機能分子合成化学研究分野
永次研究室



永次 史 教授

Fumi NAGATSUGI, Professor

fumi.nagatsugi.b8@tohoku.ac.jp

鬼塚 和光 准教授

Kazumitsu ONIZUKA, Associate Professor

松本 高利 助教

Takatashi MATSUMOTO, Assistant Professor

岡村 秀紀 助教

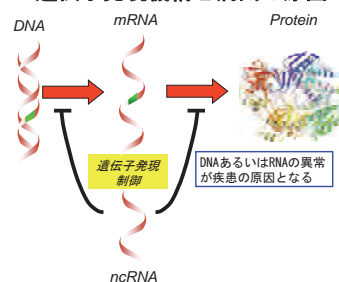
Hidenori Okamura, Assistant Professor

- 専門分野・キーワード | 遺伝子発現制御／機能性人工核酸／クロスリンク剤／機能性RNA
- SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | control of the gene expression/intelligent artificial nucleic acid/cross-linking agents/non-coding RNA
- 細胞内での遺伝子発現制御を目指した架橋反応性核酸の開発
 - 核酸高次構造に結合する人工分子の開発
 - RNAを標的とした新規化学ツールの開発
 - 核酸を標的とした分子認識機構に基づく新規高機能人工分子の開発
 - Development of the crosslinking molecules for control of gene expression in cells
 - Development of the artificial molecules for binding to the higher-ordered structure of nucleic acid
 - Development of the novel chemical tools targeted to nucleic acids
 - Development of the intelligent molecules targeted to nucleic acids based on the molecular recognition

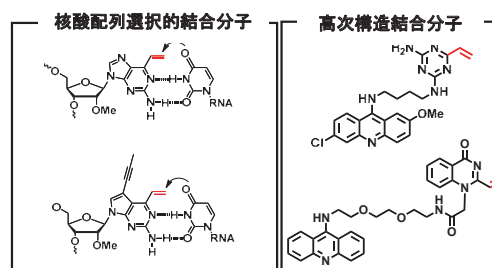
遺伝子発現の化学的制御を目指したケミカルバイオロジー

ゲノム解析が終了し、実際に蛋白質として発現される遺伝子はわずか2%のみであり、残りの98%はタンパク質をコードしない、non-codingRNA(ncRNA)として生体機能の維持調節に極めて重要な働きをしていることが明らか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。

遺伝子発現機構と病気の原因



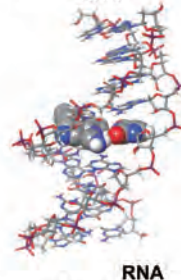
標的核酸に結合する種々の機能性分子



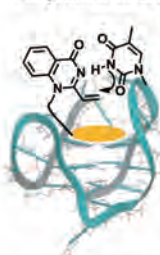
Development of Intelligent Molecules for the Regulation of Gene Expression in Cells

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.

Cross-linking to target RNA

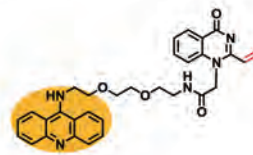
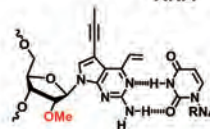


Alkylation to G4



RNA

G-quartet(G4) DNA





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

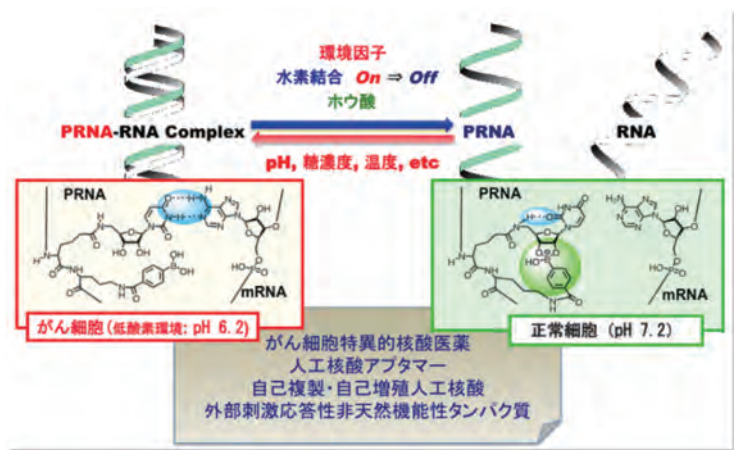
専門分野・キーワード | 生命化学 / 核酸医薬 / 外部刺激応答型機能分子 / 構造変化高感度高時間分解能検出

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

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

生命機能の外部刺激制御法の開発と構造 —機能相関の高時空間分解検出

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

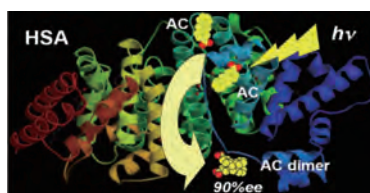


ナノバイオ分子機能のon-off制御

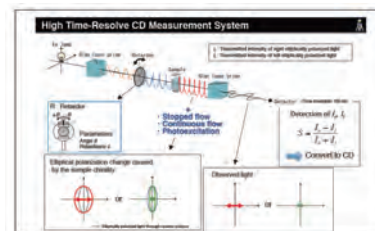
Design and Synthesis of Artificial Nucleic Acid and Protein for Active Control of Cellular Function and Development of High Sensitive & Time Resolve CD System

Chemical synthesis and modification of DNA/RNA and proteins are the fundamental science and technology that have led the molecular biology revolution. Hence, a chemistry of DNA/RNA and protein not only *in vitro* but also *in vivo* expects to open new generational stage of bioorganic chemistry and molecular biology. Therefore, focusing our research interest 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 phe-

nomena in both the ground and electronically excited states; we are pursuing mechanistic and synthetic studies on asymmetric photo chirogenesis with supramolecular biopolymers as chiral reaction medias.



ナノバイオキラルリアクター



和田研で構築した高感度・高時間分解の有するCD測定装置

Nano Physical Chemistry
KUMIGASHIRA Lab

ナノ機能物性化学研究分野
 組頭研究室



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

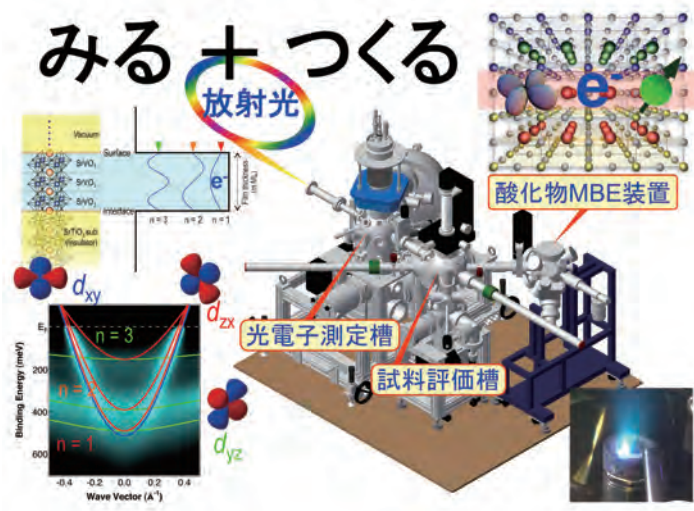
吉松 公平 講師
 Kohei Yoshimatsu, Senior Assistant Professor

専門分野・キーワード | 機能性ナノ物質/酸化物エレクトロニクス/表面・界面物性/放射光電子分光
 SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Functional nanomaterials/Oxide electronics/Surface and interface physical properties/Photoemission spectroscopy

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

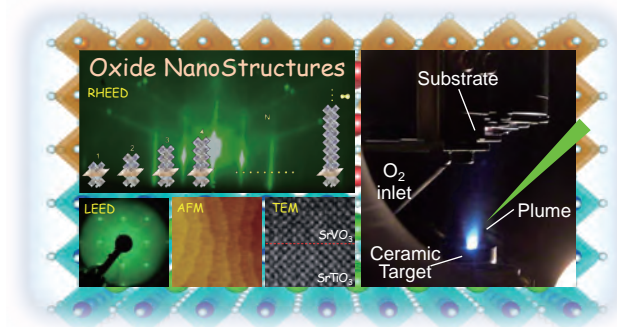
酸化物ナノ構造を自在に設計・合成し、新しい機能物性を創造する。

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.

Biomolecular Structure
INABA Lab

生体分子構造研究分野
稲葉研究室



専門分野・キーワード | X線結晶構造解析 / 細胞恒常性維持 / タンパク質品質管理 / レドックス / カルシウムイオン
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | X-ray crystal structure analysis / cellular homeostasis / protein quality control / redox / calcium ion

- 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

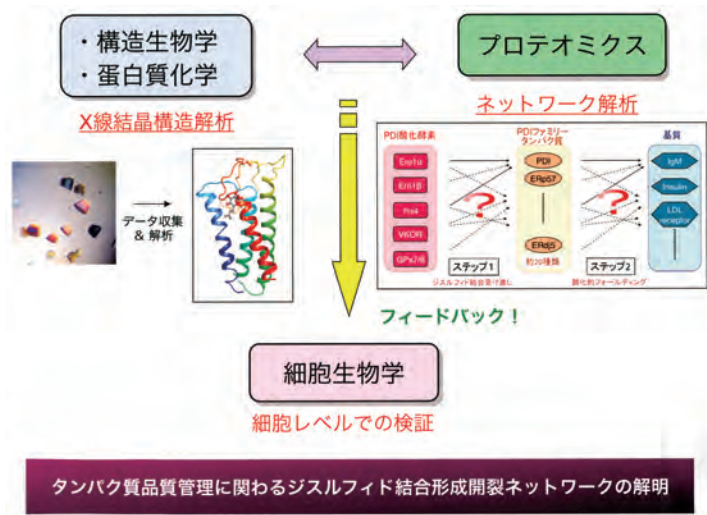
Satoshi WATANABE, Assistant Professor

天貝 佑太 助教

Yuta AMAGAI, Assistant Professor

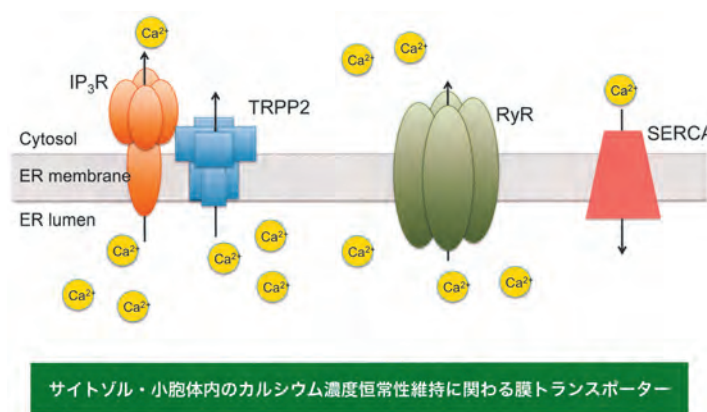
細胞恒常性維持の仕組みを細胞レベルと分子レベルで解き明かす

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



Toward elucidation of cellular mechanisms underlying protein and metal ion homeostasis

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



サイトソル・小胞体内のカルシウム濃度恒常性維持に関わる膜トランスポーター



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

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

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

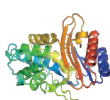
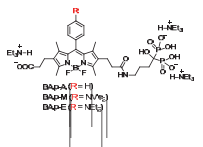
- 生物活性を可視化する蛍光センサーの開発
- 疾患機構や生命現象を調べる為の蛋白質-小分子ハイブリッド材料の開発
- 光を用いて生体分子活性を操作する技術の開発
- 高輝度レーザー顕微鏡技術に有用な光耐性蛍光色素の開発
- 酵素機能の解明と新規機能性蛋白質の創出
- Development of fluorescent sensor imaging biological activity
- Development of protein-small molecule hybrid materials to investigate diseases and biology
- Development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

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

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

多様な物質創製技術

有機合成
化学蛋白質
科学ナノ材料
合成

×

光計測・解析技術



生きた状態での生体分子機能を調べるための分子プローブ開発

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.

バイオイメージング技術の開発



生きたマウス体内で破骨細胞が活性化される様子のイメージング

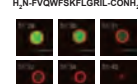


受容体蛋白質の1分子蛍光イメージング

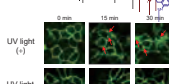
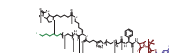


生細胞内Mg²⁺の蛍光イメージング

生体分子の光活性化技術の開発

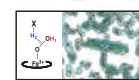


ケージド化合物によるリボソームからの光誘導薬物放出



ケージドプローブを用いた受容体タンパク質の光活性化

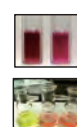
蛋白質機能の多角的な解明



新たな生体反応の探索

“酵素の化学”の解明

生理機能の理解





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

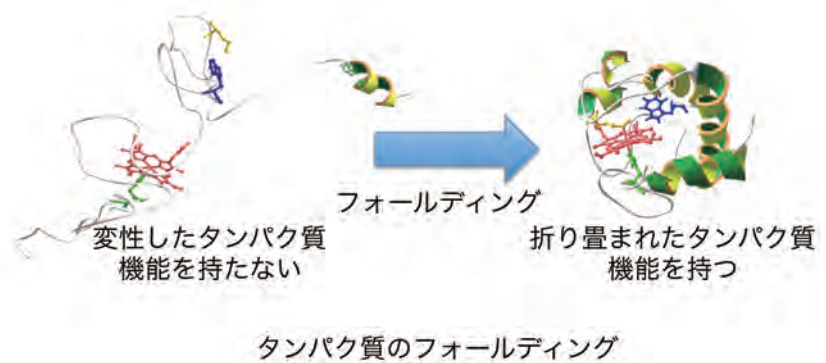
Hiroyuki OIKAWA, Assistant Professor

- 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

一分子蛍光観察によるタンパク質のフォールディングと機能の解明

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

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



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

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

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



高速一分子蛍光分光装置



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

柳 ユウホン 助教

Yuheng LIU, Assistant Professor

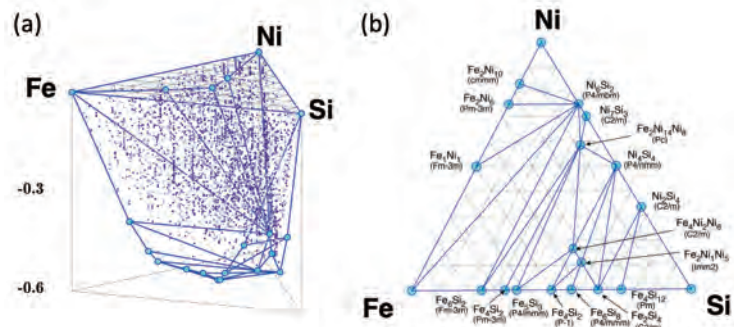
専門分野・キーワード | 計算状態図 / 第一原理計算 / 材料設計 / 電子論

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
- 実験手法を用いた合金状態図に関する研究
- CALPHAD法を用いた状態図の熱力学解析
- 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
- Experimental research for phase diagrams of alloys
- Thermodynamic assessment of phase diagrams using CALPHAD method

電子論計算にもとづく理論状態図の構築と新材料開発への応用

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



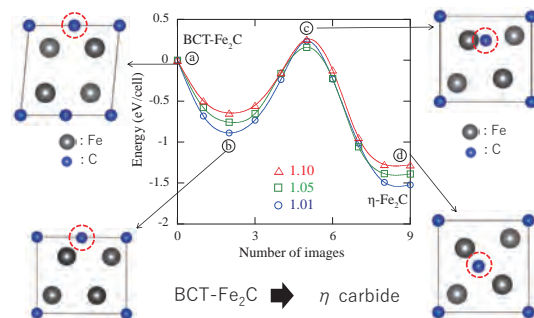
(a) 遺伝的アルゴリズムによって計算された Fe-Ni-Si 3元系基底状態における Convex-hull と (b) それを用いて構成した理論状態図。

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

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

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

tribution to the materials science.



Transition behavior from BCT-Fe₂C to η carbide suggested by the generalized solidstate nudged elastic band method.



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

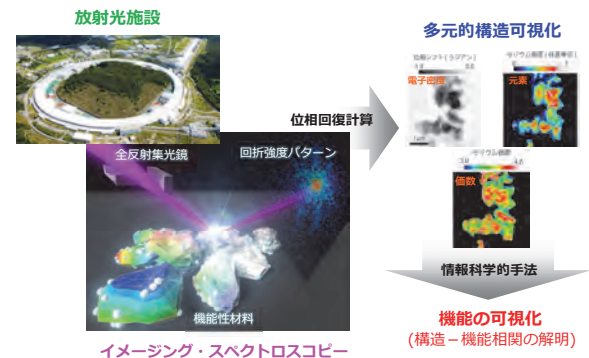
専門分野・キーワード | コヒーレントX線光学 / 放射光 / 可視化計測 / 情報科学

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Coherent X-ray Optics / Synchrotron Radiation / Visualization Measurement / Informatics

- X線光学技術を駆使した次世代のコヒーレント回折イメージング法の開拓
- タイコグラフィ-X線吸収微細構造法の開発と機能性材料の構造-機能相関解析への展開
- 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
- 情報科学的手法を活用した新規位相回復アルゴリズムの開発
- X線自由電子レーザーを駆使したシングルショットX線イメージング法の開発と応用
- Development of next-generation coherent diffraction imaging methods using novel X-ray optics
- Development of ptychographic-XAFS(X-ray Absorption Fine Structure) and application to structure - function correlation analysis of functional materials
- Three-dimensional nanostructure visualization of electric devices by multi-slice X-ray ptychography
- Development of novel phase retrieval algorithm using informatics
- Development and application of single-shot coherent X-ray imaging techniques using X-ray free electron laser

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

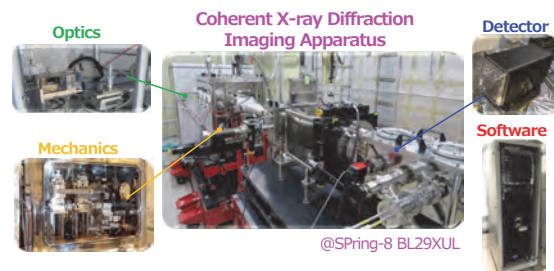
実用材料の多くは、ナノからマイクロメートルまでの空間階層構造を有する複雑系です。したがって、新材料を設計・開発する際、ナノ・メンスケールでの微細構造と機能の相関を解明することが重要です。放射光を光源とするイメージング・分光技術を駆使することで実用バルク材料全体の構造・元素・電子状態を多角的に可視化することができます。特に、放射光のコヒーレント成分を利活用したコヒーレント回折イメージングは、X線領域で未踏であったナノスケールでの構造可視化を実現する次世代の可視化計測法として注目されています。また、近年の情報処理技術の発展に伴い、3次元空間に分布する元素・電子状態の情報から構造-機能相関に関する特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

eration 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.





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

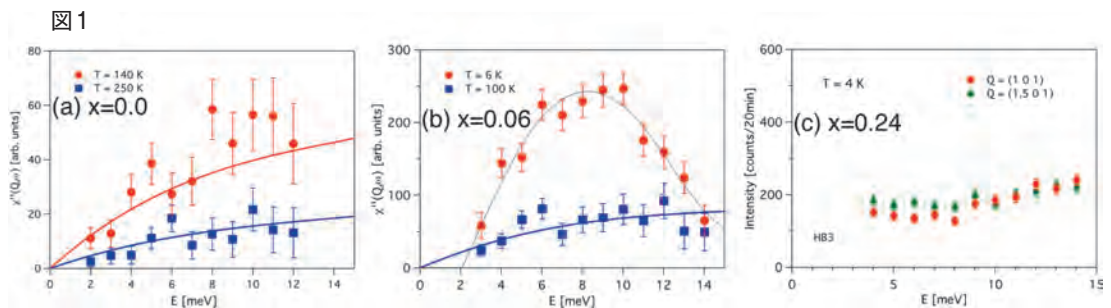
専門分野・キーワード | 中性子非弾性散乱/中性子磁気散乱/量子スピン系/遍歴電子磁性と超伝導
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | neutron inelastic scattering/neutron magnetic scattering/quantum magnets
itinerant electron magnetism and superconductivity

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

中性子非弾性散乱を用いた量子スピン系や新奇超伝導体のスピンダイナミクス研究

我々のグループではスピンの運動を直接観測できる中性子非弾性散乱を用いた研究を行っています。超伝導に代表されるような巨視的な量子現象は興味深い研究対象ですが、その起源解明にはダイナミックな自由度の直接観測が欠かせません。図1は中性子非弾性散乱により測定された鉄系超伝導体 $\text{Ba}(\text{Fe}_{1-x}\text{Co}_x)2\text{As}_2$ における反強磁性スピン揺らぎ(動的帯磁率)のCoドーピング依存性です。遍歴反強磁性体である母物質($x=0$)の常磁性状態の動的帯磁率は金属

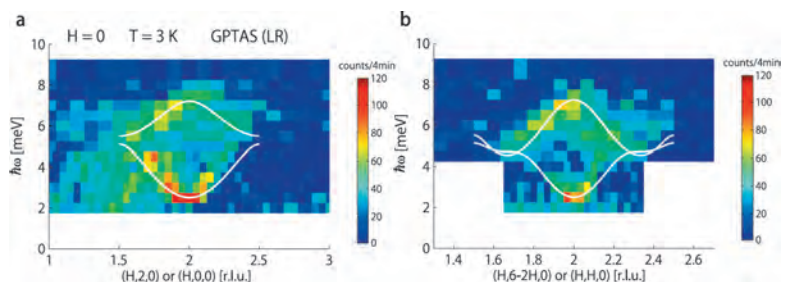
反強磁性体に典型的なものです。最適ドーピング組成($x=0.06$)で発現する超伝導相($T=6\text{K}<T_c$)では強い反強磁性揺らぎが見られます。超伝導が抑制された過剰ドーピング($x=0.24$)試料では反強磁性揺らぎ自体が消失します。この結果は超伝導とスピン揺らぎ、更には電子構造との関連を示唆しています。



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

Neutron inelastic scattering is a powerful tool for observing spin dynamics in solids. Enhanced quantum fluctuation often dominates low-temperature properties of spin systems, giving rise to novel nonmagnetic ground states. A tool that can observe spin dynamics is indispensable to elucidate mechanism realizing such a nonmagnetic state. Fig.1 shows spin excitation spectra in the quantum kagome antiferromagnet $\text{Rb}_2\text{Cu}_3\text{SnF}_{12}$. Strong quantum fluctuations, enhanced by the geometrical frustration, prohibit spins to order even at the base temperature, and instead a nonmagnetic singlet ground state is formed. Such a singlet state cannot be

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





北上 修 教授

Osamu KITAKAMI, Professor

osamu.kitakami.c7@tohoku.ac.jp

岡本 聡 准教授

Satoshi OKAMOTO, Associate Professor

菊池 伸明 助教

Nobuaki KIKUCHI, Assistant Professor

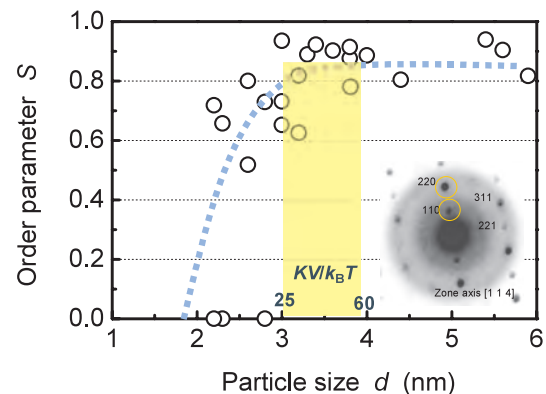
専門分野・キーワード | ナノ磁性体/サイズ効果/磁気メモリー/スピンドYNAMICS

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

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

単一ナノ磁性体の物性の解明と先端磁気メモリーデバイスへの展開

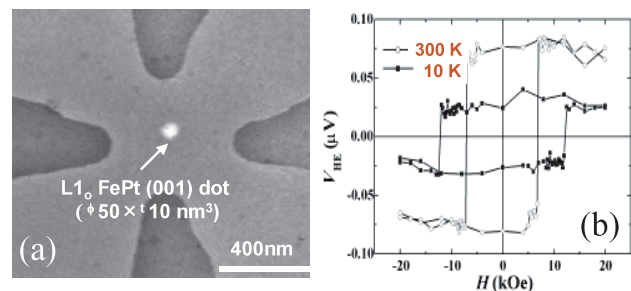
磁気ディスクをはじめとする磁気メモリーは、不揮発、高密度、低コスト、高速などの特長を有し、急速に情報化が進む現代社会において益々その重要性を増しています。現在、それらのデバイスを構成する磁性体のサイズは10nm程度に微細化され、表界面効果、量子効果、熱揺らぎなどナノサイズ特有の様々な現象が顕在化しつつあります。例えば、具体的な問題として、どのような原子配列がナノサイズ領域において安定なのか、サイズ効果によりバルクとは異なる物性が現れるのか、さらには外場や熱に対して静的・動的にどのように振舞うのか、等々があります。これら基本的な問題を解決することは、基礎的興味だけでなく将来のデバイス開発を進めて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



$L1_0$ FePt粒子の規則度の粒子サイズ依存性。 $KVK_B T$ は熱安定性指標。挿入図は一粒子からの電子回折パターン。

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

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



(a) $L1_0$ FePt (001)単結晶ドット測定用異常Hall効果測定デバイス, (b) 温度 $T = 10, 300$ Kにおける(a)のFePtドットの磁化曲線。

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



蟹江 澄志 教授
Kiyoshi KANIE, Professor
kanie@tohoku.ac.jp

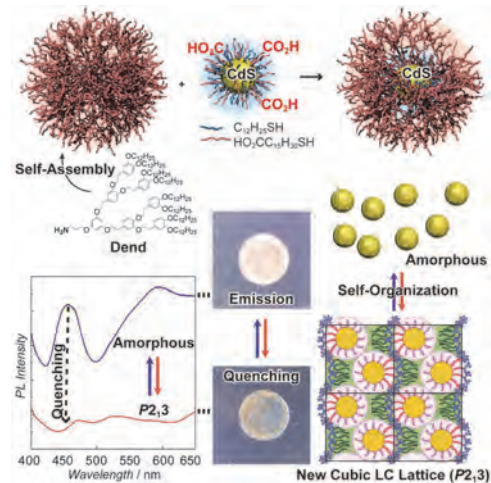
専門分野・キーワード | 有機無機ハイブリッドナノ粒子/ハイブリッド液晶/プリンテッドエレクトロニクス向けナノインク/人工リン脂質材料

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Organic-Inorganic Hybrid Nanoparticles/Hybrid Liquid Crystals/Nano-Inks for Printed Electronics/Phospholipids-based Artificial Materials

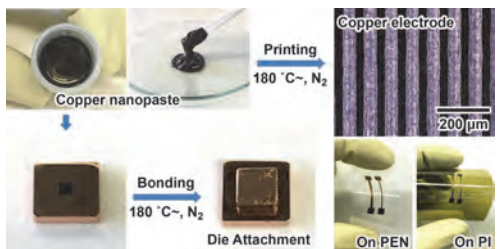
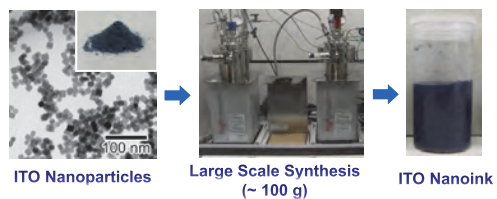
- 有機無機ハイブリッドナノ粒子のデザイン・合成
- サイズ・形態制御無機ナノ粒子の精密液相合成法開拓
- ナノ粒子精密合成に基づくプリンテッドエレクトロニクス向けナノインクの開発
- 刺激応答性人工リン脂質の設計・合成とマクロ自己組織構造制御
- 機能性イオン液体の分子設計による新たな抽出プロセス開発
- Design and Synthesis of Organic-Inorganic Hybrid Nanoparticles
- Development of Liquid Phase Precise Synthesis of Inorganic Nanoparticles Controlled 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

有機・無機・バイオにわたる
多元精密合成に基づく機能性材料

機能性材料は、私たちの豊かな生活を支える縁の下の力持ちです。それ故、新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、自由な発想で新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、新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) 塗ることで機能性薄膜となるナノインク、iii) 可逆的な刺激応答性を有する脂質二分子膜材料 など、“ハイブリッド化”に基づく機能性材料を世に送り出してきました。豊かな将来のため、これからも新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.



虻川 匡司 教授

Tadashi ABUKAWA, Professor

abukawa@tohoku.ac.jp

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

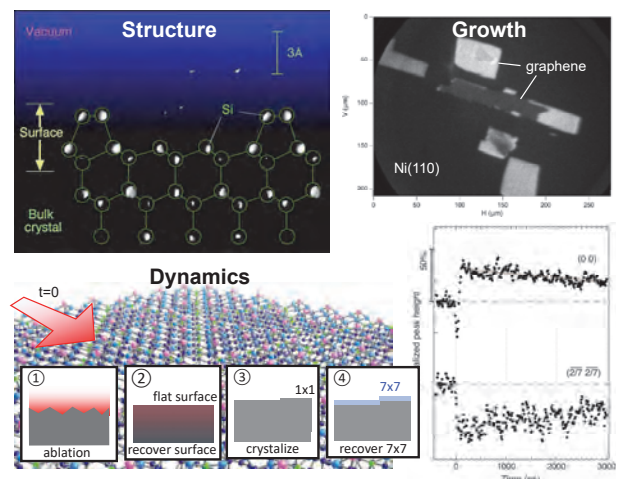
- 新しい表面構造解析法の開発
- 表面構造ダイナミクスの研究
- 2次元原子層物質の成長と物性研究
- マイクロ/ナノ構造の表面
- Development of novel techniques for surface structure analysis
- Study of surface structure dynamics
- Growth and characterization of 2D atomic layer materials
- Surface analysis of micro/nano-structures

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。

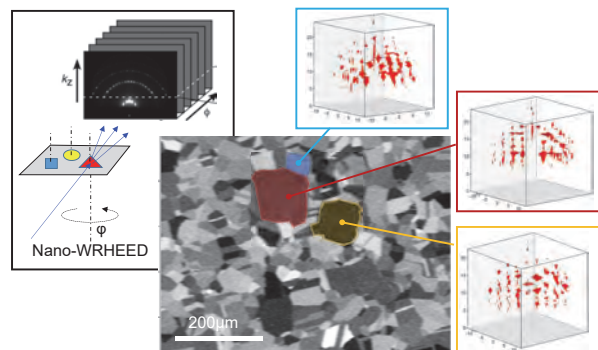
これまでに、表面の原子配列を3次元的に可視化するために、振動相関熱散漫散乱法、ワイゼンベルグ反射高速電子回折法を開発しました。独自開発のワイゼンベルグ反射高速電子回折法では、3次元的な表面構造解析に必要な大量のデータを、わずか数10分で測定できる優れた手法です。また、反応ダイナミクスや構造相転移ダイナミクスを研究するために、ストリークカメラ電子回折法という表面原子の高速な動きを捉える新しい手法を開発しました。サブナノ秒から数ミリ秒という幅広い時間領域で、表面上の原子の動きを捉えることができます。

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 poly crystal and their 3D reciprocal maps by nano-WRHEED.



阿尻 雅文 教授

Tadafumi ADSCHIRI, Professor

tadafumi.ajiri.b1@tohoku.ac.jp

笥居 高明 准教授

Takaaki TOMAI, Associate Professor

専門分野・キーワード | 超臨界水 / 超ハイブリッド / ナノ材料 / プロセス工学

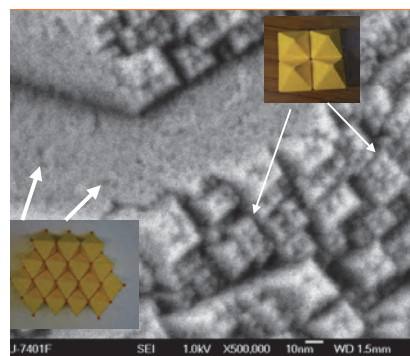
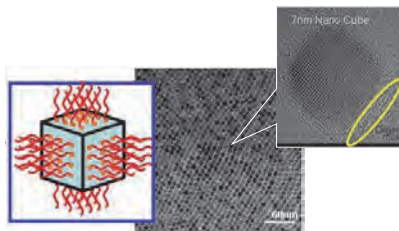
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | supercritical water / super hybrid / nanomaterials / process engineering

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

超ハイブリッドナノ材料創製・プロセスの開発

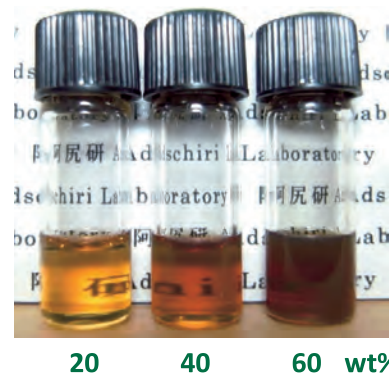
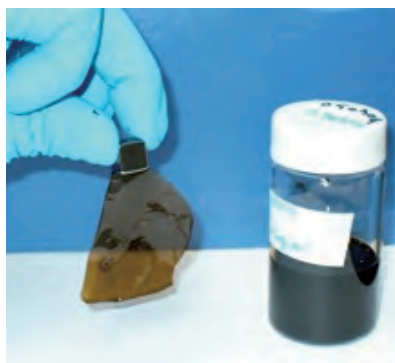
当研究室では、超臨界水を反応溶媒とするバイオマス変換・ケミカルリサイクル・有機合成・ナノ粒子合成・資源改質・触媒といった様々な新規プロセスの開発を進め、そのいくつかは既に実用化しています。最近では、超臨界場を利用することで、有機分子・無機材料がナノメートルスケールで融合した「超ハイブリッドナノ粒子」を創製しています。現在、その合成機構の解明を進めるとともに、その露出面制御触媒、ナノ集合体の新規機能発現といった応用研究も進めています。この超ハイブリッドナノ粒子を溶媒中に高濃度分散させることにも成功しており、このナノフルイドをインクとする3Dプリンティングへの応用を進めています。また、このナノ粒子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

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



Supercritical fluid for nano-hybrid technologies

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





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

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

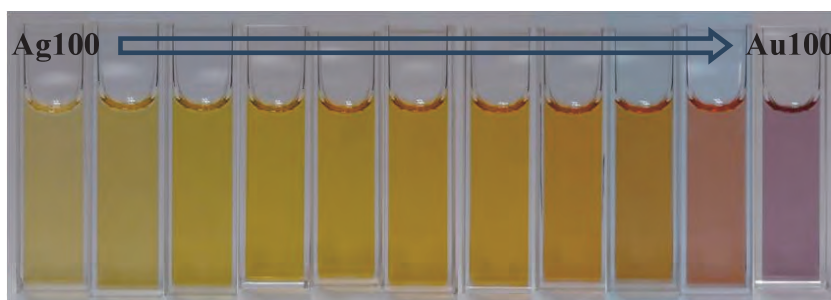
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | laser/photonics/nano-particle/vector beam

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

光科学と物質科学の融合研究

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

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

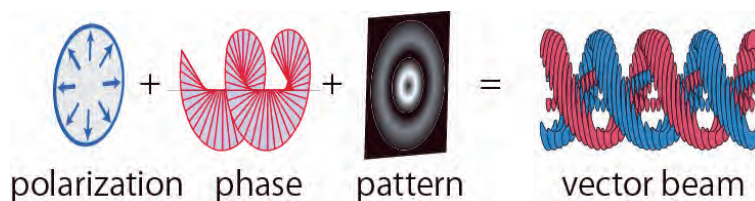


金と銀の合金ナノ微粒子の分散液。左から右にかけて金の割合が増えている。

Multidisciplinary research of photonics and material science

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

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



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

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



雨澤 浩史 教授

Koji AMEZAWA, Professor

koji.amezawa.b3@tohoku.ac.jp

中村 崇司 助教

Takashi NAKAMURA, Assistant Professor

木村 勇太 助教

Yuta KIMURA, Assistant Professor

林田真由子 助教

Mayuko HAYASHIDA, Assistant Professor

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

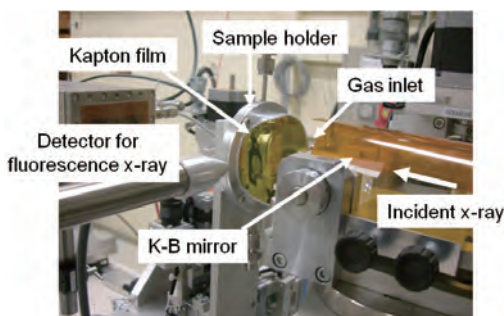
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | solid state ionics／energy conversion／operando analysis／electrochemistry

- 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 rechargeable batteries
- Development of advanced operando analytical techniques for electrochemical energy conversion devices.
- Basic research on electrochemical phenomena at hetero-interfaces
- Design and synthesis of novel solid state ionic conductors

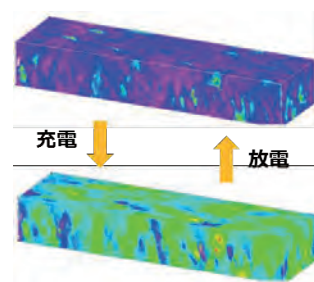
環境にやさしいエネルギー変換デバイスの実現・普及に向けて

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



高温雰囲気制御型オペランドマイクロX線吸収分光測定装置

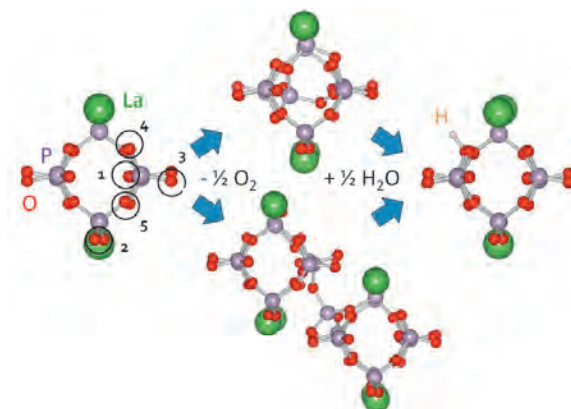


オペランド測定による蓄電池合材電極反応の3D可視化

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

Toward the development of environmental-friendly energy conversion devices

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



第一原理計算による希土類メタリン酸塩におけるプロトン伝導の発現機構モデル



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 | 製鉄プロセス/シミュレーション/移動現象/多相流/反応速度/熱工学

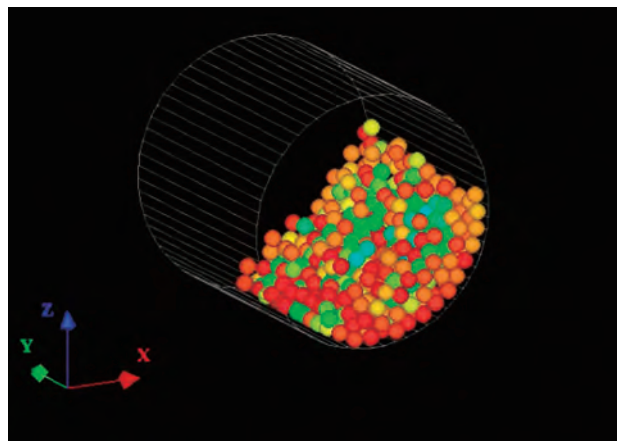
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | ironmaking/process simulation/transport phenomena/multiphase/reaction kinetics/thermal engineering

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

反応動力学解析による革新的素材プロセスの開発

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

ギー回収および貯蔵プロセスの開発も進めています。

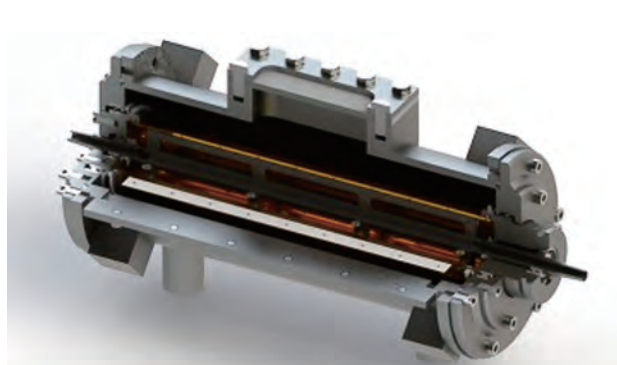


ロータリーキルン内の原料温度分布解析

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

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

storage of thermal energy.



High-performance heat exchanger with boundary layer control



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

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

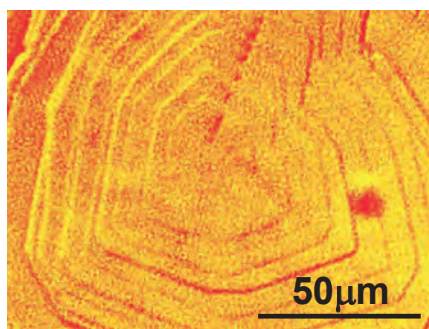
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | silicates/thermophysical property/solidification process/refining process

- 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

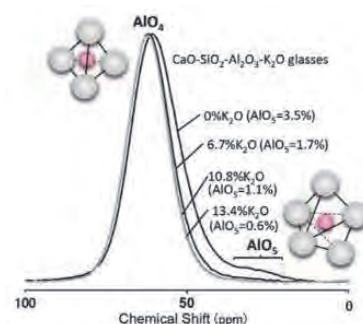
高効率素材製造プロセスのための高温界面物理化学

素材の精錬プロセス、製造プロセス、リサイクルプロセス等の原理を理解するには、異相間の化学的、物理的分離過程を詳細に理解する必要があります。これらの分離プロセスは異相間の界面における特性に左右されています。また、それぞれの相の化学的、物理的性質がプロセスの効率化に関係しています。このようなプロセスは高温において実行されるため、高温における各種物性値も重要です。例えば溶融珪酸塩や金属融体の熱伝導率、粘性は高温の精錬プロセスでは極めて重要な働きを

します。これらの物性値はその物質の構造に敏感な性質ですので、物性の発現機構を物質の構造との関連から解明する研究を行っています。また、材料の分離プロセスや結晶成長に関わる界面における反応機



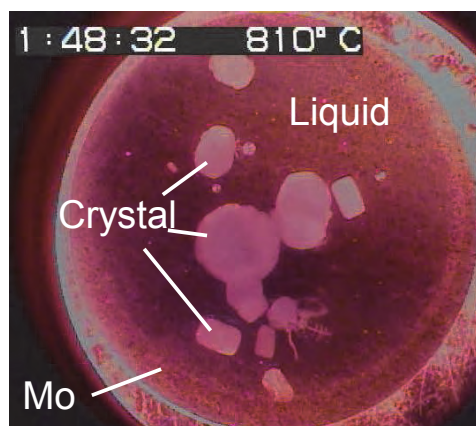
SiCが1400°Cで結晶成長する様子

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

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

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

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



Crystallization of lithium silicate on the molybdenum substrate

5 mm



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

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

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

上田 潔 教授

Kiyoshi UEDA, Professor

kiyoshi.ueda.a2@tohoku.ac.jp

奥西みさき 助教

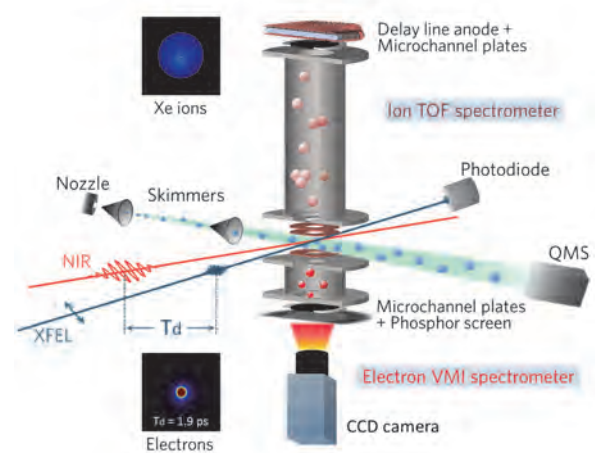
Misaki OKUNISHI, Assistant Professor

福澤 宏宣 助教

Hironobu FUKUZAWA, Assistant Professor

分子の動き、電子の動きを捉える

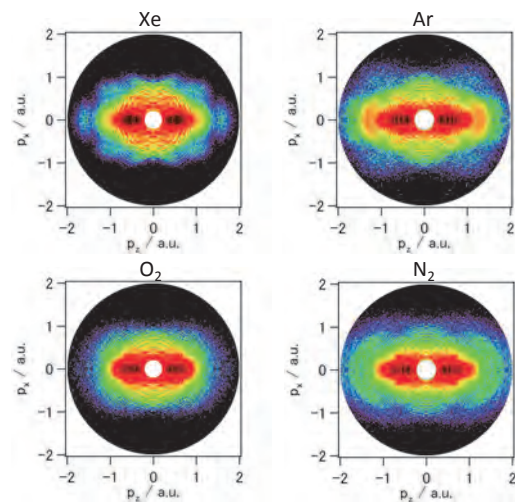
原子や分子、ナノ構造体における様々な量子過程は粒子が波としての性質を持つことに由来する量子干渉により古典過程と異なった振舞いを示します。このような微小世界では量子干渉を制するものが世界を制するといっても過言ではありません。我々は、このような量子論が支配する分子、ナノクラスターにおける光電離・光解離・電子緩和・電子移動・異性化(原子再配列)といった超高速反応を解析し、視覚化し、制御することを目指しています。この目的を達成するためには孤立分子・クラスターにおける原子の動き、電子の動き計測する手段が必要となりますが、我々は独自の最先端計測技術を提案・開発して研究に供しています。また、様々な量子過程を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



X線自由電子レーザーと超短パルスレーザーを組み合わせた実験装置

Taking the molecular movie, catching the electron motion

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



Photoelectron angular distributions of rare gas atoms (Xe and Ar) and diatomic molecules (O₂ and N₂) irradiated by intense laser pulses

Quantum Electron Science

TAKAHASHI MASAHIKO Lab

量子電子科学研究分野
高橋正彦研究室

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

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

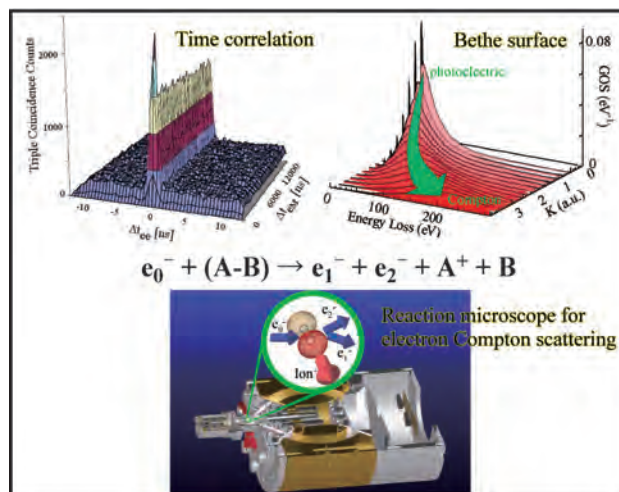
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | molecular science / collision physics / multiparameter coincidence spectroscopy / momentum space wave function

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

電子線コンプトン散乱を利用した物質内電子運動の可視化

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

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

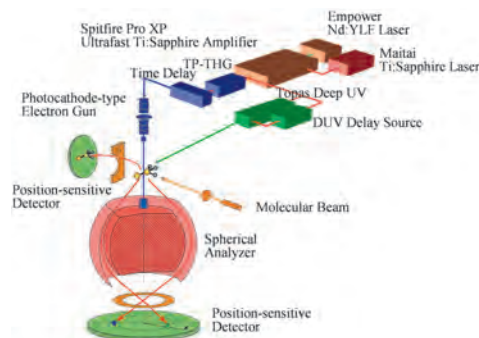


Visualization of electron motion in matter by means of electron Compton scattering

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

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

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





専門分野・キーワード | イメージング/X線/位相計測/三次元計測

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

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

百生 敦 教授

Atsushi MOMOSE, Professor
atsushi.momose.c2@tohoku.ac.jp

矢代 航 准教授

Wataru YASHIRO, Associate Professor

池松 克昌 講師

Katsumasa IKEMATSU, Senior Assistant Professor

呉 彦霖 助教

Yanlin WU, Assistant Professor

中野 朝雄 特任教授

Asao Nakano, Specially Appointed Professor

高野 秀和 特任准教授

Hidekazu TAKANO, Specially Appointed Associate Professor

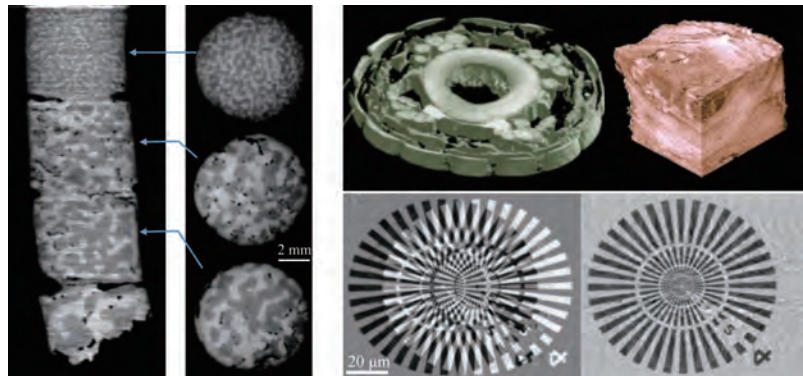
橋本 康 特任講師

Koh HASHIMOTO, Specially Appointed Senior Assistant Professor

量子ビームの位相で観る

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

用展開を視野に入れた多くの共同研究も行っています。

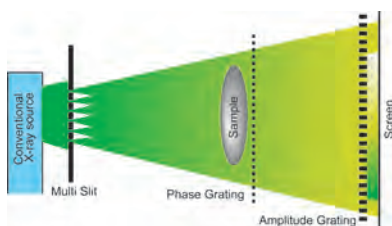


イメージギャラリー:位相CTによるPS/PMMAブレンドの相分離構造(左)、マウス尻尾軟骨(中央上)、及び、ウサギ肝組織内の悪性腫瘍(右上)。位相敏感X線顕微鏡への適用例(右下)

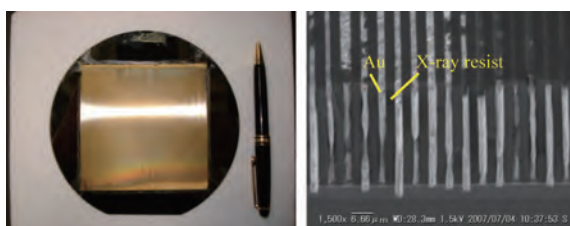
Observation using wave nature of quantum beam

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

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



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



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

Structural Physics and Crystal Physics

KIMURA Lab

構造材料物性研究分野

木村研究室



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

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

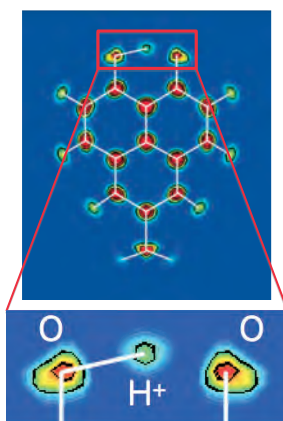
SPECIALIZED
FIELD-KEY WORDPrecise crystal/magnetic structure analysis under multiple extreme conditions /
Development of neutron and X-ray diffractometers / Magnetic ferroelectrics /
Hydrogen-bonded dielectrics

- 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

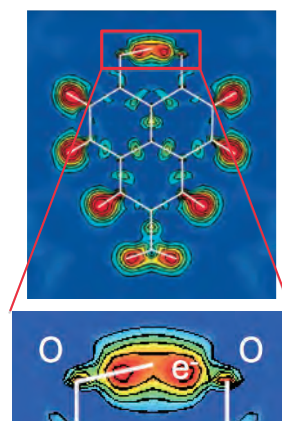
X 線・中性子結晶構造解析による1原子内電子分極の可視化

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

中性子構造解析による原子核密度分布



X線構造解析による原子核密度分布

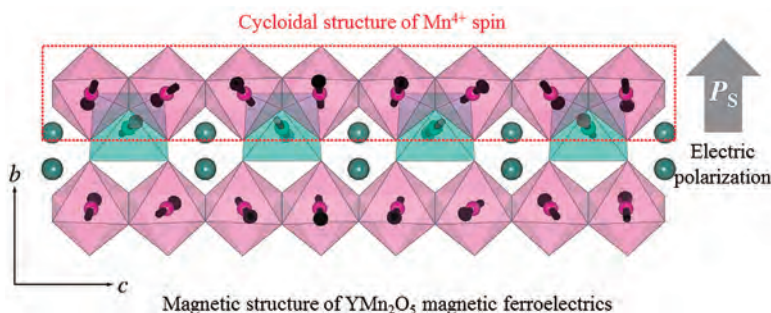


電子雲と原子核の重心位置のズレ → 1原子内電気分極

Ferroelectric polarization induced by magnetic order in magnetic ferroelectrics

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

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





火原 彰秀 教授

Akihide HIBARA, Professor

akihide.hibara.e7@tohoku.ac.jp

大庭 裕範 准教授

Yasunori OHBA, Associate Professor

福山 真央 助教

Mao FUKUYAMA, Assistant Professor

モット デリック 助教

Derrick Michael MOTT, Assistant Professor

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

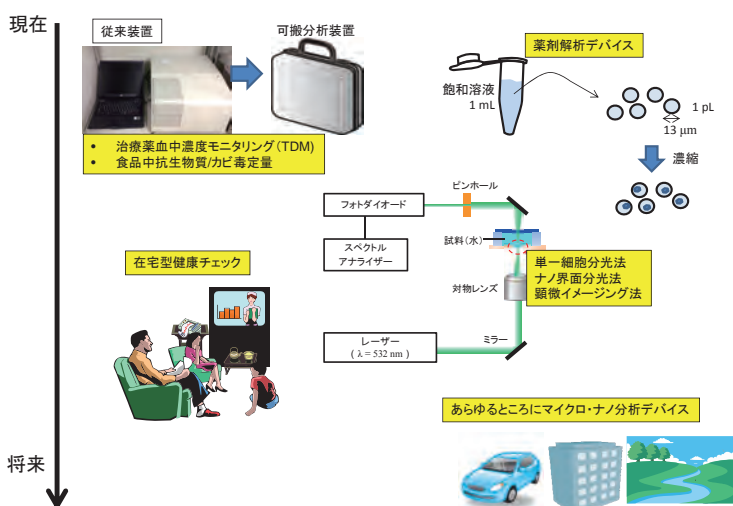
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | nano / micro analytical devices / imaging microscopy / optical detection methods / electron spin resonance

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

ナノ・マイクロ空間の化学をつかい・はかる

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

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

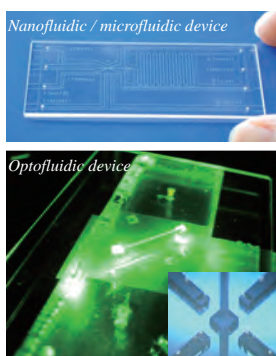


Chemistry in nano/micro space: measurements & applications

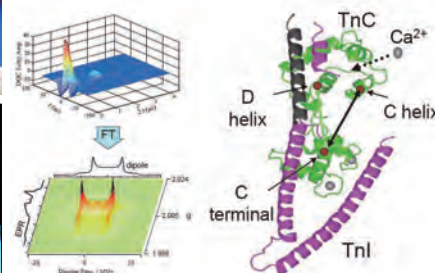
We study advanced nano-micro technologies in chemistry and biochemistry and their applications to integrated analytical devices. We investigate easy and automated analytical technologies for life science, environmental science, food safety, and industrial process.

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

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



High power pulsed ESR for protein folding analysis



Polymer Physics and Chemistry

JINNAI Lab

高分子物理化学研究分野
陣内研究室

陣内 浩司 教授

Hiroshi JINNAI, Professor

hiroshi.jinnai.d4@tohoku.ac.jp

丸林 弘典 講師

Hironori MARUBAYASHI, Senior Assistant Professor

宮田 智衆 助教

Tomohiro MIYATA, Assistant Professor

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

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

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

電子線によってソフトマテリアルの構造とダイナミクスを観る

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

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

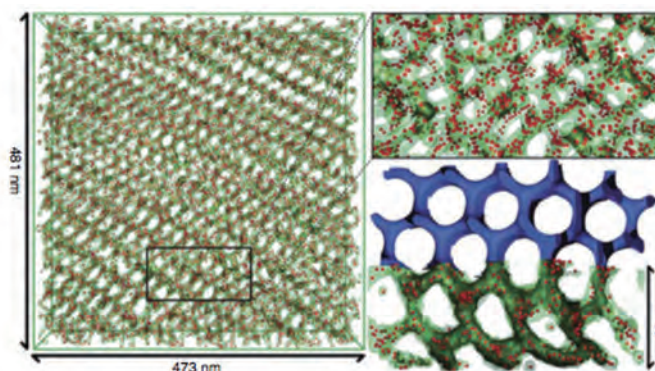


Fig.1. 3D reconstruction of Pt nano-particle (NP) network superstructure in terpolymer metal NP hybrid compositions and comparison with Self Consistent Field Theory (SCFT) results.

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

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

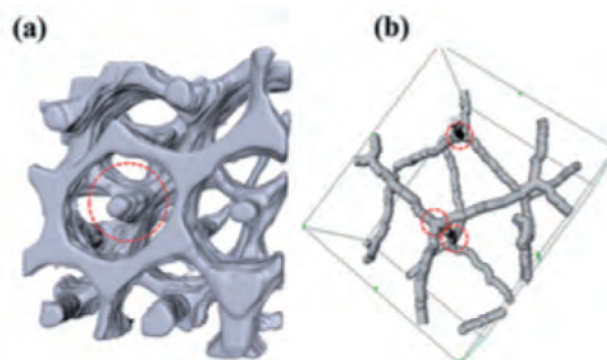


Fig.2. (a) 3D of the ordered bicontinuous double diamond (OBDD) structure in a block copolymer. The image shown in (b) reveals the 3D thinned image of the unit cell of the OBDD structure.



高桑 雄二 教授

Yuji TAKAKUWA, Professor

yuji.takakuwa.b7@tohoku.ac.jp

小川 修一 助教

Shuichi OGAWA, Assistant Professor

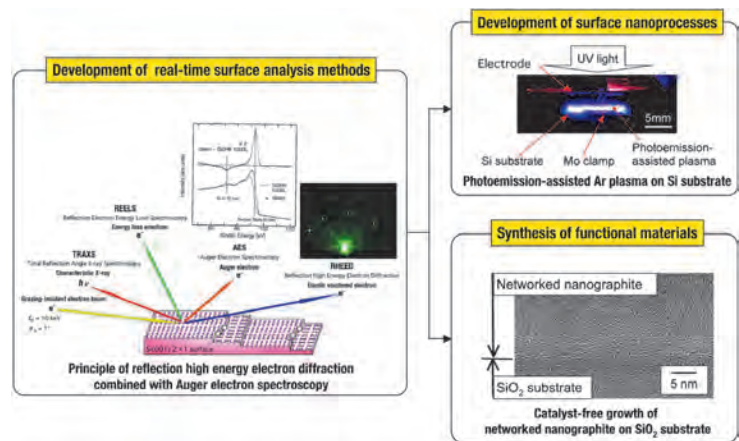
専門分野・キーワード | 表面物理学 / 材料科学 / プロセス工学 / 電子と光をプローブとする表面計測法の開発

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

- ナノ炭素材料の気相合成プロセスの開発
- 次世代 CMOS ゲートスタックの絶縁膜形成機構の解明と制御
- 機能性金属酸化膜の表面反応機能の解明と制御
- 電子回折による固体表面構造解析と応用
- 低速イオンを用いた表面の原子スケール平坦化手法の開発
- Development of chemical vapor deposition processes for nanocarbon materials
- Analysis and control of the growth mechanism of insulator thin films for gate stacks of advanced CMOS
- Analysis and control of the surface reaction mechanism on functional metal oxide surfaces
- Determination of surface structures by electron diffraction and its application
- Development of surface flattening method using low energy ion beams

表面反応機構に基づいた機能性薄膜創製と表面ナノプロセス開発

電子と光をプローブとする新しい表面計測法の開発と応用を基本方針として右図に示すように、それらを用いて解明された表面・界面反応機構に基づいた機能性薄膜の創製と、表面ナノプロセスの開発を行っています。開発に取り組んでいるオージェ電子分光と希ガス共鳴線を用いる光電子分光では表面情報を相補的に「複合計測」や、反応キネティクスを追跡できる「リアルタイム観察」、反応ガス雰囲気中での「プロセス中の『その場』観察」ができることを特徴としています。固体表面・界面での化学・固相反応過程を制御することにより、ダイヤモンド、多層グラフェン、ダイヤモンドライクカーボンなどの炭素材料の創製や、ニッケル・チタンなど触媒金属表面での反応過程の解明、そして表面平坦化のための光電子制御プラズマイオン源などの表面ナノプロセスの開発を展開しています。



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

In the research section of surface physics and processing, we aim to develop various surface analysis methods with electron and photon probes; Real-time photoelectron spectroscopy using synchrotron radiation and noble gas resonance lines for monitoring in situ surface chemical compositions and bonding states under a reactive gas atmosphere (Fig. 1). Based on the observed chemical and solid interface, we have synthesized functional materials such as diamond, multilayer graphene, diamond-like carbon using photoemission-assisted plasma enhanced CVD (Fig. 2).

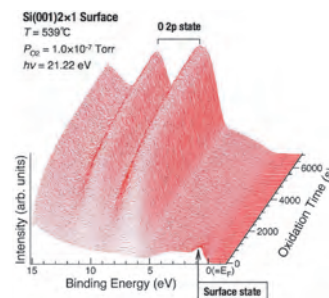


Fig.1. Time evolution of photoelectron spectra taken during exposing Si(001) surface with O₂.

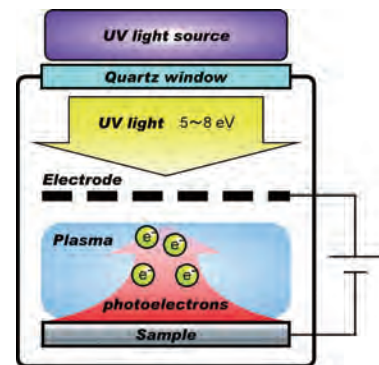


Fig.2. Schematic illustration of photoemission-assisted plasma enhanced CVD.

Quantum Optoelectronics
CHICHIBU Lab量子光エレクトロニクス研究分野
秩父研究室秩父 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中須 大蔵 助教
Taizo NAKASU, Assistant Professor菊地 清 助手
Kiyoshi KIKUCHI, Research Associate

専門分野・キーワード | 半導体光物性 / 量子構造形成 / キャリアダイナミクス / 時間空間分解分光
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Wide bandgap semiconductors / Quantum nanostructures / Carrier dynamics / Spatio-time-resolved spectroscopy

- 環境に優しい(AI,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(AI,In,Ga)Nおよび(Mg,Zn)O系ワイドバンドギャップ半導体量子ナノ構造の時間空間分解スペクトロスコピー
- 有機金属化学気相エピタキシーによる(AI,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

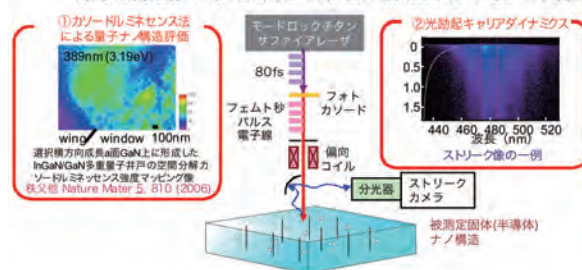
ワイドギャップ半導体ナノ構造創成と時空間分解スペクトロスコピー

光子系(電磁波)と電子系(励起子)の機能融合を実現する量子構造デバイス半導体として、禁制帯幅に相当する波長が200nm台の深紫外線から近赤外線まで広範囲をカバーし、環境にも人間生活にも優しい(プラネットコンシャスな)AlN, GaN, InN等のIII族窒化物半導体やZnO, MgO等のII族酸化物半導体、更にはTiO₂等の金属酸化物半導体にスポットライトを当て、有機金属化学気相エピタキシー法などによって原子層レベルで平坦な表面・界面を持つ半導体ナノ超薄膜や構造のエピタキシャル形成を行います。また、それらメズスコピック・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

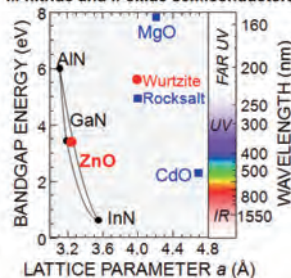


Design and creation of wide bandgap semiconductor quantum nanostructures and spatio-time-resolved spectroscopy

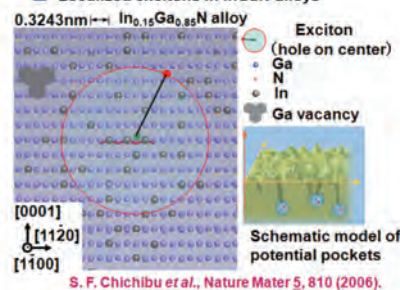
Research objectives of the laboratory are to design and create quantum nanostructures desirable for new functional optoelectronic devices workable in deep ultraviolet, visible, and optical communication wavelengths using planet-conscious wide bandgap semiconductors, namely (Al,In,Ga)N and (Mg,Zn)O systems. 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 InGa alloys





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

専門分野・キーワード | 材料プロセス／化学熱力学／融体物性／結晶成長

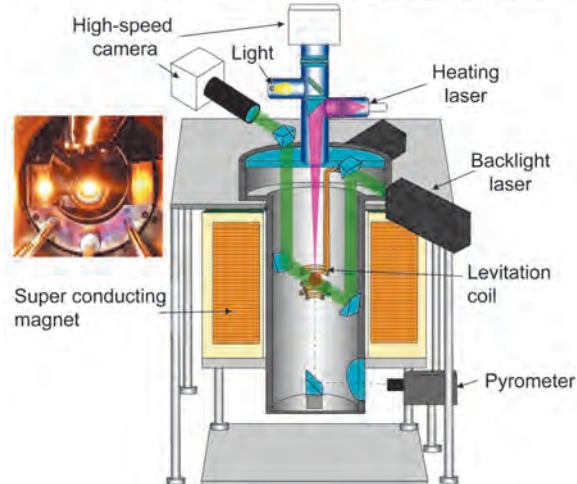
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | materials processes／chemical thermodynamics／thermophysical properties of high-temperature melts／crystal growth

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

機能性材料プロセスと熱物性計測法の開発

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

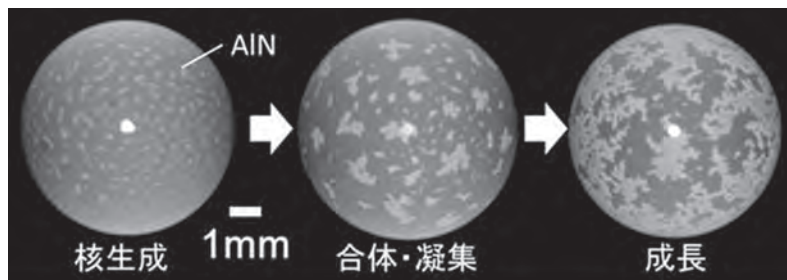
PROSPECT Properties and Simulations Probed with Electromagnetic Containerless Technique



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

Base Materials Processing KITAMURA Lab

基盤素材プロセス研究分野 北村研究室



専門分野・キーワード | 製鋼 / 鉄鋼精錬 / 化学平衡 / 反応速度 / リサイクル
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | steelmaking / ferrous metallurgy / chemical equilibrium / reaction kinetics / material recycling

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

北村 信也 教授

Shin-ya KITAMURA, Professor

shinya.kitamura.e7@tohoku.ac.jp

植田 滋 准教授

Shigeru UEDA, Associate Professor

高 旭 助教

Xu GAO, Assistant Professor

杜 传明 助教

Chuanming DU, Assistant Professor

製鋼プロセスの新展開

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

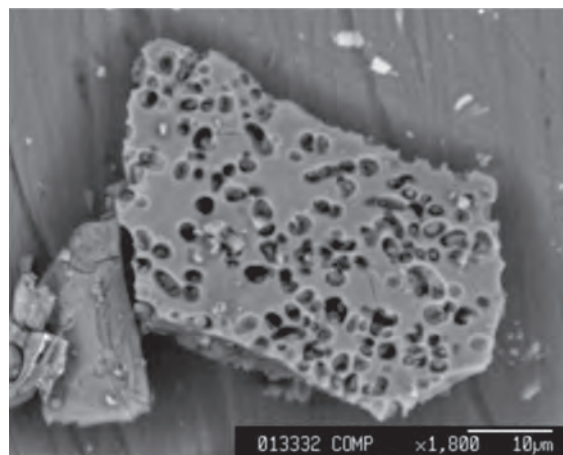


図 製鋼スラグを浸出した結果、磷を含む相が選択的に溶解した様子
Picture of steelmaking slag after the leaching which shows that the phase containing phosphorus dissolved selectively.

New development of steelmaking process

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



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



加納 純也 教授

Junya KANO, Professor

kano@tohoku.ac.jp

石原 真吾 助教

Shingo ISHIHARA, Assistant Professor

久志本 築 助教

Kizuku KUSHIMOTO, Assistant Professor

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

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

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

機能性粉体プロセスの創成とシミュレーションによる粉体プロセスの最適化

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

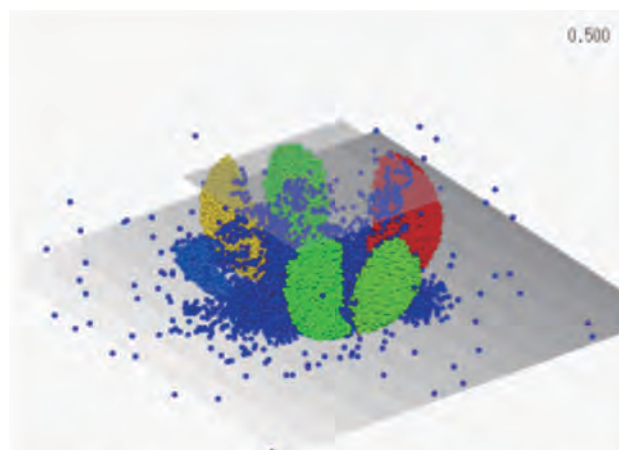


図1 ADEMによる固体粒子破壊挙動のシミュレーション

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

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

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

Energy Resources and Processing
KIRISHIMA Lab

エネルギー資源プロセス研究分野
桐島研究室



桐島 陽 教授

Akira KIRISHIMA, Professor

kiri@tohoku.ac.jp

秋山 大輔 助教

Daisuke AKIYAMA, Assistant Professor

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

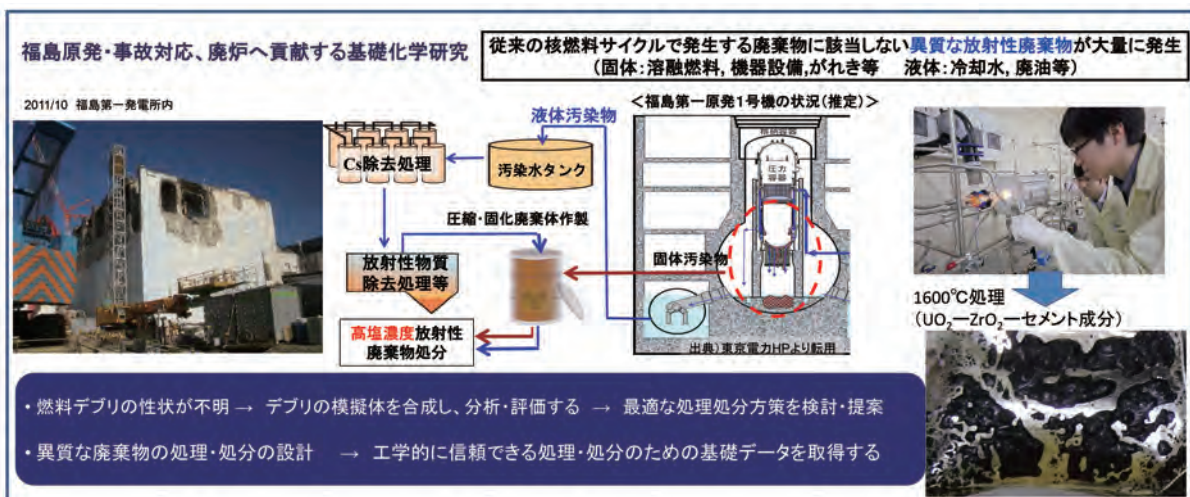
- 放射化学アプローチによる原発事故廃棄物のバックエンド工学研究
- プロトアクチニウム溶液化学研究への再挑戦
- 深部地下ならびに表層環境中の放射性核種の移行挙動研究
- 素材や製品に含まれる天然放射性物質 (NORM) 問題の研究
- Research for radioactive waste management and environmental recoverability on Fukushima NPP accident in 2011
- Solution chemistry research on Protactinium
- Research for front and back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

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、安定化や廃棄体化処理を施し、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化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.





本間 格 教授

Itaru HONMA, Professor

itaru.homma.e8@tohoku.ac.jp

シュタウス スヴェン 准教授

Sven STAUSS, Associate Professor

小林 弘明 助教

Hiroaki KOBAYASHI, Assistant Professor

チュロン クワン ドク 助教

Quang Duc TRUONG, Assistant Professor

岩瀬 和至 助教

Kazuyuki IWASE, Assistant Professor

専門分野・キーワード | ナノテクノロジー／機能的ナノ材料／リチウムイオン電池／燃料電池／太陽電池

SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Nanotechnology／Functional nanomaterials／Lithium ion battery／fuel cell／solar cell

- 高容量・高出力型リチウムイオン電池
- 全固体電池
- マグネシウムイオン電池
- 超臨界流体プロセスを用いた機能的ナノ材料の創製
- 水熱電解プロセスを用いた単原子層電極材料の合成
- High power and high energy density lithium-ion batteries
- All solid state battery
- Magnesium ion battery
- Synthesis of functional nanomaterials employing supercritical fluids processing
- Synthesis of monoatomic layered electrodes employing electrochemical- hydrothermal processing

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。機能的材料プロセスと機能的ナノ材料をコア技術として、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、擬似固体電解質、超臨界流体・水熱電解プロセス技術や放射光 in-situ 分析等の先端的な材料科学を探索し、それらの革新的ナノ機能材料を利用した高容量・高出力型リチウム二次電池、大容量キャパシタ、燃料電池、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 高出力な蓄電デバイス リチウムイオン二次電池
マアネシウムイオン二次電池

3次元正極の設計

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

固体電解質とLiCoO₂の3次元コンポジット正極 パルク全固体型電池模式図

新奇材料の探索

大容量定置型蓄電池・高性能電気自動車を実現する多価イオン電池用材料

環境低負荷な有機分子系正極材 高い安定性の金属化合物系無機正極材 安全性の高い擬似固体電解質

透明ゲル状固体電解質
-LiTFSI-Glyme
-Glyme-LiTFSI
-LiTFSI-Glyme

電気化学測定による電池性能評価

実験室の設備装置 コイン型電池セル 正極材料

人工衛星用バッテリー(IAXA) 電気自動車(日産)

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

Energy technology innovations via advanced nanotechnology and nanoscience

Our research goal is realizing renewable energy innovations and global sustainability through advanced nanotechnology. In fact, in order to achieve low emission, sustainable, more safer, environmental benign industry, Honma laboratory investigates frontier nanoprocessing and nanomaterials for advanced energy devices such as lithium ion battery, fuel cells and solar cells.

Particularly, we focus on explorations of advanced functional nanomaterials including 1. monoatomic-layered materials, 2. Nanoparticles, 3. Nanoporous materials, 4. Multi component compounds, 5. metastable phase, 6. organic nanocrystals, 7. solid state electrolyte, 8. supercritical fluid & hydrothermal-electrochemical processing, 9. In-situ spectroscopy analysis using synchrotron radiation.

[Nanomaterials Processing] Electrodes & Electrolytes for Li-ion battery, Fuel Cells, Capacitor and Solar cells

Supercritical fluid processing

Graphite structure Exfoliation by SCF diffusion between graphite layers

MoS₂ cluster electrode

Nanocrystal electrodes

Quasi-solid electrolytes

[Advanced Energy Devices] Li & Mg-ion battery, All Solid State LIB, Flexible battery and Super-capacitor

All Solid State Li ion Battery

3D Cu₂S₂ Solar cell

Dense TiO₂ TCO glass

Redox Flow battery

Organic Flexible battery

Mg-ion secondary Battery

Aqueous Super capacitor

We develop superior functionalities of these novel nanomaterials for lithium ion batteries, fuel cell and solar cells for energy innovations.

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



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

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

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

- 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
- 海底鉱物資源の乾式製錬プロセスの開発
- 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
- Pyro-metallurgical process for ocean floor mineral resources
- 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

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

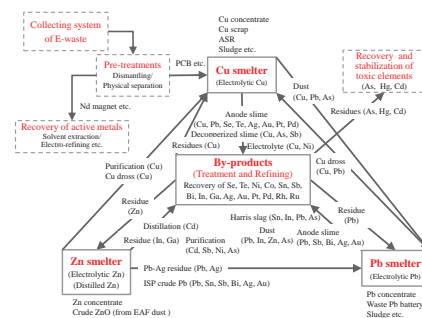
物理選別技術	乾式製錬技術	湿式/電解精錬技術
<ul style="list-style-type: none"> ・破碎/摩砕 ・浮選 ・比重選別 ・磁選 ・静電/渦電流選別 	<ul style="list-style-type: none"> ・焙焼/乾留 ・溶融製錬 ・揮発製錬 ・排ガス/ダスト処理 ・溶融塩電解 	<ul style="list-style-type: none"> ・浸出 ・化合物析出 ・不純物除去（浄液） ・溶媒抽出（イオン交換樹脂） ・電解精製/採取

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 | メタルドーパゼオライト系触媒 / 有機-無機ハイブリッドナノ材料 / ハイブリッド液晶 / エネルギー触媒 / 修飾半導体ナノドット
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | metal-doped zeolite catalysts / organic-inorganic hybrid nano-materials / hybrid liquid crystal / energy catalysts / promoted semiconductor nano-dots

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

村松 淳司 教授

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

水上 雅史 准教授

Masashi MIZUKAMI, Associate Professor

渡辺 明 准教授

Masashi MIZUKAMI, 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

金子 房恵 助教

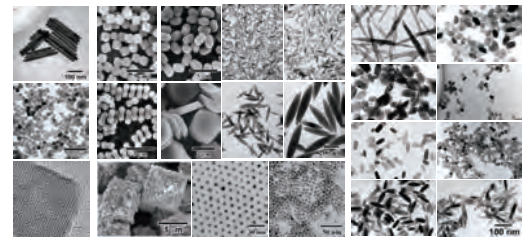
Fusae KANEKO, Assistant Professor

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、メタルドーパゼオライト系触媒、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。



単結晶性ITOナノ粒子

圧粉体抵抗: $5 \times 10^{-2} \Omega \text{ cm}$ を達成

単結晶性ITOナノ粒子のHR-TEM, FT像

ゲル前駆体を活用した単分散高結晶性ITOナノ粒子ソルボサーマル合成

反応前溶液: 黄色ゲル状前駆体

反応後ITO懸濁液

250 °C 1 h

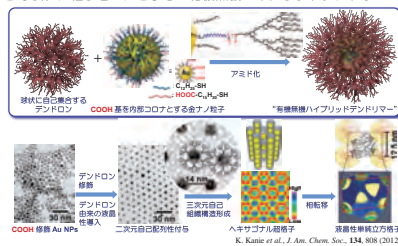
250 °C 95 h

Chem. Lett., 37, 1276 (2008); Mater. Trans., 50, 2808 (2009); J. Mater. Chem., 20, 8153 (2010); Chem. Lett., 42, 738 (2013); 単分散高結晶性ITOナノ粒子

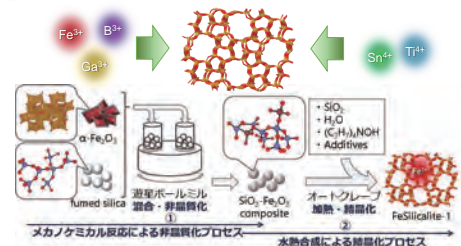
Why don't you order us tailor-made, well-identified, nano-hybrid materials?

Highly functional materials, such as 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

● 球状ナノ粒子をコアとする“有機無機ハイブリッド dendrimer”



● メタンを低級オレフィンへ直接変換するゼオライト系触媒開発





小俣 孝久 教授

Takahisa OMATA, Professor

takahisa.omata.c2@tohoku.ac.jp

佃 諭志 助教

Satoshi TSUKUDA, Assistant Professor

鈴木 一誓 助教

Issei SUZUKI, Assistant Professor

ドライ アルクマール 助教

Arunkumar DORAI, Assistant Professor

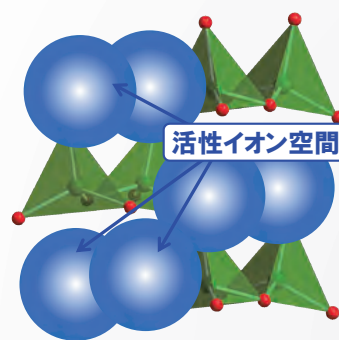
専門分野・キーワード | 機能性無機材料 / 自然エネルギー利用デバイス / 原子空間制御 / イオンビーム
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | inorganic materials / power generation devices using natural energy / ion-exchange and intercalation / ion-beam

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

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、資源に関する諸課題に対しても、必ずやそれらを解決へと導く材料があるはず。先人たちの努力により、誰もが容易に入手できる安定な物質はもはや研究しつくされており、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

イの中核をなす要素材料の開発とその素子化を研究しています。



前駆原子空間制御化合物

原子空間制御イオン

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

イオン置換, 挿入

電気化学的置換
溶融塩・蒸気暴露
など

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

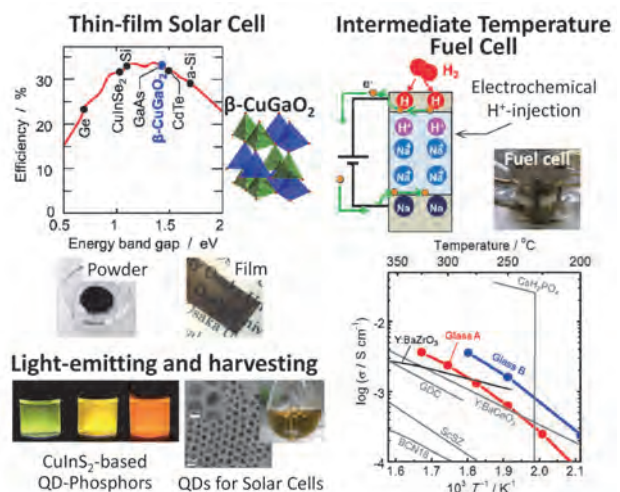
機能創出イオン

革新的機能性準安定化合物

環境調和型薄膜太陽電池
環境調和型LED
中温作動型燃料電池など

Creation of environmentally-conscious materials based on atomic site designing

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





高田 昌樹 教授

Masaki TAKATA, Professor

masaki.takata.a4@tohoku.ac.jp

江島 文雄 准教授

Takeo EJIMA, Associate Professor

羽多野 忠 助教

Tadashi HATANO, Assistant Professor

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

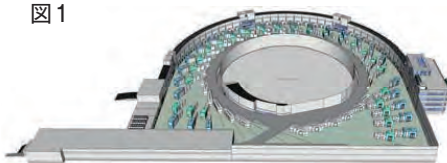
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Synchrotron Radiation X-ray Optics / Soft X-ray Microscopy / multilayer mirror / Nano-info-graphy

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

放射光 X 線によるナノ可視化技術の開発と応用

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

図 1



ビームライン配置イメージ



施設外観イメージ

【 基本情報 】

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

【 光源の特長 】

光源性能	低エミッタンス放射光(0.93nmrad)
省エネ設計	消費電力 SLiIT-J: ~5MW *SPring-8: 40MW
ビームライン	長尺アンジュレーター: 14本 短尺アンジュレーター: 12本 *上記は最大値 徐々に整備予定
運転時間	8,000時間(ユーザータイム) *SPring-8: 4,058時間(2014年度)
立地・交通アクセス	立地は宮城県内を計画 国内主要都市より3時間以内 *SPring-8: 東京より約5時間

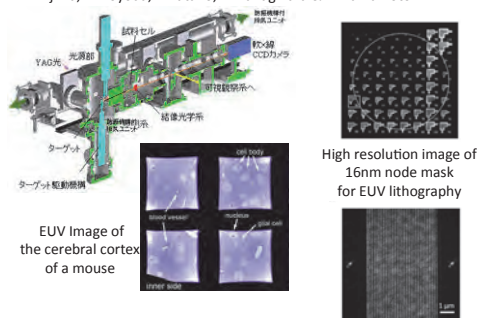
科学から、物質・材料科学、デバイス科学まで広い分野にわたり、軽元素戦略など新産業創成などへの展開も期待されている。

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

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

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

Fig.2 Transmission X-ray Multilayer Mirror Microscope (TXM³)
T.Ejima, M.Toyoda, T.Hatano, M.Yanagihara & M.Yamamoto





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

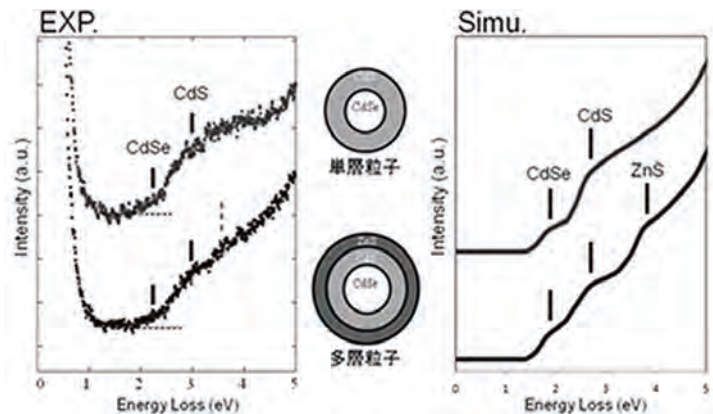
専門分野・キーワード | 顕微構造物性解析 / 電子顕微鏡 / 電子エネルギー損失分光 / 軟X線発光分光 / 収束電子回折

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

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

電子線を用いた局所の構造・物性解析手法の開発と応用

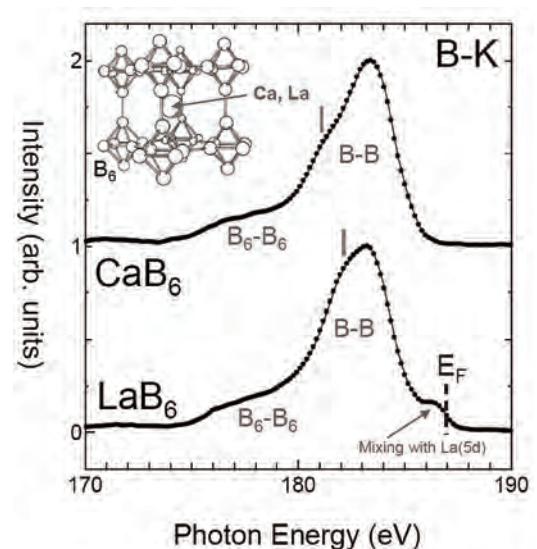
持続可能な社会の実現には、省資源・省エネルギーでコンパクトな高性能デバイスや新物質の開発が必要であり、そのためには、電子顕微鏡を基礎としたナノスケールでの構造・物性解析手法の確立とその適用が不可欠です。これまでに、我々の目標である「ナノスケール構造・物性解析システムの構築」の実現を目指し、世界初の精密構造解析用分光型電子顕微鏡および解析ソフトウェア、高エネルギー分解能EELS電子顕微鏡、世界初の価電子状態分析電子顕微鏡など、オリジナルな手法・装置の開発とその機能評価への応用を行い、物性の解明と手法の有用性を実証してきました。図は、発光エネルギーを制御する目的で開発されている多層ナノ粒子(CdSe/CdS/ZnS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



れるかを、電子顕微鏡を用いたEELS手法により粒子1粒1粒から明らかにした例です。

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 Ω -filter electron microscope and a refinement soft-ware, which can perform not only atom positions but also electrostatic potential and charge distributions. For electronic structure studies, a high-resolution EELS microscope and SXES instruments were developed. Figure shows boron K-emission spectra of metal hexa-borides obtained by using a developed SXES instrument attached to a transmission electron microscope.





(兼)寺内 正己 教授
Masami TERAUCHI, Professor

赤瀬善太郎 講師
Satoshi TSUKUDA, Assistant Professor
zentaro.akase.a8@tohoku.ac.jp

専門分野・キーワード | 電子線ホログラフィー／透過電子顕微鏡法／微細構造／伝導性／電磁場
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | electron holography/transmission electron microscopy/microstructure/conductivity/electromagnetic field

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

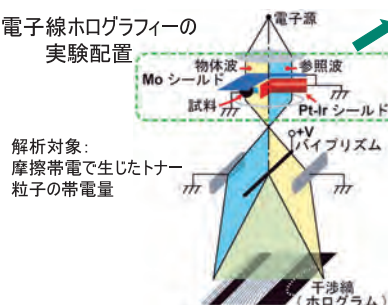
ナノ領域での構造・伝導性・電磁場の多元解析

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

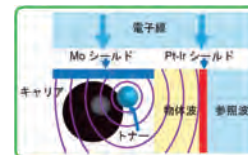
主な研究内容は以下のとおりです。(1) 電子線ホログラフィーによるナノスケール電磁場計測の高精度化。(2) 電磁場制御と

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

電子線ホログラフィーの実験配置

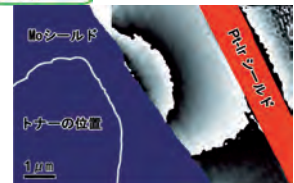


解析対象:
摩擦帯電で生じたトナー粒子の帯電量



入射電子線を遮蔽するために、トナー粒子の上方にシールドを挿入。

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

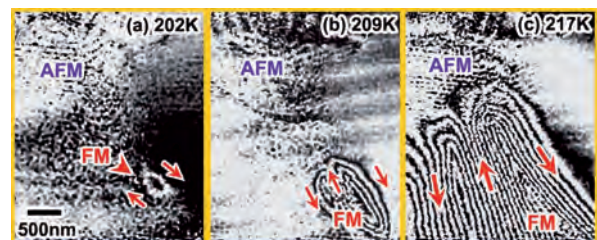


Multidisciplinary research for structure, conductivity and electromagnetic field at nanometer scale

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

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

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



In situ observations of the antiferromagnetic (AFM) to ferromagnetic (FM) phase transformation in $\text{La}_{0.44}\text{Sr}_{0.56}\text{MnO}_3$. The FM phase nucleates at 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.

Advanced Scanning Probe Microscopy KOMEDA Lab

走査プローブ計測技術研究分野
米田研究室



米田 忠弘 教授

Tadahiro KOMEDA, Professor

tadahiro.komeda.a1@tohoku.ac.jp

高岡 毅 講師

Tsuyoshi TAKAOKA, Senior Assistant Professor

道祖尾恭之 助教

Yasuyuki SAINOO, Assistant Professor

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

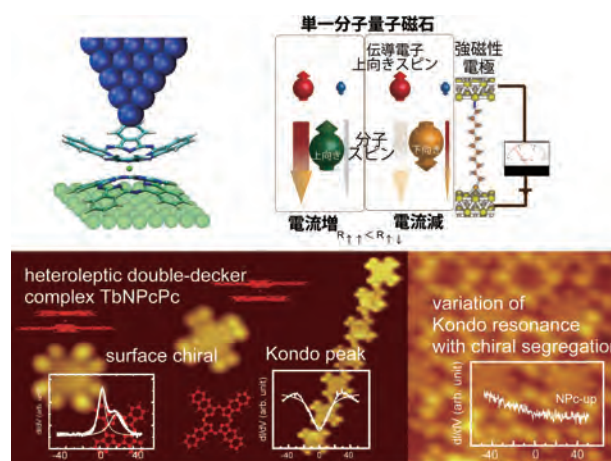
スピントロニクスへ向けた単一スピンの検出と操作

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

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

また局在したスピンの磁場中で歳差運動を行うことを利用し、その周期に同期したトンネル電流の変化を周波数分解することでスピンを検知する手法、ESR-STMを開発し、シリコン酸化膜中のスピンの検出

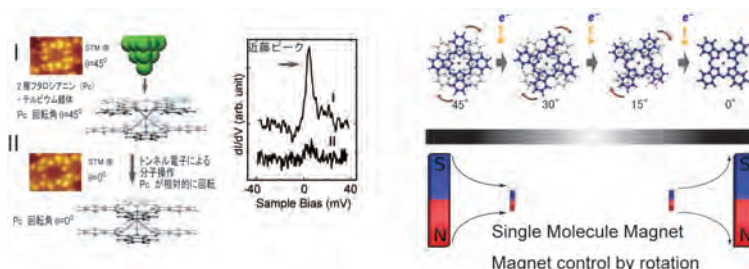
に成功しています。



Single spin detection and manipulation for molecule-spintronics

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

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





三ツ石方也 教授

Masaya MITSUSHI, Professor

masaya@tohoku.ac.jp

山本 俊介 助教

Shunsuke YAMAMOTO, Assistant Professor

朱 慧娥 助教

Huie ZHU, Assistant Professor

奥村 知世 助教

Tomoyo OKUMURA, Assistant Professor

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

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

- 高分子超薄膜をテンプレートとした金属 / 半導体ナノ粒子などのナノ物質の配列集積技術開発
- 有機・無機ハイブリッドナノ材料による光電子機能デバイスの創製
- ナノ接着・ナノ界面の自在構築
- ナノコンタクト技術を利用したソフト系ナノデバイスの開発
- Bottom-up design of nanomaterial assembly
- Control of polymer orientation in soft nanostructures
- Soft surface and interface
- Nanoelectronics and nanophotonics

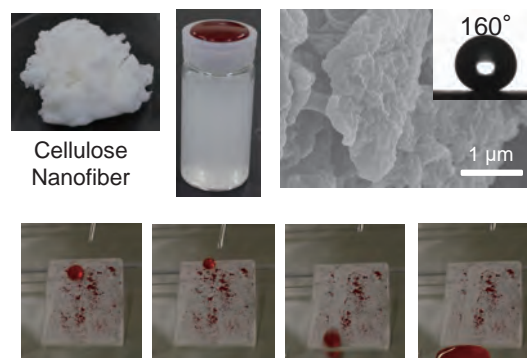
自在集積・組織化による高分子ハイブリッドナノ材料の創製

高分子、金属ナノ粒子、半導体ナノ粒子、セルロースナノ材料、ナノクラスターなどの多様なナノ物質を機能分担に従い、ボトムアップ的に自在集積・組織化し、合目的に融合した新規なハイブリッドナノ材料の開発を目指している。独自に開発した両親媒性高分子材料が、Langmuir-Blodgett法によって分子極限の厚さを有する高分子ナノシートとなることを見出している。高分子ナノシートが示す自己支持性や自在集積の特徴を利用しながら、種々のナノ物質を分子系ビルディングブロックとしてナノメートルレベルで精密に組織化することで、おのおののナノ物質が示す機能を階層的にハイブリッド化した革新的な光電子機能発現およびその機構の解明を目指している。ボトムアップ的手法をとって、高分子ハイブリッドナノ材料による次世代ナノデバイス開発の基盤技術の構築や「ボトムアップ型ナノテクノロジー」の発展を目指した新素材の研究開発を行っている。



Flexible Design of Polymer Hybrid Nanomaterials

The research objective of our group involves developing well-defined hybrid assemblies organized with wide variety of nanomaterials such as polymer, metal/semiconductor nanoparticles, cellulose nanomaterials, and nanoclusters. Polymer nanosheets made by Langmuir-Blodgett technique serve as key materials to assemble nanomaterials, controlling the distance and the layer structure with nanometer scale precision. Bottom-up design of hybrid polymer assemblies allows us to create new function (related to photonics, electronics, and surface/interface phenomena) and to elucidate the mechanism in terms of structure-property relationship. These approaches will open up new exciting opportunities for flexible optoelectronic nanodevice applications.





及川 英俊 教授

Hidetoshi OIKAWA, Professor

hidetoshi.oikawa.e8@tohoku.ac.jp

小野寺恒信 助教

Tsunenobu ONODERA, Assistant Professor

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/集積化ナノ構造制御/フォトニック材料

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

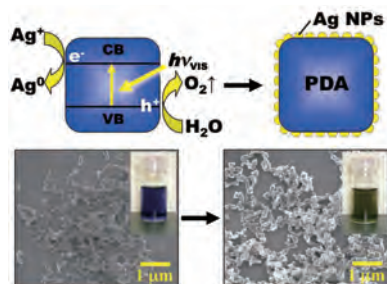
- 有機・高分子ナノ結晶のサイズ・形態制御と光学特性評価
- 有機—無機ハイブリッドナノ結晶の新規作製法の開発と物性評価
- ナノ結晶・粒子のカプセル化、集積化ナノ構造制御と光機能物性
- 励起子—局在型表面プラズモン相互作用の解析
- 有機半導体薄膜のポラリトン特性/電子物性
- Fabrication of well-defined organic and polymer nanocrystals, and their optical properties
- Developments of novel fabrication processes for organic-inorganic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

有機ハイブリッドナノ結晶の創成とフォトニック材料への展開

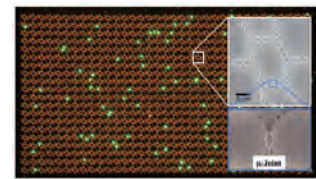
共役系有機・高分子物質と無機系物質(金属・半導体など)とのハイブリッドナノ材料には、構成物質の多様な組み合わせ、サイズ・形状、内部構造とその界面相互作用に強く依存した特異な光・電子物性や反応性、新規機能の発現が期待されます。

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

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



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



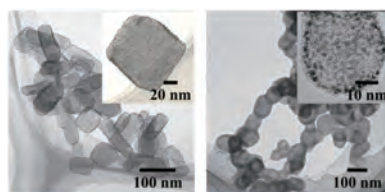
Directed-assembled structure consisted of PS microspheres on a patterned substrate, and schematic illustration of coupled-resonator-optical-waveguide and optical switch.

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

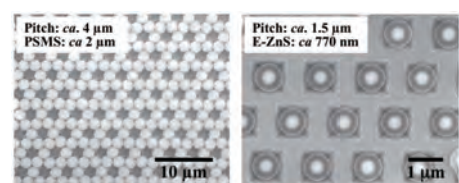
In current material science, hybridized nanomaterials are expected to exhibit the peculiar optoelectronic and photonic properties, which are strongly dependent on combination of organic and inorganic components, size and shape, inner structure, and interface interaction.

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

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



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



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



京谷 隆 教授

Takashi KYOTANI, Professor

takashi.kyotani.c6@tohoku.ac.jp

西原 洋知 准教授

Hiroto NISHIHARA, Associate Professor

干川 康人 助教

Yasuto HOSHIKAWA, Assistant Professor

山本 雅納 助教

Masanori YAMAMOTO, Assistant Professor

我部 篤 助教

Atsushi GABE, Assistant Professor

野村 啓太 助教

Keita NOMURA, Assistant Professor

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

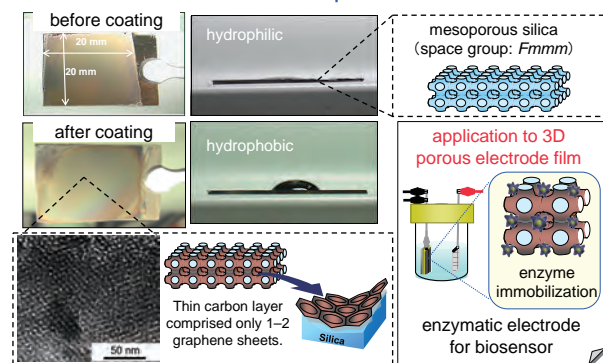
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | nanocarbons/carbon coating/energy storage/nanobiotechnology

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

均一なナノ空間を反応場としたハイブリッドナノカーボンの合成

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

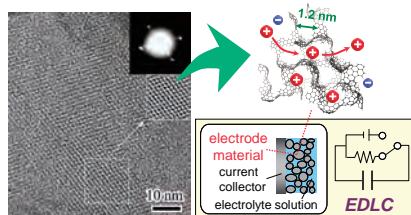
Carbon-coated mesoporous silica film



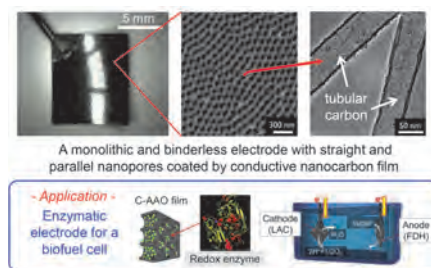
Synthesis of novel nanocarbon-materials and their nano-hybrids

We are designing and developing novel nanocarbon materials together with their hybrids by controlling the reaction nano-fields for the syntheses of these materials. One example is fully tailored carbon nanotubes with uniform diameter and length. Another noteworthy material is zeolite-templated carbon which has structure regularity like zeolite and a surprisingly large surface area up to 4000 m²/g. In addition, we have recently developed a method for a complete coating of the entire surface of mesoporous silica with graphene layers. We are trying to apply

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



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



Carbon-coated anodic aluminum oxide (CAAO) film

Hybrid Material Fabrication AKUTAGAWA Lab

ハイブリッド材料創製研究分野
芥川研究室



芥川 智行 教授
Tomoyuki AKUTAGAWA, Professor
tomoyuki.akutagawa.b5@tohoku.ac.jp

星野 哲久 助教
Norihiisa HOSHINO, Assistant Professor

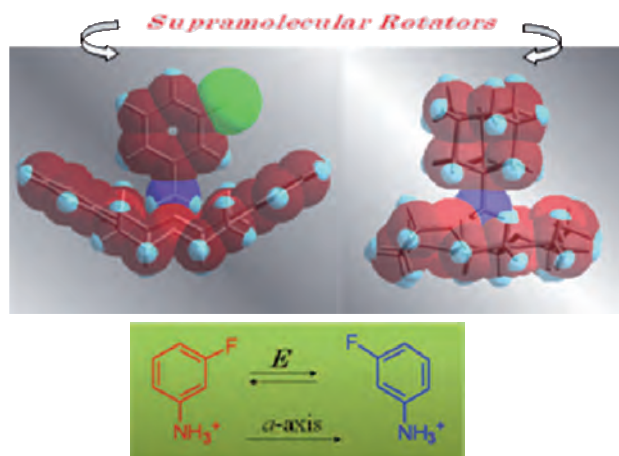
武田 貴志 助教
Takashi TAKEDA, Assistant Professor

専門分野・キーワード | 有機電子材料 / 分子性導体 / 分子磁性体 / 分子エレクトロニクス
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | organic electronic materials / molecular conductors / molecular magnets / molecular electronics

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

多重機能を有する分子性材料の創製

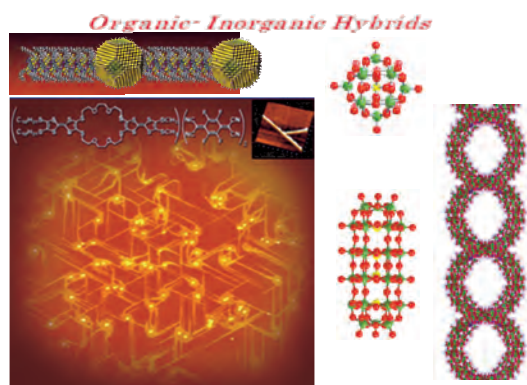
有機分子の設計自由度に着目した分子集合体の多重機能の構築および無機材料とのハイブリッド化を試んでいます。導電性・磁性・強誘電性の観点から、分子性材料の電子スピン構造を設計し、その集合状態を制御する事で、マルチファンクショナルな分子性材料の開発を行っています。例えば、分子性結晶内の分子回転に関する自由度を設計し、分子の flip-flop 運動を利用した双極子モーメントの反転が実現できます。カチオン性の超分子ローター構造の回転周波数・対称性・方向性などの精密制御から、強誘電体の転移温度・応答速度・抗電場などの諸物性が設計可能となります。また、磁性機能を有するアニオン性ユニットとの複合化により、強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



Fabrications of multifunctional molecular materials

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

The researches will be essential for future molecular



electronics.



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

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

- 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
- Dimple-dimple-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

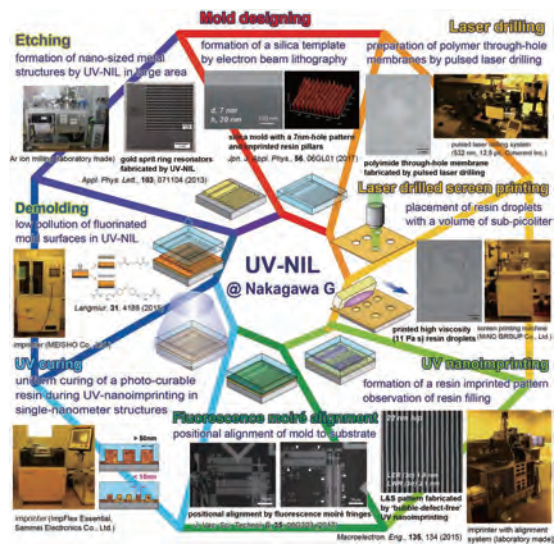
界面機能分子制御に基づく光機能材料の創製

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.





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 DAO, Assistant Professor

有田 稔彦 助教

Toshihiko ARITA, Assistant Professor

鈴木 龍樹 助教

Ryuju SUZUKI, Assistant Professor

専門分野・キーワード | ナノ薬剤/有機ナノ粒子/抗がん薬

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

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

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、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。

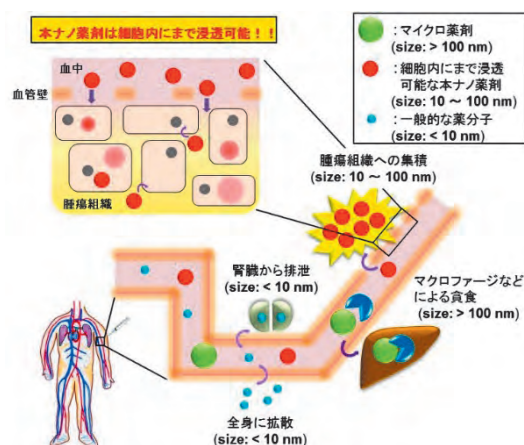


Fig. 1 ドラッグデリバリーの概要

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

For the design of the conventional drug compound, it was common to add a water-soluble substituent to a compound having a pharmacological effect. However, in the case of anti-cancer drugs, it was reported that the water-soluble compounds given by using intravenous administration were easily filtered from kidney or diffused even in normal tissue. On the other hand, it is known that, when μm -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 wa-

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

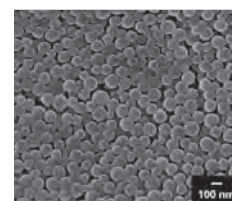


Fig. 2 100 nm以下のナノプロドラッグのSEM写真



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 SHIMURA, Associate Professor

高橋 純一 助教

Junichi TAKAHASHI, Assistant Professor

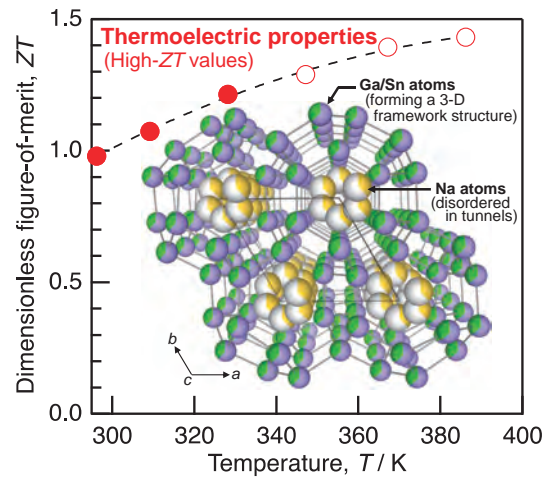
専門分野・キーワード | 無機構造化学 / 固体材料化学 / セラミクス / 材料合成

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

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クス素材としての可能性を探求している。新規物質の発見が直ちに実用材料に結びつくことは希だが、未知の物質で有用な特性が見出される可能性があり、多元系で生成する物質の探索や生成相の関係を明らかにすることは、大学の基礎研究に託された大切な課題のひとつと考える。また、当研究室では、セラミ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クス素材の開拓を目指している。

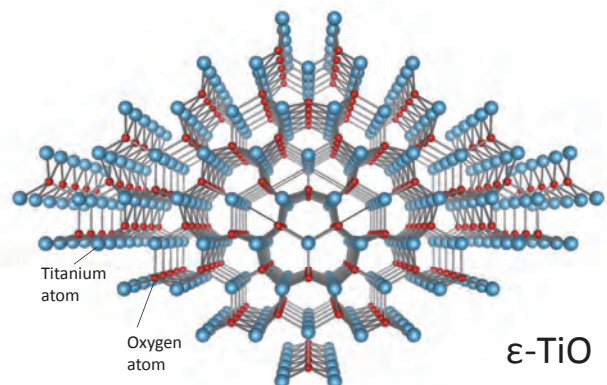


螺旋トンネル空間内に統計的に配置したNa原子を含むジントル化合物の結晶構造と高熱電エネルギー変換特性

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

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

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



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

Metallurgical Design for Material Functions
TSAI / YAMANE (c) Lab

金属機能設計研究分野
蔡／山根(兼)研究室



蔡 安邦 教授
An-Pang TSAI, Professor

(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

※2019年5月25日より

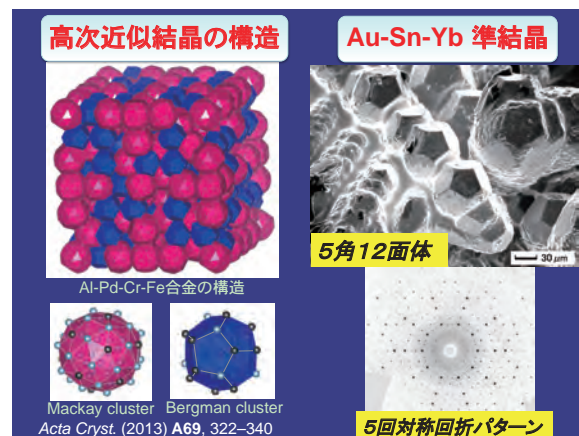
専門分野・キーワード | 準結晶／触媒／格子欠陥／価電子帯構造
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | quasicrystal/catalysis/lattice defect/valence electronic structure

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

準結晶の合成と構造解析および金属学に基づく触媒機能設計

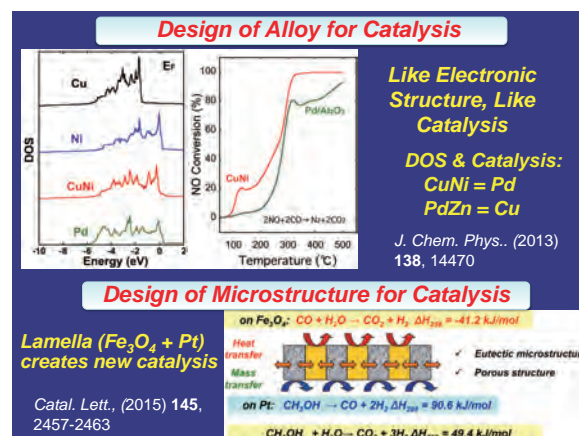
準結晶合金と合金触媒を主とした基礎研究および材料開発を行っています。準結晶の研究において、新準結晶合金と単準結晶の合成、準結晶の構造解析およびその構造数理を含む基礎研究と準結晶を前駆物質とする触媒や準結晶分散による高強度 Mg 合金などの材料開発を並行して進めています。最近では、準結晶と同じ骨格構造を有する Al-Pd-Cr-Fe 近似結晶の構造を解き明かしました。

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



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

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





殷 澍 教授

Shu YIN, Professor

yin.shu.b5@tohoku.ac.jp

朝倉 裕介 助教

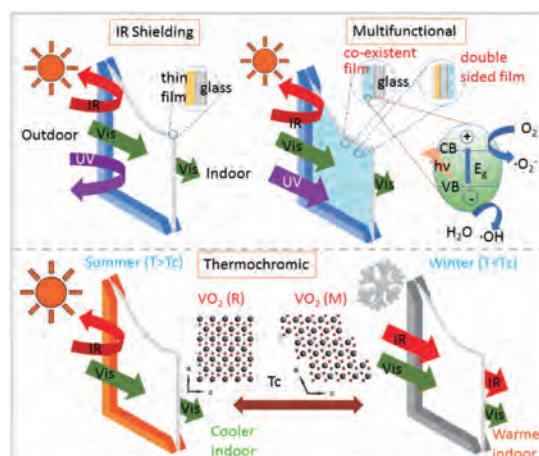
Yusuke ASAKURA, Assistant Professor

専門分野・キーワード | 複合アニオン化合物/ソルボサーマルプロセス/セラミックスの形態制御/環境応答機能
SPECIALIZED FIELD-KEY WORD | Mixed Anion Compounds/Solvothermal Process/Morphological Control of Ceramics/Environmental Responsive Functionality

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

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・光子や化学物質による環境応答等の無機機能材料の創製及び機能性高度発現に関する研究を展開している。

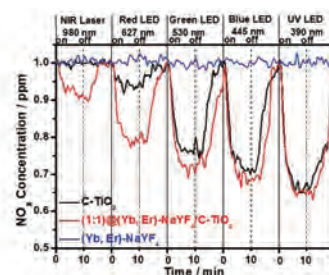


赤外線遮蔽スマートウィンドウ作動モデル
Working models for IR shielding smart windows

Creation of Environmental Responsive Inorganic Nanomaterials by Solvothermal Reaction

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

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



アップコンバージョン蛍光体(UP)/C-TiO₂ コンポジットの紫外・可視及び赤外線照射によるdeNO_x光触媒活性
UV, visible and NIR lights induced photocatalytic deNO_x activity of up-conversion phosphors coupled C-TiO₂ composites.

Design of Advanced Inorganic Materials

KAKIHANA Lab

無機材料創製プロセス研究分野
垣花研究室



垣花 真人 教授

Masato KAKIHANA, Professor

masato.kakihana.c1@tohoku.ac.jp

加藤 英樹 准教授

Hideki KATO, Associate Professor

熊谷 啓 助教

Hiromu KUMAGAI, Assistant Professor

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

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

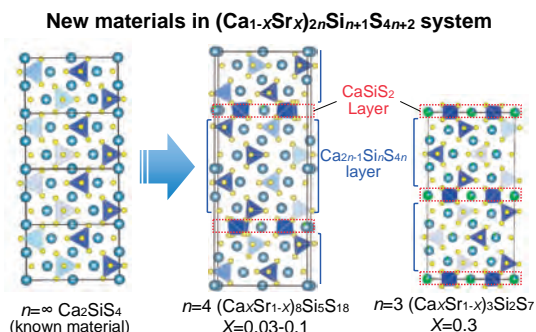
- フォトセラミックス開拓を目指した新物質合成
- エネルギー変換のための高効率な光触媒の構築
- 溶液法を利用した高機能フォトセラミックスの合成
- 機能性金属錯体のケミカルデザイン
- 金属錯体を利用したハイブリッド材料の創製および形態制御
- Exploration of new materials aiming at development of new photoceramics
- Construction of highly active photocatalysts aiming at energy conversion
- Synthesis of high-performance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

フォトセラミックスにおける新物質探索と高機能化

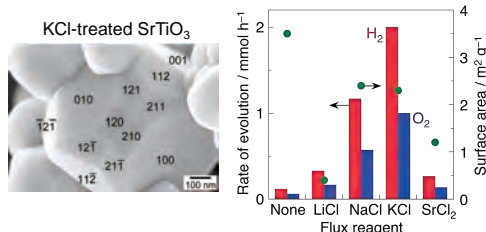
当研究室では、蛍光体や光触媒など光機能性のフォトセラミックスについて新物質の開発や高機能化を行っています。これらフォトセラミックスの機能は、物質に強く依存していることから、多様な特性の蛍光体や高機能な光触媒を構築するためには新物質の開拓が重要な課題となっています。当

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

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



Improvement of photocatalytic activity of SrTiO_3 by flux treatment

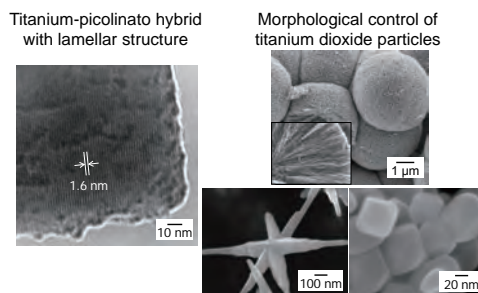


Exploration of new photoceramics and improvement of their performance

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

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

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



研究支援組織

・研究支援部門 Research Support Section

・広報情報室

広報情報室では、5名のスタッフが、多元研の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。

・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。

・図書室

多元研図書室は、2名のスタッフが、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、目録作成などの業務を担い、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。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も備えています。



・多元CAF

多元物質科学研究所 Central Analytical Facility(略称:多元CAF)は、2010年度に発足しました。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。

・国際交流・産学官連携推進室

・放射光産学連携準備室

・技術室 Technical Service Section

多元研技術室は、企画・情報系、機械・ガラス工場系、共通機器・研究プロジェクト系で構成されています。48名の技術職員が、それぞれ専門分野を活かして、研究教育活動の支援業務を行いながら、研究者からの幅広い要請に応えるため、常に技術力向上に努めています。

・事務部 Administrative Office

多元研事務部では、44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。

技 術 室

技術室では、48名の技術職員が、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。

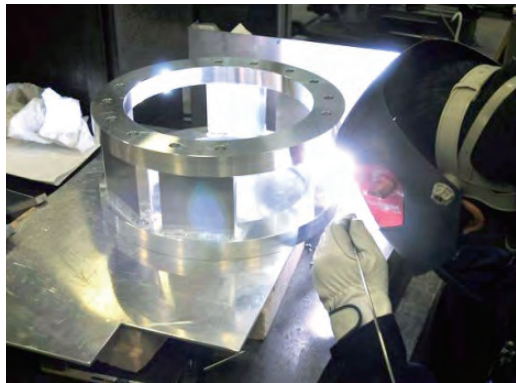
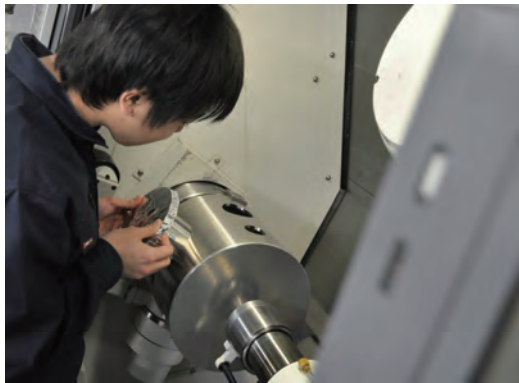
機械工場

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



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

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



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。



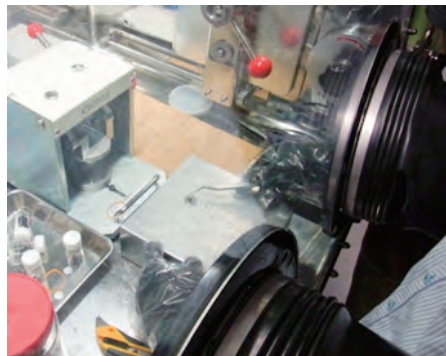
プロジェクト支援

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

業務の一例

全固体リチウム電池の作製と充放電測定によるデバイス性能評価

グローブボックス内で全固体リチウム電池を作製している様子

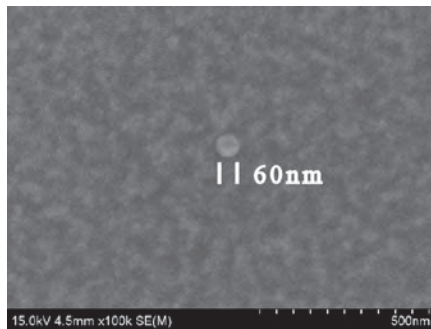


定電流充放電装置

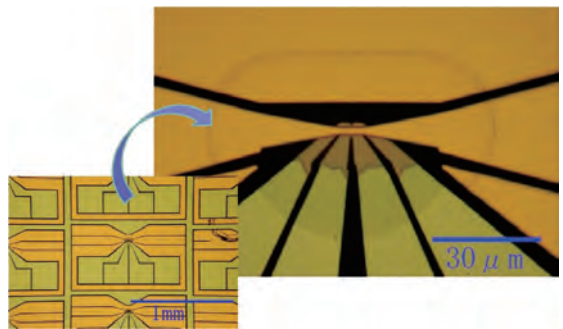


業務の一例

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



磁性ドットの走査電子顕微鏡像
ドット径は約60nm



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

Machine Shop

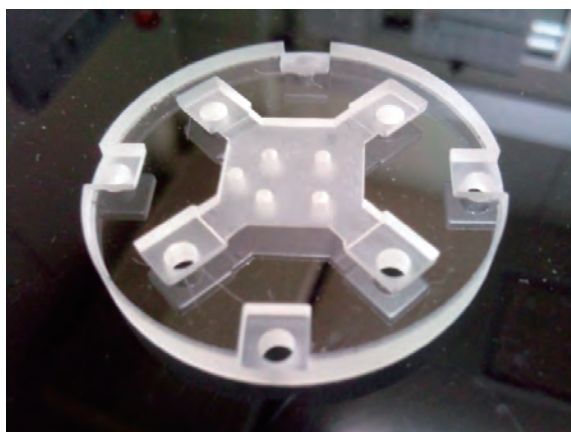
In the Machine shop, machinists prepare original experimental apparatus designed by researchers. Staff introduce advanced facilities and also make effort to hand down the highly skills to next generation. Additionally, our staff hold training courses of mechanical drawing and machine tools operation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



YAG laser cutting process

Glass shop

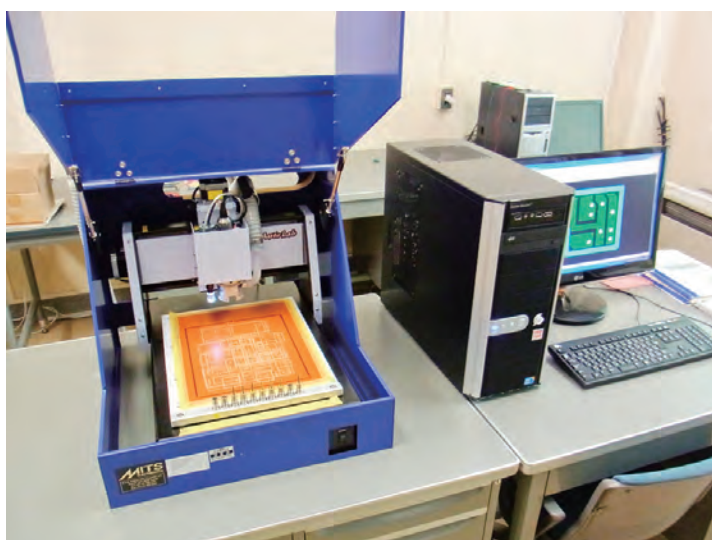
According to an individual order to the Glass-blowing workshop, researchers can get a variety of laboratory glassware. Staff in the workshop closely discuss with researchers and produce the best tools for their study. Products are made through complex processes with hand-craft, lathes and other machines.



The example of grinding processing of glass

Project Support

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



多元CAF

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

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

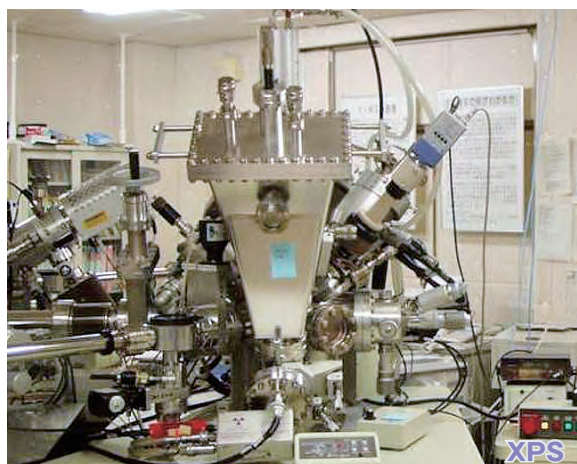
機器一覧

List of Apparatuses

A. 組成分析装置

Apparatuses for ultimate analyses

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



B. 分子構造解析装置

Apparatuses for molecular structure analyses

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



C. 構造組織解析装置

Apparatuses for crystal structure and microstructure analyses

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



● 熱分析装置

Thermal analysis devices

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

● 精密万能試験機

Autograph

● 紫外可視分光光度計

UV-Vis spectrophotometer

● レーザー回折式粒度分布測定装置

Laser diffraction particle size analyzer

D. 基盤設備

Base facilities

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



建物案内図



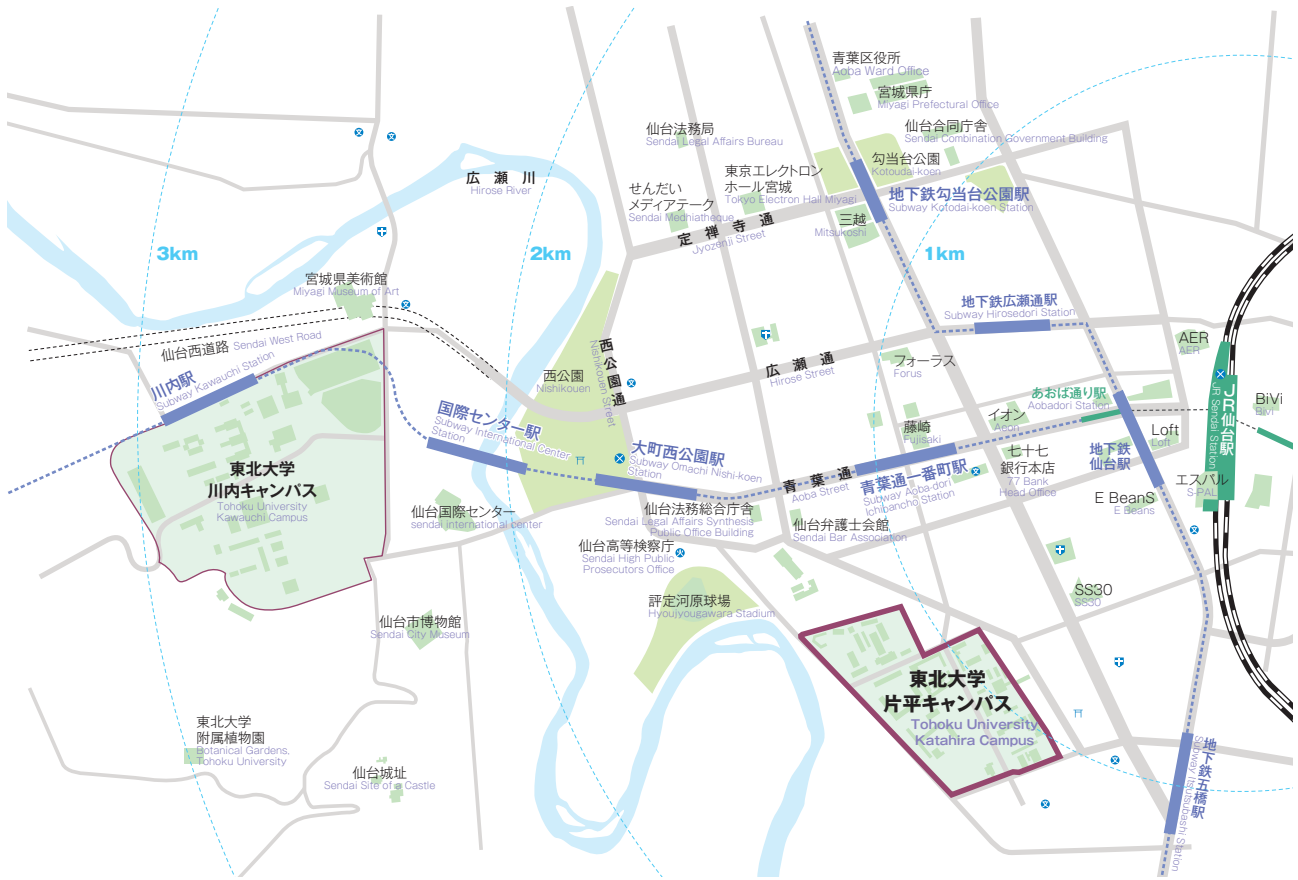
- B06** 多元研 西1号館
 (科学計測研究棟S棟)
 IMRAM West Building 1
- B08** 多元研 西2号館
 (科学計測研究棟N棟)
 IMRAM West Building 2
- B07** 多元研 西工場
 (工場棟)
 IMRAM West Technical Plant
- B01** 図書室
 Library (AIMR Main Building 2F)

- C02** 多元研 東1号館
 (反応化学研究棟1号館)
 IMRAM East Building 1
- C03** 多元研 東2号館
 (反応化学研究棟2号館)
 IMRAM East Building 2
- C04** 多元研 東3号館
 (反応化学研究棟旧館)
 IMRAM East Building 3
- 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

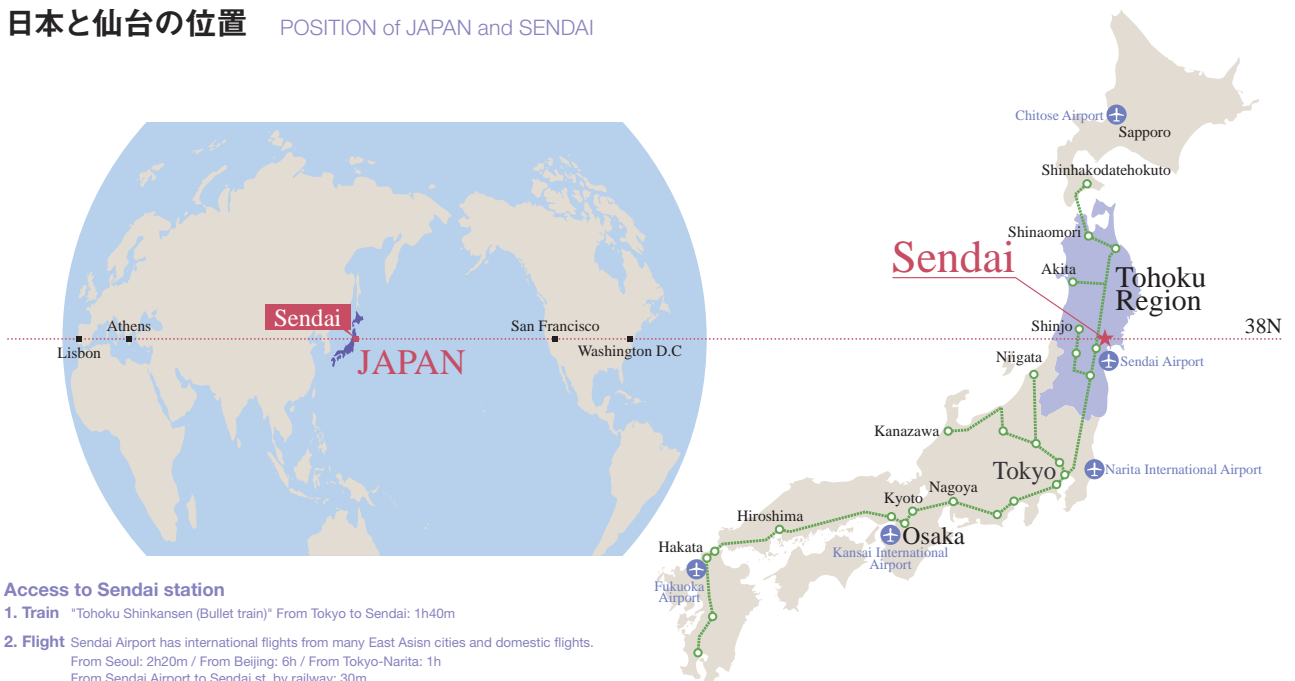
- F01** 多元研 南1号館
 (素材工学研究棟1号館)
 IMRAM South Building 1
- F02** 多元研 事務部棟
 IMRAM Administration Building
- F03** 多元研 共同研究棟
 IMRAM Cooperative Research Building
- F04** 多元研 南2号館
 (素材工学研究棟2号館)
 IMRAM South Building 2
- F05** 多元研 南3号館
 (素材工学研究棟3号館)
 IMRAM South Building 3

アクセス

仙台市内マップ SENDAI CITY MAP

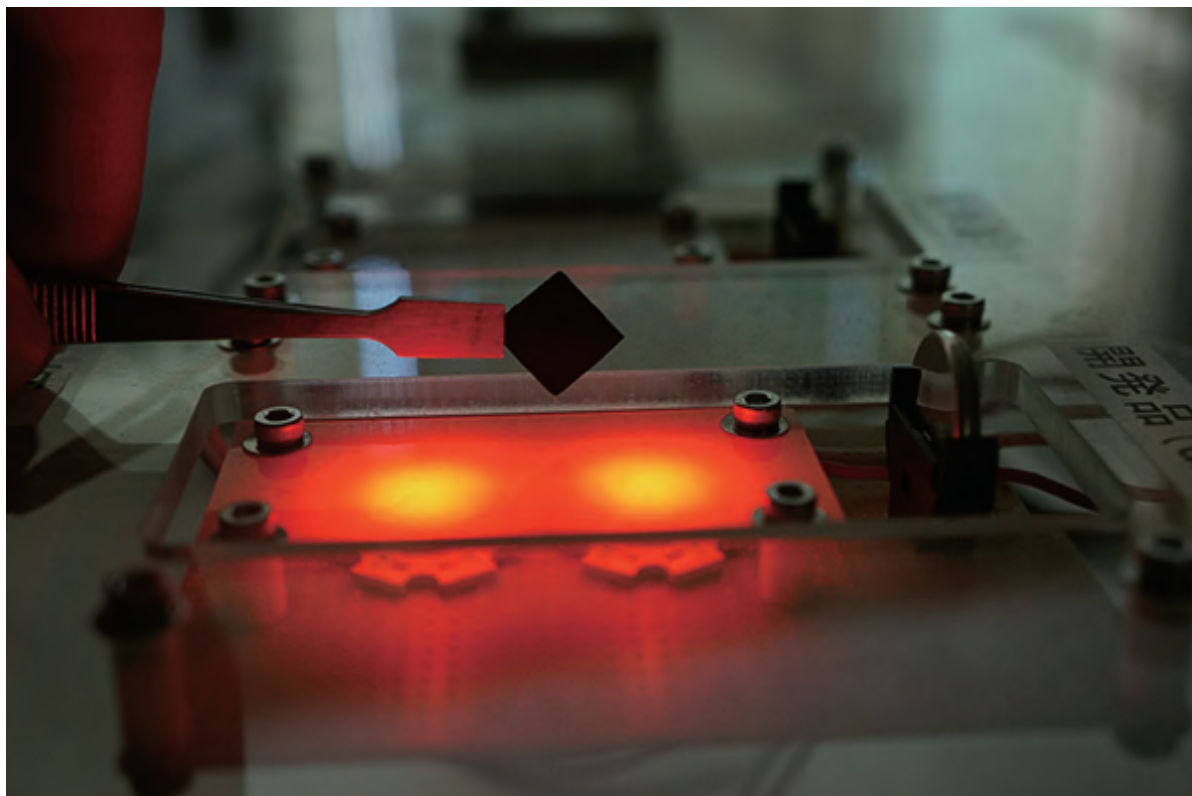


日本と仙台の位置 POSITION of JAPAN and SENDAI



Access to Sendai station

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



Developed GMS sheet and its supercapacitor connected to two LEDs.
Copyright: Hirotomo Nishihara. P.09

東北大学 多元物質科学研究所

研究所長 村松 淳司

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

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

Director: Professor Atsushi Muramatsu
Address: 2-1-1 Katahira, Aoba-ku, Sendai 980-8577, JAPAN

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