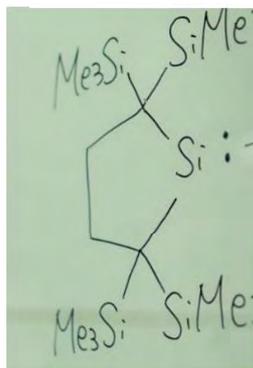


# 未開の分野を切り拓く

# 伝統の創造力と

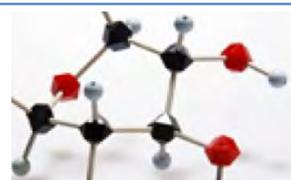
# 最先端の研究環境



## 目次

- ▶ 東北大学大学院理学研究科化学専攻の概要
- ▶ 大学院入試について…………… 1  
自己推薦入試・一般選抜入試  
入試スケジュール・問い合わせ先
- ▶ 研究室一覧…………… 3
- ▶ 青葉山キャンパス等の各研究室紹介…………… 4
- ▶ 片平キャンパスの概要と各研究室紹介…………… 23
- ▶ アクセスマップ…………… 37

## 東北大学大学院理学研究科化学専攻の概要



東北大学は1907年（明治40年）に創立された東北帝国大学にはじまります。東北帝国大学には発足以降次々と新しい学部、研究所が設置されて日本有数の総合大学となり、理学部にも新しい学科や附属施設が設置されて大きな発展を遂げました。第2次大戦後学制が改革され、1949年（昭和24年）本学部は新制東北大学理学部として再発足しました。さらに、1953年（昭和28年）には理学部に大学院理学研究科が設置され、化学科には化学専攻が置かれました。1995年（平成7年）に理学部・理学研究科では学内の先頭を切って大学院の重点化整備が行われ、大学院が学部が付属していた体制から大学院を中心とする新しい体制に移行しました。

開学以来“研究第一主義”をモットーとして研究重視の学風を堅持してきましたが、これは、第一級の研究者こそ真に質の高い教育ができるという考えで、東北大学が誇る伝統的な学風です。未開の分野に踏み込んで、道を切り開こうとする創造的研究の学風は東北大学の特徴です。東北大学の化学科でこのような未開の地を切り開き、化学の分野に足跡を残した人は数多くいますが、一例として文化勲章受賞者をあげると眞島利行、赤堀四郎、野副鉄男、中西香爾の4名にもものぼります。

また、日本の大学で最初に女子に門戸を開いたのは東北帝国大学理科大学です。既に大正2年、第3回目の入学者の中に化学科2名、数学科1名の女子学生がいます。化学科に入学された黒田チカ、丹下ウメのお二人は卒業後も研究を続けられ、日本の化学に大きな足跡を残しました。

### 化学研究の世界的な一大拠点

化学科が発足したときにはわずか3名の教授による3講座が、現在では5つの基幹講座（無機・分析化学講座、有機化学講座、物理化学講座、境界領域化学講座、先端理化学講座）に組織される研究室と、学内の多元物質科学研究所、金属材料研究所、材料科学高等研究所、高度教養教育・学生支援機構に所属する研究室、そして学外の連携・委嘱分野を併せた研究室から構成されています。協力講座含め約90名もの教員が指導にあたります。その研究内容は、生物化学、天然物化学、有機合成化学、有機金属化学、金属錯体化学、超分子化学、ナノ・バイオ分析化学、レーザー分光化学、計算化学などを含み、化学の主要分野を網羅しています。これらの研究室が、研究科付属の巨大分子解析研究センターなどの協力を得て化学研究の世界的な一大拠点を形成しています。

### 特徴ある研究教育プログラム、グローバル化へ向けて

当専攻では21世紀COEプログラム「大分子複雑系未踏化学」（2002年～2006年）、さらにそれを引き継いだグローバルCOEプログラム「分子系高次構造体化学国際研究拠点」（2007年～2011年）によって、工学、薬学、農学研究科などとも連携が推進され、我が国最大規模のオール化学分野の協力による大学院教育・研究体制が確立されつつあります。また、大学のグローバル化に向けた取組も進んでいます。大学の世界展開力強化事業（日中韓のトライアングル交流事業・キャンパスアジアプログラム）「持続的社会に貢献する化学・材料分野のアジア先端協働教育拠点の形成」（2012年～2016年）により、東北大学のオール化学分野と日中韓五大学との間の教育・研究相互交流を進めました。

化学専攻はますます国際化を進め、世界的に活躍する人材を輩出する世界トップの化学研究拠点としてさらなる飛躍を目指します。



## 大学院入試について

化学専攻では、一般選抜入試に加え、他大学・他学部等からの受験生に配慮した自己推薦入試を実施しています。

化学専攻では、分子を中心として材料、生命など多岐にわたる自然現象の理解を目指して、研究および教育を実施してきました。しかし、最近の学問の発達に伴い、学際化が急激に進行しております。これからは周辺領域への融合を積極的に図りながら、新たな学問分野を創生する必要があります。

このため自己推薦入試では、従来の筆記試験による選抜とは異なる視点に立ち、様々な特性と才能を備えた多様な学生を選抜します。化学分野のみならず、例えば物理学、応用物理学、薬学、農芸化学、数理学、情報科学、環境科学、生活科学、理科教育など、異なる分野で十分な基礎学力を習得し、当大学院において複合的視点での学習・研究を達成できる能力を持つ、学習意欲あふれた方を募集します。

### 自己推薦入試

<http://www.chem.tohoku.ac.jp/entrance/graduate/ao.html>

#### 選考日程

募集要項発表	: 4月
入試説明会	: 5月15日(土)
出願期間	: 6月1日(火)～6月7日(月)
試験日	: 7月3日(土)

#### 試験科目

研究紹介および面接試験

#### 合格内定者の発表

7月5日(月)午後6時頃

化学専攻ウェブサイトにて発表(理学研究科事務棟2階にも掲示)

### 一般選抜入試

<http://www.chem.tohoku.ac.jp/entrance/graduate/index.html>

#### 選考日程

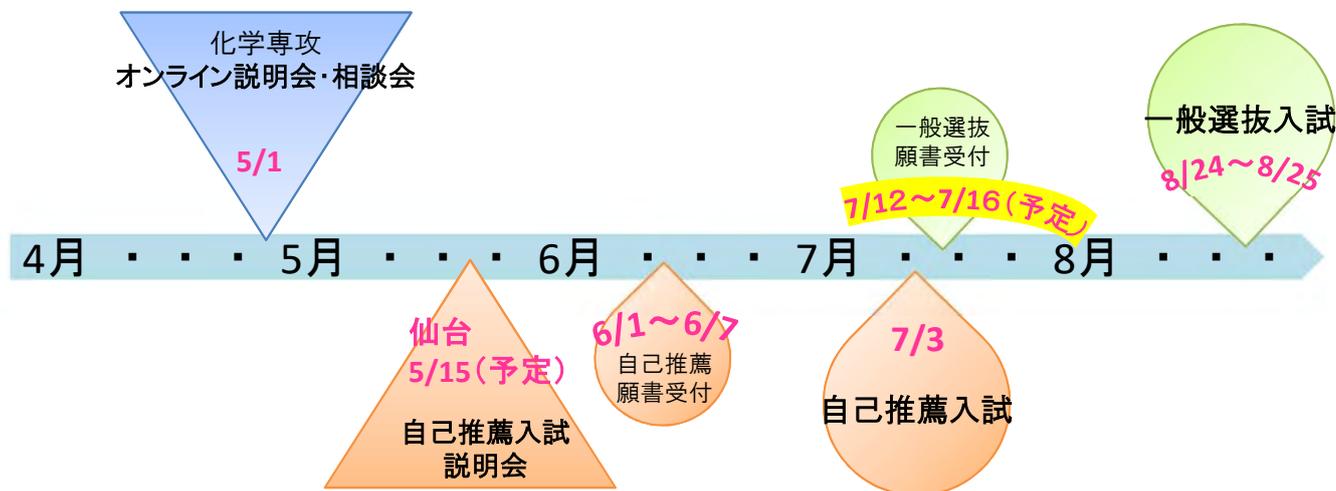
募集要項発表	: 6月
出願期間	: 7月12日(月)～7月16日(金)(予定)
試験日	: 8月24日(火)、25日(水)

#### 試験科目

筆記試験(英語・化学)および、面接試験

#### 合格内定者の発表

8月25日(水)午後6時頃



自己推薦入試の説明会 & 研究室見学を実施します。研究室の雰囲気を知ることができる絶好の機会です。(開催形式は4月末に決定し、5月初めにHPで通知予定)

### 入試に関する全般的問い合わせ先

東北大学理学部・理学研究科教務課大学院教務係

〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3

TEL:022-795-6351/FAX:022-795-6345

E-mail:[sci-in@grp.tohoku.ac.jp](mailto:sci-in@grp.tohoku.ac.jp)

### 最新情報はこちら

化学科・化学専攻ホームページ <http://www.chem.tohoku.ac.jp/>

- ・説明会情報
- ・自己推薦入試に関する情報
- ・一般選抜入試に関する情報
- ・専攻パンフレットの請求
- ・入試の過去問題について

### 学生募集要項の請求はこちら

大学院理学研究科・理学部のホームページ <http://www.sci.tohoku.ac.jp/>

## 化学専攻研究室一覽

### 無機化学・分析化学関連研究室

無機・分析化学講座	分析化学研究室	■ 西澤 精一	教授(理) … 5
〃	無機化学研究室	■ 橋本 久子	教授(理) … 6
〃	錯体化学研究室	■ 高石 慎也	准教授(理) … 7
境界領域化学講座	無機固体物質化学研究室	■ 福村 知昭	教授(材) … 8
先端理化学講座	放射化学研究室	■ 木野 康志	准教授(理) … 9
固体化学講座	錯体物性化学研究室	■ 宮坂 等	教授(金) … 24
化学反応解析講座	ナノ・マイクロ計測化学研究分野	■ 火原 彰秀	教授(多) … 25

### 物理化学関連研究室

物理化学講座	理論化学研究室	■ 美齊津 文典	教授(理) … 10
〃	量子化学研究室	■ 藤井 朱鳥	教授(理) … 11
〃	有機物理化学研究室	■ 叶 深	教授(理) … 12
〃	計算分子科学研究室	■ 森田 明弘	教授(理) … 13
化学反応解析講座	走査プローブ計測技術研究分野	■ 米田 忠弘	教授(多) … 26
〃	量子ビーム構造生物化学研究分野	■ 南後 恵理子	教授(多) … 27
〃	ナノ機能物性化学研究分野	■ 組頭 広志	教授(多) … 28

### 有機化学関連研究室

有機化学講座	有機化学第一研究室	■ 上田 実	教授(理) … 14
〃	合成・構造有機化学研究室	■ 岩本 武明	教授(理) … 15
〃	有機分析化学研究室	■ 林 雄二郎	教授(理) … 16
〃	学際基盤化学研究室	■ 豊田 耕三	教授(理) … 17
境界領域化学講座	有機化学第二研究室	■ 瀧宮 和男	教授(理) … 18
〃	反応有機化学研究室	■ 寺田 眞浩	教授(理) … 19
生体機能化学講座	生命機能分子合成化学研究分野	■ 永次 史	教授(多) … 29
化学反応解析講座	生命機能制御物質化学研究分野	■ 和田 健彦	教授(多) … 30

### 生物化学関連研究室

先端理化学講座	生物化学研究室	■ 大橋 一正	教授(生) … 20
生体機能化学講座	生体分子構造研究分野	■ 稲葉 謙次	教授(多) … 31
〃	生命分子ダイナミクス研究分野	■ 高橋 聡	教授(多) … 32
〃	細胞機能分子化学研究分野	■ 水上 進	教授(多) … 33

### 連携・委嘱分野

産業技術総合研究所	分離化学研究室	■ 川波 肇	教授(委) … 35
		■ 金久保 光央	教授(委)
日本原子力研究開発機構	重元素化学研究室	■ 木村 貴海	教授(客) … 36
		■ 北辻 章浩	教授(客)

### 関連施設

巨大分子解析研究センター	■ 岩本 武明	教授(兼) … 21
--------------	---------	------------

- 青葉山キャンパス
- 片平キャンパス
- 学外

所属：

- (理) 理学研究科
- (多) 多元物質科学研究所
- (金) 金属材料研究所
- (材) 材料科学高等研究所
- (生) 生命科学研究所



## 青葉山キャンパス等の 各研究室紹介



…理学研究科

## 分析化学研究室

(Analytical Chemistry)

教授 西澤精一

准教授 佐藤雄介

准教授 盛田伸一



**[研究概要]** 生命現象を分子レベルで解明することは、21世紀の化学が担うべき魅力的な研究課題です。私たちは、高度な生命現象を司るキープレイヤーとしてのRNA、特に、これまでガラクタ同然と思われていた、タンパク質に翻訳されないRNA (ncRNA) を主要な研究対象として、RNAの新しい機能を明らかにしうる細胞内可視化プローブや検出プローブ、蛍光インジケータの開発を進めています。また、RNAを内包し、細胞間コミュニケーションに重要な役割を果たしている細胞外小胞(エクソソーム)も主要な研究対象で、細胞外小胞の未知の機能を明らかにしうる検出プローブの開発も進めています。

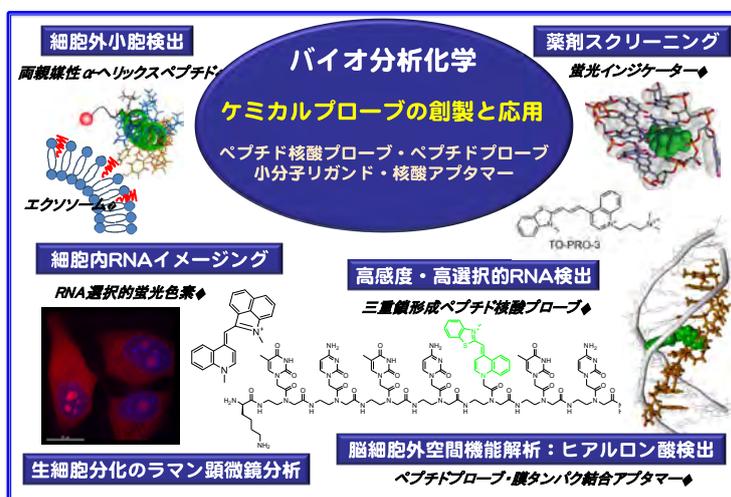
このように、私たちの研究グループでは、ncRNAや細胞外小胞の機能を解明するためのケミカルプローブを創製し、これらに基づく検出・疾患診断・機能解析法や創薬の支援ツールを提案・開発することで、生命科学の発展に貢献することを目指しています。

**[Research]** Our research interests focus on bioanalytical chemistry

based on the advanced design and synthesis of chemical probes that target significant biomarkers such as non-coding RNA and extracellular vesicles. We have created novel probes based on peptide nucleic acids, peptides, small organic molecules, or DNA-based aptamers, and have developed a highly sensitive and selective detection or imaging methods for biological research and drug discovery. By providing such chemical probe-based bioanalytical methods, we are trying to contribute to the further development of life science.

### [代表論文]

- 1) E. T. T. Lee, Y. Sato, S. Nishizawa, "Small Molecule-PNA Oligomer Conjugates for rRNA A-site at neutral pH for FID Assays", *Chem. Commun.*, **56**, 14976-14979 (2020). (Highlighted at Front Cover)
- 2) Y. Sato, K. Kuwahara, K. Mogami, K. Takahashi, S. Nishizawa, "Amphipathic helical peptide-based fluorogenic probes for a marker-free analysis of exosomes based on membrane-curvature sensing", *RSC Advances*, **10**, 38323-38327 (2020).
- 3) Y. Yoshino, Y. Sato, S. Nishizawa, "Deep-red light-up signaling of benzo[c,d]indole-quinoline monomethine cyanine for imaging of nucleolar RNA in living cells and for sequence-selective RNA analysis", *Anal. Chem.*, **91**, 14254-14260 (2019). (Highlighted at Supplementary Cover Art)
- 4) Y. Sato, S. Yajima, A. Taguchi, K. Baba, M. Nakagomi, Y. Aiba, S. Nishizawa, "Trimethine cyanine dyes as deep-red fluorescent indicators with high selectivity to the internal loop of the bacterial A-site RNA", *Chem. Commun.*, **55**, 3183-3186 (2019). (Highlighted at Front Cover)
- 5) Y. Sato, Y. Aiba, S. Yajima, T. Tanabe, K. Higuchi, S. Nishizawa, "Strong binding and off-on signaling functions of deep-red fluorescent TO-PRO-3 for influenza A virus RNA promoter region", *ChemBioChem.*, **20**, 2752-2756 (2019). (Highlighted at Cover Feature)



連絡先 西澤精一 (Seiichi NISHIZAWA)

Tel: 022-795-6549 Fax: 022-795-6552

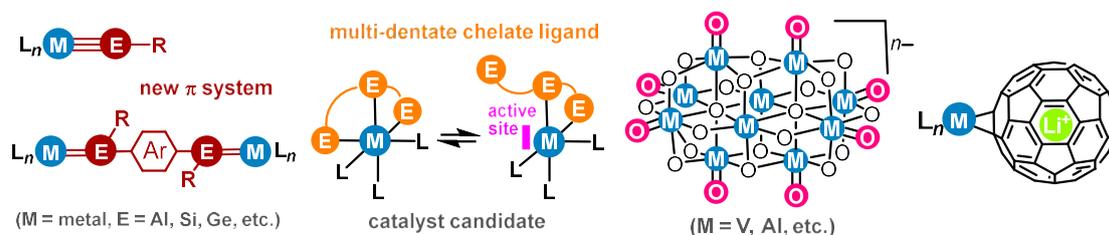
<http://www.anal.chem.tohoku.ac.jp/>

**無機化学研究室**  
**(Inorganic Chemistry)**

教 授 橋本久子  
講 師 小室貴士  
助 教 長田浩一



**[研究概要]** 遷移金属を中心に持つ分子性の化合物，“金属錯体”は，中心金属やそれに結合した配位子の種類，結合状態，立体配置に依存して多様な性質や機能を示します。当研究室では，1) 遷移金属と高周期典型元素（主に 13, 14, 15 族元素）との間に多重結合をもつ新しい錯体，2) 多座キレート配位子を持つ金属錯体，3) ポリオキソメタレート，4)  $\text{Li}^+$  イオンを内包した  $\text{C}_{60}$  フラーレン錯体を中心に，新しい結合や構造を持つ金属錯体を合成し，それらの特性，反応性や電子物性の解明について研究しています。これらの研究により，新しい化学変換反応の触媒となる錯体や，未知の電子特性を示す機能性分子の発見を目指しています。



1) Multiple bonded complexes    2) Chelate complexes    3) Polyoxometalate (POM)    4)  $\text{Li}^+@C_{60}$ -complexes

**[Research]** Molecular compounds containing transition-metals as their centers, so called “metal complexes”, display diverse properties depending on their central metals, supporting ligands, bonding situation, and geometries. We are studying about 1) metal complexes featuring multiple bonds between transition-metals and heavier main group elements (e.g. Group 13, 14, 15 elements), 2) metal complexes supported by multi-dentate chelate ligands, 3) polyoxometalates, and 4) metal complexes coordinated by  $\text{Li}^+$  ion encapsulated  $\text{C}_{60}$  fullerene, as main targets. We are trying to synthesize metal complexes having new types of bonds and structures, and clarify their properties, reactivities, and electronic properties. Through these researches, we are aiming at finding new metal complexes that act as high-performance catalysts and also new functional compounds that show unprecedented electronic properties.

**[代表論文]**

- 1) Transition-metal Complexes with Triple Bonds to Si, Ge, Sn, and Pb and Relevant Complexes, Hashimoto, H.; Nagata, K. *Chem. Lett.* **2021**, DOI: [doi.org/10.1246/cl.200872](https://doi.org/10.1246/cl.200872).
- 2) Bifunctional Rhodium Complex Featuring a Silyl-1,8-naphthyridine *Si,N*-Chelate Ligand: Cooperation of Metal and Pendant Base for Capture and Bond-weakening of  $\text{BH}_3$ , Sato, K.; Komuro, T.; Hashimoto, H.; Tobita, H. *Chem. Lett.* **2020**, *49*, 1431–1434.
- 3) Synthesis of a Molybdenum Hydrido(hydrogermylene) Complex and Its Conversion to a Germylyne Complex: Another Route through Dehydrogenation with Nitriles, Dhungana, T. P.; Hashimoto, H.; Ray, M.; Tobita, H. *Organometallics* **2020**, *39*, 4350–4361.

連絡先 橋本久子 (Hisako HASHIMOTO)  
Tel: 022-795-6539 FAX: 022-795-6543  
<https://www.tohokuinorgchem.com/>

## 錯体化学研究室

(Coordination Chemistry)

准教授 高石 慎也

助教 井口 弘章



**[研究概要]** 錯体化学は、有機配位子が持つ構造設計性・構造多様性と金属イオンが持つ電子状態（電荷・スピンなど）の多様性を活用できることから「目的の物性や機能性を狙って創る」ことに長けた研究分野であると言えます。特に、金属イオンが有機配位子によって連結された「配位高分子」においては、それぞれの金属イオンが持つ電荷やスピンの間には、協同性（ある種の集団心理のようなもの）が働くことから、それを利用することで個々のイオンでは実現不可能な機能を創出することができると考えています。当研究室では、配位高分子を対象とし、「協同性に基づいた新奇物性・機能性の創出」をテーマとして研究を行っています。さらには、これらの機能性を「エネルギー貯蔵・エネルギー変換」に展開し、持続可能な社会の実現に貢献したいと考えています。



具体的な研究テーマとしては

- ・酸化還元活性な配位高分子を用いた大容量電極材料の開発
- ・全固体型電池に向けた多孔性配位高分子界面の創出
- ・新しい機構に基づいた水素貯蔵物質の開発
- ・多孔性分子導体の開発と分子吸脱着による物性のスイッチング

等を行っています。

**[Research]** The target of our laboratory is the “Create the functionality based on the coordination chemistry” and utilize it for “energy storage and conversion” to realize the sustainable society.

### [代表論文]

- 1) T. Okamura, B. Wu, H. Iguchi, B. K. Breedlove, M. Yamashita, W. Kosaka, H. Miyasaka, S. Takaishi, Three dimensional porous Hofmann clathrate  $[M^{II}Pt^{II}(\text{CN})_4]_{\infty}$  ( $M = \text{Co}, \text{Ni}$ ) synthesized by using postsynthetic reductive elimination, *Chem. Commun.*, 53, 6512-6515 (2017).
- 2) L. Qu, H. Iguchi, S. Takaishi, F. Habib, C. F. Leong, D. M. D'Alessandro, T. Yoshida, H. Abe, E. Nishibori, M. Yamashita, "Porous Molecular Conductor: Electrochemical Fabrication of Through-Space Conduction Pathways among Linear Coordination Polymers," *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 6802–6806 (2019).

連絡先 高石 慎也 (Shinya TAKAISHI)

Tel: 022-795-6544 FAX: 022-795-6548

<https://web.tohoku.ac.jp/sakutai/>

## 無機固体物質化学研究室

(Inorganic Solid State Chemistry)

教授 福村 知昭

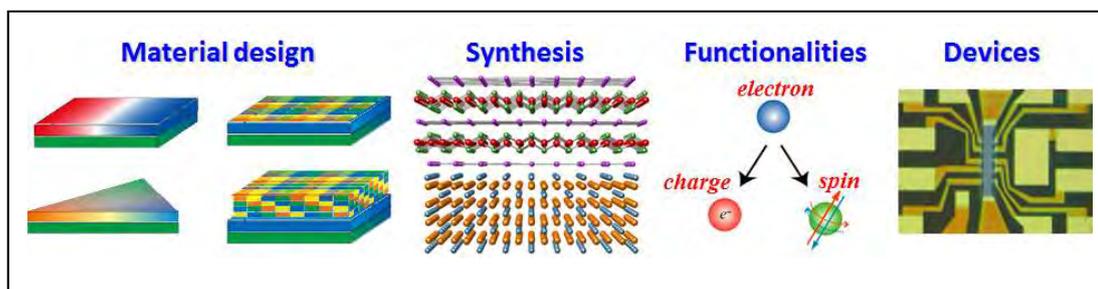
助教 岡 大地

助教 河底 秀幸



**[研究概要]** 周期表にある元素を組み合わせて化合物を合成すると、想像を超える多様な物性が発現します。超高真空技術や高出力レーザーなど現代の先端技術を駆使して、酸化物を主とする新しい無機固体や非平衡相をエピタキシャル合成し、新奇超伝導や高温強磁性などの物性や機能を創製して、新たな物質化学の学理を構築することを私たちの研究室では目指しています。次世代を担う新物質のマテリアルデザインや合成ルートの開発、極低温強磁場技術や最先端分光技術や微細加工技術などの物性・デバイス計測技術、固体物理も活用した物性・機能デザイン、といった方法論を修得して研究の最先端に挑む人材の育成を行い、現代社会の抱えるエネルギー問題などにも貢献するイノベーションの基盤を樹立することをねらっています。

**[Research]** Innovative functionalities are involved in newly synthesized compounds. Our group aims to construct scientific principle of solid state chemistry by synthesizing new inorganic solids and by exploring novel physical/chemical properties and functionalities. Young prospect students will learn material design of novel compounds, development of new synthetic routes, state-of-the-art measurement techniques, and properties design utilizing solid state physics, in order to create scientific foundation of next generation innovations.



### [代表論文]

- 1) “Epitaxial growth of bismuth oxyhalide thin films using mist CVD at atmospheric pressure”, Z. Sun, D. Oka, T. Fukumura, *Chem. Commun.* **56**, 9481–9484 (2020).
- 2) “Rock-salt structure GdO epitaxial thin film with a high ferromagnetic Curie temperature”, T. Yamamoto, K. Kaminaga, D. Saito, D. Oka, T. Fukumura, *Appl. Phys. Lett.* **117**, 052402 (2020).
- 3) “Tetragonality induced superconductivity in anti-ThCr<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>-type RE<sub>2</sub>O<sub>2</sub>Bi (RE = rare earth) with Bi square net”, R. Sei, H. Kawasoko, K. Matsumoto, M. Arimitsu, K. Terakado, D. Oka, S. Fukuda, N. Kimura, H. Kasai, E. Nishibori, K. Ohoyama, A. Hoshikawa, T. Ishigaki, T. Hasegawa, T. Fukumura, *Dalton Trans.* **49**, 3321–3325 (2020).
- 4) “Itinerant ferromagnetism in rocksalt NdO epitaxial thin films”, D. Saito, K. Kaminaga, D. Oka, T. Fukumura, *Phys. Rev. Mater.* **3**, 064407 (2019).

連絡先 福村 知昭 (Tomoteru FUKUMURA)

Tel/Fax: 022-795-7719 FAX: 022-795-7719

<http://issc.chem.tohoku.ac.jp/FukumuraLabHP/home.html>

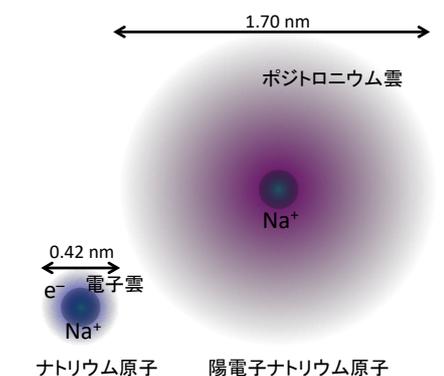
放射化学研究室  
(Radiochemistry)

准教授 木野康志  
助教 奥津賢一  
助教 山下琢磨



[研究概要]

放射化学研究室でエキゾチック原子分子の反応や構造の包括的な理解を目指しています。エキゾチック原子分子とは、原子分子を構成する電子または原子核が他の粒子（陽電子、ミュオン、パイオン、反陽子、未知の荷電粒子）に置換わった系です。エキゾチック原子分子は、通常の原子分子の隠れた量子力学的多体系の性質に光をあてることができ、物質から原子核までのミクロな構造を調べるプローブとなったり、これまでにない異常な構造をもつ原子分子を作り出したりします(右図)。エキゾチック原子分子



ナトリウム原子 陽電子ナトリウム原子  
ナトリウム原子の概略図。陽電子がナトリウム原子中の価電子と結合しポジトロニウムを形成し、巨大なポジトロニウム雲を形成する。

子の研究は、物質科学、基礎物理学、宇宙論などに関わりを持つ境界領域にあります。本研究室では、理論と実験の両面からエキゾチック原子分子を研究しています。また、放射線測定技術を生かして、福島原発事故の放射能汚染調査を行い、低線量の放射線が生物に及ぼす影響調査のための放射能汚染データの蓄積と線量評価を行っています。

[Research]

The laboratory of radiochemistry aims at a comprehensive understanding of structures and reactions of exotic atoms and molecules. Exotic atoms and molecules are the analog of normal atoms and molecules in which one or more of the electrons or nuclei are replaced by other charged particles, such as a positron, a muon, an antiproton, and hypothetical particles. The exotic atoms and molecules shed a light on hidden properties of chemical compounds. Some of them are used as a probe to investigate the microscopic nature from nucleus to materials. Others drastically change a structure of atoms and molecules as never before. Therefore, the subject of the exotic atoms and molecules is in the interdisciplinary region. It partially covers material science, fundamental physics and cosmology, as well as radiochemistry. In this laboratory, exotic atom and molecule are studied both theoretically and experimentally. Taking advantage of experience in radioactivity measurement, we investigate radioactive contamination of the Fukushima nuclear power plant accident.

[代表論文]

- 1) Near-threshold production of antihydrogen positive ion in positronium–antihydrogen collision, T. Yamashita, Y. Kino, E. Hiyama, S. Jonsell, P. Froelich, *New Journal of Physics*, **23**, 012001 (8pp) (2021).
- 2) Role of the resonance states of muonic molecules in muon catalyzed fusion. K. Okutsu, T. Yamashita, Y. Kino, K. Miyashita, K. Yasuda, M. Sato, *Jpn. J. Appl. Phys. Conf. Proc.*, (2021) in press.
- 3) Distribution of artificial radionuclides in abandoned cattle in the evacuation zone of the Fukushima Daiichi nuclear power plant, T. Fukuda, Y. Kino, *et al.*, *PLoS One*, **8**, e54312 (7pp) (2013).
- 4) Gaussian Expansion Method for Few-Body Systems, E. Hiyama, Y. Kino, and M. Kamimura, *Prog. Part. Nucl. Phys.*, **51**, 223-307 (2003).

連絡先 木野康志 (Yasushi KINO)

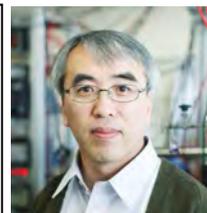
Tel: 022-795-6596

FAX: 022-795-6597

<http://www.radio.chem.tohoku.ac.jp/>

理論化学研究室  
(Reaction Dynamics)

教授 美齊津文典  
准教授 岸本 直樹  
助教 大下慶次郎  
助教 菅野 学  
助教 上野 裕  
(学際科学フロンティア研究所)



**【研究概要】** 我々の研究の主題は「**分子やクラスター(原子分子の小集団)の化学反応動力学**」です。化学反応は、原子・分子・クラスターなどの粒子が接近して相互作用して始まります。その結果、通常の化学反応の他に、エネルギー・運動量の移行や電子移動など、様々な現象が起こります。我々は、イオン移動度分析・質量分析や分光法を組み合わせた最先端の実験手法、および励起状態や時間発展を含めた理論計算手法を駆使して、化学反応の種類とその進み方の詳細、それを決めている要因を明らかにする「動力学」の研究を進めています。我々が対象とする系は、**金属原子・分子複合系**、アルカリハライドなどの**イオン結晶**や、**ホスト-ゲスト化合物**、高層大気や水溶液のイオンモデルとしての**分子錯体**などです。また、「**スパッタリング法で生成した金属クラスターイオンの構造と反応**」「**Li<sup>+</sup>@C<sub>60</sub>の新規プラズマ合成と物性探索**」に関する研究なども進めています。今後も新しい研究テーマを設定して、上記の目標に向けて挑戦していきます。現在の主な研究テーマは以下の六つです。

- (1) **イオン移動度質量分析法と分光法**を組合せたクラスター・分子の構造と反応の研究
- (2) 解離イオンの**質量選択画像観測**による気相錯体イオンの光誘起動力学過程の研究
- (3) **パルススパッタリング法**により生成したクラスターイオンの構造と反応性の研究
- (4) **量子化学計算**による様々な分子・化学種の異性化や解離反応機構の解明
- (5) 機能性分子（分子マシンや化学修飾フラロレンなど）の**光反応シミュレーション**
- (6) プラズマを活用した**新規内包フラロレン**の合成と材料への応用

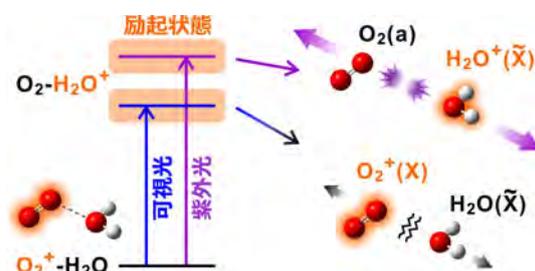


図. 気相錯体イオン  $O_2^+-H_2O$  の紫外可視光解離過程の模式図。質量選択画像観測実験及び量子化学計算に基づいて励起状態から生成する解離種の種類と状態を明らかにすることができる。

**【代表論文】**

- 1) S. Tainaka, T. Ujihira, M. Kubo, M. Kida, D. Shimoyama, S. Muramatsu, M. Abe, T. Haino, T. Ebata, F. Misaizu, K. Ohshimo, and Y. Inokuchi, Conformation of  $K^+$ (crown ether) complexes revealed by ion mobility–mass spectrometry and ultraviolet spectroscopy, *J. Phys. Chem. A* **124**, 9980–9990 (2020).
- 2) Yuji Nakashima, Kenichi Okutsu, Keita Fujimoto, Yuri Ito, Manabu Kanno, Motoyoshi Nakano, Keijiro Ohshimo, Hirohiko Kono, and Fuminori Misaizu, Visible photodissociation of the  $CO_2$  dimer cation: Fast and slow dissociation dynamics in the excited state, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **21**, 3083–3091 (2019).
- 3) Jing Li, Sakamoto Jumpei, Hiroki Waizumi, Yutaka Oya, Yue Huang, Naoki Kishimoto, and Tomonaga Okabe, A multiscale model for the synthesis of thermosetting resins: From the addition reaction to cross-linked network formation, *Chem. Phys. Lett.* **720**, 64–69 (2019).

連絡先 美齊津 文典 (Fuminori MISAIZU)  
Tel: 022-795-6577 FAX: 022-795-6580  
<http://qpcrkk.chem.tohoku.ac.jp/>

## 量子化学研究室

(Quantum Chemistry Laboratory)

教授 藤井 朱鳥  
准教授 大槻 幸義  
助教 前山 俊彦  
助教 松田 欣之



**[研究概要]** 巨視的な物質は無数の分子からなり、その性質は水素結合などの分子同士の相互作用に大きく依存しています。2～数百個の分子が分子間相互作用により結びついたミクロな集合体（「クラスター」）を用いて、複雑な分子間の現象における本質的部分のみを取り出して可視化することが可能となっています。私たちは先端的レーザー分光実験によりクラスターの構造や反応の解明し、物質における性質・機能の起源を分子レベルで明らかにすると共に、新奇な分子の性質を探索しています。

分子は量子力学に従い、波動関数で記述されます。その波動関数をレーザーパルスで直接操作できれば自在に分子を操ることができます。私たちのグループで開発した最適制御シミュレーション法を使って操作法を明らかにするとともに、機械学習を用いて複雑な分子の動きの中から化学変化の法則を見出すことに挑戦しています。

図1 分子間に生じる非典型共有結合

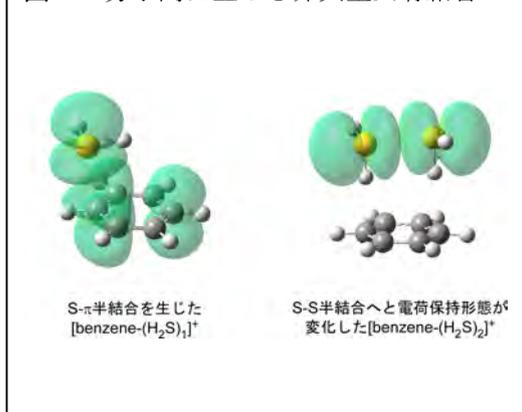
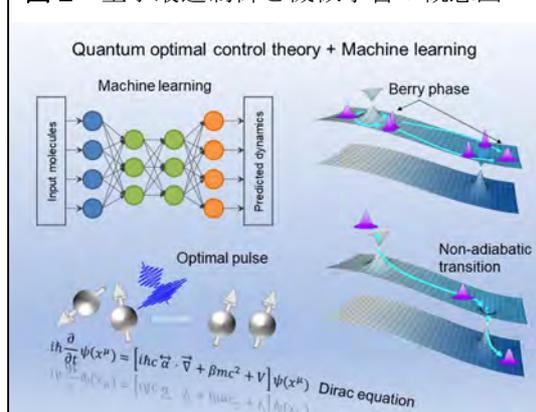


図2 量子最適制御と機械学習の概念図



**[Research]** A molecular cluster is an isolated system consisting of finite number of molecules, and it enables us to visualize complicated intermolecular structures. We study intermolecular structures of clusters by advanced laser spectroscopy. We also simulate molecular dynamics controlled by optimal laser pulses and adopt a machine learning approach to clarify mechanisms.

### [代表論文]

- 1) Wang, D.; Hattori, K.; Fujii, A., The S··π Hemibond and Its Competition with the S··S Hemibond in the Simplest Model System: Infrared Spectroscopy of the [Benzene-(H<sub>2</sub>S)<sub>n</sub>]<sup>+</sup> (n = 1–4) Radical Cation Clusters. *Chem. Sci.* **10**, 7260 (2019).
- 2) Namba, T.; Yoshida M.; Ohtsuki, Y., Machine-learning Approach for Constructing Control Landscape Maps of Three-dimensional Alignment of Asymmetric-top Molecules, *J. Chem. Phys.* **153**, 024120 (2020).

連絡先 藤井朱鳥 (Asuka FUJII)

Tel: 022-795-6572

FAX: 022-795-6785

<http://web.tohoku.ac.jp/qclab/>

## 有機物理化学研究室

(Organic Physical Chemistry)

教授 叶 深  
准教授 柴田 穰  
助教 井上 賢一  
葛 愛民



**[研究概要]** 触媒反応をはじめ多くの化学反応は、物質の表面あるいは界面で起こる。したがって、物質の表面・界面における微視的構造評価と制御は、化学反応の本質的理解および新機能物質の創出において極めて重要である。本研究室は、古典的な電気化学を基盤としつつ、和周波発生 (SFG) 非線形振動分光や、単分子分光、顕微分光、走査型プローブ顕微鏡などの最先端計測技術を駆使し、物質表面・界面で起こる化学反応の動的挙動を高感度に捉え、表面・界面構造と反応活性との関係を調べている (図1)。なかでも高効率の二次電池電極触媒の開発や表面構造制御によるソフトマターの高性能化を目指して、分子・原子レベルでの理解に基づく研究に取り組んでいる。また、非常に巧妙に制御され組織化されている光合成を中心とした生体中の光反応の機構解明にも取り組んでいる。様々な物質表面・界面の反応場における分子集合体の物性や構造変化、化学反応機構を解明することにより、新規物質の創製も目指す。



図1. 界面物理化学の研究

**[Research]** Our research interests are focused on the physical chemistry occurring at the surface or interface of various functional materials. Our research approach is based on many highly sensitive measurement techniques, such as sum frequency generation (SFG) vibrational spectroscopy, single-molecule spectroscopy, micro-spectroscopy, scanning probe microscope (SPM), in combination with standard methods in electrochemistry and interfacial chemistry. For example, to develop electrocatalysts for the secondary battery and fuel cell with high energy conversion efficiency, we are unraveling the reaction mechanism and kinetics on the electrode/solution interface. We are also studying the photo-induced chemical reaction in biological systems to understand the physical chemistry principle for photosynthesis. These studies will lead us to deep understanding about the mechanism and dynamics of chemical reactions on the surface/interface and to develop novel materials.

### [代表論文]

- 1) Ge, A.; Zhou, D.; Inoue, K.-i.; Chen, Y.; Ye, S. Probing the electrode-solution interfaces in rechargeable batteries by sum-frequency generation spectroscopy. *J. Chem. Phys.* (Featured Article), **153**, 170902 (2020).
- 2) Han, X.-B.; Ye, S. Structural Design of Oxygen Reduction Redox Mediators (ORRMs) Based on Anthraquinone (AQ) for the Li-O<sub>2</sub> Battery. *ACS Catalysis*, **10**, 9790-9803 (2020)
- 3) Peng, Q.; Chen, J.; Ji, H.; Morita, A.; Ye, S. Origin of the Overpotential for the Oxygen Evolution Reaction on a Well-Defined Graphene Electrode Probed by in Situ Sum Frequency Generation Vibrational Spectroscopy, *J. Am. Chem. Soc.*, **140**, 15568-15571 (2018)
- 4) Shibata, Y.; Nishi, S.; Kawakami, K.; Shen, J. R.; Renger, T., Photosystem II Does Not Possess a Simple Excitation Energy Funnel: Time-Resolved Fluorescence Spectroscopy Meets Theory, *J. Am. Chem. Soc.*, **135**, 6903-6914 (2013).

連絡先 叶 深 (Shen YE)

Tel: 022-795-6567 e-mail: ye.shen@tohoku.ac.jp

Homepage: <http://sub.web.tohoku.ac.jp/orgphys/>

## 計算分子科学研究室

(Computational Molecular Science  
Laboratory)

教授 森田 明弘

准教授 高橋 英明

助教 王 琳

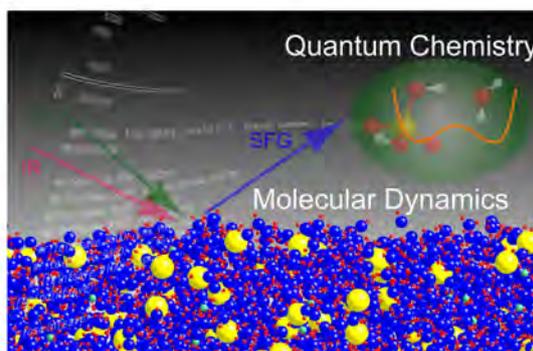
助手 平野 智倫



**【研究概要】** 溶液内や界面での分子過程を、電子状態計算や分子シミュレーションに基づく理論計算によって解明する研究を展開しています。最近では溶液中の化学反応やダイナミクスに加えて、不均質系の界面現象を主な研究対象としています。

凝集系での化学現象を分子レベルで理解するには、個々の分子の化学的な特徴と分子間力が織りなす統計的な性質の両方が必要です。私たちの研究グループでは電子状態と分子動力学の両方の知識をふまえて、新しい理論的方法論の開発や応用を図っています。現在の中心的な研究課題に挙げられる**電子分極の理論**や**界面和周波発生**の理論は、その典型的な例です。また新しい計算手法を、スーパーコンピュータを最大限に用いた大規模計算の中に実現していきます。

**電子状態に基づく分子モデリングと分子動力学シミュレーション**を主な方法とする理論・計算化学は、凝集系を解明する上で応用範囲の広い正攻法といえ、近年の計算機の進歩に伴って、化学の中での重要性を急速に増しつつあります。計算化学の将来を担う学生さんには、実験と協力できる幅広い視野と理論計算の研究手法を身に付け、実験だけでは解明できない領域に答えを与えられる研究を目指してほしいと思っています。



**[Research]** Our research activities deal with theory and computation of various molecular processes in solutions and interfaces, on the basis of quantum chemistry of molecular electronic structure and molecular dynamics simulation. We are particularly interested in development of new theoretical and/or computational methods, such as theory on electronic polarization and computation of interfacial sum frequency generation spectroscopy. Massive computations are carried out using advanced computer facilities.

### [代表論文]

- 1) Morita, A. Koizumi, A., Hirano, T., "Recent Progress in Simulating Microscopic Ion Transport Mechanisms at Liquid-Liquid Interfaces," *J. Chem. Phys. (Perspective)* **154**, 080901 (2021).
- 2) Morita, A., "Theory of Sum Frequency Generation Spectroscopy," *Lecture Note in Chemistry* **97**, Springer (2018).
- 3) Ishiyama, T., Morita, A., "Computational Analysis of Vibrational Sum Frequency Generation Spectroscopy," *Annu. Rev. Phys. Chem.* **68**, 355 (2017).
- 4) Takahashi, H., Matubayasi, N., Nakano, M., "Development of a Quantum Chemical Method Combined with a Theory of Solutions—Free-Energy Calculation for Chemical Reactions by Condensed Phase Simulations," *Adv. Quant. Chem.* **59**, 283 (2010).

連絡先 森田 明弘 (Akihiro MORITA)

Tel: 022-795-7717 FAX: 022-795-7716

<https://comp.chem.tohoku.ac.jp>

**有機化学第一研究室**  
**(天然物ケミカルバイオロジー)**  
**(Chemical Biology**  
**of Natural Products)**

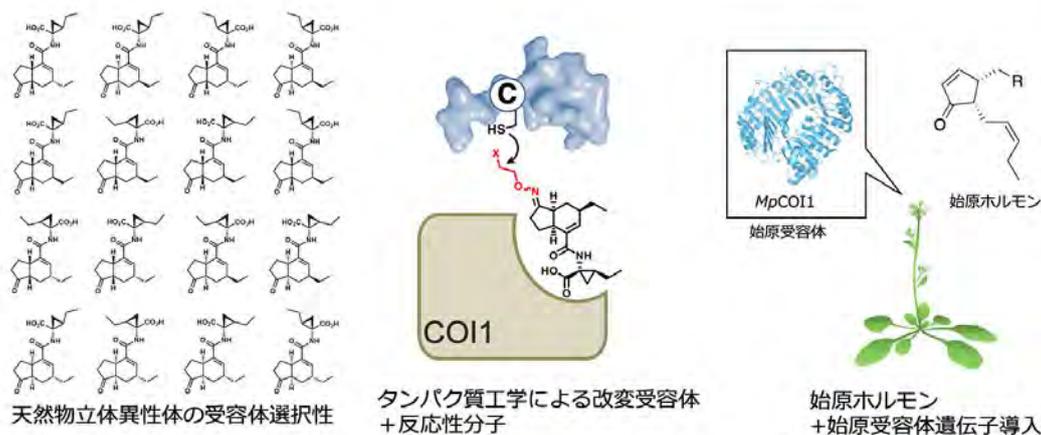
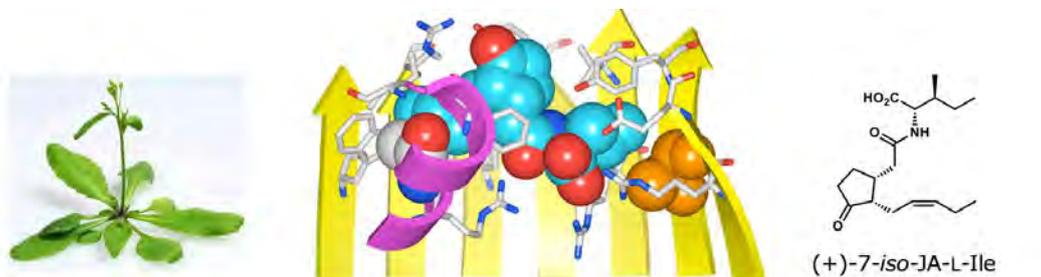
教授 上田 実  
 准教授 高岡洋輔  
 講師 加藤信樹  
 助教 加治拓哉



**[研究概要]**

生物が生産する天然有機化合物は、多彩な構造と生物活性を有しています。近年、欧米を中心にケミカルバイオロジー(化学生物学)が化学の中核分野として台頭してきました。現代では、伝統的な天然物化学を最新のケミカルバイオロジーと融合することが強く求められています。

当研究室では、特に生理活性天然物とその受容体に関連するケミカルバイオロジー研究を行っています。受容体タンパク質に選択性を持つリガンドの開発とその生物機能解析、生体機能の制御までを包含するストーリー性の高い研究が特徴です。「化学を用いて、生物学ではアプローチできない生物有機科学研究を行う」ことを目標としています。



**[代表論文]**

- 1) Y. Takaoka, M. Iwahashi, A. Chini, H. Saito, Y. Ishimaru, S. Egoshi, N. Kato, M. Tanaka, K. Bashir, M. Seki, R. Solano, M. Ueda A rationally designed JAZ subtype-selective agonist of jasmonate perception, *Nature Commun.*, 9, 3654 (2018).
- 2) T. Oikawa, Y. Ishimaru, S. Munemasa, Y. Takeuchi, K. Washiyama, S. Hamamoto, N. Yoshikawa, Y. Murata, N. Uozumi, M. Ueda, Ion channels regulate nyctinastic leaf opening in *Samanea saman*, *Current Biology*, 28, 2230-2238 (2018).
- 3) M. Ueda, S. Egoshi, K. Dodo, Y. Ishimaru, H. Yamakoshi, T. Nakano, Y. Takaoka, S. Tsukiji, M. Sodeoka, Non-canonical function of a small-molecular virulence factor coronatine against plant immunity: An *In vivo* Raman imaging approach, *ACS Cent. Sci.*, 3, 462-472 (2017).

連絡先 上田 実 (Minoru UEDA, minoru.ueda.d2@tohoku.ac.jp)

Tel: 022-795-6553 FAX: 022-795-6553

<http://www.orgchem1.chem.tohoku.ac.jp/>

## 合成・構造有機化学研究室

(Synthetic and Structural Organic Chemistry)

教授 岩本武明

准教授 石田真太郎

助教 佐々木茂



**【研究概要】** 有機化合物の骨格炭素をケイ素、ホウ素、リンなどの典型元素に置き換えた有機典型元素化合物は、多数の典型元素と多様な結合様式の組み合わせが可能であり、炭素を中心とした有機化合物にはない特異な構造、反応性と物性を示すことから、未来の物質科学

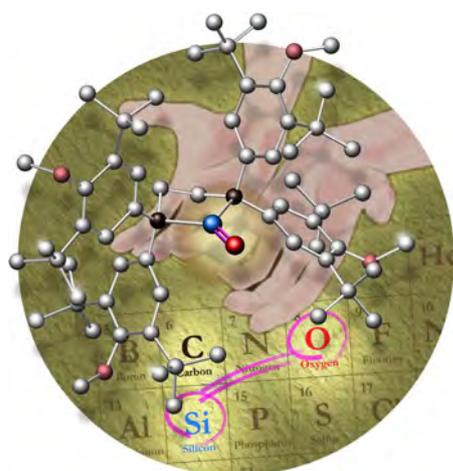


図1. 安定に単離されたケイ素-酸素二重結合化合物（シラノン、青（ケイ素）、赤（酸素））。

に大きなブレークスルーをもたらす「物性と機能の宝庫」として注目されています。私たちは新しい構造をもつ有機典型元素化合物を合成し、典型元素ならではの特徴を生かした優れた物性や反応性を引き出すことを追究しています。特に、ケイ素を主骨格に持つ新しい分子群の合成と性質の解明（例：図1）、典型元素化学種を用いた小分子活性化、典型元素が導入された特異な電子状態をもつ化学種の合成と機能解明に取り組んでいます。これらを通して構造や反応を系統的に理解するための基盤となる包括的概念の構築により、物質科学の発展に貢献することを目指しています。

**【Research】** We are aiming to develop new organic element compounds especially involving main group elements such as Si, B, P, Sb and Bi to unveil the structural characteristics and electronic properties that can be applied as new functional materials for the next generation. Recent progress in our group includes the development of unconventional silicon-based  $\sigma/\pi$ -electron systems and low-coordinate silicon, phosphorus and boron compounds with unprecedented electronic properties.

### 【代表論文】

- 1) A Spiropentasiladiene Radical Cation: Spin and Positive Charge Delocalization across Two Perpendicular Si=Si Bonds and UV-vis-NIR Absorption in the IR-B Region, Syunya Honda, Ryutaro Sugawara, Shintaro Ishida, Takeaki Iwamoto, *J. Am. Chem. Soc.*, **2021**, *143*, 2649–2653 (DOI: 10.1021/jacs.0c12426).
- 2) An Isolable Tetrasilicon Analogue of a Planar Bicyclo[1.1.0]butane with  $\pi$ -Type Single-Bonding Character, Takumi Nukazawa, Takeaki Iwamoto, *J. Am. Chem. Soc.*, **2020**, *142*, 9920–9924 (DOI: 10.1021/jacs.0c03874).
- 3) An Isolable Silicon Analogue of a Ketone that Contains an Unperturbed Si=O Double Bond, Ryo Kobayashi, S. Ishida, T. Iwamoto, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2019**, *58*, 9425–9428 (DOI: 10.1002/anie.201905198).
- 4) Sterically crowded diphosphines bearing ethynylene and 1,2-phenylene linkers, S. Sasaki, K. Kato, K. Sasaki, M. Yoshifuji, *Tetrahedron Lett.*, **2020**, *61*, 151366 (DOI: 10.1016/j.tetlet.2019.151366).

連絡先 岩本武明 (Takeaki IWAMOTO)

Tel: 022-795-6558 Fax: 022-795-6562

<http://www.ssoc.chem.tohoku.ac.jp/>

有機分析化学研究室  
(天然物合成化学)

(Natural Product Synthesis)

教授 林雄二郎  
講師 森直紀  
助教 的場博亮  
助教 塩見慎也  
助教 Indu Satrajit

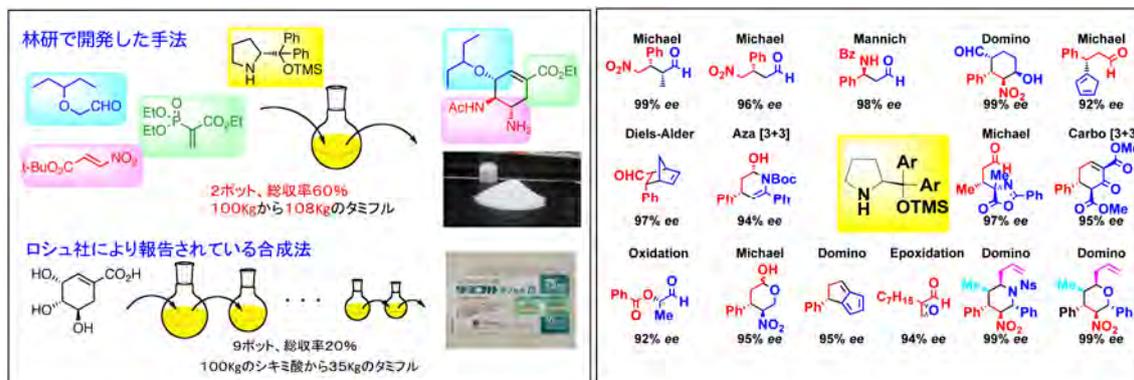


**[研究概要]** 有機合成化学の最重要課題の一つである、強力な生物活性を有する天然有機化合物の全合成、および新しい反応の開発について研究を行っています。

強い生物活性を有しているのですが、天然からは極微量しか得られない化合物が多く存在します。このような化合物を有機化学の力で全合成を行い、さらに天然物よりも優れた生物活性を有する人工化合物の創製を目指しています。合成に際しては、できるだけ独創的な手法で作る事を心がけています。

また新しい反応の開発では、黄色で示した触媒が多くの反応の優れた活性化剤になる事を見いだしました。現在、世界中の研究者に使っていただいています。

抗インフルエンザ治療薬であるタミフルは、これまで9段階の化学変換を経て合成されていましたが、我々はわずか1つの反応容器だけで、しかも1時間以内に合成が完了するという画期的な手法を開発しました。この合成が可能となったのは、我々の研究室で開発した触媒反応が非常に効果的に作用したためです。本研究は、基礎研究として重要であるだけでなく、人類の健康・福祉に貢献するものです。



**[代表論文]**

1. Pot Economy in Total Synthesis, Y. Hayashi, *J. Org. Chem.*, **86**, 1-23 (2021).
2. Pot and time economies in the total synthesis of Corey lactone, N. Umekubo, Y. Suga, Y. Hayashi, *Chem. Sci.*, **11**, 1205-1209 (2020).
3. Direct Asymmetric Michael Reaction of  $\alpha,\beta$ -Unsaturated Aldehydes and Ketones Catalyzed by Two Secondary Amine Catalysts, Y. Hayashi, N. Umekubo, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **57**, 1958-1962 (2018).
4. Pot Economy in the Total Synthesis of Estradiol Methyl Ether by Using an Organocatalyst, Y. Hayashi, S. Koshino, K. Ojima, E. Kwon, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **56**, 11812-11815 (2017).
5. TimeEconomic Total Synthesis of (-)-Oseltamivir, Y. Hayashi, S. Ogasawara, *Org. Lett.*, **18**, 3426 (2016).
6. Pot economy and one-pot synthesis, Y. Hayashi, *Chem. Sci.*, **7**, 866-880 (2016).

連絡先 林 雄二郎 (Yujiro Hayashi)  
Tel: 022-795-3554, FAX: 022-795-6566  
<http://www.ykbsc.chem.tohoku.ac.jp/>

## 学際基盤化学研究室

(Laboratory of Fundamental  
Chemistry)

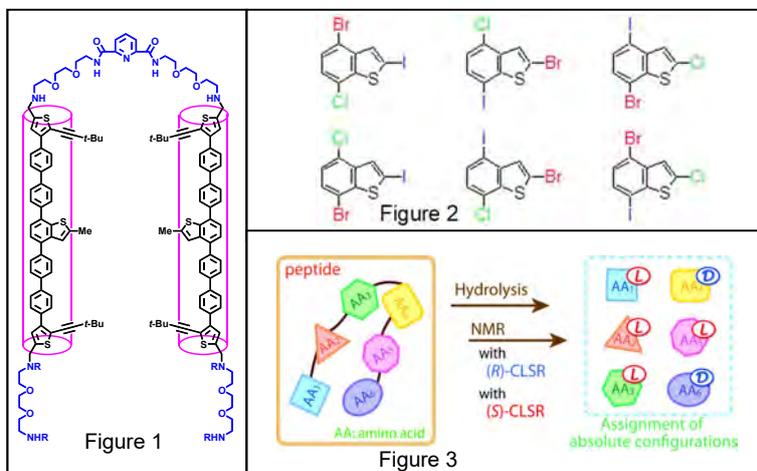
教授 豊田 耕三

助教(兼) 小俣 乾二

助教 寺内 毅



**[研究概要]** 我々の研究室では、主として有機金属化合物や遷移金属錯体および配位子の化学の基礎と応用について研究しています。例えば側鎖配列を制御した大規模配位子の構築とその応用について研究しています(図1)<sup>(1)</sup>。その構成要素となるベンゾ[*b*]チオフェン誘導体の新規合成法を研究し、反応性の異なる3種のハロゲン原子を結合した(ブromo)(クロロ)(ヨード)ベンゾ[*b*]チオフェン類を合成しました(図2)<sup>(2)</sup>。これらの化合物にクロスカップリング反応を用いることにより、ベンゾ[*b*]チオフェンの2,4,7-位に対して思い通りの順番で置換基を導入できるようになります。また、簡便で装置などの制約が少ないNMRを用いる絶対配置決定法の開発についても研究しています。図3は、ペプチドに応用可能なアミノ酸の絶対配置の一括決定を行えるキラルシフト試薬の例です<sup>(3)</sup>。



**[Research]** Our laboratory focuses on organometallic chemistry and studies preparations, properties, and applications of various transition metal complexes as well as their ligands. Our research area is a development of the bio-inspired large ligand systems, which contain sequence-defined side chains: In our 'linked (ethynylthienyl)oligoarene system', various side chains can be introduced in a defined order (Figure 1).<sup>1</sup> Six types of (bromo)(chloro)(iodo)benzo[*b*]thiophenes were prepared by silica gel-assisted cyclization of (haloethynyl)(sulfanyl)benzene derivatives (Figure 2)<sup>2</sup> and applied to preparation of oligoarenes. Another research area is the development of new methods for determining the absolute configuration of organic compounds, using lanthanoid metal-containing chiral NMR shift reagents (Figure 3).<sup>3</sup>

### [代表論文]

- (1) Yamamoto, T.; Katsuta, H.; Toyota, K.; Iwamoto, T.; Morita, N., Preparation of 4,7-Dibromobenzo[*b*]thiophene as a Versatile Building Block and Synthetic Application to a Bis(ethynylthienyl)oligoarene System, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2012**, 85, 613.
- (2) Mikami, S.; Tanaka, H.; Kishi, H.; Yoshida, S.; Toyota, K., Silica Gel-Assisted Preparation of (Bromo)(chloro)(iodo)benzo[*b*]thiophenes Bearing Halogen Atoms at the 2-, 4-, and 7-Positions, *Heterocycles*, **2018**, 96, 1529.
- (3) Omata K.; Fujioka M.; Kabuto K.; Sasaki Y., Use of Sm(III)-{1,2-propanediamine-*N,N,N',N'*-tetra-( $\alpha,\alpha$ -dideuterioacetate)} complex for NMR determination of absolute configuration of each  $\alpha$ -amino acid in peptide hydrolysate mixtures, *Chem. Commun.*, **2008**, 4903.

連絡先 豊田 耕三 (Kozo TOYOTA)

Tel: 022-795-7714

<http://web.tohoku.ac.jp/fundamentchem/>

## 有機化学第二研究室

(Laboratory of Organic Chemistry)

教授 瀧宮 和男  
助教 川畑 公輔

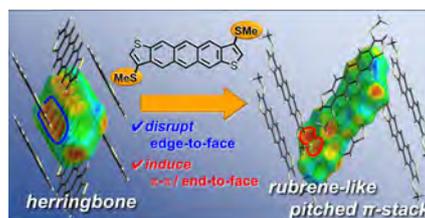


**[研究概要]** 有機化合物の特徴である「分子構造・電子状態を自在に設計・合成できる」ことを活かし、トランジスタ、太陽電池、導電性材料などに応用可能な機能性分子を開発し、それらを有機エレクトロニクスデバイスへと応用しています。現在、これまでは実現が困難であった課題、例えば可溶性有機半導体材料の開発、分子設計による有機半導体結晶の構造制御、有機半導体のキャリア密度の精密制御、などを目指し、新規材料の開発と応用について研究を行っています。

・可溶性有機半導体の簡便合成に関する論文（代表論文 1）



・有機半導体の結晶構造制御に関する論文（代表論文 2）



**[Research]** Organic molecules can be designed and synthesized as they show desirable functions and properties, and these functional molecules are utilized in fabricating optoelectronic devices such as organic field-effect transistors (OFETs), organic solar cells (organic photovoltaics, OPVs), and thermoelectric (TE) devices. Our research group is currently focusing on control of the crystal structures based on the molecular design and doping level of organic semiconductors, which have been regarded as formidable tasks in the field, and thereby new superior functional organic materials will be created.

### [代表論文]

- 1) S. Usui, K. Takimiya, Synthesis of Soluble Dinaphtho[2,3-*b*:2',3'-*f*]thieno[3,2-*b*]thiophene (DNNT) Derivatives: One-Step Functionalization of 2-Bromo-DNNT, K. Kawabata, *J. Org. Chem.*, **85**, 195–206 (2020).
- 2) C. Wang, D. Hashizume, M. Nakano, T. Ogaki, H. Tekenaka, K. Kawabata, K. Takimiya, “Disrupt and induce” intermolecular interactions to rationally design organic semiconductor crystals: from herringbone to rubrene-like pitched  $\pi$ -stacking, *Chem. Sci.* **11**, 1573–1580 (2020).
- 3) H. Takenaka, T. Ogaki, C. Wang, K. Kawabata, K. Takimiya, Selenium-substituted  $\beta$ -methylthiobenzo[1,2-*b*:4,5-*b'*]dithiophenes: synthesis, packing structure, and transport properties, *Chem. Mater.*, **31**, 6696–6705 (2019).
- 4) K. Takimiya, M. Nakano, Thiophene-fused Naphthalene Diimides: New Building Blocks for Electron Deficient  $\pi$ -Functional Materials, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **91**, 121–140 (2018).

連絡先 瀧宮和男 (Kazuo TAKIMIYA)

Tel: 022-795-6585

<http://web.tohoku.ac.jp/ogchmii/index.html>

## 反応有機化学研究室

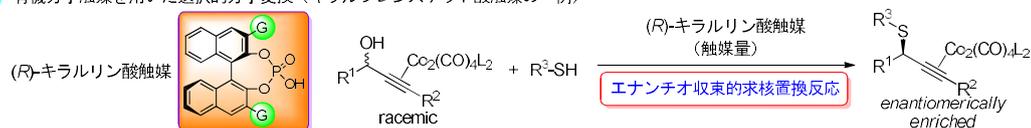
(Laboratory of  
Organic Reaction Processes)

教授 寺田 眞浩  
准教授 中村 達  
准教授 金 鉄男  
准教授 近藤 梓  
助教 梅宮 茂伸  
助教 菊池 隼

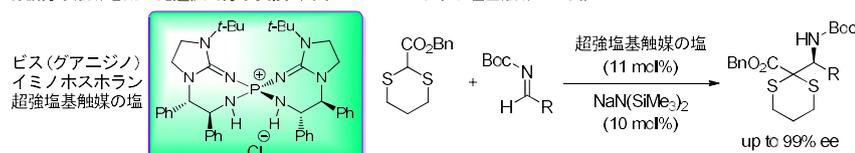


**[研究概要]** 化学の原点はものづくりにあります。有機化学に求められているのは欲しいものだけを作る選択的な物質変換に加え、効率の追求による環境に配慮した高度な分子変換プロセスの開拓です。我々の研究室では**有機分子**や**金属錯体**の特性を生かした**次世代分子触媒**を創製することで選択性、汎用性、効率に応えうる**新しい分子変換法の開拓**を行っています。さらに、高度分子変換を駆使した有用生理活性化合物や機能性材料の高効率合成へと展開することで基礎から応用まで一貫した開発研究を目指しています。

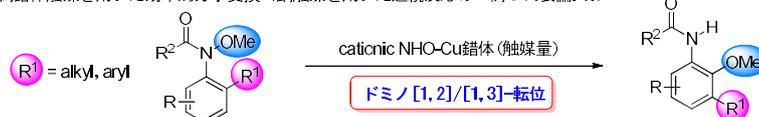
⑧ 有機分子触媒を用いた選択的分子変換（キラルブレンステッド酸触媒の一例）



⑧ 有機分子触媒を用いた選択的分子変換（キラルブレンステッド塩基触媒の一例）



⑧ 金属錯体触媒を用いた効率的分子変換（銅触媒を用いた連続反応の一例：代表論文3）



**[Research]** Now a day, the development not only of highly selective reactions leading to desired compounds but also of advanced organic transformations to minimizing the environmental burdens is highly challenging tasks for organic chemists. Our research interests have been focused on the creation of environmentally benign processes using metal complexes and organic compounds as the designed catalyst molecules by taking advantage of the inherent property of these molecules. Furthermore we apply these advanced molecular transformations to selective and efficient synthesis of useful organic materials or biologically active compounds.

### [代表論文]

- 1) J. Kikuchi, M. Terada, Enantioselective Addition Reaction of Azlactones with Styrene Derivatives Catalyzed by Strong Chiral Brønsted Acids, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **58**, 8458–8462 (2019).
- 2) A. Kondoh, M. Oishi, H. Tezuka, M. Terada, Development of Chiral Organosuperbase Catalysts Consisting of Two Different Organo Base Functionality, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **59**, 7472–7477 (2020).
- 3) A. Kondoh, S. Ishikawa, M. Terada, Development of Chiral Ureates as Chiral Strong Brønsted Base Catalysts, *J. Am. Chem. Soc.*, **142**, 3724–3728 (2020).
- 4) H. Tashiro, M. Terada, I. Nakamura, Consecutive O-S/N-S Bond Cleavage in Au-Catalyzed Rearrangement Reactions of Alkynyl N-Sulfinylimines, *Angew. Chem. Int. Ed.*, Accepted Articles (2021) DOI: 10.1002/anie.202100207.
- 5) L. Yang, H. Matsuyama, S. Zhang, M. Terada, T. Jin, Tandem Oxidative Ring Expansion for Synthesis of Dibenzocyclooctaphenanthrenes, *Org. Lett.*, **22**, 5121–5125 (2020).

連絡先 寺田眞浩 (Masahiro TERADA)

Tel: 022-795-6602 FAX: 022-795-6584

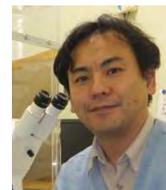
<http://www.orgreact.sakura.ne.jp/index.html>

## 生物化学研究室

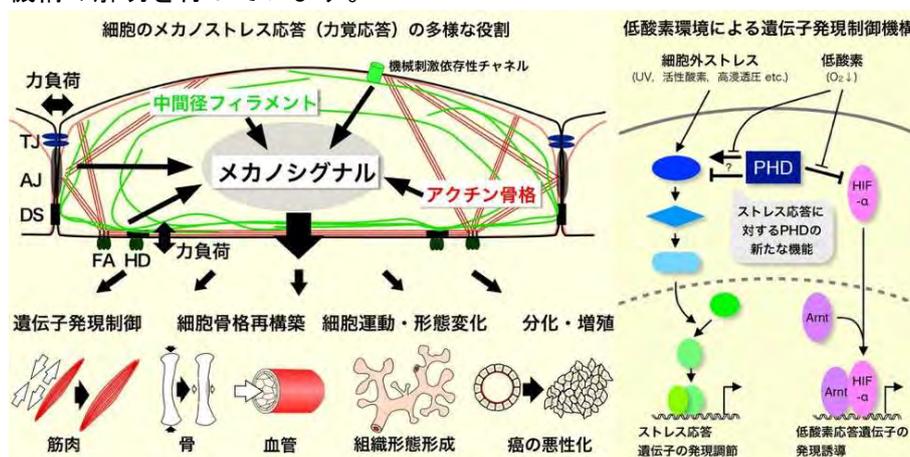
(Biochemistry)

教授 大橋一正

准教授 安元研一



**【研究概要】** 細胞の機械的な力(メカノストレス)や浸透圧ストレスに対する応答の分子機構について研究しています。筋肉や骨は力の負荷に対応するように構造が変化し、また、組織形態形成時の細胞集団の秩序ある振る舞いにおいても力の作用が重要な働きを持っています。このような応答において細胞が機械的力を感じ、その力に応じた細胞骨格の再構築を行う分子機構の解明を行っています。また、細胞のストレス応答は、細胞の生死を左右する重要なシステムです。細胞内の酸素センサーとして機能するプロリン水酸化酵素 PHD は低酸素誘導因子 HIF の活性を調節する因子として有名ですが、私たちは、PHD が HIF 経路とは異なる浸透圧や UV によるストレス応答性 MAP キナーゼ経路を制御することを見出し、その分子機構の解明を行っています。



**【Research】** We are investigating the molecular mechanisms involved in the body's response to environmental stresses, including mechanical forces and hyperosmotic stress. It is well known that muscles and bones are properly maintained by exercise and that mechanical responses in epithelial cells are also involved in morphogenesis of epithelial tissues. In our study of mechanical responses, we are examining molecular mechanisms of the actin cytoskeleton reorganization following application of mechanical stresses. It is well known that prolyl hydroxylase domain-containing proteins (PHDs), which act as an oxygen sensor, regulate the amount of the HIFs in response to oxygen levels. We are investigating novel molecular mechanisms of the stress responses through PHDs. We found that PHDs regulates stress-response MAP kinase signaling in response to hyperosmotic and UV stresses.

### 【代表論文】

- 1) Isozaki Y, Sakai K, Kohiro K, Kagoshima K, Iwamura Y, Sato H, Rindner D, Fujiwara S, Yamashita K, Mizuno K, Ohashi K: The Rho-guanine nucleotide exchange factor Solo decelerates collective cell migration by modulating the Rho-ROCK pathway and keratin networks. *Mol. Biol. Cell* (2020) in press
- 2) Fujiwara S, Ohashi K, Mashiko T, Kondo H, Mizuno K: Interplay between Solo and keratin filaments is crucial for mechanical force-induced stress fiber reinforcement, *Mol. Biol. Cell*, **27**, 954-966 (2016).
- 3) Abiko H, Fujiwara S, Ohashi K, Hiataro R, Mashiko T, Sakamoto N, Sato M, and Mizuno K: Rho-guanine nucleotide exchange factors involved in cyclic stretch-induced reorientation of vascular endothelial cells, *J. Cell Sci.*, **128**, 1683-1695 (2015).

連絡先 大橋 一正 (Kazumasa OHASHI)

Tel:022-795-6590 FAX: 022-795-6594

<http://www.biology.tohoku.ac.jp/lab->

[www/ohashi\\_lab/index.html](http://www/ohashi_lab/index.html)

## 巨大分子解析研究センター

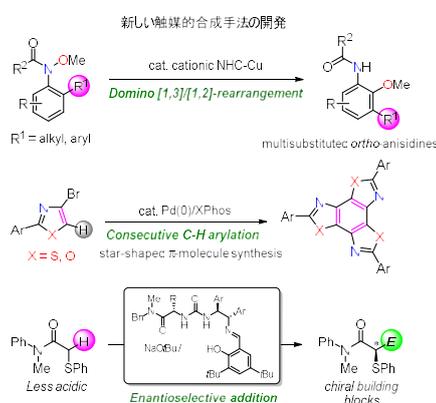
(Research and Analytical Center for  
Giant Molecules)

教授 岩本 武明(兼)  
准教授 権 垠相  
准教授 中村 達  
准教授 金 鉄男  
准教授 近藤 梓  
助手 門馬 洋行

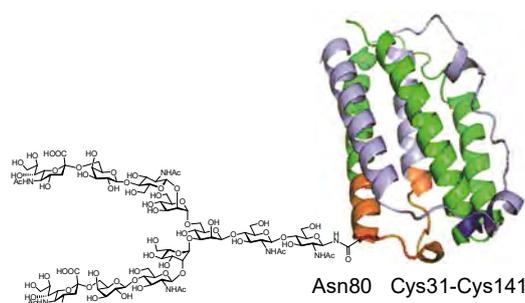


### [研究概要]

巨大分子解析研究センターは、新反応の開発や有用化合物の合成、複雑な巨大分子の構造解析などに関する研究を展開している。実験研究部門では、有機分子触媒による選択的不斉合成反応や金属触媒を用いた新合成反応の開発を行っている。解析研究部門には、最新鋭の各種測定機器が揃っており、それらを利用した巨大分子の構造解析や新しい測定手法の開発、研究室から依頼されたサンプルの測定・分析・解析を行っている。



### Human Interferon Beta



### [Research]

The Research and Analytical Center for Giant Molecules consists of two sections for analytical and experimental researches. The analytical section has the latest high-performance instruments for elemental, mass spectrometric (MS), nuclear magnetic resonance (NMR), X-ray crystal structure, and plasma atomic emission (ICP) analyses. These instruments play an important role in determining the structures of small and giant molecules in research on fundamental and applied sciences. The experimental research section investigates the development of new chemical reactions including organic and metallic catalysts, and their application to the synthesis of new functional materials.

### [代表論文]

- 1) T. Nukazawa, T. Iwamoto, An Isolable Tetrasilicon Analogue of a Planar Bicyclo[1.1.0]butane with  $\pi$ -Type Single-Bonding Character, *J. Am. Chem. Soc.*, **142**, 9920-9924 (2020).
- 2) Y. Yamada, A. V. Kuklin, S. Sato, F. Esaka, N. Sumi, C. Zhang, M. Sasaki, E. Kwon, Y. Kasama, P. V. Avramov, S. Sakai, Electronic structure of  $\text{Li}^+@C_{60}$ : Photoelectron spectroscopy of the  $\text{Li}^+@C_{60}[\text{PF}_6^-]$  salt and STM of the single  $\text{Li}^+@C_{60}$  molecules on Cu(111), *Carbon*, **133**, 23 (2018).
- 3) Y. Ishida, I. Nakamura, M. Terada, Copper-catalyzed Domino [1,3]/[1,2] Rearrangement for the Efficient Synthesis of Multisubstituted *ortho*-Anisidines, *J. Am. Chem. Soc.*, **140**, 8629-8633 (2018)
- 4) Z. Xu, K. Oniwa, H. Kikuchi, M. Bao, Y. Yamamoto, T. Jin, M. Terada, Pd-Catalyzed Consecutive C-H Arylation Triggered Cyclotrimerization: Synthesis of Star-shaped Benzotriazolones and Benzotrisoxazolones, *Chem. Eur. J.*, **24**, 9041-9050 (2018). Selected as Cover Feature.
- 5) A. Kondoh, S. Ishikawa, M. Terada, Development of Chiral Ureates as Chiral Strong Brønsted Base Catalysts, *J. Am. Chem. Soc.*, **142**, 3724-3728 (2020).

連絡先 岩本 武明 (Takeaki IWAMOTO)

Tel: 022-795-6558 FAX: 022-795-6562

<http://www.kiki.chem.tohoku.ac.jp/index.html>



## 片平キャンパスの 各研究室紹介



- …多元物質科学研究所
- …金属材料研究所
- …材料科学高等研究所

## 東北大学大学院理学研究科化学専攻 片平キャンパスについて

東北大学大学院理学研究科化学専攻 片平キャンパスは本学の附置研究所である多元物質科学研究所と金属材料研究所、材料科学高等研究所より構成されています。簡単にそれぞれの研究所・機構についてご説明します。

多元物質科学研究所（略称：多元研、英文名：Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials (IMRAM)）は、2001年4月にそれまでの素材工学、科学計測、反応化学の3研究所が統合・再編して発足した研究所です。「多元」とは「多くの根元や要素があること」を意味しています。金属、無機、半導体、有機、高分子、バイオ関連など、従来は研究組織も学会や企業などにおいてもそれぞれ別々に探求されてきた物質・材料群の壁を取り払い、すべてを同等に扱い、これらをナノレベルで構成要素とする複合ナノ物質・材料を研究対象とすることにより、新規現象の発現、諸特性の革新的向上に繋げることを目的とし、その成果を社会還元することです。

金属材料研究所（略称：金研、英文名：Institute of Materials Research）は1922年に設置された非常に歴史のある研究所であり、1987年5月、東北大学附置全国共同利用型研究所として再発足した研究所です。本研究所では、金属をはじめ、半導体、セラミックス、複合材料などの広範な物質・材料に関する基礎と応用の両面の研究により、真に社会に役立つ新たな材料を創出することを目的とし、社会に貢献することです。

材料科学高等研究所（略称：WPI, AIMR、英文名：World Premier International Research Center, Advanced Institute for Materials Research）は、東北大学の100周年を祝した2007年に文部科学省の「世界トップレベル研究拠点プログラム」としてスタートしました。AIMRでは、「バルク金属ガラス」「ナノ物理」「ナノ化学バイオ」および「デバイス / システム」の4つの領域を中心に物理・化学・エレクトロニクスなど様々な分野を融合しながら、最先端の機能性材料に関する研究を行っています。また、異分野間の共同研究や創造性の促進を通じて、将来有望な若手研究者の育成にも力を注いでいます。

東北大学大学院理学研究科化学専攻 片平キャンパスのすべての研究室では理学部化学科の学部生は配属されておらず、大学院からの進学・入学となっております。

本パンフレットは大学院への進学を希望される学生さん向けに、東北大学大学院理学研究科化学専攻 片平キャンパスに所属する研究室の構成及び各研究室の研究概略を紹介しています。より詳細は各研究室のホームページ（研究概略のページに掲載）にて確認して下さい。本パンフレットが大学院を選択する学生の方々の参考になれば幸いです。

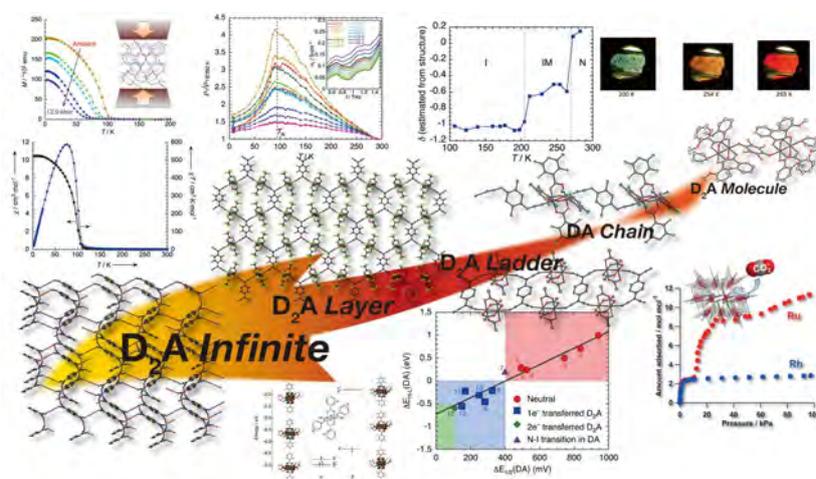
**錯体物性化学研究室**  
(Solid-State Metal-Complex Chemistry)

教授 宮坂 等  
准教授 谷口耕治  
助教 高坂 亘



**[研究概要]** 金属錯体は、遷移金属イオンとその周りの有機物・無機物（配位子）からなる分子性化合物です。その金属イオンの酸化状態とスピン状態は、金属イオンの選択に加え、配位子と金属周りの幾何構造を制御することによって柔軟且つ多様に変えることができます。例えば、プラモデルを組み立てるがごとく、金属イオンとそれを繋ぐ架橋配位子を組み合わせることで、磁氣的相関や電子共役を媒介する多次元連続格子を設計することができます。当研究室では、金属錯体による多次元格子上的電子やスピンの自在制御と非自明電子・磁気物性を発現するソフトマテリアルの探索に取り組んでいます。特に、格子上的電荷移動・電子移動の制御による分子スピントロニクスの開拓、分子性強磁性導電体の開発、酸化還元活性多孔性分子材料の開発とホスト・ゲスト相互作用による電子・スピン協奏現象の開拓などに取り組んでおり、近未来分子格子ソフトマテリアル・ナノマテリアルの新たな提言を発信することを目指しています。

**[Research]** We are studying on solid-state physical chemistry based on metal complexes or coordination compounds, in which our goal is directed to control synergistically electronic and magnetic properties/behavior on molecular frameworks and finally to create new soft molecular materials with unique phenomena.



**[代表論文]**

- 1) J. Zhang, W. Kosaka, Y. Kitagawa, H. Miyasaka, “A metal–organic framework that exhibits CO<sub>2</sub>-induced transitions between paramagnetism and ferrimagnetism”, *Nature Chem.*, **13**, 191–199 (2021).
- 2) M. Nakaya, W. Kosaka, H. Miyasaka, Y. Komatsumaru, S. Kawaguchi, K. Sugimoto, Y. Zhang, M. Nakamura, L. F. Lindoy, S. Hayami, “CO<sub>2</sub>-induced spin state switching at room temperature in a monomeric cobalt(II) complex with the porous nature”, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **59**, 10658–10665 (2020).
- 3) J. Chen, Y. Sekine, A. Okazawa, H. Sato, W. Kosaka, H. Miyasaka, “Chameleonic layered metal-organic frameworks with variable charge-ordered states triggered by temperature and guest molecules”, *Chem. Sci.*, **11**, 3610–3618 (2020).
- 4) P.-J. Huang, K. Taniguchi, H. Miyasaka, “Bulk Photovoltaic Effect in a Pair of Chiral–Polar Layered Perovskite–Type Lead Iodides Altered by Chirality of Organic Cations”, *J. Am. Chem. Soc.*, **141**, 14520–14523 (2019).
- 5) J. Zhang, W. Kosaka, Y. Kitagawa, H. Miyasaka, “Host–Guest Hydrogen Bonding Varies the Charge-State Behavior of Magnetic Sponges,” *Angew. Chem. Int. Ed.*, **58**, 7351–7356 (2019).
- 6) W. Kosaka, Z. Liu, J. Zhang, Y. Sato, A. Hori, R. Matsuda, S. Kitagawa, H. Miyasaka, “Gas-responsive porous magnet distinguishes the electron spin of molecular oxygen,” *Nature Commun.*, **9**, 5420(1–9) (2018)

連絡先 宮坂 等 (Hitoshi MIYASAKA)  
Tel: 022-215-2030 FAX: 022-215-2031  
<http://www.miyasaka-lab.imr.tohoku.ac.jp/>

## ナノ・マイクロ計測化学研究分野

(計測研究部門)

(Nano/Micro Chemical Measurements)

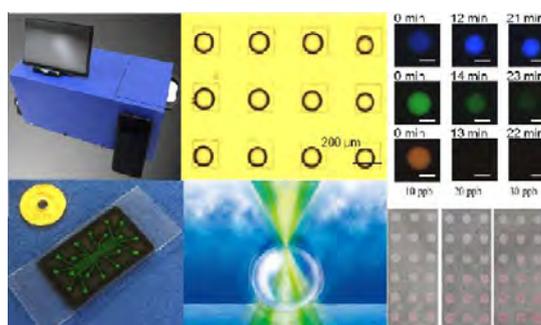
教授 火原 彰秀  
助教 福山 真央  
助教 Derrick M. Mott  
技術職員 小倉 祐



### 【研究概要】「ナノ・マイクロ世界の計測化学」

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ています。分析手法の創出、分析原理の探求だけでなく、バイオ・環境・食品・工業プロセスなどを対象とした簡便分析・自動分析などにも研究を進めています。

独自の蛍光偏光検出装置を開発し、インフルエンザ、Covid-19 抗体、貝毒やカビ毒のワンステップ免疫アッセイ法を研究しています。有機ナノ結晶を利用したペーパーマイクロ分析デバイスによる、金属イオンや各種アミンの分析方法を研究しています。独自のレーザー光散乱分光法を研究し、エアロゾル水滴やリン脂質二重膜などを対象とした微小界面計測に挑戦しています。



### 【Research】 “Chemical Measurements for Nano/Micro Scale Molecules and Objects”

We study advanced nano-micro technologies in chemistry – biochemistry and their applications to integrated analytical devices. We investigate easy and automated analytical technologies for life science, environmental science, food safety, and industrial process. We also investigate novel analytical technologies such as single cell analysis and single molecule analysis. In such nano-micro spaces, interfacial phenomena are important, and we have investigated these phenomena and methods to elucidate them. We will open new science based on original methods.

### 【代表論文】

1. Grasianto, M. Fukuyama, D.M. Mott, Y. Koseki, H. Kasai, A. Hibara, Organic nanocrystal enrichment in paper microfluidic analysis, *Sensors and Actuators B: Chemical* **333** (2021) 129548. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2021.129548>
2. K. Nishiyama, M. Fukuyama, M. Maeki, A. Ishida, H. Tani, A. Hibara, M. Tokeshi, One-step non-competitive fluorescence polarization immunoassay based on a Fab fragment for C-reactive protein quantification, *Sensors and Actuators B: Chemical* **326** (2021) 338212. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2020.128982>
3. M. Fukuyama, A. Nakamura, K. Nishiyama, A. Imai, M. Tokeshi, K. Shigemura, A. Hibara, Noncompetitive Fluorescence Polarization Immunoassay for Protein Determination, *Analytical Chemistry* **92** (2020) 14393–14397. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.0c02300>
4. K. Nishiyama, Y. Takeda, M. Maeki, A. Ishida, H. Tani, K. Shigemura, A. Hibara, Y. Yonezawa, K. Imai, H. Ogawa, M. Tokeshi, Rapid detection of anti-H5 avian influenza virus antibody by fluorescence polarization immunoassay using a portable fluorescence polarization analyzer, *Sensors and Actuators B: Chemical* **316** (2020) 128160. <https://doi.org/10.1016/J.SNB.2020.128160>
5. M. Fukuyama, M. Tokeshi, M.A. Proskurnin, A. Hibara, Dynamic wettability of polyethylene glycol-modified poly(dimethylsiloxane) surfaces in an aqueous/organic two-phase system, *Lab on Chip* **18** (2018) 356–361. <https://doi.org/10.1039/C7LC01121K>
6. T. Endo, K. Ishikawa, M. Fukuyama, M. Uraoka, S. Ishizaka, A. Hibara, Spherical Spontaneous Capillary-Wave Resonance on Optically Trapped Aerosol Droplet, *Journal of Physical Chemistry C* **122** (2018) 20684–20690. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.8b03784>

分野連絡先 火原 彰秀 (Akihito HIBARA) [hibara@tohoku.ac.jp](mailto:hibara@tohoku.ac.jp)

Tel: 022-217-5616, FAX: 022-217-5616

<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/hibara/>

## 走査プローブ計測技術研究分野

(先端計測開発センター)

(Advanced Scanning Probe Microscopy)

教授 米田 忠弘

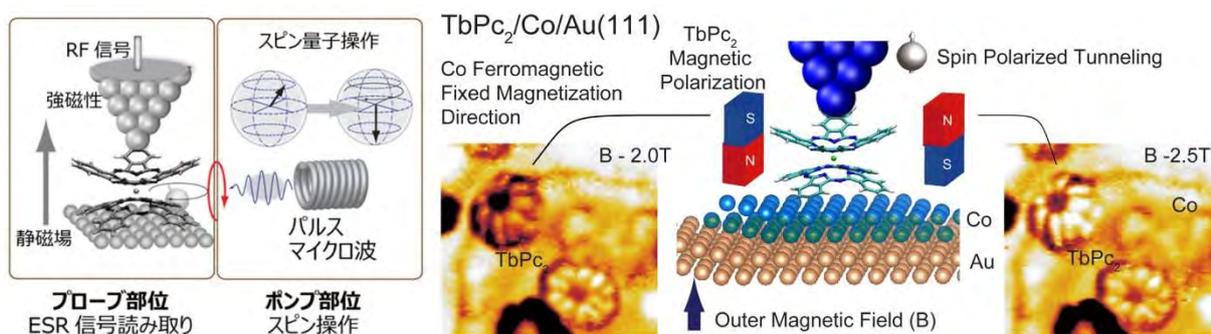
講師 高岡 毅

助教 道祖尾 恭之



**【研究概要】** 次世代の産業を担うと期待される量子コンピューターの基礎的な研究を行っている。化学の特徴を生かし分子を情報の単位である Qubit として用いる新しい量子情報処理システムの基盤を構築する。その実現のために 1K 以下の極低温、単一分子を対象としたスピン操作などの最先端計測技術の物理化学的手法を開発する。微細加工技術を駆使したデバイス作成と、走査型トンネル顕微鏡 (STM) を用いた分子の直接観察を組み合わせることでこれを実現する。

1. 分子スピンを利用した新しい量子コンピューターの基盤構築
2. デバイスと表面反応を利用した原子層トランジスタセンサー開発
3. ナノ領域での化学反応素過程の研究
4. 単一分子単位での究極の化学分析手法の開発



**【Research】** Nanotechnology has attracted wide attentions and a variety of approaches have been proposed. They cover wide area including environmental catalytic material and post-Si electric materials. Scanning tunneling microscope (STM) is expected to be the most powerful tool for such researches. STM is not a simple microscope to give atomic resolution but is a tool to manipulate an isolated molecule like an atomic scale tweezers. Our study on the molecule dynamics using this tweezers includes single molecule reaction though the excitation of internal vibrational modes, and measuring vibrational spectroscopy of a single molecule by the analysis of tunneling electrons..

### 【代表論文】

- 1) Z. K. Qi, P. Mishra, F. Ara, H. Oka, Y. Sainoo, K. Katoh, M. Yamashita, T. Komeda, Magnetic Hysteresis of Single-Molecule Magnets Adsorbed on Ferromagnetic Substrate, ACS Nano (2019) 10.1021/acsnano.9b04428.
- 2) P. Mishra, Z. K. Qi, H. Oka, K. Nakamura, T. Komeda, Spatially Resolved Magnetic Anisotropy of Cobalt Nanostructures on the Au(111) Surface, Nano Lett. 17 (2017) 5843-5847.
- 3) F. Wu, J. Liu, P. Mishra, T. Komeda, J. Mack, Y. Chang, N. Kobayashi, Z. Shen, Modulation of the Molecular Spintronic Properties of Adsorbed Copper Corroles, Nat. Comm. 6 (2015) 7547.
- 4) T. Komeda, H. Isshiki, J. Liu, Y.-F. Zhang, N. Lorente, K. Katoh, B. K. Breedlove, M. Yamashita, Observation and electric current control of a local spin in a single-molecule magnet, Nat Commun 2 (2011.3) 217.

分野連絡先 米田忠弘 (Tadahiro Komeda)

Tel: 022-217-5368 FAX: 022-217-5371 tadahiro.komeda.a1@tohoku.ac.jp

<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/komeda/>

## 量子ビーム構造生物化学分野

(Quantum beam-based structural biology  
and chemistry Lab.)

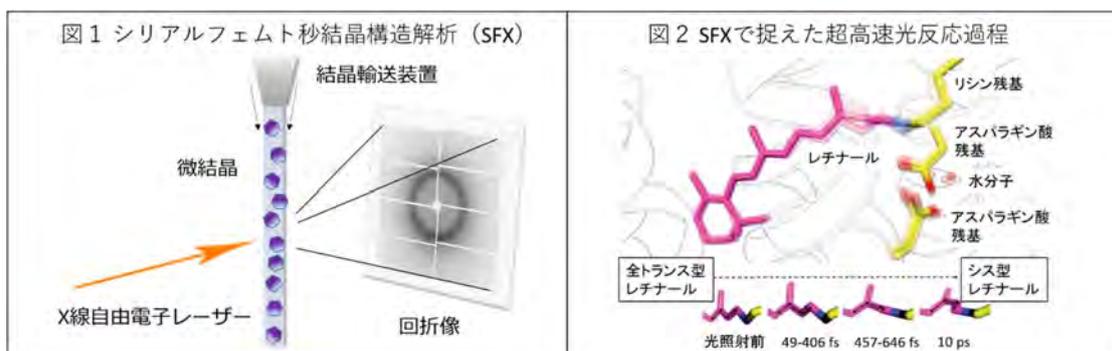
教授 南後 恵理子

助教 奥西 みさき

助教 藤原 孝彰



**【研究概要】** 細胞情報伝達、生体内触媒反応など、生命現象を支える重要な生体構成物質であるタンパク質の立体構造はその機能と深く関連しており、機能を発揮する際にどのような構造の変化を起こすのか興味を持たれてきました。しかし、タンパク質が高速の時間スケール（フェムト秒～ミリ秒）で動く様子を原子の動きまで詳細に捉えるには新たな技術が必要です。当研究室では、X線自由電子レーザー（図1）、放射光などの量子ビームを用いて、タンパク質の中で実際に起きている化学変化や構造変化を可視化する技術開発<sup>1)</sup>を行い、光感受性タンパク質の反応機構（図2<sup>2)</sup>やユニークな反応を触媒する酵素の反応機構解明に取り組んでいます<sup>2-4)</sup>。また、得られた精密な構造情報を基にタンパク質分子の合理的設計と新機能をもつ分子の創製を目指します。



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

In our laboratory, we are developing techniques using a quantum beam such as an X-ray free-electron laser, synchrotron radiation, or an electron beam to visualize actual chemical and structural changes in proteins. We will reveal the reaction mechanism of light-sensitive proteins and the reaction mechanism of enzymes catalyzing unique reactions. Furthermore, we aim to design and create protein molecules with new functions based on precise information from dynamic structural analysis.

### 【代表論文】

- 1) Y. Shimazu *et al.*, High-viscosity sample injection device for serial femtosecond crystallography at atmospheric pressure. *J. Appl. Cryst.* **52**, 1280–1288 (2019); M. Kubo *et al.*, Nanosecond pump-probe device for time-resolved serial femtosecond crystallography developed at SACLA. *J. Synchrotron Radiat.* **24**, 1086-1091 (2017); F. Mafune *et al.*, Microcrystal delivery by pulsed liquid droplet for serial femtosecond crystallography. *Acta Crystallogr. D Struct. Biol.* **72**, 520-523 (2016); M. Sugahara *et al.*, Grease matrix as a versatile carrier of proteins for serial crystallography. *Nat. Methods* **12**, 61-63 (2015).
- 2) P. Nogly *et al.*, Retinal isomerization in bacteriorhodopsin captured by a femtosecond x-ray laser. *Science* **261**, 145-152 (2018).
- 3) E. Nango *et al.*, A three-dimensional movie of structural changes in bacteriorhodopsin. *Science* **354**, 1552-1557 (2016).
- 4) T. Tosha *et al.*, Capturing an Initial Intermediate during the P450nor Enzymatic Reaction using Time-Resolved XFEL Crystallography and Caged-Substrate. *Nat Commun.* **8**, 1585 (2017); M. Suga *et al.*, Light-induced structural changes and the site of O=O bond formation in PSII caught by XFEL. *Nature* **543**, 131–135 (2017).

分野連絡先 南後 恵理子 (Eriko Nango)  
eriko.nango.c4@tohoku.ac.jp  
<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/nango/>

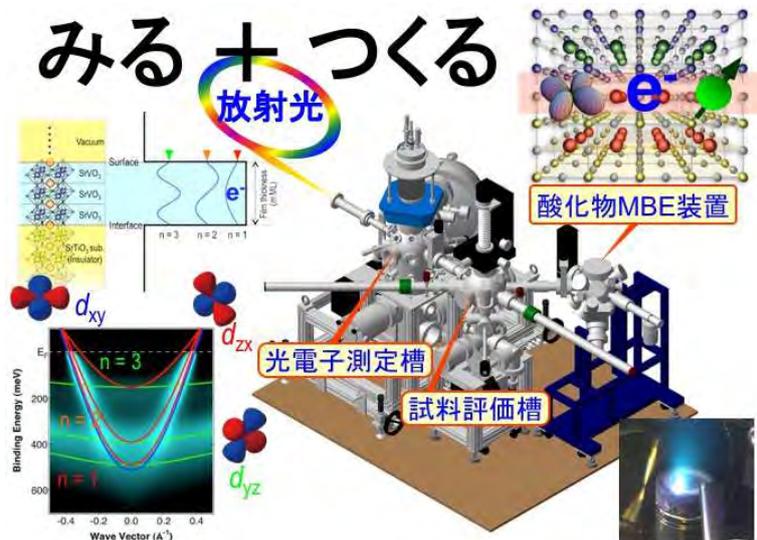
**ナノ機能物性化学研究室**  
(Nano Physical Chemistry)

教授 組頭 広志  
講師 吉松 公平  
助教 志賀 大亮



**[研究概要]** 当研究室では、「酸化物ナノ構造の合成と新奇物性の創出」に関する研究を行っています。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、これらをナノ構造化することにより、さらなる多機能性や新奇な機能物性の創成が期待されます。そのために、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という

ナノスケールでの化学・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。



**[Research]** The target of our laboratory is to create novel functionalities by synthesizing oxide nanostructures and heterostructures between oxides and other materials. For this purpose, we are controlling and designing the nanoscale phenomena appearing in the oxide nanostructures by the best possible combination of the sophisticated oxide growth techniques using molecular beam epitaxy and advanced analysis techniques using synchrotron radiation.

**[代表論文]**

- (1) D. Shiga *et al.*, Thickness dependence of electronic structures in VO<sub>2</sub> ultrathin films: Suppression of the cooperative Mott-Peierls transition, *Phys. Rev. B* **102**, 115114 (2020). (Selected as Editor's Suggestion)
- (2) K. Yoshimatsu *et al.*, Metallic ground states of undoped Ti<sub>2</sub>O<sub>3</sub> films induced by elongated *c*-axis lattice constant, *Scientific Report* **10**, 22109 (2020).
- (3) D. Shiga *et al.*, Emergence of metallic monoclinic states of VO<sub>2</sub> films induced by K deposition, *Phys. Rev. B* **99**, 125120 (2019).
- (4) M. Kitamura *et al.*, Relationship between charge redistribution and ferromagnetism at the heterointerface between perovskite oxides LaNiO<sub>3</sub> and LaMnO<sub>3</sub>, *Phys. Rev. B* **100**, 245132 (2019).
- (5) R. Yukawa *et al.*, Control of two-dimensional electronic states at anatase TiO<sub>2</sub> (001) surface by K adsorption, *Phys. Rev. B* **97**, 165428 (2018).
- (6) M. Kobayashi *et al.*, Emergence of Quantum Critical Behavior in Metallic Quantum-Well States of Strongly Correlated Oxides, *Scientific Report* **7**, 16621 (2017).

連絡先 組頭 広志 (Hiroshi KUMIGASHIRA)  
Tel: 022-217-5802 ; E-mail: kumigashira@tohoku.ac.jp  
<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/kumigashira/>

## 生命機能分子合成化学分野

(Synthetic Chemistry for Biofunctional Molecules)

教授 永次 史

准教授 鬼塚和光

助教 岡村秀紀



**【研究概要】** 生体内において遺伝子の情報は様々な調節をうけることで、非常に精密にコントロールされ、種々の機能を持つ蛋白質が合成されます。これらの遺伝子の情報が少しでもおかしくなると、合成される蛋白質の性質が変化、あるいは合成される蛋白質の量が変化することで、様々な病気の原因になることが知られています（図1）。最近では遺伝子の化学的本体である、核酸が形成する高次構造が遺伝子の発現を制御していることもわかってきています。私たちの研究室では、おかしくなった遺伝子さらには特異な高次構造を持つ核酸に結合し、**化学的に遺伝子発現を制御する新規の機能性分子**の開発をめざし、これらの**分子設計及び合成**を行っています（図2）。さらに合成した分子機能の評価は様々な物理化学的手法のみならず、細胞内での評価も行い、実際に生体内で遺伝子発現調節に働く新しい手法を目指して、研究を展開しています。

図1 遺伝子発現の流れと病気

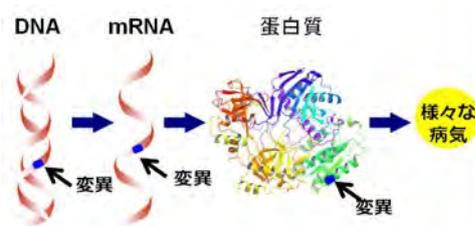
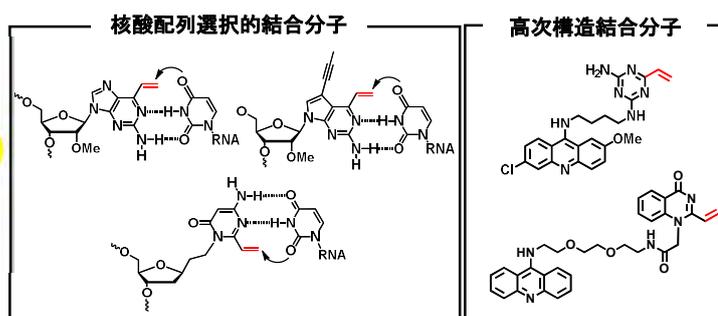


図2 標的核酸に結合する種々の機能性分子



**【Research】** 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 an intelligent agent 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 thymine at the target site. We have applied the new cross-linking agent to antisense inhibition of gene expression in cell.

### 【代表論文】

- 1) Onizuka, K., Ishida, K., Mano, E. and Nagatsugi, F. Alkyne-Alkyne Photo-cross-linking on the Flipping-out Field. *Org. Lett.*, **21**, 2833-2837 (2019).
- 2) Murase, H. and Nagatsugi, F. Development of the binding molecules for the RNA higher-order structures based on the guanine-recognition by the G-clamp. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **29**, 1320-1324 (2019).
- 3) Onizuka, K., Hazemi, E. H., Sato, N., Tsuji, G., Ishikawa, S., Ozawa, M., Kousuke Tanno, K., Yamada, K., Nagatsugi, F., Reactive OFF-ON type alkylating agents for higher-ordered structures of nucleic acids. *Nucl. Acids Res.*, **47**, 6578-6589 (2019).
- 4) Onizuka, K., Miyashita, T., Chikuni, T., Ozawa, M., Abe, H., Nagatsugi, F., Structural optimization of pseudorotaxane-forming oligonucleotides for efficient and stable complex formation *Nucl. Acids Res.*, **46**, 8710-8719 (2018).
- 5) Yamada, K., Abe, Y., Murase, H., Ida, Y., Hagihara, S. and Nagatsugi, F. Synthesis and Properties of 2'-OMe-RNAs Modified with Cross-Linkable 7-Deazaguanosine Derivatives. *J. Org. Chem.*, **83**, 8851-8862 (2018).

分野連絡先 永次 史 (Fumi Nagatsugi), nagatsugi@tohoku.ac.jp

Tel: 022-217-5633 FAX: 022-217-5633

<http://www.tagen.tohoku.ac.jp/labo/nagatsugi/index.html>

生命機能制御物質化学研究分野  
(Laboratory for Nanobio Functional  
Materials/Chemical Biology & Supramolecular  
Asymmetric Photochirogenesis)

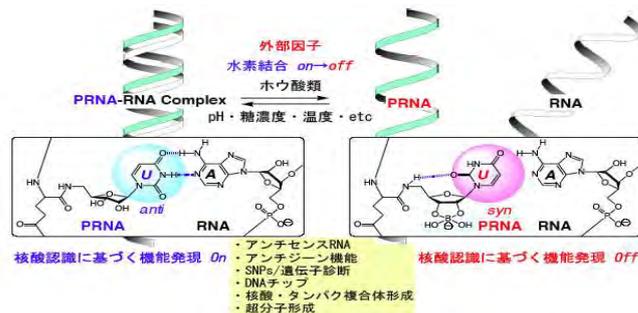
教授 和田健彦  
准教授 荒木保幸  
助教 西嶋政樹  
助教 鈴木仁子



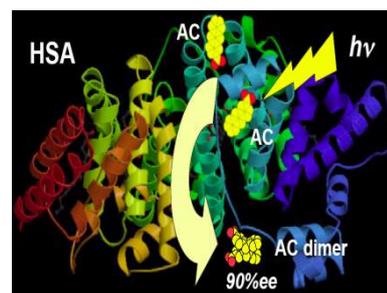
**[研究概要]** 当研究室では、DNA や RNA などの核酸、そしてタンパク質など生体高分子の、**次世代インテリジェント型ナノバイオ機能材料**への応用を目指し研究を行っています。

ナノバイオ分子において、優れた機能発現のみならずその機能の *on-off* 制御が、実用化に向けて重要な課題です。我々は外部刺激に応答して**機能発現の *on-off* 制御**を実現する人工核酸の創製に取り組んでいます。特に低酸素環境下の疾患細胞に特徴的な細胞質環境に**応答し、標的の増幅期癌細胞や脳梗塞周辺細胞でのみ薬効を発現し、正常細胞では副作用の心配のない**虚血性疾患細胞特異的核酸医薬の開発****に成功し、現在 *in vivo* 試験を検討中です。また極少量の核酸医薬で優れた薬効発現を可能とする**高効率触媒的標的RNA切断機能付与型キメラ人工核酸の創製**にも成功し、医学部と共同でAMEDのサポートを得て新型コロナ SARS-CoV-2/COVID-19 治療薬開発にも取り組んでいます。このように外部刺激による自在な生体機能制御実現に向け研究を推進しています。

また、タンパク質や二重鎖 DNA など**生体高分子**を不斉光合成の**キラル反応場、ナノキラルバイオリアクター**として活用し、基底状態・励起状態相互作用解明を通じ高効率不斉反応達成に取り組む、新しい方法論の提案を目指した研究展開や、世界最高の高感度・高時間分解能を有する**新規円二色性(CD)測定装置**開発と本装置を活用した円偏光発光(CPL)材料など有機分子の励起状態特性ならびにその動的特性解明、そしてその特性を活用した機能材料開発にも取り組んでいます。



ナノバイオ分子機能の *on-off* 制御



ナノバイオキラルリアクター

**[Research]** Focusing our research interest mostly on the recognition and complexation behavior control of biopolymers, such as DNA/RNA, proteins, and so on. Another topics are photochemical asymmetric reaction control based on molecular recognition phenomena in both ground and electronically excited states, we are pursuing mechanistic and synthetic studies on Supramolecular Asymmetric Photochirogenesis with biopolymers as chiral reaction medias.

**[代表論文]**

- 1) Quantitative Analyses of Foerster Resonance Energy Transfer Identical Pyrene Chromophores In DNA Scaffolds, *ChemPhotoChem* **2021**, 5, 167.
- 2) Protein adsorption behavior in nanoscale phase-separated PMPC-containing block copolymers, *Eur. Polym. J.*, **2020**, 135, 109885.
- 3) Near perfect H-H on the supramolecular photodimerisation of 2-AC with self-organised gemini surfactant bilayers, *Chem. Comm.*, **2020**, 56, 10058.
- 4) Efficient Light-Harvesting Antennae Resulting from the Dense Organization of Dyes into DNAD-Throninol, *Ang. Chem. Int. Ed.*, **2020**, 59, 11360.
- 5) Underwater Bubble and Oil Repellency of Biomimetic Pincushion and Plastron-Like Honeycomb Films, *Langmuir*, **2020**, 36, 6365.
- 6) Reversible changes in the orientation of gold nanorod arrays on polymer brushes, *Nanosca. Adv.*, **2020**, 2, 3798.
- 7) Planar-to-Planar Chirality Transfer in the Excited State. Enantiodifferentiating Photoisomerization of Cyclooctenes Sensitized by Planar-Chiral Paracyclophane, *J. Am. Chem. Soc.*, **133**, 10379 (2011).
- 8) Highly Enantiomeric Supramolecular [4 + 4] Photocyclodimerization of 2-Anthracenecarboxylate Mediated by Human Serum Albumin, *J. Am. Chem. Soc.*, **129**, 3478 (2007).

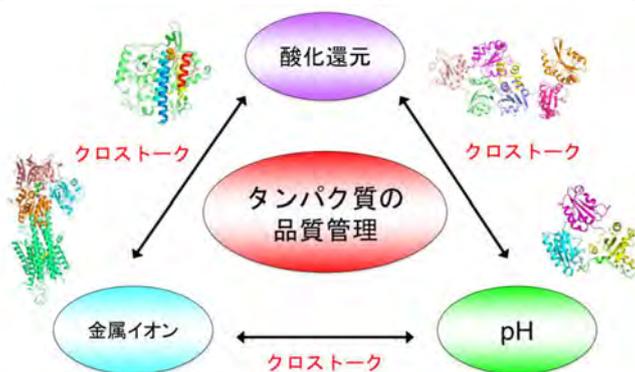
分野連絡先 教授名：和田健彦 (Takehiko WADA)  
Tel&FAX: 022-217-5608 ; E-Mail : hiko@tohoku.ac.jp  
<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/wada/>

## 生体分子構造研究分野 (Biomolecular Structure)

教授 稲葉謙次  
准教授 門倉 広  
助教 渡部 聡



**[研究概要]** 細胞内には、蛋白質が正しく立体構造を形成するための巧妙な仕組みが備わっている。我々は、細胞内のタンパク質恒常性維持に関わるレドックス、pH、金属イオン濃度制御機構に着眼し、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た研究を展開している。特に最近、ヒト細胞の分泌経路におけるタンパク質品質管理機構に焦点をあて、そのメカニズムの解明に大きな進展がみられた。本研究により、細胞内で蓄積するミスフォールドタンパク質が引き起こす種々の病態の分子レベルでの成因解明にもつながると期待している。



**[Research]** Cells have evolved elaborate systems to maintain the protein homeostasis, in which chemical parameters such as redox, pH and metal ion concentrations play critical roles. Employing structural, biochemical, proteomic and cell biological approaches, we aim at deep understanding of how these cellular systems cooperate for the protein quality control in the early secretory pathway comprising the endoplasmic reticulum and the Golgi apparatus. This work will provide molecular insights into neurodegenerative diseases and diabetes caused by misfolded proteins.

### [代表論文]

- 1) Zhang Y., Inoue, M., Tsutsumi, A., Watanabe, S., Nishizawa, T., Nagata, K., Kikkawa, M. and \*Inaba, K. "Cryo-EM structures of SERCA2b reveal the mechanism of regulation by the luminal extension tail" *Science Advances* 6, eabb0147 (2020)
- 2) \*Kadokura, H., Dazai, Y., Fukuda, Y., Hirai, N., Nakamura, O., and Inaba, K. "Observing the nonvectorial yet cotranslational folding of a multidomain protein, LDL receptor, in the ER of mammalian cells" *Proc Natl Acad Sci U S A*. 117, 16401-16408 (2020)
- 3) Okumura, M., Noi, K., Kanemura, S., Kinoshita, M., Saio, T., Inoue, Y., Hikima, T., Akiyama, S., Ogura, T. and \*Inaba, K. Dynamic assembly of protein disulfide isomerase in catalysis of oxidative folding, *Nat. Chem. Biol.* 15, 499-509 (2019)
- 4) Watanabe, S., Amagai, Y., Sannino, S., Tempio, T., Anelli, T., Harayama, M., Masui, S., Sorrentino, I., Yamada, M., Sitia, R. and \*Inaba, K. Zinc regulates ERp44-dependent protein quality control in the early secretory pathway, *Nat. Commun.*, 10, 603 (2019)
- 5) Inoue, M., Sakuta, N., Watanabe, S., Zhang, Y., Yoshikaie, K., Tanaka, Y., Ushioda, R., Kato, Y., Takagi, J., Tsukazaki, T., Nagata, K. and \*Inaba, K. Structural basis of sarco/endoplasmic reticulum  $Ca^{2+}$ -ATPase 2b regulation via transmembrane helix interplay *Cell Reports*, 27, 1221-1230 (2019)
- 6) Watanabe S., Harayama M., Kanemura S., Sitia R. and \*Inaba, K. Structural basis of pH-dependent client binding by ERp44, a key regulator of protein secretion at the ER-Golgi interface, *Proc. Natl. Acad. Sci. U S A*. 114, 3224-3232 (2017)
- 7) Arai, K., Takei, T., Okumura, M., Watanabe, S., Amagai, Y., Asahina, Y., Moroder, L., \*Hojo, H., \*Inaba, K. and \*Iwaoka, M. "Preparation of selenoinsulin as a long-lasting insulin analog" *Angewandte Chemie* 56, 5522-5526 (2017)

連絡先 稲葉 謙次 (Kenji INABA)

Tel: 022-217-5604 FAX: 022-217-5604

<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/inaba/html/>

**生命分子ダイナミクス研究分野**

(Laboratory of Biological and  
Molecular Dynamics)

教授 高橋 聡

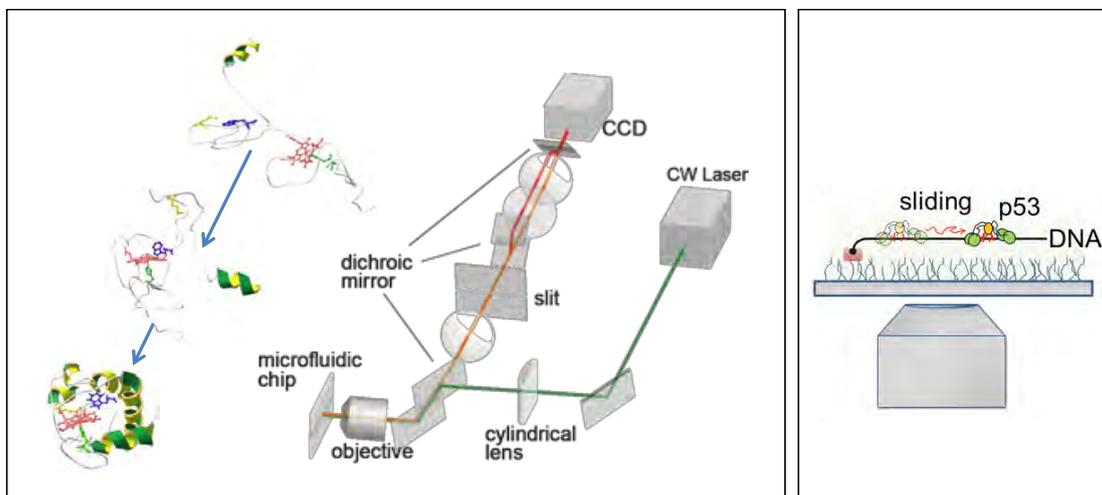
准教授 鎌形 清人

助教 小井川浩之



**【研究概要】** タンパク質は、生体におけるさまざまな機能を効率よく果たす万能の分子機械です。しかも、機能を発揮するために必要な構造に自発的に折り畳むという驚異的な特性を持っています。将来においてタンパク質を効果的に利用するためには、タンパク質が折り畳む特性や機能を発揮するダイナミクスを理解する必要があります。

当分野では、第一に、タンパク質が折り畳まれる過程を解明することを目指し、タンパク質を一分子レベルで観察する研究を展開しています（図左）。第二に、タンパク質をデザインする新しい方法の開発に取り組んでいます。第三に、発ガン抑制タンパク質である p53 が DNA 上を滑り標的配列に結合する過程の解明を目指した研究を行っています（図右）。



図：（左）タンパク質が折り畳まれる過程を観察するための一分子蛍光観察装置。（右）ガン抑制タンパク質 p53 の DNA 上における滑り運動。

**[Research]** To understand the principles of protein folding and function, we observe the dynamic processes of protein folding and function based on single molecule fluorescence techniques. Furthermore, we are developing a new method of protein design based on single molecule observations.

**[代表論文]**

- 1) Kamagata K, Kanbayashi S, Honda M, Itoh Y, Takahashi H, Kameda T, Nagatsugi F, Takahashi S, “Liquid-like droplet formation by tumor suppressor p53 induced by multivalent electrostatic interactions between two disordered domains.” *Sci. Rep.* **10**, 580 (2020).
- 2) Oikawa, H., Takahashi, T., Kamonprasertsuk, S., Takahashi, S. “Microsecond resolved single-molecule FRET time series measurements based on the line confocal optical system combined with hybrid photodetectors.” *Phys. Chem. Chem. Phys.* **20**, 3277-3285 (2018).
- 3) Itoh, Y., Murata, A., Takahashi, S., Kamagata, K. “Intrinsically disordered domain of tumor suppressor p53 facilitates target search by ultrafast transfer between different DNA strands.” *Nucleic Acids Res.* **46**, 7261-7269 (2018).

分野連絡先：高橋 聡 (Satoshi Takahashi)

Tel: 022-217-5842

<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/takahashi-s/>

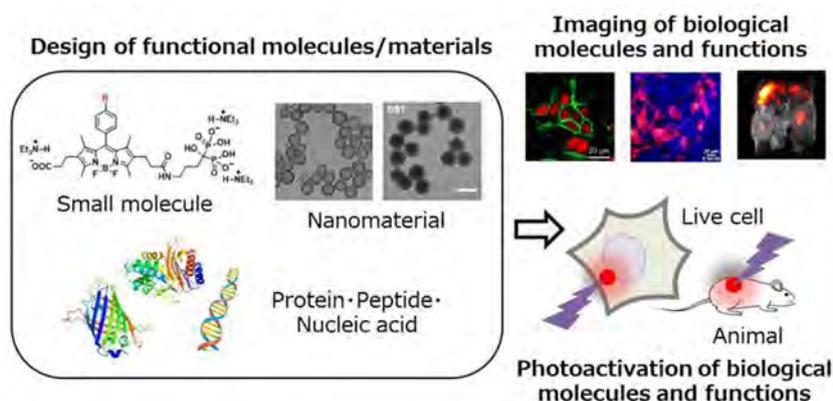
細胞機能分子化学研究分野  
(Cell Functional Molecular Chemistry)

教授 水上 進  
准教授 松井 敏高  
助教 小和田俊行



【研究概要】「機能性分子創製を通して生命・疾患の機構解明に挑む」

生体内では多くの生体分子が相互作用することで、多様な機能を発現しています。生物を正確に理解するには、生体分子の挙動や機能を他の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調べることが重要です。当研究室では、有機化学・高分子化学・蛋白質化学等に基づいて新たな機能性分子を設計・合成し、生体機能の探索技術を開発しています。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可視化する蛍光プローブ、ケージド化合物／フォトクロミック化合物を用いた蛋白質活性の光制御技術などの開発に取り組んでいます。これらの機能性分子を最先端の光学顕微鏡技術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。



【Research】“Chemical Biology through Development of Functional Molecules”

In a living body and cell, various biomolecules function by interacting with other molecules. To understand the precise biological functions occurring within a living body or cell, it is important to investigate the activities or behaviors of the target molecules in living systems, where all of these interactions with other biomolecules are maintained. Using organic chemistry, macromolecular chemistry, and biochemistry, 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. By combining these functional compounds with optical microscopy, we aim to clarify essential mechanisms in life and diseases.

【代表論文】

- 1) T. Kowada, K. Arai, A. Yoshimura, T. Matsui, K. Kikuchi, S. Mizukami, “Optical manipulation of subcellular protein translocation using a photoactivatable covalent labeling system”, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2021**, *in press*.
- 2) T. Kowada, T. Watanabe, Y. Amagai, R. Liu, M. Yamada, H. Takahashi, T. Matsui, K. Inaba, S. Mizukami, “Quantitative Imaging of Labile  $Zn^{2+}$  in the Golgi Apparatus Using a Localizable Small-Molecule Fluorescent Probe”, *Cell Chem. Biol.* **2020**, *27*, 1521–1531.
- 3) H. Maeda, T. Kowada, J. Kikuta, M. Furuya, M. Shirazaki, S. Mizukami, M. Ishii, K. Kikuchi, “Real-time Intravital Imaging of pH Variation Associated with Osteoclast Activity”, *Nat. Chem. Biol.* **2016**, *12*, 579–585.
- 4) S. Mizukami, Y. Hori, K. Kikuchi, “Small-Molecule Based Protein-Labeling Technology in Live Cell Studies: Probe-Design Concepts and Applications”, *Acc. Chem. Res.* **2014**, *47*, 247–256.

分野連絡先 水上 進 (Shin MIZUKAMI)  
shin.mizukami@tohoku.ac.jp, Tel/Fax: 022-217-5116  
<http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/lab/mizukami/>

---

学外の連携・委嘱分野の  
各研究室紹介



---

…学外の連携・委嘱分野

## 分離化学研究室

(Reaction and Separation Processes)

教授 川波 肇

教授 金久保光央

准教授 伊藤 徹二



**[研究概要]** 私達は、環境にやさしいコンパクトで効率の良い化学プロセスの開発を行っています。例えば、超臨界流体を含む高温高压流体では、各種物性値が容易に大きく変化する性質を利用した新しい化学反応・分離・精製のプロセス開発に取り組んでおり、最近では水素の分離などにも応用しています。また、室温で液体の塩という特徴のあるイオン液体を対象として、その基礎物性や特性を解明しつつ、特異な物質変換や分離技術、ガス分離プロセスの開発などを行っています。近年では、二酸化炭素問題を解決すべくイオン液体を使った Carbon Dioxide Capture and Storage (CCS) にも取り組んでいます。そして、制御した細孔径を有するメソポーラスシリカの膜と酵素を組み合わせ、高速・高感度・長寿命の新しい酵素センサーの開発を行っています。例えばホルムアルデヒドの高速高感度検出及び、コリンエステラーゼを用いた有機リン系農薬などの高感度検出に成功しています。

### 1) 流通式高温高压マイクロリアクターシステム

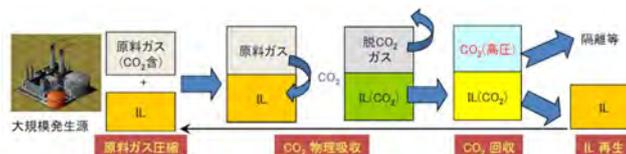
### 3) 高感度酵素センサー



実験室レベル(ミリグラム)から実用プラント(トン)まで  
精密制御によるコンパクト反応システム



### 2) イオン液体による Carbon Dioxide Capture and Storage



**[Research]** Main focus of our research is to strengthen original innovation in the area of effective compact chemical process under the environmentally benign condition. These includes (i) development of different reaction process under the high pressure, high temperature as well as supercritical condition due to its tunable properties, (ii) investigation of the physical properties of ionic liquid (molten salt at room temperature) to exploit its potential in the separation of CO<sub>2</sub> from exhaust gas using the new carbon capture system (CCS) and (iii) investigation of the artificial bio-membrane by encapsulation of enzymes like formaldehyde dehydrogenase, beneficial for high sensitive devices including biosensor and disease diagnostics.

#### [代表論文]

1. Ligand Design for Catalytic Dehydrogenation of Formic Acid to Produce High-pressure Hydrogen Gas under Base-free Conditions, *Inorganic Chemistry*, **59**, 4191-4199 (2020). (Supplementary Cover)
2. NH<sub>3</sub> absorption in Brønsted acidic imidazolium- and ammonium-based ionic liquids, *New Journal of Chemistry*, **44**, 20665-20675 (2020).
3. Structural Characterization of Proteins Adsorbed at Nanoporous Materials, *Analytical Sciences*, **37**, 49-59 (2021).

連絡先 川波 肇 (Hajime KAWANAMI)

Tel: 022-237-5208 FAX:022-237-2097

<https://www.aist.go.jp>

## 重元素化学

(Heavy Element Chemistry)

教授(客) 木村 貴海

教授(客) 北辻 章浩

准教授(客) 佐藤 哲也

**[研究概要]** 自然界に存在する元素は原子番号 92 のウランまでですが, 93 番のネプツニウムから 118 番の元素までが人工的に合成され, その存在が確認されています(2016 年に 113, 115, 117, 118 番元素名が、ニホニウム(Nh), モスコビウム(Mc), テネシン(Ts), オガネソン(Og)に決定)。ネプツニウムより重い元素を超ウラン元素と呼びます。この半世紀の間に人工元素が次々と合成され, これによって自然科学に新しい分野が切り拓かれました。原子力エネルギーの利用, あるいは核物質防護の問題などを通して, 私たちは“重元素”と深く係わり合っています。本研究室では, 次のような重元素の化学に関する研究を進めています。

1																	2	
H																	He	
3	4											5	6	7	8	9	10	
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
11	12											13	14	15	16	17	18	
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	
ランタノイド		57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71		
アクチノイド		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu		
		89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr		

(1) 原子核反応で合成される周期表上で原子番号の上限に位置する重・超アクチノイド元素(原子番号 101 以上)の化学的性質を“シングルアトム”レベルで明らかにするというチャレンジングな研究に取り組んでいます。

(2) 5f 電子が関与するアクチノイド元素の特異な化学的振る舞いを, イオンの構造, 水和・溶媒和状態, 酸化還元, 錯形成, イオン対生成といった観点から溶液化学的手法を用いて調べています。また, 発電用原子炉で燃焼した使用済み核燃料や放射性廃棄物からの種々の元素を分離・回収するための新しい分離法の開発などを進めています。

**[Research]** (1) Studies on chemical properties of the heaviest elements are extremely interesting and challenging subjects in the fields of modern nuclear and radiochemistry; chemical characterization of these elements explores the new frontiers of the elements in the 7th period of the Periodic Table. Atom-at-a-time chemistry of the elements at the uppermost end of the Periodic Table is being performed. (2) The actinide elements having 5f electrons are chemically quite interesting elements. Redox properties, complexation ability, and some basic chemical properties in solution are studied. From the view point of nuclear engineering, separation and recovery of actinides from spent nuclear fuel (reprocessing), decontamination of radioactive wastes, analyses of actinides for control of the processes are essentially required. Development of new actinide separation and recovery methods for a design of the separation process is being performed.

### [代表論文]

- 1) Sato, T.K. *et al.*, Measurement of the first ionization potential of lawrencium, element 103, *Nature* **520**, 209-211 (2015).
- 2) Aoyagi, N., Palladino, G., Nagasaki, S., Kimura, T., Optical Properties of Trinuclear Citrate Complexes Containing 4f and 5f Block Metals, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **91**, 882-890 (2018)
- 3) Kitatsuji, Y., Electrochemistry of actinide, *Radioisotopes*. **67**, 483-493 (2018).

連絡先 木村 貴海 (Takaumi KIMURA)

Tel: 0240-21-3532 FAX: 0240-20-0100



## アクセスマップ



### 仙台駅からのアクセス

#### ▶ 青葉山キャンパス

- ・仙台市地下鉄東西線「仙台駅」より「八木山動物公園行」に乗車約9分、「青葉山駅」下車、北1出口より徒歩5分

#### ▶ 片平キャンパス

- ・仙台駅(JR)西口より徒歩約15分
- ・西口バスプール11番のりばより仙台市営バス「701系統(東北大学病院前—八木山動物公園駅)八木山動物公園駅行」などに乗車約10分、「東北大正門前」にて下車すぐ

#### ▶ 川内キャンパス

- ・仙台市地下鉄東西線「仙台駅」より「八木山動物公園行」に乗車約6分、「川内駅」下車、南1・2出口すぐ

## 青葉山キャンパス(理学研究科)



## 片平キャンパス



片平キャンパス内の、各研究所への詳細なアクセスは下記URLをご確認下さい

- ▶ 多元物質科学研究所 <http://www2.tagen.tohoku.ac.jp/>
- ▶ 金属材料研究所 <http://www.imr.tohoku.ac.jp/>
- ▶ 材料科学高等研究所 <http://www.wpi-aimr.tohoku.ac.jp/jp/about/access/>