

6-5 生命・錯体分子科学研究領域

生体分子機能研究部門

青 野 重 利 (教授) (2002 年 5 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：生物無機化学

A-2) 研究課題：

- a) 新規なセンサー型転写調節因子の構造と機能に関する研究
- b) 細胞内の遷移金属イオンの恒常性維持に関するタンパク質の構造機能相関解明

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) ヘム（鉄ポルフィリン錯体）およびビタミン B12（コバラミン錯体）は、代表的な遷移金属含有型補欠分子族であり、タンパク質中に存在するこれらの分子が活性中心として機能することにより、多様な生理機能を発現することはよく知られている。近年、遷移金属イオン・遷移金属含有補欠分子族の新規な生理機能として、こらが生体系におけるシグナルセンシング・シグナル伝達に関与している例が報告され、生物無機化学の新たな研究対象として大きな注目を集めている。本研究では、ビタミン B12（コバラミン）をセンサー活性中心として利用している、新規な光センサー型転写調節因子 CarH、ヘム（鉄プロトポルフィリン）分子をシグナル分子とする新規な転写調節因子 HrtR および PefR を研究対象とし、これらセンサー型転写調節因子による光・ヘム分子センシング、外部シグナル（光、ヘム分子）によるセンサー型転写調節因子の機能制御、ならびに外部シグナルに応答した遺伝子発現制御の分子機構解明を目的とした研究を行っている。
- b) 鉄、銅、コバルト等の遷移金属イオンは、必須微量元素として生物には必須のものであり、その濃度が不足した場合には欠乏症による不具合がある一方で、必要量以上の遷移金属イオンが細胞内に存在すると細胞毒性を示す。したがって、生物は細胞内の遷移金属イオン濃度を適正に維持し、その恒常性を保つために精緻な制御システムを発達させている。また、細胞内では金属イオンのみならず、ヘムや鉄硫黄クラスターといった金属イオン含有型補欠分子族についても厳密な制御システムが存在している。本研究では、このような制御系の中でも特に、鉄含有補欠分子族であるヘムの細胞内濃度制御に関わるヘム輸送タンパク質、ならびに遷移金属イオンセンサーとして機能する一連の転写調節因子を対象とし、それらの構造機能相関の解明を目的とした研究を行っている。今年度は特に、*Corynebacterium glutamicum* 中に存在するヘム取込み系を構成する一連のタンパク質（HtaA、HtaB、HmuT）の結晶構造解析に重点的に取り組み、ヘムトランスポーターにヘム分子を運搬するヘム結合タンパク質 HmuT の結晶構造解析に成功した。また、HtaA、HtaB の結晶化条件の検討を行い、全長型 HtaA および HtaA-C 末ドメインの結晶化初期条件を見出した。現在、高分解能回折データを与える良好な結晶を得るため、結晶化条件の最適化を進めている。

B-1) 学術論文

K. NAKATANI, H. ISHIKAWA, S. AONO and Y. MIZUTANI, "Identification of Essential Histidine Residues Involved in Heme Binding and Hemozoin Formation in Heme Detoxification Protein from *Plasmodium falciparum*," *Sci. Rep.* **4**, 6137 (2014).

Y. OKAMOTO, H. SAWAI, M. OGURA, T. UCHIDA, K. ISHIMORI, T. HAYASHI and S. AONO, “Heme-Binding Properties of HupD Functioning as a Substrate-Binding Protein in a Heme-Uptake ABC-Transporter System in *Listeria monocytogenes*,” *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **87**, 1140–1146 (2014).

C. KITATSUJI, M. OGURA, T. UCHIDA, K. ISHIMORI and S. AONO, “Molecular Mechanism for Heme-Mediated Inhibition of 5-Aminolevulinic Acid Synthase 1,” *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **87**, 997–1004 (2014).

B-4) 招待講演

S. AONO, “Structural Basis for the Molecular Mechanism of Dehydration Reaction Catalyzed by a Novel Heme Protein,” 225th The Electrochemical Society Meeting, Orland (U.S.A.), May 2014.

S. AONO, “Molecular Mechanisms of Signal Transduction Upon Oxygen Sensing by the Heme-Based Sensor Protein Aer2,” 8th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines (ICPP-8), Istanbul (Turkey), June 2014.

S. AONO, “Structural Basis for the Reaction Mechanism of Dehydration of Aldoxime Catalyzed by Aldoxime Dehydratase,” 7th Korea-Japan Seminar on Biomolecular Sciences: Experiments and Simulations, Seoul (Korea), November 2014.

N. MURAKI, Y. OKAMOTO and S. AONO, “Crystal structure of HmuT reveals heme recognition,” 7th Korea-Japan Seminar on Biomolecular Sciences: Experiments and Simulations, Seoul (Korea), November 2014.

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

触媒学会生体関連触媒研究会世話人 (2002–).

日本化学会生体機能関連化学部会幹事 (2007–2014).

日本化学会東海支部常任幹事 (2009–2010).

学会の組織委員等

14th International Conference on Biological Inorganic Chemistry 組織委員会総務委員長 (2009).

The first International Symposium on Biofunctional Chemistry 組織委員 (2012).

Japan-Korea Seminar on Biomolecular Sciences—Experiments and Simulations 組織委員 (2008–2010, 2012–2014).

文部科学省，学術振興会，大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員 (2005–2007).

日本学術振興会国際事業委員会書面審査員 (2005–2007).

日本学術振興会科学研究費委員会専門委員 (2010–2012, 2014).

学会誌編集委員

J. Biol. Inorg. Chem., Editorial Advisory Board (2002–2004).

Biosensors, Editorial Board (2010–).

Chemistry Letters, Section Editor (2013–).

B-8) 大学での講義，客員

奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科，「光ナノサイエンス特別講義」2014年10月24日。

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B),「生体機能制御に関与する気体分子センサータンパク質の構造と機能」青野重利 (2004年–2006年).

科研費特定領域研究(公募研究)「タンパク質配位空間を利用した気体分子センシングとシグナル伝達」青野重利 (2005年–2007年).

内藤記念科学振興財団内藤記念科学奨励金(研究助成)「気体分子による生体機能制御のケミカルバイオロジー」青野重利 (2006年).

倉田記念日立科学技術財団倉田奨励金(研究助成)「一酸化炭素,一酸化窒素,酸素による遺伝子発現制御の分子機構」青野重利 (2006年).

科研費基盤研究(B),「気体分子を生理的エフェクターとする金属含有センサータンパク質の構造と機能」青野重利 (2007年–2009年).

科研費特定領域研究(公募研究)「ガス分子により駆動される新規なセンサータンパク質の機能発現機構」青野重利 (2007年–2010年).

ノバルティス科学振興財団研究奨励金,「ガス分子により駆動される生体内シグナル伝達の分子機構解明」青野重利 (2010年).

野田産業科学研究所研究助成,「ヘムをシグナル分子とする *Lactococcus lactis* における遺伝子発現制御」青野重利 (2011年).

科研費挑戦的萌芽研究,「環境汚染物質検出用の高感度蛍光プローブを装備したホーミングセルの創製」青野重利 (2011年–2012年).

科研費基盤研究(B),「ガス分子による生体機能制御に関与するセンサータンパク質の構造と機能」青野重利 (2011年–2013年).

科研費挑戦的萌芽研究,「生物の環境センシング機能を基盤とした高感度な環境汚染物質検出システムの構築」青野重利 (2013年–2014年).

C) 研究活動の課題と展望

生物は、様々な外部環境の変化に応答・対応しながら、生体内の恒常性を維持している。我々の研究グループでは、生物にとって最も重要な遷移金属イオンである鉄イオンの細胞内恒常性維持に興味をもち、細胞内の鉄イオンの恒常性維持機構解明を目的とした研究に取り組んでいる。なかでも、鉄イオンを含む化合物であるヘム分子に着目し、細胞内ヘム濃度の恒常性維持に関与している転写調節因子やヘム分子取込み・排出に関与する一連のタンパク質の構造機能相関解明に関する研究に重点を置き、研究を進めている。本研究は、細胞中における遷移金属イオン濃度の恒常性維持機構の解明という、大きな研究目標への出発点ともいえる研究である。今後は、構造生物学的、ならびに生化学・分子生物学的な実験手法を活用し、ヘムを含む遷移金属イオンの細胞内濃度恒常性維持に関与するタンパク質群の構造機能相関解明を進めて行きたいと考えている。

加 藤 晃 一 (教授) (2008 年 4 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：構造生物学，タンパク質科学，糖鎖生物学，NMR 分光学

A-2) 研究課題：

- a) NMR 分光法をはじめとする物理化学的手法による複合糖質の構造・ダイナミクス・相互作用の解析
- b) 生化学・分子生物学・超分子化学的アプローチによるタンパク質の構造機能解析

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 糖鎖は一連の細胞内レクチンとの相互作用を通じて、それを担うタンパク質の分泌経路における運命（フォールディング，輸送，分解）を決定する目印として機能している。特に，3 本鎖高マンノース型糖鎖の中央の枝の末端マンノース残基の除去は分解経路に向かう第一歩となる一方，別の枝の一端には小胞体シャペロンの認識タグとなるグルコース残基が提示される。私たちは，糖鎖分析を通じてこのマンノース切除における一連のマンノシダーゼの役割分担の解明に貢献するとともに，立体構造未完成の糖タンパク質の糖鎖末端にグルコース残基を転移する酵素（UGGT）の基質認識ドメインの一部に関して 3 次元構造情報を得ることに初めて成功した。また，立体構造を整えた糖タンパク質を小胞体から搬出するカーゴ受容体 ERGIC-53 の糖鎖認識ドメインについて結晶構造解析を実施し，本レクチンが高マンノース型糖鎖の非還元末端部分に対して 2 通りの様式で相互作用し，糖鎖認識の特異性の幅を広げていることを明らかにすることができた。一方，常磁性ランタニドプローブを利用した NMR 計測とレプリカ交換分子動力学シミュレーションを組み合わせることにより，3 本鎖高マンノース型糖鎖のコンフォメーション空間の探索を行った。これにより，中央の枝の末端マンノース残基の除去に伴って残る枝の占めるコンフォメーション空間が有意に広がることが判明した。さらに，常磁性効果を利用した NMR 解析をマシャドジョセフ病原因遺伝子産物 ataxin-3 の Josephin ドメインの基質認識様式の解析にも応用し，本酵素がエンド型脱コピキチン化活性を示す機構の構造基盤を与えることができた。
- b) プロテアソームは細胞内タンパク質の分解装置であり，細胞周期の制御やタンパク質品質管理など様々な高次機能に関わる巨大な分解酵素複合体である。本複合体は $\alpha\beta\alpha4$ 層のリングで構成される 20S 触媒部位（CP）と 19S 制御部位（RP）からなり，70 個を超えるサブユニットが秩序だって厳密に配置することでタンパク質分解装置としての高度な機能を発揮している。真核生物において，これら多数のサブユニットは自発的には 4 次構造を形成せず，これを補助する複数のシャペロン分子の介助を受けて集合している。私たちは，構造生物学的アプローチによりプロテアソームの形成メカニズムを探索するための研究を行ってきた。本年度は，CP の集合シャペロンである Pba3-Pba4 ヘテロ 2 量体が α リングを構成するサブユニットの適切な配置を定める ‘molecular matchmaker’ として機能していることを明らかにした。また，集合シャペロン Nas2 は RP の基底部が不完全な集合状態で CP と相互作用することを抑える ‘check point’ の役割を演じていることを示すことができた。さらに，集合シャペロン PAC3 を標的とする薬物候補について，その相互作用様式に関する情報を NMR を用いて得ることに成功した。一方，古細菌のプロテアソームは構成サブユニットの多様性に乏しく，それらは自発的に集合することが知られている。それにもかかわらず古細菌ゲノムには集合シャペロンのホモログである PbaA と PbaB がコードされている。私たちは，PbaA の結晶構造を決定するとともに，NMR と中性子小角散乱を利用して PbaB と天然変性タンパク質との相互作用様式を明らかにした。

B-1) 学術論文

- S. KITAZAWA, T. KAMEDA, A. KUMO, M. YAGI-UTSUMI, K. SUGASE, N. J. BAXTER, K. KATO, M. P. WILLIAMSON and R. KITAHARA, “Close Identity between Alternatively Folded State N₂ of Ubiquitin and the Conformation of the Protein Bound to the Ubiquitin-Activating Enzyme,” *Biochemistry* **53**, 447–449 (2014).
- M. SUGIYAMA, H. YAGI, T. YAMAGUCHI, K. KUMOI, M. HIRAI, Y. OBA, N. SATO, L. PORCAR, A. MARTELE and K. KATO, “Conformational Characterization of a Protein Complex Involving Intrinsically Disordered Protein by Small-Angle Neutron Scattering Using the Inverse Contrast Matching Method: A Case Study of Interaction between α -Synuclein and PbaB Tetramer as a Model Chaperone,” *J. Appl. Crystallogr.* **47**, 430–435 (2014).
- T. SATOH, K. SUZUKI, T. YAMAGUCHI and K. KATO, “Structural Basis for Disparate Sugar-Binding Specificities in the Homologous Cargo Receptors ERGIC-53 and VIP36,” *PLoS One* **9**, e87963 (2014).
- T. DOI, M. YOSHIDA, K. OHSAWA, K. SHIN-YA, M. TAKAGI, Y. UEKUSA, T. YAMAGUCHI, K. KATO, T. HIROKAWA and T. NATSUME, “Total Synthesis and Characterization of Thielocin B1 as a Protein–Protein Interaction Inhibitor of PAC3 Homodimer,” *Chem. Sci.* **5**, 1860–1868 (2014).
- T. SATOH, Y. SAEKI, T. HIROMOTO, Y.-H. WANG, Y. UEKUSA, H. YAGI, H. YOSHIHARA, M. YAGI-UTSUMI, T. MIZUSHIMA, K. TANAKA and K. KATO, “Structural Basis for Proteasome Formation Controlled by an Assembly Chaperone Nas2,” *Structure* **22**, 731–743 (2014).
- M. TAGAWA, K. SHIRANE, L. YU, T. SATO, S. FURUKAWA, H. MIZUGUCHI, R. KUJI, K. KAWAMURA, N. TAKAHASHI, K. KATO, S. HAYAKAWA, S. SAWADA and K. FURUKAWA, “Enhanced Expression of the β 4-Galactosyltransferase 2 Gene Impairs Mammalian Tumor Growth,” *Cancer Gene Ther.* **21**, 219–227 (2014).
- K. TAKAGI, Y. SAEKI, H. YASHIRODA, H. YAGI, A. KAIHO, S. MURATA, T. YAMANE, K. TANAKA, T. MIZUSHIMA and K. KATO, “Pba3–Pba4 Heterodimer Acts as a Molecular Matchmaker in Proteasome α -Ring Formation,” *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **450**, 1110–1114 (2014).
- S. NINAGAWA, T. OKADA, Y. SUMITOMO, Y. KAMIYA, K. KATO, S. HORIMOTO, T. ISHIKAWA, S. TAKEDA, T. SAKUMA, T. YAMAMOTO and K. MORI, “EDEM2 Initiates Mammalian Glycoprotein ERAD by Catalyzing the First Mannose Trimming Step,” *J. Cell Biol.* **206**, 347–356 (2014).
- Y. UEKUSA, K. OKAWA, M. YAGI-UTSUMI, O. SERVE, Y. NAKAGAWA, T. MIZUSHIMA, H. YAGI, Y. SAEKI, K. TANAKA and K. KATO, “Backbone ¹H, ¹³C, and ¹⁵N Assignments of Yeast Ump1, an Intrinsically Disordered Protein that Functions as a Proteasome Assembly Chaperone,” *Biomol. NMR Assignments* **8**, 383–386 (2014).
- N. KAWASAKI, T. OKUMOTO, Y. YAMAGUCHI, N. TAKAHASHI, W. H. FRIDMAN, C. SAUTÈS-FRIDMAN, H. YAGI and K. KATO, “Site-Specific Classification of N-Linked Oligosaccharides of the Extracellular Regions of Fc γ Receptor IIIb Expressed in Baby Hamster Kidney Cells,” *J. Glycomics Lipidomics* **4**:116, doi:10.4172/2153-0637.1000116 (2014).
- T. YAMAGUCHI, Y. SAKAE, Y. ZHANG, S. YAMAMOTO, Y. OKAMOTO and K. KATO, “Exploration of Conformational Spaces of High-Mannose-Type Oligosaccharides by an NMR-Validated Simulation,” *Angew. Chem., Int. Ed.* **53**, 10941–10944 (2014).
- T. SATOH, A. SUMIYOSHI, M. YAGI-UTSUMI, E. SAKATA, H. SASAKAWA, E. KURIMOTO, Y. YAMAGUCHI, W. LI, C. A. P. JOAZEIRO, T. HIROKAWA and K. KATO, “Mode of Substrate Recognition by the Josephin Domain of Ataxin-3, Which Has an Endo-Type Deubiquitinase Activity,” *FEBS Lett.* **588**, 4422–4430 (2014).

T. ZHU, T. SATOH and K. KATO, “Structural Insight into Substrate Recognition by the Endoplasmic Reticulum Folding-Sensor Enzyme: Crystal Structure of Third Thioredoxin-Like Domain of UDP-Glucose:Glycoprotein Glucosyltransferase,” *Sci. Rep.* **4**, 7322 (2014).

A. SIKDAR, T. SATOH, M. KAWASAKI and K. KATO, “Crystal Structure of Archaeal Homolog of Proteasome-Assembly Chaperone PbaA,” *Biochem. Biophys. Res. Commun.* **453**, 493–497 (2014).

B-3) 総説，著書

Y. KAMIYA, T. SATOH and K. KATO, “Recent advances in glycoprotein production for structural biology: Toward tailored design of glycoforms,” *Curr. Opin. Struct. Biol.* **26**, 44–53 (2014).

矢木宏和，矢木-内海真穂，加藤晃一，「糖鎖構造生物学の最前線」*ファルマシア* **50**, 746–750 (2014).

Y. YAMAGUCHI, T. YAMAGUCHI and K. KATO, “Structural analysis of oligosaccharides and glycoconjugates using NMR,” in *Glycobiology of the Nervous System, Advances in Neurobiology*, R. K. Yu and C.-L. Schengrund, Eds., Springer; New York, **9**, pp. 165–183 (2014).

T. YAMAGUCHI and K. KATO, “Paramagnetism-assisted nuclear magnetic resonance analysis of dynamic conformations and interactions of oligosaccharides,” in *Glycoscience: Biology and Medicine*, N. Taniguchi, T. Endo, G. W. Hart, P. Seeberger and C.-H. Wong, Eds., Springer; Japan, **Vol. 1**, pp. 137–145 (2014).

B-4) 招待講演

K. KATO, “Dynamic Assembly of Proteins Involved in the Ubiquitin-/Proteasome-Mediated Protein Degradation System,” Joint IMS-KU Workshop on Molecular Sciences towards Green Sustainability, Bangkok (Thailand), January 2014.

K. KATO, “Mechanistic Insights into Dynamic Orchestration of Proteasomes,” Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON) 2014, Khon Kaen (Thailand), January 2014.

K. KATO and T. SATOH, “Exploration of micro–macro relationships in dynamic ordering of biomolecular systems and their underlying design principles,” The 2nd International Symposium on Dynamical Ordering of Biomolecular Systems for Creation of Integrated Functions, Kyoto (Japan), January 2014.

K. KATO, “Conformational Dynamics of Oligosaccharides Characterized by Paramagnetism-Assisted NMR Spectroscopy in Conjunction with Molecular Dynamics Simulation,” The 10th International Symposium on Biochemical roles of Eukaryotic Cell Surface Macromolecules, Kolkata (India), January 2014.

K. KATO, “NMR approaches for elucidating the functional roles of carbohydrate chains,” 20th Symposium of National Magnetic Resonance Society (NMRS-2014), Assam (India), February 2014.

加藤晃一，「生命分子の揺らぎと秩序形成」日本学術振興会分子系の複合電子機能第181委員会，木津川，2014年2月。

加藤晃一，「超高磁場NMR分光法を中心としたタンパク質の高次構造・相互作用解析」第2回ISIT ナノ・バイオフォーラム，福岡，2014年3月。

加藤晃一，「NMRを応用した糖鎖の動的構造解析」よこはまNMR構造生物学研究会第49回ワークショップ，横浜，2014年3月。

加藤晃一，「創薬と生命分子構造学」名古屋市立緑高等学校大学見学模擬授業，名古屋，2014年5月。

K. KATO, “Structural views of glycosylation as potential drug target,” The 4th Asia Pacific Protein Association (APPA) Conference, Jeju (Korea), May 2014.

K. KATO and T. SATOH, “Dynamic ordering in proteasomal subunit assembly,” 第14回日本蛋白質科学会年会, 横浜, 2014年6月.

K. KATO, “Dynamic Orchestration of Proteasomes,” University of Cambridge Seminar, Cambridge (U.K.), May 2014.

加藤晃一, 「生命分子の動的秩序形成におけるミクロ - マクロ相関の探索と設計原理の探求」新学術領域「動的秩序と機能」平成26年度全体班会議, 小松, 2014年8月.

加藤晃一, 「生命分子構造学を基礎とする生命分子システムの動的秩序形成の仕組みの探求」第54回生物物理若手の会夏の学校, 蒲郡, 2014年8月.

K. KATO, “Structural views of physiological and pathological roles of glycans,” Academia Sinica Institutional Lecture, Taipei (Taiwan), September 2014.

K. KATO, “Structural basis for fate determination and functional regulation of proteins mediated by sugar chains,” The Cordeliers Research Center Seminar, Paris (France), September 2014.

K. KATO, “NMR exploration of dynamic conformations and interactions of oligosaccharides and glycoconjugates,” The 6th Iberoamerican NMR meeting/IV Iberian NMR meeting/VII Reunion Bienal del GERMN, Alcala de Henares (Spain), September 2014.

加藤晃一, 「NMRとSANSによる生命分子のダイナミクス研究」平成26年度第1回生物構造学研究会, 東京, 2014年10月.

加藤晃一, 「タンパク質機能の制御に関わるN型糖鎖構造の多様性と多型性」第87回日本生化学会大会, 京都, 2014年10月.

加藤晃一, 「X線とNMRによる抗体の構造解析」第87回日本生化学会大会, 京都, 2014年10月.

K. KATO, T. YAMAGUCHI, M. YAGI-UTSUMI, H. YAGI and T. SATOH, “A multilateral approach for structural characterization of dynamic organization of flexible biomolecules,” Okazaki Institute for Integrative Bioscience Retreat, Okazaki (Japan), November 2014.

T. SATOH, T. TOSHIMORI, K. SUZUKI, T. YAMAGUCHI, G. YAN, T. ZHU and K. KATO, “Structural basis for recognition of the terminal glucose tag of *N*-glycans as fate-determinant of glycoproteins in cells,” The 7th Korea-Japan Seminars on Biomolecular Sciences: Experiments and Simulations, Seoul (Korea), November 2014.

K. KATO, “Biophysical Exploration of Biomolecular Systems Characterized by Conformational Dynamics and Dynamical Assembly,” National Chiao Tung University Seminar, Hsinchu (Taiwan), December 2014.

B-6) 受賞, 表彰

加藤晃一, 日本薬学会奨励賞 (2000).

神谷由紀子, 特定領域研究「タンパク質の社会」全体班会議ポスター優秀賞 (2008).

西尾美穂, 第73回日本生化学会中部支部例会奨励賞 (2009).

神谷由紀子, 糖鎖科学名古屋拠点若手研究者奨励賞 (2009).

矢木真穂, 第74回日本生化学会中部支部例会奨励賞 (2010).

西尾美穂, 糖鎖科学名古屋拠点第8回「若手のカフォーラム」奨励賞 (2010).

加藤晃一, 日本薬学会学術振興賞 (2011).

矢木真穂, 第11回蛋白質科学会年会若手奨励賞 (2011).

山本さよこ, The International Symposium on Nuclear Magnetic Resonance 2011 (ISNMR 2011) 若手ポスター賞 (2011).

加藤晃一, 第48回ベルツ賞1等賞 (2011).

山口拓実, 日本化学会第92春季年会優秀講演賞(学術)(2012).
Zhang Ying, 平成24年度総合研究大学院大学学長賞 (2012).
雲井健太郎, 第12回日本蛋白質科学会年会ポスター賞 (2012).
山口拓実, 第15回日本糖質学会ポスター賞 (2013).
Zhang Ying, 糖鎖科学中部拠点奨励賞 (2013).
山口拓実, 第7回バイオ関連化学シンポジウム講演賞 (2013).
山口拓実, 第3回自然科学研究機構若手研究者賞 (2014).
Zhu Tong, 第87回日本生化学会大会若手優秀発表者賞(鈴木紘一メモリアル賞)(2014).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本バイオイメーシング学会評議員 (1995–).
日本生化学会評議員 (2002–).
日本糖質学会評議員 (2003–), 理事 (2013–).
日本核磁気共鳴学会評議員 (2006–2012), 理事 (2008–2012, 2014–).
NPO バイオものづくり中部理事 (2008–).
日本蛋白質科学会理事 (2010–2012).
日本糖鎖科学コンソーシアム幹事 (2012–).
日本生物物理学会委員 (2013), 代議員 (2014–).
日本生化学会中部支部幹事 (2014–).

学会の組織委員等

The 71st Okazaki Conference “New perspectives on molecular science of glycoconjugates” 組織委員 (2011).
第51回NMR 討論会運営委員 (2012).
第27回生体系磁気共鳴国際会議 (ICMRBS) 実行委員 (2013–).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会科学研究費委員会専門委員 (2009–).
日本学術振興会先端科学シンポジウム事業委員会 プランニング・グループ・メンバー (2009–2011).
生物系特定産業技術研究支援センターイノベーション創出基礎的研究推進事業書類審査専門委員 (2009–).
大阪大学蛋白質研究所「共同利用・共同研究」委員会超高磁場NMR 共同利用・共同研究専門部会委員 (2012–).
独立行政法人科学技術振興機構戦略研究推進部外部評価委員 (2012–).
経済産業省 第3者委員会委員 (2013).
文部科学省研究振興局 委員会評価者 (2013–).

学会誌編集委員

Open Glycoscience, Editorial board member (2008–).
Glycoconjugate Journal, Editorial board member (2009–).
World Journal of Biological Chemistry, Editorial board member (2010–).
Journal of Glycomics & Lipidomics, Editorial board member (2010–).
Glycobiology, Editorial board member (2011–).

The Journal of Biochemistry, Associate Editor (2014–).

競争的資金等の領域長等

新学術領域研究「生命分子システムにおける動的秩序形成と高次機能発現」領域代表者 (2013–).

その他

(株)グライエンス科学技術顧問 (2004–2014), 取締役 (2005–2013).

(株)医学生物学研究所科学技術顧問 (2014–).

総合研究大学院大学統合生命科学特別委員会委員長 (2013–).

B-8) 大学での講義, 客員

お茶の水女子大学, 客員教授, 2006年6月–.

名古屋市立大学薬学部, 大学院薬学研究科, 特任教授, 2008年4月–.

名古屋市立大学薬学部, 「構造生物学」「薬学物理化学Ⅱ」「生命薬科学入門」「薬学概論」「テーマ科目 薬と生命」「免疫学」「バイオインフォマティクス」「創薬科学・知的財産活用論」2014年.

名古屋市立大学大学院薬学研究科, 「創薬生命科学基礎Ⅱ」「生命分子構造学特論」2014年.

理化学研究所, 客員研究員, 2009年4月–.

国立長寿医療研究センター認知症先進医療開発センター, 客員研究員, 2011年4月–.

名古屋大学大学院工学研究科, 非常勤講師, 「生物機能工学特論Ⅲ」2014年.

B-9) 学位授与

Zhang Ying, 「Paramagnetism-assisted NMR Analyses of Conformational Dynamics of Ganglioside Glycans」2014年3月, 博士 (理学)

B-10) 競争的資金

科研費特定領域研究「タンパク質の一生」「タンパク質社会における糖鎖の機能解明を目指したNMR 構造生物学」加藤晃一 (2003年–2004年).

科研費特定領域研究「ゲノム情報科学」「糖タンパク質の構造グライコミクスを展開するためのデータベース構築」加藤晃一 (2003年–2004年).

(財)科学技術交流財団, 「糖鎖科学名古屋拠点研究会」加藤晃一 (2003年–2004年).

科学技術振興機構プラザ育成研究調査, 「糖鎖ライブラリーを活用したグライコミクス解析システムの開発」加藤晃一 (2004年).

経済産業省中部経済産業局地域新生コンソーシアム研究開発事業, 「糖鎖ライブラリーを活用した新規マイクロアレーの開発」加藤晃一 (2004年–2005年).

特定非営利活動法人バイオものづくり中部, 「糖鎖分科会」加藤晃一 (2005年–2006年).

科研費特定領域研究「グライコミクス」「NMR を利用した構造グライコミクス」加藤晃一 (2005年–2006年).

科研費萌芽研究, 「味覚修飾タンパク質クルクリンの機能発現メカニズムの解明と応用」加藤晃一 (2005年–2006年).

ノバルティス研究奨励金, 「NMR 構造生物学によるパーキンソン病発症メカニズムの解明」加藤晃一 (2006年).

科研費基盤研究(B), 「タンパク質分解における糖鎖修飾系とユビキチン修飾系のクロストークの構造的基盤」加藤晃一 (2006年–2007年).

科研費新学術領域研究「揺らぎが機能を決める生命分子の科学」(計画研究)「NMRを利用したタンパク質および複合糖質の揺らぎの検出とその機能連関の探査」加藤晃一(2008年-2013年).

科研費基盤研究(B)「ポスト小胞体品質管理における細胞内レクチンの分子認識と超分子形成の構造基盤の解明」加藤晃一(2009年-).

科研費若手研究(スタートアップ)「細胞内レクチンとCa結合タンパク質との連携による生体機能発現の分子基盤の探究」神谷由紀子(2009年-2010年).

科研費若手研究(研究活動スタート支援)「オリゴ糖鎖ナノクラスターの精密構築と生体分子認識機構の解明」山口拓実(2009年-2010年).

科研費特定領域研究「タンパク質社会」(公募研究)「糖鎖認識を介したタンパク質社会の秩序維持機構の構造基盤の解明」神谷由紀子(2010年-2011年).

科研費研究活動スタート支援「アミロイド線維末端の特異構造の解明に基づく線維伸長メカニズムの理解」矢木真穂(2011年-2013年).

科研費挑戦的萌芽研究「分子シャペロン機能を有するシャトル型プロテアソーム活性化因子の同定と構造機能解析」加藤晃一(2012年-2014年).

科研費若手研究(B)「常磁性金属修飾糖鎖を用いた過渡的相互作用の動的観察」山口拓実(2012年-).

科研費基盤研究(A)「糖鎖認識系を標的とする創薬を目指した複合糖質機能の構造基盤の解明と分子設計」加藤晃一(2012年-).

科研費新学術領域研究「生命分子システムにおける動的秩序形成と高次機能発現」(総括班)「生命分子システムにおける動的秩序形成と高次機能発現の研究に関する総括」加藤晃一(2013年-).

科研費新学術領域研究「生命分子システムにおける動的秩序形成と高次機能発現」(計画研究)「生命分子の動的秩序形成におけるミクロ-マクロ相関の探査と設計原理の探求」加藤晃一(2013年-).

科研費挑戦的萌芽研究「機能性ネオ糖脂質クラスターを利用した神経幹細胞の幹細胞性制御」加藤晃一(2014年-).

B-11) 産学連携

協和発酵キリン(株)抗体研究所「ヒトIgG1とヒトFcγ受容体IIIaとの結合状態の構造解析」加藤晃一(2014年).

味の素(株)ライフサイエンス研究所「味覚変調蛋白質の立体構造形成と機能発現に関する研究」加藤晃一(2014年).

(株)豊田中央研究所「耐熱性カビプロテインジスルフィドイソメラーゼのNMRによる高次構造解析」加藤晃一(2014年).

太陽日酸(株)「タンパク質の安定同位体標識技術の開発」加藤晃一(2014年).

(株)グライエンス、取締役兼科学技術顧問として研究開発連携、加藤晃一(2014年).

C) 研究活動の課題と展望

研究活動の課題と展望は今年と変わるところはない。すなわち、生命分子素子がダイナミックな集合離散を通じて動的な秩序構造を形成するメカニズムを明らかにするとともに、生命分子集団の自己組織系に内在する精緻にデザインされた不安定性をあぶり出し、機能発現にいたる時空間的展開の原理を理解することを目指す。そのために、生命システムの動的秩序形成におけるミクロ-マクロ相関の探査を可能とする物理化学的計測手法の開発に一層力を注ぐ。特に、超高磁場NMR分光法、結晶構造解析、量子ビーム溶液散乱などの計測手法を駆使して、細胞内のタンパク質品質管理システムや、細胞内および細胞表層において糖鎖認識に関わる生命分子システムを対象に、それらの離合集散のダイナミクスを解明することに取り組む。

飯 野 亮 太 (教授) (2014 年 6 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：生物物理学，タンパク質科学，1 分子計測

A-2) 研究課題：

- a) 回転分子モーター V-ATPase のエネルギー変換機構の解明
- b) リニア分子モーターセルラーゼのエネルギー変換機構の解明

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 腸内連鎖球菌由来 Na^+ 輸送性 V-ATPase (EhV_0V_1) は，ATP 加水分解反応のエネルギーで回転運動することで Na^+ イオンを能動輸送する分子モーターである。 EhV_0V_1 の大腸菌における発現系を初めて構築した。これにより，変異体作製や 1 分子計測に必要な固定用タグの導入の効率が大幅に改善された。この改変試料を用いて EhV_0V_1 の 1 分子回転観察系を確立し，回転速度とトルクの計測に成功した。可溶性の単離 EhV_1 の回転速度やトルクと比較することで， EhV_0V_1 では固定子と回転子の相互作用がペリフェラルストークにより安定化され回転が安定化し，単離 EhV_1 よりも高いトルクを発生することが明らかとなった。
- b) *Trichoderma reesei* 由来 cellobiohydrolase I (TrCel7A) は結晶性セルロースを加水分解しながら連続的に直進運動する分子モーターである。蛍光色素 Cy3 で標識した TrCel7A を調製して 1 分子蛍光観察を行った。これにより，結晶形の異なるセルロース I_α とセルロース III_1 への TrCel7A の結合・解離速度定数を求めて比較することに成功した。さらに，高速 AFM 観察によるセルロース上での運動速度の比較にも成功した。これらの速度パラメーターを比較した結果， TrCel7A によるセルロース I_α とセルロース III_1 の分解活性の大きな違いは化学反応素過程の速度定数の違いによるものではなく，セルロース上の加水分解可能なレーン数の違いや TrCel7A の「渋滞」の度合いの違いによるものであることが明らかとなった。

B-1) 学術論文

H. UENO, Y. MINAGAWA, M. HARA, S. RAHMAN, I. YAMATO, E. MUNYUKI, H. NOJI, T. MURATA and R. IINO, "Torque generation of *Enterococcus hirae* V-ATPase," *J. Biol. Chem.* **289**, 31212–31223 (2014).

T. IKEDA, T. TSUKAHARA, R. IINO, M. TAKEUCHI and H. NOJI, "Motion Capture and Manipulation of Single Synthetic Molecular Rotors by Optical Microscopy," *Angew. Chem., Int. Ed.* **53**, 10082–10085 (2014).

T. IKEDA, R. IINO and H. NOJI, "Real-Time Fluorescence Visualization of Slow Tautomerization of Single Free-Base Phthalocyanines under Ambient Conditions," *Chem. Commun.* **50**, 9443–9446 (2014).

Y. SHIBAFUJI, A. NAKAMURA, T. UCHIHASHI, N. SUGIMOTO, S. FUKUDA, H. WATANABE, M. SAMEJIMA, T. ANDO, H. NOJI, A. KOIVULA, K. IGARASHI and R. IINO, "Single-Molecule Imaging Analysis of Elementary Reaction Steps of *Trichoderma reesei* Cellobiohydrolase I (Cel7A) Hydrolyzing Crystalline Cellulose I_α and III_1 ," *J. Biol. Chem.* **289**, 14056–14065 (2014).

H. TAKEHARA, K. MIYAZAWA, T. NODA, K. SASAGAWA, T. TOKUDA, S. H. KIM, R. IINO, H. NOJI and J. OHTA, "A CMOS Image Sensor with Stacked Photodiodes for Lensless Observation System of Digital Enzyme-Linked Immunosorbent Assay," *Jpn. J. Appl. Phys.* **53**, 04EL02 (5 pages) (2014).

B-3) 総説, 著書

R. IINO, Y. MINAGAWA, H. UENO, M. HARA and T. MURATA, “Molecular structure and rotary dynamics of *Enterococcus hirae* V₁-ATPase,” *IUBMB Life* **66**, 624–630 (2014).

飯野亮太, 中村彰彦, 五十嵐圭日子, 鮫島正浩, 「1分子計測からわかるエクソ型セルラーゼの分子機構」*生物物理* **54**, 318–320 (2014).

内橋貴之, 飯野亮太, 安藤敏夫, 野地博行, 「高速 AFM による F₁-ATPase 分子回転の直接可視化」*生化学* **86**, 127–136 (2014).

飯野亮太, 「デジタルPCR とデジタルELISA」*化学フロンティア* **23** 1分子ナノバイオ計測: 分子から生命システムを探る革新的技術」*化学同人*, pp. 144–146 (2014).

B-4) 招待講演

R. IINO, “Single-molecule imaging analysis of molecular motors,” The 7th Korea-Japan Seminars on Biomolecular Sciences, Seoul (Korea), November 2014.

R. IINO, “Motions of individual biomolecular motors probed by gold nanoparticle and nanorod,” International Symposium on Small Particles and Inorganic Clusters (ISSPIC XVII), Fukuoka (Japan), September 2014.

R. IINO, “Watching and manipulating biomolecules one at a time,” PITTCON 2014 PAI-NET Session: Ultrasensitive Analytical Technologies for Biology and Chemistry, Chicago (U.S.A.), March 2014.

飯野亮太, 「生体分子モーターを測る, 壊す, 創る」シンポジウム「細胞のメソスケール構造機能」京都, 2014年12月.

飯野亮太, 「金ナノ粒子, 金ナノロッドを用いた生体分子モーターのマイクロ秒1分子計測」新学術領域「柔らかな分子系」第7回ワークショップ, 岡崎, 2014年12月.

飯野亮太, 「目に見えないとても小さなタンパク質機械の動きを見る」日本化学会東海支部「夢・化学 - 21 高校生のための化学講座: 見えないのを見る化学」浜松, 2014年11月.

飯野亮太, 「回るたんぱく質, 歩くたんぱく質の仕組みを探る」分子科学研究所市民公開講座第103回分子科学フォーラム, 岡崎, 2014年11月.

飯野亮太, 「生体分子モーターダイナミクスの1分子計測: 構造解析と理論予測との協奏を目指して」TCCI 第5回研究会, 岡崎, 2014年10月.

飯野亮太, “Importance of membrane pumps and channels: an introduction,” 第52回生物物理学会年会シンポジウム “Which is important for biophysicists, pump or channel?” 札幌, 2014年9月.

飯野亮太, 「1分子計測技術で生体分子マシン, 人工分子マシンの“動き”を調べる・考える」第63回高分子討論会 S14 “動き”のある自己組織化材料: 動的応答・変化を示す材料の設計・機能・応用の最前線, 長崎, 2014年9月.

R. IINO, “Single-molecule high-speed imaging of rotary and linear molecular motors,” Andor Academy Kyoto, Kyoto, August 2014.

飯野亮太, 「細菌多剤排出ポンプ計測マイクロデバイス」第9回トランスポーター研究会年会シンポジウム「チャネル・トランスポーター研究の最前線2 (機能評価系・創薬)」名古屋, 2014年6月.

飯野亮太, 「DNA を巻き取る分子リール」第66回日本細胞生物学会大会シンポジウム「遺伝情報を司るDNA のふるまい」奈良, 2014年6月.

飯野亮太, 「天然ナノモーターと人工ナノローターの1分子ダイナミクス」第三回次世代の物質科学・ナノサイエンスを探る. 札幌, 2014年1月.

B-6) 受賞，表彰

R. IINO, Emerging Investigator. Lab on a Chip., The Royal Society of Chemistry, U.K. (2012).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本生物物理学会代議員 (2014.1.1–2015.6.31).

日本生物物理学会分野別専門委員 (A-13. モータータンパク質) (2014.1.1–2014.12.31).

学会誌編集委員

日本生物物理学会学会誌「生物物理」編集委員 (2014–2015).

その他

公益財団法人新世代研究所バイオ単分子研究会委員 (2012.4.2–2015.3).

B-8) 大学での講義，客員

東京大学大学院農学生命科学研究科，非常勤講師「生体触媒分子論」2014年6月.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B), 「リニアモータータンパク質糖質加水分解酵素の1ナノメートルステップの1分子計測」飯野亮太 (2012年–2014年).

科研費新学術領域研究「動的秩序と機能」(公募研究)「ATP 駆動サイボグ回転分子モーターの創生」飯野亮太 (2014年–2015年).

科研費新学術領域研究「柔らかな分子系」(公募研究)「金ナノロッドを用いた分子モーター構造ダイナミクスの高速1分子計測」飯野亮太 (2014年–2015年).

科研費挑戦的萌芽研究「生体・人工ハイブリッドナノモーターの創製」飯野亮太 (2012年–2013年).

科研費新学術領域研究「揺らぎと生体機能」(公募研究)「分子モーターの構造揺らぎを調べる超高速配向イメージング法の開発」飯野亮太 (2011年–2012年).

科研費特定領域研究「高次系分子科学」(公募研究)「生細胞内1分子FRET 法による回転モータータンパク質のダイナミクス計測」飯野亮太 (2010年–2011年).

科研費新学術領域研究「揺らぎと生体機能」(公募研究)「モータータンパク質の揺らぎと性能の相関を調べる超高速光学顕微鏡の開発」飯野亮太 (2009年–2010年).

科研費若手研究(B), 「プロトン駆動力で回転するATP 合成酵素を1分子技術とマイクロデバイスで可視化する」飯野亮太 (2009年–2010年).

科研費若手研究(B), 「プロトン駆動力で回転する生体分子モーター ATP 合成酵素の1分子計測」飯野亮太 (2006年–2008年).

日本学術振興会二国間交流事業共同研究「生細胞内で働くATP 合成酵素の回転速度を1分子技術で計測する」飯野亮太 (2010年–2011年).

大阪大学産業科学研究所リーダーシップ支援経費「1細菌培養・観察・回収用マイクロドロップレットアレイの開発」飯野亮太 (2009年).

大阪大学産業科学研究所原子力工学専攻21世紀COE 若手研究A,「マイクロ加工技術を駆使した異物排出遺伝子の網羅的スクリーニング」飯野亮太(2006年).

C) 研究活動の課題と展望

回転分子モーター V-ATPase に関しては, ATP 加水分解駆動時の Na^+ 輸送を伴う回転運動の詳細な解析が今後の課題である。また, 脂質膜を介する Na^+ の電気化学ポテンシャル(濃度差と膜電位差)で一方向に回転できるのか, さらに回転できる場合, アップヒルな化学反応である ATP 合成を触媒できるのか, が今後検証すべき重要な課題である。界面活性剤で可溶化した試料の計測だけでなく, 人工脂質二重膜に埋め込んだ試料の1分子計測にも取り組む。またリニア分子モーターセルラーゼについては, 運動時の結合ドメインと触媒ドメイン間の協調機構の解明が重要な課題である。1分子FRET 計測によりこれらのドメインの距離変化の計測を行うことで機構の解明に取り組む。さらに異種のセルラーゼを混合した際に結晶性セルロースの加水分解活性が大幅に上昇する現象,「シナジー効果」の機構解明が重要な課題である。今後は異種のセルラーゼを同時に1分子観察することによりシナジー効果の仕組みを明らかにする。

藤 井 浩 (准教授) (1998 年 3 月 1 日 ~ 2014 年 3 月 31 日)^{*}

A-1) 専門領域：生物無機化学，物理化学

A-2) 研究課題：

- a) 高原子価ヘム酵素反応中間体の機能発現の分子機構の研究
- b) 不斉マンガンサレン錯体による不斉エポキシ化活性種の研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) チトクローム P450 によるアルカンの水酸化反応は，ステロイドホルモン合成など多くの生体反応において鍵となる反応である。これらの水酸化反応では，非常に大きい水素 - 重水素間での速度論的同位体効果が報告されていて，水素原子のトンネル効果によると考えられている。チトクローム P450 は，鉄 4 価オキソポルフィリン π - カチオンラジカル (Compound I) とよばれる反応活性種を用いて反応する。我々は，Compound I モデル錯体を用いてアルカンの水酸化反応における水素原子トンネル効果の寄与を検討した。反応速度論的手法や種々の分光学的手法を組み合わせることにより，低温条件ではかなりの水素原子トンネル効果の寄与があること，その寄与の大きさがアルカンの C-H 結合の強さや Compound I モデル錯体の活性度により変化することを見いだした。
- b) 不斉マンガンサレン錯体 (Jacobsen 触媒) は，極めて有用性の高い錯体である。しかし，Jacobsen 触媒がどのような活性種を生成し，どのように不斉選択性を発現しているかは未解明の問題である。とりわけ，Jacobsen 触媒がほとんど平面的な構造であるにもかかわらずなぜ高い不斉選択性を示すのかは，多くの研究者が注目している点である。最近我々は，マンガン 4 価サレン錯体とヨードシリアルエンとの反応により，ヨードシリアルエン付加体の合成，単離に成功した。さらにこの錯体の構造解析にも成功した。結晶構造では，ヨードシリアルエンの配位によりサレン配位子が平面から階段状に大きく構造変化し不斉な環境を作り出していることが明らかとなった。本年度我々は，この解明された構造を基に，ヨードソアレンの構造や錯体の対アニオンが付加錯体の反応性や不斉選択性にどのように影響するかを研究した。また，コバルトサレン錯体の電子構造を研究し，コバルトに配位する軸位配位子と混合原子価状態の関係を解明した。

B-1) 学術論文

Z. CONG, H. KINEMUCHI, T. KURAHASHI and H. FUJII, "Factors Affecting Hydrogen-Tunneling Contribution in Hydroxylation Reactions Promoted by Oxoiron(IV) Porphyrin π -Cation Radical Complexes," *Inorg. Chem.* **53**, 10632–10641 (2014).

S. AONO, M. NAKAGAKI, T. KURAHASHI, H. FUJII and S. SAKAKI, "Theoretical Study of One-Electron Oxidized Mn(III)- and Ni(II)-Salen Complexes: Localized vs. Delocalized Ground and Excited States in Solution," *J. Chem. Theory Comput.* **10**, 1062–1073 (2014).

T. KURAHASHI, M. HADA and H. FUJII, "Di- μ -Oxo Dimetal Core of Mn^{IV} and Ti^{IV} as a Linker Between Two Chiral Salen Complexes Leading to the Stereoselective Formation of Different *M*- and *P*-Helical Structure," *Inorg. Chem.* **53**, 1070–1079 (2014).

B-4) 招待講演

H. FUJII, “Hypochlorito-Iron(III) Porphyrin Complexes as Models for Reaction Intermediates of Catalytic and Biological Reactions,” 41st International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines, Singapore, July 2014.

H. FUJII, “Functional Role of Heme Axial Ligand on the Reactivity of Oxoiron(IV) Porphyrin π -Cation Radical Complex,” 8th International Conference on Porphyrins and Phthalocyanines, Istanbul (Turkey), June 2014.

藤井 浩, 大阪大学基礎工学研究科研究会「金属新機能場の開発を目指して」大阪大学, 大阪, 2014年2月.

B-6) 受賞, 表彰

高橋昭博, 日本化学会学生講演賞 (2007).

高橋昭博, 第41回酸化反応討論会ポスター賞 (2008).

王 春蘭, 第44回酸化反応討論会ポスター賞 (2011).

T. KURAHASHI and H. FUJII, BCSJ Award Article (2012).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

酸化反応討論会幹事 (2011-).

学会の組織委員等

14th International Conference on Bioinorganic Chemistry, Local Committee (2009).

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B), 「単核非ヘム酵素反応中間体としての高酸化オキソ錯体の合成と反応性の研究」藤井 浩 (2002年-2004年).

科研費基盤研究(B), 「立体構造にもとづく基質結合サイトの再構築による酵素反応選択性の制御」藤井 浩 (2004年-2007年).

大幸財団海外学術交流助成金, 「第3回ポルフィリンとフタロシアニンに関する国際会議での研究発表」藤井 浩 (2004年).

科研費特定領域研究「配位空間」(公募研究)「金属酵素のナノ反応空間における基質の配向および反応選択性の制御」藤井 浩 (2005年-2006年).

科研費基盤研究(B), 「高原子価オキソ金属錯体の反応性と反応選択性を制御する分子機構の解明」藤井 浩 (2010年-2013年).

科研費基盤研究(C), 「高原子価マンガンオキソ錯体の精密反応制御」倉橋拓也 (2011年-2015年).

科研費基盤研究(B), 「次亜塩素酸錯体の反応性と反応選択性の分子機構の解明及びそれに基づく制御法の開発」藤井 浩 (2014年-2017年).

C) 研究活動の課題と展望

生体内の金属酵素の構造と機能の関わりを, 酵素反応中間体の電子構造から研究している。金属酵素の機能をより深く理解するためには, 反応中間体の電子状態だけでなく, それを取り囲むタンパク質の反応場の機能を解明することも重要であると考え。これまでの基礎研究で取得した知見や手法をさらに発展させて, 酵素, タンパクのつくる反応場の特質と反応性の関係を解明していきたいと考える。また, これらの研究を通して得られた知見を基に, 酵素機能変換法の新概念を確立できるよう研究を進めたいと考える。

*) 2014年4月1日奈良女子大学研究院自然科学系教授

栗原 顕 輔(特任准教授 岡崎オリオンプロジェクト)(2014年5月1日着任)

A-1) 専門領域：界面化学，超分子化学

A-2) 研究課題：

- a) 交差触媒系を内包するベシクル型人工細胞の創成
- b) 増殖に最適な組成選択を行うベシクル系の構築
- c) 遺伝子型と表現型が内在する人工細胞の構築

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) これまで外部より添加していた両親媒性触媒分子を，ベシクル膜という疎水場を利用して合成する。この触媒分子はベシクル自己生産において，膜合成を触媒するので，シグモイド的にベシクルが生産されると予測できる。膜分子の合成と触媒の合成は連動しており，膜内で触媒分子が増えすぎるとベシクル膜が不安定化してベシクルは崩壊するが，一方ベシクルが分裂して増えすぎると，触媒分子生産が追いつかず膜内の触媒濃度が下がり，ベシクルの生成速度は減少する。この二つの生産系が，ある点に収束すれば，より堅牢でしなやかな人工細胞が誕生すると期待できる。これまで，膜分子と内部で合成可能な触媒分子の前駆体を合成し，実際にベシクル内部で触媒が合成され，ベシクルが増殖する過程が確認できた。
- b) 現在の人工細胞系の膜分子，およびその前駆体は1種類に限られていた。ベシクルにあえて異種の膜分子前駆体を添加し，ベシクル自己生産ダイナミクスを見守る。この摂動により，ベシクル生産系が消滅する場合もあるが，やがて混合脂質系で，より堅牢に自己生産し続けるベシクルが現れる場合もある。このようなベシクルの多様性は，生命起源が自己複製する脂質膜から誕生したとするリピッドワールド仮説を支持するものである。現在，2種類の脂質からなるベシクル系が共存した際に，ベシクル膜を構成する脂質が化学反応により交換することを確認している。
- c) 現在，鎖長を変えた鋳型 DNA を内部に封入し，その自己増幅過程を観察している。その中で，DNA の鎖長に応じてベシクルの自己生産ダイナミクスが異なることを既に見出した。長い DNA (1164 bp) ではベシクルが自己生産するが，鎖長が短い DNA (374 bp) を内包するベシクルは，小さいベシクルを内部に形成し個数は増加しない。ベシクル内の DNA の摂動はベシクル融合法で起こすことが可能であり，その中で，より自己生産に特化した DNA の混合比などが見つければ，遺伝子型と表現型とが相関をもつ人工細胞が創出すると期待される。

B-1) 学術論文

S. K. TAKAKURA, T. YAMAMOTO, K. KURIHARA, T. TOYOTA, K. OHNUMA and T. SUGAWARA, "Spontaneous Transformation from Micelle to Vesicle Associated with Sequential Conversions of Comprising Amphiphiles within Assemblies," *Chem. Commun.* **50**, 2190–2192 (2014).

B-3) 総説，著書

菅原 正，鈴木健太郎，栗原顕輔，豊田太郎，「分子システムとしてつくる人工細胞」*豊田研究報告* **67**, 63–70 (2014).

B-4) 招待講演

K. KURIHARA, “A Constructive Approach to Artificial Cell,” The 7th Korea-Japan Seminars on Biomolecular Sciences: Experiments and Simulations, Seoul (Korea), November 2014.

C) 研究活動の課題と展望

本研究では 構成的アプローチをもとに既知の分子から「生命らしい」機能や挙動を示す物質を創成することを目的としている。最も単純であろう原始細胞には、情報物質の自己複製および境界膜の自己生産(外部から取り込んだ養分を自分の構成物質に変換して個体を増殖すること)の2つのダイナミクスが必要であり、いずれも触媒系を介して行われていたと考えられている。現在のベシクル型人工細胞モデルでは、膜分子生産を触媒する分子システムは実現されておらず、触媒能が低下し数世代しか増殖できない。我々は境界の生産系と触媒の生産系の連動性に着目し、ベシクル膜を触媒場とする交差触媒系を導入した新規の人工細胞システムを構想した。本システムは触媒生産系を内包することで、ベシクル内で触媒分子が過剰に生産されると相対的に膜分子が減少し、ベシクルが崩壊して新しいベシクルが再構築することが予想される。よって従来のように増殖に伴いベシクルの情報(サイズ、組成など)が発散していくのではなく、生産と再構築を繰り返すことで、触媒と膜の生産のバランスが取れた人工細胞のみが存続していくことも期待できる。

生体分子情報研究部門

古 谷 祐 詞 (准教授) (2009 年 3 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：生物物理学，生体分子科学

A-2) 研究課題：

- a) 表面増強赤外分光法によるクラウンエーテルのアルカリ金属イオン選択機構の研究
- b) 表面増強赤外分光法による GroEL タンパク質の二次構造への界面活性剤 SDS の影響に関する研究
- c) 急速溶液交換法による新規赤外分光計測系の構築
- d) 体内時計の調節に関わる光受容タンパク質メラノプシンの機能発現機構の解析
- e) 哺乳動物カリウムイオンチャンネルタンパク質の赤外分光解析

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 厚さ数ナノメートル程度の金薄膜を全反射赤外分光用のプリズム表面に作製することで，金薄膜に吸着した分子種の赤外吸収強度を増強することが可能である。本手法をカリウムイオンを選択的に吸着するクラウンエーテルに適用し，各種アルカリ金属イオンを含む緩衝液と含まない緩衝液との赤外吸収差スペクトルを計測した。その結果， K^+ ， Rb^+ ， Cs^+ では似たような差スペクトルが得られたが， Li^+ ， Na^+ では異なる形状の差スペクトルが得られ，イオン吸着に伴う構造変化に差異があることが示唆された。本研究は広島大学の井口佳哉准教授との共同研究として行われ，*Chem. Phys. Lett.* に発表された。
- b) GroEL はタンパク質のリフォールディングにはたらくシャペロニン的一种である。そのアピカルドメインと呼ばれる部位は α ヘリックスと β シート構造からなる。アピカルドメインに界面活性剤であるラウリル硫酸ナトリウム (SDS) を作用させると，タンパク質の構造が変化し，ファイバーが形成される。表面増強赤外分光計測を適用した結果，SDS を作用させると， β シート構造が減り， α ヘリックスやターン構造が増えることが分かった。本研究は，岡崎統合バイオサイエンスセンターの特任助教であった Jin Chen 博士との共同研究として行い，*Sci. Rep.* に発表された。
- c) 圧縮気体で動作するシリンジポンプによる急速溶液交換装置を，藤貴夫准教授のグループが開発したチャープパルス上方変換による全反射赤外分光装置と組み合わせて実験を行った。全反射プリズム上で，水とアセトンが置き換わる様子を 1 ミリ秒の時間分解能で計測することに成功した。その結果，溶液交換が約 10 ミリ秒で完結していることが分かった。本研究は，分子科学研究所の藤貴夫准教授との共同研究として行われ，*Opt. Express* に発表された。
- d) ヒトなどの哺乳類では，メラノプシンという光受容タンパク質が光情報を受け取ることで，概日時計や瞳孔径の調節が行われる。分子系統的には，メラノプシンは無脊椎動物の視覚を担う光受容タンパク質と近縁である。今年度は，これらの近縁であるが機能の異なる光受容タンパク質の機能特性を比較した結果，哺乳類のメラノプシンは自発的に発色団であるレチナールを放出して，光受容能を失いやすくなっていることを生化学的・分光学的・電気生理学的解析から明らかにした。また哺乳類の種ごとに，メラノプシン分子におけるレチナール分子の「放出しやすさ」が大きく異なることも見出した。
- e) ほぼすべての生物は，イオンチャンネルという膜タンパク質を用いて細胞内外で物質のやりとりを行っている。その中でカリウムを選択的に通すチャンネルはカリウムチャンネルと呼ばれるが，哺乳類が持つ TWIK-1 というカリウムチャンネルは，イオン選択性を生み出す領域のアミノ酸配列が他のカリウムチャンネルと異なり，また他のカリウムチャンネルが

通さないナトリウムイオンも通すことが知られている。今年度は、TWIK-1 が持つ特異的なアミノ酸配列がどのように、イオン選択性に寄与しているのかを、赤外分光法を用いて解析した。その結果、実際に TWIK-1 特異的なアミノ酸配列が、チャンネル - イオン間相互作用を大きく変化させていることを示す結果を得た。

B-1) 学術論文

Y. INOKUCHI, T. MIZUUCHI, T. EBATA, T. IKEDA, T. HAINO, T. KIMURA, H. GUO and Y. FURUTANI, “Formation of Host–Guest Complexes on Gold Surface Investigated by Surface-Enhanced IR Absorption Spectroscopy,” *Chem. Phys. Lett.* **592**, 90–95 (2014).

J. CHEN, H. YAGI, Y. FURUTANI, T. NAKAMURA, A. INAGUMA, H. GUO, Y. KONG and Y. GOTO, “Self-Assembly of the Chaperonin GroEL Nanocage Induced at Submicellar Detergent,” *Sci. Rep.* **4**, 5614 (2014).

L.-F. SUN, E. KAWANO-YAMASHITA, T. NAGATA, H. TSUKAMOTO, Y. FURUTANI, M. KOYANAGI and A. TERAOKA, “Distribution of Mammalian-Like Melanopsin in Cyclostome Retinas Exhibiting a Different Extent of Visual Functions,” *PLoS One* **9**, e108209 (2014).

J. SASAKI, H. TAKAHASHI, Y. FURUTANI, O. SINESHCHEKOV, J. SPUDICH and H. KANDORI, “His166 is the Schiff Base Proton Acceptor in the Attractant Phototaxis Receptor Sensory Rhodopsin I,” *Biochemistry* **53**, 5923–5929 (2014).

H. SHIRAI, C. DUCHESNE, Y. FURUTANI and T. FUJI, “Attenuated Total Reflectance Spectroscopy with Chirped-Pulse Upconversion,” *Opt. Express* **22**, 29611–29616 (2014).

B-3) 総説，著書

Y. FURUTANI and H. KANDORI, “Hydrogen-Bonding Changes of Internal Water Molecules upon the Actions of Microbial Rhodopsins Studied by FTIR Spectroscopy,” *Biochim. Biophys. Acta* **1837**, 598–605 (2014).

古谷祐詞 木村哲就 岡本基士, 「急速緩衝液交換法による時間分解全反射赤外分光法の開発」*生物物理* **54**, 272–275 (2014).

古谷祐詞, 「赤外分光法による膜タンパク質の分子機構研究」*Mol. Sci.* **8**, A0067 (2014).

塚本寿夫, 「G タンパク質共役受容体オプシンとその構成的活性化変異体の構造ダイナミクス」*生物物理* **54**, 111–112 (2014).

H. TSUKAMOTO, “Diversity and functional properties of bistable photopigments,” in *The evolution of visual and non-visual pigments*, M. Hankins, S. Collin, J. Marshall and D. Hunt, Eds., 219–239 (2014).

B-4) 招待講演

Y. FURUTANI, “Protein-Ion Interactions of Membrane Proteins Studied by Fourier-Transform Infrared Spectroscopy,” 18th East Asian Workshop on Chemical Dynamics, Busan (Korea), May 2014.

古谷祐詞, 「赤外分光法による膜タンパク質の動作機構研究」大阪大学生命機能研究科FBS コロキウム, 吹田, 2014年6月.

古谷祐詞, 「赤外分光法による膜タンパク質の動作機構研究」第8回分子科学討論会奨励賞受賞講演, 東広島, 2014年9月.

Y. FURUTANI, “Structural Changes of Membrane Proteins Studied by Difference FTIR Spectroscopy; Microbial Rhodopsins and Potassium Ion Channels,” 16th International Conference on Retinal Proteins, Nagahama (Japan), October 2014.

B-6) 受賞，表彰

古谷祐詞，平成19年度名古屋工業大学職員褒賞優秀賞 (2007).

古谷祐詞，平成24年度分子科学研究奨励森野基金 (2012).

古谷祐詞，第6回(2013年度)分子科学会奨励賞 (2013).

古谷祐詞，木村哲就，岡本基士，第1回BIOPHYSICS Editor's Choice Award (2014).

塚本寿夫，平成24年度日本生物物理学会中部支部講演会優秀発表者 (2013).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

日本生物物理学会委員 (2010–2011, 2012–2013).

日本生物物理学会分野別専門委員 (2010, 2011, 2012, 2013).

日本物理学会領域12運営委員 生物物理 (2011–2012).

日本化学会東海支部代議員 (2011–2012, 2013–2014).

日本分光学会中部支部幹事 (2012–2014).

学会の組織委員等

第15回レチナルタンパク質国際会議実行委員 (2012–2014)，座長 (2014).

学会誌編集委員

日本生物物理学会中部地区編集委員 (2007, 2010).

B-8) 大学での講義，客員

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科，第3回生体物理化学セミナー「赤外分光法による膜タンパク質研究」2014年9月19日.

総合研究大学院大学物理科学研究科，「メカノシステムバイオロジー」(受容体構造) 2014年11月20日.

B-10) 競争的資金

科研費若手研究(スタートアップ)「ATR-FTIR 分光法によるロドプシンのタンパク質間相互作用の解析」古谷祐詞 (2006年).

科研費特定領域研究「革新的ナノバイオ」(公募研究)「光駆動プロトンポンプの動作機構の解明」古谷祐詞 (2007年–2008年).

科研費特定領域研究「細胞感覚」(公募研究)「古細菌型ロドプシンの新奇情報伝達機構の解明」古谷祐詞 (2007年–2008年).

科研費特定領域研究「高次系分子科学」(公募研究)「孤立ナノ空間に形成された水クラスターの水素結合ダイナミクス解析」古谷祐詞 (2008年–2009年).

科研費特定領域研究「革新的ナノバイオ」(公募研究)「光駆動イオン輸送蛋白質の動作機構の解明」古谷祐詞 (2009年–2010年).

科研費特定領域研究「細胞感覚」(公募研究)「古細菌型ロドプシンの新奇情報伝達機構の解明と光応答性カリウムチャネルの開発」古谷祐詞 (2009年–2010年).

科研費特定領域研究「高次系分子科学」(公募研究)「孤立ナノ空間を有する有機金属錯体での特異な光化学反応の分光解析」古谷祐詞 (2010年–2011年).

科研費若手研究(B)「赤外差スペクトル法によるイオン輸送蛋白質の分子機構解明」古谷祐詞 (2010年–2011年).

自然科学研究機構若手研究者による分野間連携研究プロジェクト,「膜輸送蛋白質によるイオン選択・透過・輸送の分子科学」古谷祐詞(2010年).

自然科学研究機構若手研究者による分野間連携研究プロジェクト,「イオンチャネル蛋白質のイオン認識および開閉制御の分子機構解明」古谷祐詞(2011年).

科学技術振興機構さきがけ研究,「様々な光エネルギー変換系における水分子の構造・機能相関解明」古谷祐詞(2011年-2014年).

科研費挑戦的萌芽研究,「哺乳動物イオンチャネルの機能的発現と分子機構解析」古谷祐詞(2012年-2013年).

自然科学研究機構若手研究者による分野間連携研究プロジェクト,「イオンチャネル蛋白質の物理・化学刺激によるゲート開閉の分子機構解明」古谷祐詞(2013年).

科研費挑戦的萌芽研究,「膜電位存在下での膜タンパク質の赤外分光解析系の開発」古谷祐詞(2014年-2016年).

科研費若手研究(A),「膜タンパク質の分子機構解明に資する新規赤外分光計測法の開発」古谷祐詞(2014年-2017年).

科研費若手研究(B),「哺乳動物が環境光を感知するためのメラノプシンの分子特性の解明」塚本寿夫(2013年-2014年).

ノバルティス科学振興財団研究奨励金,「部位特異的蛍光標識を用いたGタンパク質共役受容体の動的構造変化の解析」塚本寿夫(2012年).

C) 研究活動の課題と展望

2014年は様々な共同研究の成果を報告することができた。その一方でイオンチャネルやメラノプシンなどの独自テーマでの成果報告に時間が掛かっている。2015年は順次,これらについても成果をまとめて報告していきたいと考えている。さきがけ研究のテーマの一環として,時間分解FTIR用回転セルを用いた計測系の構築を装置開発室のメンバーと行っている。1つの試料だけでの計測に比べると,回転セル上の試料の数だけ計測時間を短縮することが可能になる。来年度は,より多数の試料を均一に塗布することを可能にする試料塗布装置を完成させ,1つの試料だけでは計測に非常に時間の掛かる光受容タンパク質などに適用していきたいと考えている。

錯体触媒研究部門

魚 住 泰 広 (教授) (2000 年 4 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：有機合成化学，有機金属化学

A-2) 研究課題：

- a) 完全水系メディア中での触媒反応
- b) 自己集積型金属錯体触媒の設計・開発
- c) 新しい遷移金属錯体の創製

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) パラジウム，ロジウム，銅錯体触媒などを両親媒性高分子に固定化するとともに機能修飾することで，これら遷移金属錯体触媒有機変換工程の多くを完全水系メディア中で実施することに成功した。水中不均一での高立体選択的触媒反応の開発を世界にさきがけて成功した。とくに最近では鉄ナノ粒子触媒の固定化と水中での水素化触媒を実現した。
- b) 金属架橋高分子の自己集積触媒（架橋構造と触媒機能のハイブリッド）を開発し，さらにマイクロ流路内の層流界面での自己集積錯体触媒膜の創製に成功した。前項で開発した高分子触媒をカラムカートリッジ化することで実用性に富む連続フロー反応システムを構築した。
- c) 新しいピンサー錯体の合成方法論を確立し，それらピンサー錯体分子が自発的に集積することで形成する分子集合体の三次元高次構造に立脚した新しい触媒機能システムの開拓に注力しつつある。
- d) 水中での反応加速，連続フローシステムに依る効率化，ピンサー錯体触媒化学における新しい反応形式などに立脚して各種反応の ppm-ppb 触媒化を進めつつある。

B-1) 学術論文

Y. M. A. YAMADA, Y. YUYAMA, T. SATO, S. FUJIKAWA and Y. UOZUMI, “A Palladium-Nanoparticle and Silicon-Nanowire-Array Hybrid: A Platform for Catalytic Heterogeneous Reactions,” *Angew. Chem., Int. Ed.* **53**, 127–131 (2014).

M. MINAKAWA, Y. M. A. YAMADA and Y. UOZUMI, “Driving an Equilibrium Acetalization to Completion in the Presence of Water,” *RSC Adv.* **4**, 36864–36867 (2014).

Y. ITO, H. OHTA, Y. M. A. YAMADA, T. ENOKI and Y. UOZUMI, “Bimetallic Co–Pd Alloy Nanoparticles as Magnetically Recoverable Catalysts for the Aerobic Oxidation of Alcohols in Water,” *Tetrahedron* **70**, 6146–6149 (2014).

Y. ITO, H. OHTA, Y. M. A. YAMADA, T. ENOKI and Y. UOZUMI, “Transfer Hydrogenation of Alkenes Using Ni/Ru/Pt/Au Heteroquaternary Nanoparticle Catalysts: Sequential Cooperation of Multiple Nano-Metal Species,” *Chem. Commun.* **50**, 12123–12126 (2014).

G. HAMASAKA and Y. UOZUMI, “Cyclization of Alkynoic Acids in Water in the Presence of a Vesicular Self-Assembled Amphiphilic Pincer Palladium Complex Catalyst,” *Chem. Commun.* **50**, 14516–14518 (2014).

D. PI, K. JIANG, H. ZHOU, Y. SUI, Y. UOZUMI and K. ZHOU, “Iron-catalyzed C(sp³)-H Functionalization of Methyl Azaarenes: A Green Approach to Azaarene-Substituted α - or β -Hydroxy Carboxylic Derivatives and 2-Alkenylazaarenes,” *RSC Adv.* **4**, 57875–57884 (2014).

T. OSAKO and Y. UOZUMI, “Enantioselective Copper-Catalyzed Azide-Alkyne Cycloaddition for Construction of Chiral Biaryl Derivatives,” *Org. Lett.* **16**, 5866–5869 (2014).

B-4) 招待講演 (* 基調講演)

Y. UOZUMI, “Development of Silicon Nanowire Array as a Platform for Catalytic Heterogeneous Reactions,” Asian CORE Winter School on Frontiers of Molecular, Photo-, and Material Sciences, Taipei (Taiwan), February 2014.

魚住泰広, 「両親媒性高分子反応場 : 「雨宿り効果」に立脚する反応駆動システム」第11回岡山理科大学グリーン元素科学シンポジウム, 岡山, 2014年3月.

Y. UOZUMI, “Amphiphilic Polymeric Reaction Environment: Reaction Driving Based on the ‘Umbrella Effect,’” Institute for Chemical Research International Symposium 2014, Kyoto (Japan), March 2014.*

Y. UOZUMI, “Development of Polymer-Supported Catalysts: Green Processes for Green Materials,” “Glorious Three Gorges” Summer Camp of Japanese College Students & Sino-Japanese Seminar on Utilization of Biological Resources and Environmental Protection, Hubei (China), August 2014.

魚住泰広, 「固定化触媒による水中化学合成でトリプルプレー!」第4回CSJ化学フェスタ2014, 東京, 2014年10月.

Y. UOZUMI, “Development of Silicon Nanostructure-Supported Palladium Nanoparticle Catalysts and Their Application to Organic Transformations,” The 7th Kansai-CMDS Meeting on OMCOS 2014, Gifu (Japan), October 2014.

Y. UOZUMI, “Highly Active Self-Assembled Polymeric Transition Metal Catalysts for Coupling Reactions,” 18th Malaysian International Chemical Congress (18MICC), Kuala Lumpur (Malaysia), November 2014.*

Y. UOZUMI, “Highly Active Self-Assembled Polymeric Transition Metal Catalysts for Coupling Reactions,” Vietnam Malaysia International Chemical Congress (VMICC) 2014, Hanoi (Vietnam), November 2014.

Y. UOZUMI, “Highly Active Self-Assembled Polymeric Transition Metal Catalysts for Coupling Reactions,” The Ninth International Symposium on Integrated Synthesis (ISIS-9), Awaji (Japan), November 2014.*

B-5) 特許出願

PCT/CA2013/050995, 「HYDROGENATION CATALYST」A. MOORES, R. HUDSON, Y. YAMADA, Y. UOZUMI, 小川和彦 (McGill University, 理化学研究所, 自然科学研究機構) 2012年.

B-6) 受賞, 表彰

魚住泰広, 有機合成化学協会研究企画賞 (1992).

魚住泰広, 日本薬学会奨励賞 (1997).

山田陽一, 日本薬学会奨励賞 (2005).

魚住泰広, 第6回グリーン・サステナブル・ケミストリー賞, 文部科学大臣賞 (2007).

魚住泰広, 平成18年度日本化学会学術賞 (2007).

山田陽一, 文部科学大臣表彰若手科学者賞 (2008).

山田陽一, Thieme Chemistry Journal Award (2008).

魚住泰広, 井上學術賞 (2010).

浜坂 剛, 第1回「名古屋大学石田賞」(2012).

大迫隆男, 有機合成化学協会研究企画賞 (2013).

魚住泰広, 文部科学大臣表彰科学技術賞 (2014).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

地球環境産業技術研究機構(RITE)技術評価分科会委員会 (2002–2004).

コンビナトリアル・ケミストリー研究会代表幹事 (1998–2009).

有機合成化学協会支部幹事 (1998–).

学会の組織委員等

名古屋メダル実行委員 (2000–).

International Conference on Organic Synthesis 実行委員 (2002–2004).

IUPAC meeting “Polymer in Organic Chemistry 2006” 実行委員 (2004–2006).

OMCOS 14 組織委員 (2006–2007).

触媒学会創設50周年記念国際シンポジウム組織委員 (2007–2009).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

日本学術振興会第116委員会委員 (1998–).

日本学術振興会科学研究費補助金第一次審査員 (2002–2006).

科学振興調整費審査委員 (2003–2004).

振興調整費「新機能材料開発に資する強磁場固体NMR」研究運営委員 (2004–2007).

学会誌編集委員

日本化学会速報誌編集委員 (2001–2002).

SYNLETT 誌アジア地区編集主幹 (2002–).

Tetrahedron Asymmetry 誌アドバイザー - ボード (2002–).

SYNFACTS 誌編集委員 (2005–).

ACS Combinatorial Science 誌エディトリアルアドバイザーボード (2010–).

The Chemical Record 編集委員 (2010–).

その他

科学技術振興機構CREST 研究「水中での精密分子変換を実現するナノ遷移金属触媒創製」研究リーダー (2002–2007).

理化学研究所研究チームリーダー (2007–).

経済産業省グリーン・サステナブルケミカルプロセス基盤技術開発プロジェクト 研究チームリーダー (2008–2012).

科学技術振興機構CREST 研究「反応媒体駆動原理の確立と革新的触媒プロセスの開発」研究副リーダー (2011–2016).

科学技術振興機構ACCEL 研究「超活性固定化触媒開発に立脚した基幹化学プロセスの徹底効率化」研究代表 (2014–2019).

B-8) 大学での講義，客員

総合研究大学院大学物理科学研究科，「錯体触媒化学」2014年1月.

中国湖北省三峡大学，楚天学者講座教授，2014年8月－.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(A) (一般研究)「水中で機能する高分子分散型複合金属ナノ触媒の創製」魚住泰広 (2003年–2006年).

科研費特定領域研究(計画研究：研究項目番号A03)「理想化学変換プロセスを実現する新しい水中機能性個体触媒の開発」魚住泰広 (2006年–2009年).

経済産業省・戦略的技術開発グリーンサステナブルケミカルプロセス基盤技術開発，「高機能不均一触媒の開発と環境調和型化学プロセスの研究開発」魚住泰広 (2009年–2012年).

科学技術振興機構CREST研究，「水中での精密分子変換を実現するナノ遷移金属触媒創造」魚住泰広 (2002年–2008年).

科研費若手研究(B)，「高分子マトリックス化金属固相触媒の創製」山田陽一 (2004年–2007年).

科研費若手研究(B)，「水中分子変換を実現する高分子担持銅触媒の創製」大迫隆男 (2010年–2011年).

科学技術振興機構CREST研究，「反応媒体駆動原理の確立と革新的触媒プロセスの開発」魚住泰広 (2011年－).

科研費新学術領域研究(研究領域提案型)「触媒膜導入マイクロ流路反応デバイスの創製」魚住泰広 (2010年–2013年).

科研費挑戦的萌芽研究，「コピキタス金属ナノ粒子の触媒機能開発」魚住泰広 (2014年－).

科研費若手研究(B)，「ポリマー担持コピキタスメタル触媒による高環境調和型水中フロー酸素酸化工程の開発」大迫隆男 (2014年－).

C) 研究活動の課題と展望

2000年にゼロからのスタートを切った精密有機分子変換反応のaqueous-switching，heterogeneous-switchingの試みも十分な成果と蓄積を得て，現時点では高度な立体選択機能を合わせ持った触媒の開発に至り，さらには数段階の炭素-炭素結合形成を経る多段階有機合成の全工程・全操作を有機溶剤を全く用いず実現しつつある。その過程で従来の有機合成手法では獲得し得ない疎水性相互作用に立脚した新規な反応駆動概念を提案することができた。特に均一触媒系でさえ未開拓であった高立体選択的不斉Suzukiカップリング反応を水中不均一で達成したことは大きな成果である。またナノパラジウム粒子の高分子マトリクス内での発生・分散と固定化に成功し、アルコール酸化やハロゲン化芳香族の脱ハロゲン反応など、グリーン化学の中心課題を解決してきた。他の金属種(W, Ru, Rh, Cu)に適用範囲を拡張しつつある。今後さらに基礎科学的論証を重ねる予定である。さらに金属架橋高分子の自己集積触媒の開発に注力しつつあり、マイクロ流路内の層流界面での自己集積錯体触媒膜の創製に成功した。

独自に開発した高立体選択的不斉ユニットであるpyrroloimidazolone 骨格ならではの有効な利用を推進しつつあり，上述の水中不斉触媒プロセスの達成に加えて，新しいピンサー型錯体触媒の設計・開発に至っている。その過程で見いだしたりガンド導入法によるピンサー錯体構築は従来の種々のピンサー型錯体調製と全く異なる錯体形成経路を経ることから，従来法では合成困難であった立体規制に富むピンサー型錯体の自在調製に道筋をつけた。発展に注力したい。

現時点では競争的研究資金の獲得も順調であり，研究設備などは充足している。大学院生ならびに博士研究員の確保も問題ない。水中機能性固定化触媒に関するCREST研究が2008年3月に終了し，続いてその成果を実践的に発展させるため経済産業省(NEDO)プロジェクトを2008年9月に開始し，2012年2月に終了した。一方，環境調和型触媒反応開発からの発展としてCRETS研究「元素戦略」に採択され課題研究が2011年10月から開始されている。独自に開発してきた触媒

の固定化手法を利用する「元素循環戦略」、および水中触媒機能発現において確立しつつある不均一系による触媒の高活性システムを適用した「元素減量戦略」が柱となる課題研究となる。さらに2014年12月からACCEL 研究(5年間)に採択され「超活性固定化触媒開発に立脚した基幹化学プロセスの徹底効率化」研究を開始した。また、自己集積錯体触媒研究は理化学研究所フロンティア研究に指名され同研究所に場所を移して展開中である。すなわち、魚住グループの大きな研究の柱はCREST-NEDO-CREST-ACCEL、理研へと発展的に移行している。魚住の本拠地である分子科学研究所に於いては、次の研究の萌芽を見いだし育てる研究に注力しており、幾つかの新機軸候補課題の中から大きな発展に繋がる新課題を見いだしたいと考えている。加えてこれまで開発してきた触媒およびその駆動方法論をACCEL 研究において実践的なステージへと展開したい。

楳 山 儀 恵 (准教授) (2014 年 6 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：有機合成化学

A-2) 研究課題：

- a) プロトン触媒とする不斉骨格転位反応
- b) 水素結合を鍵とする不斉分子触媒の設計・開発
- c) ハロゲン結合供与体触媒の設計・開発と有機分子変換

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) トリフルオロ酢酸による 1,2,2-置換ブテニルアミンの 1,3-アルキル移動反応に成功した。特に、1位の炭素上が光学的に純粋なブテニルアミンを用いた場合に良好な不斉転写率でプレニルアミンが得られることを見出した。本成果は、不斉 1,3-アルキル移動反応に成功した世界初の例である。
- b) C_1 対称型のキラルビスリン酸触媒を設計・開発した。特に、2つのリン酸基間の水素結合が動的軸不斉を制御することを明らかにした。また、電子求引性置換基の導入が、2つのリン酸基間の水素結合の強さと方向性を強化し、触媒活性の向上と不斉反応場の識別を可能にすることを見出した。
- c) ペンタフルオロヨードベンゼンが、イソキノリンとアリルシラトランとのアリル化反応の触媒として機能することを見出した。本成果は、ハロゲン結合供与体が有機分子変換の触媒として機能することを示唆する重要な知見である。

B-4) 招待講演

楳山儀恵, 「プレnsted酸触媒の設計と反応開発」第94日本化学会春季年会特別企画「進化する有機分子触媒」名古屋大東山キャンパス, 名古屋, 2014年3月.

楳山儀恵, 「水素原子・ハロゲン原子が創り出す不斉空間・不斉反応」平成26年度若手研究者のためのセミナー, 東京大学大学院薬学系研究科薬学講堂, 東京, 2014年11月.

B-6) 受賞, 表彰

鳴海智裕, 第2回国際会議 (兼) 第7回有機触媒シンポジウムポスター賞 (2014).

楳山儀恵, 有機合成化学協会セントラル硝子研究企画賞平成26年度 (2014).

楳山儀恵, Thieme Chemistry Journals Award (2008).

楳山儀恵, Damon Runyon Cancer Research Foundation Post Doctoral Research Fellowship (2005).

楳山儀恵, Abbott Laboratories Graduate Fellowship (2005).

楳山儀恵, The Elizabeth R. Norton Prize for Excellence in Research in Chemistry (2003).

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(C),「有機分子アリル化剤の開発を基軸とする革新的不斉有機分子触媒反応の開拓」榎山儀恵 (2011年–2013年).

科研費若手研究(B),「ペルフルオロフェニル基の特性を利用した不斉有機酸触媒の開発とアリル化反応への応用」榎山儀恵 (2009年–2010年).

科研費特定領域研究「協奏機能触媒」,「 π -アリル・0価鉄複合体—キラルプレンステッド酸触媒による新規アリル化反応の開発」榎山儀恵 (2008年–2009年).

科研費若手研究(スタートアップ),「酵素模倣型キラル求核触媒の設計および不斉反応の探索」榎山儀恵 (2007年–2008年).
公益信託林女性自然科学者研究助成基金,「アゾール/グアニジン2成分系キラル求核触媒の設計開発および不斉反応の探索」榎山儀恵 (2007年–2008年).

住友財団基礎化学研究助成,「アザ-コープ転位を基盤とする触媒的不斉炭素-炭素結合形成反応の開発」榎山儀恵 (2007年).
東北大学理学研究科若手奨励研究基金,「アザ-コープ転位を基盤とする触媒的不斉アリル化反応の開発」榎山儀恵 (2007年).
分子系高次構造体化学国際教育研究拠点若手奨励費研究,「高次構造アルカロイドの合成を指向した鍵中間体ピロリジンの触媒的不斉合成反応の開発」榎山儀恵 (2007年).

C) 研究活動の課題と展望

地球上に生存する生命を特徴付ける性質のひとつがキラリティーである。ほとんど全ての生体系は、本来的にキラルでありエナンチオマー的に純粋である。このことは、物質のキラリティーが至るところで私たちの日常に浸透している所以である。私たちの社会に欠かすことのできない物質・材料にキラリティーを組み入れること、それを可能にする一連の方法論を開発することは、次世代の純粋化学と応用化学の両面、そして材料科学において、極めて大きな意味をもつ。

当グループでは、キラル分子を供給する方法論の開拓とその確立を目指し、不斉分子触媒の設計・合成と触媒的不斉合成反応の開発を進めている。これまでに、不斉空間の構築ならびに不斉反応において「金属-配位子錯結合」よりも弱い相互作用である「水素結合」や「ハロゲン結合」の潜在的有用性を明らかにしつつある。水素結合やハロゲン結合の「強さ」と「方向性」を利用する戦略を不斉分子触媒・不斉合成反応の開発において確立することを目標に、引き続き研究を遂行する。将来的には、機能性物質合成としてのキラル化学からキラル分子の振る舞いを明らかにするキラル分子科学への応用展開を目指したい。

錯体物性研究部門

正 岡 重 行 (准教授) (2011 年 2 月 1 日着任)

A-1) 専門領域：錯体化学

A-2) 研究課題：

- a) 金属錯体を触媒とする水の四電子酸化反応
- b) 金属錯体を用いた電気化学的多電子酸化還元反応
- c) 金属錯体の規則配列による反応場構築

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 水の四電子酸化反応を促進する金属錯体触媒の開発に取り組んだ。具体的には 酸素発生触媒機能の向上を目的とし、プロトン共役電子移動・基質捕捉などの機能を付与した金属錯体の合成と機能評価を行った。その結果、プロトン共役電子移動部位の導入は酸素発生に伴う過電圧の低下に、基質捕捉サイトの導入は触媒反応速度の向上にそれぞれ有効であることを見出した。
- b) 種々の多電子酸化還元反応に対する金属錯体触媒の開発および機能評価を行った。具体的には、二酸化炭素の多電子還元、水の二電子還元（水素発生）、水の四電子酸化（酸素発生）を促進する金属錯体を合成、構造解析し、それらの触媒反応速度を電気化学的手法により算出した。その結果、いくつかの金属錯体が電極表面において極めて高い活性を有することが判明した。
- c) 自己集合作用を利用した金属錯体の規則配列と反応場構築を試みた。具体的には、高い対称性 (D_{4h}) を有するパドルフィール型二核錯体に、相補的な分子間アレーン - パーフルオロアレーン相互作用が可能な官能基を導入し、規則構造の構築を促した。その結果、パドルフィール錯体の軸位が細孔内に配置された多孔性フレームワーク構造を創り出すことに成功した。

B-1) 学術論文

M. YOSHIDA, M. KONDO, T. NAKAMURA, K. SAKAI and S. MASAOKA, “Three Distinct Redox States of an Oxo-Bridged Dinuclear Ruthenium Complex,” *Angew. Chem., Int. Ed.* **53**, 11519–11523 (2014).

M. KAWAI, T. YAMAGUCHI, S. MASAOKA, F. TANI, T. KOHZUMA, L. CHIANG, T. STORR, K. MIEDA, T. OGURA, R. SZILAGYI and Y. SHIMAZAKI, “Influence of Ligand Flexibility on the Electronic Structure of Oxidized Ni^{III} Phenoxide Complexes,” *Inorg. Chem.* **53**, 10195–10202 (2014).

G. NAKAMURA, M. OKAMURA, M. YOSHIDA, T. SUZUKI, H. D. TAKAGI, M. KONDO and S. MASAOKA, “Electrochemical Behavior of Phosphine-Substituted Ruthenium(II) Polypyridine Complexes with a Single Labile Ligand,” *Inorg. Chem.* **53**, 7214–7226 (2014).

A. FUKATSU, M. KONDO, M. OKAMURA, M. YOSHIDA and S. MASAOKA, “Electrochemical Response of Metal Complexes in Homogeneous Solution under Photoirradiation,” *Sci. Rep.* **4**, 5327 (2014).

T. NAGASHIMA, T. NAKABAYASHI, T. SUZUKI, K. KANAIZUKA, H. OZAWA, Y.-W. ZHONG, S. MASAOKA, K. SAKAI and M. HAGA, "Tuning of Metal–Metal Interactions in Mixed-Valence States of Cyclometalated Dinuclear Ruthenium and Osmium Complexes Bearing Tetrapyrrolylpyrazine or -Benzene," *Organometallics* **33**, 4893–4904 (2014).

H. A. EL-GHAMRY, S. MASAOKA and K. SAKAI, "Hydrogen-Bonded Frameworks of Propylenediamine-*N,N'*-Diacetic Acid Pt(II) Complexes, Synthesis, Structural Characterization and Antitumor Activity," *J. Coord. Chem.* **67**, 943–955 (2014).

B-3) 総説, 著書

吉田将己, 正岡重行, 「金属錯体を触媒とする水素および酸素発生反応」『CSJ カレントレビュー 15 次世代のバイオ水素エネルギー』日本化学会編, 化学同人, 100–108 (2014).

M. YOSHIDA and S. MASAOKA, "Cerium(IV)-Driven Water Oxidation Catalyzed by Mononuclear Ruthenium Complexes," *Res. Chem. Intermed.*, **40**, 3169–3182 (2014).

正岡重行, 「金属錯体を触媒とする水の酸化反応」『化学工業』**65**, 194–199 (2014).

B-4) 招待講演

S. MASAOKA, "Artificial Molecular Catalysts Designed for Water Oxidation," 8th International Symposium on Nanomedicine (ISNM2014), Ehime University, Matsuyama (Japan), December 2014.

S. MASAOKA, "Molecular Catalysts Designed for Water Oxidation," 2014 International Conference on Artificial Photosynthesis (ICARP2014), Awaji Yumebutai International Conference Center, Awaji (Japan), November 2014.

正岡重行, 「人工光合成を志向した金属錯体化学」名古屋大学自然科学連携講義1講演会, 名古屋大学, 名古屋, 2014年11月.

正岡重行, 「系外惑星環境での光合成について～分子科学の視点から～」若手連携研究会「低温度星まわりの生命居住可能惑星を想定した光合成特性の連携研究」国立天文台, 三鷹, 2014年11月.

正岡重行, 「OEC に倣う錯体設計と電気化学的機能評価」分野間連携ワークショップ「酸素発生型光合成: 機構理解と新機能創出」蒲郡, 2014年10月.

正岡重行, 「金属錯体を利用した多電子酸化還元触媒の開発」分子研 TCCI 第5回研究会, 岡崎, 2014年10月.

S. MASAOKA, "Electrochemical evaluation of photochemical and catalytic properties of transition metal complexes," Annual Meeting on Photochemistry 2014, Hokkaido University, Sapporo, October 2014.

S. MASAOKA, "Molecular Catalysts Designed for Water Oxidation," 2nd Japan-UK Joint Symposium on Coordination Chemistry, Chuo University, Tokyo, September 2014.

正岡重行, 「金属錯体を用いた多電子酸化還元反応」第47回有機金属若手の会夏の学校, 休暇村大久野島, 広島, 2014年9月.

S. MASAOKA, "Water Oxidation Catalyzed by Mononuclear and Multinuclear Metal Complexes," Symposium on Molecular Catalysis Toward Sustainable Energy, Nanyang Technological University, Singapore, July 2014.

S. MASAOKA, "Water Oxidation Catalyzed by Mononuclear and Multinuclear Metal Complexes," 41st International Conference on Coordination Chemistry, Suntec Singapore Convention & Exhibition Centre, Singapore, July 2014.

正岡重行, 「金属錯体を用いた多電子酸化還元反応」第50回錯体化学若手の会近畿支部勉強会, 京都大学桂キャンパス, 京都, 2014年6月.

S. MASAOKA, "Water Oxidation Catalyzed by Transition Metal Complexes," Supramolecular Coordination Chemistry, Japan-Canada Joint Symposium in CSC2014, Vancouver Convention Centre, Vancouver (Canada), June 2014.

正岡重行, 「水から酸素を創り出す金属錯体の化学」第4回フォーラム「人工光合成」名古屋大学東山キャンパス, 名古屋, 2014年3月.

正岡重行, 「金属錯体を用いた多電子酸化還元反応」分子研研究会「金属クラスター錯体・高分子状金属錯体を舞台とした構造・機能化学の最前線」分子科学研究所, 岡崎, 2014年3月.

正岡重行, 「酸素発生型光合成への挑戦～機構理解と新機能創出～」若手研究者による分野間連携研究ワークショップ, 三谷温泉, 蒲郡, 2014年2月.

S. MASAOKA, "Development of Functional Metal Complexes for Artificial Photosynthesis," CU-IMS Faculty Exchange Meeting, Institute for Molecular Science, Okazaki (Japan), February 2014.

正岡重行, 「金属錯体を触媒とする酸素発生反応」研究会「金属新機能場の開発を目指して」大阪大学基礎工学研究科, 豊中, 2014年2月.

正岡重行, 「金属錯体を触媒とする多電子酸化還元反応」日本化学会東海支部先端科学セミナー, 豊田中央研究所, 長久手, 2014年1月.

S. MASAOKA, "Water Oxidation Catalyzed by Transition Metal Complexes," Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON), Centara Hotel and Convention Centre, Khon Kaen (Thailand), January 2014.

S. MASAOKA, "Water Oxidation Catalyzed by Transition Metal Complexes," Joint IMS-KU Workshop on Molecular Sciences towards Green Sustainability, Kasetsart University, Bangkok (Thailand), January 2014.

B-6) 受賞, 表彰

深津亜里紗, International Conference on Artificial Photosynthesis (ICARP2014), Excellent Poster Award (2014).

伊豆 仁, 第4回CSJ 化学フェスタ2014優秀ポスター発表賞 (2014).

伊東貴宏, CrystEngComm Poster Prize (2014).

伊東貴宏, 錯体化学会第64回討論会ポスター賞 (2014).

岡村将也, 錯体化学会第63回討論会学生講演賞 (2013).

中村 豪, 平成25年度(第4回)総合研究大学院大学学長賞 (2013).

吉田将己, 第2回CSJ 化学フェスタ2012優秀ポスター賞 (2012).

中村 豪, 第2回CSJ 化学フェスタ2012優秀ポスター賞 (2012).

岡村将也, 第2回CSJ 化学フェスタ2012優秀ポスター賞 (2012).

村瀬雅和, 第2回CSJ 化学フェスタ2012優秀ポスター賞 (2012).

近藤美欧, 第5回資生堂女性研究者サイエンスグラント (2012).

正岡重行, 若い世代の特別講演会講演賞 (2011).

正岡重行, 第53回錯体化学討論会ポスター賞 (2003).

正岡重行, 日本化学会第83回春季年会学生講演賞 (2003).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

錯体化学会ホームページ委員 (2013-).

錯体化学会若手部会九州支部世話人 (2006-2010).

錯体化学会若手部会事務局 (2006).

学会の組織委員等

総研大アジア冬の学校2013主催 (2013).

錯体化学若手の会夏の学校2008主催 (2008).

分子情報科学若手セミナー主催 (2006).

学会誌編集委員

日本化学会「化学と工業」編集委員 (2013-).

B-8) 大学での講義, 客員

名城大学理工学部, 非常勤講師, 2014年9月-.

名古屋大学大学院理学研究科, 客員准教授, 2013年4月-.

B-10) 競争的資金

科研費挑戦的萌芽研究, 「異種金属多核錯体による革新的電気化学物質変換」 正岡重行 (2014年-2016年).

自然科学研究機構若手研究者による分野間連携研究プロジェクト, 「酸素発生型光合成への挑戦: 機構理解と新機能創出」 正岡重行 (2014年).

科研費若手研究(A), 「配位不飽和な自己集合性多核錯体を触媒とする多電子酸化還元反応」 正岡重行 (2013年-2015年).

科研費新学術領域(公募研究), 「水の酸化の超高効率化を目指した超分子錯体触媒の創製」 正岡重行 (2013年-2014年).

自然科学研究機構若手研究者による分野間連携研究プロジェクト, 「酸素発生型光合成への挑戦: 機構理解と新機能創出」 正岡重行 (2013年).

科学技術振興機構先導的物質変換領域, 「超分子クラスター触媒による水を電子源としたCO₂還元反応系の構築」 近藤美欧 (2012年-2017年).

科研費挑戦的萌芽研究, 「二次元反応場への金属錯体集積と水を基質とする革新的多電子物質変換」 正岡重行 (2012年-2013年).

科研費若手研究(B), 「高効率触媒界面の構築を目指した錯体プラットフォームの開発」 近藤美欧 (2012年-2013年).

第5回資生堂女性研究者サイエンスグラント, 「界面電子移動プログラミングによる水の完全光分解系の構築」 近藤美欧 (2012年-2013年).

学融合推進センター公募研究事業事業枠 女性研究者支援, 「界面電子移動反応を利用した水の完全光分解システムの創成」 近藤美欧 (2012年).

科学技術振興機構さきがけ研究「光エネルギーと物質変換」領域, 「水の可視光完全分解を可能にする高活性酸素発生触媒の創製」 正岡重行 (2009年-2012年).

科研費若手研究(B), 「水の分解反応に対する非貴金属系高活性金属錯体触媒の創製」 正岡重行 (2009年-2010年).

科学技術振興機構重点地域研究開発推進プログラム「シーズ発掘試験A(発掘型)」,「有機-無機複合型超高活性酸素発生錯体触媒の創製」, 正岡重行 (2009年).

九州大学教育研究プログラム・研究拠点形成プロジェクト,「混合原子価2核錯体を用いた量子セルオートマトン材料の開発」, 正岡重行 (2009年).

(財)鉄鋼業環境保全技術開発基金第29回環境助成研究,「鉄-硫黄系金属錯体を用いた安価高活性水素発生触媒の創成」, 正岡重行 (2008年-2009年).

(財)日産科学振興財団環境研究助成,「水の完全光分解を実現可能とする高活性酸素発生触媒の創成」, 正岡重行 (2008年).
科研費若手研究(B),「高度に組織化された球状水素発生触媒の創製」, 正岡重行 (2006年-2007年).

C) 研究活動の課題と展望

エネルギー問題の解決は,人類が直面している最重要課題の一つである。本研究グループの目的は,太陽光エネルギーを貯蔵可能な化学エネルギーに変換する次世代の科学技術「人工光合成」の達成に向けて,金属錯体化学の立場から貢献することである。そのために,水を四電子酸化して電子を取り出す反応系の構築,可視光のエネルギーを用いて水などの小分子を効率良く活性化する方法の開拓,水中プロトンの活性化と反応性制御,水中ラジカル形成と反応性制御,水の光化学的活性化を促進するための特異反応場の構築,を主題として研究を進めていく。