

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) 最近、ビタミン B12 (アデノシルコバラミン) が光センサーとして機能し、光に応答した遺伝子発現の制御に関与していることが報告され、ビタミン B12 の新規な生理機能として注目を集めている。*Thermus thermophilus* に含まれる CarH は、カロテノイド色素合成酵素の発現を光依存的に制御している転写調節因子であり、アデノシルコバラミンを光センサーとして利用していると考えられているが、その構造や機能については不明な点が多く残されている。我々は、暗所で調製したアデノシルコバラミン結合型 CarH (AdoCbl-CarH) は、四量体構造を有しているが、これに可視光を照射すると単量体へと解離することを明らかにした。光照射による四量体から単量体への高次構造変化は不可逆的な変化であり、光照後のサンプルを暗所に戻しても四量体へと戻ることはなかった。CarH による DNA 結合反応の予備的な検討実験の結果、四量体構造を有している AdoCbl-CarH が DNA 結合能を有している一方で、単量体構造の CarH は DNA 結合能を示さないことが分かった。CarH による光センシング、および光による CarH の機能制御の分子機構を明らかにするためには、光感知前後での CarH の構造情報が必要不可欠である。そこで、CarH の結晶構造解析を行い、暗所で調製した AdoCbl-CarH の結晶構造解析に成功した。得られた結晶構造中で CarH は四量体を形成しており、光感知前の状態にある CarH の構造を反映していると考えられる。CarH プロトマーは三つのドメイン (N 末端側から順に DNA 結合ドメイン helix-bundle ドメイン Rossmann-fold ドメイン) から構成されていた。現在、得られた構造を基に、CarH による光センシングの分子機構解明を進めている。
- b) コリネバクテリア中に含まれるヘム取り込み系を対象とし、一連のヘム取り込みタンパク質の構造と機能の解明を進めている。本系は、コリネバクテリアの細胞表層に存在し、ヘムの結合・輸送に関する HtaA-HtaB タンパク質と、細胞内へのヘム輸送に関する HmuT-HmuU-HmuV タンパク質から構成されている。今年度の研究では、HmuT の結晶構造決定に成功した。HmuT は N 末端ドメインと C 末端ドメインが一本の α ヘリックスにより連結された構造をとっており、2 つのドメイン間に形成されたクレフトにヘム 1 分子が結合していた。ヘムは N 末端ドメイン中の His141 と C 末端ドメイン中の Tyr240 を軸配位子とする 6 配位構造をとっていた。ヘム軸配位子として機能する Tyr240 は、その近傍に存在する Arg242 と水素結合を形成していた。Arg242 を Ala に置換した変異体も、野生型と同様にヘムを結合することから、この水素結合は少なくとも HmuT のヘム結合能には影響を及ぼさないことが分かった。HmuT に結合したヘムは、ヘムの α - γ メソ炭素軸回りに互いに 180 度回転した二種類の配向が混在していた。

B-3) 総説, 著書

N. MURAKI, C. KITATSUJI and S. AONO, "A new biological function of heme as a signaling molecule," *J. Porphyrins Phthalocyanines* **19**, 9–20 (2015).

B-4) 招待講演

S. AONO, "Molecular Mechanisms of Heme Acquisition in *Corynebacterium glutamicum* Revealed by X-Ray Crystallography," 5th Georgian Bay International Conference on Bioinorganic Chemistry, Parry Sound (Canada), May 2015.

S. AONO, "Structural basis for heme transport by HmuT in *Corynebacterium glutamicum*," 227th The Electrochemical Society Meeting, Chicago (U.S.A.), May 2015.

S. AONO, "Regulation of heme homeostasis in Gram positive bacteria," 17th International Conference on Biological Inorganic Chemistry (ICBIC-17), Beijing (China), July 2015.

N. MURAKI, Y. OKAMOTO and S. AONO, "Molecular Mechanisms of Heme Homeostasis in Gram-positive Bacteria," Pacificchem 2015, Honolulu (U.S.A.), December 2015.

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, 2012–2015).

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, 2014–2015).

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-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).

科研費挑戦的萌芽研究「環境汚染物質に対する自発集積能を有する高感度汚染検出システムの構築」青野重利(2015年-2016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) 細胞内でタンパク質の運命決定を司る分子システムやアミロイド形成タンパク質を対象とした所内・国内・海外との共同研究を実施した。例えば，NMR と X 線結晶構造解析ならびに分子動力学計算（奥村 G との共同研究）を駆使して，小胞体フォールディング補助酵素プロテインジスルフィドイソメラーゼが活性部位の酸化還元状態の変化に応じて基質認識ドメインの空間配置を変化させるメカニズムを明らかにした。さらに，1963年の発見以来長い研究の歴史を持つ本酵素の基質認識様式の構造基盤を初めて明らかにすることに成功した。また，小胞体内で糖タンパク質のフォールディング状態が不全なタンパク質の存在を感知してそれにシャペロンが認識する目印（糖鎖非還元末端のグルコース残基）を付ける酵素である UGGT を活用して，安定同位体標識を施したシャペロン認識糖鎖を作出する方法論を開発し，詳細な NMR 構造解析を行う道筋をつけた。一方，固体 NMR 分光法を利用することによりアルツハイマー病の発症にかかわるアミロイド β タンパク質の膜存在下での集合中間体の構造解析を行うとともに（西村 G との共同研究）本タンパク質を捕捉して排除へと導くタンパク質 SorLA による分子認識機構を解明した（阪大蛋白研・高木淳一博士との共同研究）。さらに，ヒト免疫不全ウイルス逆転写酵素と一連の阻害剤との相互作用を NMR を用いて解析し，それらの阻害活性と阻害剤結合状態の酵素の化学シフトの相関関係を明らかにすることができた（カセサート大・Supa Hannongbua 博士との共同研究）。抗体の Fc 領域の NMR スペクトルの帰属を公開して医薬産業界からのニーズに応えらるとともに，本糖タンパク質をモデル分子として遺伝子組み換えタバコや生きたカイコを用いた糖タンパク質安定同位体標識技術の開発も行った。
- b) 生化学・分子生物学・超分子化学的アプローチにより様々な生体分子のアッセンブリーのメカニズムの解明に取り組むとともに，人工分子の自己組織化を利用した生体分子科学研究のツール開発を行った。非共有結合を保持した状態での質量分析法をはじめとする生化学的分析手段を駆使することにより，酵母のカーゴ受容体ホモログが pH に依存して離合集散する仕組みを明らかにすることができた。さらに，多数のサブユニットから構成されるタンパク質分解装置プロテアソームの形成過程は，非天然型のサブユニット集合体（ $\alpha 7$ サブユニットのみから形成される 14 量体）の生成と，これが他のサブユニットとの相互作用を通じて崩壊するスクラップ・アンド・ビルドの過程を含み得ることが示された（統合バイオ・内山 G との共同研究）。一方，二段階の秩序化により構築した π -スタック錯体の一次元集積体の磁場配向性の，生体分子の NMR 解析への応用可能性を示すと同時に，生体分子と人工超分子のハイブリッドによるサイボーグ超分子を創生して糖鎖クラスターとアミロイド β タンパク質との相互作用解析に応用した（東北大 WPI-AIMR・佐藤宗太博士，東大院工・藤田 誠博士との共同研究）。この他，糖の円偏光二色性スペクトルにおける同位体効果の発見と量子化学計算に基づく解釈（横浜市大・立川仁典博士との共同研究）をはじめ，新たな研究の芽が順調に育ちつつある。

B-1) 学術論文

K. INAGAKI, T. SATOH, S. G. ITOH, H. OKUMURA and K. KATO, “Redox-Dependent Conformational Transition of Catalytic Domain of Protein Disulfide Isomerase Indicated by Crystal Structure-Based Molecular Dynamics Simulation,” *Chem. Phys. Lett.* **618**, 203–207 (2015).

M. OGAWA, S. SAWAGUCHI, T. KAWAI, D. NADANO, T. MATSUDA, H. YAGI, K. KATO, K. FURUKAWA and T. OKAJIMA, “Impaired *O*-Linked *N*-Acetylglucosaminylation in the Endoplasmic Reticulum by Mutated EGF Domain-Specific *O*-Linked *N*-Acetylglucosamine Transferase Found in Adams-Oliver Syndrome,” *J. Biol. Chem.* **290**, 2137–2149 (2015).

S. SATO, R. TAKEUCHI, M. YAGI-UTSUMI, T. YAMAGUCHI, Y. YAMAGUCHI, K. KATO and M. FUJITA, “Self-Assembled, π -Stacked Complex as a Finely-Tunable Magnetic Aligner for Protein RDC Observation,” *Chem. Commun.* **51**, 2540–2543 (2015).

Y. KITAGO, M. NAGAE, Z. NAKATA, M. YAGI-UTSUMI, S. TAKAGI-NIDOME, E. MIHARA, T. NOGI, K. KATO and J. TAKAGI, “Structural Basis for Amyloidogenic Peptide Recognition by SorLA,” *Nat. Struct. Mol. Biol.* **22**, 199–206 (2015).

H. YAGI, N. FUKUZAWA, Y. TASAKA, K. MATSUO, Y. ZHANG, T. YAMAGUCHI, S. KONDO, S. NAKAZAWA, N. HASHII, N. KAWASAKI, T. MATSUMURA and K. KATO, “NMR-Based Structural Validation of Therapeutic Antibody Produced in *Nicotiana benthamiana*,” *Plant Cell Rep.* **34**, 959–968 (2015).

H. YAGI, M. NAKAMURA, J. YOKOYAMA, Y. ZHANG, T. YAMAGUCHI, S. KONDO, J. KOBAYASHI, T. KATO, E. Y. PARK, S. NAKAZAWA, N. HASHII, N. KAWASAKI and K. KATO, “Stable Isotope Labeling of Glycoprotein Expressed in Silkworms Using Immunoglobulin G as a Test Molecule,” *J. Biomol. NMR* **62**, 157–167 (2015).

S. H. KANG, H. S. JUNG, S. J. LEE, C. I. PARK, S. M. LIM, H. PARK, B. S. KIM, K. H. NA, G. J. HAN, J. W. BAE, H. J. PARK, K. C. BANG, B. T. PARK, H. S. HWANG, I.-S. JUNG, J. I. KIM, D. B. OH, D. I. KIM, H. YAGI, K. KATO, D. K. KIM and H. H. KIM, “Glycan Structure and Serum Half-Life of Recombinant CTLA4Ig, an Immunosuppressive Agent, Expressed in Suspension-Cultured Rice Cells with Coexpression of Human β 1,4-Galactosyltransferase and Human CTLA4Ig,” *Glycoconjugate J.* **32**, 161–172 (2015).

N. NAKAGAWA, H. YAGI, K. KATO, H. TAKEMATSU and S. OKA, “Ectopic Clustering of Cajal-Retzius and Subplate Cells Is an Initial Pathological Feature in *Pomgnt2*-Knockout Mice, a Model of Dystroglycanopathy,” *Sci. Rep.* **5**, 11163 (2015).

S. SATO, Y. YOSHIMASA, D. FUJITA, M. YAGI-UTSUMI, T. YAMAGUCHI, K. KATO and M. FUJITA, “A Self-Assembled Spherical Complex Displaying a Gangliosidic Glycan Cluster Capable of Interacting with Amyloidogenic Proteins,” *Angew. Chem., Int. Ed.* **127**, 8555–8559 (2015).

M. YAGI-UTSUMI, T. SATOH and K. KATO, “Structural Basis of Redox-Dependent Substrate Binding of Protein Disulfide Isomerase,” *Sci. Rep.* **5**, 13909 (2015).

H. YAGI, Y. ZHANG, M. YAGI-UTSUMI, T. YAMAGUCHI, S. IIDA, Y. YAMAGUCHI and K. KATO, “Backbone ^1H , ^{13}C , and ^{15}N Resonance Assignments of the Fc Fragment of Human Immunoglobulin G Glycoprotein,” *Biomol. NMR Assignments* **9**, 257–260 (2015).

K. INAGAKI, T. SATOH, M. YAGI-UTSUMI, A.-C. LE GULLUCHE, T. ANZAI, Y. UEKUSA, Y. KAMIYA and K. KATO, “Redox-Coupled Structural Changes of the Catalytic *a'* Domain of Protein Disulfide Isomerase,” *FEBS Lett.* **589**, 2690–2694 (2015).

Y. ISODA, H. YAGI, T. SATOH, M. SHIBATA-KOYAMA, K. MASUDA, M. SATOH, K. KATO and S. IIDA, “Importance of the Side Chain at Position 296 of Antibody Fc in Interactions with Fc γ RIIIa and Other Fc γ Receptors,” *PLoS One* **10**, e0140120 (2015).

K. ISHII, H. ENDA, M. NODA, M. KAJINO, A. KIM, E. KURIMOTO, K. SATO, A. NAKANO, Y. KOBAYASHI, H. YAGI, S. UCHIYAMA and K. KATO, “pH-Dependent Assembly and Segregation of the Coiled-Coil Segments of Yeast Putative Cargo Receptors Emp46p and Emp47p,” *PLoS One* **10**, e0140287 (2015).

R. THAMMAPORN, M. YAGI-UTSUMI, T. YAMAGUCHI, P. BOONSRI, P. SAPARPAKORN, K. CHOOWONGKOMON, S. TECHASAKUL, K. KATO and S. HANNONGBUA, “NMR Characterization of HIV-1 Reverse Transcriptase Binding to Various Non-Nucleoside Reverse Transcriptase Inhibitors with Different Activities,” *Sci. Rep.* **5**, 15806 (2015).

S. NINAGAWA, T. OKADA, Y. SUMITOMO, S. HORIMOTO, T. SUGIMOTO, T. ISHIKAWA, S. TAKEDA, T. YAMAMOTO, T. SUZUKI, Y. KAMIYA, K. KATO and K. MORI, “Forcible Destruction of Severely Misfolded Mammalian Glycoproteins by the Non-Glycoprotein ERAD Pathway,” *J. Cell Biol.* **211**, 775–784 (2015).

T. ZHU, T. YAMAGUCHI, T. SATOH and K. KATO, “A Hybrid Strategy for the Preparation of ¹³C-Labeled High-Mannose-Type Oligosaccharides with Terminal Glucosylation for NMR Study,” *Chem. Lett.* **44**, 1744–1746 (2015).

Y. KANEMATSU, Y. KAMIYA, K. MATSUO, K. GEKKO, K. KATO and M. TACHIKAWA, “Isotope Effect on the Circular Dichroism Spectrum of Methyl α -D-Glucopyranoside in Aqueous Solution,” *Sci. Rep.* **5**, 17900 (2015).

K. ISHII, M. NODA, H. YAGI, R. THAMMAPORN, S. SEETAHA, T. SATOH, K. KATO and S. UCHIYAMA, “Disassembly of the Self-Assembled, Double-Ring Structure of Proteasome α 7 Homo-Tetradecamer by α 6,” *Sci. Rep.* **5**, 18167 (2015).

B-3) 総説，著書

Y. ZHANG, T. YAMAGUCHI, T. SATOH, M. YAGI-UTSUMI, Y. KAMIYA, Y. SAKAE, Y. OKAMOTO and K. KATO, “Conformational dynamics of oligosaccharides characterized by paramagnetism-assisted NMR spectroscopy in conjunction with molecular dynamics simulation,” *Adv. Exp. Med. Biol.* **842**, 217–230 (2015).

G. MANDAL, H. YAGI, K. KATO and B. P. CHATTERJEE, “Structural heterogeneity of glycoform of alpha-1 acid glycoprotein in alcoholic cirrhosis patients,” *Adv. Exp. Med. Biol.* **842**, 389–401 (2015).

加藤晃一, 「糖鎖構造学研究の新展開」 *BIOTOVO* **23**, 2–3 (2015).

T. SATOH, T. YAMAGUCHI and K. KATO, “Emerging structural insights into glycoprotein quality control coupled with *N*-glycan processing in the endoplasmic reticulum,” *Molecules* **20**, 2475–2491 (2015).

山口拓実, 加藤晃一, 「糖鎖の立体構造を描き出す」 *生物物理* **55**, 81–83 (2015).

M. YAGI-UTSUMI and K. KATO, “Structural and dynamic views of GM1 ganglioside,” *Glycoconjugate J.* **32**, 105–112 (2015).

加藤晃一, 稲垣直之, 「離合集散が織りなす生命分子機能の研究フロンティア」 *実験医学* **33**, 1316–1320 (2015).

- 加藤晃一, 佐藤匡史, 「生命分子の自己組織化のダイナミクス」, *化学工業* **66**, 32–37 (2015).
- 蜷川 暁, 加藤晃一, 森 和俊, 「糖鎖依存的構造異常タンパク質分解に必須な糖鎖刈り込み機構を解明～革新的ゲノム編集技術によって従来のモデルを一新～」, *化学と生物* **53**, 571–573 (2015).
- 佐藤匡史, 加藤晃一, 「糖タンパク質の細胞内輸送」, 「糖鎖の新機能開発・応用ハンドブック～創薬・医療から食品開発まで～」, 秋吉一成, 津本浩平, 加藤晃一, 鷹羽武史, 深瀬浩一, 古川鋼一編, エヌ・ティー・エス, pp. 144–149 (2015).
- 矢木宏和, 加藤晃一, 「HPLC マッピング法による糖鎖プロファイリング」, 「糖鎖の新機能開発・応用ハンドブック～創薬・医療から食品開発まで～」, 秋吉一成, 津本浩平, 加藤晃一, 鷹羽武史, 深瀬浩一, 古川鋼一編, エヌ・ティー・エス, pp. 243–249 (2015).
- 山口拓実, 加藤晃一, 「NMR」, 「糖鎖の新機能開発・応用ハンドブック～創薬・医療から食品開発まで～」, 秋吉一成, 津本浩平, 加藤晃一, 鷹羽武史, 深瀬浩一, 古川鋼一編, エヌ・ティー・エス, pp. 265–271 (2015).
- 佐藤宗太, 加藤晃一, 藤田 誠, 「生命現象の解明に挑むサイボーグ超分子——機能を維持したまま生体分子クラスターを人工分子に移植」, *化学* **70**, 31–36 (2015).
- K. KATO and T. YAMAGUCHI**, “Paramagnetic NMR probes for characterization of the dynamic conformations and interactions of oligosaccharides,” *Glycoconjugate J.* **32**, 505–513 (2015).

B-4) 招待講演

- T. YAMAGUCHI, Y. SAKAE, M. YAGI-UTSUMI, Y. ZHANG, S. YAMAMOTO, Y. OKAMOTO and K. KATO**, “Elucidation of the molecular basis of oligosaccharide functions by NMR spectroscopy and molecular dynamics simulation,” The 3rd International Symposium on “Dynamical Ordering of Biomolecular Systems for Creation of Integrated Functions,” Shima (Japan), January 2015.
- 加藤晃一, 「NMR を利用した抗体の高次構造解析」, 平成26年度先駆的医薬品・医療機器研究発掘支援事業成果発表会——彩都産学官連携フォーラム 2015——, 大阪, 2015年1月.
- K. KATO**, “Structural views of glycans in physiological and pathological contexts,” CU-IMS workshop, Bangkok (Thailand), January 2015.
- K. KATO**, “Conformational dynamics and interactions of oligosaccharides and glycoconjugate,” The 4th International Symposium on Drug Discovery and Design by NMR, Yokohama (Japan), February 2015.
- 加藤晃一, 「複合糖質の構造生物学と創薬」, 第4回岐阜構造生物学・医学・論理的創薬研究会シンポジウム, 岐阜, 2015年3月.
- 加藤晃一, 「生命分子の自己組織化のダイナミクス」, 日本化学会第95回春季年会, 船橋, 2015年3月.
- 加藤晃一, 「糖鎖をみる」, 第4回バイオイメージング研究会, 東京, 2015年5月.
- T. YAMAGUCHI and K. KATO**, “Paramagnetic Lanthanide-Tagging for NMR Characterization of The Conformational Dynamics of Oligosaccharides,” IMS Asian International Symposium “Supramolecular Dynamics at the Interface of Chemistry and Biology,” Okazaki (Japan), June 2015.
- 矢木-内海真穂, 加藤晃一, 「ガングリオシドクラスターを舞台とする神経変性疾患関連タンパク質の構造転移」, 第15回日本蛋白質科学会年会, 徳島, 2015年6月.
- 加藤晃一, 「糖鎖の3次元構造ダイナミクスと分子間相互作用」, 第2回蛋白質工学研究会ワークショップ, 徳島, 2015年6月.

加藤晃一,「生命分子システムの動的秩序形成の探査・創生・展開」第1回秩序化分子システム仙台ワークショップ, 仙台, 2015年7月.

加藤晃一, 山口拓実, 矢木-内海真穂, 栗原顕輔, 佐藤匡史,「生命分子の動的秩序形成におけるマイクロ-マクロ相関の探査と設計原理の探求」新学術領域「動的秩序と機能」平成27年度全体班会議, 淡路, 2015年8月.

K. KATO, “NMR Views of Fate Determination and Functional Regulation of Proteins Mediated by Sugar Chains,” The 19th International Society of Magnetic Resonance Conference,” Shanghai (China), August 2015.

K. KATO, M. YAGI-UTSUMI, T. YAMAGUCHI, H. YAGI and T. SATOH, “Structural Views of Glycan Functions in Physiological and Pathological Contexts,” 9th International Conference on Proteoglycans and 10th Pan-Pacific Connective Tissue Societies Symposium, Seoul (Korea), August 2015.

谷中冴子,「NMR を用いた動的構造解析から, ヒト主要組織適合複合体における, ゆらぎの役割を考える」第3回生体分子サイエンスセミナー, 神奈川, 2015年8月.

加藤晃一,「生命分子システムの動的秩序の探査・創生・展開」第13回糖鎖科学コンソーシアムシンポジウム, 名古屋, 2015年10月.

加藤晃一,「糖鎖の構造生命科学」名古屋大学 IGER セミナー, 名古屋, 2015年10月.

K. KATO, “NMR views of physiological and pathological roles of glycans,” The 47th Annual Meeting of Korean Magnetic Resonance Society, Buyeo (Korea), November 2015.

加藤晃一,「神経変性疾患関連するアミロイド形成タンパク質の多様な分子間相互作用」大阪大学蛋白質研究所セミナー 包括脳ネットワーク研究会 第6回神経科学と構造生物学の融合研究会, 岡崎, 2015年11月.

矢木-内海真穂, 佐藤匡史, 山口拓実, 加藤晃一,「神経変性疾患関連タンパク質と分子シャペロンとの相互作用の構造基盤」第38回日本分子生物学会年会 第88回日本生化学会大会合同大会(BMB2015) 神戸, 2015年12月.

K. KATO, M. YAGI-UTSUMI, H. YAGI, S. YANAKA, T. YAMAGUCHI and T. SATOH, “Structural insights into protein-fate determination in cells,” Okazaki Institute for Integrative Bioscience Retreat 2015, Okazaki (Japan), December 2015.

K. KATO, “NMR characterization of dynamic conformational ensembles and interactions of carbohydrate chains,” The 2015 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (PACIFICHEM 2015), Honolulu (U.S.A.), December 2015.

B-5) 特許出願

特願 2015-102175,「未分化細胞のアポトーシス誘導剤」加藤晃一, 矢木宏和, 山口拓実, ヤンゲンエイ(公立大学法人名古屋市立大学, 大学共同利用機関法人自然科学研究機構) 2015年.

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).
矢木真穂, The 3rd International Symposium of “Dynamical ordering of biomolecular systems for creation of integrated functions” Poster Presentation Award (2015).
Sikdar Arunima, The Winter School of Sokendai/ Asian CORE Program Poster Presentation Award (2015).

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-), 代議員 (2005-).
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 (2010-2014, 2015-).
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 (2014-2015).
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-).
第13回糖鎖科学コンソーシアムシンポジウム世話人代表 (2015).

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 (2012–2014).

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–).

大阪大学蛋白質研究所専門委員会委員 (2014–), 同委員長 (2015).

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 (2010–2015).

Glycobiology, Editorial board member (2011–).

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

Scientific Reports, Editorial board member (2015–).

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 (2013–2015).

B-8) 大学での講義, 客員

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」「生命薬科学研究入門」「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」2015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」2015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, グリーン自然科学国際教育研究プログラム(博士課程リーディングプログラム自然科学連携講義)「構造生物学特論I・II」2015年.

The Winter School of Sokendai/Asian CORE Program, “Dynamic orchestration of proteasomes, Intracellular protein degradation machines,” Okazaki (Japan), 2015年1月16日.

B-10) 競争的資金

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関連の探査」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–2015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–2015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マイクロ-マクロ関連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–).

科研費若手研究(B)「NMR データに基づく配座空間探査による動的糖鎖コードの解読」山口拓実 (2015年–).

科研費若手研究(B)「ガングリオシド糖脂質クラスター上におけるアミロイドβの構造転換の精密解析」矢木真穂 (2015年–).

科研費基盤研究(A)「多元的構造生物学アプローチによるプロテアソーム形成機構の解明と創薬への展開」加藤晃一 (2015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の研究推進のための国際活動支援」加藤晃一 (2015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 (2015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 (2015年).

(株)豊田中央研究所「耐熱性カピ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 (2015年).

大陽日酸(株)「タンパク質の安定同位体標識技術の開発」加藤晃一 (2015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 (2015年).

C) 研究活動の課題と展望

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マイクロ-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の運命決定システムや、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。さらに、超分子科学と生命分子科学の融合研究を推し進めるとともに、国際共同研究の推進にも注力する。

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，分子機械，分子モーター，1分子計測，構造解析

A-2) 研究課題：

- a) リニア分子モーターキネシン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，キチナーゼのエネルギー変換機構の解明
- c) 回転分子モーター V-ATPase 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) キネシンは2本足で歩く生体分子モーターである。我々は直径40ナノメートルの金ナノ粒子をプローブとしてキネシンの片足に結合させ、足の動きの可視化に成功した (*Nature Chemical Biology* 印刷中)。微小管結合状態と非結合状態の足を明確に識別でき、浮いた足は進行方向に対し右側で大きく揺らぐ (ブラウン運動) することを明らかにした。この右側への偏りは、キネシンの両足を繋ぐ「脚」(ネックリンカー)の位置を考えると説明可能であり、微小管に結合した足の構造を反映していることが明らかとなった。また、浮いた状態の持続時間のATP濃度依存性から、片足が浮いた状態で起こる化学反応過程 (微小管に結合した足へのATPの結合、結合したATPの異性化または浮いた足からのADPの解離)の速度定数を定量的に求めることができた。また、両足を繋ぐ脚を1.5倍 (7アミノ酸残基) 長くするとまっすぐ歩けずに、後ずさりや左右にふらふらする酔っ払いのような千鳥足になった。さらに脚をアミノ酸残基1個分だけ短くすると、足が前になかなか着地できず浮いている時間が長くなり、鈍足になることが明らかとなった。この結果から、キネシンの2つの足にかかる張力の大きさが一方向に速く歩くために重要であることが示され、脚の長さは進化の過程で最適化されていることが示唆された。
- b) エクソ型セルラーゼやキチナーゼは結晶性多糖を加水分解しながら連続的に直進運動するリニア分子モーターである。しかしながら、キネシンやミオシン等のATP駆動のリニア分子モーターとは運動機構が全く異なる。我々はセルラーゼ、キチナーゼの作動機構の解明を目指し、1分子計測、構造解析、非天然分子創造という複合アプローチで研究を行っている。これまでに、細菌 *Cellulomonas fimi* 由来セルラーゼ CfCel6B の触媒ドメインの結晶構造を1.3 Å の分解能で明らかにし、先行研究で構造が解かれているカビ *Trichoderma reesei* 由来の TrCel6A と比較することに成功した。さらに CfCel6B, TrCel6A の1分子蛍光観察により結晶性セルロース分解反応の素過程 (結合・分解・解離) の速度定数を全て明らかにすることにも成功し、構造と動態の相関解析に成功した (投稿準備中)。
- c) 腸内連鎖球菌由来 Na⁺ 輸送性 V-ATPase (EhV₀V₁) は、ATP 加水分解反応のエネルギーで回転運動して Na⁺ イオンを能動輸送する分子モーターであり、親水性部 EhV₁ を単離すると ATP を分解しながら回転する。EhV₁ の化学力学共役機構を明らかにするため、回転運動と蛍光性 ATP の結合解離との同時計測を行い、ATP が結合後、240–360 度の遷移 (ステップ) の過程で生成した ADP の解離が起こることを明らかにした。この結果は、EhV₁ の3つの触媒部位の1つの変異が入ったハイブリッド型 EhV₁ の回転計測からも支持された。

B-1) 学術論文

Y. OBAYASHI, R. IINO and H. NOJI, "A Single-Molecule Digital Enzyme Assay Using Alkaline Phosphatase with a Coumarin-Based Fluorogenic Substrate," *Analyst* **140**, 5065–5073 (2015).

S. ENOKI, R. IINO, Y. NIITANI, Y. MINAGAWA, M. TOMISHIGE and H. NOJI, “High-Speed Angle-Resolved Imaging of Single Gold Nanorod with Microsecond Temporal Resolution and One-Degree Angle Precision,” *Anal. Chem.* **87**, 2079–2086 (2015).

A. YUKAWA, R. IINO, R. WATANABE, S. HAYASHI and H. NOJI, “Key Chemical Factors of Arginine Finger Catalysis of F₁-ATPase Clarified by an Unnatural Amino Acid Mutation,” *Biochemistry* **54**, 472–480 (2015).

A. NAKAMURA, T. ISHIDA, K. KUSAKA, T. YAMADA, S. FUSHINOBU, I. TANAKA, S. KANEKO, K. OHTA, H. TANAKA, K. INAKA, Y. HIGUCHI, N. NIIMURA, M. SAMEJIMA and K. IGARASHI, ““Newton’s Cradle” Proton Relay with Amide-Imidic Acid Tautomerization in Inverting Cellulase Visualized by Neutron Crystallography,” *Sci. Adv.* **1**, e1500263–e1500263 (2015).

B-3) 総説, 著書

R. IINO, H. UENO, Y. MINAGAWA, K. SUZUKI and T. MURATA, “Rotational mechanism of *Enterococcus hirae* V₁-ATPase by crystal-structure and single-molecule analyses,” *Curr. Opin. Struct. Biol.* **31**, 49–56 (2015).

R. IINO, S. SAKAKIHARA, Y. MATSUMOTO and K. NISHINO, “Single-cell detection and collection of persister bacteria in a directly accessible femtoliter droplet array,” *Methods in Molecular Biology* **1333**, 101–109 (2015).

飯野亮太, 「薬剤排出トランスポーター活性のマイクロデバイスによる計測」*化学療法の領域* **31**, 440–448 (2015).

中村彰彦, 石田卓也, 鮫島正浩, 五十嵐圭日子, 「反転型セルラーゼの巨大結晶作製と中性子 / X線共構造解析」*日本結晶学会誌* **57**, 59–65 (2015).

B-4) 招待講演

R. IINO, “Dynamics of linear and rotary molecular motors revealed by gold nanoprobe,” Pacificchem 2015, Technical Symposia, Physical, Theoretical & Computational: Interplay between Chemistry and Dynamics in Biomolecular Machines, Honolulu (U.S.A.), December 2015.

R. IINO, “Single-molecule analysis of energy conversion mechanism of molecular motor,” IMS Workshop “Grand Design of Molecular Systems; Dynamic, Correlation and Harmony,” Okazaki (Japan), October 2015.

R. IINO, “High speed single-molecule measurement of conformational dynamics of molecular motors probed by gold nanorod,” KAKENHI International Symposium on “Studying the Function of Soft Molecular Systems,” Tokyo (Japan), July 2015.

R. IINO, “Dynamic motions of individual molecular motors,” IMS Asian International Symposium “Supramolecular Dynamics at the interface of Chemistry and Biology,” Okazaki (Japan), June 2015.

R. IINO, “Watching dynamic motions of individual molecular motors with gold nanoprobe,” PACCON2015, Bangkok (Thailand), January 2015.

R. IINO, “Single-molecule high-speed imaging analysis of ATP-driven molecular motors,” 第53回生物物理学会年会シンポジウム “Formation of spatiotemporal dynamic ordering mediated by ATP hydrolysis,” 金沢, 2015年9月.

飯野亮太, 「反転型ATPaseによるイオンの輸送を考える」*分子研研究会「膜タンパク質内部のプロトン透過を考える」* 岡崎, 2015年4月.

飯野亮太, 「生体回転超分子モーターの作動メカニズム」*日本化学会第95春季年会特別企画シンポジウム*, 船橋, 2015年3月.

飯野亮太,「金ナノプローブで探る生体分子モーターのダイナミクス」日本化学会第95春季年会中長期企画シンポジウム, 船橋, 2015年3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 (2014–2016).

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).

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).

Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, Associate Editor (2015.4.29–).

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 (2012.4.2–2018.3).

B-8) 大学での講義, 客員

名古屋工業大学大学院工学研究科, 非常勤講師,「未来材料創成工学特別講義II」2015年10月.

B-10) 競争的資金

自然科学研究機構新分野創成センターイメージングサイエンス研究分野プロジェクト,「金ナノロッドの高速高精度光学イメージングによる生体分子モーターの複合1分子計測」飯野亮太 (2015年).

科研費基盤研究(B),「ナトリウムイオン輸送性 V-ATPase のエネルギー変換機構の解明」飯野亮太 (2015年–2017年).

科研費研究活動スタート支援,「セルロース分解酵素のモーター運動に寄与する構造要素の解明」中村彰彦 (2015年–2016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).

科研費特別研究員奨励費,「ダブルドメインセルラーゼの吸着バランス制御による結晶性多糖構造分解反応の促進」中村彰彦 (2013年–2014年).

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).

B-11) 産学連携

大幸財団自然科学研究助成「回虫精子アメーバ運動の完全再構成にむけたプロテオーム解析」飯野亮太(2015年).

ATI研究助成「省エネルギーリニアモーターの運動性を決める構造的要素の解明」中村彰彦(2015年-2016年).

C) 研究活動の課題と展望

リニア分子モーターキネシンについては、微小管に結合した足が結合したまま向きを変え、この向きの変化が2つの足の協調に重要であるという説がある。金ナノロッドをプローブに用い、微小管に結合した足の向きの変化の検出に取り組む。リニア分子モーターセルラーゼ、キチナーゼについては、運動素過程(ポーズとステップ)の可視化が重要な課題である。構造からステップサイズは1 nmと予測されている。高時間・高空間分解能1分子計測によりキチナーゼの1 nmステップを可視化してエネルギー変換機構を明らかにする。また、ドメイン交換した非天然セルラーゼを創造し、天然型の性能を凌駕する分子を創りだす。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。

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

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 両親媒性分子からなる中空状集合体ベシクルを，人工細胞の細胞膜として利用する。ベシクル型人工細胞が肥大増殖するには，外部より膜分子の原料を取り込み，ベシクル内部でベシクルを構成する膜分子への変換が要請されるが，その変換反応を促す触媒はベシクルの調製時に混入させるしか方法がなかった。そこで本研究課題では，この触媒分子をベシクルが自己で生産することを目標とした。当研究で用いる触媒分子はその原料をベシクルが取り込み内部で合成されるが，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。現在，ベシクル内部で触媒を合成し，さらに膜分子の前駆体を取り込みベシクルが肥大分裂するダイナミクスを観察することができた。論文投稿中である。
- 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。本研究課題では，分子集合体にあえて異種の膜分子前駆体を添加し，その増殖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ろうが，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ろう。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。この指針に基づき分子を設計した。現在，自己生産するオクチルアニリンの油滴に膜分子前駆体を添加すると，自己生産するベシクルへと形態変化する系を構築しており，論文を投稿中である。

B-1) 学術論文

K. KURIHARA, Y. OKURA, M. MATSUO, T. TOYOTA, K. SUZUKI and T. SUGAWARA, "A Recursive Vesicle-Based Model Protocell with a Primitive Model Cell Cycle," *Nat. Commun.* **6**, 8352 (2015).

B-4) 招待講演

栗原顕輔,「内部で触媒を生成するベシクル」複雑生命システム動態研究教育拠点セミナー, 東京, 2015年3月.

K. KURIHARA, "Catalyst-producing system in a self-reproducing giant vesicle," International Workshop on Challenge to Synthesizing Life, Hakone (Japan), August 2015.

栗原顕輔,「化学で創る人工細胞」名大分子研リトリート研修, 岡崎, 2015年11月.

栗原顕輔,「触媒生成システムを内包する自己生産ベシクルの構築」第46回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 三重, 2015年11月.

B-7) 学会および社会的活動

その他

あいち科学技術教育推進協議会発表会「科学三昧inあいち 2014」英語発表指導 (2014).

愛知教育大学付属岡崎中学校取材 (2015).

B-8) 大学での講義，客員

総合研究大学院大学,「統合生命科学教育プログラム」,2015年11月.

B-10) 競争的資金

科研費若手研究(B),「交差触媒系を内包するベシクル型人工細胞の構築」,栗原顕輔 (2015年–2017年).

自然科学研究機構新分野創成センター宇宙における生命研究分野プロジェクト,「生命材料物質の組み立て場としてみた原始細胞膜の基礎的研究」,栗原顕輔 (2015年–2016年).

B-11) 産学連携

日本科学協会笹川科学研究助成金,「自己増殖するベシクル型人工細胞を用いた生命起源への挑戦」,栗原顕輔 (2015年–2016年).

野口研究所野口遵研究助成金,「ドラッグデリバリーシステムを志向した自律構築型リボソームの開発」,栗原顕輔 (2015年–2016年).

クリタ水・環境化学振興財団研究助成金,「生命誕生における水の汚れの重要性」,栗原顕輔 (2015年–2016年).

豊秋奨学会海外渡航費助成,「内部で触媒システムを生成する人工細胞の構築」,栗原顕輔 (2015年).

C) 研究活動の課題と展望

本研究では、構成的アプローチの考え方から、既知の分子で「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。この目標を達成するために、現在の細胞と同じ物性をもつ両親媒性分子で、人工細胞モデルを構築することが両課題で共通となっている。課題Aでは、境界膜の生産を加速させる触媒を内部で合成する人工細胞モデルを構築している。本研究では、触媒も膜分子もアルデヒドとデシルアニリンの脱水縮合によるイミン結合形成機構を利用することで、分子を合成しているが、この反応は可逆でもあるのでベシクル膜を破壊する加水分解反応も同時に起こる。本系では、平衡を膜分子及び触媒分子生成方向に偏らせることでこれを回避したが、派生実験として平衡を偏らせることなく、触媒と膜分子生産がアニリンを介することで連動し、その生産反応が振動する系も現在構築している。また、課題Bでは同じくイミン結合形成を利用しているが、油状のオクチルアニリンを用いて別相にすることで可逆反応を偏らせて、自己生産する油滴系を構築できた。今後の課題としては、より生命らしい細胞を実現するために情報を持つ分子の封入が望まれる。現在の系では封入が困難だが、ベシクルの調製法や組成を改良することでこの課題を解決できると考えられる。

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) チャンネルロドプシンの光誘起構造変化に関する赤外分光解析
- b) 脊椎動物と無脊椎動物の「非視覚」の光受容を担うタンパク質の解析
- c) 哺乳動物カリウムイオンチャンネルタンパク質の機能制御メカニズムの解析
- d) 耐熱性ロドプシン TR が起こす光反応の分子機構，およびその特異性の解明
- e) 急速溶液交換法を用いた新規赤外分光計測系の構築
- f) ウシ由来オプシンへの匂い物質結合の赤外分光解析

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) チャンネルロドプシンは光で開閉するイオンチャンネルであり，神経細胞などでの生体電気信号を調節する光遺伝学（オプトジェネティクス）と呼ばれる研究手法で用いられている。本研究では，2種類のチャンネルロドプシン1および2の光応答特性の違いを明らかにするため，両者のキメラタンパク質の赤外分光解析を行なった。カルボン酸のプロトン化状態の変化の違いについて部位特異的の変異体を用いた解析も行なった。その結果，キメラタンパク質がチャンネルロドプシン2と異なる構造変化を起こすことや，Glu129（チャンネルロドプシン2ではGlu90）の脱プロトン化がチャンネルの脱感作にはたらいていることを示唆する結果を得た。研究成果は *J. Biol. Chem.* 誌に発表した。
- b) 多くの動物は，視覚以外にも概日時計の調節などの用途に光情報を用いている。このような「非視覚」の光受容を担うタンパク質は，視覚を担う光受容タンパク質とは異なる分子特性を持つと考えられる。今年度は，哺乳類の非視覚の光受容機能を担うメラノプシンが，自発的に光受容能を失う特性を持つことで，活動環境からの強い光入力にも細胞応答が飽和しないようにはたらくことを示唆する結果を得て，その成果を *J. Biol. Chem.* 誌に発表した。また，無脊椎動物では，脳内にエンセファロプシンという光受容タンパク質が存在し，それらが非視覚の光受容を担うと考えられている。そこで種々の無脊椎動物のエンセファロプシンの分子特性を解析し，動物種ごとに，吸収する光の波長が大きく異なることを見出した。
- c) 細胞が機能するためには，カリウムイオンを選択的に透過するイオンチャンネル（カリウムチャンネル）が重要である。カリウムチャンネルには，様々な種類のものが存在し，その中でも TWIK-1 というチャンネルは，外部環境に応じて，カリウムイオン選択性が「緩く」なる。赤外分光解析を用いて，イオン選択性を生み出す選択フィルタ部位と種々のイオンとの相互作用が，「普通」のカリウムチャンネルとは異なることを明らかにし，フィルタ部位にある2つの特異なアミノ酸残基によってもたらされるという結果を得た。また，生化学的解析から，細胞外領域のイオン出入り口付近の残基が，糖鎖修飾されていることも見出した。すなわちフィルタ部位と共に細胞外領域の糖鎖修飾が，TWIK-1 の環境依存的なイオン透過制御に関わる可能性が示唆された。
- d) Thermophilic Rhodopsin (TR) は好熱菌から発見された初めてのロドプシンであり，その熱安定性の分子機構に興味を持たれている。このTRの光反応を様々な温度で時間分解赤外分光法により調べた。その結果，TRの光反応中で起こるプロトン移動と骨格構造変化のタイミングが温度により変わることが分かり，速度定数の変化とは別に，TR

の反応機構自体が変化することを見出した。また、部位特異的変異体での結果から、プロトン移動に関わる残基の特定もできている。得られた反応中間体間の時定数の温度依存性から、各ステップにおける活性化エネルギーも決定することができた。本研究は岡山大学薬学部の須藤雄気教授、塚本卓助教との共同研究として進めている。

- e) 圧縮ガスで動作するシリンジポンプによる急速溶液交換装置の測定条件の改良を試みた。この実験系は以前に立ち上げたものであるが、溶液交換直後の赤外吸収の時間変化に反応とは関係のない物理的な要因による吸収変化が乗ってしまい、時間変化の解析の妨げになっていた。ガス圧や試料セル流路の種類を選択などでいくつかの検討を行ったところ、溶液の交換量を増加させることで上記の変化をなくすことができた。
- f) ウシ由来ロドプシンは G タンパク質共役受容体 (GPCR) と呼ばれる膜タンパク質ファミリーの 1 種であるため、同じく GPCR に属する嗅覚を司る受容体のモデルになる可能性がある。そこで発色団を排除したロドプシン(オプシン)への匂い物質の結合を全反射赤外分光法 (ATR) で調べた。その結果、匂い物質結合に伴うカルボン酸やタンパク質骨格由来の吸収変化の信号を得ることができた。また、部位特異的変異体の計測から、匂い物質結合時に相互作用するグルタミン酸残基を特定することもできた。本研究はカナダのトロント大学医学部の Oliver P. Ernst 教授、森住威文研究員との共同研究として進めている。

B-1) 学術論文

A. INAGUMA, H. TSUKAMOTO, H. E. KATO, T. KIMURA, T. ISHIZUKA, S. OISHI, H. YAWO, O. NUREKI and Y. FURUTANI, “Chimeras of Channelrhodopsin-1 and -2 from *Chlamydomonas reinhardtii* Exhibit Distinctive Light-Induced Structural Changes from Channelrhodopsin-2,” *J. Biol. Chem.* **290**, 11623–11634 (2015).

Y. FURUTANI, H. SHIMIZU, Y. ASAI, S. OIKI and H. KANDORI, “Specific Interactions between Alkali Metal Cations and the KcsA Channel Studied Using ATR-FTIR Spectroscopy,” *Biophys. Physicobiol.* **12**, 37–45 (2015).

Y. INOKUCHI, T. EBATA, T. IKEDA, T. HAINO, T. KIMURA, H. GUO and Y. FURUTANI, “New Insights into Metal Ion-Crown Ether Complexes Revealed by SEIRA Spectroscopy,” *New J. Chem.* **39**, 8673–8680 (2015).

H. TSUKAMOTO, Y. KUBO, D. L. FARRENS, M. KOYANAGI, A. TERAOKITA and Y. FURUTANI, “Retinal Attachment Instability is Diversified Among Mammalian Melanopsins,” *J. Biol. Chem.* **290**, 27176–27187 (2015).

M. KOYANAGI, S. WADA, E. KAWNO-YAMASHITA, Y. HARA, S. KURAKU, S. KOSAKA, K. KAWAKAMI, S. TAMOTSU, H. TSUKAMOTO, Y. SHICHIDA and A. TERAOKITA, “Diversification of Non-Visual Photopigment Parapinopsin in Spectral Sensitivity for Diverse Pineal Functions,” *BMC Biol.* **13**, 73 (2015).

E. KAWNO-YAMASHITA, M. KOYANAGI, S. WADA, H. TSUKAMOTO, T. NAGATA and A. TERAOKITA, “Activation of Transducin by Bistable Pigment Parapinopsin in the Pineal Organ of Lower Vertebrates,” *PLoS One* **10**, e0141280 (2015).

K. KUROKI, K. OKAJIMA, M. IKEUCHI, S. TOKUTOMI, T. KAMIYAMA and M. TERAOKITA, “Pressure-Sensitive Reaction Yield of the TePixD Blue-Light Sensor Protein,” *J. Phys. Chem. B* **119**, 2897–2907 (2015).

B-3) 総説, 著書

H. KANDORI, Y. FURUTANI and T. MURATA, “Infrared Spectroscopic Studies on the V-ATPase,” *Biochim. Biophys. Acta, Bioenerg.* **1847**, 134–141 (2015).

Y. FURUTANI, “Molecular Mechanisms for Ion Transportation of Microbial Rhodopsins Studied by Light-Induced Difference FTIR Spectroscopy,” in *Optogenetics—Light-Sensing Proteins and Their Applications—*, Y. Hiromu, H. Kandori and K. Amame, Eds., 63–76 (2015).

黒井邦巧, 寺嶋正秀, 「タンパク質の反応と揺らぎ」*生物物理* 55, 235–241 (2015).

B-4) 招待講演

古谷祐詞, 塚本寿夫, 「赤外差分分光法によるイオンチャネルタンパク質の分子機構研究」自然科学研究機構プロジェクト合同シンポジウム「脳神経情報の階層的研究」 「機能生命科学における揺らぎと決定」生理学研究所, 岡崎, 2015年3月.

Y. FURUTANI, “Structural Changes of Bacteriorhodopsin Studied by Time-Resolved Polarized FTIR Spectroscopy,” 第3回研究成果報告会さきがけ「光エネルギーと物質変換」領域, 日本大学理工学部, 船橋, 2015年3月.

古谷祐詞, 「イオンチャネルの分子機構解明への赤外分光解析による挑戦」分子研研究会「膜タンパク質内部のプロトン透過を考える」岡崎コンファレンスセンター, 岡崎, 2015年4月.

Y. FURUTANI, “Infrared Difference Spectroscopy is a Key Technique for Deciphering the Molecular Mechanisms of Ion Pump and Channel Proteins,” OIIB (Okazaki Institute for Integrative Bioscience) Summer School 2015, Okazaki Conference Center, Okazaki (Japan), August 2015.

古谷祐詞, 「赤外分光法によるレチナルタンパク質の機能発現機構の解明」第29回カロテノイド研究談話会, 首都大学東京, 八王子, 2015年9月.

黒井邦巧, 「光センサータンパク質 TePixD の反応過程における過渡的揺らぎ」第53回日本生物物理学会年会若手招待講演, 金沢, 2015年9月.

黒井邦巧, 「過渡回折格子法への圧力条件適用によるタンパク質の揺らぎ検出」第56回高压討論会生命科学シンポジウム, 広島, 2015年11月.

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, 岡本基土, 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), 理事 (2015–2016).

日本生物物理学会分野別専門委員 (2010, 2011, 2012, 2013, 2015).

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).

分子科学会顕彰委員会委員 (2014–2015).

日本分光学会中部支部幹事 (2012–2015).

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

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「構造生体分子科学」, 2015年12月3日–4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).

総合研究大学院大学学融合推進センター公募型研究事業事業枠II「学融合共同研究」「動物が「見えない光」を受容するメカニズム——化学と生理学を融合したアプローチ——」古谷祐詞(2015年–2016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).

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).
上原記念生命科学財団研究奨励金,「メラノプシンを用いたカルシウムシグナリングの光制御」塚本寿夫(2015年).
科研費研究活動スタート支援,「温度圧力条件下の赤外分光法による耐熱性ロドプシンの光反応機構の解明」黒井邦巧(2015年-2016年).

C) 研究活動の課題と展望

昨年度に引き続き,様々な共同研究の成果を論文として発表することができた。塚本助教が中心となって進めていたメラノプシンの研究成果を発表し,プレスリリースも行なった。ほ乳動物イオンチャネルについても論文にまとめるべく研究を継続している。2015年4月から黒井博士がIMS フェローとしてグループに加わり,圧力という新たな軸を時間分解赤外分光計測に導入することで,タンパク質の動的な構造変化における圧力効果を解明することを目指している。具体的には耐熱性ロドプシン(TR)を研究対象とし,ダイヤモンドアンビルセル,加圧装置を導入して,TRの光反応を様々な圧力および温度条件下で測定し,TRの反応機構や構造安定性を熱力学的に検討していく予定である。また,オプシンへの匂い物質結合研究も共同研究先と連携を取りながら成果として取りまとめる予定である。本年度,急速溶液交換装置の計測条件の最適化を行なったので,来年度からメリピオース輸送体を用いて基質の結合や解離過程に伴う構造変化の時間分解計測に再び取り組む(スペインのEsteve Padrós 教授および Víctor A. Lórenz-Fonfría 博士との共同研究)。一方,タイのチュラロンコン大からのインターンシップ生(Monpichar Srisa-Art 博士や Akkapol Suea-Ngam ら)とは,マイクロ流路と電気化学計測および分光計測を組み合わせた計測系の構築を行っており,さらに発展させることを期待している。

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

T. OSAKO, K. TORII and Y. UOZUMI, “Aerobic Flow Oxidation of Alcohols in Water Catalyzed by Platinum Nanoparticles Dispersed in an Amphiphilic Polymer,” *RSC Adv.* **5**, 2647–2654 (2015).

T. OSAKO and Y. UOZUMI, “Mechanistic Insights into Copper-Catalyzed Azide-Alkyne Cycloaddition (CuAAC): Observation of Asymmetric Amplification,” *Synlett* **26**, 1475–1479 (2015).

G. HAMASAKA, F. SAKURAI and Y. UOZUMI, “A Palladium NNC-Pincer Complex: An Efficient Catalyst for Allylic Arylation at Parts per Billion Levels,” *Chem. Commun.* **51**, 3886–3888 (2015).

F. SAKURAI, G. HAMASAKA and Y. UOZUMI, “Development of an Aquacatalytic System Based on the Formation of Vesicles of an Amphiphilic Palladium NNC-Pincer Complex,” *Dalton Trans.* **44**, 7828–7834 (2015).

A. OHTAKA, T. OKAGAKI, G. HAMASAKA, Y. UOZUMI, T. SHINAGAWA, O. SHIMOMURA and R. NOMURA, “Application of “Boomerang” Linear Polystyrene-Stabilized Pd Nanoparticles to a Series of C–C Coupling Reactions in Water,” *Catalysts* **5**, 106–118 (2015).

T. OSAKO, K. TORII, A. TAZAWA and Y. UOZUMI, “Continuous-Flow Hydrogenation of Olefins and Nitrobenzenes Catalyzed by Platinum Nanoparticles Dispersed in an Amphiphilic Polymer,” *RSC Adv.* **5**, 45760–45766 (2015).

G. HAMASAKA, F. SAKURAI and Y. UOZUMI, “A Vesicular Self-Assembled Amphiphilic Palladium NNC-Pincer Complex-Catalyzed Allylic Arylation of Allyl Acetates with Sodium Tetraarylborates in Water,” *Tetrahedron* **71**, 6437–6441 (2015).

G. HAMASAKA, H. TSUJI and Y. UOZUMI, “Organoborane-Catalyzed Hydrogenation of Unactivated Aldehydes with a Hantzsch Ester as a Synthetic NAD(P)H Analogue,” *Synlett* **26**, 2037–2041 (2015).

H. OHTA, K. YAMAMOTO, M. HAYASHI, G. HAMASAKA, Y. UOZUMI and Y. WATANABE, “Low Temperature Hydrodeoxygenation of Phenols under Ambient Hydrogen Pressure to Form Cyclohexanes Catalyzed by Pt Nanoparticles Supported on H-ZSM-5,” *Chem. Commun.* **51**, 17000–17003 (2015).

T. SATO, A. OHNO, S. SARKAR, Y. UOZUMI and Y. M. A. YAMADA, “A Convuluted Polymeric Imidazole Palladium Catalyst: Structural Elucidation and Investigation of the Driving Force for the Efficient Mizoroki-Heck Reaction,” *ChemCatChem* **7**, 2141–2148 (2015).

B-4) 招待講演

Y. UOZUMI, “Development of Heterogeneous Catalysis in Water Driven by “Umbrella Effect,”” Lectures at Institut de Chimie Moléculaire de l' Université de Bourgogne, Bourgogne (France), March 2015.

Y. UOZUMI, “Heterogeneous Cross-Coupling Catalysis in Water,” Seminar at Institut de Physique et de Chimie des Matériaux de Strasbourg, Strasbourg (France), March 2015.

Y. UOZUMI, “Heterogeneous Cross-Coupling Catalysis in Water,” 7th Spanish-Portuguese-Japanese, Organic Chemistry Symposium, Seville (Spain), June 2015.

Y. UOZUMI, “Molecular Architecture-Based Administration of Catalysis in Water via Self-Assembly of Amphiphilic Palladium Pincer Complex,” 17th International Symposium on relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis, Utrecht (The Netherlands), July 2015.

Y. UOZUMI, “Molecular Architecture-Based Administration of Catalysis in Water via Self-Assembly of Amphiphilic Palladium Pincer Complex,” The 6th Japanese-Sino Symposium on Organic Chemistry for Young Scientists Organizing Committee, Sendai (Japan), September 2015.

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・サステイナブル・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, 井上学術賞 (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).
大迫隆男, 第4回自然科学研究機構若手研究者賞 (2015).

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).
コンピナトリアル・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・サステイ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

中国湖北省三峡大学, 楚天学者講座教授, 2014年8月–.

B-9) 学位授与

櫻井扶美恵, 「Development of Aquacatalytic Systems Based on the Self-Assembly of Amphiphilic Pincer Palladium Complexes」, 2015年9月, 博士(理学)

辻 裕章, 「ホウ素触媒による有機分子変換反応の開発」, 2015年9月, 博士(理学)

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ィ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-2016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-2015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-2015年).

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」, 魚住泰広(2014年-2019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。

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2011年10月から課題研究を推進しつつある(2016年度終了予定) これまでに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」において十分な進展がみられた。また鉄触媒 銅触媒、有機触媒の開発にも取り組み「元素代替戦略」にも成果を上げつつある。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。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。2015年度には間瀬俊明博士をACCEL 研究プロジェクトマネージャーとして強力な研究推進体制を整え、さらに同博士を本研究所特別教授としてお招きすることとなった。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。なかでも自己集積型超分子触媒開発研究に於いては分子高次構造に立脚した分子変換反応駆動を確認しており、さらなる展開を進めつつある。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) プロトンを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) 異なる2つの酸性官能基を有するキラルプレンステッド酸触媒を設計・開発した。特に、ピリジノアゾエステルとジエン類とのヘテロ Diels–Alder 反応において、カルボン酸-リン酸を触媒として用いることにより、位置選択性、エナンチオ選択性、ジアステレオ選択性の完全制御を達成した。
- 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-1) 学術論文

N. MOMIYAMA, H. OKAMOTO, M. SHIMIZU and M. TERADA, “Synthetic Method for 2,2’-Disubstituted Fluorinated Binaphthyl Derivatives and Application as Chiral Source in Design of Chiral Mono-Phosphoric Acid Catalyst,” *Chirality* **27**, 464–475 (2015).

N. MOMIYAMA, T. NARUMI and M. TERADA, “Design of a Brønsted Acid with Two Different Acidic Sites: Synthesis and Application of Aryl Phosphinic Acid–Phosphoric Acid as a Brønsted Acid Catalyst,” *Chem. Commun.* **51**, 16976–16979 (2015).

B-4) 招待講演

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」第3回慶應有機化学若手シンポジウム, 慶應義塾大学矢上キャンパス, 横浜, 2015年5月.

N. MOMIYAMA, “Asymmetric Reaction Space Created by Hydrogen and Halogen Atom,” RSC Road Show Japan, Kyoto, June 2015.

B-6) 受賞, 表彰

楳山儀恵, 大学女性協会第17回守田科学研究奨励賞 (2015).

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).

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).

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

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

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

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

B-7) 学会および社会的活動

学会の組織委員等

総研大アジア冬の学校2014主催 (2014).

その他

岡崎市立翔南中学校出前授業「中学生のためのサイエンスセミナー」(2014).

B-8) 大学での講義, 客員

The Winter School of SOKENDAI/Asia Core Program 2014, “Asymmetric Reaction Space Created by Hydrogen and Halogen Atom,” Okazaki (Japan), 2015年1月14日.

B-10) 競争的資金

第28回ノバルティス研究奨励金, 「不斉1, 3-アルキル移動反応の開発を基軸とする医薬品候補化合物の合成」榎山儀恵 (2015年–2016年).

平成27年度徳山科学技術振興財団研究助成, 「ハロゲン化ペルフルオロアールの創製と触媒機能創出」榎山儀恵 (2015年–2016年).

2015年度ヨウ素研究助成金, 「キラルヨウ素結合供与体触媒の設計・開発を基盤とする不斉合成」榎山儀恵 (2015年–2016年).

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」, 「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・合成と触媒の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) 多電子酸化還元反応を促進する金属錯体触媒の開発
- b) 金属錯体を対象とした光電気化学的挙動の評価
- 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) 水の四電子酸化による酸素発生反応を促進する金属錯体触媒の開発および機能改良に取り組んだ。具体的には、酸素発生反応の律速段階となりうる酸素-酸素結合生成過程を効率よく進めるため、金属錯体触媒の第二配位圏に適切な化学修飾を施し、酸素発生反応速度の飛躍的な向上に成功した。
- b) 溶存する金属錯体分子が光吸収に伴って引き起こす電子移動過程を理解するため、照射下で電気化学測定が可能な光電気化学測定システムを開発した。また、開発した測定システムを用いて、CO₂還元能を持つ鉄ポルフィリンの測定を試みることにより、照射が触媒反応中間体と与える影響を電気化学的に観測することに成功した。
- 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、反応活性点と高い対称性(D_{4h})を併せ持つパドルフィール型二核錯体に、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、自己集合を促すことで、反応活性点が細孔内に配置された多孔性フレームワークの構築に成功した。

B-1) 学術論文

N. NARITA, T. ENOMOTO, S. MASAOKA and N. KUSAKABE, "Titania May Produce Abiotic Oxygen Atmospheres on Habitable Exoplanets," *Sci. Rep.* **5**, 13977 (2015).

G. NAKAMURA, M. KONDO, M. CRISALLI, S. K. LEE, A. SHBATA, P. C. FORD and S. MASAOKA, "Syntheses and Properties of Phosphine-Substituted Ruthenium(II) Polypyridine Complexes with Nitrogen Oxides," *Dalton Trans.* **44**, 17189–17200 (2015).

T. ITOH, M. KONDO, H. SAKAMOTO, K. WAKABAYASHI, M. KANAIKE, K. ITAMI and S. MASAOKA, "Porous Frameworks Constructed by Non-Covalent Linking of Substitution-Inert Metal Complexes," *Dalton Trans.* **44**, 15334–15342 (2015).

A. FUKATSU, M. KONDO, Y. OKABE and S. MASAOKA, "Electrochemical Analysis of Iron Porphyrin-Catalyzed CO₂ Reduction under Photoirradiation," *J. Photochem. Photobiol., A* **313**, 143–148 (2015).

M. YOSHIDA, M. KONDO, S. TORII, K. SAKAI and S. MASAOKA, "Oxygen Evolution Catalysed by a Mononuclear Ruthenium Complex bearing Pendant -SO₃⁻ Groups," *Angew. Chem., Int. Ed.* **54**, 7981–7984 (2015).

P. PANDIT, K. YAMAMOTO, T. NAKAMURA, K. NISHIMURA, Y. KURASHIGE, T. YANAI, G. NAKAMURA, S. MASAOKA, K. FURUKAWA, Y. YAKIYAMA, M. KAWANO and S. HIGASHIBAYASHI, "Acid/Base-Regulated Reversible Electron Transfer Disproportionation of N-N linked Bicarbazole and Biacridine Derivatives," *Chem. Sci.* **6**, 4160–4173 (2015).

T. KOSHIYAMA, N. KANDA, K. IWATA, M. HONJO, S. ASADA, T. HATAE, Y. TSUJI, M. YOSHIDA, M. OKAMURA, R. KUGA, S. MASAOKA and M. OHBA, "Regulation of Cerium(IV)-Driven O₂ Evolution Reaction using Composites of Liposome and Lipophilic Ruthenium Complexes," *Dalton Trans.* **44**, 15126–15129 (2015).

B-3) 総説, 著書

M. OKAMURA and S. MASAOKA, "Design of Mononuclear Ruthenium Catalysts for Low-Overpotential Water Oxidation," *Chem. –Asian J.* **10**, 306–315 (2015).

B-4) 招待講演

S. MASAOKA, "Water Oxidation Catalyzed by Multinuclear Metal Complexes," Pacificchem 2015, Hilton Hawaiian Village, Honolulu (U.S.A.), December 2015.

S. MASAOKA, "Water Oxidation Catalyzed by Multinuclear Metal Complexes," Third International Symposium on the Photofunctional Chemistry of Complex Systems (ISPCCS2015), Makena Beach Resort, Wailea-Makena (U.S.A.), December 2015.

S. MASAOKA, "Possible photosynthetic reactions on habitable exoplanets," 12th German-Japanese Colloquium at the University of Kiel, Zoologisches Museum, University of Kiel, Kiel (Germany), December 2015.

S. MASAOKA, "Molecular Catalysts for Water Oxidation," 10th China-Japan Joint Symposium on Metal Cluster Compounds, Fuzhou Yishan Hotel, Fuzhou (China), October 2015.

正岡重行, 「金属錯体を触媒とする多電子酸化還元反応」東京工業大学講演会, 東京工業大学, 大岡山, 2015年10月.

正岡重行, 「人工光合成を志向した金属錯体化学」第2回辰巳午会化学シンポジウム, 分子科学研究所, 岡崎, 2015年8月.

S. MASAOKA, "Molecular Catalysts Designed for Water Oxidation," Metals in Biology in Wako, Suzuki Umetaro Hall, RIKEN, Wako (Japan), June 2015.

S. MASAOKA, "Molecular Catalysts Designed for Water Oxidation," The Third China-Japan Joint Symposium on Inorganic and Nanomaterial Science, Tsinghua University, Beijing (China), June 2015.

正岡重行, 「多核金属錯体を触媒とする水の酸化反応」日本化学会年会中長期テーマシンポジウム「小分子変換の最前線——金属錯体・半導体光触媒によるエナジーイノベーション——」日本大学, 船橋, 2015年3月.

正岡重行, 「光合成・人工光合成・系外惑星の光合成～分子科学的考察に基づく光合成の一般化～」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」KKR ホテル, 熱海, 2015年3月.

正岡重行, 「多核金属錯体による多電子酸化還元反応」第2回東北大学研究会プログラム「金属錯体の固体物性最前線——金属錯体と固体物性物理と生物物性の連携新領域を目指して——」東北大学, 仙台, 2015年2月.

S. MASAOKA, "Molecular Catalysts Designed for Water Oxidation," Joint IMS-CU Workshop, Chulalongkorn University, Bangkok (Thailand), January 2015.

S. MASAOKA, "Molecular Catalysts Designed for Water Oxidation," Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON), KMUTT, Bangkok (Thailand), January 2015.

正岡重行, 「金属錯体を触媒とする酸素発生反応」分子研研究会「生物無機化学の最先端と今後の展望: 金属と生体分子の作用機序解明とモデル化および応用への展開」分子研, 岡崎, 2015年1月.

B-6) 受賞, 表彰

榎本孝文, 第27回配位化合物の光化学討論会ポスター賞 (2015).

榎本孝文, 2015年度総研大物理科学学生セミナー Adobe 賞 (2015).

榎本孝文, 伊豆 仁, 深津亜里紗, 2015年度総研大物理科学学生セミナー優秀発表賞 (2015).

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

錯体化学会副事務局長 (2015-).

錯体化学会理事 (2015-).

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

日本化学会第5回CSJ 化学フェスタ実行委員 (2015).

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

Scientific Reports, Nature Publishing Group, Editorial Board (2015–).

日本化学会「化学と工業」編集委員 (2013–).

その他

中高生向けワークショップ, とよた科学体験館, 「金属錯体(さくたい)のふしぎ～人工光合成への挑戦～」, 豊田 (2015.2).

B-8) 大学での講義, 客員

名城大学理工学部, 非常勤講師, 「錯体化学」2015年度後期.

東京工業大学理工学研究科, 非常勤講師, 「応化特別講義A」2015年10月21日.

名古屋大学大学院理学研究科, 客員准教授, 2013年4月–.

Sokendai Asian Winter School 2015, “Molecular Catalysts Designed for Water Oxidation,” Okazaki (Japan), 2015年12月4日.

B-9) 学位授与

中村 豪, 「Synthesis and Redox Reactivity of Phosphine-Substituted Ruthenium(II) Polypyridine Complexes」2015年3月, 博士(理学)

B-10) 競争的資金

科研費新学術領域(公募研究)「鉄五核触媒の分子構造制御に基づく低過電圧酸素発生」正岡重行 (2015年–2016年).

科研費若手研究(A)「反応性超分子フレームワーク: 反応場の構築と反応の可視化」近藤美欧 (2015年–2018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, 「光合成モジュールの人為的再構成によるサイボーグ植物の創出」正岡重行 (2015年).

自然科学研究機構新分野創成センター宇宙における生命研究分野プロジェクト, 「低温度星まわりの生命居住可能惑星において起こり得る光合成反応の分子科学的考察」正岡重行 (2015年).

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)産科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).

B-11) 産学連携

ライオン(株)研究開発本部寄付金,「金属錯体系電子移動反応触媒研究の発展を奨励する研究費」,正岡重行(2015年).

C) 研究活動の課題と展望

我々の研究グループでは,太陽光エネルギーを貯蔵可能な化学エネルギーに変換できる次世代科学技術「人工光合成」の達成に向けて,金属錯体を対象とした基礎研究を進めている。2015年は,a)多電子酸化還元反応を促進する金属錯体触媒の開発,b)金属錯体を対象とした光電気化学的挙動の評価,c)金属錯体の規則配列による反応場構築,を並行して推進し,それぞれ重要な研究成果を得ることができた。今後は,a)に関しては,水の四電子酸化反応に対する触媒機能の向上(反応速度上昇,過電圧低下等)に加え,多電子還元反応(CO_2 還元, N_2 還元等)に対する触媒の開発にも取り組みたい。b)では,我々が開発した光電気化学測定システムをより多様な光電子移動系,光触媒反応系に展開したいと考えている。c)では,2015年までに構築した反応性フレームワークの触媒機能評価を行い,特異な反応場が触媒機能に与える影響を調査する。以上の研究を推進し,錯体型人工光合成システムの創出に向けた学術基盤を確立したい。