

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) 金属錯体の規則配列によるフレームワーク触媒の開発
- c) 金属錯体触媒と有機触媒との複合によるハイブリッド触媒系の開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 鉄やルテニウムなどの8族金属イオンを有する金属錯体を対象に、多電子酸化還元反応に対する触媒の開発に取り組んだ。その結果、同一の分子骨格を有する一連の8族金属錯体群が創製され、金属イオンの性質が酸素発生触媒能に与える影響に関する知見が得られた。また、分子中に広い π 共役性の置換基を導入した錯体触媒についても研究を展開した。得られた触媒分子においては、導入した置換基が基質の認識として機能し、置換基を有しない触媒分子と比較し、二酸化炭素還元能が向上することが見出された。
- b) 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とを併せ持つパドルホイール型二核錯体に対し、分子間相互作用サイトを導入した触媒モジュールを開発し、モジュールの自己集合により反応場を有するフレームワークの構築に成功した。このフレームワークの触媒能について評価を行ったところ、高い耐久性を有し、簡便な分離操作により再利用可能な光水素発生触媒として機能することが判明した。更に、触媒モジュールならびにフレームワーク触媒の物性測定からその触媒反応機構に関しても明らかにした。
- c) 金属錯体・有機触媒・光触媒を組み合わせたハイブリッド触媒系を開発し、室温・可視光の温和な条件下で有機分子のCatalytic acceptorless dehydrogenation (CAD) に成功した。またそれぞれの触媒分子単独ならびに各種触媒及び基質の共存条件において光化学・電気化学測定を行い、触媒反応機構に関する知見を得ることに成功した。

B-1) 学術論文

S. KATO, Y. SAGA, M. KOJIMA, H. FUSE, S. MATSUNAGA, A. FUKATSU, M. KONDO, S. MASAOKA and M. KANAI, "Hybrid Catalysis Enabling Room-Temperature Hydrogen Gas Release from *N*-Heterocycles and Tetrahydronaphthalenes," *J. Am. Chem. Soc.* **139**, 2204–2207 (2017).

Y. OKABE, S. K. LEE, M. KONDO and S. MASAOKA, "Syntheses and CO₂ Reduction Activities of π -Expanded/Extended Iron Porphyrin Complexes," *J. Biol. Inorg. Chem.* **22**, 713–725 (2017).

M. WANG, V. ARTERO, L. HAMMARSTRÖM, J. MARTINEZ, J. KARLSSON, D. GUST, P. SUMMERS, C. MACHAN, P. BRUEGGELLER, C. D. WINDLE, Y. KAGESHIMA, R. COGDELL, K. R. TOLOD, A. KIBLER, D. H. APAYDIN, E. FUJITA, J. EHRMAIER, S. SHIMA, E. GIBSON, F. KARADAS, A. HARRIMAN, H. INOUE, A. KUDO, T. TAKAYAMA, M. WASIELEWSKI, F. CASSIOLA, M. YAGI, H. ISHIDA, F. FRANCO, S. O. KANG, D. NOCERA, C. LI, F. D. FONZO, H. PARK, L. SUN, T. SETOYAMA, Y. S. KANG, O. ISHITANI, J.-R. SHEN, H.-J. SON and S. MASAOKA, "Molecular Catalysts for Artificial Photosynthesis: General Discussion," *Faraday Discuss.* **198**, 353–395 (2017).

M. YOSHIDA, M. KONDO, M. OKAMURA, M. KANAIKE, S. HAESUWANNAKIJ, H. SAKURAI and S. MASAOKA, "Fe, Ru, and Os Complexes with the Same Molecular Framework: Comparison of Structures, Properties and Catalytic Activities," *Faraday Discuss.* **198**, 181–196 (2017).

B-3) 総説, 著書

岡村将也, 正岡重行, 「酸素発生触媒の開発——金属錯体によるアプローチ——」, *月刊機能材料* **37(4)**, 51–59 (2017).

近藤美欧, 正岡重行, 「錯体化学的アプローチ2——酸素発生反応」, 「光触媒/光半導体を利用した人工光合成——最先端科学から実装技術への発展を目指して——」, エヌ・ティー・エス, pp. 99–106 (2017). (ISBN: 978-4-86043-477-9)

近藤美欧, 「Bio-relevant な金属錯体を用いた酸素発生触媒の開発」, *化学と工業* **70(10)**, 888–889 (2017).

B-4) 招待講演

S. MASAOKA, "Pentanuclear Iron Catalysts for Water Oxidation," 4th Japan-Taiwan-Singapore-Hong Kong Quadrilateral Symposium on Coordination Chemistry, Hong Kong (China), December 2017.

正岡重行, 「太陽系外惑星において起こり得る光合成反応の分子科学的考察」, 2017年度生命科学系学会合同年次大会 (ConBio2017) ワークショップ「アストロバイオロジー: 地球と宇宙での生命探査」, 神戸ポートピアホテル, 神戸, 2017年12月.

S. MASAOKA, "Pentanuclear Iron Catalysts for Water Oxidation," the 4th Japan-Canada Joint Symposium on Coordination Chemistry, Fukuoka and Miyazaki (Japan), November 2017.

S. MASAOKA, "Pentanuclear Iron Catalysts for Water Oxidation," American Chemical Society (ACS) Asia-Pacific International Chapters Conference, Jeju (Korea), November 2017.

S. MASAOKA, "Pentanuclear Iron Catalysts for Water Oxidation," The NANOTEC-IMS Joint Research Meeting, NANOTEC, Klong Nueng (Thailand), October 2017.

S. MASAOKA, "Pentanuclear iron catalysts for water oxidation," 11th Japan-China Joint Symposium on Metal Cluster Compounds, Nagoya University, Nagoya (Japan), October 2017.

正岡重行, 「金属錯体を触媒とする酸素発生反応」, 第10回ChemBio ハイブリッドレクチャー, 東京大学浅野キャンパス, 東京, 2017年9月.

S. MASAOKA, "Pentanuclear iron catalysts for water oxidation," The 2nd Japan-US Bilateral Meeting on Coordination Chemistry, Hokkaido University, Sapporo (Japan), September 2017.

S. MASAOKA, "Pentanuclear iron catalysts for water oxidation," The 6th Asian Conference on Coordination Chemistry (ACCC6), Melbourne (Australia), July 2017.

正岡重行, 「金属錯体を触媒とする酸素発生反応」, 奈良女子大学講演会, 奈良女子大学, 奈良, 2017年7月.

S. MASAOKA, "Pentanuclear iron catalysts for water oxidation," Molecular Technology: "Energy and electron transfers in molecular engineered materials," Strasbourg (France), June 2017.

S. MASAOKA, "Molecular catalysts for water oxidation," Japan-China Joint Interdisciplinary Symposium on Coordination-Based Hybrid Materials, Okazaki Conference Center, Okazaki (Japan), June 2017.

S. MASAOKA, "Pentanuclear Iron Catalysts for Water Oxidation," International Symposium on Pure & Applied Chemistry (ISPAC) 2017, Ho Chi Minh City (Vietnam), June 2017.

正岡重行, 「金属錯体を触媒とする酸素発生反応」, 先端科学・材料技術部会高選択性反応分科会講演会, 新化学技術推進協会 (JACI) 会議室, 東京, 2017年6月.

正岡重行,「水分子の特異な触媒的変換反応の開発」,日本化学会第 97 春季年会特別企画「精密設計反応場を利用した高難度変換反応の開発」,慶応義塾大学日吉キャンパス,横浜,2017年3月.

正岡重行,「金属錯体の機能連動による触媒創出」,分子研研究会「金属錯体の情報制御と機能連動」,分子科学研究所,2017年3月.

S. MASAOKA, “A Penta-iron Water Oxidation Catalyst,” 2017 International Conference on Artificial Photosynthesis, Ritsumeikan University, Kyoto (Japan), March 2017.

S. MASAOKA, “Fe, Ru, and Os Complexes with the Same Molecular Framework: Comparison of Structures, Properties and Catalytic Activities,” Faraday Discussion: Artificial Photosynthesis, Ritsumeikan University, Kyoto (Japan), March 2017.

正岡重行,「鉄五核触媒の分子構造制御に基づく低過電圧酸素発生」,新学術領域「人工光合成」第5回公開シンポジウム,東工大蔵前会館,東京,2017年1月.

S. MASAOKA, “Water Oxidation Catalyzed by Transition Metal Complexes,” 第7回「フォーラム：人工光合成」,東工大蔵前会館,東京,2017年1月.

正岡重行,「人工光合成への挑戦～金属錯体を用いた酸素発生触媒の開発～」,教育研究評議会(第50回),自然科学研究機構,2017年1月.

S. MASAOKA, “Molecular Catalysts Designed for Water Oxidation—Challenges to Artificial Photosynthesis—,” Welcome Visit of Dalian University of Technology to IMS & SOKENDAI, Institute for Molecular Science, Okazaki (Japan), January 2017.

近藤美欧,「鉄5核錯体による高活性酸素発生触媒の創製」,平成29年度膜タンパク質研究会,淡路夢舞台国際会議場,兵庫県淡路市,2017年10月.

M. KONDO, “Asymmetric assembly of metal ions in multinuclear complexes,” 錯体化学会第67回討論会,北海道大学,北海道札幌市,2017年9月.

近藤美欧,「分子モジュールの自己集合による超分子フレームワークの創製」,第11回超分子若手懇談会,箱根路開雲,神奈川県足柄下郡箱根町,2017年9月.

M. KONDO, “Molecular modules for framework catalysts,” Thirteenth International Workshop on Supramolecular Nanoscience of Chemically Programmed Pigments (SNCP17), Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga, June 2017.

近藤美欧,「生体機能模倣による高活性な酸素発生触媒の開発」,分子研研究会「触媒反応であるタンパク質反応を分子科学的観点から捉える」,分子科学研究所,愛知県岡崎市,2017年6月.

B-6) 受賞, 表彰

S. K. LEE, 4th Japan-Taiwan-Singapore-Hong Kong Quadrilateral Symposium on Coordination Chemistry, Chemistry Letters Young Award (2017).

伊豆 仁, 第50回酸化反応討論会ポスター賞 (2017).

Pondchanok Chinapang, 錯体化学会第67回討論会ポスター賞 (2017).

榎本孝文, 錯体化学若手研究会「錯体化学若手の会夏の学校 2017」優秀ポスター賞 (2017).

近藤美欧, 第19回守田科学研究奨励賞 (2017).

Pondchanok Chinapang, Energy & Environmental Science Outstanding Student Presentation Award (2017).

Pondchanok Chinapang, International Conference on Artificial Photosynthesis (ICARP2017), Excellent Poster Award (2017).

伊豆 仁, International Conference on Artificial Photosynthesis (ICARP2017), Excellent Poster Award (2017).
正岡重行, 平成 28 年度日本学術振興会賞 (2016).
岡村将也, 正岡重行, 近藤美欧, 第5回ネイチャー・インダストリー・アワード特別賞 (2016).
榎本孝文, Dalton Transactions Prize (2016).
榎本孝文, 錯体化学会第 66 回討論会ポスター賞 (2016).
榎本孝文, 日本化学会東海支部長賞 (2016).
S. K. LEE, The Winter School of Asian-Core Program, Poster Award (2016).
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

分子研研究会「Cutting-Edge Researches in Coordination Chemistry and Photochemistry」主催 (2017).
アジア連携分子研研究会「日中合同若手学際シンポジウム～配位化学を基盤とした次世代複合材料」主催 (2017).
分子研研究会「触媒反応であるタンパク質反応を分子科学的観点から捉える」所内対応 (2017).
分子研研究会「金属錯体の情報制御と機能運動」主催 (2017).

分子研研究会「金属錯体の非対称配位圏設計と異方集積化が拓く新物質創成科学」所内対応 (2016).
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–).

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」, 2017 年度後期.
名古屋大学大学院理学研究科, 客員准教授, 2013 年 4 月–.

B-9) 学位授与

伊東貴弘, 「Design, Construction and Reactivity of Porous Frameworks with Substitution—Labile Sites」, 2017 年 3 月, 博士(理学).
岡部佑紀, 「Synthesis, Properties and Catalytic Activities for CO₂ Reduction of Porphyrins and Porphyrin Complexes Bearing π -Conjugated Substituents」, 2017 年 3 月, 博士(理学).

B-10) 競争的資金

科研費新学術領域研究(計画研究), 「光化学的刺激/電気化学的刺激による金属錯体触媒のオンデマンド活性化」, 正岡重行 (2017 年–2021 年).
科研費新学術領域研究(公募研究), 「アシンメトリック金属イオン集積に立脚した新奇機能性分子群の創製」, 近藤美欧 (2017 年–2018 年).
科研費挑戦的研究(萌芽), 「結晶性ホストへの戦略的機能統合による革新的触媒システムの構築」, 近藤美欧 (2017 年–2019 年).
徳山科学技術振興財団研究助成, 「多核異種金属錯体のオンデマンド合成による高効率な二酸化炭素還元触媒系の創出」, 近藤美欧 (2016 年–2017 年).
科研費基盤研究(B), 「クラスター錯体によるエネルギーキャリアのテーラーメイド合成」, 正岡重行 (2016 年–2018 年).
科研費研究活動スタート支援, 「多核錯体への柔軟なプロトン移動能の導入と水の酸化反応への影響」, 岡村将也 (2016 年–2017 年).
科研費新学術領域研究(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).
科研費新学術領域研究(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③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かけ研究「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

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。2017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) 金属錯体の規則配列によるフレームワーク触媒の開発, c) 金属錯体触媒と有機触媒との複合によるハイブリッド触媒系の開発, 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, 8族金属イオンを有する錯体のみならず, 他の金属イオンを有する金属錯体触媒の開発に着手し, 水の四電子酸化反応, 還元, N₂還元等の多岐にわたる多電子酸化還元反応に対する高活性な触媒の創出に取り組みたい。b) については, 様々な構造・反応性を有する分子モジュールを用いて種々のフレームワークを開発し, 特異な反応場が触媒機能に与える影響について追究したい。c) では, 2017年までに構築したハイブリッド触媒系ならびに反応機構解析により得られた知見を礎に, 新たな反応性を有するハイブリッド触媒系の創出に向けた研究を展開する。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。