

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H03056

研究課題名(和文)メタル化ペプチドを基盤とする人工酵素の創製

研究課題名(英文)Artificial Enzymes base on Metalated Peptides

研究代表者

高谷 光 (Takaya, Hikaru)

京都大学・化学研究所・准教授

研究者番号：50304035

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円

研究成果の概要(和文)：金属錯体が結合したメタル化アミノ酸・ペプチドを用いて、単一の錯体では実現不可能な高次触媒機能、分子認識能、物質輸送能を有する人工酵素の創出を目的とした研究を行う。主たる研究目的は、1)触媒機能を有するメタル化アミノ酸の開発。および、これらの連結によって触媒金属が配列制御されたポリメタル化ペプチドを得るための合成法を開発。2)基質認識ペプチドとメタル化アミノ酸・ペプチドを連結した人工酵素の開発。3)ヘリックス型およびN,C-末端結合性ポリメタル化ペプチドの自己組織化を利用して膜タンパク質類似の細孔性超構造体を構築し、これらをミセルやベシクルに取込んだ水中で作用する超分子触媒システムを構築する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人類社会の物質生産基盤を担う様々な金属錯体触媒は、天然の酵素にない触媒機能を実現し、活性や耐久性は酵素のそれを遥かに凌駕する。しかし、多種多様な分子が高密度に混在する分子夾雑系における基質選択的反応については、酵素を凌駕する金属触媒は開発されていない。特に生体組織の様に夾雑な分子環境において、狙った基質から、必要な反応のみを引き起こし、所望の物質を生産できる人工酵素の開発は、有機合成化学における未踏領域の開拓につながる。本研究では木質夾雑系からリグニンを認識して精密分解できる人工酵素の開発に成功し、将来のSDGs達成に必要な未利用バイオマスからの触媒的な有用物質生産法に先鞭をつけた。

研究成果の概要(英文)：To investigate programmable metal array fabrication based on metalated amino acids and peptides, where various transition-metal complexes are covalently conjugated to the alpha-side chains of amino acids and peptides. We successfully achieved the syntheses of various transition-metal complex-bound glutamines and norvalines and their peptides and finally succeeded to find their unique catalysis and self-assembly properties with the applications of supramolecular aggregates of metalated amino acids in various organic transformations, such as the cyclization of alkynes and oxidations of alcohols and methoxybenzenes under aqueous conditions. A detailed research of the mechanism of the self-assembly process and the catalytic reactions have been also achieved to prove the effectiveness of metalated amino acid- and peptide-based metal array fabrication in the design of advanced smart materials based on bioorganometallic compounds.

研究分野：有機合成化学，有機金属化学，ペプチド科学，超分子科学，触媒科学

キーワード：メタル化アミノ酸 メタル化ペプチド 金属配列制御 超分子錯体 人工酵素 ペプチド中分子

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

複数の金属錯体が3次元配置制御された超分子空間内では、金属間の協働的、協奏的作用によって単一金属では実現し得ない優れた機能や物性の発現が期待される。申請者らはアミノ酸・ペプチドの自己組織化能を利用して、金属錯体の「組成・配列・空間配置」を制御して集積化するための方法論に注力した研究を行ってきた。その結果、図1に示す様にメタル化アミノ酸の縮合連結に基づく金属の1次元集積様式制御(組成・配列)、およびメタル化ペプチドの自己組織化による高次構造誘起を利用した金属の2次元・3次元集積様式制御に成功している。

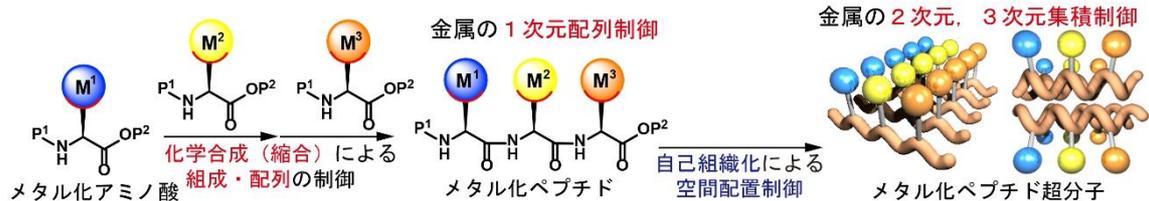


図1. メタル化アミノ酸・ペプチドを用いる金属錯体の集積制御

申請者らは現在までに、図2に示す様な光・触媒機能に優れたメタル化アミノ酸の開発に成功している。これらは4段階程度でマルチグラムスケール合成が可能であるだけでなく、酸・塩基や熱に対して非常に安定であり、金属の脱離や光学純度の低下なしにペプチドへと誘導することができる。次頁図3に示す様に、Pd, Pt, Ni, Ru 錯体結合型アミノ酸の脱保護とペプチド縮合を繰返し行うことによって、所望の組成・配列を有する異種金属結合型メタル化ペプチドが得られる。さらに、これらメタル化ペプチドの自己組織化特性について詳細な研究を行った結果、1)メタル化ペプチドの溶液に超音波を照射するとパラレル配向で自己組織化が進行して、金属錯体の配向性が完全に制御された超分子が得られること、2)ペプチド超分子集合体が水中で作用する高効率な触媒となること、3)得られた超分子内で金属間の電子移動やエネルギー移動に由来するユニークな光・電子特性を発現すること等を見出した。

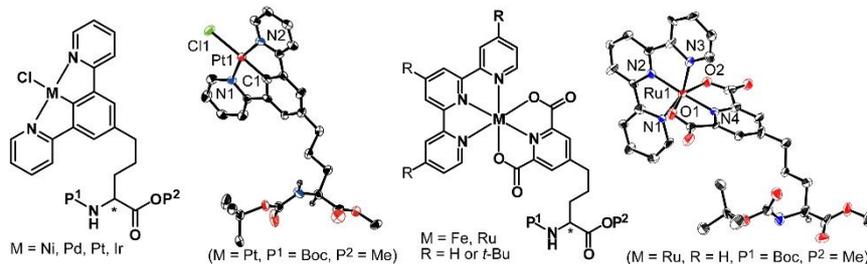


図2. 申請者らが開発したメタル化アミノ酸とX線構造

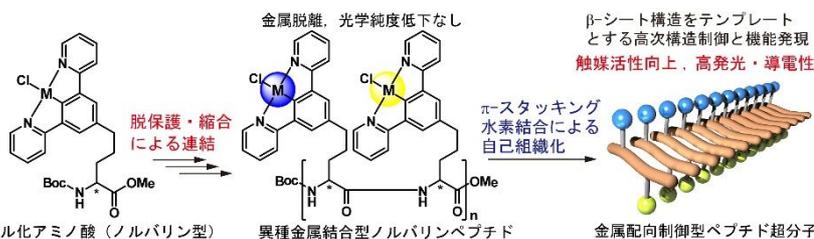


図3. 異種金属結合型ノルバリンペプチドの合成と自己組織化による金属集積制御、機能発現

2. 研究の目的

1. ポリメタル化ペプチド高効率合成法の開発: 2~12分子のメタル化アミノ酸が連結されたメタル化ペプチドの高効率合成法の開発を目指す。メタル化アミノ酸の縮合反応では、著しい立体障害とN,C-末端の金属配位によって縮合が阻害されるため、著しい収率の低下や、残基欠損による純度の低下が問題となる。また、固相合成法を用いた場合には縮合ステップ毎に大過剰のメタル化アミノ酸を加える必要が生じるため、これらの問題を解決できる高効率なペプチド合成法を開発する必要がある。本研究では縮合剤、添加剤、保護基を改良することによって、液相法にて4残基で90%、8残基で40%程度の単離収率の実現を目指した。

2. メタル化ペプチド人工酵素の開発: メタル化ペプチド基盤の人工酵素の開発を目指して、図4に示す様に、1)分子認識能を有するペプチドを導入したメタル化アミノ酸・ペプチドを合成し、認識ペプチド部位による基質分子の認識、捕捉を利用して、夾雑系からの化学選択的反応、位置・立体選択的反応が可能で高次機能触媒を開発する。さらに、2)配位結合型環状ペプチドおよびヘリックス型ペプチドの自己組織化によって膜蛋白質類似の細孔性メタル化ペプチド超分子を構築し、これらをミセルやベシクルに取り込み、超分子中の細孔を反応場とする高活性、高

選択的な触媒システムを開発する。尚、本研究では生体の代謝反応として重要な酸化反応開発に注力した研究を行い、1)ではリグニンの精密酸化分解、2)ではカロテノイド選択的酸化反応の開発を目指したい。

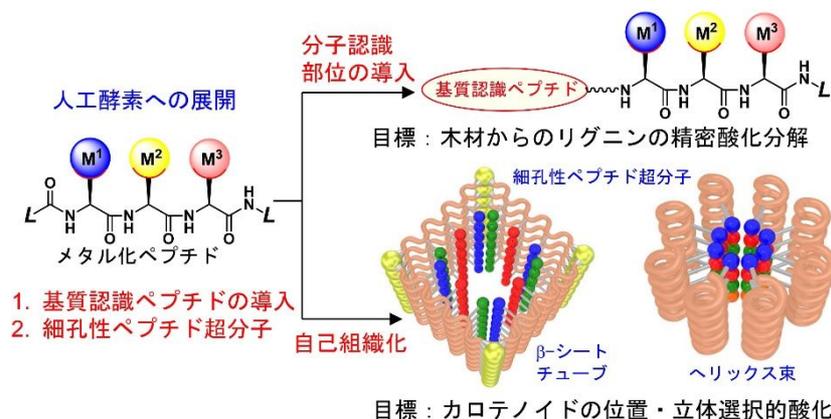


図4. メタル化ペプチドを基盤とする人工酵素の創出

3. 研究の特色と獨創性：ペプチドを用いる人工酵素研究としてはヘリックス束にポルフィリン等の金属錯体を取込んだ系が報告されているが (T. Sasaki, E. T. Kiser, *JACS* 1998), ペプチド部位に特定基質認識能を持たせた研究は例がない。申請者らのペプチド触媒はファージディスプレイ法で得られた認識ペプチドを利用することで多種多様な基質・反応に適応できる拡張性の高い触媒設計を可能とする点に特徴がある。また、細孔性ペプチド超分子については、先行例としてペプチド MOF が知られているが (A. Manton, A. Taubert *JACS* 2008, M. J. Rosseinsky, *Science* 2010), 骨格中に取り込まれた金属が配位的に飽和しているため触媒利用が難しい。申請者らのペプチド超分子では、側鎖に結合した金属錯体が骨格構築に関与せず高活性な触媒として作用するだけでなく、所望の触媒機能を自由に導入できるため従来型のペプチド MOF では不可能な高次触媒機能の実現が期待できる。

3. 研究の方法

平成 29 - 30 年度には、ポリメタル化ペプチドの高効率合成法の開発を目的とした研究を行った。具体的には、1) 残基数 4~8 のメタル化ペプチドの液相合成法およびライゲーション法による 16~32 残基ペプチドの高効率合成法を開発である。また、ファージディスプレイ法を用いた基質認識ペプチドの探索も並行して行った。平成 30-31 年度研究では、2) メタル化ペプチドに基質認識ペプチドを結合した人工酵素の合成と触媒的酸化反応について検討を行った。また、3) 自己組織化による細孔性ペプチド超分子合成のための環状およびヘリックスペプチドの合成に取り組んだ。

4. 研究成果

1. メタル化ペプチド高効率合成法の開発：申請者らはメタル化ペプチドの高効率な液相合成法開発に注力した研究を行い、図 5 に示す様に C-/N-末端脱保護メタル化アミノ酸の当モル混合物の DMF 溶液に塩基としてジメチルグリシンメチルエステル (DMG) を加え攪拌した後に、クロロジメトキソトリアジン (CDMT) を用いるとメタル化アミノ酸の縮合反応が効率良く進行して、過剰量の N-末端フリーメタル化アミノ酸を用いること無しにペプチドが高い収率で得られることを見出した。本法を用いることによって、高高い Ru 錯体の結合したアミノ酸から対応するペプチドが良い収率で得られ (テトラ 58%, ヘキサ 24%), これらが溶液中で極めて安定なヘリックス構造を形成することを見出した。

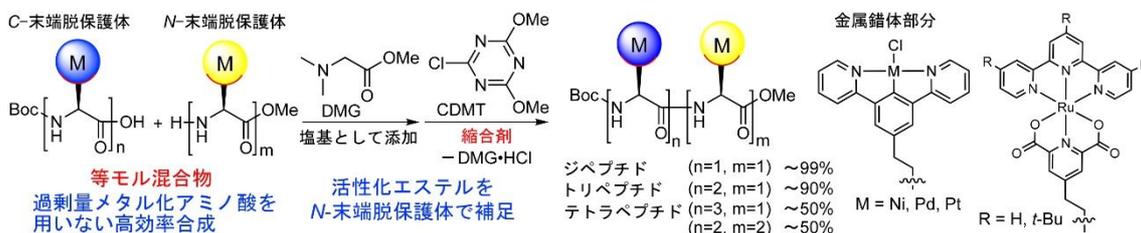


図5. 過剰量のアミノ酸を必要としない異種金属結合型ペプチドの高効率液相合成法

2. リグニン認識ペプチド結合型メタル化アミノ酸・ペプチドの創出とリグニン精密酸化分解：リグニンは化石資源に代わる循環可能な炭素資源として注目されている。しかしながら、リグニンは構造の定まらないアモルファスな不規則高分子であり、木質中でセルロース類と複雑に絡

み合い強固に結合している。そのため、木粉等からリグニンのみを選択的に分解して、化成品原料として有用な低分子量の芳香族化合物を得ることは極めて難しい。申請者は自然界で唯一リグニンを分解できる白色腐朽菌が過酸化水素を酸化剤として温和な条件でリグニンを酸化分解していることから着想を得て、図6に示す様に、優れた酸化機能を有するRu結合型アミノ酸・ペプチドにリグニン親和性ペプチドを結合することによってリグニンの選択的酸化分解が可能で人工酵素を創出できると考えた。優れた酸化活性を示すRuノルバリンを用いて予備的研究を行ったところ、リグニン中に最大で60wt%含まれるβ-O-4構造の構成要素であるメトキシベンゼンとベンジルアルコールに対して高い酸化活性を示し、対応するベンゾキノンやケトン類が得られること、さらに、木材から単離抽出した磨砕リグニン(MWL)の酸化分解も可能であり、平均分子量が400~800のオリゴマーを与えることを見出した(図6)。また、リグニン親和性ペプチドについては、ファージディスプレイ法によってMWLに対して高い親和性($\sim 10^{-5} M^{-1}$)を示す12残基ペプチド配列を発見することに成功した(図7, *SciRep* 2016, 日経バイオ)。

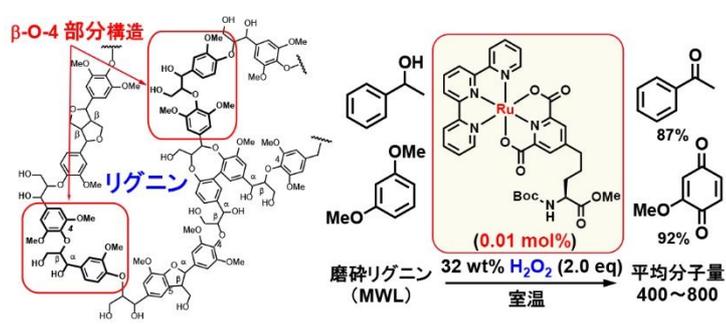


図6. Ruアミノノルバリンによるリグニン部分構造とMWLの酸化

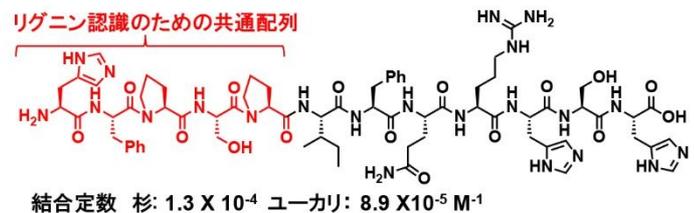


図7. ファージディスプレイ法で発見したリグニン認識ペプチド

上記の成果を背景として、本研究ではさらに研究を一步進めて、Ru結合型ノルバリンペプチドとリグニン認識ペプチドを結合し、これを用いて木質からセルロースを残して選択的にリグニンを酸化分解してベンゾキノン類やフェノール類を与える人工酵素の開発を目的とした検討を行った。その結果、基質としてスギおよびユーカリから抽出した磨砕リグニン(MWL)を用いて反応において、MWLの分解が効率よく進行すること。木粉を基質とした反応において、リグニン選択的な酸化反応が進行し、キノン類を選択的に与えることを見出した(図8)。また、Ru触媒部位とリグニンの相互作用を解明し、酸化効率向上のための基礎的知見を得る目的で、2次元NMR(HSQC, TROSY)を用いた詳細な分析を行い、メタル化ペプチド触媒によるリグニン認識の機序を分子科学的解明を目指した。その結果、本触媒を用いたリグニン分解では、リグニン中のβ-O-4部分構造において、一電子移動をきっかけとしたキノンメチドの生成と続く水付加によってリグニンの切断・分解が進行していることが明らかとした。

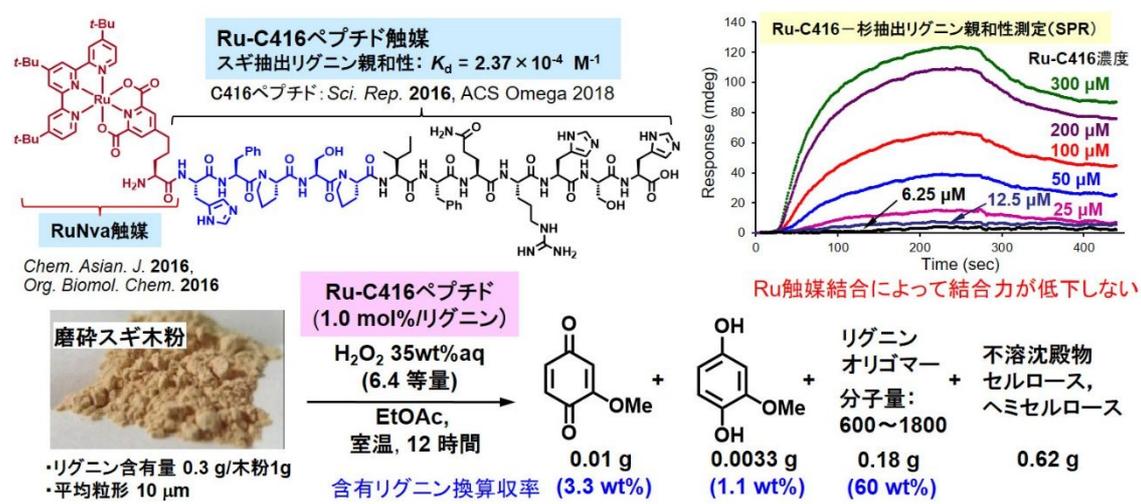


図8. Ru錯体-リグニン認識ペプチド触媒による木質夾雑系からのリグニン選択的分解

3. 共有結合型環状メタル化ペプチドおよびメタル化ペプチドチューブ合成: 平成29年度に合成したメタル化ペプチドを用いて環状ペプチドの合成を試みた。環化の方法としてN,C-末端にアミノ基を有するメタル化ペプチドとアルデヒドの縮合反応による動的共有結合を利用する。図9に示す様に、申請者は最近、Pt結合型ノルバリンから誘導したペプチドの合成とX線構造決定に成功し、これらが結晶構造中でβ-シート型会合体を形成していることを明らかにし、これらとテレフタルアルデヒドが溶液中で自発的に縮合して定量的に環状ペプチドを与えること

を見出している。そこで、本研究では、これら環状ペプチドの自己組織化（ β -シート型会合）を種々の条件下で誘起することによってペプチドチューブ合成を目指した。現在、本ペプチドの自己組織から得られる超分子化合物の同定と構造決定を行っている。

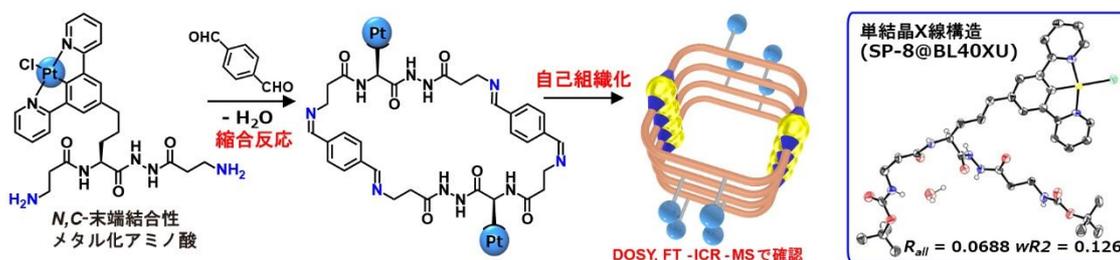


図9. 縮合環化による環状ペプチドの合成と自己組織化ペプチドチューブ

4：今後の展開について～自己組織化による環状メタル化ペプチド， β -シートチューブ合成： N/C -両末端に配位部位（ L ）を有するメタル化ノルバリンペプチドを合成し、これらの金属への配位を駆動力とする自己組織化によって環状ペプチドを合成し、続いて環状ペプチドのさらなる自己組織化によるチューブ状 β -シート超分子合成を目指す（図10）。本研究では、一義的に特定の配位超分子が生成する条件を探索するために、配位金属の種類、ペプチド鎖長、アミノ酸 D/L -立体配置、反応溶媒と濃度等について NMR（DOSY）を用いて網羅的に調べる。予備研究として N,C -末端にピリジル基を導入した配位性ジペプチドの合成に成功しており、これらが DMF 等の有機溶媒中で自己組織化することによって環状ジペプチドを与えることを見出している。生成する環状ジペプチド中の N/C -配位方向の配向については、 N/C -が同一配向となるパラレル型と逆配向のアンチパラレル型の2種類の生成が予測されるが、 ^1H NMR から熱力学的にアンチパラレル配向異性体の生成を示唆する結果を得ており、溶媒条件等で単一配向異性体を得られると考えている。

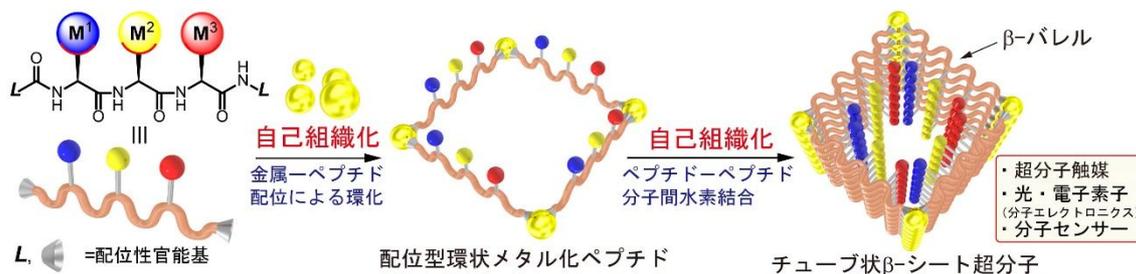


図10. 自己組織化による環状メタル化ペプチドおよび β -シートチューブ超分子合成

メタル化ペプチド超分子の触媒機能探索：申請者らは現在までに、 Ru および Pd 結合型ノルバリンジペプチド超分子集合体が水中で作用する高効率な触媒として作用することを見出している。一般にチューブ状ペプチド超分子は水中でミセルと混合する事によってチャンネル膜タンパク類似の物質輸送機能を示すことが知られている。本研究ではチューブ状ペプチド超分子とベシクルやミセルから図11に示す様な超分子触媒システムを構築し、水中での触媒的有機合成について検討を行うと共に、超構造体の内部や表面に形成されるナノ構造や、金属との多点相互作用を活かしたカロテノイドの位置、立体選択的反応や不斉酸化反応の開発を目指す。

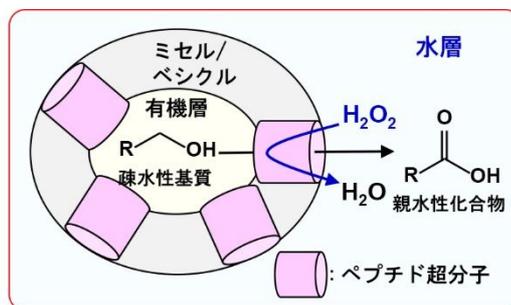


図11. メタル化ペプチド超分子触媒システム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Okuma Yukari, Tsukamoto Toshihiro, Inagaki Takayuki, Miyagawa Shinobu, Kimura Masaki, Naito Masaya, Takaya Hikaru, Kawasaki Tsuneomi, Tokunaga Yuji	4. 巻 6
2. 論文標題 Rotational isomerism of the amide units in rotaxanes based on a cyclic tetraamide and secondary ammonium ions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 1002 ~ 1009
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9QO00096H	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Yamada Yasuyuki, Mihara Nozomi, Takaya Hikaru, Kitagawa Yasutaka, Igawa Kazunobu, Tomooka Katsuhiko, Fujii Hiroshi, Tanaka Kentaro	4. 巻 25
2. 論文標題 Site Selective Supramolecular Complexation Activates Catalytic Ethane Oxidation of μ Nitrido Bridged Iron Porphyrinoid Dimer	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 3369 ~ 3375
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201805580	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Aoki Yuma, O'Brien Harry M., Kawasaki Hiroto, Takaya Hikaru, Nakamura Masaharu	4. 巻 21
2. 論文標題 Ligand-Free Iron-Catalyzed C-F Amination of Diarylamines: A One-Pot Regioselective Synthesis of Diaryl Dihydrophenazines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 461 ~ 464
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.8b03702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Agata Ryosuke, Takaya Hikaru, Matsuda Hiroshi, Nakatani Naoki, Takeuchi Katsuhiko, Iwamoto Takahiro, Hatakeyama Takuji, Nakamura Masaharu	4. 巻 92
2. 論文標題 Iron-Catalyzed Cross Coupling of Aryl Chlorides with Alkyl Grignard Reagents: Synthetic Scope and FeII/FeIV Mechanism Supported by X-ray Absorption Spectroscopy and Density Functional Theory Calculations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 381 ~ 390
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20180333	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Isozaki Katsuhiko, Shimoaka Takafumi, Oshiro Satoshi, Yamaguchi Asako, Pincella Francesca, Ueno Ryo, Hasegawa Takeshi, Watanabe Takashi, Takaya Hikaru, Nakamura Masaharu	4. 巻 3
2. 論文標題 Robust Surface Plasmon Resonance Chips for Repetitive and Accurate Analysis of Lignin?Peptide Interactions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 7483 ~ 7493
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.8b01161	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirano Masafumi, Sano Kosuke, Kanazawa Yuki, Komine Nobuyuki, Maeno Zen, Mitsudome Takato, Takaya Hikaru	4. 巻 8
2. 論文標題 Mechanistic Insights on Pd/Cu-Catalyzed Dehydrogenative Coupling of Dimethyl Phthalate	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 5827 ~ 5841
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.8b01095	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura Masaki, Miyashita Jyunichi, Miyagawa Shinobu, Kawasaki Tsuneomi, Takaya Hikaru, Tokunaga Yuji	4. 巻 7
2. 論文標題 Recognition Behavior of a Porphyrin Heterodimer Self-Assembled through an Amidinium-Carboxylate Salt Bridge	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Asian Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2087 ~ 2093
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ajoc.201800382	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Adak Laksmikanta, Kawamura Shintaro, Toma Gabriel, Takenaka Toshio, Isozaki Katsuhiko, Takaya Hikaru, Orita Akihiro, Li Ho C., Shing Tony K. M., Nakamura Masaharu	4. 巻 139
2. 論文標題 Synthesis of Aryl C-Glycosides via Iron-Catalyzed Cross Coupling of Halosugars: Stereoselective Anomeric Arylation of Glycosyl Radicals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 10693 ~ 10701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.7b03867	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iwamoto Takahiro, Nishikori Tatsushi, Nakagawa Naohisa, Takaya Hikaru, Nakamura Masaharu	4. 巻 56
2. 論文標題 Iron-Catalyzed anti-Selective Carbosilylation of Internal Alkynes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 13298 ~ 13301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201706333	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sugimoto Kunihisa, Takaya Hikaru, Maekawa Masahiko, Kuroda-Sowa Takayoshi	4. 巻 18
2. 論文標題 Controlled Self-Assembly of a 2-D Sheet Coordination Polymer and Monomer Containing an Eight-Membered Cu ₄ I ₄ Crown Motif	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 571 ~ 575
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.7b01440	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計33件 (うち招待講演 10件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 社納貴文, 高谷光, 中谷祐也, 武田佳彦, 伊藤正人, 中村正治
2. 発表標題 鉄触媒を用いる木質リグニンの酸化分解反応
3. 学会等名 第63回リグニン討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷光, 縣亮介, 青木雄真, 岩本貴寛, 中谷直輝, シャルマ アキレッシ, 本間徹生, 中村正治
2. 発表標題 X線吸収分光による鉄触媒クロスカップリング反応の機構研究
3. 学会等名 第65回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hikaru Takaya
2. 発表標題 Mechanistic Study on Iron-Catalyzed Cross-Coupling Reaction Illuminated by Solution-Phase XAS Analysis
3. 学会等名 International X-ray Absorption Society (IXAS), 17th International Conference on X-ray Absorption and Related Phenomena (XAFS2018) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hikaru Takaya
2. 発表標題 Solution-Phase XAS Studies into Homogeneous Metal Catalysyst in Organic Synthesis
3. 学会等名 The 3rd International Symposium of Quantum Beam Science at Ibaraki University in 2018 "Quantum Beam Science in Biology and Soft Materials" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光
2. 発表標題 X線で観る世界：原子・分子から薬師寺東塔まで
3. 学会等名 日本表面真空学会九州支部2018年度市民講座 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光
2. 発表標題 AFSと量子化学計算の融合による均一系触媒反応の機構研究
3. 学会等名 錯体化学若手の会・中部東海支部勉強会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光
2. 発表標題 ある触媒化学者のベンゼン環との闘い：～クロスカップリングから木質リグニンまで、あれこれ
3. 学会等名 第50回構造有機化学若手の会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光
2. 発表標題 X線吸収分光と量子化学計算の融合による、均一系触媒反応機構の解析
3. 学会等名 触媒学会界面分子変換研究会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光
2. 発表標題 サイエンス&アーツ 日本の伝統美「術」 『一化学者と文化財・伝統美術とのかかわり：正倉院布から薬師寺東塔水煙まで、あれこれ』
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演ランチョンセミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中 陽子・北村 由羽・川野 竜司・本間 徹生・高谷 光・吉川 浩史・田中 大輔
2. 発表標題 マイクロ流路を用いた金属有機構造体の多段階核生成過程の解明
3. 学会等名 第99回日本化学会春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小宮山 友希・原田 洋子・増田 純也・高谷 光・山中 正道
2. 発表標題 ウレア誘導体のゲル化能評価
3. 学会等名 第99回日本化学会春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小島 拓・三浦 大樹・穴戸 哲也・高谷 光・山添 誠司
2. 発表標題 M4-Mo4O16複合クラスター (M = Ru, Rh) の触媒応用
3. 学会等名 第99回日本化学会春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤木 裕宇・松山 知樹・高谷 光・安田 伸広・中谷 直輝・山添 誠司
2. 発表標題 カウンターアニオンによるホスフィン保護金属クラスターの構造制御
3. 学会等名 第99回日本化学会春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 元紀・宮川 しのぶ・高谷 光・内藤 順也・徳永 雄次
2. 発表標題 水素結合によるD2対称ポルフィリントリマーの分子認識
3. 学会等名 第99回日本化学会春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川崎 皓斗・青木 雄真・高谷 光・中村 正治
2. 発表標題 ニッケル触媒を用いたアリールアミンオルト位でのC-Hアリール化反応
3. 学会等名 第99回日本化学会春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 社納 貴文・高谷 光・伊藤 正人・中村 正治
2. 発表標題 X線顕微CTによる木質組織の酸化分解過程の観察
3. 学会等名 第99回日本化学会春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高谷 光・社納 貴文・武田 佳彦・中谷 祐也・中村 正治
2. 発表標題 X線顕微CTによる木質組織の酸化分解過程の観察
3. 学会等名 第99回日本化学会春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takafumi Shanoh, Ryota Yoshida, Tomoya Yokoi, Katsuhiko Isozaki, Hiroshi Nishimura, Satoshi Oshiro, Keiko Kondo, Takashi Watanabe, Masato Katahira, Hikaru Takaya, Masaharu Nakamura
2. 発表標題 Oxidative Degradation of Lignin and Its Related Compounds Catalyzed by Metalated Amino Acids Bearing ONO-Pincer Ruthenium Complexes
3. 学会等名 The 43rd International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上野 亮, 磯崎 勝弘, 石橋 幸典, 高谷 光, 中村 正治
2. 発表標題 ペプチドデンドロンチオラート修飾金クラスターによるアミノアルコールの光触媒的酸化反応
3. 学会等名 日本化学会第97回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 豊田 貴大, 青木 雄真, 高谷 光, 中村 正治
2. 発表標題 鉄触媒を用いたジアリールアミンの官能基選択的N-アリール化
3. 学会等名 日本化学会第97回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 社納 貴文, 高谷 光, 伊藤 正人, 中村 正治
2. 発表標題 非ヘム鉄アミド錯体触媒による芳香族アルコール類の酸化反応
3. 学会等名 日本化学会第97回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上野 亮, 磯崎 勝弘, 石橋幸典, 高谷 光, 中村 正治
2. 発表標題 ペプチドデンドロンチオラート修飾金クラスターの光触媒機能
3. 学会等名 統合物質創製化学研究推進機構 第3回国内シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光
2. 発表標題 リグニンの資源化を目指したRu結合型ペプチド人工酵素の創製
3. 学会等名 JSTさきがけ終了領域シンポ (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光 , 吉田 亮太 , 磯崎 勝弘 , 横井 友哉 , 社納 貴文 , 西村 裕志 , 近藤 敬子 , 渡辺隆司 , 片平 正人 , 中村 正治
2. 発表標題 リグニンの資源化を目指したRu結合型ペプチド人工酵素の創製
3. 学会等名 第66回高分子討論会 特定テーマシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光 , 吉田 亮太 , 磯崎 勝弘 , 横井 友哉 , 社納 貴文 , 西村 裕志 , 近藤 敬子 , 渡辺隆司 , 片平 正人 , 中村 正治
2. 発表標題 リグニンの資源化を目指したRu結合型ペプチド人工酵素の創製
3. 学会等名 第64回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上野 亮 , 磯崎 勝弘 , 石橋 幸典 , 高谷 光 , 中村 正治
2. 発表標題 ペプチドデンドロンチオラート修飾金クラスターの光触媒機能
3. 学会等名 第64回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村琴広, 満留敬人, 永井 豪, 五十嵐 淳, 堤 健, 末木俊輔, 高谷 光, Tamm Matthias, 山添誠司
2. 発表標題 イミド配位バナジウム錯体によるエチレンの重合・二量化と溶液XAFS手法を活用した触媒活性種解析
3. 学会等名 第64回有機金属化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光
2. 発表標題 放射光を用いたその場計測研究会の活動状況
3. 学会等名 SPring-8シンポジウム2017
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高谷 光
2. 発表標題 普遍元素を用いる高機能触媒の創製：先端放射光技術の包括的利用に立脚した触媒元素戦略の実現
3. 学会等名 SPring-8シンポジウム2017
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中陽子・北村由羽・平谷萌恵・川野竜司・本間徹生・高谷光・吉川浩史・田中大輔
2. 発表標題 マイクロ流路を用いた多成分系MOF の結晶生成過程の解明
3. 学会等名 日本化学会第97回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐野浩介・小峰伸之・満留敬人・高谷光・平野雅文
2. 発表標題 フタル酸ジメチルの脱水素アレンカップリング反応における機構研究：溶液XAFSによるパラジウム錯体触媒の解析
3. 学会等名 日本化学会第97回春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 森田 健太郎, 山田 泰之, 三原 のぞみ, 高谷光, 北河 康隆, 井川 和宣, 友岡 克彦, 田中 健太郎
2. 発表標題 超分子的に連結したポルフィリン・フタロシアニンスタッキング型鉄二核錯体オキソ種によるメタン酸化活性評価
3. 学会等名 第67回錯体化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hikaru Takaya
2. 発表標題 Solution-Phase Structure of Homogeneous Organoiron Catalysts Illuminated by Synchrotron X-ray Absorption Spectroscopy
3. 学会等名 IRCCS-JST CREST Joint Symposium “Chemical sciences facing difficult challenges (招待講演) (国際学会)”
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Hikaru Takaya	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 472
3. 書名 Advances in Bioorganometallic Chemistry 1st Edition	

1. 著者名 高谷 光, 磯崎 勝弘, 吉田 亮太, 横井 友哉, 尾形 和樹, 社納 貴文, 安田 伸広, 岩本 貴寛, 中村 正治	4. 発行年 2018年
2. 出版社 有機合成化学協会	5. 総ページ数 14
3. 書名 有機合成化学協会誌	

〔出願〕 計5件

産業財産権の名称 セルロース及びノ又はヘミセルロースの製造方法	発明者 高谷光, 中村正治, 社納貴文, 北山健司	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-195240	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 金属イミド錯体及びこれを用いた基質変換方法	発明者 高谷光, 中村正治, 社納貴文, 伊藤正人	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-039105	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 金属イミド錯体及びこれを用いた基質変換方法	発明者 高谷光, 中村正治, 社納貴文, 伊藤正人	権利者 京都大学
産業財産権の種類、番号 特許、P18DC	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 フェノール誘導体の製造方法	発明者 渡辺隆, 中村正治, 高谷光, 福田健治	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2017-23576	出願年 2017年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 木質からの機能性イミダゾール化合物	発明者 渡辺隆, 中村正治, 高谷光, 福田健治	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、J08378B1	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計2件

産業財産権の名称 イミダゾール誘導体の製造方法	発明者 渡辺隆司, 中村正 治, 高谷光, 磯崎勝 弘, 他2名	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2018-127895	取得年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 トリアリールアミン類の製造方法	発明者 中村 正治, 高谷 光, 青木 雄真, 石川 真一, 萩原 秀樹	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2017-039277	取得年 2019年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

中村研究室 研究内容
<http://es.kuicr.kyoto-u.ac.jp/about.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----