

戦略的創造研究推進事業
研究領域「低エネルギー、低環境負荷で持続可能な
ものづくりのための先導的な物質変換技術の創出」
(ACT-C)

研究課題「低環境負荷型前周期遷移金属
レドックスシステムの設計に基づく先導的物質変換
テクノロジーの創出」

研究終了報告書

研究期間 平成24年10月～平成30年3月

研究代表者: 平尾俊一
(大阪大学産業科学研究所、特任教授)

目次

§ 1. 研究実施の概要	(2)
(1) 研究の概要	
(2) 顕著な成果	
§ 3. 研究実施体制	(3)
(1) 研究体制について	
(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について	
§ 4. 研究実施内容	(4)
§ 6. 成果発表等	(7)
(1) 原著論文発表	
(2) その他の著作物	
(3) 国際学会発表及び主要な国内学会発表	
(4) 知財出願	
(5) 受賞・報道等	
(6) 成果展開事例	
§ 7. 研究期間中の活動	(16)
(2) 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動	

§ 1. 研究実施の概要

(1) 研究の概要

本研究では、レドックス特性およびLewis酸性を有する前周期遷移金属化合物に着目した反応システムの構築に取り組み、低環境負荷型の先導的物質変換テクノロジーを創出することを目的としている。前周期遷移金属であるバナジウムに着目し、高原子価バナジウム(V)を活用する種々のエノラート種の酸化的カップリングや触媒的なハロゲン化物の酸化的導入法を開発した。また、高原子価イミドバナジウム(V)錯体の合成法の開発と構造論を展開した。このイミドバナジウム(V)錯体を用いて常圧の二酸化炭素を触媒的に固定し、尿素化合物合成を明らかにした。また、低原子価バナジウムの2核錯体を設計合成し、クロスピナコールカップリングを実現した。さらに、二酸化炭素とベンゾフェノン誘導体間での還元的カップリングによる二酸化炭素固定法も開発した。非平面型 π 共役系分子スマネンに着目し、この化合物からシクロペンタジエニル様トリアニオンを発生させ、3核ジルコノセン型錯体を合成した。また、酸素還元触媒として有望な含窒素グラファイトをボウル型のスマネン誘導体にレーザーを照射することで合成するための条件を確立した。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1.

エノラート種同士の酸化的クロスカップリングは1,4-ジカルボニル化合物を直接的に合成する有用な反応であるが、同一活性種の酸化反応を行うため、選択的なクロスカップリング反応は難しく、これまで優れた方法はなかった。本研究で、高原子価バナジウム(V)を用い、ボロンおよびシリルエノラートを組み合わせることで、種々の酸化的クロスカップリングが高収率・高選択的に進行することを見出した。

2.

触媒的なCO₂固定化反応の開発は環境問題の観点から重要である。一段階でアミンとオキソバナジウム(V)種を反応させて、イミドバナジウム錯体を生成させる反応とイミドバナジウム(V)錯体とCO₂を反応させイソシアネートを生成させる反応を組み合わせることで、CO₂の加圧をせず、温和な条件にて、触媒量のオキソバナジウム(V)と1級アミンから尿素誘導体を合成する方法を開発した。

<科学技術イノベーション・課題解決に大きく寄与する成果>

1.

特になし

§ 3. 研究実施体制

(1) 研究体制について

H24～26年度

① 「平尾」グループ

研究代表者: 平尾 俊一 (大阪大学大学院工学研究科、教授)

研究項目

1. クロスカップリング反応

・エノラート種の酸化的クロスカップリング (§ 2 の立体選択性の制御も含む)

2. ハイブリッド不斉空間場

・ハイブリッド不斉触媒の開発 (核酸塩基部位を有する有機金属化合物の不斉組織化を含む)

3. CO₂ などの小分子の触媒的活性化

・カルボニル化合物の還元的クロスカップリング (§ 2 の還元的 CO₂ カップリングとその不斉化も含む)

・CO₂ の触媒的活性化

4. 非平面系配位子の設計と機能活用

・メタロセン型単核および三核錯体の合成と触媒的応用

・含窒素グラファイトの合成と触媒的応用

参画した研究者の数 (研究員 1 名、研究補助員 0 名、学生 31 名)

H27 年度～

① 「平尾」グループ

研究代表者: 平尾 俊一 (大阪大学産業科学研究所、特任教授)

② 「森内」グループ

主たる共同研究者: 森内 敏之 (大阪大学大学院工学研究科、准教授)、雨夜 徹 (大阪大学大学院工学研究科、助教)

研究項目

平尾グループと森内グループが共同で「低環境負荷型前周期遷移金属レドックスシステムの設計に基づく先導的物質変換テクノロジーの創出」に取り組む。

1. クロスカップリング反応

・エノラート種の酸化的クロスカップリング (§ 2 の立体選択性の制御、触媒化も含む)

・ボロンエノラートの触媒的脱ヒドロホウ素化

2. ハイブリッド不斉空間場

・ハイブリッド不斉触媒の開発

3. CO₂ などの小分子の触媒的活性化

・カルボニル化合物の還元的クロスカップリング (§ 2 の還元的 CO₂ カップリングとその不斉化も含む)

・CO₂ の触媒的活性化

4. 非平面系配位子の設計と機能活用

・メタロセン型錯体の合成と触媒的応用

・含窒素グラファイトの合成と触媒的応用

参画した研究者の数 (研究員 2 名、研究補助員 0 名、学生 10 名)

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

筑波大学 中村潤児教授 との共同研究で、レーザ誘起グラファイト化により合成した含窒素グラファイト様化合物の燃料電池様電極触媒としての応用を行っている。

§ 4. 研究実施内容

H24～26年度は、大阪大学 平尾グループが、H27年度以降は、平尾グループと森内グループが共同で「低環境負荷型前周期遷移金属レドックスシステムの設計に基づく先導的物質変換テクノロジーの創出」に取り組んでいる。

研究項目1：クロスカップリング反応

1-1 エノラート種の酸化的クロスカップリング (§ 2 の立体選択性の制御、触媒化も含む)

① 研究のねらい

エノラート種同士の酸化的クロスカップリングは1,4-ジカルボニル化合物を直接的に合成する有用な反応であるが、同一活性種の酸化反応が起こるため、選択的なクロスカップリングは難しく、優れた方法はなかった。本研究で、高原子価バナジウムを用い、選択的なクロスカップリングの実現を目指している。

② 研究実施方法

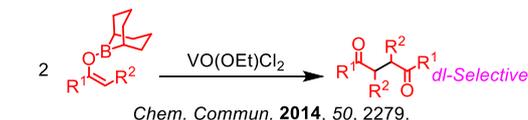
エノラート種の金属種を変化させることで、反応性を制御した。

③ 採択当初の研究計画 (全体研究計画書) に対する現在の研究進捗状況 (§ 2. と関連します) と得られた成果

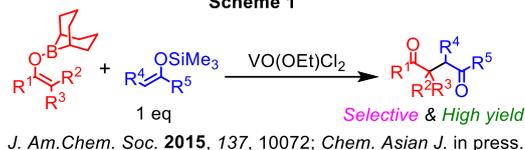
金属種を検討するにあたり、これまで酸化的カップリングに用いられてこなかったボロンエノラートに着眼した。その反応性を調べるべく、まず化学量論量の V(V) の存在下、ボロンエノラートの酸化的ホモカップリングを行ったところ、ジアステレオ選択的に反応が進行し、*dl*体が主として得られることを明らかにした (Scheme 1)。また、ボロンとシリルエノラートを組み合わせることで、基質を1対1で用いても高収率・高選択性でクロスカップリングが進行することを見出した (Scheme 2)。高選択的にエノラート種のクロスカップリングを進行させた初めての例である。V(V)の触媒化も可能で、分子状酸素雰囲気下、触媒量のV(V)を用いてクロスカップリングが進行することを見出している (Scheme 3)。

④ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況と得られた成果

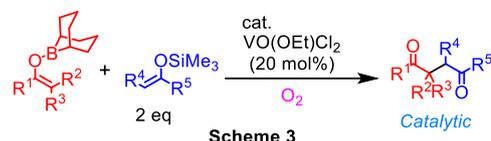
ボロンエノラートに対して Pd(II)を作用させると脱ヒドロホウ素化が進行し、対応する α,β -不飽和カルボニル化合物が得られることを見出した。また、Cu(II)を末端酸化剤とすることで、Pd(II)の触媒化も達成した (Scheme 4)。さらに三枝-伊藤型の反応よりも、反応性が高いことも明らかにした。



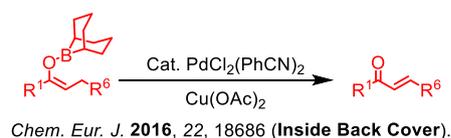
Scheme 1



Scheme 2



Scheme 3



Scheme 4

研究項目2：ハイブリッド不斉空間場

2-1 ハイブリッド不斉触媒の開発

① 研究のねらい

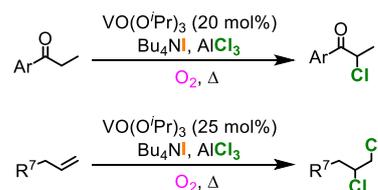
バナジウムのレドックス特性を巧みに触媒サイクルに組み込むことにより、分子状酸素を用いたハロゲン化物イオンのハロゲンカチオン活性種への触媒的変換に基づく酵素機能を越えた酸化的ハロゲン化触媒の開発に取り組んでいる。

② 研究実施方法

ケトンの α 塩素化およびオレフィンの二塩素化を V(V)触媒/Bu₄Ni/AlCl₃/O₂システムにより行った。

③ 採択当初の研究計画 (全体研究計画書) に対する現在の研究進捗状況 (§ 2. と関連します) と得られた成果

プロピオフェノン誘導体に対して、VO(OⁱPr)₃を20 mol%、Bu₄Niを120 mol%、AlCl₃を120 mol%用い、酸素雰囲気下で反応を行ったところ、触媒的塩素化が効率的に進行し、高収率で α -塩素化体



Scheme 5

が選択的に得られた (Scheme 5)。また、グラムスケールでの反応にも適用可能であった。また、本システムはアルケンの塩素化にも有用であり、末端オレフィン誘導体から対応する 1,2-二塩素化体を良好な収率で与えることを見出した (Scheme 5)。

④ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況と得られた成果特になし

2-2 ハイブリッド不斉反応場の開発

① 研究のねらい

多様な酸化状態を有するバナジウム触媒のレドックス機能を制御するために、配位環境の空間制御に関する研究に取り組んでいる。

② 研究実施方法

不斉配位子を有するヒドラジドおよびイミドバナジウム(V)錯体の設計合成と構造特性を調べた。

③ 採択当初の研究計画(全体研究計画書)に対する現在の研究進捗状況 (§2. と関連)と得られた成果

イソプロポキシド配位子を有するヒドラジドあるいはイミドバナジウム(V)錯体と(R)-1-フェニルエタノールを室温で反応することにより、対応する不斉アルコキシド配位子を有するヒドラジドあるいはイミドバナジウム(V)錯体の合成が可能となった。イミド窒素の高い sp 性が明らかとなった。

④ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況と得られた成果

結晶状態のみならず溶液状態において、不斉アルコキシド配位子が架橋した二量体を形成することが明らかとなり、不斉多核反応場としての展開が可能となった。

研究項目 3 : CO₂ などの小分子の触媒的活性化

3-1 カルボニル化合物の還元的クロスカップリング (§ 2 の還元的 CO₂ カップリングとその不斉化も含む)

① 研究のねらい

カルボニル化合物の還元的クロスカップリングは、非対称 1,2-ジオールを合成する直接的で有用な方法であるが、同一活性種同士のクロスカップリングであるため、困難であった。異種 2 核錯体を用い触媒構造制御による求電子種同士の還元的クロスカップリングを目指している。

② 研究実施方法

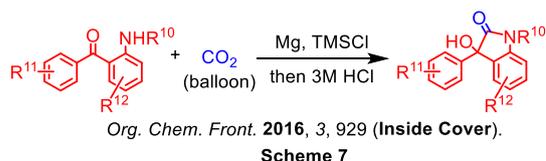
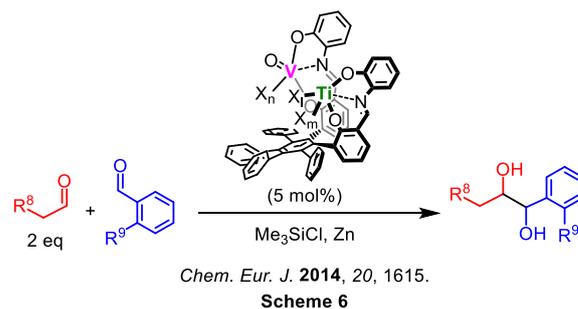
剛直な土台の上に 2 つのヘミサレン部位を有する配位子を合成し、それを用いて異種 2 核 (バナジウムとチタン) 錯体を形成させ、クロスピナコールカップリングを行った。

③ 採択当初の研究計画に対する現在の研究進捗状況 (§2. と関連)と得られた成果

Ti(IV)と V(V)を剛直なヘキサアリアルベンゼンスカフォールド上に反応に適した位置に導入したヘテロ 2 核ヘミサレン錯体を合成した。このヘテロ 2 核ヘミサレン錯体を触媒、Zn を共還元剤として用い、脂肪族アルデヒドと芳香族アルデヒド間のクロスピナコールカップリングを行った。その結果、クロスカップリングが選択的に進行することを見出した (Scheme 6)。合成手法として非常に巧みな反応制御がなされたと考えられる。

また、ベンゾフェノン誘導体と CO₂ の還元的カップリングを行い、対応する生理活性物質によく見られるオキシインドール骨格を構築できることを見出した (Scheme 7)。

④ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況と得られた成果特になし



研究項目 4：非平面系配位子設計と機能活用

4-1 メタロセン型錯体の合成と触媒的応用

① 研究のねらい

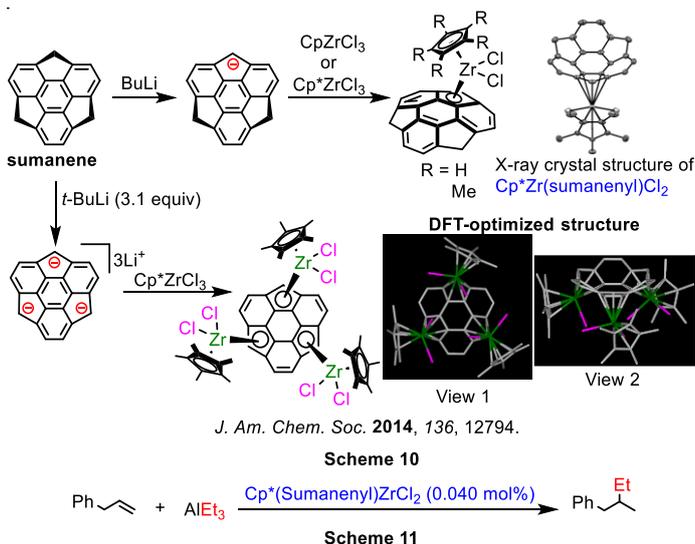
非平面 π 共役系分子であるスマネン (Scheme 10) を活用すれば、3 金属が近接した 3 核の前周期遷移金属メタロセン錯体が合成できると考えられ、従来にない特異な反応が進行することが期待できる。本研究では、このメタロセン錯体の合成と触媒反応への応用を目指している。

② 研究実施方法

スマネニル配位子を有する 4 族金属の単核および 3 核メタロセン錯体を合成し、構造を明らかにするとともに、オレフィン類の重合反応や根岸カルボアルミネーション反応における触媒機能を評価した。

③ 採択当初の研究計画 (全体研究計画書) に対する現在の研究進捗状況 (§ 2. と関連します) と得られた成果

スマネンを BuLi で処理することで、ベンジルモノアニオンを発生させ、 CpZrCl_3 および Cp^*ZrCl_3 で捕捉することにより対応する錯体がそれぞれ得られた (Scheme 10)。X 線構造解析から、いずれもスマネニル配位子のコンベックス面からジルコニウムが η^5 配位していることが明らかになった。また、トリアニオンを発生させ、 Cp^*ZrCl_3 で捕捉することにより、3 核錯体を合成した。DFT 計算による最適化構造からボウルの外側からの選択的な配位が示唆された。

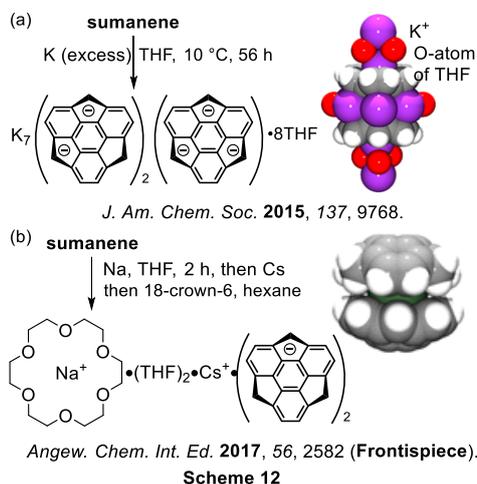


得られた錯体は、根岸カルボアルミネーション反応を触媒することも最近見出した (Scheme 11)。

④ 当初計画では想定されていなかった新たな展開があった場合、その内容と展開状況と得られた成果

スマネンのベンジルアニオンの化学について、種々検討する過程で、ジアニオンとトリアニオンの混合物の錯体得られた。X 線結晶構造解析からトリアニオンがボウルの外側で 6 個の K^+ をサンドイッチし、ボウルの内側では、1 つの K^+ を内包した超分子錯体を見出した (Scheme 12a)。また、スマネニルモノアニオン 2 分子による Cs^+ の超分子サンドイッチ構造も明らかにした (Scheme 12b)。このような 2 つのボウルの内側で金属をサンドイッチする錯形成は、立体的にもエントロピー的にも不利であると考えられ、報告例は皆無であった。

スマネンの物性測定の際に、レーザ誘起グラファイト化を偶然見出した。得られた含窒素グラファイトは酸素還元能を有するため燃料電池の正極触媒として有望視されている。



§ 6. 成果発表等

(1)原著論文発表 【国内(和文)誌 0件、国際(欧文)誌 32件】

1. Sarah N. Spisak, Jingbai Li, Andrey Yu. Rogachev, Zheng Wei, Toru Amaya, Toshikazu Hirao, and Marina A. Petrukhina, "Crown Ether Assisted Convex Cesium Binding to a Sumanenyl Bowl", *Organometallics*, vol. 36, No. 24, pp. 4961-4967, 2017 (DOI: 10.1021/acs.organomet.7b00782).
2. Toshiyuki Moriuchi, Taiki Nishiyama, Yoshiki Tayano, and Toshikazu Hirao, "Controlled Self-Assembling Structures of Ferrocene-Dipeptide Conjugates Composed of Ala-Pro-NHCH₂CH₂SH Dipeptide Chain", *J. Inorg. Biochem.*, vol. 177, No. 12, pp. 259-265, 2017 (DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2017.05.009).
3. Toshiyuki Moriuchi, Yasuhiro Fukui, Takashi Sakuramoto, and Toshikazu Hirao, "Oxidative Bromination Reactions in Aqueous Media by Using Bu₄NBr/TFA/H₂O₂ System", *Chem. Lett.*, vol. 46, No. 12, pp. 1708-1710, 2017 (DOI: 10.1246/cl.170734).
4. Toshiyuki Moriuchi, Takashi Sakuramoto, Masafumi Nishina, Ryota Kawai, and Toshikazu Hirao, "Structural Characterization of (Arylimido)vanadium(V) Compounds with 2,6-Difluorophenoxide Ligand", *Z. Anorg. Allg. Chem.*, vol. 643, No. 18, pp. 1173-1177, 2017 (DOI: 10.1002/zaac.201700205).
5. Toshiyuki Moriuchi, Taiki Nishiyama, Masaki Nobu, and Toshikazu Hirao, "Control of Helical Chirality of Ferrocene-Dipeptide Conjugates by the Secondary Structure of Dipeptide Chains", *Chem. Eur. J.*, vol. 23, No. 52, pp. 12704-12708, 2017 (DOI: 10.1002/chem.201703102).
6. Takashi Sakuramoto, Toshikazu Hirao, and Toshiyuki Moriuchi, "Structural Characterization of (Diphenylhydrazido)vanadium(V) Compounds", *ChemistrySelect*, vol. 2, No. 23, pp. 6618-6622, 2017 (DOI: 10.1002/slct.201700833).
7. Takashi Sakuramoto, Toshikazu Hirao, and Toshiyuki Moriuchi, "Structural Characterization of Chiral Vanadium(V) Complexes with V=N Bond", *Chem. Lett.*, vol. 46, No. 6, pp. 844-847, 2017 (DOI: 10.1246/cl.170070).
8. Mamoru Fujitsuka, Sachiko Tojo, Toru Amaya, Toshikazu Hirao, and Tetsuro Majima, "Radical Ions of π -Bowl Sumanene: Effects of Strained Structure on the Electronic Transitions", *J. Phys. Chem. A.*, vol. 121, No. 26, pp. 4902-4906, 2017 (DOI: 10.1021/acs.jpca.7b03700).
9. Toshiyuki Moriuchi, Hao Wu, Yoshiki Tayano, and Toshikazu Hirao, "Structural Characterization of Chirality-Organized Ferrocene-Dipeptide Conjugates Having Pyridine *N*-Oxide Moieties", *Asian J. Org. Chem.*, vol. 6, No. 9, pp. 1250-1256, 2017 (DOI: 10.1002/ajoc.201700145).
10. Toru Amaya, Yuma Osafune, Yusuke Maegawa, and Toshikazu Hirao, "Vanadium(V)-induced Oxidative Cross-coupling of Various Boron and Silyl Enolates", *Chem. Asian J.*, vol. 12, No. 12, pp. 1301-1304, 2017 (DOI: 10.1002/asia.201700470).
11. Toshiyuki Moriuchi, Taiki Nishiyama, Yoshiki Tayano, Norimitsu Tohnai, and Toshikazu Hirao, "Self-Assembled Structures of Ferrocene-L-Carnosine Conjugates", *J. Organomet. Chem.*, vol. 839, pp. 78-82, 2017 (DOI: 10.1016/j.jorganchem.2017.01.005).
12. Sarah N. Spisak, Zheng Wei, Andrey Yu. Rogachev, Toru Amaya, Toshikazu Hirao, and Marina A. Petrukhina, "Double Concave Cesium Encapsulation by Two Charged Sumanenyl Bowls", *Angew. Chem. Int. Ed.*, vol. 56, No. 10, pp. 2582-2587, 2017 (DOI: 10.1002/anie.201610696).
13. Yuki Sakamoto, Toru Amaya, Takeyuki Suzuki, and Toshikazu Hirao, "Palladium(II)-Catalyzed Dehydroboration via Generation of Boron Enolates", *Chem. Eur. J.*, vol. 22, No. 52, pp. 18686-18689, 2016 (DOI: 10.1002/chem.201604306).
14. Takashi Sakuramoto, Toshiyuki Moriuchi, and Toshikazu Hirao, "Controlled coordination in vanadium(V) dimethylhydrazido compounds", *J. Inorg. Biochem.*, vol. 164, pp. 77-81, 2016 (DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2016.08.017).
15. Toru Amaya, Shun Katoh, and Toshikazu Hirao, "Bowl-to-Bowl Inversion Accelerated by Introduction of Bulky 1,1,4,4-Tetramethylbutane-1,4-diyl Group to Sumanene", *Synlett*, vol. 27, No. 14, pp. 2128-2132, 2016 (DOI: 10.1055/s-0035-1561473).
16. Toru Amaya, Izumi Kurata, and Toshikazu Hirao, "Synthesis of Oxindoles via Reductive CO₂ Fixation", *Org. Chem. Front.*, vol. 3, No. 8, pp. 929-933, 2016 (DOI: 10.1039/c6qo00107f).
17. Toru Amaya, Yusuke Maegawa, Takaya Masuda, Yuma Osafune, and Toshikazu Hirao, "Selective Intermolecular Oxidative Cross-Coupling of Enolates", *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 137, No. 32, pp. 10072-10075, 2015 (DOI: 10.1021/jacs.5b05058).
18. Sarah N. Spisak, Zheng Wei, Natalie J. O'Neil, Andrey Yu. Rogachev, Toru Amaya, Toshikazu Hirao, Marina A. Petrukhina, "Convex and Concave Encapsulation of Multiple Potassium Ions by Sumanenyl

- Anions”, *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 137, No. 31, pp. 9768-9771, 2015 (DOI: 10.1021/jacs.5b06662).
19. Toru Amaya, Takanori Ito, Shun Katoh, and Toshikazu Hirao, “Regioselective Functionalization of Sumanene”, *Tetrahedron*, vol. 71, No. 35, pp. 5906-5909, 2015 (DOI: 10.1016/j.tet.2015.05.086).
 20. Toru Amaya, Takanori Ito, and Toshikazu Hirao, “Construction of a Hemifullerene Skeleton: A Regioselective Intramolecular Oxidative Cyclization”, *Angew. Chem. Int. Ed*, vol. 54, No. 18, pp. 5483-5487, 2015 (DOI: 10.1002/anie.201500548).
 21. Yuki Sakamoto, Toshiyuki Moriuchi, and Toshikazu Hirao, “Dinuclear organogold(I) complexes bearing uracil moieties: chirality of Au(I)–Au(I) axis and self-assembly”, *CrystEngComm*, vol. 17, No. 18, pp. 3460-3467, 2015 (DOI: 10.1039/C5CE00221D).
 22. Yuhi Inada, Toru Amaya, and Toshikazu Hirao, “Investigation of thresholds in laser-induced carbonization of sumanene derivatives through in situ observation utilizing a Raman spectroscopy”, *RSC Adv.*, vol. 5, No. 24, pp. 18523-18530, 2015 (DOI: 10.1039/c5ra00747j).
 23. Yuhi Inada, Toru Amaya, Akinori Saeki, Shu Seki, and Toshikazu Hirao, “Laser-Induced Carbonization of Sumanene Derivatives: Exposure-Time Dependence of Time-Resolved Microwave Conductivity”, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, vol. 88, No. 2, pp. 330-332, 2015 (DOI: 10.1246/bcsj.20140318).
 24. Toshiyuki Moriuchi, Yasuhiro Fukui, Satoshi Kato, Tomomi Kajikawa, and Toshikazu Hirao, “Vanadium-Catalyzed Chlorination under Molecular Oxygen”, *J. Inorg. Biochem.*, vol. 147, pp. 177-180, 2015 (DOI: 10.1016/j.jinorgbio.2015.01.015).
 25. Toru Amaya, Yuki Takahashi, Toshiyuki Moriuchi, and Toshikazu Hirao, “Sumanenyl Metallocenes: Synthesis and Structure of Mono- and Trinuclear Zirconocene Complexes”, *J. Am. Chem. Soc.*, vol. 136, No. 36, pp. 12794-12798, 2014 (DOI: 10.1021/ja5072459).
 26. Toru Amaya, Yuhi Inada, Yasutomo Shimizu, Akinori Saeki, Ryotaro Tsuji, Shu Seki, and Toshikazu Hirao, “Sumanenemonoone Imines Bridged by Redox-Active p-Conjugated Unit: Synthesis, Stepwise Coordination to Palladium(II), and Laser-Induced Formation of Nitrogen-Doped Graphitic Carbon”, *Chem. Asian J.*, vol. 9, No. 9, pp. 2568-2575, 2014 (DOI: 10.1002/asia.201402242).
 27. Toshiyuki Moriuchi, Ryohei Ohata, Yuki Sakamoto, and Toshikazu Hirao, “Self-Assembling Properties of NCN-Pincer Palladium(II) Complexes Bearing a Uracil Moiety”, *Eur. J. Inorg. Chem.*, No. 27, pp. 4626-4631, 2014 (DOI: 10.1002/ejic.201400131).
 28. Toshiyuki Moriuchi, Keisuke Ebisu, Chiaki Katano, and Toshikazu Hirao, “Polypeptide-Induced Fluorescence of Pyrene Derivatives Based on Coordination Programming”, *Chem. Lett.*, vol. 43, No. 7, pp. 1101-1103, 2014 (DOI: 10.1246/cl.140).
 29. Toru Amaya, Takaya Masuda, Yusuke Maegawa, and Toshikazu Hirao, “Oxovanadium(V)-induced diastereoselective oxidative homocoupling of boron enolates”, *Chem. Commun.*, vol. 50, No. 18, pp. 2279-2281, 2014 (DOI: 10.1039/c3cc49624d).
 30. Akihiro Miyasaka, Toru Amaya, and Toshikazu Hirao, “Synthesis of Heterodinuclear Hemisalen Complexes on a Hexaarylbenzene Scaffold and their Application for the Cross-Pinacol Coupling Reaction”, *Chem. A Eur. J.*, vol. 20, No. 6, pp. 1615-1621, 2014 (DOI: 10.1002/chem.201303946).
 31. Toshiyuki Moriuchi, Kousuke Ikeuchi, and Toshikazu Hirao, “Synthesis of Vanadium(V) Hydrazido Complexes with tris(2-hydroxyphenyl)amine Ligands”, *Dalton Trans.*, vol. 42, No. 33, pp. 11824-11830, 2013 (DOI: 10.1039/c3dt50533b).
 32. Yuhi Inada, Toru Amaya, Yasutomo Shimizu, Akinori Saeki, Takeo Otsuka, Ryotaro Tsuji, Shu Seki, and Toshikazu Hirao, “Nitrogen-doped Graphitic Carbon Synthesized by Laser Annealing of Sumanenemonoone Imine as a Bowl-shaped α -Conjugated Molecule”, *Chem. Asian J.*, vol. 8, No. 11, pp. 2569-2574, 2013 (DOI: 10.1002/chem.201303946).

(2)その他の著作物(総説、書籍など)【国内(和文)誌 3 件、国際(欧文)誌 4 件】

1. 森内敏之, “核酸塩基部位を有する生物有機金属錯体の機能組織化”, *Bulletin of Japan Society of Coordination Chemistry*, Vol. 70, pp. 22-31, 2017.
2. 森内敏之, 平尾俊一, “生物有機金属共役分子の分子組織化”, *高分子論文集*, Vol. 73, No.1, pp. 1-11, 2016.
3. 稲田雄飛, 雨夜 徹, “最新構造の”炭”で白金に挑む! -酸素還元反応触媒用含窒素カーボン類の最近の動向”, *化学*, Vol. 70, No.8, pp. 64-65, 2015.
4. Toru Amaya and Toshikazu Hirao, “Chemistry of Sumanene”, *Chem. Rec.*, vol. 15, No. 1, pp. 310-321, 2015 (DOI: 10.1002/tcr.201402078).
5. Toshiyuki Moriuchi, Toru Amaya and Toshikazu Hirao, “Hybrid Systems Consisting of Redox-Active π -Conjugated Polymers and Transition Metals or Nanoparticles”, in *Organometallics and Related Molecules for Energy Conversion*, W.-Y. Wong (Ed), Springer, pp. 497-511, 2015.

6. Toshikazu Hirao, Toshiyuki Moriuchi, Toru Amaya, Akiya Ogawa, Akihiro Nomoto, and Annika Groß in *Functionalized Redox Systems: Synthetic Reactions and Design of π - and Bio-conjugates*, Toshikazu Hirao (Ed), Springer, pp. 1-152, 2015.
7. Toru Amaya and Toshikazu Hirao, "Organometallic Complexes of Sumanene", in *Advances in Organometallic Chemistry and Catalysis*, Armando J. L. Pombeiro (Ed), Wiley, Weinheim, pp. 473-483, 2013.

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 11 件、国際会議 15 件)

国内会議

1. ○雨夜 徹、機能有機化学-レドックス型反応開発、導電性ポリアニリン機能システム、ボウル型分子スマネンの化学ー、第 20 回スクリプス・バイオメディカルフォーラム、ホテルメルパルク大阪、2017年12月2日
2. ○雨夜 徹、機能有機化学-レドックス反応開発、導電性高分子、スマネンー、京都大学大学院理学研究科第 2 回有機若手ワークショップ、京都大学理学研究科セミナーハウス、2017年11月29日
3. ○雨夜 徹、エノラート種の酸化的クロスカップリング、2017 日本化学会中国四国支部大会、鳥取産業体育館・鳥取大学、2017年11月12日
4. ○森内敏之、生体分子の自己組織化特性を利用した不斉構造規制場の構築、第 15 回有機合成化学協会関西支部賞受賞講演会、大阪科学技術センター、平成 29 年 11 月 8 日
5. ○雨夜 徹、レドックス化学に基づく炭素-炭素結合形成、日本化学会 97 春季年会、慶應義塾大学日吉キャンパス、2017年3月16日
6. ○雨夜 徹、スマネンを基盤とするボウル型 π 共役系分子の合成と機能、第 33 回有機合成化学セミナー、ヒルトンニセコビレッジ、2016年9月7日
7. ○雨夜 徹、 π ボウルスマネンの金属錯体、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、自然科学研究機構 岡崎カンファレンスセンター、2016年3月5日
8. ○雨夜 徹、ポリアニリンに基づくレドックス機能システム、第 39 回有機電子移動化学討論会、長崎大学、2015年6月26日
9. ○平尾俊一、有機金属化学の構図、近畿化学協会有機金属部会第 1 回例会、大阪科学技術センター、2015年4月14日
10. ○平尾俊一、新しい研究領域を目指して、有機合成新春講演会、大阪大学、2015年1月20日
11. ○平尾俊一、機能的レドックス系の構築に魅せられて、大阪大学大学院基礎工学研究科特別講演、大阪大学、2014年12月12日

国際会議

1. ○森内敏之、Vanadium-Catalyzed Bromination Reaction with Molecular Oxygen, 3rd International Conference on Organic and Inorganic Chemistry, Doubletree by Hilton Chicago North Shore Conference Center, 米国、シカゴ、平成 29 年 7 月 18 日 (基調講演)
2. ○雨夜 徹、Oxovanadium(V)-induced Oxidative Cross-coupling of Various Boron and Silyl Enolates, International Symposium on Pure & Applied Chemistry 2017 (ISPAC 2017)、ベトナム、ホーチミン、2017年6月8日
3. ○森内敏之、Bromoperoxidase Mimicking Bromination Catalysts, 2nd International Conference on Enzymology and Molecular Biology (Enzymology & Mol. Biology 2017)、Holiday Inn Rome Aurelia, イタリア、ローマ、平成 29 年 3 月 21 日
4. ○森内敏之、Controlled Arrangement of Bioorganometallic Conjugates with Nucleobases, 8th Asian Biological Inorganic Chemistry Conference, The University of Auckland, ニュージーランド、オークランド、平成 28 年 12 月 8 日
5. ○雨夜 徹、前川祐輔、増田敬哉、長船雄馬、平尾俊一、Oxidative Cross-coupling of Boron and Silyl Enolates, Catalysis and Fine Chemicals 2016 (C&FC 2016)、Howard Civil Service

International House、台湾、台北、平成28年11月11日

6. ○平尾俊一、Oxovanadium-Induced Oxidative Coupling、The 10th International Vanadium Symposium (V10)、Howard Civil Service International House、台湾、台北、2016年11月8日(基調講演)
7. ○森内敏之、Oxovanadium(V)-Catalyzed Urea Formation from Amine and Carbon Dioxide、The 10th International Vanadium Symposium (V10)、Howard Civil Service International House(台北、台湾)、2016年11月7日
8. ○森内敏之、Design of Chirality-Organized Bioorganometallic Conjugates with Dipeptides or Nucleobases、8th International Symposium on Bioorganometallic Chemistry (ISBOMC 16)、Courtyard by Marriott Moscow City Center、ロシア、モスクワ、2016年9月6日
9. ○雨夜 徹、前川祐輔、増田敬哉、長船雄馬、平尾俊一、Selective Intermolecular Oxidative Cross-Coupling of Enolates、The 12th International Symposium on Organic Reactions (ISOR-12)、京都テルサ、2016年4月18日
10. ○森内敏之、Control of Molecular Assemblies through Self-Assembling Properties of Amino Acids and Nucleobases、7th Spanish Portuguese Japanese Organic Chemistry Symposium、スペイン、セビリヤ、2015年6月24日
11. ○森内敏之、Control of Chiral Assemblies through Hydrogen Bonding Properties of Amino Acids、4th International Conference on Nanotech & Expo、米国、サンフランシスコ、2014年12月2日
12. ○平尾俊一、Chirality-Organized Bioorganometallic Compounds、7th International Symposium on Bioorganometallic Chemistry、オーストリア、ウィーン、2014年7月21-25日
13. ○森内敏之、Chirality Organization of Dipeptide Conjugates、BIT's 7th Annual World Protein and Peptide Conference 2014、中国、大連、2014年4月28日
14. ○平尾俊一、雨夜 徹、齋尾大輔、伊藤 翼、Hybrid Catalysts Consisting of Polyanilines and Metal Nanoparticles、International Symposium on Organic Reaction-11、台湾、台北、2013年11月19-22日
15. ○平尾俊一、Novel Redox Systems of π -Conjugated Polyanilines、Chulalongkorn University 講演会、Bangkok, Thailand、2012年12月7日

② 口頭発表 (国内会議 32件、国際会議 3件)

国内会議

1. ○櫻本貴士、平尾俊一、鳶巢 守、森内敏之、Synthesis and Structure of (Imido)vanadium(V) Complexes with Alkoxide Ligands、日本化学会第98春季年会、日本大学理工学部 船橋キャンパス、2018年3月20日
2. ○櫻本貴士、河合亮太、平尾俊一、森内敏之、Oxovanadium(V)-Catalyzed Synthesis of Urea and Allylamine Derivatives、錯体化学会第67回討論会、北海道大学、2017年9月17日
3. ○雨夜 徹、長船雄馬、平尾俊一、エノラート種の酸化的クロスカップリング：エノラート種の検討と触媒化、第41回有機電子移動化学討論会、北海道大学、2017年6月23日
4. ○森内敏之、久保真依子、アラニルプロリン誘導体の不斉組織化、第15回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム、立命館大学 びわこ・くさつキャンパス、2017年6月4日
5. ○櫻本貴士、河合亮太、平尾俊一、森内敏之、Oxovanadium(V)-Catalyzed Introduction of Amino Groups、日本化学会97春季年会、慶應義塾大学日吉キャンパス、2017年3月16日
6. 雨夜 徹、○長船雄馬、平尾俊一、高原子価バナジウム触媒によるエノラートの酸化的クロスカップリング、日本化学会第96春季年会、同志社大学 京田辺キャンパス、2016年3月26日
7. ○坂本勇樹、雨夜 徹、鈴木健之、平尾俊一、パラジウム触媒によるボロンエノラートの脱ヒドロホウ素化、日本化学会第96春季年会、同志社大学 京田辺キャンパス、2016年3月26日
8. ○稲田雄飛、大條正人、雨夜 徹、辻良太郎、鈴木健之、平尾俊一、ヘテロ原子ドーブ炭

- 素材料の合成と酸素還元触媒能、日本化学会第96春季年会、同志社大学 京田辺キャンパス、2016年3月25日
9. 雨夜 徹、○長船雄馬、前川祐輔、平尾俊一、高原子価バナジウムを用いた異種エノラート間の酸化的クロスカップリングおよび触媒化、第48回酸化反応討論会、同志社大学今出川キャンパス、2015年10月24日
 10. 森内敏之、○櫻本貴士、平尾俊一、不斉配位子を有するイミドおよびヒドラジドバナジウム(V)錯体の合成と構造、日本化学会第95春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス/薬学部、2015年3月29日
 11. 雨夜 徹、○加藤 俊、高橋佑来、平尾俊一、スマネニル錯体の触媒機能、日本化学会第95春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス/薬学部、2015年3月28日
 12. 森内敏之、○河合亮太、平尾俊一、オキソバナジウム触媒を用いたアミンと二酸化炭素からの尿素誘導反応、日本化学会第95春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス/薬学部、2015年3月27日
 13. 雨夜 徹、○長船雄馬、前川祐輔、平尾俊一、オキソバナジウム(V)による異種エノラート間の酸化的クロスカップリング反応の触媒化、日本化学会第95春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス/薬学部、2015年3月27日
 14. 雨夜 徹、○前川祐輔、平尾俊一、オキソバナジウム(V)を用いるボロン及びシリルエノラートの選択的な酸化的クロスカップリング、日本化学会第95春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス/薬学部、2015年3月27日
 15. 森内敏之、○福井康大、平尾俊一、過酸化水素を用いた酸化的ハロゲン化反応、日本化学会第95春季年会、日本大学理工学部船橋キャンパス/薬学部、2015年3月26日
 16. 雨夜 徹、○前川祐輔、平尾俊一、オキソバナジウム(V)を活用するボロン及びシリルエノラートの酸化的クロスカップリング、第106回有機合成シンポジウム、早稲田大学国際会議場、2014年11月6日
 17. ○雨夜 徹、伊藤隆宣、平尾俊一、ビススマネニリデンの合成、第25回基礎有機化学討論会、東北大学川内キャンパス、2014年9月8日
 18. ○稲田雄飛、雨夜 徹、清水康智、佐伯昭紀、辻良太郎、大塚岳夫、関 修平、平尾俊一、ボウル型 π 共役系分子スマネン誘導体のレーザアニーリングによる含窒素グラファイト様炭素の合成、第47回フラーレン・ナノチューブ・グラフェン総合シンポジウム、名古屋大学東山キャンパス、2014年9月3日
 19. 森内敏之、○櫻本貴士、平尾俊一、バナジウム(V)ヒドラジド錯体の構造特性、日本化学会第94春季年会、名古屋大学、2014年3月30日
 20. 雨夜 徹、○加藤 俊、平尾俊一、ボウル型のスマネニル配位子を有するハフノセン錯体の合成、日本化学会第94春季年会、名古屋大学、2014年3月30日
 21. 雨夜 徹、○倉田和泉、平尾俊一、低原子価金属を用いたカルボニル化合物の還元的二酸化炭素固定、日本化学会第94春季年会、名古屋大学、2014年3月27日
 22. 雨夜 徹、○沖本竜太、稲田雄飛、平尾俊一、スマネン誘導体へのレーザ照射によるフラーレン化、日本化学会第94春季年会、名古屋大学、2014年3月27日
 23. ○稲田雄飛、雨夜 徹、平尾俊一、非平面 π 共役系分子のレーザ誘起グラファイト化とその場観察、日本化学会第94春季年会、名古屋大学、2014年3月27日
 24. 雨夜 徹、○前川祐輔、増田敬哉、平尾俊一、高原子価バナジウムによるボロンエノラートの酸化的ホモおよびクロスカップリング、第46回酸化反応討論会、筑波大学、2013年11月15日
 25. ○坂本勇樹、森内敏之、孟 祥大、平尾俊一、核酸塩基部位を有する生物有機金属化合物の合成と配列制御、第60回有機金属化学討論会、学習院大学、2013年9月13日
 26. 森内敏之、○戎 佳祐、平尾俊一、ポリペプチドを場とするピレン誘導体の導入、日本化学会第93春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013年3月24日
 27. 雨夜 徹、○高橋佑来、森内敏之、平尾俊一、 π ボウル型スマネニル配位子を有するメタロセンの合成、日本化学会第93春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013年3月24日
 28. ○宮坂彰浩、雨夜 徹、平尾俊一、クロスピナコールカップリング反応のための二核ヘミサレン錯体の合成と触媒機能、日本化学会第93春季年会、立命館大学びわこ・くさつキ

- キャンパス、2013年3月24日
29. 雨夜 徹、○前川祐輔、平尾俊一、高原子価バナジウムを用いたカルボアニオン類縁体の酸化カップリング、日本化学会第93春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013年3月24日
 30. 森内敏之、○河合亮太、平尾俊一、オキソバナジウム錯体を用いたアミン誘導体と二酸化炭素からの尿素合成、日本化学会第93春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013年3月24日
 31. 森内敏之、○加藤智史、平尾俊一、分子状酸素を用いたバナジウム触媒による塩素化反応、日本化学会第93春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013年3月24日
 32. 雨夜 徹、○伊藤 翼、平尾俊一、ポリアニリンスルホン酸のレドックス挙動、日本化学会第93春季年会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2013年3月23日

国際会議

1. ○森内敏之、孟 祥太、坂本勇樹、平尾俊一、Architectural Control of Molecular Self-Assembly of Bioorganometallic Conjugates with Nucleobases、14th International Symposium on Applied Bioinorganic Chemistry (ISABC14)、フランス、トゥールーズ、2016年9月15日
2. ○稲田雄飛、雨夜 徹、佐伯昭紀、関 修平、平尾俊一、Nitrogen-doped Graphitic Carbon Synthesized by Laser Annealing of Sumanene Derivative、International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals 2014、Turku (Finland)、2014年7月4日
3. 森内敏之、Catalytic Oxidative Bromination with Molecular Oxygen、IKCOC-12、リーガロイヤルホテル京都、2012年11月15日

③ ポスター発表 (国内会議 20件、国際会議 16件)

国内会議

1. ○久保真依子、森内敏之、らせん状不斉組織化ジペプチド誘導体の動的挙動、第7回CSJ化学フェスタ2017、タワーホール船堀、2017年10月17日
2. ○森内敏之、坂本勇樹、平尾俊一、金(I)-金(I)軸の軸不斉を誘起するウラシル部位を有する有機金(I)二核錯体、第63回有機金属化学討論会、早稲田大学西早稲田キャンパス、2016年9月15日
3. ○小林和暉、戎佳祐、森内敏之、平尾俊一、ウラシル部位およびジペプチド部位を有する π 共役系分子の合成、第5回CSJ化学フェスタ、タワーホール船堀、2015年10月15日
4. ○長船雄馬、前川祐輔、雨夜 徹、平尾俊一、オキソバナジウム(V)による異種エノラート間の酸化クロスカップリング反応および触媒化、第5回CSJ化学フェスタ、タワーホール船堀、2015年10月13日
5. ○櫻本貴士、森内敏之、平尾俊一、不斉配位子を有するイミドおよびヒドラジドバナジウム(V)錯体の構造特性、錯体化学会第65回討論会、奈良女子大学、2015年9月21日
6. 雨夜 徹、○倉田和泉、平尾俊一、低原子価金属を用いたカルボニル化合物と二酸化炭素の還元的カップリング、第106回有機合成シンポジウム、早稲田大学国際会議場、2014年11月7日
7. ○櫻本貴士、森内敏之、平尾俊一、ヒドラジドバナジウム(V)錯体の結晶構造、第4回CSJ化学フェスタ、タワーホール船堀、2014年10月15日
8. ○倉田和泉、雨夜 徹、平尾俊一、低原子価金属に誘起されるカルボニル化合物とCO₂の還元的炭素-炭素結合形成、第4回CSJ化学フェスタ、タワーホール船堀、2014年10月15日
9. ○加藤 俊、雨夜 徹、高橋佑来、森内敏之、平尾俊一、スマネニル配位子を有する4族メタロセン錯体の合成と特性、第61回有機金属化学討論会、九州大学病院キャンパス、2014年9月24日

10. ○福井康大、森内敏之、加藤智史、平尾俊一、酸素雰囲気下におけるバナジウム触媒・酸による酸化的ハロゲン化反応、2013 ハロゲン利用ミニシンポジウム (第6回臭素化学懇話会年会)、愛媛大学、2013年11月29日
11. ○河合亮太、森内敏之、平尾俊一、オキソバナジウム錯体を用いたアミンと二酸化炭素から尿素誘導体の合成、錯体化学会第63回討論会、沖縄大学、2013年11月2日
12. ○伊藤隆宣、雨夜 徹、平尾俊一、ビスマネニリデンの合成、CSJ 化学フェスタ、タワーホール船堀、2013年、10月21日
13. ○稲田雄飛、雨夜 徹、佐伯昭紀、大塚岳夫、辻 良太郎、関 修平、平尾俊一、スマネン誘導体のレーザ誘起導電化に伴う含窒素グラファイト様炭素膜の合成、第3回CSJ化学フェスタ、タワーホール船堀、2013年、10月21日
14. ○宮坂彰浩、雨夜 徹、平尾俊一、Dinuclear Hemisalen Catalyst for Cross-Pinacol Coupling Reaction、第60回有機金属化学討論会、学習院大学、2013年9月12日
15. ○前川祐輔、雨夜 徹、増田敬哉、平尾俊一、Oxidative Cross-Coupling of Enolates Induced by High-Valent Vanadium、第60回有機金属化学討論会、学習院大学、2013年9月12日
16. ○戎 佳祐、森内敏之、片野千秋、平尾俊一、ポリペプチドを土台分子とするピレン誘導体の発光特性、第24回基礎有機化学討論会、学習院大学、2013年9月5日
17. ○河合亮太、森内敏之、平尾俊一、オキソバナジウム錯体によるアミンと二酸化炭素からの尿素誘導反応、第33回有機合成若手セミナー、神戸大学、2013年8月2日
18. ○坂本勇樹、森内敏之、平尾俊一、発光性部位を有するウラシル誘導体の錯形成に基づく会合、第10回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、和歌山大学、2013年5月26日
19. ○戎 佳祐、森内敏之、平尾俊一、ポリペプチドへの導入に基づくピレン誘導体の会合挙動、第10回ホスト・ゲスト化学シンポジウム、和歌山大学、2013年5月25日
20. ○宮坂彰浩、雨夜 徹、平尾俊一、クロスピナコールカップリング反応のための二核金属触媒の開発、第2回CSJ化学フェスタ2012、東京工業大学 大岡山キャンパス、2012年10月15日

国際会議

1. ○櫻本貴士、森内敏之、平尾俊一、Controlled Structures of Vanadium(V) Hydrazido Compounds、The 10th International Vanadium Symposium (V10)、Howard Civil Service International House (台北、台湾)、2016年11月8日
2. ○長船雄馬、雨夜徹、平尾俊一、Oxovanadium(V)-catalyzed Oxidative Cross-Coupling between Different Enolates、The 10th International Vanadium Symposium (V10)、Howard Civil Service International House (台北、台湾)、2016年11月7日
3. ○櫻本貴士、森内敏之、平尾俊一、Controlled structures of vanadium(V) complexes with V-N multiple bond、27th International Conference on Organometallic Chemistry (ICOMC 2016)、Melbourne Convention and Exhibition Centre (メルボルン、オーストラリア)、2016年7月19日
4. ○櫻本貴士、森内敏之、河合亮太、平尾俊一、Oxovanadium(V)-Catalyzed Synthesis of Urea Derivatives from Amines and Carbon Dioxide、20th International Symposium on Homogeneous Catalysis (ISHCXX)、京都テルサ、2016年7月14日
5. ○加藤 俊、雨夜 徹、高橋佑来、森内敏之、平尾俊一、Metallocenes with sumanenyl ligand、The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015、Hawaii Convention Center、2015年12月18日
6. ○倉田和泉、雨夜 徹、平尾俊一、Reductive synthesis of indolinone derivatives using carbon dioxide、The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015、Hawaii Convention Center、2015年12月18日
7. ○雨夜 徹、前川祐輔、増田敬哉、長船雄馬、平尾俊一、Vanadium(V)-induced Selective Intermolecular Oxidative Cross-coupling of Enolates、The 13th International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry (IKCOC-13)、リーガロイヤルホテル 京都、2015年11月10日
8. ○森内敏之、菊嶋孝太郎、福井康大、梶川朋美、加藤智史、平尾俊一、Catalytic Oxidative Halogenation by Vanadium(V) Catalyst under Molecular Oxygen、18th IUPAC

- International Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (OMCOS 18)、Melia Sitges、2015年7月1日
9. ○櫻本貴士、森内敏之、平尾俊一、Control of Metal Nitrogen Multiple Bond in Vanadium(V) Hydrazido Complexes toward Reactions、18th IUPAC International Symposium on Organometallic Chemistry Directed Towards Organic Synthesis (OMCOS 18)、Melia Sitges、2015年6月29日
 10. ○加藤 俊、雨夜 徹、高橋佑来、森内敏之、平尾俊一、Synthesis of Metallocene Complexes with Sumanenyl Ligand、XXVI International Conference on Organometallic Chemistry、Royton Sapporo Hotel、2014年7月17日
 11. ○河合亮太、森内敏之、平尾俊一、Oxovanadium(V)-Catalyzed Synthesis of Urea Derivative from Amine and Carbon Dioxide、XXVI International Conference on Organometallic Chemistry、Royton Sapporo Hotel、2014年7月15日
 12. ○福井康大、森内敏之、加藤智史、梶川朋美、平尾俊一、Oxidative Halogenation by using vanadium catalyst under Molecular Oxygen、XXVI International Conference on Organometallic Chemistry、Royton Sapporo Hotel、2014年7月14日
 13. ○雨夜 徹、高橋佑来、加藤 俊、森内敏之、平尾俊一、Sumanenyl Group 4 Metallocenes、International Symposium on the Synthesis and Application of Curved Organic π -Molecules and Materials、京都大学宇治キャンパス、2014年10月19日
 14. ○雨夜 徹、高橋佑来、一二三舞子、森内敏之、平尾俊一、Sumanenyl Metallocenes: Synthesis and Structure、International Symposium on Organic Reaction-11、Taipei,Taiwan、2013年11月21日
 15. ○雨夜 徹、高橋佑来、一二三舞子、森内敏之、平尾俊一、Synthesis of Sumanenyl Metallocenes、15th International Symposium on Novel Aromatic Compounds、Taipei,Taiwan、2013年8月1日
 16. ○森内敏之、Lisheng Mao Hsyueh-Liang Wu、大村 聡、渡邊正美、平尾俊一、Synthesis of Facial Cyclometalated Iridium(III) Complexes Triggered by Tripodal Ligands、11th International Symposium on Functional π -Electron Systems、Arcachon (France)、2013年6月6日

(4)知財出願

① 国内出願 (1件)

1.

発明の名称：燃料電池用正極触媒

発明者：平尾俊一、雨夜 徹、稲田雄飛、大條正人

出願人：国立大学法人大阪大学、大八化学工業株式会社

出願番号：特願 2016- 21090

出願日：平成28年2月5日

② 海外出願 (0件)

③ その他の知的財産権

(他に記載すべき知的財産権があれば記入してください。(実用新案 意匠 プログラム著作権 等))

(5)受賞・報道等

①受賞

1. 第15回有機合成化学協会関西支部賞、森内敏之、平成29年11月8日
2. 有機合成化学奨励賞、雨夜 徹、平成28年2月18日
3. 大阪大学総長奨励賞(研究部門)、雨夜 徹、2015年7月
4. 平成27年度有機電子移動化学奨励賞、雨夜 徹、2015年6月
5. International Symposium on Organic Reaction-11 Poster Award、雨夜 徹、2013年11月21日
6. 第3回CSJ化学フェスタ2013 優秀ポスター発表賞、稲田雄飛、2013年10月21日

日

7. 大阪大学総長奨励賞 (研究部門)、雨夜徹、2013年8月
8. 第2回CSJ 化学フェスタ2012 最優秀ポスター発表賞、宮坂彰浩「クロスピナコールカップリング反応のための二核金属触媒の開発」2012年11月

②マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要も記入してください。)

特になし

③その他

●1 研究成果 (Toru Amaya and Toshikazu Hirao, "Chemistry of Sumanene", Chem. Rec., vol. 15, No. 1, pp. 310-321, 2015.) が Wiley-Japan サイエンスカフェ online (Dec. 11, 2014, <http://www.wiley.co.jp/blog/pse/?p=30396>) で紹介された。

●2 研究成果 (Synthesis of Oxindoles via Reductive CO₂ Fixation, Org. Chem. Front., vol. 3, No. 8, pp. 929-933, 2016) が Org. Chem. Front.誌の Inside Cover (2016年3巻8号) に選定された。

●3 研究成果 (Palladium(II)-Catalyzed Dehydroboration via Generation of Boron Enolates, Chem. Eur. J., vol. 22, No. 52, pp. 18686-18689, 2016) が Chem. Eur. J.誌の Hot Paper に選出されるとともに、Inside Back Cover (2016年22巻52号) およびカレンダーに選定された。また、Chemistry Views (Wiley-VCH & ChemPubSoc Europe, http://www.chemistryviews.org/details/ezine/10075351/Functionalizing_Ketones_via_Boron_Enolates.html) で紹介された。

●4 研究成果 (Double Concave Cesium Encapsulation by Two Charged Sumanenyl Bowls, Angew. Chem. Int. Ed., vol. 56, No. 10, pp. 2582-2587, 2017) が Angew. Chem. Int. Ed.誌の Frontispiece (2016年56巻10号) に選定された。

●5 研究成果 (Structural Characterization of (Diphenylhydrazido)vanadium(V) Compounds, ChemistrySelect, vol. 2, No. 23, pp. 6618-6622, 2017) が ChemistrySelect 誌の Front Cover (2017年2巻23号) に選定された。

●6 研究成果 (Structural Characterization of Chirality-Organized Ferrocene-Dipeptide Conjugates Having Pyridine N-Oxide Moieties, Asian J. Org. Chem., vol. 6, No. 9, pp. 1250-1256, 2017) が Asian J. Org. Chem.誌の Cover Feature (2017年6巻9号) に選定された。

●7 研究成果 (Control of Helical Chirality of Ferrocene-Dipeptide Conjugates by the Secondary Structure of Dipeptide Chains, Chem. Eur. J., vol. 23, No. 52, pp. 12704-12708, 2017) が Chem. Eur. J.誌の Frontispiece (2017年23巻52号) に選定された。

●8 研究成果 (Structural Characterization of (Arylimido)vanadium(V) Compounds with 2,6-Difluorophenoxide Ligand, Z. Anorg. Allg. Chem., vol. 643, No. 18, pp. 1173-1177, 2017) が Z. Anorg. Allg. Chem.誌の Front Cover (2017年643巻18号) に選定された。

●9 研究成果 (Vanadium(V)-induced Oxidative Cross-coupling of Various Boron and Silyl Enolates, Chem. Asian J., vol. 12, No. 12, pp. 1301-1304, 2017.) が Chem. Asian J.誌の Inside Cover (2017年12巻12号) に選定された。

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

特になし

② 社会還元的な展開活動

特になし

§7. 研究期間中の活動

(2) 主なワークショップ、シンポジウム、アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
H26年3月30日	チーム内ミーティング (非公開)	名古屋大学	4人	企業関係者との意見交換
H27年3月28日	チーム内ミーティング (非公開)	日本大学理 工学部船橋 キャンパス /薬学部	4人	企業関係者との意見交換