

令和 4 年 5 月 31 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02715

研究課題名（和文）水素社会の基盤構築に貢献する触媒的化学反应群の開発

研究課題名（英文）Development of catalytic reactions towards a realization of a hydrogen society

研究代表者

藤田 健一（Fujita, Ken-ichi）

京都大学・人間・環境学研究科・教授

研究者番号：80293843

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、水素社会の基盤構築に貢献する触媒的化学反应群を開発することを目指し、専門分野を異にする4人の研究者が互いに共同して研究を進めた。その結果、主として以下の成果を得た。1）高付加価値有機生成物と水素を同時製造する新規触媒系の開発に成功した。2）バイオマス資源を活用する新規水素製造触媒系の構築を実現した。3）錯体触媒の固定化による不均一系触媒への展開に取り組み、新しい触媒系の構築に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

水素社会の構築は我が国のみならず、全世界的な資源枯渇問題、地球環境問題の解決に取り組む上で避けては通れない大きな課題であり、その中でも「水素製造」に関する研究は、重要性と緊急性の高いものである。したがって、本研究によって得られた成果は、工業界をはじめ社会に与える波及効果が非常に大きいと見込まれる。さらに本研究では、異分野研究者が共同して新しい触媒開発の手法を創造してきた。このことは、従来の共同研究における枠組みを転換させる契機となり、学術面や科学技術全般に対して大きな影響を及ぼす可能性も期待できる。

研究成果の概要（英文）：In this research project, four researchers from different fields of chemistry collaborated with each other to develop catalytic reactions that contribute for the foundation of a hydrogen society. As a result, the following results were mainly obtained. 1) We have succeeded in developing a new catalytic system that simultaneously produces valuable organic products and hydrogen. 2) Construction of a new catalytic system for hydrogen production utilizing biomass as resources has been realized. 3) New system for dehydrogenative transformation of organic molecules using a heterogeneous catalyst, which was prepared by immobilization of a homogeneous catalyst on a support, has been developed.

研究分野：有機金属化学

キーワード：水素 脱水素化 触媒

1. 研究開始当初の背景

水素社会構築の観点から、水素は理想的なエネルギー源として注目されており、効率的、安全かつ持続可能な水素製造法の開発が求められている。水素エネルギーの利用推進は、エネルギーの安定供給、経済効率性の向上、環境への適合に貢献し、経済成長のために不可欠である。

水素は主にメタンをはじめとする炭化水素の水蒸気改質によって製造されている。同法は、700 °C 以上の過酷な高温反応条件の下で行われるのが一般的であり、多大なエネルギーを必要とすることに加え、化石燃料に由来する枯渇性炭化水素資源に依存するため、将来的には持続的に入手可能な資源を活用する水素製造法へと代替していくことが希求されている。このとき、水素社会を支える基盤技術として活用するためには、バイオマスをはじめとする再生可能な植物資源等から持続的に得ることができ、なおかつ大量供給が可能な原料を用い、その触媒的な脱水素化反応により水素を製造することを想定しなければならない。

また、水素社会構築に必要なもうひとつの基盤技術として、効率的かつ安全な水素貯蔵法を開発しなければならない。研究代表者は、水素有機化合物中に取り込む有機ハイドライドを活用する水素貯蔵に注目している。これは、気体で爆発性のある水素を安全かつ取り扱いの容易な有機化合物に変換した状態での貯蔵・輸送を可能にし、液体燃料を取り扱うための既存の社会インフラを有効に利用できることから、その発展に期待が寄せられている。有機ハイドライドによる水素貯蔵を実用的技術として発展させるためには、有機化合物中に貯蔵した水素を取り出すための高性能な脱水素化触媒を開発することが重要である。この際にもやはり、理論・計算化学、均一系錯体触媒化学、そして固定化による不均一系触媒化学の各視点からの知見を融合して研究を展開することが、基礎的理解から実用化への発展まで進めるために不可欠といえる。

2. 研究の目的

このような背景のもと研究代表者は、上述の学術的「問い」に応え、水素社会の基盤構築に貢献する触媒的化学反应群を開発するために、有機合成化学および均一系錯体触媒化学を専門分野とする藤田健一を研究代表者とし、遷移金属触媒反応の理論計算を含め、理論・計算化学分野の国内外における第一人者である榊茂好氏を研究分担者、そして錯体触媒の固定化と構造解析さらに不均一系触媒の性能評価に造詣の深い原賢二氏を研究分担者とする研究体制を組んで遂行することとした。加えて、有機金属化学を専門とする先鋭の若手研究者の新林卓也助教ならびに大学院生の協力を得て研究を推進することを計画した。これまで、理論化学研究者と錯体触媒化学研究者の間や、均一系と不均一系の触媒化学研究者間での共同研究は散見されるが、本研究のように専門分野を異にする4人の研究者が互いに強固に共同して融合的知見を集約し、「理論的考察をふまえた触媒設計 → 均一系錯体触媒系開発 → 固定化による不均一系触媒への展開 → 実用レベルへの発展」という研究推進を試みる例は稀有と考えられ、これまでになく大きな成果を生む可能性が非常に高いと考えた。この点において、本研究は学術的独自性の高い、極めて意欲的な取り組みといえる。

この研究体制のもと、水素社会の基盤構築に貢献する触媒的化学反应群の開発に関する研究開発に取り組んだ。主として取り上げた研究テーマは、以下の3つである。すなわち、「高付加価値有機生成物と水素を同時製造する新規触媒系の開発」、「バイオマス資源を活用する新規水素製造触媒系の開発」、「錯体触媒の固定化による不均一系触媒への展開」である。

3. 研究の方法

(1) 高付加価値有機生成物と水素を同時製造する新規触媒系の開発

近年のバイオプロセスの発展により、天然資源から容易かつ大量に得られるようになった長鎖ジオール類の水溶液を原料として用い、イリジウム錯体触媒による脱水素化に基づいた反応によって高効率に長鎖ジカルボン酸と水素とを同時に与える触媒系を開発することに取り組んだ。長鎖ジカルボン酸は、ナイロン合成や医療系材料、民生品等の原料としての需要が極めて大きく、全世界における生産量合計は、数億トンに達する。現状では、長鎖ジアルケンのオキシ法から得るジアルデヒドを経由し、空気酸化法によって生産されている。もしこの手法を、本研究で開発する長鎖ジオールを脱水素化する生産法に置き換えることができたなら、同時生産される水素の量は数100万トンレベルとなり、高付加価値有機生成物と水素を同時製造する魅力的な新しい手法となると期待される。本研究では、イリジウム錯体触媒による脱水素化に基づく反応によって高効率に長鎖ジカルボン酸と水素とを同時に与える触媒系を開発することにした。

(2) バイオマス資源を活用する新規水素製造触媒系の開発

セルロースは植物由来のバイオマス資源であるため、化石資源とは異なり、再生可能である。また、セルロースから水素を製造する際にセルロース中の炭素元素に由来する二酸化炭素の発

生を伴うことも想定されるが、セルロースは、光合成によって二酸化炭素から生産されるカーボンニュートラルな資源であるため、従来の化石資源からの水素製造に比較すれば、セルロースは環境への悪影響が小さな水素供給源であるといえる。更に、セルロースは、植物の細胞壁の主成分であり、地球上で最も多く存在する炭水化物であるため、資源的制約が少ない。加えて、セルロースはバイオマス資源の中でも非可食性資源である点は非常に有用である。本研究では、イリジウム触媒を使用した、セルロースを溶解するイオン液体中での直接的水素製造を着想し、その開発に着手した。

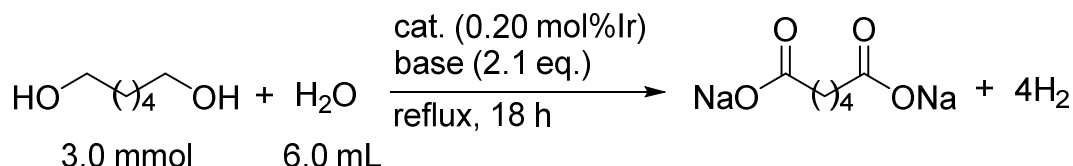
(3) 錯体触媒の固定化による不均一系触媒への展開

有機分子の脱水素化に活性を示すイリジウム錯体触媒について、規則性ナノ細孔構造を有する担体中に埋め込んだ機能性配位子を介して固定化する手法について検討した。得られた不均一系触媒について、有機分子の脱水素化反応に適用してその性能を明らかにした。また、触媒の回収・再利用についても調査した。

4. 研究成果

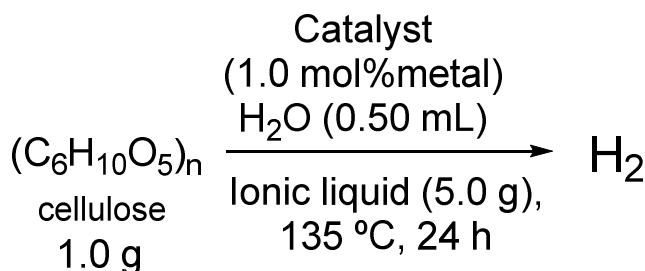
(1) 高付加価値有機生成物と水素を同時製造する新規触媒系の開発

原料として用いるジオールの代表例として、バイオ資源から入手が可能な1,4-ブタンジオールをとりあげ、イリジウム錯体触媒の存在下、水溶媒中塩基との反応によって、アジピン酸を定量的に与える新規触媒系の開発に成功した。アジピン酸はナイロン合成をはじめとする、工業的に極めて重要な有機化合物であり、その効率的な合成法を確立したことの意義は大きい。加えて、本触媒系においては4当量の水素を同時に得ることができるという特長を有する。アジピン酸のように世界規模での生産量が膨大な化合物と同時に、4当量の水素を同時生産できることは、水素の製造法としての発展が見込まれ、今後のさらなる発展の期待が大きい。また、このような、「有用有機化合物と水素の同時製造」という新機軸を打ち出したことの意義も重要であると考えている。



(2) バイオマス資源を活用する新規水素製造触媒系の開発

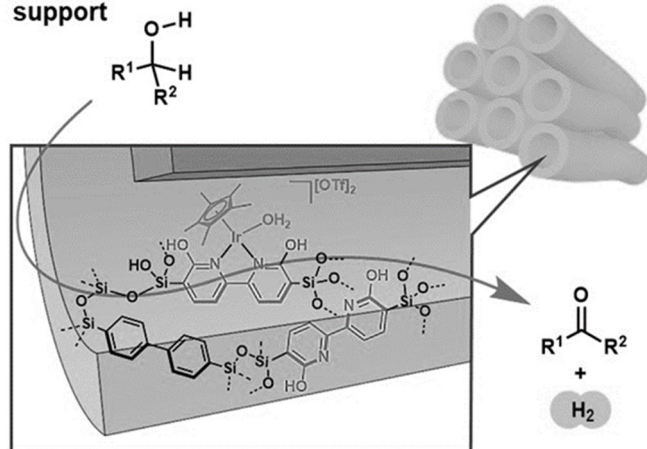
イリジウム錯体触媒の存在下、セルロースを溶かすことのできるイオン液体を溶媒として用いることによって、温和な条件下で水素を得ることに成功した。さらに、得られた水素を燃料電池へ導入することによって、電気エネルギーへと容易に変換されることを確認した。このことは、燃料電池を失活させるガス(例えば一酸化炭素など)を含まない水素を供給できる新手法の開発に成功したことを意味する。



(3) 錯体触媒の固定化による不均一系触媒への展開

本研究者が従来取り組んできた脱水素化反応において利用してきた錯体触媒は、いずれも均一系のものであった。触媒の配位子を、規則性ナノ細孔構造を有する担体の中に埋め込むことによって、均一系と不均一系触媒の双方の利点を備えた新規触媒を創製し、活用することに成功した。すなわち、有機分子の脱水素化反応における高い触媒活性を維持しつつ、触媒の回収と再利用を容易に実現できる新しい触媒の創製に成功した。

Iridium catalyst immobilized on custom-designed support



✓ High catalytic activity ✓ Excellent reusability

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 5件）

| | |
|---|--------------------------|
| 1. 著者名 Fujita Ken-ichi, Inoue Takayoshi, Tanaka Toshiki, Jeong Jaeyoung, Furukawa Shohichi, Yamaguchi Ryohei | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Iridium Complex Catalyzed Hydrogen Production from Glucose and Various Monosaccharides | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Catalysts | 6. 最初と最後の頁 891 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/catal11080891 | 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 Tanaka Toshiki, Enomoto Akane, Furukawa Shohichi, Fujita Ken-ichi | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Synthesis of 2-Methylquinoxaline Derivatives from Glycerol and Diamines Catalyzed by Iridium Complexes Bearing an N-Heterocyclic Carbene Ligand | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Catalysts | 6. 最初と最後の頁 1200 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/catal11101200 | 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 Jeong Jaeyoung, Fujita Ken ichi | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Selective Synthesis of Bisdimethylamine Derivatives from Diols and an Aqueous Solution of Dimethylamine through Iridium Catalyzed Borrowing Hydrogen Pathway | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 ChemCatChem | 6. 最初と最後の頁 e202101499 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/cctc.202101499 | 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 Nishimura Hayato, Ajito Saya, Hojo Tomohiko, Koyama Motomichi, Fujita Ken-ichi, Shibayama Yuki, Kakinuma Hiroshi, Akiyama Eiji | 4. 巻 108 |
| 2. 論文標題 Effect of Stretch-forming on Hydrogen Diffusion Behavior in High-strength Steel Sheet | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Tetsu-to-Hagane | 6. 最初と最後の頁 316 ~ 324 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2355/tetsutohagane.TETSU-2021-096 | 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 Toyooka Genki, Fujita Ken ichi | 4. 巻 13 |
| 2. 論文標題 Synthesis of Dicarboxylic Acids from Aqueous Solutions of Diols with Hydrogen Evolution Catalyzed by an Iridium Complex | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ChemSusChem | 6. 最初と最後の頁 3820 ~ 3824 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cssc.202001052 | 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 Shimabayashi Takuya, Fujita Ken-ichi | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Recent Advances in Homogeneous Catalysis via Metal-Ligand Cooperation Involving Aromatization and Dearomatization | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Catalysts | 6. 最初と最後の頁 635 ~ 635 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal10060635 | 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 Park Soyeong, Jeong Jaeyoung, Fujita Ken-ichi, Yamamoto Akira, Yoshida Hisao | 4. 巻 142 |
| 2. 論文標題 Anti-Markovnikov Hydroamination of Alkenes with Aqueous Ammonia by Metal-Loaded Titanium Oxide Photocatalyst | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 12708 ~ 12714 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c04598 | 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 Ajito Saya, Hojo Tomohiko, Koyama Motomichi, Fujita Ken-ichi, Akiyama Eiji | 4. 巻 45 |
| 2. 論文標題 Application of an iridium complex for detecting hydrogen permeation through pure iron | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Hydrogen Energy | 6. 最初と最後の頁 25580 ~ 25586 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2020.06.113 | 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 Oka Kouki, Kaiwa Yusuke, Kataoka Miho, Fujita Ken ichi, Oyaizu Kenichi | 4. 巻 2020 |
| 2. 論文標題 A Polymer Sheet Based Hydrogen Carrier | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 5876 ~ 5879 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202001004 | 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 Onoda Mitsuki, Fujita Ken-ichi | 4. 巻 22 |
| 2. 論文標題 Iridium-Catalyzed C-Alkylation of Methyl Group on N-Heteroaromatic Compounds using Alcohols | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Organic Letters | 6. 最初と最後の頁 7295 ~ 7299 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.0c02635 | 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 Yamaguchi Sho, Maegawa Yoshifumi, Fujita Ken ichi, Inagaki Shinji | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Hydrogen Production from Methanol Water Mixture over Immobilized Iridium Complex Catalysts in Vapor Phase Flow Reaction | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 ChemSusChem | 6. 最初と最後の頁 1074 ~ 1081 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cssc.202002557 | 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 Jeong Jaeyoung, Fujita Ken-ichi | 4. 巻 86 |
| 2. 論文標題 Dimethylamination of Primary Alcohols Using a Homogeneous Iridium Catalyst: A Synthetic Method for N,N-Dimethylamine Derivatives | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry | 6. 最初と最後の頁 4053 ~ 4060 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.0c02896 | 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 Toyooka Genki, Tanaka Toshiki, Kitayama Kenji, Kobayashi Naoko, Watanabe Takashi, Fujita Ken-ichi | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Hydrogen production from cellulose catalyzed by an iridium complex in ionic liquid under mild conditions | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology | 6. 最初と最後の頁 2273 ~ 2279 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d0cy02419h | 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 Yoshida, M.; Hirahata, R.; Inoue, T.; Shimbayashi, T.; Fujita, K. | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Iridium-Catalyzed Transfer Hydrogenation of Ketones and Aldehydes Using Glucose as a Sustainable Hydrogen Donor | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Catalysts | 6. 最初と最後の頁 503 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal9060503 | 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 Jeong, J.; Shimbayashi, T.; Fujita, K. | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Effect of a Substituent in Cyclopentadienyl Ligand on Iridium-Catalyzed Acceptorless Dehydrogenation of Alcohols and 2-Methyl-1,2,3,4-tetrahydroquinoline | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Catalysts | 6. 最初と最後の頁 846 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal9100846 | 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 Onoda, M.; Nagano, Y.; Fujita, K. | 4. 巻 44 |
| 2. 論文標題 Iridium-Catalyzed Dehydrogenative Lactonization of 1,4-Butanediol and Reversal Hydrogenation: New Hydrogen Storage System Using Cheap Organic Resources | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Int. J. Hydrogen Energy | 6. 最初と最後の頁 28514-28520 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijhydene.2019.03.219 | 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 Shimizu, M.; Michikawa, K.; Maegawa, Y.; Inagaki, S.; Fujita, K. | 4. 巻 3 |
| 2. 論文標題 Iridium Complex Immobilized on Custom-Designed Periodic Mesoporous Organosilica as Reusable Catalyst for the Dehydrogenative Oxidation of Alcohols | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ACS Appl. Nano Mater. | 6. 最初と最後の頁 2527-2535 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.9b02607 | 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 Shimabayashi, T.; Fujita, K. | 4. 巻 76 |
| 2. 論文標題 Metal-Catalyzed Hydrogenation and Dehydrogenation Reactions for Efficient Hydrogen Storage | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Tetrahedron | 6. 最初と最後の頁 130946 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tet.2020.130946 | 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 Enomoto, A.; Shimabayashi, T.; Fujita, K. | 4. 巻 98 |
| 2. 論文標題 Environmentally Friendly Synthesis of N-Methylated Nitrogen Heterocycles from an Aqueous Solution of Methylamine and Diols | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Heterocycles | 6. 最初と最後の頁 1119-1129 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3987/COM-19-14114 | 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46件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 9件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 Fujita Ken ichi |
| 2. 発表標題 Hydrogen Production from Cellulose Catalyzed by an Iridium Complex under Mild Conditions |
| 3. 学会等名 The Material Research Meeting 2021 (MRM2021) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊東初、清水嶺之、新林卓也、藤田健一 |
| 2. 発表標題 機能性配位子を有するルテニウム錯体触媒を用いたアルコールの脱水素的酸化反応 |
| 3. 学会等名 第10回JAC1/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 古川翔一、森島凡乃、藤田健一 |
| 2. 発表標題 NHC配位子を有するイリジウム触媒を用いたアルコールによるアミンとの低温N-アルキル化反応 |
| 3. 学会等名 第10回JAC1/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 小野田光貴、藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体触媒の機能スイッチング作用に基づくエステルならびにエーテル合成法 |
| 3. 学会等名 第10回JAC1/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 久野太希、丁在瑛、森崎泰弘、藤田健一 |
| 2. 発表標題 機能性高分子配位子を有するイリジウム錯体の設計と合成 |
| 3. 学会等名 第10回JAC1/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 丁在瑛、久野太希、森崎泰弘、藤田健一 |
| 2. 発表標題 機能性高分子配位子を有するイリジウム錯体触媒を用いたアルコールの脱水素化 |
| 3. 学会等名 第10回JAC1/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 早崎直哉、藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体による水素活性化を応用した水素可視化フィルムの開発 |
| 3. 学会等名 第10回JAC1/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 伊東初、新林卓也、清水嶺之、藤田健一 |
| 2. 発表標題 アルコールの脱水素的酸化反応に高活性を示すルテニウム触媒の開発と機能性配位子上の置換基効果の考察 |
| 3. 学会等名 第67回有機金属化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 田中寿樹、榎本茜、藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体触媒を用いたグリセロールとフェニレンジアミン類からの2-メチルキノキサリン誘導体合成 |
| 3. 学会等名 第50回複素環化学討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田健一 |
| 2. 発表標題 機能性配位子による金属錯体反応場の制御とその活用 |
| 3. 学会等名 新学術領域研究「精密制御反応場」終了後公開シンポジウム |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小野田光貴、藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体触媒のスイッチング機能によるエステルとエーテルの合成反応の開発 |
| 3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 吉田七瀬、丁在瑛、藤田健一 |
| 2. 発表標題 含窒素複素環カルベン配位子を持つイリジウム錯体触媒を用いたアルコールのメチルアミノ化反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 久保田開人、古川翔一、王涵、キョウコウツウ、藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体触媒によるメタノール水溶液からの長時間水素製造 |
| 3. 学会等名 日本化学会第102春季年会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小野田光貴, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体触媒による含窒素複素環メチル基のアルコールによるC-アルキル化反応 |
| 3. 学会等名 第9回JACI/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 丁在瑛, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 実用化を目指したイリジウム錯体触媒を用いる2,5-ジメチルピペラジンの高速脱水素化反応 |
| 3. 学会等名 第9回JACI/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 豊岡源基, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 水素の発生を伴う水中でのジオールからのジカルボン酸合成 |
| 3. 学会等名 第9回JACI/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 桑葉達広, 安村優澄, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム触媒を用いた脱水素化反応における触媒活性評価と触媒再利用の検討 |
| 3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 早崎直哉, キョウコウツウ, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 ピピリドナート配位子を持つイリジウム錯体の金属-配位子協働作用による水素分子のヘテロリス型活性化および逆反応 |
| 3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 伊東初, 清水嶺之, 新林卓也, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 機能性配位子を有する新規ルテニウム錯体の合成と脱水素化反応における活性評価 |
| 3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小野田光貴, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体触媒を用いた含窒素複素環上のメチル基におけるアルコールによるアルキル化反応 |
| 3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 丁在瑛, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム触媒を用いる環境調和性に優れたジメチルアミン誘導体の合成反応 |
| 3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 久野太希, 丁在瑛, 森田柁平, 森崎泰弘, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 機能性高分子配位子を持つイリジウム触媒によるアルコールの脱水素化反応 |
| 3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小野田光貴, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体触媒による含窒素複素環上のメチル基のアルコールによるC-C結合形成反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第101春季年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 丁在瑛, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 含窒素複素環カルベン配位子を有するイリジウム触媒を用いたアルコールの高効率的ジメチルアミノ化反応 |
| 3. 学会等名 日本化学会第101春季年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田健一 |
| 2. 発表標題 金属錯体による水素の高活性化 - 水素社会の基盤技術開発を目指して - |
| 3. 学会等名 日本化学会第101春季年会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田健一 |
| 2. 発表標題 触媒の脱水素化に基づく効率的有機合成ならびに水素製造と貯蔵 |
| 3. 学会等名 ファインケミカルズ合成触媒研究会セミナー（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Development of Efficient Systems for Hydrogen Production Based on Catalytic Activity of Iridium Complexes in Dehydrogenative Reactions |
| 3. 学会等名 International Congress on Pure & Applied Chemistry Yangon（招待講演）（国際学会） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Synthesis of Acetic Acid Based on Dehydrogenation of an Ethanol-Water Solution Catalyzed by an Iridium Complex Bearing a Functional Ligand |
| 3. 学会等名 The 2nd Japan Germany Singapore Trilateral Symposium on Precision Synthesis and Catalysis（招待講演）（国際学会） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田健一 |
| 2. 発表標題 アルコール類を原料とする高効率水素製造触媒系の開発 |
| 3. 学会等名 あいち産業科学技術総合センター産業技術センターセミナー（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤田 健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体の触媒的脱水素化能を活用する水素製造ならびに貯蔵法の開発 |
| 3. 学会等名 大阪市立大学大学院理学研究科物質分子系専攻談話会 (招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Sustainable Hydrogen Production Based on Dehydrogenation of Alcoholic Substrates in Water Catalyzed by Iridium Complexes Bearing a Functional Ligand |
| 3. 学会等名 The 47th Naito Conference on C-H Bond Activation and Transformation (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Enomoto, A.; Tanaka, T.; Inoue, T.; Shimbayashi, T.; Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Synthesis of 2-Methylquinoxaline Derivatives from Glycerol and Diamines Catalyzed by Iridium Complex |
| 3. 学会等名 27th International Society of Heterocyclic Chemistry Congress (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Hydrogen Production Based on Catalytic Activity of Iridium Complexes in Dehydrogenative Reactions |
| 3. 学会等名 The 2nd JGP Chem & ChemEn International Workshop: Sustainability-Oriented Organic Synthesis (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Enomoto, A.; Tanaka, T.; Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Synthesis of 2-Methylquinoxaline Derivatives from Glycerol and Diamines Catalyzed by Iridium Complex |
| 3. 学会等名 4th International Symposium on Precisely Designed Catalysts with Customized Scaffolding (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Jeong, J.; Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Iridium-Catalyzed Rapid Conversion of 2,5-Dimethylpiperazine into 2,5-Dimethylpyrazine Accompanying the Evolution of Hydrogen |
| 3. 学会等名 4th International Symposium on Precisely Designed Catalysts with Customized Scaffolding (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Development of Efficient Systems for Hydrogen Production Based on Catalytic Activity of Iridium Complexes in Dehydrogenative Reactions |
| 3. 学会等名 1st International Symposium "Hydrogenomics" combined with 14th International Symposium Hydrogen & Energy (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 清水嶺之, 道川功実子, 前川佳史, 稲垣伸二, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 機能性PMOとイリジウム錯体の協働効果に基づく触媒的脱水素化反応 |
| 3. 学会等名 第8回JACI/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 丁在瑛, 新林卓也, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 電子的及び立体的特性の異なるシクロペンタジエニル配位子を持つイリジウム錯体を用いた脱水素化反応 |
| 3. 学会等名 第8回JACI/GSCシンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 清水嶺之, 道川功実子, 前川佳史, 稲垣伸二, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 機能性PMOに固定化されたイリジウム錯体によるアルコールの触媒的脱水素化 |
| 3. 学会等名 第66回有機金属化学討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 丁在瑛, 新林卓也, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 電子的及び立体的特性が異なるCp配位子を有するイリジウム触媒の合成と脱水素化反応における活性調査 |
| 3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Toyooka, G.; Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Synthesis of Dicarboxylic Acids from Diols Accompanying the Evolution of Hydrogen Catalyzed by an Iridium Complex Bearing a Functional Bipyridonate Ligand |
| 3. 学会等名 The 69th Conference of Japan Society of Coordination Chemistry |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 丁在瑛, 新林卓也, 藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体触媒を用いる2,5-ジメチルピペラジンの高速脱水素化反応 |
| 3. 学会等名 第9回CSJ化学フェスタ2019 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤田健一 |
| 2. 発表標題 イリジウム錯体の触媒的脱水素化機能に基づく効率的水素製造法の開発 |
| 3. 学会等名 第13回物性科学領域横断研究会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yoshida, M.; Hirahata, R.; Inoue, T.; Shimbayashi, T.; Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Transfer Hydrogenation of Carbonyl Compounds Catalyzed by Cp*Iridium Complex Bearing a Functional Ligand Using Glucose as a Sustainable Hydrogen Donor |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Fujita, K.; Toyooka, G. |
| 2. 発表標題 Synthesis of Dicarboxylic Acids by Iridium-Catalyzed Dehydrogenation of Aqueous Solution of Diols |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Jeong, J.; Fujita, K. |
| 2. 発表標題 Iridium Complex-Catalyzed Rapid Dehydrogenation of 2,5-Dimethylpiperazine |
| 3. 学会等名 日本化学会第100春季年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

〔図書〕 計5件

| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 1. 著者名 藤田健一（監修：関根泰） | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 シーエムシー出版 | 5. 総ページ数 344 (62-69) |
| 3. 書名 有機ハイドライド・アンモニアの合成と利用プロセス | |

| | |
|---------------------------|-------------------|
| 1. 著者名 藤田健一 | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 触媒学会 | 5. 総ページ数 44-53 |
| 3. 書名 触媒技術の動向と展望（触媒年鑑） | |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 折茂 慎一、福谷 克之、藤田 健一 | 4. 発行年 2022年 |
| 2. 出版社 共立出版 | 5. 総ページ数 216 |
| 3. 書名 “水素” を使いこなすためのサイエンス ハイドロジェノミクス | |

| | |
|----------------------------------|-------------------------|
| 1. 著者名 古川翔一、藤田健一（監修：小林修、北之園拓） | 4. 発行年 2022年 |
| 2. 出版社 シーエムシー出版 | 5. 総ページ数 319 (30-41) |
| 3. 書名 水中有機合成の開発動向 | |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Shimbayashi Takuya, Fujita Ken-ichi | 4. 発行年 2021年 |
| 2. 出版社 Springer | 5. 総ページ数 464 |
| 3. 書名 Iridium-Catalyzed Dehydrogenative Reactions, Topics in Organometallic Chemistry | |

〔出願〕 計1件

| | | |
|--------------------------------|------------------|----------------------------|
| 産業財産権の名称 水素の製造方法 | 発明者 藤田健一、北山健司 | 権利者 国立大学法人京都大学、株式会社ダイセル |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-32631 | 出願年 2020年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

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 |
|-------|---|--|----|
| 研究分担者 | 榊 茂好 (Sakaki Shigeyoshi) (20094013) | 京都大学・実験と理論計算科学のインタープレイによる触媒・電池の元素戦略研究拠点ユニット・研究員 (14301) | |
| 研究分担者 | 原 賢二 (Hara Kenji) (10333593) | 東京工科大学・工学部・教授 (32692) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 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 |
|-------------------|---|--|----|
| 研究 分 担 者 | 新林 卓也 (Shimbayashi Takuya) (90824938) | 京都大学・人間・環境学研究科・助教 (14301) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
| | |