

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 5 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(A)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H00396

研究課題名（和文）二酸化炭素の資源化に向けた革新的光触媒システムの構築

研究課題名（英文）Development of innovative photocatalytic systems for utilizing CO₂

研究代表者

石谷 治 (Ishitani, Osamu)

東京工業大学・理学院・教授

研究者番号：50272282

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 34,500,000 円

研究成果の概要（和文）：可視光を全て活用できる新規光増感剤の開発に成功した。光増感剤と還元剤との反応による光増感剤の1電子還元体生成の効率を決定する要因を明らかにした。Re錯体触媒を用いたCO₂光触媒還元的全改過程の反応機構を解明した。固体上でも超分子光触媒はCO₂を比較的効率よく還元することを明らかにした。超分子光触媒の周辺に光増感剤を追加で固定することで、光触媒安定性を飛躍的に向上させた。水、CO₂および可視光だけを用いてCO、ギ酸と過酸化水素を光触媒的に生成させることに成功した。報告されたCO₂還元光触媒系の中で最も高いCO₂還元光触媒能を有する超分子光触媒と共役ポリマー複合光触媒を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光増感反応の機能を大幅に向上することが可能になった（可視光全領域の利用、光増感剤の1電子還元種の生成効率の向上）。Re(Ⅰ)錯体上でのCO₂還元機構を明らかにし、各素過程の速度と熱力学的データを収集できたことは、今後、高効率CO₂還元光触媒を開発するために貴重な情報となる。超分子光触媒の固体正面における機能を初めて明らかにし、複合系光触媒開発に貴重な情報を与えた。水とCO₂からギ酸と過酸化水素を発生させる全く新しい光触媒系の開発に成功した。超分子光触媒と共役ポリマー半導体光触媒のハイブリッドは最も耐久性が高い光触媒であり、水素の前駆液体となる高濃度ギ酸溶液を作ることが可能になった。

研究成果の概要（英文）：We succeeded in developing a new photosensitizer that can utilize all visible light. We clarified the factors that determine the efficiency of the production of one-electron reduced photosensitizers via the reaction of the excited photosensitizers with reductant. The reaction mechanisms of the entire processes of CO₂ photocatalytic reduction using Re complex catalysts were clarified. We could demonstrate that the supramolecular photocatalysts reduce CO₂ efficiently even on solid surface. By addition of photosensitizers around the supramolecular photocatalyst, the photocatalytic stability of the supramolecular photocatalysts on the surface were drastically improved. We have succeeded in photocatalytically producing CO, formic acid and hydroperoxide using only water, CO₂ and visible light. Hybrid photocatalyst consisting of the supramolecular photocatalyst and conjugated polymer showed the highest CO₂ reduction photocatalysis compared to any reported CO₂ reduction photocatalytic systems.

研究分野：光反応化学

キーワード：光反応化学 錯体光触媒 半導体光触媒 二酸化炭素還元

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

化石資源への過度の依存と、その燃焼により輩出される CO₂ が主因であるエネルギーの不足、炭素資源の枯渇、そして地球温暖化の問題は、太陽光をエネルギー源として用い CO₂ を資源化する実用技術を人類が持っていないことに根本的な原因がある。CO₂ 排出を抑制することを目指して、炭素資源の燃焼に頼らないエネルギー獲得技術(太陽電池、風力発電や水素発生光触媒等)や省エネルギー技術、また発生した CO₂ を濃縮・貯蔵することで大気中に放出しない技術(CCS)に関する研究が行われている。しかし我々は、化石資源を燃料としてのみ消費しているのではない。日本では、石油の約 25%以上を化学原料として使っている(2018 年度データ、今日の石油産業 2020、石油連盟)。早晩、炭素資源枯渇の問題は人類の将来を脅かすもう一つの深刻な問題になると考えられる。また日本では、太陽光エネルギーの変換設備と植生が場所の取り合いをするような方策を採るべきではない。従って、海外の乾燥地域等、植物の生育が不適な地域に太陽エネルギー変換設備を設置し、得られたエネルギーを日本に運ぶことが求められる。貯蔵法と可搬性を考慮すると、本研究の目指す CO₂ の光還元資源化は大きな利点を持つ。太陽光エネルギーを活用し CO₂ をエネルギー資源および炭素原料へと資源化する技術が実用化すれば、人類の存続を脅かす、互いにリンクした 3 つの難問を一挙に解決できる可能性がある。本申請研究では、この「太陽光エネルギーを用いて CO₂ を資源化する人工光合成システム」の機能を飛躍的に向上させることを目指した。

2. 研究の目的

金属錯体は、中心金属と配位子の固有吸収に加え、それらが協働する吸収があるため、可視光を幅広く活用できる点で太陽光利用に有利な条件を備えていおいる。また、CO₂ 還元の選択性が高い金属錯体光触媒系も報告されている。しかし、その酸化力は弱く、水を還元剤に使う事が出来ない。また、高価な金属を中心に持つ錯体が用いられることが多く、廉価で豊富な金属の錯体光触媒の開発が希求されている。さらに、排ガス中に含まれる CO₂ 濃度は低いが、これまでの研究では、ほとんどで純粋な CO₂ を基質として用いられている。

一方、光酸化力が強い半導体光触媒は、水素発生が CO₂ 還元と競合するため、選択的に CO₂ 還元を達成することが容易ではない。

そこで、以下に示す目標を達成することを目指した。

- (1) CO₂ 還元金属錯体光触媒の高機能化
- (2) 豊富に存在する元素のみで構築された新たな CO₂ 還元光触媒の開発と機能向上
- (3) 低濃度 CO₂ を直接還元する光触媒の開発と機能向上
- (4) 水による CO₂ 還元を駆動する錯体-半導体融合光触媒系の機能強化と新システム開発と創発的機能の発展
- (5) 水を還元剤 CO₂ を原料とする有機物合成光触媒の開発

3. 研究の方法

本研究では、上記の目標を達成するために以下に纏める方法で行った。

まず、金属錯体光触媒の高機能化を目指し、光増感剤の光吸収帯を長波長側に伸ばすことを目指した。さらに、光触媒反応の孤立を左右する光電子移動反応による光増感剤の 1 電子還元種生成の効率を決定している要因を明らかにし、それを活用することによる還元種生成効率の向上法の確立を目指した。代表的な CO₂ 還元触媒である Re(I) 錯体上での CO₂ 還元機構は明らかになっていなかったが、これが光触媒反応効率向上の障害になっていると考え、Ru(II) 錯体光増感剤と Re(I) 錯体触媒を結合した超分子光触媒の特長を活かし、CO₂ 還元機構の完全解明を行った。各プロセスでの反応時間が大きく異なるので、これまであまり組み合わせで行ってなかった多様な時間分解分光法を融合的に活用することを試みた。水の酸化触媒との融合を勘案し、Ru(II) 錯体光増感剤と Re(I) 錯体触媒の結合間距離を大幅に伸ばした超分子光触媒を開発した(イタリア、Messina 大学との共同研究)。Re(I) 錯体光触媒の配位子を工夫することで、CO₂ をメタノールにまで還元する触媒の開発を目指した。

次に、金属錯体光触媒の固体表面での機能評価と高機能化の条件解明を行った。不導体であるアルミナに、Ru(II)-Re(I) および Ru(II)-Ru(II) 超分子光触媒を固定化し、その光触媒能を検討した。また、その効率を向上させる方法の開発を目指した。

金属錯体光触媒と半導体光触媒のハイブリッド光触媒による CO₂ 還元の新機能を付与することを試みた。井上晴夫名誉教授(東京都立大)が開発した Sn ポルフィリンを光カソードに用い、我々の開発した Ru(II)-Ru(II) 超分子光触媒を光カソードに用いた新たな CO₂ 還元光触媒システムを開発した。水と CO₂ から、ギ酸と過酸化水素を発生させる光触媒系に開発を目指した。さらに、より長波長の光を活用する分子光カソードの開発を目指し、Os(II) 錯体光増感剤(本来は禁制の S-T 吸収が、重原子効果のために発現する)のカソードへの導入を行った。近年半導体光触媒として注目されている共役ポリマーと超分子光触媒の複合化を行い、その CO₂ 光触媒還元能を調べた。

4. 研究成果

金属錯体光触媒の高機能化を目指した研究

レドックス光増感部の可視吸収領域の拡大を目指し、本来は禁制遷移である S-T (一重項—三重項) 吸収の強度向上を目指した。その結果、S-T 吸収の強化された新規錯体 Ru(II) および Os(II) ビストリスジイミン錯体の合成に成功した (図 1)。

多様な光物理的、電気化学的性質を有する Ru(II) および Os(II) トリスジイミン錯体、Re(I) ジイミンカルボニル錯体を合成し、その励起状態および還元剤との光電子移動反応を時間分解分光法とフロー電解法を合わせ用いることで詳細に検討した。その結果、レドックス光増感剤と還元剤との反応による光増感剤の 1 電子還元体生成の効率を決定する要因が、励起状態の光増感剤の酸化力に依存することが明らかになった。

このことは、光電子移動直後の溶媒和電子対における還元種と酸化種の距離が光触媒反応の量子収率に決定的な影響を与える可能性を強く示唆している。この知見を基に、より高効率に光増感剤の 1 電子還元種を発生させる新たな方法として、電子受容体を光増感剤に結合した複核錯体を用いる方法を新たに開発した。

多様な時間分解能 (ns ~ 数十 s) の分光法 (2 種のレーザ分光に加えストップフロー法を合わせ用いた) と計算化学を組み合わせることにより Re 錯体触媒による CO₂ 光触媒還元反応の中間体の構造を決定し、生成反応過程と反応性を詳細に検討した。その結果、Re(I) 錯体触媒を用いた CO₂ 光触媒還元の全改過程の反応機構を世界に先駆けて明らかにすることに成功した (図 2)。この研究を基にして、超分子光触媒における Ru(II) 錯体光増感剤と Re(I) 錯体触媒を CO₂ 還元反応により適した構造に変えることで CO₂ 還元量子収率を向上させることができた。

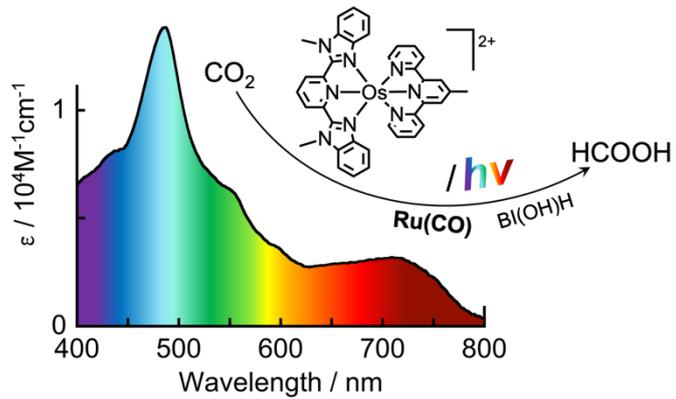


図 1. 開発した可視光全領域を吸収する Os(II) 錯体

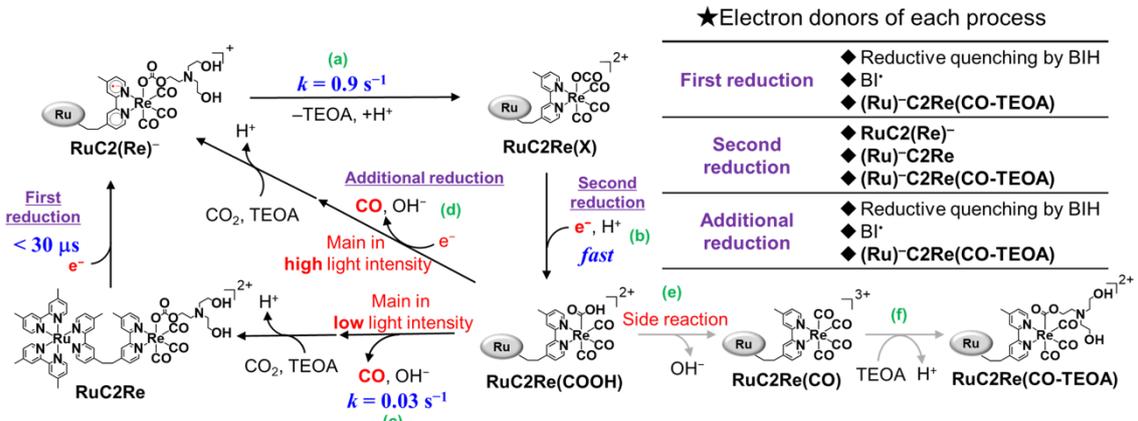


図 2. 超分子光触媒 RuC2Re による CO₂ 還元機構の完全解明

Ru(II) 錯体光増感部と Re(I) 錯体部の結合部位にフェニル基を導入することで炭素 8 個で 2 つの錯体部を大きく隔てて化学的に結合した新規超分子光触媒を開発した (図 3)。この錯体は、CO₂ 還元を高効率かつ耐久性高く進行することができる光触媒である。時間分解 IR 測定法を用いて、1 電子還元された Ru 錯体光増感部から Re 錯体触媒部への電子移動速度が 10⁻⁷ s⁻¹ と比較的早いことを明らかにした。今後、半導体との組み合わせで、酸化サイトと CO₂ 還元サイトを距離的に隔てるために有効と考えられる。

CO₂ を CO やギ酸ではなく、より還元が進んだ生成物 (メタン、メタノール) へと変換する分子触媒の開発を目指した。Re(I) 錯体を触媒に用いることにより、メタノールが生成する電気化学システムの構築に成功した。しかし、まだその選択性は高くない。

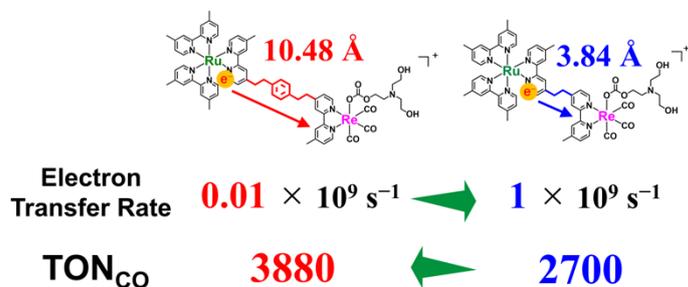


図 3. 架橋配位子の長さが違う超分子光触媒による CO₂ 光触媒還元と分子内電子移動速度

金属錯体光触媒の固体表面での機能評価と高機能化の条件解明

半導体とのハイブリッド光触媒の高機能化を目指し、不導体であるアルミナ表面に金属錯体を安定に固定化する方法を開発し、Ru(II)-Re(I)超分子光触媒、もしくはそのモデル化合物である2種の単核金属錯体を固定した複合固体のCO₂光触媒還元能力を検討比較した。その結果、固体上に固定されても超分子光触媒はCO₂を比較的効率よく還元するにもかかわらず、単核錯体の混合系は固体表面では光触媒能を発現できないことが明らかになった。超分子光触媒の周辺にレドックス光増感剤を追加で固定すると、その相乗効果で固体に固定化されたRu(II)-Re(I)超分子光触媒の光触媒安定性が飛躍的に向上することを見出した。同様の方法で、半導体とのハイブリッド触媒が多数報告されているRu(II)-Ru(II)超分子光触媒のアルミナ表面におけるCO₂還元触媒能を検討した。この錯体の場合も、CO₂還元触媒能は発現するが、その耐久性は、対応する溶液系での反応と比べると明らかに低下した。この超分子光触媒のアルミナへの吸着密度を上げると、その耐久性は低下した。この原因は、中間体である触媒部の1電子還元種が重合しRuポリマーを形成して失活してしまうためであることが分かった。そこで、超分子光触媒の密度は上げず、その周辺に単核Ru光増感剤を共吸着させることでアルミナ表面に固定化したRu(II)-Ru(II)超分子光触媒のCO₂還元触媒の耐久性を一桁向上させることに成功した(図4)。

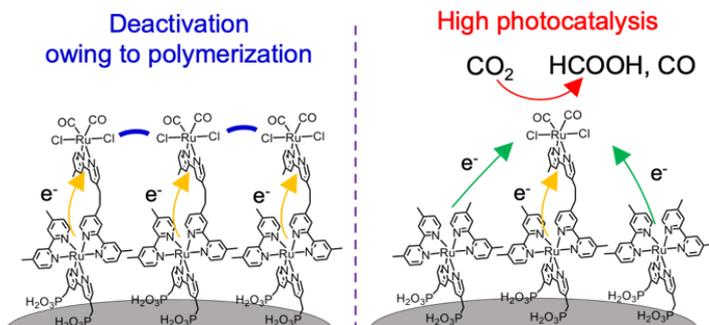


図4. 単核Ru光増感剤による超分子光触媒のCO₂光触媒能向上

そこで、超分子光触媒の密度は上げず、その周辺に単核Ru光増感剤を共吸着させることでアルミナ表面に固定化したRu(II)-Ru(II)超分子光触媒のCO₂還元触媒の耐久性を一桁向上させることに成功した(図4)。

金属錯体光触媒と半導体光触媒のハイブリッド光触媒によるCO₂還元

我々が開発したRu(II)錯体光増感剤とRu(II)触媒を組織的にNiO電極上に固定化した色素増感分子光カソードを、Snポルフィリンを光触媒として用いた分子光アノードを組み合わせて、分子光触媒の組み合わせで水によるCO₂還元を駆動する光触媒システムを開発した。この光電気化学セルの両極に可視光を照射するとZ-スキーム型の電子移動が進行し、光カソード上でCO₂からギ酸及びCOが、一方光アノード上では、水が酸化され過酸化水素が高選択的に生成した。このように、CO₂と水から、可視光をエネルギーとしてCO、ギ酸と過酸化水素を光触媒的に生成させることに世界に先駆けて成功した(図5)。

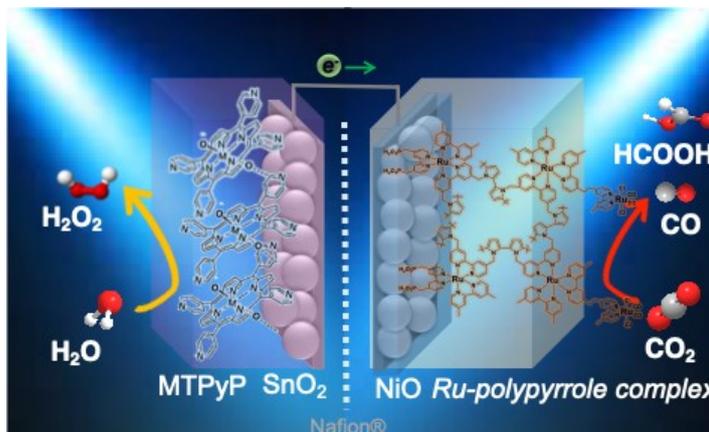


図5. Snポルフィリン光アノードとRu(II)-Ru(II)超分子光触媒カソードを用いた可視光駆動光電気化学システム：水とCO₂からギ酸と過酸化水素を合成

色素増感分子光カソードに、より長波長部に吸収を有するOs(II)錯体を付加的に導入することで可視光領域を満遍なく使用可能にするために、三種の異なるジイミン配位子を有するOs(II)錯体の合成に成功した。このOs(II)錯体光増感剤を色素増感分子光カソードに組み込むことにも成功した。この新規カソードが、CO₂を光触媒的に還元することがわかった。

多くの芳香環が結合し、お互いに共役しているポリマー(共役ポリマー)粒子は半導体光触媒として機能し、水素発生の光触媒反応に使われている。本研究では、当研究室で開発してきたリン酸基を有するRu(II)-Ru(II)超分子光触媒と種々の共役ポリマーの複合体の合成を試みた。その中でもジベンゾ[*b*, *d*]チオフェンスルホン環を有する共役ポリマーがRuRu'と強く結合し、安定な複合体を形成することを見出した。それら複合体の犠牲還元剤(トリエタノールアミン)共存下でのCO₂還元触媒能を検討した。いくつかの複合体がCO₂還元触媒特性を示したが、特にポリジベンゾ[*b*, *d*]チオフェンスルホン(P10)を用いたものが活性が高かった、銀ナノ粒子をP10表面に担持した複合体(RuRu'/Ag/P10)はCO₂を高選択的にかつ高耐久性でギ酸に変換した(図6)。そのCO₂還元触媒特性は、これまで報告されたCO₂還元触媒系の中で最も高いと言っても過言ではない。触媒の耐久性を示すギ酸生成のTONは34万回を超え、光触媒速度を示す

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Sakakibara Noritaka, Kamogawa Kei, Miyoshi Akinobu, Maeda Kazuhiko, Ishitani Osamu	4. 巻 38
2. 論文標題 Synergetic Effect of Ligand Modification of a Ru(II) Complex Catalyst and Ag Loading for Constructing a Highly Active Hybrid Photocatalyst Using C ₃ N ₄ for CO ₂ Reduction	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Energy Fuels	6. 最初と最後の頁 2343 ~ 2350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.energyfuels.3c04126	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 Kamogawa Kei, Kato Yuki, Tamaki Yusuke, Noguchi Takumi, Nozaki Koichi, Nakagawa Tatsuo, Ishitani Osamu	4. 巻 15
2. 論文標題 Overall reaction mechanism of photocatalytic CO ₂ reduction on a Re(I)-complex catalyst unit of a Ru(II)-Re(I) supramolecular photocatalyst	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 2074 ~ 2088
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3SC06059D	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 Kuttassery Fazalurahman, Ohsaki Yutaka, Thomas Arun, Kamata Ryutaro, Ebato Yosuke, Kumagai Hiromu, Nakazato Ryosuke, Sebastian Abin, Mathew Siby, Tachibana Hiroshi, Ishitani Osamu, Inoue Haruo	4. 巻 135
2. 論文標題 A Molecular Z Scheme Artificial Photosynthetic System Under the Bias Free Condition for CO ₂ Reduction Coupled with Two electron Water Oxidation: Photocatalytic Production of CO/HC ₂ OOH and H ₂ O ₂	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie	6. 最初と最後の頁 e202308956
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ange.202308956	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 該当する

1. 著者名 Santoro Antonio, Cancelliere Ambra M., Kamogawa Kei, Serroni Scolastica, Puntoriero Fausto, Tamaki Yusuke, Campagna Sebastiano, Ishitani Osamu	4. 巻 13
2. 論文標題 Photocatalyzed CO ₂ reduction to CO by supramolecular photocatalysts made of Ru(II) photosensitizers and Re(I) catalytic subunits containing preformed CO ₂ TEOA adducts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 11320 ~ 11320
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-38411-3	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 該当する

1. 著者名 Bassan Elena, Inoue Rei, Fabry David, Calogero Francesco, Potenti Simone, Gualandi Andrea, Cozzi Pier Giorgio, Kamogawa Kei, Ceroni Paola, Tamaki Yusuke, Ishitani Osamu	4. 巻 7
2. 論文標題 Visible-light driven photocatalytic CO ₂ reduction promoted by organic photosensitizers and a Mn(II) catalyst	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sustainable Energy Fuels	6. 最初と最後の頁 3454 ~ 3463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3SE00546A	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 該当する

1. 著者名 Kamogawa Kei, Santoro Antonio, Cancelliere Ambra M., Shimoda Yuushi, Miyata Kiyoshi, Onda Ken, Puntoriero Fausto, Campagna Sebastiano, Tamaki Yusuke, Ishitani Osamu	4. 巻 13
2. 論文標題 Highly Efficient Supramolecular Photocatalysts for CO ₂ Reduction with Eight Carbon-Carbon Bonds between a Ru(II) Photosensitizer and a Re(I) Catalyst Unit	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 9025 ~ 9032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.3c01407	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 該当する

1. 著者名 Saito Daiki, Tamaki Yusuke, Ishitani Osamu	4. 巻 13
2. 論文標題 Photocatalysis of CO ₂ Reduction by a Ru(II)Ru(II) Supramolecular Catalyst Adsorbed on Al ₂ O ₃	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 4376 ~ 4383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.2c06247	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 Sakakibara Noritaka, Shizuno Mitsuhiro, Kanazawa Tomoki, Kato Kosaku, Yamakata Akira, Nozawa Shunsuke, Ito Tsuyohito, Terashima Kazuo, Maeda Kazuhiko, Tamaki Yusuke, Ishitani Osamu	4. 巻 15
2. 論文標題 Surface-Specific Modification of Graphitic Carbon Nitride by Plasma for Enhanced Durability and Selectivity of Photocatalytic CO ₂ Reduction with a Supramolecular Photocatalyst	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials Interfaces	6. 最初と最後の頁 13205 ~ 13218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscami.3c00955	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 Takahashi Maria, Asatani Tsuyoshi, Morimoto Tatsuki, Kamakura Yoshinobu, Fujii Kotaro, Yashima Masatomo, Hosokawa Naoki, Tamaki Yusuke, Ishitani Osamu	4. 巻 14
2. 論文標題 Supramolecular multi-electron redox photosensitisers comprising a ring-shaped Re(I) tetranuclear complex and a polyoxometalate	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 691 ~ 704
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2sc04252e	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 Cheon Jinwoo, Yang Jenny Y., Koper Marc, Ishitani Osamu	4. 巻 55
2. 論文標題 From Pollutant to Chemical Feedstock: Valorizing Carbon Dioxide through Photo- and Electrochemical Processes	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Accounts of Chemical Research	6. 最初と最後の頁 931 ~ 932
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.2c00129	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 該当する

1. 著者名 Shizuno Mitsuhiro, Kato Kosaku, Nishioka Shunta, Kanazawa Tomoki, Saito Daiki, Nozawa Shunsuke, Yamakata Akira, Ishitani Osamu, Maeda Kazuhiko	4. 巻 5
2. 論文標題 Effects of a Nanoparticulate TiO2 Modifier on the Visible-Light CO2 Reduction Performance of a Metal-Complex/Semiconductor Hybrid Photocatalyst	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Applied Energy Materials	6. 最初と最後の頁 9479 ~ 9486
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsaem.2c01052	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 Segev Gideon, Kibsgaard Jakob, Hahn Christopher, Xu Zhichuan J, Cheng Wen-Hui (Sophia), Deutsch Todd G, Xiang Chengxiang, Zhang Jenny Z, Hammarstrom Leif, Nocera Daniel G, Weber Adam Z, Agbo Peter, Hisatomi Takashi, Osterloh Frank E, Domen Kazunari, Abdi Fatwa F, Ishitani Osamu, et al.	4. 巻 55
2. 論文標題 The 2022 solar fuels roadmap	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 323003 ~ 323003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ac6f97	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 該当する

1. 著者名 Yamazaki Yasuomi, Miyaji Masahiko, Ishitani Osamu	4. 巻 144
2. 論文標題 Utilization of Low-Concentration CO ₂ with Molecular Catalysts Assisted by CO ₂ -Capturing Ability of Catalysts, Additives, or Reaction Media	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 6640 ~ 6660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c02245	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 Kumagai Hiromu, Tamaki Yusuke, Ishitani Osamu	4. 巻 55
2. 論文標題 Photocatalytic Systems for CO ₂ Reduction: Metal-Complex Photocatalysts and Their Hybrids with Photofunctional Solid Materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Accounts of Chemical Research	6. 最初と最後の頁 978 ~ 990
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.1c00705	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 Kuttassery Fazalurahman, Kumagai Hiromu, Kamata Ryutaro, Ebato Yusuke, Higashi Masanobu, Suzuki Hajime, Abe Ryu, Ishitani Osamu	4. 巻 12
2. 論文標題 Supramolecular photocatalysts fixed on the inside of the polypyrrole layer in dye sensitized molecular photocathodes: application to photocatalytic CO ₂ reduction coupled with water oxidation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 13216 ~ 13232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d1sc03756k	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 Takeda Hiroyuki, Monma Yu, Ishitani Osamu	4. 巻 11
2. 論文標題 Highly Functional Dinuclear CuI-Complex Photosensitizers for Photocatalytic CO ₂ Reduction	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 11973 ~ 11984
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.1c03336	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 Ghosh Debashis, Fabry David C., Saito Daiki, Ishitani Osamu	4. 巻 35
2. 論文標題 Photochemical H2 Evolution Using a Ru-Rh Supramolecular Photocatalyst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 19069 ~ 19080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.energyfuels.1c02557	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 Kamogawa Kei, Shimoda Yuushi, Miyata Kiyoshi, Onda Ken, Yamazaki Yasuomi, Tamaki Yusuke, Ishitani Osamu	4. 巻 12
2. 論文標題 Mechanistic study of photocatalytic CO2 reduction using a Ru(ii)-Re(i) supramolecular photocatalyst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 9682 ~ 9693
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1SC02213J	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 Saito Daiki, Yamazaki Yasuomi, Tamaki Yusuke, Ishitani Osamu	4. 巻 142
2. 論文標題 Photocatalysis of a Dinuclear Ru(II)-Re(I) Complex for CO2 Reduction on a Solid Surface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society	6. 最初と最後の頁 19249 ~ 19258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.0c09170	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 Ozawa Kyohei, Tamaki Yusuke, Kamogawa Kei, Koike Kazuhide, Ishitani Osamu	4. 巻 153
2. 論文標題 Factors determining formation efficiencies of one-electron-reduced species of redox photosensitizers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 154302 ~ 154302
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0023593	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 -

〔学会発表〕 計73件（うち招待講演 23件 / うち国際学会 19件）

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 CO2の資源化を目指した人工光合成の構築
3. 学会等名 東京大学生産技術研究所光物質ナノ科学研究センターシンポジウム「ナノメートル領域の物理・化学・デバイスが拓く未来」（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 Photocatalytic CO2 Reduction
3. 学会等名 ICCDU 2023（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 水を還元剤としたCO2還元光触媒反応：金属錯体と半導体のコラボレーション
3. 学会等名 第17回分子科学討論会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 Photocatalytic CO2 Reduction
3. 学会等名 EAS-11(11th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 金属錯体を中核とするCO ₂ 還元光触媒の開発
3. 学会等名 第19回光機能性材料セミナー「カーボンニュートラルー光触媒による水素発生とCO ₂ 還元の現状と展望ー」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 多核金属錯体の光機能と光触媒能開発
3. 学会等名 第5回錯体化学会フロンティアセミナー：金属イオンが織りなす光機能化学最前線(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 Supramolecular multi-electron redox photosensitisers comprising a ring-shaped Re(I) tetranuclear complex and a polyoxometalate
3. 学会等名 INPOMs Annual Meeting 2023(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 人工光合成 太陽光で二酸化炭素を資源化
3. 学会等名 長崎県理科・化学教育懇談会 市民公開講座「光と化学～世界をあかるくする話～」(招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 人工光合成の創成
3. 学会等名 日本技術士会応用理学部会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 金属錯体を中核とした二酸化炭素還元光触媒系の開発
3. 学会等名 2023年度人工光合成研究センター活動報告会（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 榊原教貴・Ewan McQueen・玉置悠祐・Sebastian Sprick・石谷治
2. 発表標題 共役ポリマー半導体とRu(II)二核超分子光触媒からなるZスキーム型ハイブリッド光触媒を用いた超高効率な可視光駆動CO ₂ 還元の実現
3. 学会等名 第42回光がかかわる触媒化学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoki Hosokawa, Yusuke Tamaki, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Quantum yields of photochemical formations of one-electron reduced species of Rhenium(I) complexes
3. 学会等名 the ySPPCC (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名	Kei Kamogawa, Antonio Santoro, Ambra M Cancelliere, Yuushi Shimoda, Kiyoshi Miyata, Ken Onda, Fausto Putoriero, Sebastiano Campagna, Yusuke Tamaki, Osamu Ishitani
2. 発表標題	Highly efficient supramolecular photocatalyst for CO ₂ reduction with eight C-C bonds between Ru(II) photosensitizer and Re(I) catalyst unit
3. 学会等名	The 31st International Conference on Photochemistry(ICP2023) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Noritaka Sakakibara, Ewan McQueen, Yusuke Tamaki, Reiner Sebastian Sprick, Osamu Ishitani
2. 発表標題	Development of highly efficient Z-scheme hybrid photocatalysts combining conjugated polymer semiconductors and Ru(II) binuclear supramolecular photocatalyst for visible-light-driven CO ₂ reduction
3. 学会等名	The 31st International Conference on Photochemistry(ICP2023) (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	Noritaka Sakakibara, Ewan McQueen, Yusuke Tamaki, Reiner Sebastian Sprick, Osamu Ishitani
2. 発表標題	Photocatalytic Utilization of CO ₂ using Molecular Photocatalysts as Central Players
3. 学会等名	2023 Photochemistry GRC (国際学会)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	鴨川 径, 阿比留悠斗, 岡本基士, 小山久美子, 安倍学, 中川達央, 石谷治
2. 発表標題	Re(I)錯体と種々のアルコールによるCO ₂ 捕集反応を利用した低濃度CO ₂ の光触媒的還元
3. 学会等名	第34回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 榊原 教貴、Ewan McQueen、玉置 悠祐、Sebastian Sprick、石谷 治
2. 発表標題 共役ポリマー半導体とRu(II)-Ru(II)超分子光触媒を複合したZスキーム型ハイブリッド光触媒による、超高効率な可視光応答CO ₂ 還元の実現
3. 学会等名 2023年光化学討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 根本 賢周、石谷 治
2. 発表標題 カルバミン酸イオンを配位子とするRe(I)錯体の電気化学的還元反応:低濃度CO ₂ 還元への応用
3. 学会等名 錯体化学会第73回討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小野寺 丈、石谷 治
2. 発表標題 三つ異なるピピリジンを有するOs()錯体の合成法の確立と光・電気化学特性評価
3. 学会等名 錯体化学会第73回討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Noritaka Sakakibara, Tsuyohito Ito, Kazuhiko Maeda, Kazuo Terashima, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Plasma Surface Modification of Graphitic Carbon Nitride for Improving Photocatalytic CO ₂ Reduction Activity with a Ru(II)-Ru(II) Supramolecular Photocatalyst
3. 学会等名 the 2023 MRS Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sunghan Choi, Sebastian Nybin Remello, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Photocatalytic CO2 Reduction Using Binary Metal-Porphyrins as Photosensitizer and Catalyst Units
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会 (2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 小野寺 丈、玉置 悠祐、石谷 治
2. 発表標題 Ru()およびOs()光増感錯体を組み込んだ色素増感分子光カソードの開発と光電気化学CO2還元への応用
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会 (2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 坂本 翔太郎、榊原 教貴、Ewan McQueen、Sebastian Sprick、石谷 治
2. 発表標題 有機高分子半導体とRu(II)-Re(I)二核錯体からなるハイブリッド光触媒を用いた可視光駆動CO2還元反応
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会 (2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 根本 賢周、石谷 治
2. 発表標題 Re(I)単核錯体を触媒、カルバミン酸塩をCO2源として用いた電気化学的CO2還元反応
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会 (2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Naoki Hosokawa, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Intramolecular-electron-transfer inducing increase of the photochemical formation quantum yield of reduced species and its fundamentals
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会 (2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 榊原 教貴、Ewan McQueen、Sebastian Sprick、石谷 治
2. 発表標題 半導体表面への位置選択的なCO ₂ 還元反応活性点の設計を指向した、光還元重合によるハイブリッド光触媒の開発
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会 (2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Kei Kamogawa, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Effects of the Reduction Potential of the Ru(II) Redox Photosensitizer Unit in Ru(II)-Re(I) Supramolecular Photocatalysts on their Photocatalysis for CO ₂ Reduction
3. 学会等名 日本化学会 第104春季年会 (2024)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 人工光合成によるCO ₂ の資源化
3. 学会等名 第27回 関西大学先端科学技術シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 人工光合成 -太陽光エネルギーを用いて二酸化炭素資源化を目指す-
3. 学会等名 高知工科大学「現代科学の最先端」講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 錯体光触媒の基礎と応用例
3. 学会等名 日本化学会秋季事業 第12回CSJ化学フェスタ2022（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 人工光合成の創成
3. 学会等名 第45回蔵前科学技術セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 金属錯体を中核としたCO ₂ 還元光触媒系の開発
3. 学会等名 第130回触媒討論会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 New Directions to Development of Photocatalytic CO2 Reduction
3. 学会等名 23rd International Conference on Photochemical Conversion and Storage of Solar Energy (23rd IPS) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 New Directions to Development of Photocatalytic CO2 Reduction
3. 学会等名 14th ASLLA Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 New Directions to Development of Photocatalytic CO2 Reduction
3. 学会等名 Seminar: Seoul National University (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 二酸化炭素の資源化を目指した人工光合成の開発
3. 学会等名 近化機能性色素部会第106回例会「人工光合成の最近の進展」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 Dye-Sensitized Molecular Photocathodes for Photocatalytic CO ₂ Reduction using Water as a Reductant and Visible Light as Energy
3. 学会等名 Gordon Research Conference Renewable Energy: Solar Fuels (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei Kamogawa, Yuki Kato, Yuushi Shimoda, Kiyoshi Miyata, Ken Onda, Takumi Noguchi, Yusuke Tamaki, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Mechanistic study of photocatalytic CO ₂ reduction by a Ru(II)-Re(I) supramolecular photocatalyst
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Naoki Hosokawa, Yusuke Tamaki, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Improvement of formation quantum yields of one-electron reduced species of Re(I)-complex photosensitizers and its utilization
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 榊原 教貴、Ewan McQueen、玉置 悠祐、Sebastian Sprick、石谷 治
2. 発表標題 共役ポリマー半導体とRu(II)二核超分子光触媒からなるZスキーム型ハイブリッド光触媒を用いた可視光駆動CO ₂ 還元
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤田 裕太郎、玉置 悠祐、石谷 治
2. 発表標題 環状Re(I)三核錯体光増感部を有する超分子光触媒によるCO ₂ 還元光触媒反応
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会(2023)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kei Kamogawa, Yuki Kato, Yuushi SHIMODA, Kiyoshi MIYATA, Ken ONDA, Takumi NOGUCHI, Yusuke TAMAKI, Osamu ISHITANI
2. 発表標題 Mechanistic study of photocatalytic CO ₂ reduction using a Ru(II)-Re(I) supramolecular photocatalyst
3. 学会等名 錯体化学会第72回討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中寿弥, 榊原教貴, 前田和彦, 玉置悠祐, 石谷治
2. 発表標題 Ru(II)-Re(I)二核錯体とC ₃ N ₄ 複合型CO ₂ 還元光触媒へのOs(II)錯体光増感剤の添加効果
3. 学会等名 第41回固体・表面光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田 裕太郎, 玉置 悠祐, 石谷 治
2. 発表標題 Re(I)錯体光増感部を有するCO ₂ 還元超分子光触媒の開発
3. 学会等名 錯体化学会第72回討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原教貴, 鴨川径, 三好亮暢, 前田和彦, 石谷治
2. 発表標題 C3N4/Ru錯体からなる複合型光触媒を用いたCO ₂ 還元反応においてAg担持が律速過程に与える影響
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中寿弥, 榊原教貴, 玉置悠祐, 前田和彦, 石谷治
2. 発表標題 Ru(II)-Re(I)/anataseTiO ₂ /nanosheet C3N4 ハイブリットのCO ₂ 光触媒還元反応におけるOs(II)光増感剤の添加効果
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細川直輝, 玉置悠祐, 石谷治
2. 発表標題 レニウム(I)錯体の光誘起電子移動反応による一電子還元種生成量子収率に影響を及ぼす要因
3. 学会等名 2022年光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細川直輝, 玉置悠祐, 石谷治
2. 発表標題 レニウム(I)錯体の光誘起電子移動反応による一電子還元種生成の量子収率を決定している要因
3. 学会等名 第33回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鴨川 径・下田 侑史・宮田 潔志・恩田 健・玉置 悠祐・石谷 治
2. 発表標題 Ru(II)-Re(I)二核錯体による CO ₂ 還元光触媒反応の機構研究
3. 学会等名 第 3 3 回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Tamaki, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Development of Redox Photosensitizers with S-T Absorption using Ru(II) and Os(II) Complexes
3. 学会等名 ISPPCC Conference 2022(The 24th International Symposium on the Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds Conference) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kei Kamogawa, Yusuke Tamaki, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Mechanistic Study of CO ₂ Reduction Reaction Using a Ru(II)-Re(I) Supramolecular Photocatalyst with High CO ₂ Capture Ability
3. 学会等名 ISPPCC Conference 2022(The 24th International Symposium on the Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds Conference) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 教貴・静野 充彦・金澤 知器・加藤 康作・山方 啓・野澤 俊介・伊藤 剛仁・寺嶋 和夫・前田 和彦・石谷 治
2. 発表標題 プラズマ表面改質技術を用いたC ₃ N ₄ とRuRu超分子光触媒からなる複合型CO ₂ 還元光触媒の界面制御
3. 学会等名 2022 第41回光がかかわる触媒化学シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鴨川径・下田侑史・宮田潔志・恩田健・玉置悠祐・石谷治
2. 発表標題 Ru(II)-Re(I)超分子光触媒によるCO2還元反応の機構研究
3. 学会等名 第43回光化学若手の会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 Photoelectrochemical CO2 reduction with water oxidation using a molecular photocathode
3. 学会等名 Pacifichem2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 New trends in photocatalytic reduction of CO2
3. 学会等名 the Virtual Photocatalysis Symposium (University of Antwerp) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石谷治
2. 発表標題 金属錯体を中核とした CO2還元光触媒システムの構築
3. 学会等名 第1回二酸化炭素変換触媒研究会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Osamu Ishitani
2. 発表標題 Research on Photofunctional and Photocatalytic Chemistry Using Metal Complexes as Core Materials
3. 学会等名 錯体化学会第71回討論会（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kyohsei Ozawa; Kazuhide Koike; Dr. Yusuke Tamaki; Osamu Ishitani
2. 発表標題 Formation efficiencies of one-electron-reduced species of redox photosensitizers
3. 学会等名 Pacifichem2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kei Kamogawa; Kazuki Ueno; Dr. Yasuomi Yamazaki; Yuushi Shimoda; Kiyoshi Miyata; Ken Onda; Dr. Yusuke Tamaki; Osamu Ishitani
2. 発表標題 Time-resolved spectroscopic investigation on photochemical CO ₂ using a RuRe supramolecular photocatalyst
3. 学会等名 Pacifichem2021（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江波戸 陽介、熊谷 啓、石谷 治
2. 発表標題 金属錯体ポリマー光触媒を CuGaO ₂ 半導体電極上に固定化した色素増感分子光カソードを用いた水による CO ₂ 還元
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鴨川 径, 下田侑史, 宮田潔志, 恩田 健, 玉置悠祐, 石谷 治
2. 発表標題 Ru(II)-Re(I)超分子光触媒による CO2 還元反応の機構研究
3. 学会等名 第32回配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 榊原教貴, 静野充彦, 金澤知器, 加藤康作, 山方啓, 野澤俊介, 伊藤剛仁, 寺嶋和夫, 前田和彦, 石谷治
2. 発表標題 液中プラズマを用いたC3N4の表面改質およびRuRu超分子光触媒と複合化した光触媒におけるCO2還元反応の耐久性向上
3. 学会等名 応用物理学会第69回春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鴨川 径, 玉置 悠祐, 石谷 治
2. 発表標題 Ru(II)-Re(I)超分子光触媒を用いたCO2還元反応におけるReカルボキシレート錯体中間体
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮路 雅彦, 玉置 悠祐, 石谷 治
2. 発表標題 エタノール溶液中におけるRe(I)錯体のCO2捕集能と電気化学的CO2還元反応
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 細川 直輝、玉置 悠祐、石谷 治
2. 発表標題 レニウム(I)錯体の光誘起電子移動反応による一電子還元種生成量子収率
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤田 裕太郎、玉置 悠祐、石谷 治
2. 発表標題 Re(I)錯体光増感部を有する超分子光触媒によるCO ₂ 還元光触媒反応
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 榊原 教貴、静野 充彦、金澤 知器、山方 啓、野澤 俊介、伊藤 剛仁、寺嶋 和夫、前田 和彦、石谷 治
2. 発表標題 C ₃ N ₄ へのプラズマ表面改質によるRuRu超分子光触媒と複合化したCO ₂ 還元反応における耐久性向上
3. 学会等名 日本化学会第102春季年会(2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鴨川 径、下田 侑史、宮田 潔志、恩田 健、玉置 悠祐、石谷 治
2. 発表標題 Ru(II)-Re(I)超分子光触媒によるCO ₂ 還元機構
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 熊谷啓、加藤英樹、石谷治
2. 発表標題 触媒反応のための色素増感型光カソードにおける半導体電極設計
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daiki Saito, Yasuomi Yamazaki, Yusuke Tamaki, Osamu Ishitani
2. 発表標題 Investigation on properties of CO ₂ -reduction supramolecular photocatalysts fixed on solid surface and their reaction mechanism
3. 学会等名 2020年web光化学討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鴨川径、下田侑史、宮田潔志、恩田健、玉置悠祐、石谷治
2. 発表標題 Ru(II)-Re(I)超分子光触媒を用いたCO ₂ 還元反応の機構に関する研究
3. 学会等名 錯体化学会第70回討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江波戸 陽介、熊谷 啓、石谷 治
2. 発表標題 超分子光触媒を電解重合によりCuGaO ₂ 半導体上へ固定化した色素増感型CO ₂ 還元分子光カソードの開発
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 齋藤 大暉、石谷 治
2. 発表標題 固体表面上に固定したRuRu超分子光触媒によるCO2還元反応
3. 学会等名 日本化学会 第101春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------