

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：24405

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B））

研究期間：2019～2023

課題番号：19KK0144

研究課題名（和文）二酸化炭素利用のための光触媒・生体触媒複合材料の創製に関する国際共同研究

研究課題名（英文）Joint international research on development of hybrid materials composed of photo and biocatalysts for carbon dioxide utilization

研究代表者

天尾 豊（Amao, Yutaka）

大阪公立大学・人工光合成研究センター・教授

研究者番号：80300961

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：本提案は、機能性多孔質材料で安定化した生体触媒と光触媒材料との複合材料を用いた可視光駆動型二酸化炭素還元系創製を目標とした。重要な機能性多孔質材料を設計・創製をKevin C-W. Wu教授と研究分担者が担い、斬新な二酸化炭素の光還元系創製を目指した。期間内はCOVID-19の影響で、台湾への渡航許可が下りない時期が続いたが、Wu教授の来日及び研究代表者が現地へ訪問し、ハイブリッド型二酸化炭素光還元系の構築のための新たな電子メディエータやコロイド状微粒子触媒創製を達成できた。最後に研究成果として、国立台湾大学内にBule Energy Laboratoryを設置するに至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究開始当時は台湾では二酸化炭素の利用に関する本格的な研究はまだ進められていなかったが、本国際共同研究を通して、台湾でも二酸化炭素の利用に関する研究が飛躍的に進みだした。加えて、Kevin C-W. Wu教授との共同研究を本格的に進めた結果、国立台湾大学内に共同研究室Bule Energy Laboratoryを設置するに至った。二酸化炭素の利用に関する研究の学術的な意義を国際的に広めたこと、世界的な問題となっている二酸化炭素削減に関して、その解決の糸口を両国で認識し、研究を進めた意義は大きい。

研究成果の概要（英文）：This proposal aimed to construct a visible light-driven carbon dioxide reduction system by developing a photo/biocatalyst composite system, in which a biocatalyst with catalytic activity for carbon dioxide reduction stabilised by a functional porous material was combined with a photocatalytic material. Professor Kevin C-W. Wu and researcher of our institute were responsible for the design and development of functional porous materials as key materials, aiming to prepare a novel photocatalytic reduction system for carbon dioxide. During the research period, the permission to travel to Taiwan was not granted due to COVID-19, but Prof. Wu visited Japan and the principal investigator visited the site and achieved the development of new electron mediators and colloidal particulate catalysts for the construction of a hybrid carbon dioxide photoreduction system. Finally, the international collaboration resulted in the establishment of the Bule Energy Laboratory at National Taiwan University.

研究分野：生体触媒化学

キーワード：二酸化炭素還元 生体触媒 人工補酵素 半導体光触媒 多孔質材料

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

環境低負荷型エネルギー循環システムの構築，二酸化炭素等温室効果ガスを有効利用するエネルギー変換システムの開発および低炭素社会構築が急務な課題となっている．新エネルギーを創製し低炭素社会を築き上げていくためには，石油に依存しない再生可能な太陽光エネルギーや水素・メタノールなどの低炭素燃料の利用があげられる．また 2009 年 9 月に開催された国連地球変動サミットでの公約からはじまった温室効果ガス削減目標も「2030 年度に 13 年度比 26%削減する」目標を正式決定，国連の事務局にも提出し，2015 年末の気候変動枠組み条約第 21 回締約国会議 (COP21) に向け，“国際公約”となった．つまり，二酸化炭素を原料として利用・資源化することによる大幅削減を指向した科学技術開発が急務である．二酸化炭素の利用の観点から，太陽光エネルギーを使って二酸化炭素を次世代型低炭素燃料に変換する光酸化還元系の達成には，色素により確保した光エネルギーによる電子を正確に利用可能な二酸化炭素還元や資源化する触媒の開発・探索が重要要素である．中でも二酸化炭素を確実に目的生成物に変換可能な生体触媒は非常に魅力的な触媒材料である．一方，金属錯体を基盤とした色素分子や可視光応答型半導体光触媒は太陽光エネルギーを効率的に吸収・増感する魅力的な光触媒材料である．光触媒材料と生体触媒材料をそれぞれの研究領域の垣根を超えて複合化させ，それぞれの欠点を補うとともに特徴を最大限活用できる新規な二酸化炭素の光還元を資する材料として深化させる試みがこれまでなされてこなかった．特に半導体光触媒は利用できる波長が主として紫外線であり，生体触媒の安定性に影響を及ぼす，生体触媒自体の安定性等の問題が解決できなかったからである．そこで，本提案ではそれぞれの専門とする研究者及び海外研究者 (台湾国立大学 Kevin C-W. Wu 教授) とでチームを結成し，機能性多孔質材料をキーマテリアルとし様々な光触媒及び生体触媒のハイブリッド化による高効率・高選択的な二酸化炭素還元・固定光触媒創製に挑む．

2. 研究の目的

研究代表者はこれまでに電子供与分子 - 光増感分子 (水溶性亜鉛ポルフィリン) - 電子伝達分子 (メチルピオローゲン) - ギ酸脱水素酵素 (FDH) による可視光エネルギーで駆動する二酸化炭素 - ギ酸変換系の構築に成功している．この系ではメチルピオローゲンに代表される 1,1'-ジアルキル-4,4'-ビピリジニウム塩 (4,4'-BP) を電子伝達分子として用いている．研究代表者は，メチルピオローゲンの一電子還元体が FDH が触媒する二酸化炭素からギ酸への変換反応のみの人工補酵素として機能すること，NADH を用いた場合よりも 20 倍以上の FDH の触媒活性向上を発現することを見出している．本提案では，光触媒材料，4,4'-BP 及び多孔質材料に担持した FDH とを複合化し，NAD⁺/NADH の酸化還元系を必要としない新たな二酸化炭素の光還元系の構築を目的とする．さらに，様々な二酸化炭素固定機能を持つ生体触媒に展開するために NAD⁺/NADH の光酸化還元系に利用可能な新規触媒創製についても検討し，新たな二酸化炭素の光固定系構築も目指した．加えて，機能性多孔質材料を設計・創製という重要な役割を台湾国立大学の Kevin C-W. Wu 教授と国際共同研究で進めることも重要な目的とする．

3. 研究の方法

触媒材料，生体触媒材料を機能性多孔質材料を介して複合化させ，それぞれの特徴を最大限活用できる「光触媒-生体触媒複合系」は，これまでの研究領域内だけの知見では達成できない斬新かつ高効率な二酸化炭素の光還元を資する材料創製につながる独創的かつ斬新な研究課題である．特に生体触媒を直接半導体光触媒・色素分子や人工補酵素に化学的に結合させると，活性

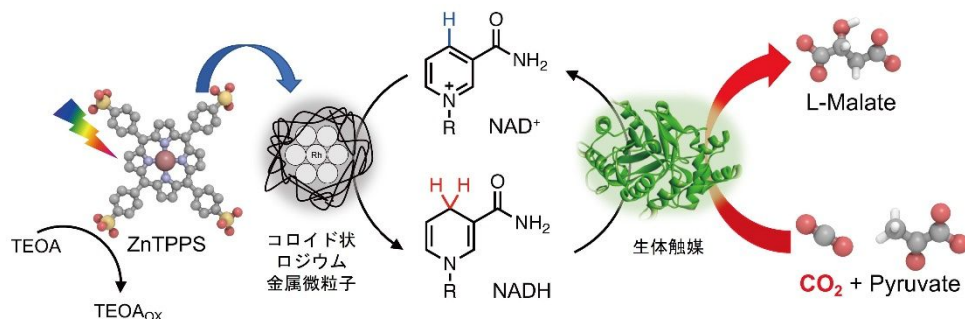
低下や変性が進むことが多い。この点を解決するために光触媒材料や人工補酵素に結合可能な機能性多孔質材料を設計・創製し、材料内に生体触媒を担持し、その活性低下や変性を防ぎ、生体触媒を最大限活用できる点も独創的である。本提案でキーマテリアルとなる機能性多孔質材料を設計・創製という重要な役割を国際共同研究者 Kevin C-W. Wu 教授と研究分担者（若手研究者）が中心となって担う。最終的な可視光による二酸化炭素の光固定・還元系の構築の際には国際共同研究者と共に斬新な反応系創製を目指す。

4. 研究成果

2020年2月に国際共同研究者Kevin C-W. Wu 教授との共同研究実施の打ち合わせを目的とした研究セミナーでの研究計画に基づき、研究代表者・研究分担者及び若手研究者が国立台湾大学に一定期間滞在し金属錯体色素や半導体光触媒、電子メディエータ及び生体触媒とを機能性多孔質材料を介してハイブリッド化し、ギ酸脱水素酵素に限らず多様な生体触媒に展開し、新たな二酸化炭素の光固定還元系構築に関する実験・研究を進める計画とした。研究期間内はCOVID-19の感染拡大の影響を大きく受け、台湾への渡航許可が下りない時期が続いたが、国際共同研究者 Kevin C-W. Wu 教授の来日及び研究代表者が現地へ訪問し、対面での共同研究実施の打ち合わせを実施し、以下の研究成果を得られた。主な研究成果について以下に示す。

ハイブリッド型二酸化炭素の光固定還元系の構築を進め、新たな電子メディエータやコロイド状微粒子

触媒の創製を達成できた。具体的には、右図に示すような電子供与体としてト



リエタノールアミン、水溶性亜鉛ポルフィリン (ZnTPPS)、ロジウムナノ微粒子を多孔質材料となりうるポリビニルピロリドンで分散させたコロイド状ロジウムナノ微粒子を触媒とした、可視光駆動型NADH再生系および二酸化炭素固定能を有する生体触媒リンゴ酸脱水素酵素(脱炭酸型)を加えた二酸化炭素を原料とするリンゴ酸生成系の構築に成功した。

Kazuma Suehiro and Yutaka Amao "Effect of adenosine monophosphate on the visible-light driven nicotinamide mononucleotide reduction with the system of water-soluble zinc porphyrin and colloidal rhodium nanoparticles" *New Journal of Chemistry*, 2024, 48, 506-510.

Takayuki Katagiri, Yutaka Amao "Visible-light-induced enzymatic reactions using an NADH regeneration system of water-soluble zinc porphyrin and homogeneous colloidal rhodium nanoparticles" *Sustainable Energy & Fuels*, 2022, 6, 2581–2592.

研究分担者（若手研究者田部博康）が台湾で開催されたMOF/COF-Taiwan 2023（2023年4月7日）で招待講演（演題Synergistic Effect of Two Open Metal Sites in Cyano-bridged Coordination Polymers for Benzene Oxygenation to Phenol）し、機能性多孔質材料の創製と応用に関する研究成果を公表するに至った。

最後に本国際共同研究の成果として、国立台湾大学内にKevin C-W. Wu 教授と本提案の日本側のメンバーとで共同研究の利用の場とした共同研究室「Bule Energy Laboratory」を設置するに至った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計40件（うち査読付論文 40件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sato Ryohei, Amao Yutaka	4. 巻 95
2. 論文標題 Curious Effect of Isotope-Labelled Substrate/Co-Enzyme on Catalytic Activity of CO ₂ Reduction by Formate Dehydrogenase from <i>Candida Boidinii</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 556 ~ 558
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220023	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 Katagiri Takayuki, Amao Yutaka	4. 巻 6
2. 論文標題 Visible-light-induced enzymatic reactions using an NADH regeneration system of water-soluble zinc porphyrin and homogeneous colloidal rhodium nanoparticles	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 2581 ~ 2592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2se00454b	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 Murashima Kaori, Yoneda Hideaki, Sumi Hideaki, Amao Yutaka	4. 巻 46
2. 論文標題 Electrocatalytic production of formaldehyde with formaldehyde dehydrogenase using a viologen redox mediator	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 10004 ~ 10011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2NJ00692H	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 Matsubara Yasuo, Muroga Yumiko, Kuwata Masako, Amao Yutaka	4. 巻 6
2. 論文標題 Colloidal platinum nanoparticles dispersed by polyvinylpyrrolidone and poly(diallyldimethylammonium chloride) with high catalytic activity for hydrogen production based on formate decomposition	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 3717 ~ 3721
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SE00865C	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 Takeuchi Mika, Amao Yutaka	4. 巻 7
2. 論文標題 Biocatalytic fumarate synthesis from pyruvate and CO ₂ as a feedstock	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Reaction Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 1931 ~ 1935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2RE00039C	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 Sato Ryohei, Amao Yutaka	4. 巻 46
2. 論文標題 No competitive inhibition of bicarbonate or carbonate for formate dehydrogenase from <i>Candida boidinii</i> -catalyzed CO ₂ reduction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 15820 ~ 15830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2NJ00575A	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 Kita Yu, Amao Yutaka	4. 巻 58
2. 論文標題 Visible-light driven 3-hydroxybutyrate synthesis from CO ₂ and acetone with the hybrid system of photocatalytic NADH regeneration and multi-biocatalysts	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 11131 ~ 11134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CC03660F	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 Miyaji Akimitsu, Amao Yutaka	4. 巻 95
2. 論文標題 Mechanism of Formate Dehydrogenase Catalyzed CO ₂ Reduction with the Cation Radical of a 2,2'-Bipyridinium Salt Based on a Theoretical Approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1703 ~ 1714
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20220228	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 Katagiri Takayuki, Kita Yu, Amao Yutaka	4. 巻 410
2. 論文標題 Visible-light driven enantioselective L-lactate synthesis with a combination system of biocatalyst and dye-sensitized NAD ⁺ reduction	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Catalysis Today	6. 最初と最後の頁 289 ~ 294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cattod.2022.04.018	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 Takeuchi Mika, Amao Yutaka	4. 巻 1
2. 論文標題 Phosphate-induced enhancement of fumarate production from a CO ₂ and pyruvate with the system of malate dehydrogenase and fumarase	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 RSC Sustainability	6. 最初と最後の頁 90 ~ 96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SU00031H	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 Kita Yu, Fujii Ritsuko, Amao Yutaka	4. 巻 7
2. 論文標題 Expression of biocatalysts and their use in monomer synthesis for biodegradable polymers from acetone and CO ₂	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 360 ~ 368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SE01150F	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 Takeuchi Mika, Amao Yutaka	4. 巻 7
2. 論文標題 Visible-light-driven production of fumarate from CO ₂ and pyruvate using a photocatalytic system with dual biocatalysts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 355 ~ 359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SE01533A	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 Kita Yu, Amao Yutaka	4. 巻 27
2. 論文標題 Acetoacetate Production from CO ₂ and Acetone with Acetone Carboxylase from Photosynthetic Bacteria Rhodobacter Capsulatus	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Catalysis Surveys from Asia	6. 最初と最後の頁 67 ~ 74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10563-022-09371-x	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 Sato Ryohei, Amao Yutaka	4. 巻 411-412
2. 論文標題 Studies on the catalytic mechanism of formate dehydrogenase from Candida boidinii using isotope-labelled substrate and co-enzyme	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Catalysis Today	6. 最初と最後の頁 113796 ~ 113796
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cattod.2022.06.011	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 Kita Yu, Amao Yutaka	4. 巻 96
2. 論文標題 Ammonium Ion Promoted Biodegradable Plastic Precursor D-3-Hydroxybutyrate Production from Bicarbonate and Acetone with Dual Biocatalysts System	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 328 ~ 330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20230026	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 Kita Yu, Amao Yutaka	4. 巻 25
2. 論文標題 Visible-light-driven 3-hydroxybutyrate production from acetone and low concentrations of CO ₂ with a system of hybridized photocatalytic NADH regeneration and multi-biocatalysts	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Green Chemistry	6. 最初と最後の頁 2699 ~ 2710
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D3GC00247K	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 Chou Sheng-Ying, Masai Hiroshi, Otani Masaya, Miyagishi Hiromichi, Sakamoto Gentaro, Yamada Yusuke, Kinoshita Yusuke, Tamiaki Hitoshi, Katase Takayoshi, Ohta Hiromichi, Kondo Tomoki, Nakada Akinobu, Abe Ryu, Tanaka Takahisa, Uchida Ken, Terao Jun	4. 巻 327
2. 論文標題 Efficient electrocatalytic H ₂ O ₂ evolution utilizing electron-conducting molecular wires spatially separated by rotaxane encapsulation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental	6. 最初と最後の頁 122373 ~ 122373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcatb.2023.122373	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 Taba Hiroyasu, Seki Yusuke, Yamane Mari, Nakazono Takashi, Yamada Yusuke	4. 巻 14
2. 論文標題 Synergistic Effect of Fe ^{II} and Mn ^{II} Ions in Cyano-Bridged Heterometallic Coordination Polymers on Catalytic Selectivity of Benzene Oxygenation to Phenol	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 158 ~ 163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.2c02939	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 Seki Yusuke, Taba Hiroyasu, Yamada Yusuke	4. 巻 126
2. 論文標題 Mechanism for Catalytic Stability Enhancement of Fe ^{III} [Co ^{III} (CN) ₆] by Doping Divalent Ions for Organophosphate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 5564 ~ 5574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c00772	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 Sato Ryohei, Amao Yutaka	4. 巻 7
2. 論文標題 Carbonic anhydrase/formate dehydrogenase bienzymatic system for CO ₂ capture, utilization and storage	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Reaction Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 181 ~ 191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1RE00405K	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 Kita Yu, Amao Yutaka	4. 巻 5
2. 論文標題 pH-Controlled selective synthesis of lactate from pyruvate with a photoredox system of water-soluble zinc porphyrin, an electron mediator and platinum nanoparticles dispersed by polyvinylpyrrolidone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sustainable Energy & Fuels	6. 最初と最後の頁 6004 ~ 6013
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1SE01399H	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 Kita Yu, Amao Yutaka	4. 巻 50
2. 論文標題 The pH Dependence of Electron Donating Ability of Triethanolamine in a Visible-light Driven H ₂ Production System of Zinc Porphyrin, Methylviologen and Colloidal Pt Nanoparticles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1979 ~ 1982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210518	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 Katagiri Takayuki, Amao Yutaka	4. 巻 45
2. 論文標題 Visible light driven selective NADH regeneration using a system of water-soluble zinc porphyrin and homogeneous polymer-dispersed rhodium nanoparticles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 15748 ~ 15752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1NJ02856A	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 Toyodome Takumi, Amao Yutaka, Higashi Masanobu	4. 巻 45
2. 論文標題 Photoelectrochemical reduction of CO ₂ to formate over a hybrid system of CuInS ₂ photocathode and formate dehydrogenase under visible-light irradiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 14803 ~ 14807
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1NJ02481G	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 Kita Yu, Amao Yutaka	4. 巻 45
2. 論文標題 Visible-light driven redox system of water-soluble zinc porphyrin and platinum nanoparticles for selective reduction of pyruvate to lactate	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 11461 ~ 11465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1NJ02676C	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 Minami Yusuke, Amao Yutaka	4. 巻 45
2. 論文標題 Cationic poly-l-amino acid-enhanced selective hydrogen production based on formate decomposition with platinum nanoparticles dispersed by polyvinylpyrrolidone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 9324 ~ 9333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1NJ01181B	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 Minami Yusuke, Amao Yutaka	4. 巻 64
2. 論文標題 Mechanistic Study of Hydrogen Production Based on the Formate Decomposition with Platinum Nanoparticles Dispersed by Polyvinylpyrrolidone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Japan Petroleum Institute	6. 最初と最後の頁 203 ~ 210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1627/jpi.64.203	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 Miyaji Akimitsu, Amao Yutaka	4. 巻 7
2. 論文標題 Visible Light Driven CO2 Reduction to Formate with Electron Mediated Nicotinamide Modified Viologen in the System of Water Soluble Zinc Porphyrin and Formate Dehydrogenase	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemNanoMat	6. 最初と最後の頁 626 ~ 634
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cnma.202100045	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 Miyaji Akimitsu, Amai Yutaka	4. 巻 45
2. 論文標題 Visible-light driven reduction of CO ₂ to formate by a water-soluble zinc porphyrin and formate dehydrogenase system with electron-mediated amino and carbamoyl group-modified viologen	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 5780 ~ 5790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1NJ00889G	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 Seki Yusuke, Tabe Hiroyasu, Yamada Yusuke	4. 巻 126
2. 論文標題 Mechanism for Catalytic Stability Enhancement of Fe ^{III} [Co ^{III} (CN) ₆] by Doping Divalent Ions for Organophosphate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 5564 ~ 5574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.2c00772	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 Taba Hiroyasu, Yorozu Shoma, Yamada Yusuke	4. 巻 126
2. 論文標題 Heterogeneous Catalysis of Lanthanoid Ions for the Hydrolysis of <i>p</i> -Nitrophenyl Phosphate Enhanced by Incorporation to Cyano-Bridged Heterometallic Coordination Polymers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 4365 ~ 4373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c10369	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 Ryota, Tanaka Rika, Maetani Mayu, Tabe Hiroyasu, Yamada Yusuke	4. 巻 23
2. 論文標題 Efficient capturing of hydrogen peroxide in dilute aqueous solution by co-crystallization with amino acids	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 5456 ~ 5462
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CE00688F	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 Miyaji Akimitsu, Amao Yutaka	4. 巻 45
2. 論文標題 Visible-light driven reduction of CO ₂ to formate by a water-soluble zinc porphyrin and formate dehydrogenase system with electron-mediated amino and carbamoyl group-modified viologen	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 5780 ~ 5790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1NJ00889G	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 Miyaji Akimitsu, Amao Yutaka	4. 巻 22
2. 論文標題 Theoretical study on CO ₂ reduction catalyzed by formate dehydrogenase using the cation radical of a bipyridinium salt with an ionic substituent as a co-enzyme	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 26987 ~ 26994
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP05261B	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 Secundo Francesco, Amao Yutaka	4. 巻 10
2. 論文標題 Visible-light-driven CO ₂ reduction to formate with a system of water-soluble zinc porphyrin and formate dehydrogenase in ionic liquid/aqueous media	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 42354 ~ 42362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0RA08594D	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 該当する

1. 著者名 Miyaji Akimitsu, Amao Yutaka	4. 巻 44
2. 論文標題 Artificial co-enzyme based on carbamoyl-modified viologen derivative cation radical for formate dehydrogenase in the catalytic CO ₂ reduction to formate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 18803 ~ 18812
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0NJ04375C	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 Katagiri Takayuki, Amao Yutaka	4. 巻 44
2. 論文標題 Trivalent metal ions promote the malic enzyme-catalyzed building of carbon-carbon bonds from CO ₂ and pyruvate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 17208 ~ 17214
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0NJ03449E	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 Miyaji Akimitsu, Amao Yutaka	4. 巻 22
2. 論文標題 How does methylviologen cation radical supply two electrons to the formate dehydrogenase in the catalytic reduction process of CO ₂ to formate?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 18595 ~ 18605
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0CP02665D	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 Sato Ryohei, Amao Yutaka	4. 巻 44
2. 論文標題 Can formate dehydrogenase from <i>Candida boidinii</i> catalytically reduce carbon dioxide, bicarbonate, or carbonate to formate?	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 New Journal of Chemistry	6. 最初と最後の頁 11922 ~ 11926
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0NJ01183E	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 Katagiri Takayuki, Amao Yutaka	4. 巻 22
2. 論文標題 Recent advances in light-driven C-H bond activation and building C-C bonds with CO ₂ as a feedstock for carbon capture and utilization technology	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Green Chemistry	6. 最初と最後の頁 6682 ~ 6713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0GC01796E	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101件(うち招待講演 29件/うち国際学会 37件)

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light driven 3-hydroxybutyrate production from CO ₂ and acetone with the hybrid system of photocatalytic dye and biocatalysts
3. 学会等名 2022 Taipei International Conference on Catalysis (TICC-2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light driven synthesis for ingredient of biodegradable polymer with the system of water-soluble zinc porphyrin and platinum nano-particles
3. 学会等名 9th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT9) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Improvement of hydrogen production based on formate decomposition catalyzed with polyvinylpyrrolidone dispersed platinum nanoparticles using an isobaric system
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Photoelectrochemical enantioselective L-lactate synthesis with photocatalyst and biocatalyst hybrid system
3. 学会等名 73rd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Selective hydrogen production from formate using platinum nanoparticle homogeneously dispersed by polyvinylpyrrolidone and polydiallylilation
3. 学会等名 4th International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (ICEAN 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light driven synthesis of 3-hydroxybutyrate from CO ₂ and acetone with the system of photocatalytic dye and multi-biocatalysts
3. 学会等名 10th Asian Biological Inorganic Chemistry Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yu Kita, Masanobu Higashi, Ritsuko Fujii, Yutaka Amao
2. 発表標題 Combination process to produce 3-hydroxybutyrate from CO ₂ and acetone by using multi-enzymes under visible-light irradiation
3. 学会等名 The 19th International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (ISHHC19) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mika Takeuchi, Masanobu Higashi, Yutaka Amao
2. 発表標題 Unsaturated dicarboxylic acid synthesis from CO ₂ and pyruvate with multi-enzymes
3. 学会等名 The 19th International Symposium on Relations between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (ISHHC19) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yu Kita, Masanobu Higashi, Ritsuko Fujii, Yutaka Amao
2. 発表標題 Hybrid process to produce 3-hydroxybutyrate from CO ₂ and acetone by using carboxylase and dehydrogenase under visible-light irradiation
3. 学会等名 9th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT9) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mika Takeuchi, Masanobu Higashi, Yutaka Amao
2. 発表標題 Synthesis of unsaturated dicarboxylic acid from CO ₂ and pyruvate with malate dehydrogenase and fumarate hydratase
3. 学会等名 9th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT9) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yu Kita, Masanobu Higashi, Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light driven poly-3-hydroxybutyrate monomer production from CO ₂ and acetone with the hybrid system of biocatalysts and photocatalytic dye
3. 学会等名 4th International Conference on Emerging Advanced Nanomaterials (ICEAN 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mika Takeuchi, Masanobu Higashi, Yutaka Amao
2. 発表標題 Development of visible-light driven fumarate synthesis system using carbon dioxide as raw material
3. 学会等名 Osaka-Kansai International Symposium on Catalysis (OKCAT2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yu Kita, Masanobu Higashi, Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light driven poly-3-hydroxybutyrate monomer production from CO ₂ and acetone with photo/bio-hybrid catalysts
3. 学会等名 17th The Pacific Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mika Takeuchi, Masanobu Higashi, Yutaka Amao
2. 発表標題 Synthesis of raw material for unsaturated polyester resin from CO ₂ with biocatalysts using visible light as an energy source
3. 学会等名 17th The Pacific Polymer Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加納滉也、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 可視光応答型光電極による水を電子源とした光電気化学的NADH再生系
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 末廣和真、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 コロイド状Rhナノ粒子触媒を用いた可視光駆動型NAD還元機構の解明
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 竹内 未佳、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 可視光照射で進行するCO2およびピルビン酸を原料とした不飽和ジカルボン酸合成系の構築
3. 学会等名 第131回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 紀太 悠、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 低濃度CO2ガスを原料とした生体/光触媒利用による生分解性高分子モノマーのワンポット合成
3. 学会等名 第131回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 色素と生体触媒との複合系を用いた可視光エネルギーによる二酸化炭素の有価物質への変換
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 天尾豊
2. 発表標題 異種触媒複合系を用いた光エネルギーによる二酸化炭素の有価物質への変換
3. 学会等名 2022 年度触媒学会西日本支部 第 13 回触媒科学研究発表会(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 光触媒色素・生体触媒複合系による二酸化炭素の有機分子への固定化
3. 学会等名 九州大学理学部公開講演会 最新化学談話シリーズ 令和4年度 第4回談話会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 太陽光エネルギーを駆動力とした二酸化炭素のプラスチック原料への変換
3. 学会等名 日本太陽エネルギー学会 関西支部 2022年度シンポジウム 「光エネルギー利用技術の最新動向」（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 光エネルギーと生体触媒によるCO2から有用物質生産～プラスチック原料生産への展開～
3. 学会等名 フォトポリマー談話会 第252回講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 天尾豊、室賀由美子、桑田真子、松原康郎
2. 発表標題 陽イオン性高分子とポリビニルピロリドンを保護剤としたコロイド状白金微粒子によるギ酸分解に基づく水素生成効率向上に関する研究
3. 学会等名 第42回水素エネルギー協会大会（HESS大会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紀太 悠、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 生体/可視光吸収色素を用いたCO2およびアセトンから生分解性高分子原料のワンポット合成
3. 学会等名 第52回石油・石油化学討論会（長野大会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内 未佳、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 二酸化炭素を原料とする可視光駆動型不飽和ジカルボン酸の合成系構築
3. 学会等名 第52回石油・石油化学討論会（長野大会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紀太 悠、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 生体/光触媒を利用した二酸化炭素のアセトン固定化による生分解性高分子モノマー合成
3. 学会等名 第12回 CSJ化学フェスタ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紀太 悠、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 生体/光触媒色素を用いた可視光駆動型ワンポット系による二酸化炭素およびアセトンから生分解性高分子モノマーの合成
3. 学会等名 第130回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内 未佳、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 生体触媒を用いた二酸化炭素を原料とするプラスチックの原材料合成
3. 学会等名 第130回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紀太 悠、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 二酸化炭素およびアセトン为原料とした生体/光触媒による生分解性高分子モノマー合成
3. 学会等名 第11回JAC1/GSCシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内 未佳、天尾 豊
2. 発表標題 生体触媒利用による二酸化炭素を原料としたプラスチック原材料合成系の新規開発
3. 学会等名 第11回JAC1/GSCシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 紀太 悠、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 生体・光触媒利用による二酸化炭素およびアセトン为原料としたワンポット生分解性高分子モノマー合成
3. 学会等名 2022 年度触媒学会西日本支部 第 13 回触媒科学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内 未佳、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 二酸化炭素を原料とする生体触媒を用いたプラスチック原材料の合成系構築
3. 学会等名 2022 年度触媒学会西日本支部 第 13 回触媒科学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田部 博康、山根 真理、山田 裕介
2. 発表標題 架橋配位子の一部を欠損させたシアノ架橋配位高分子の不均一触媒作用
3. 学会等名 石油学会第64回年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 萩原聖也、向井美樹、田中里佳、中園孝志、山田裕介
2. 発表標題 [RhIII(SCN)6-x(NCS)x]3- (x = 0または1) 配位異性体の結晶構造ならびに電気化学挙動
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関 優介、中園 孝志、山田 裕介
2. 発表標題 [FeII(CN)6]4-の添加による CoII1.5[CoIII(CN)6]の光水素発生反応における触媒活性向上
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中林 達哉、中園 孝志、田村 正純、山田 裕介
2. 発表標題 架橋性配位子を持つ錯体前駆体を利用した精密な合金組成を有するイリジウム-ニッケル合金触媒の調製とスチレン水素化反応に対する活性
3. 学会等名 日本化学会 第103春季年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小原雅史、田中里香、中園孝志、山田裕介
2. 発表標題 1,2-ジチオシュウ酸を架橋配位子とする配位高分子の金属イオンと対カチオンによるトポロジー制御
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 Masashi Obara, Rika Tanaka, Takashi Nakazono, Yusuke Yamada
2. 発表標題 Topology Control of Anionic Coordination Polymers Employing 1,2-Dithioxalate as a Bridging Ligand by Counter Cations
3. 学会等名 The 4th International Symposium of Ionic Coordination Compounds (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Yamada
2. 発表標題 Heterogeneous Catalysis of Cyano-bridged Coordination Polymers for Organophosphate Hydrolysis
3. 学会等名 44th International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Yamada
2. 発表標題 Utilization of cyano-bridged coordination polymers as designable heterogeneous catalysts for organophosphate hydrolysis
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Yamada
2. 発表標題 Heterogeneous catalysis of cyano-bridged polynuclear metal complexes for energy conversion and environmental mitigation
3. 学会等名 9th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT9) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light driven C-H bond activation and carboxylation with CO ₂ using a hybrid system of biocatalyst / photocatalytic dye
3. 学会等名 1st Japan-China Symposium on Catalysis (1stJCSC), (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Selective hydrogen production from formate with homogenous colloidal platinum nanoparticles
3. 学会等名 17th Taiwan-Japan Joint Symposium on Catalysis (17-TJJSC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light driven redox system for CO ₂ conversion into valuable organic materials
3. 学会等名 30th Annual Saudi-Japan Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Photoelectrochemical CO ₂ reduction to formate with the sacrificial reagent free system of semiconductor photocatalyst and biocatalyst
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light driven C-H bond activation and building C-C bonds with CO ₂ using the hybrid system of photocatalytic dye and biocatalyst
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takayuki Katagiri, Yutaka Amao
2. 発表標題 Regioselective NAD ⁺ reduction to NADH with dye and homogeneously dispersed rhodium nanoparticles under visible light
3. 学会等名 5th EuChemS Conference on Green and Sustainable Chemistry (5th EuGSC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takayuki Katagiri, Yutaka Amao
2. 発表標題 NADH regeneration system with dye and homogeneously dispersed rhodium nanoparticles under visible light
3. 学会等名 6th Green & Sustainable Chemistry Conference, (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryohei Sato, Masanobu Higashi, Yutaka Amao
2. 発表標題 Formate dehydrogenase selectively reduces CO ₂ molecule to formate among carbonate species
3. 学会等名 The 18th Japan-Korea Symposium on Catalysis (18JKSC) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryohei Sato, Yutaka Amao
2. 発表標題 Study of mechanism for carbon dioxide reduction to formate of formate dehydrogenase
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021), (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takayuki Katagiri, Yutaka Amao
2. 発表標題 Biocatalytic carboxylation using CO ₂ as the C1 feedstock by malic enzyme and diphenylviologen derivative as an artificial coenzyme with visible light irradiation
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021), (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takumi Toyodome, Yutaka Amao, Masanobu Higashi
2. 発表標題 "Development of photoelectrochemical system with CuInS ₂ photocathode and formate dehydrogenase for visible-light driven CO ₂ reduction to formate
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021), (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yu Kita, Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light-driven reduction of pyruvate to lactate with the system of water-soluble zinc porphyrin and platinum nanoparticles
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021), (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takayuki Katagiri, Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-light-driven regioselective NAD ⁺ reduction to NADH with the system of water-soluble zinc porphyrin and homogeneously dispersed rhodium nanoparticles
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021), (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masanobu Higashi, Tomoya Ishibashi, Yutaka Amao
2. 発表標題 Photoelectrochemical CO ₂ reduction to formate with the sacrificial reagent free system of TiO ₂ photoanode and formate dehydrogenase
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021), (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 人工光合成技術による住宅へのエネルギー供給の実現性
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内 未佳、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 生体触媒を用いた二酸化炭素を原料とする不飽和ジカルボン酸の合成
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 紀太 悠、東 正信、藤井 律子、天尾 豊
2. 発表標題 二酸化炭素およびアセトン为原料とした生体触媒利用による生分解性高分子のモノマー合成系
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 片桐 毅之、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 水溶性亜鉛ポルフィリンと親水性高分子分散型ロジウム微粒子とを用いた可視光駆動型NADH再生系による生体触媒的二酸化炭素固定
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 天尾豊
2. 発表標題 太陽エネルギーと二酸化炭素を活用する人工光合成技術
3. 学会等名 第131回テクノラボツアー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 植物に学ぶ未来のエネルギー ～人工光合成が世界を変える～
3. 学会等名 「なかもず×最先端」イノベーションセミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 生体触媒を利用した二酸化炭素を原料とする有機合成反応
3. 学会等名 第1回二酸化炭素変換触媒研究会講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 生体触媒と光触媒との連携で二酸化炭素を有用物質に再生する
3. 学会等名 第11回CSJ化学フェスタ2021（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 生体触媒を基軸とした二酸化炭素利用技術
3. 学会等名 産総研フレキシブルエネルギーデバイスコンソ第2回研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 人工光合成開発の現状と将来展望
3. 学会等名 関西コンバーティングものづくり研究会第2回定例研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 人工光合成とは？ 今どこまで進んでいるのか？
3. 学会等名 地球環境と産業化研究会（SGEIS）第8回「脱炭素と省エネビジネス」勉強会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天尾豊
2. 発表標題 生体触媒を利用した二酸化炭素の物質変換
3. 学会等名 東レ株式会社先端融合研究所講演会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 天尾 豊、南 祐輔、桑田 真子、室賀 由美子
2. 発表標題 ポリビニルピロリドンを保護剤としたコロイド状白金微粒子が触媒するギ酸の選択的分解に基づく水素生成
3. 学会等名 第41回水素エネルギー協会大会 (HESS大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹内 末佳、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 二酸化炭素を原料とした生体触媒の利用による不飽和ジカルボン酸の合成
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会 (函館大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 涼平、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 ギ酸脱水素酵素が触媒するCO ₂ 還元反応における基質選択性と同位体効果
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会 (函館大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊留 拓弥、天尾 豊、東 正信
2. 発表標題 CuInS ₂ 光カソードと生体触媒を組み合わせた可視光応答型CO ₂ 還元系の構築
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会 (函館大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片桐 毅之、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 ロジウム微粒子および水溶性亜鉛ポルフィリンを用いたNADH再生のための光酸化還元系
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会 (函館大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紀太 悠、東 正信、天尾 豊
2. 発表標題 白金微粒子を触媒としたピルピン酸光還元系の構築および乳酸生成機構
3. 学会等名 第51回石油・石油化学討論会 (函館大会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田部 博康、大島 滉主、天尾 豊、山田 裕介
2. 発表標題 多孔性シリカナノ粒子集合体への加水分解酵素の固定化による安定性向上
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 涼平、天尾 豊
2. 発表標題 ギ酸脱水素酵素を用いたCO ₂ 還元反応における炭酸種の効果
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紀太 悠、天尾 豊
2. 発表標題 白金ナノ微粒子を触媒とした可視光駆動型酸化還元系によるピルビン酸還元反応
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片桐 毅之、天尾 豊
2. 発表標題 水溶性亜鉛ポルフィリンおよびロジウム微粒子による可視光駆動型NADH再生系
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊留 拓弥、天尾 豊、東 正信
2. 発表標題 CuInS ₂ 光カソードと生体触媒を組み合わせた可視光駆動型CO ₂ 還元系の開発
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 紀太悠、天尾豊
2. 発表標題 白金ナノ微粒子を用いた可視光駆動型ピルビン酸還元系の構築
3. 学会等名 第 12 回触媒科学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊留 拓弥、天尾 豊、東 正信
2. 発表標題 可視光応答型CuInS ₂ 光カソードと生体触媒を組み合わせたCO ₂ 還元系の構築
3. 学会等名 第 12 回触媒科学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐藤 涼平、天尾 豊
2. 発表標題 ギ酸脱水素酵素を用いた二酸化炭素還元反応における炭酸種の効果
3. 学会等名 第 12 回触媒科学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片桐 毅之、天尾 豊
2. 発表標題 ロジウムナノ微粒子を触媒として用いたNAD ⁺ 光還元反応
3. 学会等名 第 12 回触媒科学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroyasu Tabe, Hiroyuki Oshima, Yusuke Yamada
2. 発表標題 Immobilization of acid phosphatase in mesospaces of silica-nanoparticles assembly to enhance catalytic stability
3. 学会等名 The 2021 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem 2021), (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田部 博康、大島 滉主、天尾 豊、山田 裕介
2. 発表標題 多孔性シリカナノ粒子集合体への加水分解酵素の固定化による安定性向上
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田部 博康
2. 発表標題 多孔性シリカナノ粒子集合体への加水分解酵素の固定化による安定性向上
3. 学会等名 大阪市立大学人工光合成研究センター 第1回若手研究者研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takayuki Katagiri, Yutaka Amao
2. 発表標題 Promotion of the biocatalytic carboxylation with CO ₂ by malic enzyme and viologen derivative in the presence of metal ion
3. 学会等名 The 24th Annual Green Chemistry & Engineering Conference (GC&E) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片桐 毅之、天尾 豊
2. 発表標題 リンゴ酸酵素を触媒として用いた可視光をエネルギー源とする二酸化炭素資源化
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 片桐 毅之、天尾 豊
2. 発表標題 リンゴ酸酵素が触媒する二酸化炭素のカルボキシ化に対する補因子の影響
3. 学会等名 第126回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 涼平、天尾 豊
2. 発表標題 干酸脱水素酵素が触媒する二酸化炭素還元反応における炭酸種の効果
3. 学会等名 第126回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 豊留 拓弥, 藤田 わかば, 池田 茂, 吉野 賢二, 天尾 豊
2. 発表標題 焼結体形成によるCuベースとしたカルコパイライト化合物光電極の作製
3. 学会等名 第50回石油・石油化学討論会 (熊本大会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 涼平、天尾 豊
2. 発表標題 干酸脱水素酵素が触媒するCO ₂ 還元反応に関する研究
3. 学会等名 第50回石油・石油化学討論会 (熊本大会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片桐 毅之、天尾 豊
2. 発表標題 リンゴ酸酵素が触媒する二酸化炭素固定反応に対する補因子の効果
3. 学会等名 第50回石油・石油化学討論会（熊本大会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤 涼平、天尾 豊
2. 発表標題 干酸脱水素酵素が触媒するCO ₂ 還元過程に関する研究
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 豊留 拓弥、天尾 豊、東 正信
2. 発表標題 CuInS ₂ 光カソードと生体触媒を組み合わせた可視光駆動型CO ₂ 還元系の開発
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 紀太 悠、天尾 豊
2. 発表標題 水溶性亜鉛ポルフィリンおよび白金微粒子による可視光駆動型 - ケト酸の選択的還元
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 片桐 毅之, 天尾 豊
2. 発表標題 リンゴ酸酵素が触媒する二酸化炭素付加反応における金属イオンの添加効果
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 Yutaka Amao, Takayuki Katagiri
2. 発表標題 Visible-light driven C-H bond activation and building C-C bonds from CO ₂ with the hybrid system of photo/biocatalysts
3. 学会等名 5th Green and Sustainable Chemistry Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 天尾 豊
2. 発表標題 二酸化炭素利用のための生体触媒利用技術
3. 学会等名 早稲田大学講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible-Light Driven Carbon Dioxide Reduction to Methanol with Bio/Photocatalyst Hybrid System - Studies on the Interaction between Electron Mediator and Biocatalyst Based on Enzyme Kinetic Analysis
3. 学会等名 3rd International Solar Fuels Conference (ISF-3) and International Conference on Artificial Photosynthesis-2019 (ICARP2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yutaka Amao
2. 発表標題 Visible Light Driven Carbon Dioxide Reduction to Methanol with Photo/Biocatalysts Hybrid System
3. 学会等名 18th Asian Chemical Congress (18th ACC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計7件

1. 著者名 触媒学会	4. 発行年 2023年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 544
3. 書名 触媒総合事典	

1. 著者名 緋田 博、廣川敦士、天尾 豊	4. 発行年 2021年
2. 出版社 応用物理学会	5. 総ページ数 5
3. 書名 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会会誌 (M&BE)	

1. 著者名 天尾 豊	4. 発行年 2021年
2. 出版社 株式会社電気評論社	5. 総ページ数 8
3. 書名 電気評論	

1. 著者名 天尾 豊	4. 発行年 2020年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 176
3. 書名 CSJカレントレビュー38 光エネルギー変換における分子触媒の新展開	

1. 著者名 南 祐輔、天尾 豊	4. 発行年 2020年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 5
3. 書名 機能材料	

1. 著者名 天尾 豊	4. 発行年 2020年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 376
3. 書名 脱石油に向けたCO2資源化技術ー化学・生物プロセスを中心にー	

1. 著者名 片桐 毅之、天尾 豊	4. 発行年 2020年
2. 出版社 光化学協会	5. 総ページ数 7
3. 書名 光化学	

〔産業財産権〕

〔その他〕

大阪公立大学人工光合成研究センター生体触媒研究部門
<https://www.omu.ac.jp/orp/biocatalyst/>
 大阪公立大学 工学研究科 物質科学生命系専攻 無機エネルギー化学分野
https://www.omu.ac.jp/eng/yamada_lab/
 National Taiwan University (NTU) Kevin Wu Lab.
<https://fnmkevinwu.wordpress.com/>

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	山田 裕介 (Yamada Yusuke) (30358270)	大阪公立大学・大学院工学研究科・教授 (24405)	
研究分担者	田部 博康 (Tabe Hiroyasu) (50803764)	京都大学・高等研究院・特定講師 (14301)	
研究分担者	池山 秀作 (Ikeyama Shusaku) (10803398)	大阪市立大学・複合先端研究機構・特任助教 (24402)	2020年度削除

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1件

国際研究集会 NTU-Osaka City University Workshop	開催年 2020年～2020年
--	--------------------

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		
その他の国・地域	National Taiwan University		