

令和 5 年 5 月 17 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02568

研究課題名（和文）金属担持有機構造体を基盤としたカスケード型CO₂還元系の開発研究課題名（英文）Selective and high-rate CO₂ electroreduction by metal-doped covalent triazine frameworks

研究代表者

神谷 和秀 (Kamiya, Kazuhide)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・准教授

研究者番号：50716016

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）：二酸化炭素(CO₂)の電解還元は人工光合成系の要素技術として、その高活性化が強く望まれている。CO₂電解の社会実装に向けては、高い反応速度と高い選択性を同時に満たす必要がある。近年、ガス拡散電極(GDE)を用いた気体状CO₂の直接電解還元によって、反応を高速化しようとする試みが活発になりつつある。しかし、GDE上で高回転頻度で駆動する電極触媒は金属銅など一部の材料に限られ、高い反応選択性と高速反応を両立できる新規触媒材料の開発が喫緊の課題である。本研究では共有結合性有機構造体に単核金属中心を担持した電極触媒がガス状CO₂の選択電極触媒のプラットフォームとして機能することを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

CO₂電解の高速化、高選択化は本技術の社会実装に向けた必須要件である。金属活性中心のみを入れ替えるだけで生成物を変化させることができる本材料は、電極触媒としての基盤材料である。また、構造特定が容易であることから、原理解明に向けたモデル化合物としても好適であり、今後広く研究対象となることが期待される。

研究成果の概要（英文）：The electrochemical CO₂ reduction reaction has attracted much attention. It is essential to achieve both high reaction rates and high selectivity simultaneously. Recently, there have been attempts to enhance the reaction rate through direct electrochemical reduction of gaseous CO₂ using gas diffusion electrodes (GDEs). However, only a few materials, such as metallic copper, can function as efficient electrocatalysts at high rotational frequencies on GDEs. Developing new catalyst materials that can achieve both high selectivity and fast reaction rates is therefore an urgent issue. In this study, we discovered that an electrocatalyst consisting of a single metal center supported on covalent triazine frameworks could serve as a platform for selective electrocatalysts for gaseous CO₂ reduction reactions.

研究分野：電気化学、材料化学

キーワード：CO₂電解 有機構造体 高速電解 第一原理計算

1. 研究開始当初の背景

CO₂の電解還元はクリーンかつ常温常圧で進行することから、カーボンニュートラル達成に資する技術として大きな注目を集めている。CO₂電解還元の社会実装に向けては、高付加価値物質を高速かつ高選択的に生成できる反応系の構築が必要不可欠である。近年、ガス拡散電極(Gas diffusion electrode: GDE)を用いた気体状CO₂の直接電解還元によって、反応を高速化しようとする試みが活発になりつつある。しかし、高い選択性を維持したまま反応を高速化(高電流密度化)しようとした場合、触媒材料の表面反応性と反応界面である三相界面構造の設計を同時に行う必要がある。

2. 研究の目的

電極、電解液、ガス状基質といった三相界面の要となる各要素を適切に選択・配列することで、それらを調和的に機能させ、各構成材料のポテンシャルを最大限に発揮させることで、高速かつ高選択的なCO₂電解を達成する。

3. 研究の方法

・金属担持有機構造体による高速CO₂電解の選択性制御

GDE上で高回転頻度で駆動する電極触媒は金属銅など一部の材料に限られ、高い反応選択性と高速反応を両立できる新規触媒材料の開発が喫緊の課題である。ガス状CO₂電解は触媒の表面反応性だけでなく、マクロ構造が活性に大きな影響を及ぼす。しかし、電極触媒の分子構造を変化させた場合、多くの場合同時にマクロ構造が変化してしまう。そのような背景から、ガス状CO₂の高速電解に対して、マクロ構造が変化せず触媒表面反応性のみを制御できる材料が求められる。神谷はこれまでに多孔性高分子材料である共有結合性トリアジン構造体の細孔内に金属活性中心がドープされたM-COFが、その中心金属種に由来した多様な選択電極触媒能を示すことを見出してきた(図1)。母骨格は変えずに活性中心のみを変更できる本材料はガス状CO₂の高速電解に好適であると考えた。

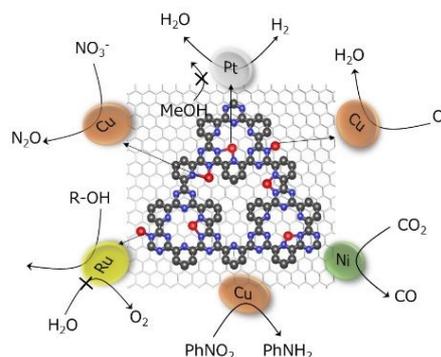


図1 M-COFが示す電極触媒能

・三相界面構造制御による超高速CO₂電解系の設計

ガス状基質/固体触媒/電解質の三相界面での電気化学反応系は類似先行技術である燃料電池において広く研究されてきた。燃料電池では、図2aに示されるように、疎水性触媒層(白金担持ナノカーボン)を作成することにより、マクロスケールで見た場合には厚みのある三相界面が形成され、大きな反応界面面積が得られる。しかし、CO₂電解の触媒材料は金属ナノ粒子などの親水的な材料であるため、図2bのようにほとんどの触媒層は電解質に水没し、三相界面の実効的な面積が燃料電池の場合と比べて圧倒的に小さくなってしまふ。さらに、水没した部分は競合反応である水素発生サイトとして機能する。そこで、親水的な金属フォームと疎水的なカーボンナノ粒子を圧着することで、三相界面の実行的面積を増加させ、かつ水素発生サイトの表面修飾によって抑制しようと考えた(図2c)。

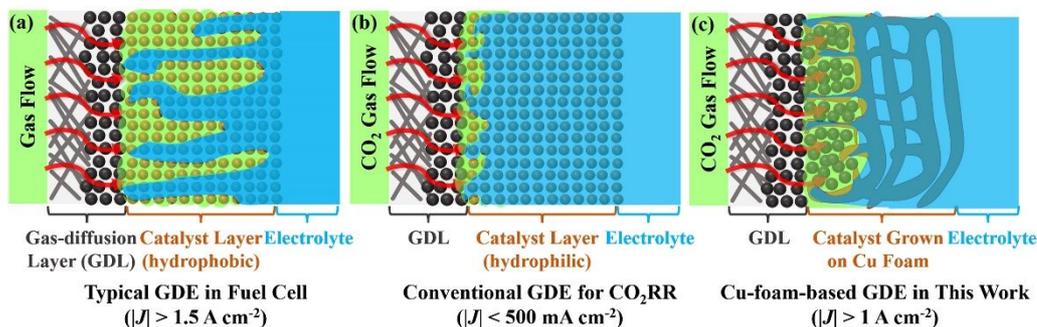


図2 各反応系における三相界面の概略図 (a)水素-酸素燃料電池、(b)従来のCO₂電解、(c)本研究での修飾金属フォームを用いたCO₂電解 (Small 2022, 18, 2205323.)

4. 研究成果

・金属担持有機構造体による高速 CO₂ 電解の選択性制御

金属担持トリアジンベース COF を用いて、ガス状 CO₂ および CO 電解還元活性のある金属種を計算科学と実験の両方から探索した (図 3a)。その結果、図 3b に示すように、金属種に応じた選択性の変化が観測された。Co および Ni を担持した触媒においては CO が、Sn を担持した系においてはギ酸が 150 mA/cm² 以上の高い電流密度で生成すること確認された。この反応選択性の違いは図 3c に示す第一原理計算の結果から、反応中間体の吸着エネルギーと関連していることが明らかになった。また、Cu を担持した COF においては CO₂ の還元は進行しないが、C-C 結合生成反応に活性があることを見出した。ガス状 CO₂ 電解の効率には、触媒のマクロ構造の違いが大きな影響を与える。つまり、触媒の表面反応性を正確に評価するには、マクロ構造を変更せずに、触媒反応性のみを変化させる必要がある。本触媒は同一母骨格を有しているため、マクロ構造を変更せずに金属中心 (触媒活性中心) のみを変更できる触媒であることから、ガス状 CO₂ 電解の基盤触媒材料になりうると期待される。

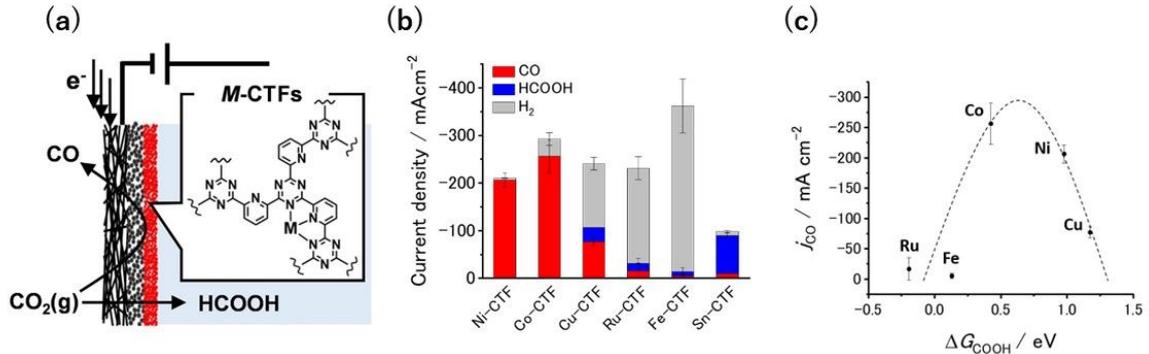


図 3(a) M-COF を担持したガス拡散電極による CO₂ 電解 (b) M-COF による CO₂ 電解の生成電流密度 (c) O 生成電流密度と COOH 中間体の吸着エネルギーの関係 (*Chem. Sci.*, **2023**, *14*, 613–620.)

・三相界面構造制御による超高速 CO₂ 電解系の設計

ガス状 CO₂ の高速電解の高活性化にむけては、マクロとミクロの両方の構造を同時に設計する必要がある。我々は、酸化スズを被覆した銅フォームをカーボンナノ粒子から成るガス拡散層に熱圧着した電極で、1 A/cm² を超える超高速電流密度でギ酸を生成できることを見出した (図 4a)。これはギ酸の生成電流密度としては世界最速である。断面 SEM から、カーボンナノ粒子 (疎水) が金属フォーム (親水) に貫入することで、疎水/親水の界面が増大することが明らかになった (図 4b)。その結果、ガス状 CO₂/電解質/触媒の三相界面面積が大幅に増大した。さらに、酸化スズを被覆することで、表面の反応性が変化し競合反応である水素発生活性が抑えられることが第一原理計算より示された。つまりマクロな三相界面設計と、ミクロな表面反応性の両方を同時に設計したことでこの超高速電解が実現された (図 4c)。

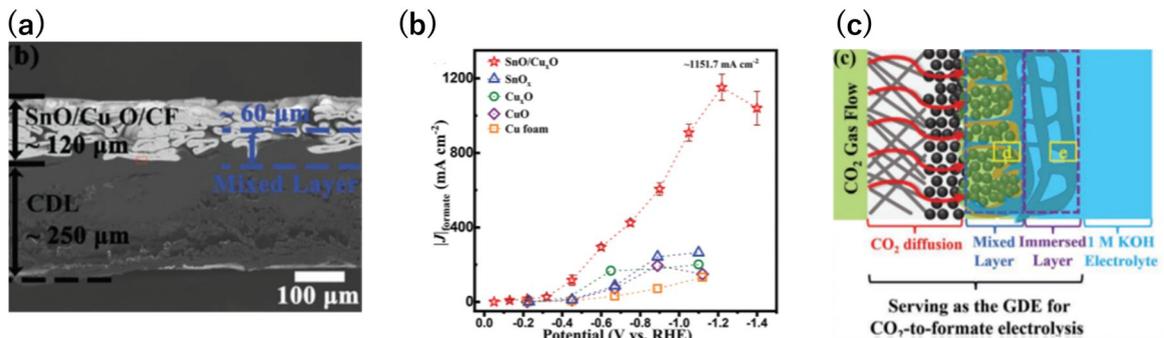


図 4 (a) 酸化スズ被膜銅フォームとガス拡散電極のハイブリッド材料の断面 SEM 画像 (b) 本電極におけるギ酸生成電流密度 (c) 本電極における三相界面構造

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Kato Shintaro, Hashimoto Takuya, Iwase Kazuyuki, Harada Takashi, Nakanishi Shuji, Kamiya Kazuhide	4. 巻 14
2. 論文標題 Selective and high-rate CO ₂ electroreduction by metal-doped covalent triazine frameworks: a computational and experimental hybrid approach	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Chemical Science	6. 最初と最後の頁 613 ~ 620
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2SC03754H	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 Sakamoto Ryota, Toyoda Ryojun, Jingyan Guan, Nishina Yuta, Kamiya Kazuhide, Nishihara Hiroto, Ogoshi Tomoki	4. 巻 466
2. 論文標題 Coordination chemistry for innovative carbon-related materials	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Coordination Chemistry Reviews	6. 最初と最後の頁 214577 ~ 214577
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ccr.2022.214577	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 Liu Tengyi, Ohashi Keitaro, Nagita Kaito, Harada Takashi, Nakanishi Shuji, Kamiya Kazuhide	4. 巻 18
2. 論文標題 A Tin Oxide Coated Copper Foam Hybridized with a Gas Diffusion Electrode for Efficient CO ₂ Reduction to Formate with a Current Density Exceeding 1 A cm ⁻²	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Small	6. 最初と最後の頁 2205323 ~ 2205323
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/smll.202205323	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 Inoue Asato, Harada Takashi, Nakanishi Shuji, Kamiya Kazuhide	4. 巻 1
2. 論文標題 Ultra-high-rate CO ₂ reduction reactions to multicarbon products with a current density of 1.7 A cm ⁻² in neutral electrolytes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 EES Catalysis	6. 最初と最後の頁 9 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/d2ey00035k	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 K. Kamiya*	4. 巻 88
2. 論文標題 Development of robust electrocatalysts comprising single-atom sites with designed coordination environments (Review)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 489-496
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-00089	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 S. Kato, K. Iwase, T. Harada, S. Nakanishi*, K. Kamiya*	4. 巻 12
2. 論文標題 Aqueous electrochemical partial oxidation of gaseous ethylbenzene by a Ru-modified covalent triazine framework	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Appl. Mater. Interfaces	6. 最初と最後の頁 29376-29382.
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.0c07228	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 S. Fa, M. Yamamoto, H. Nishihara*, R. Sakamoto*, K.Kamiya*, Y. Nishina*, T. Ogoshi*	4. 巻 11
2. 論文標題 Carbon-rich materials with three-dimensional ordering at the angstrom level (Review)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Sci.	6. 最初と最後の頁 5866-5873
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC02422H	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 K. Kamiya*, R. Sugimoto, T. Tatebe, T. Harada, S. Nakanishi	4. 巻 13
2. 論文標題 Light-intensity-responsive changes of products in photocatalytic reduction of nitrous acid on a Cu-doped covalent triazine framework-TiO ₂ hybrid	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ChemSusChem	6. 最初と最後の頁 3462-3468
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cssc.202000687	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 Y. Wu, K. Kamiya*, T. Harada, K. Fujii, S. Nakanishi	4. 巻 88
2. 論文標題 Electrochemical CO2 reduction using gas diffusion electrode loading Ni-doped covalent triazine frameworks in acidic electrolyte	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Electrochemistry	6. 最初と最後の頁 359-364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5796/electrochemistry.20-64036	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 K. Kamiya*	4. 巻 11
2. 論文標題 Selective single-atom electrocatalysts: a review with a focus on metal-doped covalent triazine frameworks (Review)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Sci.	6. 最初と最後の頁 8339-8349
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC03328F	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 K. Kamiya, K. Fujii, M. Sugiyama, S. Nakanishi*	4. 巻 50
2. 論文標題 CO2 electrolysis in integrated artificial photosynthesis systems (Review)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Chem. Lett.	6. 最初と最後の頁 166-179
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.200691	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 Kazuyuki Iwase*, Kathrin Ebner, Justus S. Diercks, Viktoriia A. Saveleva, Unsal D. Secil, Frank Krumeich, Takashi Harada, Itaru Honma, Shuji Nakanishi, Kazuhide Kamiya*, Thomas J. Schmidt and Juan Herranz*	4. 巻 13
2. 論文標題 Effect of cobalt speciation and the graphitization of the carbon matrix on the CO2 electroreduction activity of Co/N-doped carbon materials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces	6. 最初と最後の頁 15122-15131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscami.0c21920	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 J. Guan, T. Pal, K. Kamiya, N. Fukui, H. Maeda, T. Sato, H. Suzuki, O. Tomita, H. Nishihara, R. Abe,* R. Sakamoto*	4. 巻 12
2. 論文標題 Two-Dimensional Metal Organic Framework Acts as a Hydrogen Evolution Cocatalyst for Overall Photocatalytic Water Splitting	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ACS Catal.	6. 最初と最後の頁 3881-3889
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.1c05889	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 Tomoya Hosokawa, Masaki Tsuji, Kosei Tsuchida, Kazuyuki Iwase, Takashi Harada, Shuji Nakanishi* and Kazuhide Kamiya*	4. 巻 9
2. 論文標題 Metal-doped bipyridine linked covalent organic framework films as a platform for photoelectrocatalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Materials Chemistry A	6. 最初と最後の頁 11073-11080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1TA00396H	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 Yuxin Wu, Kazuyuki Iwase, Takashi Harada, Shuji Nakanishi*, Kazuhide Kamiya*	4. 巻 4
2. 論文標題 Sn Atoms on Cu Nanoparticles for Suppressing Competitive H ₂ Evolution in CO ₂ electrolysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 4994-5003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.1c00514	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 Keitaro Ohashi, Kazuyuki Iwase, Takashi Harada, Shuji Nakanishi, Kazuhide Kamiya*	4. 巻 125
2. 論文標題 Rational Design of Electrocatalysts Comprising Single-Atom-Modified Covalent Organic Frameworks for the N ₂ Reduction Reaction: A First-Principles Study	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 10983-10990
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.1c02832	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53件(うち招待講演 9件/うち国際学会 11件)

1. 発表者名 加藤慎太郎, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 Aqueous Electrochemical Partial Oxidation of Gaseous Hydrocarbons by Ru-Modified Covalent Triazine Frameworks
3. 学会等名 7th International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神谷和秀, 加藤慎太郎, 大橋圭太郎, 原田隆史, 中西周次
2. 発表標題 Single-atom-doped covalent triazine frameworks for electrochemical CO ₂ and CO reduction reactions
3. 学会等名 7th International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大橋圭太郎, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 Rational design of electrocatalysts comprising single atom modified covalent organic framework for N ₂ reduction reaction: a computational guideline
3. 学会等名 7th International Conference on Multifunctional, Hybrid and Nanomaterials (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 名木田海都, 濱本 雄治, 神谷和秀, 中西周次, 森川 良忠
2. 発表標題 Cu ₁₀₀ 面におけるCO水素化反応とO ₂ 還元反応の競合反応に対する理論的研究
3. 学会等名 2022年 電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗原諒, 大橋圭太郎, 名木田海都, 山本泰暉, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 銅ナノ粒子を用いた酸性条件下での高速CO電解還元
3. 学会等名 第12回CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栗原諒, 名木田海都, 大橋圭太郎, 山本泰暉, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 酸性溶液中でのガス状CO電解におけるC2+選択性に影響する諸因子の検討
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神谷和秀
2. 発表標題 階層横断的アプローチによる高効率CO ₂ 電解還元系の設計・開発
3. 学会等名 第157回燃料電池研究会セミナー(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大橋圭太郎, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 単一銅原子触媒上での一酸化炭素電解還元によるC2+化合物の選択生成反応
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 中曽根空, 井上明哲, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 金属銅ナノ粒子触媒を用いた超高速CO ₂ 電解によるC ₂ +化合物の選択生成反応
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 西島弘晃, 井上明哲, 神谷和秀, 中西周次
2. 発表標題 ガス拡散電極を用いたCO ₂ 電解におけるカニツツアロ反応 ~コバルトフタロシアニン触媒を用いた検討~
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 加藤慎太郎, 伊藤翔太郎, 中畑祥子, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 固体高分子型CO ₂ 電解においてアノード由来のアルカリカチオン種がカソード反応に与える影響
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山本泰暉, 栗原諒, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 金属銅電極上でのCO ₂ 電解におけるCO二量化反応の第一原理分子動力学解析
3. 学会等名 電気化学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上明哲, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 超高速CO ₂ 電解における電流密度依存性とその反応メカニズム解析
3. 学会等名 電気化学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上明哲, 中首根空, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 三相界面設計によるガス状CO ₂ 電解反応の超高速化
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤翔太郎, 加藤慎太郎, 中畑祥子, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 固体高分子型電解セルを用いたCO ₂ 還元反応にカチオン種が与える影響
3. 学会等名 電気化学秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hettiarachchi Kaushika Hasini, Asato Inoue, Takashi Harada, Shuji Nakanishi, Kazuhide Kamiya
2. 発表標題 High-Rate Electrolysis of CO ₂ to Ethanol on Cu/Zn Catalysts
3. 学会等名 Electrochemical Society in Japan
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神谷和秀
2. 発表標題 Single-Atom Doped Covalent Triazine Frameworks as Electrocatalysts for Applications in Energy Conversion
3. 学会等名 11th Singapore International Chemistry Conference 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤翔太郎, 加藤慎太郎, 中畑祥子, 原田隆史, 中西周次, 神谷和秀
2. 発表標題 固体高分子型 CO ₂ 電解による C ₂ ⁺ 化合物の選択生成に対してアノード電解質が与える影響
3. 学会等名 電気化学会第90回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 Electrochemical reduction of CO ₂ using carbon-based electrocatalysts modified with 3d-metal atoms
3. 学会等名 PRiME 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤慎太郎、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 単一金属原子電極触媒によるガス状炭化水素の部分酸化反応
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 名木田海都、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 金属銅触媒によるCO ₂ 電解還元反応の生成物に対する酸素混入の影響
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 Kaito Nagita, Takashi Harada, Kazuhide Kamiya, Shuji Nakanishi
2. 発表標題 Effects of Oxygen Contamination on the Electrochemical Carbon Dioxide Reduction Reaction Catalyzed by Cu Nanoparticles
3. 学会等名 71st Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤慎太郎、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 Aqueous Electrochemical Partial Oxidation of Hydrocarbons By a Gas Diffusion Electrode Carrying Ru-Doped Covalent Triazine Framework
3. 学会等名 PRiME 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤慎太郎、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 単ルテニウム原子電極触媒によるガス状炭化水素の部分酸化反応
3. 学会等名 第10回 CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大橋圭太郎、杉本梨乃、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 Aqueous Electrochemical Reduction of Dinitrogen to Ammonia by Metal-doped Covalent Triazine Frameworks
3. 学会等名 71st Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (Online event) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 加藤慎太郎、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 単一金属原子電極触媒によるガス状炭化水素の部分酸化反応
3. 学会等名 第38回 夏の学校 電気化学会関東支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 土田耕生、細川智哉、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 銅担持共有結合性有機構造体の CO 還元電極触媒能に光照射が及ぼす影響
3. 学会等名 第10回 CSJ化学フェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上明哲、名木田海都、土田耕生、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 細孔性高分子/銅ナノ粒子ハイブリッド触媒によるガス状CO ₂ の高効率電気化学還元反応
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 山本泰暉、加藤慎太郎、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 配位構造が制御された亜鉛イオンを活性中心に有する二酸化炭素水和触媒の開発
3. 学会等名 日本化学会春季年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤慎太郎、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 金属ドーブ共有結合性有機構造体を搭載したガス拡散電極による高速CO ₂ 電解
3. 学会等名 電気化学会第88回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大橋圭太郎、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 単一金属原子触媒が示す窒素電解還元能の第一原理計算を用いた理論的解析
3. 学会等名 電気化学会第88回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 名木田 海都、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 金属銅触媒上での高速二酸化炭素電解における酸素混入の影響
3. 学会等名 電気化学会第88回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神谷和秀
2. 発表標題 金属中心の配位構造制御に基づく新規電子移動触媒の開発
3. 学会等名 電気化学会第88回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神谷和秀
2. 発表標題 高効率な化学-電気エネルギー変換を支える単一金属原子ドーパノカーボン
3. 学会等名 第47 回炭素材料学会年会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Asato Inoue, Kosei Tsuchida, Kaito Nagita, Takashi Harada, Shuji Nakanishi, Kazuhide Kamiya
2. 発表標題 Efficient Electrochemical Reduction of gaseous CO ₂ by Microporous Polymer/Cu Nanoparticles Hybrid
3. 学会等名 72nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroki Yamamoto, Shintaro Kato, Takashi Harada, Shuji Nakanishi, Kazuhide Kamiya
2. 発表標題 Development of artificial carbonic anhydrases for the application to CO ₂ electrolysis
3. 学会等名 72nd Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤慎太郎、橋本啄哉、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 金属担持有機構造体による選択的なCO ₂ の高速電解還元
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大橋圭太郎、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 単一銅原子触媒によるガス状COの選択電解還元
3. 学会等名 2021年 電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土田耕生、細川智哉、都司柁貴、岩瀬和至、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 金属担持ピリジン架橋型有機構造体からなる新規電極触媒の開発
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上明哲、土田耕生、名木田海都、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 細孔性高分子/銅ナノ粒子ハイブリッド触媒によるガス状CO ₂ の選択電解還元反応
3. 学会等名 日本化学会秋季事業 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本泰暉、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 亜鉛を活性中心に有する人工炭酸脱水酵素の開発と計算化学による反応機構解析
3. 学会等名 日本化学会秋季事業 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 名木田海都、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 金属銅触媒を用いた高速CO ₂ 電解還元に対する酸素混入の影響
3. 学会等名 日本化学会秋季事業 第11回CSJ化学フェスタ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤慎太郎、橋本啄哉、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 金属担持有機構造体による高速CO ₂ 電解還元とその第一原理解析
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大橋圭太郎、原田隆史、神谷和秀、中西周次
2. 発表標題 単一銅原子触媒による一酸化炭素の選択電解還元とその第一原理解析
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井上明哲、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 ガス状CO ₂ の超高速電解によるC ₂ +化合物の選択生成
3. 学会等名 電気化学会第89回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神谷 和秀
2. 発表標題 CO ₂ 電解還元系の多階層横断的設計
3. 学会等名 カーボンニュートラル実現に向けた電気化学の挑戦-電気化学セミナーC-(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 神谷 和秀
2. 発表標題 化学-電気エネルギー変換系の高効率化に向けた単一金属原子ドーブナノカーボン触媒の開発
3. 学会等名 表面科学技術研究会2022 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神谷 和秀
2. 発表標題 電子・光・化学エネルギーの相互変換 -環境・資源問題へのアプローチ-
3. 学会等名 第42回大阪大学基礎工学部公開講座 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栗原 諒、大橋圭太郎、名木田海都、山本 泰暉、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 銅ナノ粒子触媒による酸性電解質中での一酸化炭素電解還元
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 山本泰暉、原田隆史、中西周次、神谷和秀
2. 発表標題 亜鉛イオンを活性中心に有する人工炭酸脱水酵素の開発：理論計算化学からのアプローチ
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 岩瀬和至、神谷和秀
2. 発表標題 単原子金属中心を有する電極触媒開発と理論計算による解析
3. 学会等名 NIMSナノシミュレーションワークショップ2021(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩瀬 和至、神谷和秀、Herranz Juan、原田隆史、Ebner Kathrin、Diercks Justus、本間格、中西周次
2. 発表標題 異なる金属中心の形態を有するコバルト窒素ドーピング炭素材料の合成と二酸化炭素還元活性
3. 学会等名 2021年電気化学秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuyuki Iwase, Kazuhide Kamiya, Juan Herranz
2. 発表標題 Co-N doped Carbon Materials with Different Cobalt Speciation and Their Electrocatalytic Activity for the Reduction of CO ₂ to CO
3. 学会等名 The 5th Symposium for The Core Research Clusters for Materials Science and Spintronics, and the 4th Symposium on International Joint Graduate Program in Materials Science (国際学会)
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
研究分担者	岩瀬 和至 (Iwase Kazuyuki) (90846437)	東北大学・多元物質科学研究所・助教 (11301)	

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