

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05251

研究課題名（和文）電子供与の増幅による低温作動アンモニア合成触媒の開発

研究課題名（英文）Low temperature ammonia synthesis by heterogeneous catalysts enhancing electron-donating power

研究代表者

原 亨和 (Hara, Michikazu)

東京工業大学・科学技術創成研究院・教授

研究者番号：70272713

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 149,600,000円

研究成果の概要（和文）：BaO-BaH₂混合物にRuナノ粒子を固定したRu/BaO-BaH₂触媒は従来の最高性能触媒に匹敵するNH₃合成活性を示した。また、CaFH固溶体にRuナノ粒子を固定したRu/CaFHは50℃でもNH₃を合成できる初の不均一系触媒であることが見出され、その活性はこれまで発表されたNH₃合成触媒（上記Ru/BaO-BaH₂を含む）の活性を凌駕することが明らかになった。更に、BaO-BaH₂を複合した金属Fe粒子(BaO-BaH₂/Fe)は100℃以下でNH₃を合成できる初の鉄系不均一系触媒であることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

Fe触媒はNH₃大量製造を初めて可能にしたが、近年Ru、Co、Niといった貴金属やレアメタルの触媒研究が進むにつれて、それは性能の低い時代遅れの触媒と考えられるようになってきた。このような背景の下、低温で作動する強い電子供与体を適切にFeと複合させれば、Fe触媒は上記遷移金属触媒の数倍以上のNH₃合成活性を発現することを本研究は明らかにした。更に、地域偏在性のない豊富で安価なFeを原料とする当該触媒は100年以上30%台であったハーバー・ボッシュ法のNH₃収率を大幅に押し上げる道を開いた。これは少ないエネルギーで安価なNH₃が製造できることを意味する。

研究成果の概要（英文）：BaO-BaH₂ mixture loaded with Ru nanoparticles (Ru/BaO-BaH₂) exhibited high catalytic performance for ammonia synthesis; the catalytic activity is comparable to that of a catalyst that has the highest catalytic activity for the reaction. In addition, it was found that Ru nanoparticles-deposited CaFH solid solution (Ru/CaFH) acts as a catalyst to synthesize ammonia even at 50 degrees Celsius. This catalyst exhibited much higher catalytic performance for ammonia synthesis than Ru/BaO-BaH₂. Furthermore, metallic iron particles loaded with BaO-BaH₂ (BaO-BaH₂/Fe) was found to act as the first iron based catalyst that can synthesize ammonia below 100 degrees Celsius.

研究分野：触媒

キーワード：不均一系触媒 アンモニア ハーバー・ボッシュ法 鉄 レアメタル 電子供与体

1. 研究開始当初の背景

現在、NH₃合成触媒の研究は数度目の波を迎えており、効率的なNH₃合成を目指して、LiH表面でNH₃を合成する触媒、電圧をかけた触媒層に電流を流す方法、希土類酸化物を担体とする触媒、Ca(NH₂)₂を担体とする触媒が相次いで報告されている。そして、この分野は100年来の課題であるNH₃収率の飛躍的な向上に挑戦する段階に至っている。NH₃収率は温度が高くなるにつれて低下するため、平衡論からは200 °C未満、より好ましくは150 °C未満がNH₃製造に適している。しかし、ほとんどの不均一系NH₃合成触媒は200 °C以下になると活性が急激に低下し、150 °C未満では作動しないため、これは机上の空論に過ぎない。なお、現在最高のNH₃収率は鉄系触媒を用いた商用Haber-Boschプロセスで達成されているが、高い反応温度がNH₃収率を30~40%に留めている。

このような背景の下、申請者は担持金属触媒における電子供与性の低減・増幅と触媒作用の関係を研究してきた。その過程で遷移金属 Ru を担持したアルカリ土類金属水素化物 CaH₂ が常圧 100 °C でも NH₃ 合成できる安定な触媒となることを見出した。遷移金属微粒子を固定化したアルカリ土類金属水素化物 MH₂ では遷移金属表面を介した MH₂ ⇌ MH_{2-x}·xe⁻ + x/2H₂ の反応により、反応温度で一部の水素が遷移金属表面を介して放出され、高い電子供与能をもつヒドリド欠陥種 MH_{2-x}·xe⁻ が生成することが既に明らかとなっている。このヒドリド欠陥種から遷移金属粒子への強い電子供与は、遷移金属表面での N₂ 解離吸着だけでなく、NH 結合生成も容易にし、NH₃ 合成を促進する。

2. 研究の目的

本研究はアルカリ土類金属水素化物と遷移金属で構成される触媒を基盤とし、80%以上のNH₃収率を5 MPa未満の圧力で達成する不均一系触媒の創出を目的としている。

3. 研究の方法

本研究では下記の検討を通して目的を達成する。

1. 遷移金属を担持した種々のアルカリ土類金属水素化物の触媒作用と表面特性の関係を明らかにし、低い温度でのNH₃合成に有望なアルカリ土類金属水素化物と遷移金属を選定する。
2. 選定したアルカリ土類金属水素化物担持遷移金属触媒における電子供与性を増幅し、低い温度でのNH₃合成活性を大きく押し上げる。
3. 開発した触媒を加圧下(1~5 MPa)で性能評価することによって、目標達成の成否を判断し、より高性能な触媒の開発指針を得る。

4. 研究成果

1. Ruを担持したアルカリ土類金属水素化物の中では、CaH₂ (Ru/CaH₂)が低温でのNH₃合成に最も有効
2. CaH₂粒子表面に形成したBaO-BaH₂混合物にRu粒子を固定化したRu/BaO-BaH₂は、Ru/CaH₂を上回るNH₃合成活性を発揮
3. CaF_{1.0}H_{1.0}固溶体にRu粒子を固定化したRu/CaFHは50 °CでもNH₃を合成できる初の不均一系触媒であり、全温度領域でこれまで発表されたNH₃合成触媒の活性を凌駕
4. 金属Fe粒子にBaO-BaH₂を複合することによって(BaO-BaH₂/Fe)、100 °C以下でNH₃を合成できる初の鉄系不均一系触媒の構築に成功
5. FeのNH₃生成反応効率(TOF)はRu等の貴金属、Co、Ni等のレアメタルの数百倍を越えることがBaO-BaH₂/Feにより判明

研究方法 1. 遷移金属を担持した種々のアルカリ土類金属水素化物の触媒作用と表面特性の関係を明らかにし、低い温度でのNH₃合成に有望なアルカリ土類金属水素化物と遷移金属を選定する。

Ru 微粒子を担持した MgH₂、CaH₂、SrH₂、BaH₂ (Ru/MH₂) の NH₃ 合成活性はそれぞれ、110、3200、300、300 μmol h⁻¹g⁻¹ (300 °C) であり、Ru/CaH₂ のみが特異的に高い NH₃ 合成活性を示した。次に、各アルカリ土類金属水素化物(MH₂)から一部の水素原子を引き抜いて形成されるヒドリド欠陥種 (MH_{2-x}·xe⁻) の仕事関数を密度汎関数法(DFT)によって見積もった。CaH_{2-x}·xe⁻、BaH_{2-x}·xe⁻ (x=1/9) の仕事関数はそれぞれ 3.3、2.6 eV と DFT により見積もられ、電子供与も観点からは Ru/BaH₂ の活性が Ru/CaH₂ を上回ることが予想される。しかし、この予想は実際の NH₃ 合成活性と逆である。これは、Ru/BaH₂ の H₂ 脱離が遅く、生成する強い電子供与体 BaH_{2-x}·xe⁻ の密度が低いことが原因と考えられる。

研究方法2. 選定したアルカリ土類金属水素化物担持遷移金属触媒における電子供与性を増幅し、低い温度でのNH₃合成活性を大きく押し上げる

(1) Ru/BaO-BaH₂によるNH₃合成

上記結果はヒドリド欠陥種 BaH_{2-x}·xe⁻が強い電子供

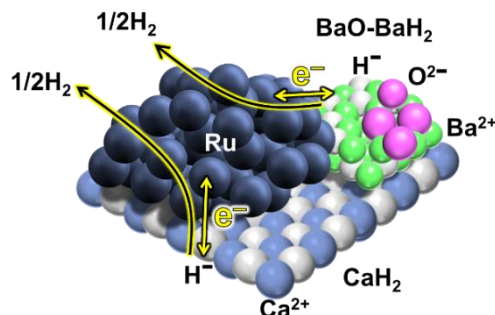


図 1. Ru/BaO-BaH₂ の構造模式図 (ACS Catal. 2018, 8, 10977.)

与体としてのポテンシャルを有するも、反応条件では BaH_2 から $\text{BaH}_{2-x}\text{xe}^-$ の生成が困難なために、そのポテンシャルを反応に使えないことを示唆している。逆に、 BaH_2 から H が抜ける速度を高めれば、当該電子供与体を反応条件で活用できる可能性が高い。このような戦略に基づき、 BaH_2 と BaO の複合体を構築し、電子供与体として使うことを着想した。この着想に基づき構築した $\text{Ru}/\text{BaO}-\text{BaH}_2$ (図 1) の Ba 種からの H_2 脱離は Ru/BaH_2 より 50°C 以上低温で進み、 300°C 付近の反応温度で強い電子供与体 $\text{BaH}_{2-x}\text{xe}^-$ が高密度に生成していることが予想される。なお、この触媒では Ru ナノ粒子が CaH_2 と $\text{BaO}-\text{BaH}_2$ の両方と接しており、両者からヒドリドイオンを水素分子として引き抜き、ヒドリド欠陥種を生成することが予想される。全ての温度領域の NH_3 合成活性で $\text{Ru}/\text{BaO}-\text{BaH}_2$ は Ru/CaH_2 に勝っており、これまで発表された触媒の中で最も高い活性を発揮する $\text{Ru}/\text{Ba}-\text{Ca}(\text{NH}_2)_2$ (*Angew. Chem. Int. Ed.* 2018, 130, 2678.) に匹敵する NH_3 合成活性を示した。

(2) Ru/CaFH による NH_3 合成

上記結果は BaH_2 への O の導入により、Ba-H 結合が弱まり、より低温で H が脱離すること、また、生成した $\text{BaH}_{2-x}\text{xe}^-$ から Ru への強い電子供与が NH_3 合成活性を大きく押し上げることを示唆している。この知見を基盤に 100°C 未満で作動する触媒を創出するため、斜方晶系 CaH_2 表面上に形成した立法晶系 $\text{CaF}_{1.0}\text{H}_{1.0}$ 固溶体に数 nm の Ru 粒子を固定化した触媒 (図 2. 以下 Ru/CaFH と表記) を構築した。 Ru/CaFH では H の脱離がより低温で進み ($\text{CaFH} \rightleftharpoons \text{CaFH}_{1-x}\text{xe}^- + x/2\text{H}_2$)、低温で強い電子供与体が生成する。実際、 Ru/CaFH は 100°C 未満で NH_3 合成する触媒として作動し、 50°C でも NH_3 を合成することができた。さらに 200°C 以上の NH_3 合成活性においても、 Ru/CaFH はこれまで発表された全ての触媒を凌駕した。なお、当該触媒の活性は 100 時間以上経過しても全く低下しない。

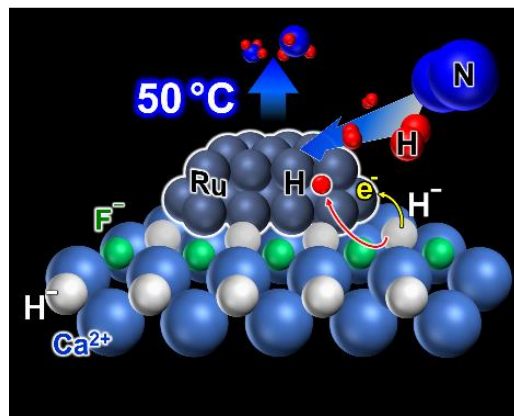


図 2. Ru/CaFH の構造模式図 (*Nat. Commun.* 2020, 11, 2001.)

研究方法3. 開発した触媒を加圧下 ($1\sim 5\text{ MPa}$) で性能評価することによって、目標達成の成否を判断し、より高性能な触媒の開発指針を得る。・ $\text{BaO}-\text{BaH}_2/\text{Fe}$ による NH_3 合成

Ru/CaFH が 150°C 未満の温度で NH_3 合成触媒として機能することは、当該触媒が 5 MPa 未満の加圧で 80% を越える NH_3 収率を達成できることを意味する。そこで 150°C 、数 MPa で Ru/CaFH が達成できる NH_3 収率をバッチ式反応器により検討した。しかし、最高 NH_3 収率は 30% 程度に過ぎなかった。これは加圧に伴い H_2 の解離吸着が N_2 の解離吸着を妨げる「水素被毒」に由来する。 Ru 、 Co 、 Ni といった NH_3 合成できる遷移金属は H 原子を優先的に吸着し、その吸着量は 200°C 以下で著しく増加する。この吸着 H 原子は N_2 の解離吸着を妨げるため、 200°C 以下の Ru 、 Co 、 Ni 等の遷移金属では加圧によって NH_3 合成が大きく妨げられる。そこで本研究では水素被毒の影響が少ない Fe に着目した。 Fe を反応場とした低温作動 NH_3 合成触媒を構築できれば、水素被毒の影響を受けることなく NH_3 を製造できる。また、豊富・安価で地域偏在性のない Fe は経済的なアドバンテージが大きい。

以上の観点から、 $30\sim 50\text{ nm}$ の比較的大きな金属 Fe 粒子に $\text{BaO}-\text{BaH}_2$ を固定化した材料 (図 3: $\text{BaO}-\text{BaH}_2/\text{Fe}$) を触媒として構築した。その結果、 $\text{BaO}-\text{BaH}_2/\text{Fe}$ は 100°C でも NH_3 を合成できる初の Fe 触媒として機能することが明らかになった。既報の Co 系最高性能触媒 (*Angew. Chem. Int. Ed.* 2018, 130, 2678.)、 Ni 系最高性能触媒 (*Nature*, 2020, 583, 391.)、及び商用鉄触媒は 200°C 以下では NH_3 を合成できない。また、鉄を除いた遷移金属では、上述のように加圧下の低温で水素被毒による反応阻害が顕著になるため、 Ru 系最高性能触媒 Ru/CaFH でも 1 MPa 加圧下での NH_3 合成活性は 200°C 以下で微々たるものになる。一方、 $\text{BaO}-\text{BaH}_2/\text{Fe}$ は加圧下の低温でも NH_3 を合成しており、 1 MPa を越えてもその NH_3 合成活性は全圧に比例して上昇する。また、全反応温度領域で $\text{BaO}-\text{BaH}_2/\text{Fe}$ の Fe の TOF は他触媒に使われる Ru 、 Co 、 Ni 等の遷移金属のそれらを数百倍以上回っていることが初めて見出された。この Fe の高い NH_3 合成能は上述の水素被毒を受けにくい Fe 本来の性質に由来することが考えられる。

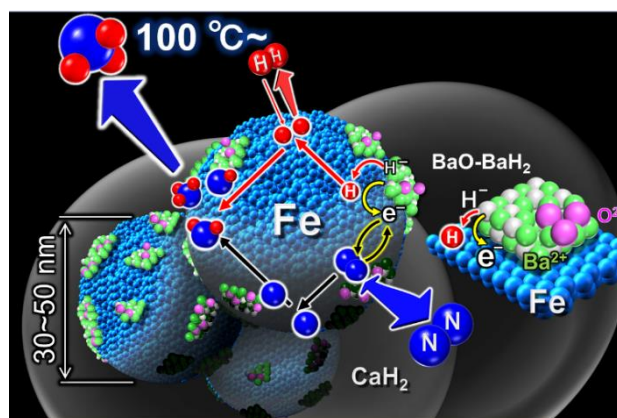


図 3. $\text{BaO}-\text{BaH}_2/\text{Fe}$ の構造模式図 (*J. Am. Chem. Soc.*, 2023, 145, 7888.)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計25件（うち査読付論文 25件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 4件）

| | |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名 Masashi Hattori, Natsuo Okuyama, Hiyori Kurosawa, Michikazu Hara | 4. 巻 145 |
| 2. 論文標題 Low-temperature ammonia synthesis on iron catalyst with an electron donor | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 7888-7897 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c13015 | 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 Takeshi Aihara, Wataru Aoki, Shin Kiyohara, Yu Kumagai, Keigo Kamata, Michikazu Hara | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Nanosized Ti-based Perovskite Oxides as Acid-base Bifunctional Catalysts for Cyanosilylation of Carbonyl Compounds | 5. 発行年 2023年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 17957-17968 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscami.3c01629 | 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 Keigo Kamata, Nanami Kinoshita, Maki Koutani, Ryusei Aono, Eri Hayashi, Michikazu Hara | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 -MnO ₂ nanoparticles as heterogenous catalysts for aerobic oxidative transformation of alcohols to carbonyl compounds, nitriles, and amides | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology | 6. 最初と最後の頁 6219-6230 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CY01476A | 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 Yusuke Kita, Midori Kuwabara, Keigo Kamata, Michikazu Hara | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Heterogeneous Low-valent Mn Catalysts for α -Alkylation of Ketones with Alcohols through Borrowing Hydrogen Methodology | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Catalysis | 6. 最初と最後の頁 11767-11775 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.2c03085 | 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 Kahoko Kato, Dian Deng, Yusuke Kita, Keigo Kamata, Michikazu Hara | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Primary Amine Synthesis by Hydrogen-involving Reactions over Heterogeneous Cobalt Catalysts | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology | 6. 最初と最後の頁 5425-5434 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CY00870J | 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 Maki Koutani, Eri Hayashi, Keigo Kamata, Michikazu Hara | 4. 巻 144 |
| 2. 論文標題 Synthesis and Aerobic Oxidation Catalysis of Mesoporous Todorokite-type Manganese Oxides Nanoparticles by Crystallization of Precursors | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 14090-14100 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.2c02308 | 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 Satomi Shibata, Keigo Kamata, Michikazu Hara | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Stability enhancement of iron-based perovskite catalysts by A-site substitution for oxidative transposition of -bromostyrene to phenacyl bromide | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ChemCatChem | 6. 最初と最後の頁 e202200395 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.202200395 | 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 Endah Suarsih, Yusuke Kita, Keigo Kamata, Michikazu Hara | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 A Heterogeneous Cobalt Catalyst for C-C Bond Formation by Borrowing Hydrogen Strategy | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology | 6. 最初と最後の頁 4113-4117 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D2CY00724J | 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 Bhunia Manas K., Chandra Debraj, Abe Hitoshi, Niwa Yasuhiro, Hara Michikazu | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Synergistic Effects of Earth-Abundant Metal-Metal Oxide Enable Reductive Amination of Carbonyls at 50 °C | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 4144 ~ 4154 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c21157 | 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 Chakraborty Debabrata, Chowdhury Avik, Chandra Moumita, Jana Rajkumar, Shyamal Sanjib, Bhunia Manas K., Chandra Debraj, Hara Michikazu, Pradhan Debraj, Datta Ayan, Bhaumik Asim | 4. 巻 21 |
| 2. 論文標題 Novel Tetradentate Phosphonate Ligand Based Bioinspired Co-Metal Organic Frameworks: Robust Electrocatalyst for the Hydrogen Evolution Reaction in Different Mediums | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Crystal Growth & Design | 6. 最初と最後の頁 2614 ~ 2623 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.0c01275 | 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 Hayashi Eri, Tamura Takatoshi, Aihara Takeshi, Kamata Keigo, Hara Michikazu | 4. 巻 14 |
| 2. 論文標題 Base-Assisted Aerobic C-H Oxidation of Alkylarenes with a Murdochite-Type Oxide Mg ₆ MnO ₈ Nanoparticle Catalyst | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials and Interfaces | 6. 最初と最後の頁 6528 ~ 6537 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.1c20080 | 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 Matsuda Aoi, Tateno Haruka, Kamata Keigo, Hara Michikazu | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Iron phosphate nanoparticle catalyst for direct oxidation of methane into formaldehyde: effect of surface redox and acid base properties | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Catalysis Science and Technology | 6. 最初と最後の頁 6987 ~ 6998 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CY01265G | 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 Debraj Chandra, Shikha Saini, Saswata Bhattacharya, Asim Bhaumik, Keigo Kamata, and Michikazu Hara | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 Electronic Effect in a Ruthenium Catalyst Designed in Nanoporous N-Functionalized Carbon for Efficient Hydrogenation of Heteroarenes | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 668-677 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.0c15407 | 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 Yusuke Kita, Midori Kuwabara, Satoshi Yamadera, Keigo Kamata and Michikazu Hara | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Effects of ruthenium hydride species on primary amine synthesis by direct amination of alcohols over a heterogeneous Ru catalyst | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Science | 6. 最初と最後の頁 9884-9890 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0SC03858J | 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 Masashi Hattori, Shinya Iijima, Takuya Nakao, Hideo Hosono and Michikazu Hara | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Solid solution for catalytic ammonia synthesis from nitrogen and hydrogen gases at 50 °C | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Nature Communications | 6. 最初と最後の頁 2001(1-8) |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15868-8 | 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 Satomi Shibata, Keigo Kamata and Michikazu Hara | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Aerobic oxidative C=C bond cleavage of aromatic alkenes by a high valency iron-containing perovskite catalyst | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Catalysis Science & Technology | 6. 最初と最後の頁 2369-2373 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1CY00245G | 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 Masashi Hattori, Shinya Iijima, Takuya Nakao, Hideo Hosono, Michikazu Hara | 4. 巻 11 |
| 2. 論文標題 Solid solution for catalytic ammonia synthesis from nitrogen and hydrogen gases at 50 °C | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Nature Communications | 6. 最初と最後の頁 1-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-020-15868-8 | 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 Eri Hayashi, Yui Yamaguchi, Yusuke Kita, Keigo Kamata, Michikazu Hara | 4. 巻 56 |
| 2. 論文標題 One-pot Aerobic Oxidative Sulfonamidation of Aromatic Thiols with Ammonia by a Dual-functional -MnO ₂ Nanocatalyst | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Communications | 6. 最初と最後の頁 2095-2098 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CC09411C | 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 Yusuke Kita, Shunsuke Shigetani, Keigo Kamata, Michikazu Hara | 4. 巻 475 |
| 2. 論文標題 Benzylic C-H Fluorination over Supported Silver Catalyst | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Molecular Catalysis | 6. 最初と最後の頁 110463 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mcat.2019.110463 | 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 Eri Hayashi, Yui Yamaguchi, Keigo Kamata, Naoki Tsunoda, Yu Kumagai, Fumiyasu Oba, Michikazu Hara | 4. 巻 141 |
| 2. 論文標題 Effect of MnO ₂ Crystal Structure on Aerobic Oxidation of 5-Hydroxymethylfurfural to 2,5-Furandicarboxylic Acid | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the American Chemical Society | 6. 最初と最後の頁 890-900 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacs.8b09917 | 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 Yasunori Inoue, Masaaki Kitano, Mai Tokunari, Teppei Taniguchi, Kayato Ooya, Hitoshi Abe, Yasuhiro Niwa, Masato Sasase, Michikazu Hara,* Hideo Hosono | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Direct Activation of Cobalt Catalyst by 12CaO7Al2O3 Electride for Ammonia Synthesis | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 ACS Catalysis | 6. 最初と最後の頁 1670-1679 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.8b03650 | 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 Dian Deng, Yusuke Kita, Keigo Kamata, Michikazu Hara | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Low-temperature Reductive Amination of Carbonyl Compounds over Ru-deposited on Nb2O5nH2O | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering | 6. 最初と最後の頁 4692-4698 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.8b04324 | 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 Masashi Hattori, Taiyo Mori, Tomohiro Arai, Yasunori Inoue, Masato Sasase, Tomofumi Tada, Masaaki Kitano, Toshiharu Yokoyama, Michikazu Hara, Hideo Hosono | 4. 巻 8 |
| 2. 論文標題 Enhanced Catalytic Ammonia Synthesis with Transformed BaO | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 ACS Catalysis | 6. 最初と最後の頁 10977-10984 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.8b02839 | 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 Debraj Chandra, Yasunori Inoue, Masato Sasase, Masaaki Kitano, Asim Bhaumik, Keigo Kamata, Hideo Hosono, Michikazu Hara | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 High Performance Catalyst of Shape-specific Ruthenium Nanoparticles for Production of Primary Amines by Reductive Amination of Carbonyl Compounds | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Chemical Science | 6. 最初と最後の頁 5949-5956 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8SC01197D | 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 Keigo Kamata, Kosei Sugahara, Yuuki Kato, Satoshi Muratsugu, Yu Kumagai, Fumiyasu Oba, Michikazu Hara | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Heterogeneously Catalyzed Aerobic Oxidation of Sulfides with a BaRuO ₃ Nanoperovskite | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 ACS Applied Materials & Interfaces | 6. 最初と最後の頁 23792-23801 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsami.8b05343 | 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63件 (うち招待講演 16件 / うち国際学会 11件)

| |
|---|
| 1. 発表者名 原 亨和 |
| 2. 発表標題 低温アンモニア合成触媒の開発:50 でアンモニアを合成する不均一系触媒 |
| 3. 学会等名 第67回 国立大学附置研究所・センター会議第1部会シンポジウム (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 原 亨和 |
| 2. 発表標題 低温アンモニア合成触媒の開発:50 でアンモニアを合成する不均一系触媒 |
| 3. 学会等名 GX1セミナー (第4回) (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Michikazu Hara |
| 2. 発表標題 Sugar Conversion to Monomers for Polyesters and Polyamides |
| 3. 学会等名 7th HUST & SKKU Bilateral Graduate Student Workshop and Annual Academic Conference for Graduate Student (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 原 亨和 |
| 2. 発表標題 50 で水素と窒素からアンモニアを合成する新触媒『CO ₂ 排出ゼロ』のアンモニア生産へブレークスルー |
| 3. 学会等名 都立高校生のための先端科学・技術フォーラム (招待講演) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Yusuke KITA, Midori KUWABARA, Keigo KAMATA, Michikazu HARA |
| 2. 発表標題 Direct amination of alcohols over supported Ru catalysts with the assistance of MgO |
| 3. 学会等名 TOCAT9 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kahoko KATO, Dian DENG, Yusuke KITA, Keigo KAMATA, Michikazu HARA |
| 2. 発表標題 Development of heterogeneous cobalt catalysts for primary amine synthesis at low temperature and hydrogen pressure |
| 3. 学会等名 TOCAT9 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Endah SUARSIH, Yusuke KITA, Keigo KAMATA, Michikazu HARA |
| 2. 発表標題 A green approach for alcohols transformations over a heterogeneous cobalt catalyst |
| 3. 学会等名 TOCAT9 (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 喜多祐介、桑原翠、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 不均一系低原子価マンガン触媒によるアルコール変換反応 |
| 3. 学会等名 第120回有機合成シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Endah Suarsih、喜多祐介、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 Construction of new chemical bonds through borrowing hydrogen strategy over a heterogeneous cobalt catalyst |
| 3. 学会等名 第120回有機合成シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 大吉孝明、喜多祐介、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 担持Ni触媒を用いたバイオマス由来化合物のアミノ化反応による2,5-ビスアミノメチルフランの合成 |
| 3. 学会等名 第130回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Endah Suarsih、喜多祐介、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 Heterogeneous cobalt catalyst that enables carbon-carbon bond formation by the Borrowing Hydrogen method |
| 3. 学会等名 第130回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加藤可百子、Deng Dian、喜多祐介、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 担持コバルト触媒を用いたニトリル水素化による選択的一級アミン合成 |
| 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 宮下 健人 |
| 2. 発表標題 アルミニウム種促進鉄触媒によるアンモニア合成 |
| 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 黒沢 ひより |
| 2. 発表標題 バリウムハイドライドと複合化した鉄による低温アンモニア合成 |
| 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 浴 歩輝 |
| 2. 発表標題 FeとY種を組み合わせた触媒によるアンモニア合成 |
| 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 Yusuke Kita, Midori Kuwabara, Keigo Kamata, Michikazu Hara |
| 2. 発表標題 Alcohol Transformations through Borrowing Hydrogen Methodology over Supported Metal Catalysts with Assistance of MgO |
| 3. 学会等名 The 2nd International Symposium on Design and Engineering by Joint Inverse Innovation for Materials Architecture (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 喜多祐介、竹内舜、大吉孝明、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 ヒドロシランを用いた液相還元により合成したニッケルナノ粒子の触媒作用 |
| 3. 学会等名 第 83 回有機合成化学協会関東支部シンポジウム |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Yusuke Kita |
| 2. 発表標題 Enhancing effects of MgO on alcohol transformations over supported metal catalysts |
| 3. 学会等名 ICAT International Symposium on Catalysis (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 喜多祐介、桑原翠、SUARSIH, Endah、山寺哲史、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 担持金属触媒によるヒドロキシ基の置換反応におけるMgOの共担持効果 |
| 3. 学会等名 第131回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 加藤可百子、鄧典、喜多祐介、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 担持コバルト触媒のニトリル水素化反応特性の解明 |
| 3. 学会等名 第131回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2023年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 喜多祐介、竹内舜、大吉孝明、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 ヒドロシランを用いたニッケルナノ粒子の合成とその触媒作用 |
| 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 原 亨和 |
| 2. 発表標題 新技術で工場排熱（200 以下）によるアンモニア生産の可能性と、アンモニアを使ったCO2削減 |
| 3. 学会等名 第347回科学技術展望懇談会（招待講演） |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Dian Deng |
| 2. 発表標題 Development of Metallic Cobalt Catalysts for Reductive Amination at Low Temperature and Hydrogen Pressure |
| 3. 学会等名 The 12th International Conference on the Science and Technology for Advanced Ceramics (STAC-12) (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 森貴 泰貴 |
| 2. 発表標題 イッテルビウム種を添加した鉄触媒によるアンモニア合成 |
| 3. 学会等名 第128回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 浴 歩輝 |
| 2. 発表標題 Y種を担持した鉄触媒による高活性なアンモニア合成触媒の開発 |
| 3. 学会等名 第128回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 竹内 舜 |
| 2. 発表標題 ヒドロシランを用いた液相還元法による大気安定性Ni触媒の調製 |
| 3. 学会等名 第128回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 新井 麻友 |
| 2. 発表標題 担持鉄触媒を用いたカルボニル化合物の還元的アミノ化反応による一級アミン合成 |
| 3. 学会等名 第128回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 桑原 翠 |
| 2. 発表標題 Borrowing Hydrogen法を用いた変換反応を可能とする不均一系マンガン触媒の開発 |
| 3. 学会等名 第128回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加藤 可百子 |
| 2. 発表標題 Co/SiO ₂ 触媒を用いたニトリルの水素化による一級アミン合成 |
| 3. 学会等名 第128回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Debraj Chandra |
| 2. 発表標題 Advanced nanoarchitectures of Ru-based metal catalysts towards production of value-added chemicals |
| 3. 学会等名 Pacifichem 2021 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 加藤 可百子 |
| 2. 発表標題 シリカ担持コバルト触媒によるニトリル水素化を用いた選択的一級アミン合成 |
| 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 喜多 祐介 |
| 2. 発表標題 Borrowing Hydrogen法によるアルコール変換を可能とする不均一系マンガ触媒の開発 |
| 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 原 亨和 |
| 2. 発表標題 バイオマスを利用した環境にやさしい化学プロセスの創出 |
| 3. 学会等名 9th JACI/GSC Symposium 2020 (招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Michikazu Hara |
| 2. 発表標題 Sugar conversion to a monomer for high-performance polyamides |
| 3. 学会等名 2020 Tokyo tech Reseach Showcase (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------|
| 1. 発表者名 原 亨和 |
| 2. 発表標題 未利用バイオマスからの戦略化学資源の生産 |
| 3. 学会等名 第10回CSJ化学フェスタ(招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 原 亨和 |
| 2. 発表標題 バイオマスからプラスチック原料を製造する固体触媒 |
| 3. 学会等名 時代を刷新する会 月例会（招待講演） |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|-----------------------------------|
| 1. 発表者名 原 亨和 |
| 2. 発表標題 炭素系固体プレステッド酸の触媒作用と応用展開 |
| 3. 学会等名 炭素材料学会1月セミナー |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 森貴泰貴、服部真史、原 亨和 |
| 2. 発表標題 コバルト・バリウム複合系と水素化カルシウムの混合触媒によるアンモニア合成 |
| 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 桑原翠、喜多祐介、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 不均一系Ru触媒を用いたアルコールの直接アミノ化反応 |
| 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 加藤可百子、DENG Dian、喜多祐介、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 低水素圧下で還元的アミノ化反応を可能とするコバルト触媒の開発 |
| 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 桑原翠、喜多祐介、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 Ru-MgO/TiO ₂ を用いたアルコールの直接アミノ化反応 |
| 3. 学会等名 9th JACI/GSC Symposium 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加藤可百子、喜多祐介、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 Co/SiO ₂ 触媒による還元的アミノ化反応 |
| 3. 学会等名 9th JACI/GSC Symposium 2020 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 加藤可百子、喜多祐介、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 Co/SiO ₂ 触媒による低水素圧還元的アミノ化反応 |
| 3. 学会等名 第126回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 桑原翠、喜多祐介、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 Ru触媒を用いたアルコールの直接アミノ化反応による 2,5-ビスアミノメチルフラン合成 |
| 3. 学会等名 第126回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 奥山夏生、服部真史、原 亨和 |
| 2. 発表標題 水素化カルシウムを用いた鉄触媒系によるアンモニア合成 |
| 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 森貴泰貴、服部真史、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 コバルト・バリウム複合系と水素化カルシウムの混合触媒によるアンモニア合成 |
| 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 Endah Suarsih、喜多祐介、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 Heterogeneous Co catalyst for α -alkylation of ketones with primary alcohols through borrowing hydrogen strategy |
| 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 加藤可百子、喜多祐介、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 担持コバルト触媒を用いたニトリル水素化による一級アミン合成 |
| 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 喜多祐介、桑原翠、鎌田慶吾、原 亨和 |
| 2. 発表標題 ルテニウム触媒によるアルコール類の直接アミノ化におけるMgOの効果 |
| 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 原 亨和 |
| 2. 発表標題 環境低負荷触媒プロセスの構築 |
| 3. 学会等名 第14回四大学連合文化講演会 東京医科歯科大学（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Debraj Chandra |
| 2. 発表標題 Advanced nanoarchitectures as efficient catalysts towards production of value-added chemicals and fuel |
| 3. 学会等名 31th American Advanced Materials Congress（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Michikazu Hara |
| 2. 発表標題 HMF conversion into polymer monomers |
| 3. 学会等名 International Symposium on Heterogeneous Catalysis for Sustainable Energy and Chemical Production (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Michikazu Hara |
| 2. 発表標題 Glucose Conversion into Biobased Monomers by Heterogeneous Catalysts |
| 3. 学会等名 4th International Conference on Biopolymers & Polymer Chemistry (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 飯嶋慎也、服部真史、原亨和 |
| 2. 発表標題 水素化カルシウム担持ルテニウム触媒を用いたアンモニア合成の低温化 |
| 3. 学会等名 第125回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 池田奈央、服部真史、原亨和 |
| 2. 発表標題 コバルト-水素化カルシウム混合系触媒を用いたアンモニア合成 |
| 3. 学会等名 第125回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 甲斐彩、喜多祐介、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 Ni/NiOのOne-pot還元的アミノ化反応への応用 |
| 3. 学会等名 第78回有機合成化学協会関東支部シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 喜多祐介、重谷俊輔、鎌田慶吾、原亨和 |
| 2. 発表標題 担持銀触媒によるベンジル位炭素 - 水素結合の直接フッ素化反応 |
| 3. 学会等名 第78回有機合成化学協会関東支部シンポジウム |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 服部真史、新井智尋、多田朋史、北野政明、原亨和、細野秀雄 |
| 2. 発表標題 BaO添加CaH ₂ 担持Ruによる効率的アンモニア合成 |
| 3. 学会等名 第123回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 服部真史、新井智尋、多田朋史、北野政明、原亨和、細野秀雄 |
| 2. 発表標題 BaOを添加したRu担持CaH ₂ による効率的アンモニア合成 |
| 3. 学会等名 日本化学会第99春季年会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Debraj Chandra |
| 2. 発表標題 Nanoarchitectures as heterogeneous catalytic system towards production of value-added chemicals and solar-fuel |
| 3. 学会等名 International Conference on Nanomaterials & Nanotechnology(ICNANO) (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Michikazu Hara |
| 2. 発表標題 Ammonia synthesis by electrified catalysts |
| 3. 学会等名 6th International Conference on Advanced Materials Science and Technology (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Masashi Hattori |
| 2. 発表標題 Direct formation of 5-(hydroxymethyl)furfural from glucose with photoassist-phosphorylated TiO ₂ catalyst |
| 3. 学会等名 The 8th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (国際学会) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 新井智尋、服部真史、原亨和 |
| 2. 発表標題 バリウム水素化物担持Ru触媒によるアンモニア合成 |
| 3. 学会等名 第122回触媒討論会 |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

| | | |
|---|--------------|---------------|
| 産業財産権の名称 アンモニア合成触媒 | 発明者 原 亨和 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、2020-179192 | 出願年 2020年 | 国内・外国の別 国内 |
| 産業財産権の名称 アンモニア合成用触媒及び該触媒を用いるアンモニアの合成方法 | 発明者 原 亨和 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、17/506,751 | 出願年 2021年 | 国内・外国の別 外国 |
| 産業財産権の名称 含水素アルミニウムと鉄を組み合わせたアンモニア合成触媒 | 発明者 原 亨和 | 権利者 同左 |
| 産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-101842 | 出願年 2022年 | 国内・外国の別 国内 |

〔取得〕 計0件

〔その他〕

| |
|---|
| <p>アンモニア、低温で合成 東工大が新触媒 生産コスト削減 https://www.nikkei.com/article/DGKKZ059152690V10C20A5MY1000/ アンモニア製造も脱炭素 再生エネ活用、原料は空気と水 秋田・ラオスで実証へ https://www.nikkei.com/nkd/industry/article/?DisplayType=2&n_m_code=023&ng=DGKKZ068870110V00C21A2TJM000 Synthesizing ammonia using less energy https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-04/tiot-ftw042420.php 50 で水素と窒素からアンモニアを合成する新触媒 https://www.titech.ac.jp/news/2020/046682.html Fuelling the World Sustainably https://www.titech.ac.jp/english/news/2020/046753.html 東工大が低温でアンモニア合成 鉄触媒利用、消費エネ6割減 https://www.nikkan.co.jp/articles/view/668353 鉄はレアメタルより強し 100 の低温でアンモニアを合成する鉄触媒の開発に成功 https://www.titech.ac.jp/news/2023/066470</p> |
|---|

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 | Chandra Debraj (Chandra Debraji) (20802309) | 東京工業大学・科学技術創成研究院・特任准教授 (12608) | 2022年度から新潟大学に転出 |

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 |
|---------|---------|