

令和 6 年 5 月 27 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04776

研究課題名(和文) 金属-非金属材料ナノ粒子触媒の開発とリグノセルロース高効率水素化分解への応用

研究課題名(英文) The development of metal-nonmetal alloy nanoparticles for the hydrogenation of lignocellulose

研究代表者

山口 渉 (Yamaguchi, Sho)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教

研究者番号：50700150

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：申請者は、単糖・二糖類を糖アルコールへと変換する還元反応において、ハイドロタルサイト(HT)担持リン化ニッケルナノ粒子触媒(nano-Ni₂P/HT)が極めて高い触媒活性を示すことを見出した。その触媒活性は、nano-Ni₂PとHTとの界面協奏触媒機能に起因し、既存の貴金属触媒をも上回る。また、開発した触媒は安全性・耐久性を兼ね備えるため、次世代の環境調和型触媒反応プロセスの構築に繋がる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

貴金属担持触媒による糖還元反応の報告例は多数あるが、近年では非貴金属担持触媒を用いた例もみられる。しかし、これら非貴金属触媒は大気中で安定に取り扱うことは困難であるため、気相中で水素還元処理を施した後、空気に晒さずにそのまま反応に用いられる。すなわち、本研究で提案するリン化ニッケルナノ粒子触媒を用いることにより、大気中で安定かつ高活性な水素化分解手法を提供することができる。そのため、従来の化学プロセスで行われてきた方法を置き換える画期的な提案になる可能性を秘めている。

研究成果の概要(英文)：We found that hydrotalcite (HT)-supported nickel phosphide nanoparticles (nano-Ni₂P/HT) exhibit significantly high catalytic activity in the hydrogenation reaction of mono- and disaccharides to the corresponding sugar alcohols. The high catalytic activity is originated from a cooperative catalysis between nano-Ni₂P and HT, which outperforms the previously reported precious metal catalysts. The nano-Ni₂P/HT catalyst is also air-stable, which will lead to the construction of next-generation environmentally-benign catalytic reaction processes.

研究分野：触媒化学

キーワード：金属ナノ粒子 リン化ニッケル 水素化反応 協奏的触媒作用 グルコース 糖

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

典型的な非可食バイオマスであるリグノセルロースは、セルロース・ヘミセルロース・リグニンで構成される。触媒反応を中心とした化学変換によって、リグノセルロースを構成するこれら3つの含酸素炭化水素から様々な基幹化学品の原料を製造することができる。例えば、セルロースの構成単位であるグルコースの還元反応により得られるソルビトールは、甘味料、化粧品、ファインケミカル等の多様な用途が存在する重要な有用小分子の一つである。従来のソルビトール製造法で用いられてきた Raney 触媒は自然発火性があり、活性が極めて低いという問題を抱えていた。そこで、近年では担持貴金属触媒を基盤とするセルロースの水素化分解が多数報告されている (A. Fukuoka et al. *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2006**, *45*, 5161.)。しかし、貴金属はコストの観点から、非貴金属触媒への代替が望まれる。したがって、取り扱い容易、安価かつ高活性な水素化分解用触媒を開発することは、持続可能な社会の構築に向けた次世代型触媒プロセスの開発の基盤構築につながると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、リン化ニッケルナノ粒子触媒の開発とバイオマス由来リグノセルロースの高効率水素化分解への応用を目的とする。天然に豊富に存在するリグノセルロースの必須資源化は、化石燃料の代替法を確立する上で非常に重要な研究領域である。そこで、温和な条件下での水素化分解を実現することにより、既存の水素化分解プロセスを置き換える画期的な環境低負荷型水素化手法を提案する。

3. 研究の方法

リン化ニッケルナノ粒子の合成：リン化ニッケルナノ粒子を液相合成法に従い調製した。合成したナノ粒子の構造解析には、高分解能透過型電子顕微鏡による粒子の観察、粉末 X 線結晶回折 (XRD)、X 線光電子分光法 (XPS) 及び X 線吸収微細構造 (XAFS) 測定を行った。

リン化ニッケルナノ粒子触媒を用いた糖類還元反応の検討：合成したリン化ニッケルナノ粒子を様々な金属酸化物上に担持し、グルコースを始めとする単糖・二糖類の還元反応における触媒性能を検討した。

4. 研究成果

リン化ニッケルナノ粒子 (nano-Ni₂P) の XRD パターンから、nano-Ni₂P はナノ結晶であることがわかった (図 1 a)。続いて、層状複水酸化物であるハイドロタルサイト (HT: Mg₆Al₂(OH)₁₆CO₃·4H₂O) に nano-Ni₂P を分散担持した触媒 (nano-Ni₂P/HT) を調製した。HAADF-STEM 像から、得られた nano-Ni₂P/HT 中の nano-Ni₂P は平均粒径 5.3 nm の球状粒子であった (図 1 b)。また、EDX の元素マッピングから、ニッケルとリンは HT 上に均一に分布しており、その組成は Ni/P = ca. 2/1 であることが明らかになった (図 1 c-f)。

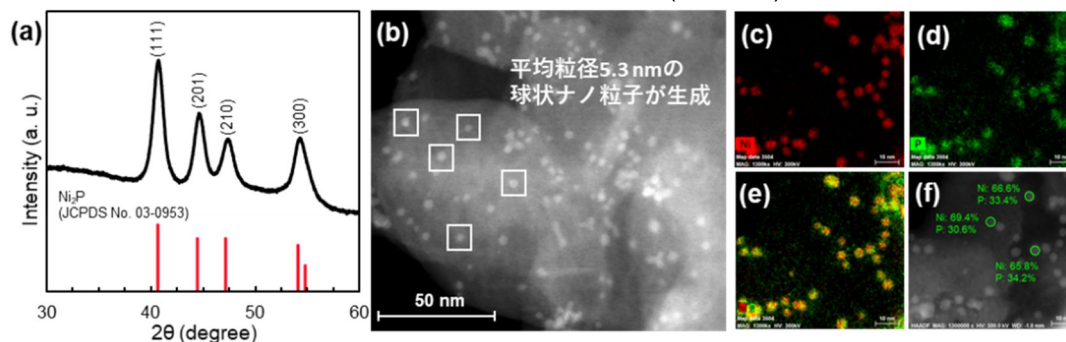
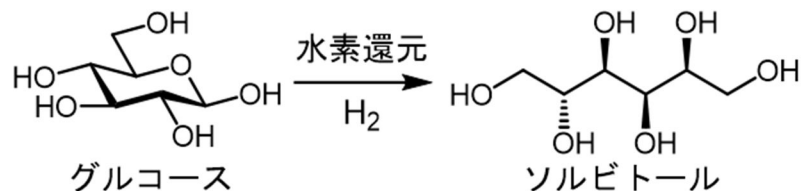


図 1 . (a) XRD patterns of nano-Ni₂P with the Ni₂P reference; (b) HAADF-STEM image and size distribution histogram (inset) of nano-Ni₂P/HT; elemental mapping of (c) Ni and (d) P, and (e) composite overlay of (c) and (d); and (f) EDX analysis of nano-Ni₂P/HT in the regions indicated by green circles.

層状複水酸化物であるハイドロタルサイト (HT: Mg₆Al₂(OH)₁₆CO₃·4H₂O) に nano-Ni₂P を分散担持した触媒 (nano-Ni₂P/HT) を開発し、世界で初めて非貴金属触媒による常温または常圧水素下でのグルコースの高効率な還元反応を実現した (図 2) (S. Yamaguchi et al. *Green Chem.*, **2021**, *23*, 2010.)。nano-Ni₂P/HT の触媒回転数 (TON=852) は、世界最高値を示し、既存の工業触媒である Raney Ni に比べ 800 倍以上高く、貴金属触媒である Ru/C をも上回る。また、グルコース以外の単糖 (キシロース キシリトール; S. Yamaguchi et al. *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2021**, *2021*, 3327.) および二糖 (マルトース マルチトール; S. Yamaguchi et al. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, **2021**, *9*, 6347.) の還元反応においても、既存の触媒を凌駕する世界最高活性を示し、糖類の還元に対する本触媒の

高い一般性を明らかにした。さらに、本触媒は実用的な観点から重要な高濃度の糖水溶液(50 wt%)にも適用でき、反応後の触媒は高活性を維持したまま再使用が可能である。nano-Ni₂P/HT は Raney Ni とは異なり、発火性がなく、予備還元も不要である。したがって、nano-Ni₂P/HT 触媒による糖還元は、高活性・耐久性・安全性を兼ね備えた次世代型触媒反応系といえる。また、種々の構造解析により、応募者はこの高い触媒性能の発現が、nano-Ni₂P と HT との複合界面において、水素分子および糖のカルボニル基をそれぞれ活性化する「協奏的触媒作用」に基づくことを明らかにした。これまでに、リン化金属と担体との著しい協奏効果およびその触媒駆動原理を明らかにした例はない。



nano-Ni ₂ P : 収率 3%		
nano-Ni ₂ P/HT : 収率 99%		協奏効果 : 33倍の活性向上
Ru/C : 収率 88%		貴金属触媒を上回る活性

図 2 . Hydrogenation of D-glucose to D-sorbitol using nano-Ni₂P/HT。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Xu Hang, Yamaguchi Sho, Mitsudome Takato, Mizugaki Tomoo	4. 巻 21
2. 論文標題 A copper nitride nanocube catalyst for highly efficient hydroboration of alkynes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 1404 ~ 1410
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D20B02130G	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 Xu Hang, Yamaguchi Sho, Mitsudome Takato, Mizugaki Tomoo	4. 巻 2022
2. 論文標題 Green Oxidation of Indoles Using Molecular Oxygen over a Copper Nitride Nanocube Catalyst	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 e20220826
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.202200826	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 Sakoda Katsumasa, Yamaguchi Sho, Mitsudome Takato, Mizugaki Tomoo	4. 巻 2
2. 論文標題 Selective Hydrodeoxygenation of Esters to Unsymmetrical Ethers over a Zirconium Oxide-Supported Pt-Mo Catalyst	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JACS Au	6. 最初と最後の頁 665 ~ 672
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacsau.1c00535	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 Yamaguchi Sho, Fujita Shu, Nakajima Kiyotaka, Yamazoe Seiji, Yamasaki Jun, Mizugaki Tomoo, Mitsudome Takato	4. 巻 9
2. 論文標題 Support-Boosted Nickel Phosphide Nanoalloy Catalysis in the Selective Hydrogenation of Maltose to Maltitol	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 6347 ~ 6354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.1c00447	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 Sheng Min, Fujita Shu, Yamaguchi Sho, Yamasaki Jun, Nakajima Kiyotaka, Yamazoe Seiji, Mizugaki Tomoo, Mitsudome Takato	4. 巻 1
2. 論文標題 Single-Crystal Cobalt Phosphide Nanorods as a High-Performance Catalyst for Reductive Amination of Carbonyl Compounds	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 JACS Au	6. 最初と最後の頁 501 ~ 507
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacsau.1c00125	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 Xu Hang, Yamaguchi Sho, Mitsudome Takato, Mizugaki Tomoo	4. 巻 19
2. 論文標題 A copper nitride catalyst for the efficient hydroxylation of aryl halides under ligand-free conditions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 6593 ~ 6597
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D1OB00768H	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 Fujita Shu, Imagawa Kohei, Yamaguchi Sho, Yamasaki Jun, Yamazoe Seiji, Mizugaki Tomoo, Mitsudome Takato	4. 巻 11
2. 論文標題 A nickel phosphide nanoalloy catalyst for the C-3 alkylation of oxindoles with alcohols	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 10673 ~ 10673
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-89561-1	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 Yamaguchi Sho, Mizugaki Tomoo, Mitsudome Takato	4. 巻 2021
2. 論文標題 Efficient D Xylose Hydrogenation to D Xylitol over a Hydrotalcite Supported Nickel Phosphide Nanoparticle Catalyst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3327 ~ 3331
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejic.202100432	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 Sheng Min, Yamaguchi Sho, Nakata Ayako, Yamazoe Seiji, Nakajima Kiyotaka, Yamasaki Jun, Mizugaki Tomoo, Mitsudome Takato	4. 巻 9
2. 論文標題 Hydrotalcite-Supported Cobalt Phosphide Nanorods as a Highly Active and Reusable Heterogeneous Catalyst for Ammonia-Free Selective Hydrogenation of Nitriles to Primary Amines	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 11238 ~ 11246
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.1c03667	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 Ishikawa Hiroya, Yamaguchi Sho, Nakata Ayako, Nakajima Kiyotaka, Yamazoe Seiji, Yamasaki Jun, Mizugaki Tomoo, Mitsudome Takato	4. 巻 2
2. 論文標題 Phosphorus-Alloying as a Powerful Method for Designing Highly Active and Durable Metal Nanoparticle Catalysts for the Deoxygenation of Sulfoxides: Ligand and Ensemble Effects of Phosphorus	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JACS Au	6. 最初と最後の頁 419 ~ 427
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/jacsau.1c00461	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 Yamaguchi Sho, Fujita Shu, Nakajima Kiyotaka, Yamazoe Seiji, Yamasaki Jun, Mizugaki Tomoo, Mitsudome Takato	4. 巻 23
2. 論文標題 Air-stable and reusable nickel phosphide nanoparticle catalyst for the highly selective hydrogenation of D-glucose to D-sorbitol	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Green Chemistry	6. 最初と最後の頁 2010 ~ 2016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0GC03301D	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 Ishikawa Hiroya, Sheng Min, Nakata Ayako, Nakajima Kiyotaka, Yamazoe Seiji, Yamasaki Jun, Yamaguchi Sho, Mizugaki Tomoo, Mitsudome Takato	4. 巻 11
2. 論文標題 Air-Stable and Reusable Cobalt Phosphide Nanoalloy Catalyst for Selective Hydrogenation of Furfural Derivatives	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 750 ~ 757
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.0c03300	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 Fujita Shu, Yamaguchi Sho, Yamasaki Jun, Nakajima Kiyotaka, Yamazoe Seiji, Mizugaki Tomoo, Mitsudome Takato	4. 巻 27
2. 論文標題 Ni ₂ P Nanoalloy as an Air Stable and Versatile Hydrogenation Catalyst in Water: P Alloying Strategy for Designing Smart Catalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 4439 ~ 4446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.202005037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamaguchi Sho, Kondo Hiroki, Uesugi Kohei, Sakoda Katsumasa, Jitsukawa Koichiro, Mitsudome Takato, Mizugaki Tomoo	4. 巻 13
2. 論文標題 H ₂ Free Selective Dehydroxymethylation of Primary Alcohols over Palladium Nanoparticle Catalysts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ChemCatChem	6. 最初と最後の頁 1135 ~ 1139
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.202001866	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26件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 山口 渉, 大橋一翔, 満留敬人, 水垣共雄
2. 発表標題 ヒドロキシアパタイト担持ニッケルナノ粒子触媒によるアルコールを用いたアミンの環境低負荷型N-アルキル化反応
3. 学会等名 第131回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 ang Xu, Sho Yamaguchi, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki
2. 発表標題 Copper nitride nanocube as a Lewis acid-base cooperative catalyst for efficient hydroboration and hydrosilylation of alkynes
3. 学会等名 第131回触媒討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山口 涉
2. 発表標題 天然炭素資源を有用化学品原料に変換する協奏機能触媒の開発
3. 学会等名 信州大学繊維学部講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sho Yamaguchi
2. 発表標題 Novel Strategy for Biomass Utilization: Efficient Catalytic Conversion of Sugars to Valuable Chemicals
3. 学会等名 Osaka-Kansai International Symposium on Catalysis (OKCAT2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazuto Ohashi, Sho Yamaguchi, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki
2. 発表標題 Efficient N-Alkylation of Amines Using Alcohols over an Air-stable Nickel-based Catalyst Supported on Hydroxyapatite
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 Sarmiento Diaz Marcelo Junior, Sho Yamaguchi, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki
2. 発表標題 Nanoengineering of Palladium Catalyst by Carbidation for Hydrogenation of Nitrobenzene
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 山口 涉, 清飛羅大樹, 満留敬人, 水垣共雄
2. 発表標題 炭化ニッケルナノ粒子触媒を用いたニトリル化合物から1級アミン類への選択的水素化反応
3. 学会等名 第52回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口 涉, 清飛羅大樹, 満留敬人, 水垣共雄
2. 発表標題 ニトリル化合物の選択的水素化反応を促進する炭化ニッケル触媒の開発
3. 学会等名 第130回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sho Yamaguchi, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki
2. 発表標題 Development of nickel phosphide nanoalloy catalyst for the highly selective hydrogenation of D-glucose to D-sorbitol
3. 学会等名 The 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 Hang Xu, Sho Yamaguchi, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki
2. 発表標題 Development of copper nitride nanocube: An efficient heterogeneous catalyst for the green oxidation of indoles
3. 学会等名 The 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 Katsumasa Sakoda, Sho Yamaguchi, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki
2. 発表標題 Zirconium Oxide-Supported Pt-Mo Catalyst for the Selective Hydrodeoxygenation of Esters to Unsymmetrical Ethers
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daiki Kiyohira, Sho Yamaguchi, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki
2. 発表標題 Nickel Carbide Nanoparticle Catalyst for the Selective Hydrogenation of Nitriles to Primary Amines
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石川浩也、盛 敏、山口 渉、満留敬人、水垣共雄
2. 発表標題 高機能性リン化コバルト触媒によるバイオマス由来アルデヒドの有用アルコールへの変換反応
3. 学会等名 第10回JAC1/GSCシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 徐 航、山口 渉、満留敬人、水垣共雄
2. 発表標題 Copper nitride nanoparticle catalyst for hydroxylation of aryl halides under ligand-free conditions
3. 学会等名 第10回JAC1/GSCシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 渉
2. 発表標題 グルコースから多様な有用化合物への高効率触媒変換プロセスの開発
3. 学会等名 第128回触媒討論会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 徐 航、山口 渉、満留敬人、水垣共雄
2. 発表標題 ハロゲン化アリールの配位子フリーヒドロキシル化反応を促進する窒化銅ナノ粒子触媒の開発
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石川浩也、山口 渉、満留敬人、水垣共雄
2. 発表標題 リン化ルテニウム触媒によるスルホキシドの脱酸素反応 リン化による触媒活性及び耐久性の向上
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 渉
2. 発表標題 天然糖質から有用化学品原料の合成に向けた均一・不均一系触媒の開発に関する研究
3. 学会等名 GlycoTOKYO2021（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 涉、満留敬人、水垣共雄
2. 発表標題 単糖・二糖類の還元反応に高活性を示すリン化ニッケルナノ粒子触媒の開発
3. 学会等名 函館大会（第51回石油・石油化学討論会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Min Sheng, Sho Yamaguchi, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki
2. 発表標題 A Cobalt Phosphide Nanorod Catalyst for Reductive Amination of Carbonyl Compounds
3. 学会等名 the 18th Japan-Korea Symposium on Catalysis (18JKSC)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hang Xu, Sho Yamaguchi, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki
2. 発表標題 Green Oxidative Transformation of Indoles Catalyzed by Copper Nitride Nanocube Using Molecular O ₂
3. 学会等名 the 18th Japan-Korea Symposium on Catalysis (18JKSC)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 涉
2. 発表標題 安全・省エネ・低コストでソルピトールを合成する新規合金ナノ触媒の開発
3. 学会等名 第6回大阪大学豊中地区研究交流会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山口 渉
2. 発表標題 スズおよびリン化ニッケル合金を用いた協奏的触媒作用に基づく高効率糖変換
3. 学会等名 第7回人工光合成研究拠点講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 満留 敬人、盛 敏、山口 渉、水垣 共雄
2. 発表標題 カルボニル化合物の還元的アミノ化反応に高活性を示すリン化コバルトナノロッド触媒の開発
3. 学会等名 第129回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 椿 俊太郎、山口 渉、安田 誠、水垣 共雄、満留 敬人
2. 発表標題 915MHz マイクロ波によるリン化ニッケル/ハイドロタルサイト触媒を介したD-グルコースの高速水素化反応
3. 学会等名 第129回触媒討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 碓田 捷将、山口 渉、満留 敬人、水垣 共雄
2. 発表標題 酸化ジルコニウム担持Pt&Mo触媒によるエステルからの非対称エーテル直接合成反応
3. 学会等名 第129回触媒討論会
4. 発表年 2022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
---------	---------