#### 研究成果報告書 科学研究費助成事業

今和 6 年 9 月 2 7 日現在

機関番号: 12608

研究種目: 基盤研究(B)(一般)

研究期間: 2021~2023 課題番号: 21H01714

研究課題名(和文)逆合成解析に基づく高機能ゼオライト触媒の開発

研究課題名(英文)Development of advanced zeolite catalysts based on retrosynthetic analysis

### 研究代表者

横井 俊之 (YOKOI, TOSHIYUKI)

東京工業大学・科学技術創成研究院・准教授

研究者番号:00401125

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 14,620,000円

研究成果の概要(和文):本研究は、ゼオライトナノ空間内に導入する金属種の位置・状態を制御する手法(= あらゆる要望に応えうる調製手法)を確立し、メタン、二酸化炭素、メタノールといったC1分子の活性化・有用物質への効率的な触媒反応プロセスを実現することである。反応工学と計算化学とのシナジー効果により「逆合成解析」が同僚ない。またでは、大阪になるに、「漢無機は関うで、たいる新しい党を対した。 である。先例のない、オンデマンドなゼオライト作りを通じ、「逆無機材料合成」という新しい学術を切り拓

研究成果の学術的意義や社会的意義 ゼオライトは一般的には、骨格にAI原子を導入したアルミノ珪酸塩型(固体酸触媒)であり、多くの固体酸触媒 プロセスが開発、実用化されてきている。ゼオライトの空間内にFe、Ni、Co、Cu、Pt、Agなどの金属種を導入し た"金属含有ゼオライト触媒"はゼオライトの有する高度なナノ空間、形状選択性を活かしつつ、金属の有する 触媒能を付与することができる。そのため、カーボンニュートラルの達成やSDGsの実現等に貢献できるポテンシャルを有してる。本研究課題を通して、これまでよりも高い触媒性能を有する金属含有ゼオライトを開発することができた。これらの成果は、学術的意義は勿論のこと社会的意義も大きいと言える。

研究成果の概要(英文): In this study, we aim to develop a method for controlling the location and state of metal species in zeolite and to achieve a catalytic process that can activate C1 molecule including methane, carbon dioxide, and methanol followed by effective conversion into value-added chemicals. To attain the goals, this project has been carried out based on retrosynthetic analysis by utilizing the synergic effect of reaction engineering and computational chemistry. Finally, we accomplish the novel and targeted catalytic process over our designed zeolite catalyst with active species highly regulated. Our results in this project will lead to the development of advanced zeolite catalysts based on retrosynthetic analysis.

研究分野: 触媒調製化学

キーワード: ゼオライト

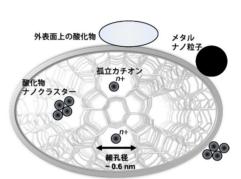
科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等に ついては、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1.研究開始当初の背景

欲しいものを欲しいだけ、容易に、安全に、環境にやさしく作れるような「モノ作り」はまさに「SDGs」に合致している。モノが「化学品」である場合、鍵となるのは触媒である。申請者らは高度に制御されたナノ空間を有し、選択性、活性、耐久性を兼ね備えたゼオライト触媒に着目した。ゼオライトは結晶構造に由来したナノ空間を持つアルミノ珪酸塩鉱物であり、その構造により吸着、触媒、イオン交換といったさまざまな目的で古くから工業的に利用されている。ゼオライトの触媒応用に焦点をあてると、その主流は、骨格に AI 原子を導入したアルミノ珪酸塩

型(固体酸触媒)であり、接触分解やメタノール転換反応等、多くの固体酸触媒プロセスが開発、実用化されてきている。

一方、ゼオライトの空間内に Fe、Ni、Co、Cu、Pt、Ag などの金属種を導入した"金属含有ゼオライト触媒"は脱水素、水素化、酸化、NOx 選択還元など様々な反応に活性を示し、近年特に注目されている。ゼオライトの有する高度なナノ空間、形状選択



ゼオライト細孔内外の金属種の位置・状態

性を活かしつつ、金属の有する触媒能を付与することができる。この場合、金属のナノ空間内での位置、そして状態・サイズ(原子、イオン、メタル、クラスター、酸化物、etc.)が重要になることは容易に想像がつく(右図)。現在、多様な金属含有ゼオライトがイオン交換法や含浸法などのポスト合成により調製されているが、種類・量のみが重要視され、調製もノウハウ的に行われているにすぎない。現在の触媒調製化学において、金属種の位置・状態の重要性は認識されているにもかかわらず、困難さ故に「制御する」といった視点で学術的な研究はなされてきてはいない。

本研究には2つの学術的「問い」がある。ゼオライト細孔内金属種の位置・状態を精密に制御する手法を確立し、これまでとは一線を画す"ゼオライト調製化学"を切り拓けるか?、これが1つ目の学術的「問い」である。そして、合成技術を基盤に、有機合成分野で取り入れられている、「逆合成解析」というアプローチを無機材料合成に取り入れ、反応工学・表面化学・化学工学から提案されるゼオライトを自在に合成し、望み通りの触媒性能を達成できるような、触媒の設計・合成手法を確立する。ゼオライト科学の未踏領域に迫り、必要な触媒機能に基づくゼオライトの設計という「逆無機材料合成」という新しい学術を確立できるか、が2つ目の学術的「問い」である。

### 2.研究の目的

本研究は、ゼオライトナノ空間内に導入する金属種の位置・状態を制御する手法(=あらゆる要望に応えうる調製手法)を確立し、メタン、二酸化炭素、メタノールといった C1 分子の活性化・有用物質への効率的な触媒反応プロセスを実現することである。反応工学と計算化学とのシナ

ジー効果により「逆合成解析」的に触媒設計を行い、それを実践し、実際に望みの触媒を調製する。そして目的の反応を達成する戦略である。先例のない、オンデマンドなゼオライト作りを通じ、「逆無機材料合成」という新しい学術を切り拓く。

### 3.研究の方法

本研究は下記の3つの項目から構成されている

研究項目 A: ゼオライトナノ空間内での金属種の位置・状態を制御する手法の開発: ゼオライトナノ空間内に導入する金属種の位置・状態を制御する手法(= あらゆる要望に応えうる調製手法)を確立に取り組む。

研究項目 B:反応工学・表面化学・計算化学アプローチの融合による触媒設計:不均一系触媒反応は反応基質の拡散速度、活性点上での吸着状態、および反応機構に密接に関係するため、それらの反応工学、表面化学および計算化学的手法を駆使した詳細な理解は、材料探索および触媒設計を効率化させ加速する鍵となる。

研究項目 C: 触媒設計に基づく触媒調製と触媒性能評価: 研究項目 A と B をリンクさせ、メタン、二酸化炭素、メタノールといった C1 分子の活性化・有用物質への効率的な触媒反応プロセスを実現させるための触媒プロセス開発を行う。

#### 4.研究成果

項目 A に関して、Rh 種含有ゼオライトにおける Rh 種の状態制御に取り組んだ。

Rh イオン交換 Y 型ゼオライト (R-Y) とアモルファスシリカ (Rh-ASA)をイオン交換法により調製した.調製した Rh 種含有触媒は,UV-vis,IR,TEM,H2-TPR 測定で構造解析を行った.Y 上では,優先的に孤立した Rh カチオン種が形成され,ASA上では,主に Rh 酸化物が形成されていた.これらの触媒試料のメタン酸化的改質反応に対する触媒性能を評価した.その結果,Rh-Y の触媒寿命は Rh-ASAと比較し長寿命であった.これは,孤立 Rh カチオン種がゼオライト骨格との静電的相互作用によって粒子の凝集が抑制されたためである.さらに,Rh-Y は分散性が高いため,Rh 含有量が少なくても高い触媒活性を示した.これらの実験結果に基づいて,メタン酸化的改質反応における Rh 活性種を明らかにすると主に,活性種の安定化にゼオライト骨格が有効であることを実証した.

2022 年度において、Cu や Fe イオン交換 CHA 型ゼオライト触媒は比較的低温であっても高いメタン転化率となることを見出した。さらに CHA 型ゼオライトの Cu カチオン交換およびメタン転換触媒特性に及ぼす Al 分布の影響を明らかにした。Al 分布が異なる CHA 型ゼオライトに Fe 種をイオン交換法により導入したサンプルを調製し、NO 吸着 FT-IR や UV-vis スペクトル測定などを用いて多角的に構造解析を実施した。Cu 含有 CHA では UV-vis スペクトルの結果、どちらのサンプルも Cu イオンがイオン交換サイトに高分散に導入されており、Al 分布による大きな違いは確認されなかった。一方、NO 吸着 FT-IR 測定では興味深い結果が示された。通常通り測定されたスペクトルとサンプルを N2O を用いて十分に活性化させた後に測定されたスペクトルを比較すると、活性化によって Cu+に由来するピークの強度が減少し、逆に Cu2+に由来するピークの強度が増加した。これは Cu+種が N2O によって活性化されメタン活性種となったことを示している。さらに、活性化によって増加した Cu²+種の増加量が Al 分布によって異なってお

り、増加量の多いサンプルのほうが高い反応活性を示すことも見出した。この結果からイオン交換によって導入された Cu 種はゼオライトの Al 分布の影響を大きく受けていることが考察された。活性種の構築プロセスについては研究項目 B と連携し、計算化学からも検討を実施した。

2023 年度において、まず、粒子形態の影響を明らかにした。AEI 型ゼオライトをベースに、通常のブロック体の他に界面活性剤をゼオライトの母ゲルに添加することにより、プレート上の粒子を得ることに成功した。そこに Cu 種を導入し、メタン部分酸化活性を検討した結果、c 軸成長を抑制したプレート上にすることで、高いメタノール収率を達成できた。粒子形態は生成物の拡散挙動に影響を与えることから、研究項目 B と連携しその効果の検証を行った。メタンから生成したメタノールが逐次反応を受けることなく、ゼオライト粒子から拡散できたことが要因であると考えている。またこのほか、Cu 種とゼオライトの酸点の位置関係についても検討した。具体的には Cu 含有ゼオライト触媒を構成する Cu サイト(メタン活性化サイト)と酸サイト(ゼオライト骨格内 AI 原子)の量ならびに位置関係の影響を系統的に検討した。位置関係については原子スケールからミリメートルスケールまで変化させ実験を行った。その結果、Cu サイトと酸サイトが近傍に分布しているとエチレン、プロピレンといった低級オレフィンの生成に有利であることが分かった。両サイトがある程度の空間的距離を保ち、均一に分布する場合、メタノールが選択的合成に有利に働き、Cu サイトが過剰に存在すると CO2 の生成が促進されることが分かった。この結果はメタノールを中間体として用いるメタンから炭化水素への転換反応の実現に大きく貢献するものとなった。

年度後半には本研究の総括として、ゼオライトの物性、金属の導入方法、導入される位置・状態、触媒特性を系統的に整理し、メタン転換反応に関しては本研究の目的である「逆合成解析」 的に触媒設計指針を提案するに至った。

# 5 . 主な発表論文等

「雑誌論文〕 計9件(うち査読付論文 9件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件)

1. 養者名 以前の Peipei, Wang Yong, Lu Yao, De Baerdemaeker Trees, Parvulescu Andrei-Nicolae, Muller Ulrich, De Vos Dirk, Meng Xiangju, Xiao Feng-Shou, Zhang Weiping, Warler Barnd, Kolb Ute, Gies Hermann, Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 Effects of Al distribution in the Cu-exchanged ÆI zeolites on the reaction performance of continuous direct conversion of methanol  3. 確認之 Applied Catalysis B: Environmental	〔雑誌論文〕 計9件(うち査読付論文 9件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 0件)	
Effects of Al distribution in the Cu-exchanged AEI zeolites on the reaction performance of continuous direct conversion of methane to methanol  3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental  6. 最初と最後の頁 122395~122395  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト議例子) 10.1016/j.apcatb.2023.122395  第本・プンアクセス  1. 著名名 Osuga Ryota, Neya Atsushi, Yoshida Motohiro, Yabushita Mizuho, Yasuda Shuhei, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yokoi Toshiyuki, Muranatsu Atsushi  2. 論文構題 improvement of Catalytic Activity of Ce-MFI-Supported Pd Catalysts for Low-Temperature Methane Oxidation by Creation of Concerted Active Sites Industrial & Engineering Chemistry Research  ### ### ### ### ### ### ### ### ### #	Xiao Peipei, Wang Yong, Lu Yao, De Baerdemaeker Trees, Parvulescu Andrei-Nicolae, Muller Ulrich, De Vos Dirk, Meng Xiangju, Xiao Feng-Shou, Zhang Weiping, Marler Bernd, Kolb Ute, Gies	
Applied Catalysis B: Environmental   122395 - 122395       掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	Effects of Al distribution in the Cu-exchanged AEI zeolites on the reaction performance of continuous direct conversion of methane to methanol	2023年
10.1016/j.apcatb.2023.122395   有   オープンアクセス		
### Table ###		
Casuga Ryota, Neya Atsushi, Yoshida Motohiro, Yabushita Mizuho, Yasuda Shuhei, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi   2. 論文標題		
Improvement of Catalytic Activity of Ce-MFI-Supported Pd Catalysts for Low-Temperature Methane Oxidation by Creation of Concerted Active Sites   3. 雑誌名	Osuga Ryota, Neya Atsushi, Yoshida Motohiro, Yabushita Mizuho, Yasuda Shuhei, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi	61
Industrial & Engineering Chemistry Research 9686~9694	Improvement of Catalytic Activity of Ce-MFI-Supported Pd Catalysts for Low-Temperature Methane Oxidation by Creation of Concerted Active Sites	2022年
10.1021/acs.iecr.2c01410   有		
1 . 著者名 Yamada Shunsuke、Yasuda Shuhei、Yang Willie、Hosaki Masamichi、Matsumoto Takeshi、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2 . 論文標題 Impact of raw materials for TS-1 zeolite on its crystallization process, Ti species and catalytic properties  3 . 雑誌名 Catalysis Today  「表表の有無 10.1016/j.cattod.2022.07.025  相談論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cattod.2022.07.025  オープンアクセス  「本子ブンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  「主著者名 Cai Yibing、Matsumoto Takeshi、Yasuda Shuhei、Yamada Shunsuke、Liu Yin、Wang Yunan、Xiao Peipei、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2 . 論文標題 Catalytic C-C bond formation over platinum nanoparticle catalyst on three-dimensional porous  4 . 巻 411-412  4 . 巻 411-412  5 . 発行年 2023年		
Yamada Shunsuke、Yasuda Shuhei、Yang Willie、Hosaki Masamichi、Matsumoto Takeshi、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 Impact of raw materials for TS-1 zeolite on its crystallization process, Ti species and catalytic properties  3. 雑誌名 Catalysis Today  指載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cattod.2022.07.025  オープンアクセス  1. 著者名 Cai Yibing、Matsumoto Takeshi、Yasuda Shuhei、Yamada Shunsuke、Liu Yin、Wang Yunan、Xiao Peipei、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 Catalytic C-C bond formation over platinum nanoparticle catalyst on three-dimensional porous  4. 発 2023年  4. 巻 411-412  5. 発行年 2023年  4. 巻 411-412		
Impact of raw materials for TS-1 zeolite on its crystallization process, Ti species and catalytic properties  3 . 雑誌名 Catalysis Today  「表読の句類 113857~113857  「おいますを表現します。 「おいますを表現します。 「おいますを表現します。」 「おいますを表現します。」 「おいますを表現します。」 「おいますを表現します。」 「おいます。」 「おいまする。」 「おいます。」 「おいま	Yamada Shunsuke、Yasuda Shuhei、Yang Willie、Hosaki Masamichi、Matsumoto Takeshi、Kondo Junko	_
Tatalysis Today  「Tatalysis	Impact of raw materials for TS-1 zeolite on its crystallization process, Ti species and catalytic properties	2023年
10.1016/j.cattod.2022.07.025 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  1.著者名 Cai Yibing、Matsumoto Takeshi、Yasuda Shuhei、Yamada Shunsuke、Liu Yin、Wang Yunan、Xiao Peipei、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2.論文標題 Catalytic C-C bond formation over platinum nanoparticle catalyst on three-dimensional porous  有  国際共著  4.巻 411-412  5.発行年 2023年		
- 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 - 1 . 著者名 Cai Yibing、Matsumoto Takeshi、Yasuda Shuhei、Yamada Shunsuke、Liu Yin、Wang Yunan、Xiao 4 . 巻 411-412 Peipei、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki 5 . 発行年 Catalytic C-C bond formation over platinum nanoparticle catalyst on three-dimensional porous 2023年	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
Cai Yibing、Matsumoto Takeshi、Yasuda Shuhei、Yamada Shunsuke、Liu Yin、Wang Yunan、Xiao 411-412 Peipei、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2 . 論文標題 Catalytic C-C bond formation over platinum nanoparticle catalyst on three-dimensional porous 2023年	· · · · · =· ·	国際共著
Catalytic C-C bond formation over platinum nanoparticle catalyst on three-dimensional porous 2023年	Cai Yibing、Matsumoto Takeshi、Yasuda Shuhei、Yamada Shunsuke、Liu Yin、Wang Yunan、Xiao	_
	Catalytic C-C bond formation over platinum nanoparticle catalyst on three-dimensional porous carbon	2023年
3.雑誌名       6.最初と最後の頁         Catalysis Today       113840~113840		
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)		_
オープンアクセス 国際共著 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. 書名名 Souga Ryota, Yasuda Shuhei, Sasada Masato, Manabe Ryo, Shina Hisashi, Tsutsuminai Susumu, Fukuoka Atsushi, Kobyashi Hirokazu, Muramatsu Atsushi, Yokoi Toshiyuki 2. 高文標面 Nxidative Reforming of Methane over Rh-Containing Zeolites: Active Species and Role of Zeolite 7. 飛行在 2021年 7. 飛行を表現と最後の頁 8686-8704 8686-	Osuga Ryota、Yasuda Shuhei、Sawada Masato、Manabe Ryo、Shima Hisashi、Tsutsuminai Susumu、Fukuoka Atsushi、Kobayashi Hirokazu、Muramatsu Atsushi、Yokoi Toshiyuki . 論文標題 Oxidative Reforming of Methane over Rh-Containing Zeolites: Active Species and Role of Zeolit Framework . 雑誌名 Industrial & Description Chemistry Research	60 5 . 発行年 e 2021年 6 . 最初と最後の頁
Fukuoka Atsushi, Kobayashi Hirokazu, Muramatsu Atsushi, Yokoi Toshiyuki 2 論文程態 Oxidative Reforming of Methane over Rh-Containing Zeolites: Active Species and Role of Zeolite Framework 3. 雑誌名 Industrial & Amp; Engineering Chemistry Research 86.86-8704  #報節文のDOI (デジタルオブジェクト語別子) 10.1021/acs.iecr.icol353  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 4. 巻 Sinancas Raquel, Nishitoba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann, Yokoi Toshiyuki 2. 添文程態 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFM-topology 3. 謝話名 Microporous and Mesoporous Materials  #報節文のDOI (デジタルオブジェクト語別子) 10.1016/j.imicromeso.2021.111005  #報節文のDOI (デジタルオブジェクト語別子) 10.1016/j.imicromeso.2021.111005  #報節文のDOI (デジタルオブジェクト語別子) 2. 添文程態 One-not synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe 2021年  #報節文のDOI (デジタルオブジェクト語別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014  #報節で表示で表示で表示で表示で表示で表示で表示で表示で表示で表示で表示で表示で表示で	Fukuoka Atsushi、Kobayashi Hirokazu、Muramatsu Atsushi、Yokoi Toshiyuki . 論文標題 Oxidative Reforming of Methane over Rh-Containing Zeolites: Active Species and Role of Zeolit Framework . 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	5 . 発行年 e 2021年 6 . 最初と最後の頁
2. 論文程題  がはるtive Reforming of Methane over Rh-Containing Zeolites: Active Species and Role of Zeolite Framework  3. 結誌を Industrial & Jamp: Engineering Chemistry Research  超額論文の001(デジタルオブジェクト護別子) 10.1021/acs.iecr.tc01353  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  4. 巻 Simancas Raquel, Nishi toba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann, Yokol Toshiyuki  2. 論文程題 Wersatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallositicate Zeolites with IFM-topology  3. 結結を Microporous and Mesoporous Materials  1. 著名名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2. 論文程題 Microporous and Its impact on catalytic performance  3. 結結名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2. 論文程題 Advanced Powder Technology  お地談のの001(デジタルオブジェクト護別子) 10.1016/j.jnicromeso.2021.01105  1. 著名名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2. 論文程題 Advanced Powder Technology  お地談のの001(デジタルオブジェクト護別子) 10.1016/j.japt.2021.02.014  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回難  4. 巻 Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Funiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi, Norie Mani, Maki Sachiko, K	. 論文標題 Oxidative Reforming of Methane over Rh-Containing Zeolites: Active Species and Role of Zeolit Framework . 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	e 2021年 6.最初と最後の頁
Oxidative Reforming of Methane over Rh-Containing Zeolites: Active Species and Role of Zeolite Framework     2021年 Framework       3. 熱語名 Industrial & Jamp; Engineering Chemistry Research     6. 是初と最後の頁 8896 - 8704       掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト議例子) 10.1021/acs.iecr.1c01353     五式フアクセス 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      4. 巻 317       1. 著名名 Sinancas Raquel, Nishitoba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann, Yokoi Toshiyuki 2. 論文程劃 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFU-topology 3. 急能話名 Microporous and Mesoporous Materials	Oxidative Reforming of Methane over Rh-Containing Zeolites: Active Species and Role of Zeolit Framework . 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	e 2021年 6.最初と最後の頁
Framework Industrial & amp: Engineering Chemistry Research 6 . 最初と機後の頁 8696 - 8704 8 . 最初に対している。	Framework . 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	6.最初と最後の頁
3.競話名 Industrial & amp; Engineering Chemistry Research 6.最初と最後の頁 8696~8704  掲載論文のDOI(デジタルオプジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.1c01353	. 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	
Industrial & amp; Engineering Chemistry Research   8696 - 8704   8704   870	Industrial & Engineering Chemistry Research	
Industrial & amp; Engineering Chemistry Research   8696 - 8704   8704   870	Industrial & Engineering Chemistry Research	
理解論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.1c01363		0606 ~ 9704
1 . 著名名 Silancas Raquel, Nishitoba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann, Yokoi Toshiyuki 2 . 論文程間 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFV-topology 3 . 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials  ### ### ### ### ### ### ### ### ### #	**^^	8090 - 8704
1 . 著名名 Silancas Raquel, Nishitoba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann, Yokoi Toshiyuki 2 . 論文程間 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFV-topology 3 . 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials  ### ### ### ### ### ### ### ### ### #	##*A- 0001 ( ***	
1 . 著名名 Silancas Raquel, Nishitoba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann, Yokoi Toshiyuki 2 . 論文程間 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFV-topology 3 . 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials  ### ### ### ### ### ### ### ### ### #		
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  1 . 著名名 Simancas Raquel、Nishi toba Toshiki、Park Sungsik、Kondo Junko N.、Rey Fernando、Gies Hermann、 70kol i Toshiyuki 2 . 論文標題 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate 2021年 2021年 3 . 解誌名 Microporous and Mesoporous Materials  1 . 著名名 Microporous and Mesoporous Materials  1 . 著名名 Microporous and Mesoporous Materials  1 . 著名名 Miao Peipei、Wang Yong、Osuga Ryota、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2 . 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MMW zeolite catalyst: Elucidation of Fe 2021年  3 . 雅誌名 Advanced Powder Technology  1 . 著名名 Miao Powder Technology  4 . 参 3 . 雅誌名 Advanced Powder Technology  1 . 著名名 MajacyDDOI (デジタルオブジェクト識別子) Do.1016/j.apt.2021.02.014  2 . 論文標題 Advanced Powder Technology  1 . 著名名 MajacyDDOI (デジタルオブジェクト識別子) Do.1016/j.apt.2021.02.014  2 . 論文標題 Mesopopology Ryota、Muto Funiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi, Horie Mani、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi Horie Mani、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi Horie Mani、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu  5 . 発行年 2021年  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Snall Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  5 . 擬話名 6 . 最初と最後の頁		
***********************************	10.1021/acs.iecr.1c01353	有
***********************************		
*** *********************************	ープンアクセス	国際共著
1. 著者名 Sinancas Raquel, Nishitoba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann, Yokori Toshiyuki 2. 論文権間 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFW-topology 3. 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials  ### Microporous and Mesoporous Materials  #### Microporous and Mesoporous Microporous and Microporous an	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	-
Simancas Raquel, Nishitoba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann, Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFW-topology  3. 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials  6. 最初と最後の頁 111005~111005  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2021.111005  1. 著者名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MMW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance  3. 雑誌名 Advanced Powder Technology  1. 著者名 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  5. 発行年 2021年 21. 養者名 Advanced Powder Technology  2. 過文表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表	3 John Charles A Man John Extra Extr	
Simancas Raquel, Nishitoba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann, Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFW-topology  3. 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials  6. 最初と最後の頁 111005~111005  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2021.111005  1. 著者名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MMW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance  3. 雑誌名 Advanced Powder Technology  1. 著者名 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  5. 発行年 2021年 21. 養者名 Advanced Powder Technology  2. 過文表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表表	***	4 ***
Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFPI-topology  3. 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials  信		_
2 . 論文標題	Simancas Raquel, Nishitoba Toshiki, Park Sungsik, Kondo Junko N., Rey Fernando, Gies Hermann,	317
Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFW-topology  Microporous and Mesoporous Materials  6 . 最初と最後の頁 111005 - 1111005  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2021.111005  1 . 著者名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2 . 論文標題 Advanced Powder Technology  加藤語名 Advanced Powder Technology  1 . 著者名 Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi  1 . 著者名 Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Snall Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane	Yokoi Toshiyuki	
Versatile phosphorus-structure-directing agent for direct preparation of novel metallosilicate zeolites with IFW-topology  Microporous and Mesoporous Materials  6 . 最初と最後の頁 111005 - 1111005  掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2021.111005  1 . 著者名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2 . 論文標題 Advanced Powder Technology  加藤語名 Advanced Powder Technology  1 . 著者名 Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi  1 . 著者名 Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Snall Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane	. 論文標題	5.発行年
3 . 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials  111005 - 111005  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2021.111005  1 . 著者名 Xiao Peipei、Wang Yong、Osuga Ryota、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2 . 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MMW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance 3 . 雑誌名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi  1 . 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi C . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane C . 最初と最後の頁 C . 最初と最後の頁		
3 . 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials  6 . 最初と最後の頁 111005~111005  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j_micromeso.2021.111005  2 . 満文アクセス  オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難  1 . 著者名 Xiao Peipei、Wang Yong、Osuga Ryota、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2 . 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MMW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance 3 . 雑誌名 Advanced Powder Technology  1 . 著者名 Yaboushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi 2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3 . 雑誌名  6 . 最初と最後の頁		~   ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~
Microporous and Mesoporous Materials  111005~111005  掲載論文のDDI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2021.111005  オーブンアクセス  オーブンアクセス  オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難  1. 著者名 Xiao Peipei、Wang Yong、Osuga Ryota、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance  3. 雑誌名 Advanced Powder Technology  掲載論文のDDI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014  オーブンアクセス  オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難  1. 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3. 雑誌名  6. 最初と最後の頁		C 目初12目後の五
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2021.111005		
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2021.111005	Microporous and Mesoporous Materials	111005 ~ 111005
1. 著者名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance 3. 雑誌名 Advanced Powder Technology  1. 著者名 Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi  2. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3. 雑誌名  1. 養初公元分子 (1970年)		
1. 著者名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance 3. 雑誌名 Advanced Powder Technology  1. 著者名 Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi  2. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3. 雑誌名  1. 養初公元分子 (1970年)		
1. 著者名 Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki  2. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance 3. 雑誌名 Advanced Powder Technology  1. 著者名 Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi  2. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3. 雑誌名  1. 養初公元分子 (1970年)	載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
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		_
### ままる ####	10.1010/j.iiifcfoilie50.2021.111000	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i
### ままる ####		同咖井茶
1. 著者名 Xiao Peipei、Wang Yong、Osuga Ryota、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki 2. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance 3. 雑誌名 Advanced Powder Technology  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014  1. 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi 2. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small I Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3. 雑誌名  4. 巻 60  4. 巻 60  5. 発行年 2021年 2021年 60  6. 最初と最後の頁	· · · · = · ·	1
Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki322. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance5. 発行年 2021年3. 雑誌名 Advanced Powder Technology6. 最初と最後の頁 1070~1080掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014査読の有無 有オープンアクセス Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi4. 巻 602. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane5. 発行年 2021年3. 雑誌名6. 最初と最後の頁	オーブンアクセスではない、又はオーブンアクセスが困難	該当する
Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki322. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance5. 発行年 2021年3. 雑誌名 Advanced Powder Technology6. 最初と最後の頁 1070~1080掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014査読の有無 有オープンアクセス Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi4. 巻 602. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane5. 発行年 2021年3. 雑誌名6. 最初と最後の頁		
Xiao Peipei, Wang Yong, Osuga Ryota, Kondo Junko N., Yokoi Toshiyuki322. 論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance5. 発行年 2021年3. 雑誌名 Advanced Powder Technology6. 最初と最後の頁 1070~1080掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014査読の有無 有オープンアクセス Yabushita Mizuho, Yoshida Motohiro, Osuga Ryota, Muto Fumiya, Iguchi Shoji, Yasuda Shuhei, Neya Atsushi, Horie Mami, Maki Sachiko, Kanie Kiyoshi, Yamanaka Ichiro, Yokoi Toshiyuki, Muramatsu Atsushi4. 巻 602. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane5. 発行年 2021年3. 雑誌名6. 最初と最後の頁	,著者名	4 . 巻
2.論文標題 One-pot synthesis of highly active Fe-containing MMW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance  3.雑誌名 Advanced Powder Technology  「表彰の有無 10.1016/j.apt.2021.02.014	—	_
One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance  3 . 雑誌名 Advanced Powder Technology  周載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014  カープンアクセス  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  1 . 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  6 . 最初と最後の頁	Arao respect many rong, osuga Nyota, Nondo Sunko N., Tokor rosiniyuki	32
One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe species and its impact on catalytic performance  3 . 雑誌名 Advanced Powder Technology  周載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014  カープンアクセス  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  1 . 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  6 . 最初と最後の頁	스스 수 1재 [77	F 36/-/-
species and its impact on catalytic performance  3 . 雑誌名 Advanced Powder Technology  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014  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  1 . 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  6 . 最初と最後の頁  4 . 巻 60  5 . 発行年 2021年		
3.雑誌名 Advanced Powder Technology  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014  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  1.著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2.論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3.雑誌名  6.最初と最後の頁	One-pot synthesis of highly active Fe-containing MWW zeolite catalyst: Elucidation of Fe	2021年
Advanced Powder Technology 1070~1080  掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014 有  オープンアクセス 国際共著 イープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - 1. 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3. 雑誌名 6.最初と最後の頁	species and its impact on catalytic performance	
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014  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  1. 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3. 雑誌名  a i i i i i i i i i i i i i i i i i i	. 雑誌名	6.最初と最後の頁
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apt.2021.02.014  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  1. 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2. 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3. 雑誌名  a i i i i i i i i i i i i i i i i i i	Advanced Powder Technology	1070 ~ 1080
10.1016/j.apt.2021.02.014 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 -  1.著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2.論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3.雑誌名  6.最初と最後の頁		10.0
10.1016/j.apt.2021.02.014 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 -  1.著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2.論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3.雑誌名  6.最初と最後の頁		
10.1016/j.apt.2021.02.014 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 -  1.著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2.論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3.雑誌名  6.最初と最後の頁	<b>製造みのDOL / デックリナイン・カー 禁ロフン</b>	木柱の左伽
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 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
** A - プンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - ***  1 . 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  4 . 巻 60  5 . 発行年 2021年	10.1016/j.apt.2021.02.014	有
** A - プンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - ***  1 . 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  4 . 巻 60  5 . 発行年 2021年		
** A - プンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 - ***  1 . 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  4 . 巻 60  5 . 発行年 2021年	·ープンアクセス	国際共著
1 . 著者名 Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  4 . 巻 60  5 . 発行年 2021年		_
Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  60  5 . 発行年 2021年	コープランプ これではない 人間の フラブラ これは 四大田	1
Yabushita Mizuho、Yoshida Motohiro、Osuga Ryota、Muto Fumiya、Iguchi Shoji、Yasuda Shuhei、Neya Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  60  5 . 発行年 2021年	****	4 34
Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁		
Atsushi、Horie Mami、Maki Sachiko、Kanie Kiyoshi、Yamanaka Ichiro、Yokoi Toshiyuki、Muramatsu Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁		
Atsushi  2 . 論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  5 . 発行年 2021年 6 . 最初と最後の頁		
2.論文標題 Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3.雑誌名 5.発行年 2021年 6.最初と最後の頁		
Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  6 . 最初と最後の頁		
Mechanochemical Route for Preparation of MFI-Type Zeolites Containing Highly Dispersed and Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane  3 . 雑誌名  6 . 最初と最後の頁	<b>绘</b> 文/   種籍	5
Small Ce Species and Catalytic Application to Low-Temperature Oxidative Coupling of Methane 3 . 雑誌名 6 . 最初と最後の頁		
3.雑誌名 6.最初と最後の頁		2021年
	.雑誌名	6 . 最初と最後の頁
1, 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3 1 3		
	The state of the s	1
担耕給ウのDOI / ごごカリナブご- クト毎回フ)	郵給ウのDOI / デジカルオブジェクト240円フト	本芸の右無
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 査読の有無		
10.1021/acs.iecr.1c01664                          有	10.1021/acs.iecr.1c01664	有
オープンアクセス 国際共著	ープンアクセス	国際共著
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 -		_

1 . 著者名	4.巻
Qin Feiyu、Wang Yong、Lu Yao、Osuga Ryota、Gies Hermann、Kondo Junko N.、Yokoi Toshiyuki	323
2.論文標題 Synthesis of novel aluminoborosilicate isomorphous to zeolite TUN and its acidic and catalytic properties	5.発行年 2021年
3.雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials	6.最初と最後の頁 111237~111237
掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子)	査読の有無
10.1016/j.micromeso.2021.111237	有
オープンアクセス	国際共著
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	該当する

1 . 発表者名

横井俊之

2 . 発表標題

ゼオライト触媒プロセスの最前線:活性点の位置・状態制御と触媒性能

3 . 学会等名

第16回 触媒劣化セミナー(招待講演)

4 . 発表年 2023年

1.発表者名 横井俊之

2.発表標題

ゼオライト触媒による化学品製造プロセスの脱炭素化

3 . 学会等名

第32回「規則性多孔体研究会」セミナー(招待講演)

4.発表年

2023年

1.発表者名 横井俊之

2 . 発表標題

A new class of zeolite catalyst with location and state of active sites controlled

3 . 学会等名

9th TOCAT (招待講演) (国際学会)

4.発表年

2022年

ſ	図書]	計0件

# 〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6.研究組織

0	. 丗光紐織		
	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
	中坂 佑太	北海道大学・工学研究院・准教授	
研究分担者	(Nakasaka Yuta)		
	(30629548)	(10101)	
	尾澤 伸樹	東北大学・未来科学技術共同研究センター・特任准教授	
研究分担者			
	(60437366)	(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2件

【凹际则九朱云】	RIZIT	
国際研究集会		開催年
International	Symposium on Porous Materials 2022	2022年~2022年
国際研究集会		開催年
International	Symposium on Porous Materials 2021	2021年~2021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
---------	---------