

令和 5 年 5 月 18 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K15090

研究課題名（和文）水熱合成法および二次元材料を駆使したゼオライトの構造設計と触媒特性制御

研究課題名（英文）Design of structure and catalytic property of zeolite utilizing hydrothermal synthesis technique and two-dimensional materials

研究代表者

津野地 直 (Tsunoji, Nao)

広島大学・先進理工系科学研究科(工)・助教

研究者番号：40758166

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：ゼオライトは、そのナノレベルの結晶性規則構造に基づいた機能により、工業触媒としての地位を確立している。しかし、その合成は場当たりのトライアンドエラーおよび経験則に基づいており、その構造を原子レベルで設計すること、さらにはその設計に基づいて触媒機能を制御することはいまだ困難である。本研究では、申請者が独自に開発した水熱合成法と二次元構造を持つ新規材料を活用することで、ゼオライトの構造設計を試み、多角的な構造解析結果と組み合わせることで、新規なゼオライトの触媒特性を開拓する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ゼオライトは、長年工業材料として用いられてきた重要な材料である。しかしながらその合成過程は極めて複雑であり、いまだに所望される機能を狙って得ることは困難である。そのため、本研究において得られた、ゼオライトの新規合成手法、多角的な構造解析によって得られた構造情報、ならびに得られたゼオライトの触媒特性が紐づけられた研究成果は、将来的に構築される化学プロセスや材料合成に貢献し得る重要な基礎知見となる。

研究成果の概要（英文）：Zeolite has been used as an industrial catalyst due to its nano-level crystalline ordered structure. However, its synthesis is based on trial-and-error, and it is still difficult to design its structure at the atomic level. Furthermore, to control its catalytic function based on the material design is also quite difficult. In this research, by utilizing a hydrothermal synthesis method and a new material with a two-dimensional structure, we attempted to design a zeolite structure, and combined it with multifaceted structural analysis results, to explore the catalytic properties of novel zeolites.

研究分野：無機工業材料

キーワード：ゼオライト 層状ケイ酸塩 ゼオライトナノシート 固体酸触媒 有機構造規定剤 ゼオライト水熱転換 リン修飾 水熱合成

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、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ゼオライトはそのナノレベルの規則的な結晶構造からもたらされる“分子ふるい作用”、“イオン交換能”、“固体酸性質”によって、工業材料として古くから用いられてきた。現在までに、その触媒機能制御のために、特にその合成に多大な労力が割かれている。例えば、細孔・チャネル・キャピティのサイズや連結性、骨格構造や組成の制御、ゼオライト骨格への異種金属 (Ti, Fe, Sn 等) 同型置換、電荷保障による配位不飽和金属種の導入により、その分子オーダーの規則構造の中で、特異な酸 (塩基) 酸化・還元能力を示す孤立触媒活性種を形成できる。しかし、水熱的に行われるゼオライト合成は、同一の合成原料・組成からでも水熱処理前の室温攪拌 (エージング) 条件の変化だけで異なる結晶構造のゼオライトが得られるなど、不明な部分が多い。

2. 研究の目的

本研究の目的は「独自開発した水熱合成法や二次元材料を活用しゼオライト構造設計と触媒特性を制御」することである。我々は、すでに、ゼオライトの合成過程で生じる中間体の制御、細孔内へのリン修飾法の開発、ゼオライトと類似構造を持った層状ケイ酸塩に着目した材料設計、新規ゼオライトナノシートの合成を手掛けており、意図的にゼオライト構造を設計し得る手法を得ている。本研究では、これら手法でゼオライトの合成を検討し、得られたゼオライトに対して、多角的な構造解析、理論計算、ならびに種々の触媒特性解析等を組み合わせ、独自合成技術を用いたゼオライト合成および関連する触媒の開発を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

特異な出発原料を用いた合成過程の任意制御

我々は、ゼオライトをゼオライト合成の原料とするゼオライト水熱転換法を用いることで、出発ゼオライトの分解によって生じる特異なアルミノシリケートオリゴマーが優れた合成結果 (高い結晶性、迅速な結晶化) をもたらすことを見出している。一般的には、本ゼオライト水熱転換に原料として用いられるゼオライトは、水熱合成過程で分解される必要があり、脱 Al 処理した高 Si/Al 比のゼオライトが用いられる。一方で、著しく低い Si/Al 比または高い Si/Al 比領域では、適切な合成中間体が原料ゼオライトから提供されず、結果的に得られるゼオライトの組成範囲が狭くなってしまふ。本研究項目では、このゼオライト水熱転換における適用組成範囲の拡大を目的として、追加の Al 源添加を検討し、CHA ゼオライトの合成系において、幅広い組成範囲でゼオライトナノ結晶の迅速かつ高収率な合成に成功した。

リン含有 OSDA による細孔内リン修飾分布制御

我々は、ゼオライト合成に用いられる細孔の鑄型、有機構造規定剤 (OSDA)、としてアルキルホスホニウムを用いることで、その酸化・分解を経由して、細孔径の小さなゼオライトへの P 修飾を達成し、触媒活性・耐久性の向上に成功している。本課題では、P 含有 OSDA と N 含有 OSDA を併用し、それぞれの分子構造の組み合わせを様々に検討することで、下記に示すような研究を行った。

- 1 AFX/CHA 連晶構造に対するリン修飾
- 2 P-OSDA 含浸 FAU ゼオライトを原料とした P 修飾 AFX ゼオライトの合成
- 3 Multiple templating による AFX ゼオライト内の修飾リン分布の制御
- 4 リン修飾 CHA ゼオライトの合成と Methanol to olefin 反応への応用

新規ゼオライトナノシートの触媒特性制御

現在、既存研究と比較して極めて簡易な構造を持つ鑄型を用い、新規なゼオライトナノシートを得ることに成功している。本研究課題ではこのゼオライトナノシートの合成系において、その合成過程の調査、得られたナノシートの構造解析ならびに触媒応用を検討した。

4. 研究成果

特異な出発原料を用いた合成過程の任意制御

図 1 には、高 Si/Al 比の FAU ゼオライトおよび追加添加を行った Al 源を組み合わせた出発原料を用いて得られた CHA ゼオライトの SEM 像を示す。一般的な非晶質原料を用いた合成、既存のゼオライト水熱転換法、低 Si/Al 比のゼオライトとシリカ原料を組み合わせた合成法と本合成法の比較を行った。その結果、追加 Al 源の添加によって、既存手法と比較して幅広い Si/Al 比範囲で CHA ゼオライトが得られ、かつ SEM 像から明らかなようにその粒子径は小さくナノ結晶化していた。さらに、得られたゼオライトの収率は、Al 添加を行

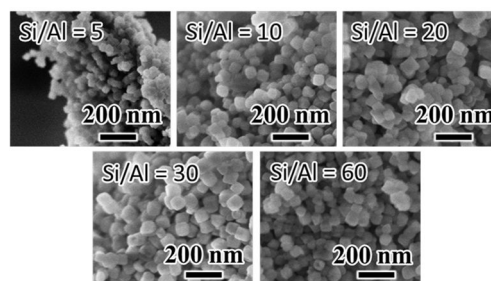


図 1 CHA ゼオライトの SEM 像

った系が最も高く、CHA の形成に極めて適した合成系が構築されていることが示唆された。本合成系の形成メカニズム調査を目的とし、異なる合成時間で水熱合成を行い、得られた固相および液相の生成物を詳細に調査した。合成の初期段階では、高 Si/Al 比のゼオライトは迅速に分解し、液相でオリゴマー成分となり、追加添加した Al 源は固相に残存していた。その後、添加した種結晶が核となり結晶成長がその界面で進行し、固相成分が Al 源、液相成分が Si 源として働くことで、迅速な結晶成長が進行することが明らかとなった。

-1 AFX/CHA 連晶構造に対するリン修飾

同様の（二次元）構造ユニットを持ちその積層規則が異なるドメインが連続的につながった結晶を連晶とよぶ。ゼオライトにおいて、この連晶構造はその積層の組み合わせに応じた細孔構造の多様性をもたらすことから、注目されている。本研究では、この連晶構造に対して、リン修飾を試みた。手法としては、AFX および CHA 骨格を形成する

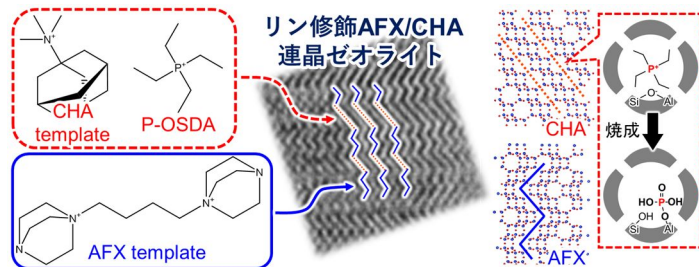


図2 リン修飾連晶ゼオライトの合成イメージ

鋳型である、N 含有 OSDA と CHA へのリン修飾が可能なアルキルホスホニウムという3成分の有機鋳型を併用した合成を行った。³¹P NMR から図2右に示すように、焼成によって導入されたアルキルホスホニウムの分解および酸化が進行し、細孔中へのリン収束が確認された。さらに、鋳型成分の元素分析結果および結晶構造解析による連晶中の各結晶成分の割合から、図2に示すようにリン修飾はCHA相に対して進行していることが示唆された。

-2 P-OSDA 含侵 FAU ゼオライトを原料としたP修飾AFXゼオライトの合成

P-OSDA を用いたリン修飾は、一般的なゼオライト合成に用いる OSDA と同様、得られる結晶内に導入される量よりも多くの P-OSDA の添加が必要である。本課題では出発ゼオライトである FAU にあらかじめ P-OSDA を含侵することで効果的に得られるゼオライトへ導入が進み、結果的にその使用量を低減できると期待した。含侵する P-OSDA の量を検討するとともに、含侵を行っていない FAU ゼオライトもシリカ・アルミナ原料として併用し、合成を行った。結果として、AFX ゼオライトを単相で結晶化することに成功し、添加した P-OSDA と Al の比が 0.90 の条件下において、得られたゼオライトの P/Al 比は最大で 0.02 であった。既存の合成系における P-OSDA/Al 比は 4.5 程度であるため、リン修飾 AFX ゼオライトの合成において大幅に使用 P-OSDA の低減を行えていることがわかる。また、得られたゼオライトの固体 NMR 結果および窒素ガス吸着測定結果より、すべての Si, Al 元素がゼオライト骨格中に存在していること、リン修飾が進行していること、リン修飾後もサンプルは優れた多孔性を示すことが確認された。

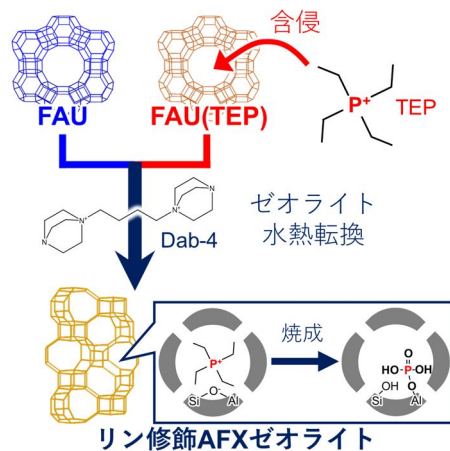


図3 リン修飾AFXゼオライトの合成イメージ

-3 Multiple templating による AFX ゼオライト内の修飾リン分布の制御

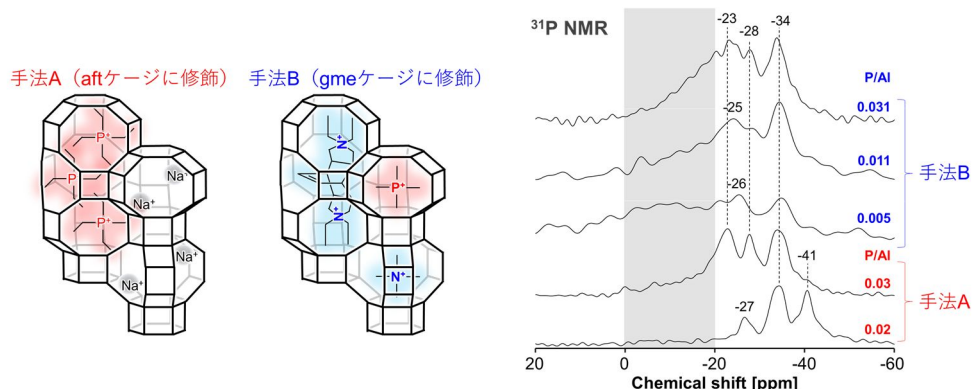


図4 (左) AFX ゼオライトへのリン修飾イメージ、(右) ³¹P NMR スペクトル

AFX ゼオライトは異なる大きさのケージを有するゼオライトであり、長いケージである aft ケージと小さな球状のケージである gme ケージから構成される。本研究では、用いる P-OSDA の大きさを変更することで、これらケージへの選択的な P-OSDA の導入を検討するとともに、それぞれのケージのサイズ的な制約によって、修飾されるリン種の構造分布の制御を試みた。つまり、比較的分子径の大きな P-OSDA を用いて aft ケージへの就職を試みた場合、修飾リン種同士が結どうした、化学種が優先的に生成する一方で、gme ケージへの修飾ではリン種同士の縮合が制限されると予想した。P-OSDA 以外のカチオン主として、ナトリウム、テトラメチルアンモニウム、嵩高く剛直なジ 4 級アンモニウムを用い、それぞれのケージへの占有を制御した。さらに、aft および gme ケージのサイズから、それぞれテトラエチルホスホニウムおよびテトラメチルホスホニウムカチオンを P-OSDA として選択し、手法 A、B とした。図 4 右にはそれぞれの手法で得られたゼオライトの P NMR 測定結果を示す。同等の P 修飾度 (P/Al 比) でありながら、手法によって、得られたリン種の化学状態は異なっていた。手法 A では、-20 ~ -40ppm に高縮合度のリン種に帰属されるピークが観察されたが、手法 B では該当化学種に加えて、0 ~ 20ppm にシオルダーピークが出現した。これらのピークは縮合度の低いモノマーのリン種などに帰属され、このことから、予想した通り、異なるサイズを持つケージ内でリン修飾を行うことによって、ゼオライト内部のリン修飾分布を制御可能であることが明らかとなった。

-4 リン修飾 CHA ゼオライトの合成と Methanol to olefin 反応への応用

細孔径の小さな小細孔ゼオライトはメタノールからエチレン、プロピレンなどの低級オレフィンを精製する MTO 触媒として有益である。しかしながら、その細孔径の小ささから反応の系かと共に炭素質の析出が進行し、触媒失活が苛烈に進行する。様々な手法によって、この炭素質析出を抑える検討がなされており、例えば、ゼオライトの Si/Al 比の制御、粒子形態の制御などが例として挙げられる。リン修飾は、細孔径の大きな中細孔以上のゼオライトに対して、その触媒耐久性を向上させる手段として知られている。また、リン修飾によって、ゼオライト本来の強酸点の酸強度を抑えることができ、それによって、炭化水素の析出を抑制可能であるという報告もなされている。一方で、細孔径の小さな小細孔背負いにおいては、細孔径より修飾リン種の方が大きく拡散が困難なため、一般的な含浸法では、そのリン修飾ならびにそのリン修飾が MTO 反応に与える影響を調査することは困難であった。そこで本研究では、P-OSDA を用いて小細孔ゼオライトであるリン修飾 CHA ゼオライトを合成し、その MTO はおける性能を評価した。図 5 には、リン修飾および未修飾ゼオライトにおいて、MTO 反応におけるメタノール転化率および生成物選択率の時間推移を示す。いずれのゼオライトも 20 ~ 40 C-%のエチレン選択性、30 ~ 40 C-%のプロピレン選択性を示し、その細孔構造に依存した高い低級オレフィン選択性が確認された。さらにリン修飾によって、触媒寿命の明確な延長が確認された。リン未修飾の場合、反応時間 4 時間でメタノール転化率は 50%以下となったが、リン修飾を行うことで、6 時間においても 50%以上の転換率を維持した。反応後の触媒の炭素質成分の構造解析を TG-DTA および NMR によって行ったところ、リン修飾を行った触媒においては、炭素質の芳香族化が抑制されていることが判明した。また、触媒のアンモニア TPD 測定から、リン修飾を行った触媒において、強酸点に由来するピーク強度の減少が確認されたことから、この炭化水素オリゴマー化の抑制は、リン修飾によってもたらされた比較的弱い酸性質によるものと考えられた。

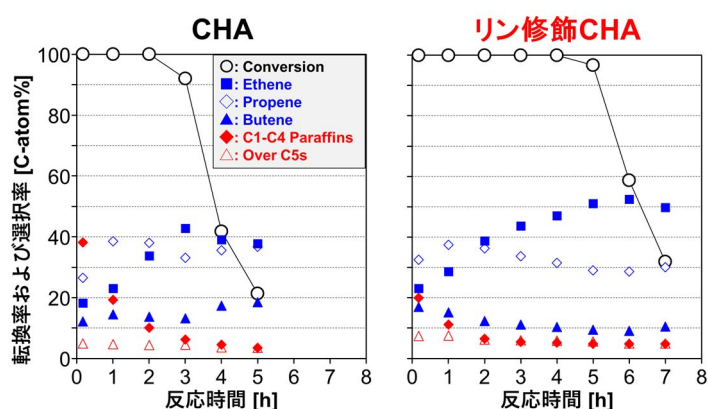


図 5 リン修飾および未修飾 CHA ゼオライトのメタノール転換反応

新規ゼオライトナノシートの触媒特性制御

比較的小さなサイズのアルキルアンモニウムを用いゼオライトナノシートの合成に成功した。得られたゼオライトナノシートに対して、TEM、XRD、Ar ガス吸着、リートベルト構造解析、固体 NMR を行うとともに、サンプル中の鋳型の状態を各種分光分析と DFT 計算を組み合わせで想定し、その役割を考察した。さらに、得られたゼオライトナノシートを嵩高い炭化水素のクラッキングならびにバイオマス由来化合物の変換に応用し、既存のゼオライトナノシート、Al 含有メソポーラスシリカ、細孔径の大きい既存ゼオライト等とその性能を比較したところ、それらより数段優れた触媒性能を発揮することが確認された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tsunoji Nao, Tsuchiya Kazuyoshi, Nakazawa Naoto, Inagaki Satoshi, Kubota Yoshihiro, Nishitoba Toshiki, Yokoi Toshiyuki, Ohnishi Takeshi, Ogura Masaru, Sadakane Masahiro, Sano Tsuneji	4. 巻 321
2. 論文標題 Multiple templating strategy for the control of aluminum and phosphorus distributions in AFX zeolite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials	6. 最初と最後の頁 111124 ~ 111124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2021.111124	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 Tsunoji Nao, Osuga Ryota, Yasumoto Masumi, Yokoi Toshiyuki	4. 巻 620
2. 論文標題 Controlling hydrocarbon oligomerization in phosphorus-modified CHA zeolite for a long-lived methanol-to-olefin catalyst	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Catalysis A: General	6. 最初と最後の頁 118176 ~ 118176
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcata.2021.118176	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 Tsunoji Nao, Gies Hermann, Funase Natsumi, Kolb Ute, Yokoi Toshiyuki, Sadakane Masahiro, Sano Tsuneji	4. 巻 51
2. 論文標題 Dual Templating for AFX/LEV Intergrowth Zeolite	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 121 ~ 123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.210605	査読の有無 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	国際共著 -

1. 著者名 Tanigawa Takuya, Tsunoji Nao, Sadakane Masahiro, Sano Tsuneji	4. 巻 49
2. 論文標題 High-quality synthesis of a nanosized CHA zeolite by a combination of a starting FAU zeolite and aluminum sources	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 9972 ~ 9982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/D0DT01013H	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 Tsuchiya Kazuyoshi, Tsunoji Nao, Sasaki Yukichi, Uemura Masaki, Onishi Misae, Sadakane Masahiro, Sano Tsuneji	4. 巻 309
2. 論文標題 Triple-template system for phosphorus-modified AFX/CHA intergrowth zeolite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Microporous and Mesoporous Materials	6. 最初と最後の頁 110540 ~ 110540
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.micromeso.2020.110540	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 Kubota Hiroe, Liu Chong, Amada Takehiro, Kon Kenichi, Toyao Takashi, Maeno Zen, Ueda Kakuya, Satsuma Atsushi, Tsunoji Nao, Sano Tsuneji, Shimizu Kenichi	4. 巻 -
2. 論文標題 In situ/operando spectroscopic studies on NH3-SCR reactions catalyzed by a phosphorus-modified Cu-CHA zeolite	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Catalysis Today	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.cattod.2020.07.084	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 Onishi Misae, Tsunoji Nao, Sadakane Masahiro, Sano Tsuneji	4. 巻 94
2. 論文標題 Synthesis of Phosphorus-Modified AFX Zeolite by the Hydrothermal Conversion of Tetraalkylphosphonium Hydroxide-Impregnated FAU Zeolite	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1~7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20200224	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 Ogura Masaru, Shimada Yumiko, Ohnishi Takeshi, Nakazawa Naoto, Kubota Yoshihiro, Yokoi Toshiyuki, Ehara Masahiro, Shimizu Kenichi, Tsunoji Nao	4. 巻 11
2. 論文標題 AFX Zeolite for Use as a Support of NH3-SCR Catalyst Mining through AICE Joint Research Project of Industries-Academia-Academia	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 163 ~ 163
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal11020163	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 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Nao Tsunoji, Daigo Shimono, Kazuyoshi Tsuchiya, Masahiro Sadakane, Tsuneji Sano
2. 発表標題 Formation pathway of AEI zeolites as a basis for a streamlined synthesis
3. 学会等名 The 8th Federation of European Zeolite Association (FEZA) Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nao Tsunoji, Yutaro Kakiuchi, Masahiro Sadakane, Tsuneji Sano
2. 発表標題 Phosphorus modification into various small-pore zeolites for improvement of catalytic durability in ethanol conversion and NH ₃ -SCR reactions
3. 学会等名 The 8th Federation of European Zeolite Association (FEZA) Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nao Tsunoji, Hidechika Nishida, Masahiro Sadakane, Tsuneji Sano
2. 発表標題 Efficient photocatalytic activation of C-H bonds by spatial control of heteroatoms on the layered silicate
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021, Inorganic Oxide and Hydroxide Nanosheets: Toolkits for Structurally and Functionally Designed Nanomaterials (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nao Tsunoji, Daigo Shimono, Masahiro Sadakane, Tsuneji Sano
2. 発表標題 Streamlined synthesis of AEI zeolite based on its formation pathway
3. 学会等名 The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021, Porous Materials: Synthesis, Characterization, and Utilization (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津野地直
2. 発表標題 ESI-MSおよびNMRによるゼオライト形成過程の調査
3. 学会等名 日本化学会 第102春季年会(2022) 特別企画 低次元材料がもたらす電子・光機能(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 津野地直、大須賀遼太、横井俊之、
2. 発表標題 リン修飾CHA ゼオライトによる炭化水素オリゴマー化の制御とMTO 反応における触媒寿命の延長
3. 学会等名 石油学会 第63会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津野地直
2. 発表標題 新規層状ケイ酸塩HUSの合成と光触媒前駆体としての利用
3. 学会等名 第64回粘土科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津野地直、大須賀遼太、横井俊之
2. 発表標題 リン修飾CHAゼオライト上でのMTO反応におけるオリゴマー化制御と触媒寿命の延長
3. 学会等名 第128回触媒討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大坪克将、津野地直、湊拓生、定金正洋
2. 発表標題 有機構造規定剤の使用量を低減したCHAゼオライトの合成
3. 学会等名 第37回ゼオライト研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北川翼、津野地直、湊拓生、定金正洋
2. 発表標題 種結晶存在下でのゼオライト水熱転換法によるMFIゼオライトナノ結晶の低コスト合成
3. 学会等名 第37回ゼオライト研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上村真己、津野地直、定金正洋、
2. 発表標題 過酷な条件下での高結晶性BEAゼオライトの合成とhydrocarbon trapへの応用
3. 学会等名 第37回ゼオライト研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森壮平、津野地直、定金正洋
2. 発表標題 FERゼオライトナノシートの生成メカニズムの調査
3. 学会等名 第37回ゼオライト研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津野地 直、定金 正洋、佐野 庸治
2. 発表標題 出発ゼオライトとアルミニウム原料の組み合わせによるCHAゼオライトナノ結晶の効果的合成
3. 学会等名 第126回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 北川翼、津野地直、定金正洋
2. 発表標題 有機構造規定剤無添加条件におけるMFIゼオライトナノ結晶の合成
3. 学会等名 第127回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上村真己、津野地直、定金正洋
2. 発表標題 BEAゼオライトの合成条件検討と炭化水素吸脱着特性評価
3. 学会等名 第127回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大坪克将、津野地直、定金正洋
2. 発表標題 AEIおよびCHAゼオライトの合成条件検討と物性制御
3. 学会等名 127回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森壮平、小口稔明、可愛川和希、津野地直、定金正洋
2. 発表標題 FER型ゼオライトナノシートの合成条件最適化と生成メカニズムの調査
3. 学会等名 第127回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 津野地直、大須賀遼太、横井俊之
2. 発表標題 リン修飾 CHAゼオライトによる MTO反応の触媒寿命延長
3. 学会等名 日本化学会 第101回春季年会 (2021)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://catalche.hiroshima-u.ac.jp/index.html https://publons.com/researcher/1758510/nao-tsunoji/ https://scholar.google.com/citations?hl=en&user=-e7kMvsAAAAJ

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