

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16H04568

研究課題名(和文) 重質油のスマート変換のための脱アルキル化プロセスの開発

研究課題名(英文) Development of dealkylation process for smart conversion of heavy oils

研究代表者

片田 直伸 (KATADA, Naonobu)

鳥取大学・工学研究科・教授

研究者番号：00243379

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：細孔径が6 nm以上のアルミナ担持シリカモノレイヤー触媒(Si表面密度8 nm⁻²)は最適化された条件では減圧軽油中の2環以上のアルキル芳香族のほぼ100%からC3以上の長さの側鎖を全て除去することがわかった。芳香族と脂肪族の液相分離も可能で、分離速度因子を明らかにした。ナフタレンからテトラリンへの部分水素化に対しては、分散型(モリブドリン酸由来)酸化モリブデンモノレイヤーによってナフタレンの100%を99%の選択率でテトラリンへ転換された。テトラリンの分解にはモリブデン添加*BEAゼオライトが95%のテトラリン転化率、85%のLPG・アルキルベンゼンを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

[1]重質油中のアルキル多環芳香族を脱アルキル化し、[2]脂肪族と芳香族を分離し、[3]ナフタレンをテトラリンに転換し、[4]有用なベンゼン誘導体に転換することを試みた。[1]では有用成分を損なわないこと、分離の障害となる成分を残さないことが必要で、新規なシリカモノレイヤー触媒によって実現した。[2]では課題が速度にあることと対策を示した。[3]、[4]にも新規触媒を見出し、高い効率を実証した。

研究成果の概要(英文)：Alumina-supported silica monolayer catalyst with pore diameter > 6 nm (Si surface density of 8 nm⁻²) dealkylated to remove all the alkyl chains with >C3 length from approximately 100% of alkyl aromatics with two or more rings in practical vacuum gas oil under the optimized conditions. Liquid phase separation of aromatics and aliphatics was enabled, and parameters in the kinetics of separation, which controlled the performance, were clarified. For partial hydrogenation of naphthalene into tetralin, 100% of naphthalene was converted into tetralin with a 99% selectivity on a dispersed molybdenum oxide monolayer catalyst, derived from phosphomolybdic acid). For the decomposition of tetralin, molybdenum-added *BEA zeolite showed a tetralin conversion of 95% and selectivity into LPG / alkylbenzene of 85%.

研究分野：固体触媒化学

キーワード：重質油 固体触媒 シリカモノレイヤー ゼオライト 芳香族

1. 研究開始当初の背景

現在、アルキル多環芳香族を含む重質炭化水素は流動接触分解 (FCC) や水素化分解によって軽質成分へ変換されている。FCC はガソリン留分や化成品原料を主に製造するプロセスであるため、選択的に灯油・軽油留分を生産することは困難である。一方、水素化分解は軽油、灯油留分を製造するプロセスであるが、今後非在来型の原油まで利用が拡大した場合、水素化されにくい多環芳香族が増える可能性がある。その対処には大量の水素化触媒と水素消費が伴うことが予想される。また、含硫黄多環芳香族が増加することも考えられ、脱硫技術の改良を伴う可能性もある。我々はアルキル多環芳香族を長鎖のままのアルカンと側鎖のない多環芳香族に脱アルキル化する技術をすでに見出している。この方法ではアルミナ上にシリカを被覆した固体酸触媒 (シリカモノレイヤー触媒) を用いる。もし減圧軽油 (VGO) のアルキル多環芳香族を脱アルキル化し、多環芳香族を部分水素化し開環してベンゼン誘導体を製造できれば、生成した長鎖アルカンとベンゼン誘導体はそれぞれディーゼルの燃料と化成品原料のベンゼン誘導体へ変換することができる。本研究では、従来プロセスより水素消費量を抑え、重質油から長鎖アルカンとベンゼン誘導体を製造するプロセスを実現することである。

2. 研究の目的

本研究でキーとなるのは、常圧残渣中で多くの割合を占める VGO 中のアルキル多環芳香族を脱アルキル化反応で「長鎖アルカン」と「側鎖のない多環芳香族」へ変換するプロセスである。長鎖アルカンはディーゼル燃料として利用し、多環芳香族は部分水素化でテトラリン誘導体へ変換し、さらに開環によりベンゼン誘導体を製造し化成品原料やガソリンとして利用する。塩基性物質を除去した後の VGO 中のアルキル多環芳香族をシリカモノレイヤー触媒により脱アルキル化して長鎖アルカンと多環芳香族へ効率よく転換する。さらに多環芳香族をベンゼン誘導体へ転換するプロセスを開発することで有用化成品原料の製造に繋げる。

3. 研究の方法

(1) 共通条件

【VGO 溶液の調製】重量比で中東産 VGO : ベンゼン : ヘキサデシルナフタレン (HDN) 異性体混合物 (Synnestic 5, Exxon Mobil) = 1.0 : 1.0 : 0.11 になるように混合し、Amberlyst-15 DRY を 353 K で一晩乾燥させた後、VGO 溶液に対して重量比で 10 wt% 混合、攪拌した後濾過した。

(2) アルキル多環芳香族の脱アルキル化

【触媒調製】アルミナ上に 593 K で $\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$ の化学蒸着を行い、目的蒸着量に到達したところで O_2 中 673 K で 24 h 焼成し、Si 表面密度 = $5.72\text{--}10.8\text{ nm}^{-2}$ のシリカモノレイヤー触媒を得た。

【触媒反応】固定床流通反応装置にシリカモノレイヤー触媒を 0.105–0.210 g を入れ、水素前処理後、水素 1 MPa、723 K で反応溶液を 1.2 g h^{-1} で供給した。

(3) ナフタレンの部分水素化

【触媒調製】イオン交換水 50 mL に Mo 前駆体として $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O} (n \approx 30)$ または $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を所定量溶解させた溶液へ触媒担体である $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ (JRC-ALO-6, 触媒学会) 0.5 g を加え含浸担持した。70°C 蒸発乾固後、110°C で一晩乾燥させ、マッフル炉内 500°C で 4 時間焼成した。

【触媒反応】固定床流通反応装置に触媒を 0.05 g を入れ、水素前処理後、全圧 4.0 MPa、573 K でナフタレンと *n*-デカンの混合溶液をそれぞれ 0.62 と 10.7 mmol h^{-1} で、水素 134 mmol h^{-1} と共に流通させた。

(4) テトラリン変換反応

【触媒調製】イオン交換水に金属前駆体として Ni, Co, Fe の硝酸塩または $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を所定量溶解させた溶液へ触媒担体である *BEA ゼオライト (Si/Al₂ = 28, H 型) を加え含浸担持した。70°C 蒸発乾固後、110°C で一晩乾燥させ、マッフル炉内 500°C で 4 時間焼成した。

【触媒反応】固定床流通反応装置に触媒を 0.20 g を入れ、水素前処理後、全圧 4.0 MPa、623 K でテトラリンを 16.6 mmol h^{-1} で、水素 134 mmol h^{-1} と共に流通させた。

4. 研究成果

(1) アルキル多環芳香族の脱アルキル化

① シリカモノレイヤー触媒の細孔直径の影響

細孔直径が異なるアルミナ担体にシリカを蒸着した。以降、サンプル名称はメソ細孔直径最頻値を用いて表す (SMA-“メソ細孔直径最頻値”と表記)。Bronsted 酸点の数や強度に差はほとんどないことがわかった。図 1 に反応指標剤のヘキサデシルナフタレン (HDN) の転化率と 2-4 環アルキル芳香族の回収量を示す。HDN 転化率は SMA-6.2 においてわずかに高かったが、その他はほぼ同じ活性と劣化挙動を示した。2-4 環アルキル芳香族は反応前には 32% が含まれ、反応で減少していればそれらが脱アルキル化されたことを示す。分析精度のため図の通りプロットにバラツキがみられる。平均値をとり比較すると、SMA-6.2 は回収量が 13% に対して、他の触媒は

14%とわずかな差がみられた。このとき、C10以上のアルカンはVGO中には59%含有されていた。すべての触媒は64-67%の回収量で差はなかった。C5-9のアルカンはVGO中に含まれていなかったが、SMA-6.2では他の触媒よりわずかに多かった。以上の結果から、細孔直径6.2nmでは脱アルキル化と過分解の活性がわずかに高く、比較的小さい細孔内で反応が進行しやすい分子が濃縮された効果により反応を促進した可能性がある。しかし、他の細孔直径の触媒との活性の差はわずかであることから、細孔直径が活性に及ぼす影響は小さい。

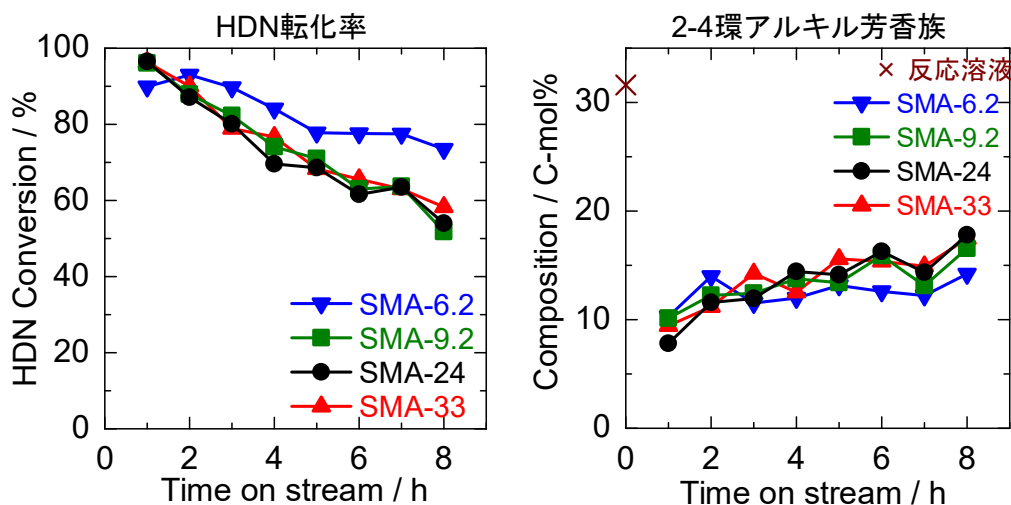


図1 異なる担体のシリカモノレイヤー触媒のアルキル多環芳香族の脱アルキル化活性

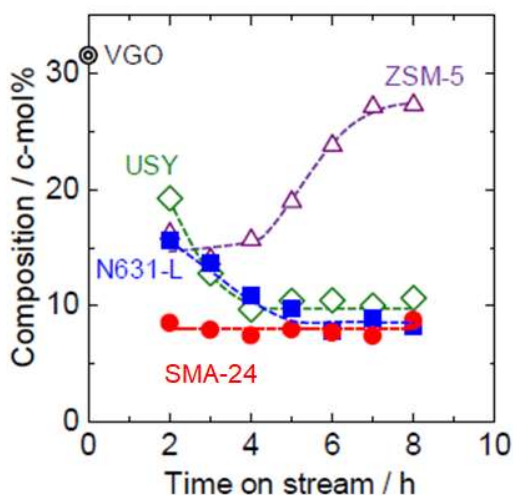
② シリカモノレイヤー触媒のシリカ蒸着量の影響

シリカ蒸着量が異なるシリカモノレイヤー触媒の細孔特性と酸性質には差はほとんどなかった。触媒活性は反応初期には同程度であるが、劣化速度が異なり、8.33-9.37 nm²において高活性を維持していた。5.72-9.37 nm²においてアルキル多環芳香族の回収量が少なく、脱アルキル化活性が高いこともわかった。5.72-9.37 nm²ではC10-20アルカン平均回収量が23%に対して、10.8 nm²ではそれより低く、経時的に減少した。以上の結果から、担体アルミナ上を一層のシリカが完全に覆っているSi表面密度8.33-9.37 nm²という範囲において高い活性と選択性を示すことがわかった。

③ 種々の固体酸触媒による脱アルキル化

図2にVGO中のアルキル多環芳香族の脱アルキル化を種々の固体酸触媒を用いて行ったときのアルキル多環芳香族の回収量を示す。これは回収した液体と気体の合計量の中でアルキル多環芳香族が占める割合をc-mol%で表している。反応前のVGO中には32%のアルキル多環芳香族が含まれているが、SMA-24では約8%まで減少して脱アルキル化が進行していることを示している。USYゼオライトとN631-L(アモルファスシリカアルミナ)は初期にアルキル多環芳香族が多く、徐々に減少した。これは反応初期にはVGO中のアルカンがクラッキングして副生したアルキル多環芳香族が含まれていると考えられる。ZSM-5は初期においてアルキル多環芳香族が少ないが、触媒劣化により徐々に増加した。SMA-24で生成していたアルキル多環芳香族のアルキル鎖の炭素数を分析した。二環芳香族は反応前に炭素数5以上のアルキル鎖を有していたが、反応後には炭素数5以上はほぼなく、大部分が炭素数4以下だった。三環芳香族も同様で反応前に存在していた炭素数7以上のアルキル基は減少して炭素数4以下のものが残存していた。以上の結果からアルキル多環芳香族は長鎖の場合には脱アルキ

Alkyl polyaromatic hydrocarbons



The dealkylation of APAHs in fed VGO at 723 K and LHSV = 5.7 g_{VGO} g_{cat}⁻¹ h⁻¹. Double circle means the amount of APAHs in the original (fed) VGO.

図2 種々の触媒上でのアルキル多環芳香族の回収量の変化。

ル化でき、それらは反応後にはほぼ残存していなかった。しかし、メチル基やエチル基はカチオン中間体の安定性が低いことから脱アルキル化しにくいと考えられる。よって、SMA-24では本質的に脱アルキル化が可能なアルキル多環芳香族は残存していないと言える。

(2) ナフタレンの部分水素化

ナフタレンの部分水素化を行うためにモリブデンをアルミナ上に担持した触媒を調製した。Mo 前駆体として $\text{H}_3\text{PMo}_{12}\text{O}_{40} \cdot n\text{H}_2\text{O} (n \approx 30)$ または $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を用いて調製した触媒をそれぞれ hPMo と aMo と表記する。合成した触媒を粉末 X 線回折と Raman 分光で測定した結果、いずれも Mo 前駆体の構造は崩壊して担体表面上に MoO_x モノレイヤーとして存在することがわかった (図 3)。また、hPMo では表面密度 5 nm^{-2} 以下ではリン酸化合物が存在するため MoO_x は凝集せず表面上を分散して覆っていると考えられる。しかし、担持量が増えると MoO_3 の凝集体が形成される。一方、aMo では表面密度 5 nm^{-2} 以下でも MoO_3 の凝集体が存在し、担持量が増えると MoO_3 や $\text{Al}_2(\text{MoO}_4)_3$ の凝集体が形成される。

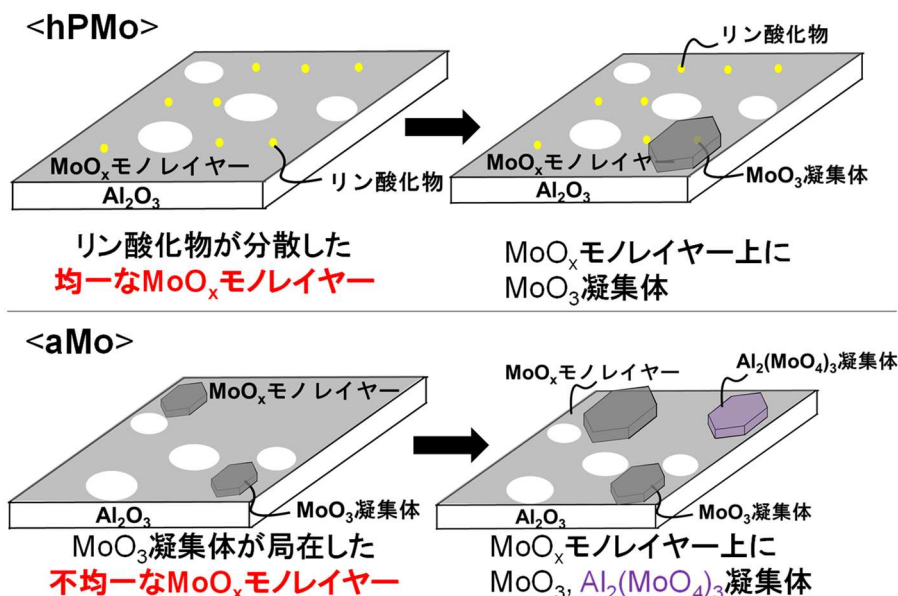


図 3 hPMo と aMo の担持量による構造変化

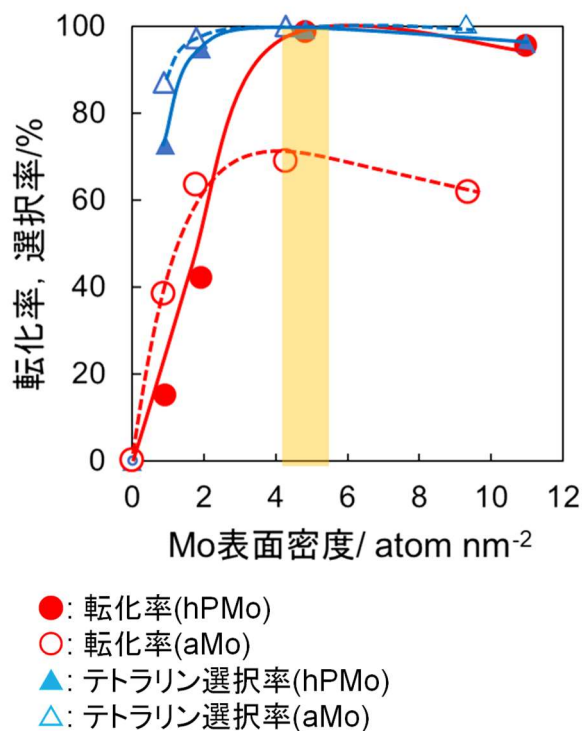


図 4 hPMo と aMo の転化率、テトラリン選択率

図 4 に各触媒の Mo 被覆率とナフタレン部分水素化における転化率とテトラリン選択率を示

す。hPMo では Mo 表面密度 5 atom nm^{-2} 以上で被覆率が変化しなくなることから、 5 atom nm^{-2} で MoO_3 モノレイヤーが覆っていることがわかった。一方、aMo では 5 atom nm^{-2} で MoO_3 モノレイヤーが形成されなかった。

触媒活性では、hPMo はモノレイヤーが形成された 5 atom nm^{-2} で転化率 100%を示し、表面密度が増えると転化率は低下した。一方、aMo では 5 atom nm^{-2} で転化率 70%だった。テトラリン選択率は表面密度 2 atom nm^{-2} 以上ならいずれも 99%以上だった。

(3) テトラリン変換反応

テトラリン変換反応における*BEA ゼオライトに担持した金属の触媒活性への影響を調べた。金属を担持していない*BEA ゼオライトではテトラリン転化率は 42%でベンゼン誘導体（ベンゼン、プチルベンゼン、TEX(トルエン、エチルベンゼン、キシレン)）選択率が 30%だった。副生成物は主にメチルインダンで、他はナフタレンや Others (GC で検出される小さいピークの合計) である。Fe は担持すると転化率が低下し、過剰量ではナフタレンやデカリンの脱水素と水素化の生成物が増加した。Ni と Co ではベンゼン誘導体選択率が増加せず、C6 シクロアルカンが生成した。これらの金属はベンゼン誘導体の水素化・水素化分解が高いことがわかる。Mo では*BEA ゼオライトのみに比べ、転化率の増加はほぼ見られないが、ベンゼン誘導体選択率が大きく向上した。

次に*BEA ゼオライト上に Mo を 5 wt%担持させた触媒の前処理温度が触媒活性に及ぼす影響を比較した。前処理温度とともにテトラリン転化率、ベンゼン誘導体選択率が増加した。前処理温度 750°C において転化率 72%、ベンゼン誘導体選択率 50%と高い触媒活性を示すことが明らかになった。 800°C ではゼオライトの結晶構造が崩壊するため触媒活性は低下した。

図 5 に 5-Mo/*BEA ゼオライトによるテトラリン変換反応を 450°C 、水素圧 4.0 MPa で行ったときの液体、気体生成物を示す。ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、キシレン、プチルベンゼンの合計選択率は 57.7%で、これらのアルキル鎖の分解が伴いブタン、プロパン、エタンが生成するので合計すると 84.7%の選択率だった。芳香族類は化成品原料として利用でき、分解に伴い生成する気体は LPG として利用可能である。

テトラリンは*BEA ゼオライト上の Brønsted 酸点の H^+ によりカルベニウムイオンが形成される。水素分子は Mo 上で解離された後、生成した Hがカルベニウムイオンに求核攻撃するとプチルベンゼンが生成する。プチルベンゼンのアルキル鎖は分解すると、トルエン、エチルベンゼン、キシレンが生成し、脱アルキル化するとベンゼンが生成する。もしカルベニウムイオンへ Hが供給されないと環収縮してメチルインダンが副生するので効率よく Hが供給されることでベンゼン誘導体の選択率が向上する。Mo は酸化状態が+4 のときに水素を吸着して解離が促進される。テトラリン変換を効率よく進行させるためには触媒は酸点の近傍に還元された Mo が存在することが重要であると考えられる。

5時間目まで転化率95%以上を維持. 各選択率は次の通り

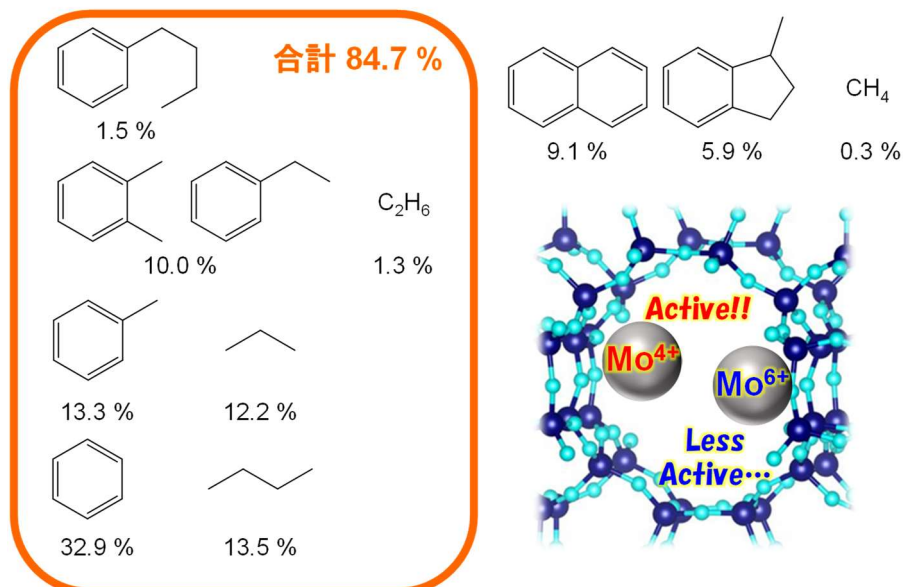


図 5 5-Mo/*BEA によるテトラリン変換反応における生成物収率
水素圧 4.0 MPa, 450°C

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5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 Suganuma Satoshi, Arita Kohsuke, Nakano Fumiya, Tsuji Etsushi, Katada Naonobu	4. 巻 266
2. 論文標題 Adsorption kinetics in removal of basic nitrogen-containing compounds from practical heavy oils by amorphous silica-alumina	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fuel	6. 最初と最後の頁 117055 ~ 117055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fuel.2020.117055	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 片田直伸	4. 巻 70
2. 論文標題 ゼオライトの酸性質制御を目指して	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 22-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Keisuke Kinugasa, Fumiya Nakano, Satoko Nagano, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji, Naonobu Katada	4. 巻 61
2. 論文標題 Removal of Basic Compounds and Dealkylation of Alkyl Polycyclic Aromatic Hydrocarbon in Vacuum Gas Oil	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Jpn. Petrol. Inst.	6. 最初と最後の頁 294-301
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1627/jpi.61.294	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 Koshiro Nakamura, Ryo Mizuta, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada	4. 巻 102
2. 論文標題 Compensation Between Activation Entropy and Enthalpy in Reactions of Aromatic Hydrocarbons Catalyzed by Solid Acids	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Catal. Commun.	6. 最初と最後の頁 103-107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.catcom.2017.08.033	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 Naonobu Katada	4. 巻 -
2. 論文標題 Analysis and Interpretation of Acidic Nature of Aluminosilicates	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mol. Catal.	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.mcat.2017.12.024	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 片田直伸, 中村浩史郎, 菅沼学史, 辻悦司	4. 巻 60
2. 論文標題 固体酸触媒反応における活性化エンタルピーとエントロピーに関する研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 触媒	6. 最初と最後の頁 21-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Naonobu Katada*, Yusuke Kawaguchi, Kazuki Takeda, Taku Matsuoka, Naoki Uozumi, Kazuki Kanai, Shohei Fujiwara, Keisuke Kinugasa, Koshiro Nakamura, Satoshi Suganuma and Masato Nanjo	4. 巻 530
2. 論文標題 Dealkylation of Alkyl Polycyclic Aromatic Hydrocarbon over Silica Monolayer Solid Acid Catalyst	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Appl. Catal., A: Gen.	6. 最初と最後の頁 93-101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apcata.2016.11.018	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39件 (うち招待講演 12件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Naonobu Katada
2. 発表標題 Dependence of Chemical Property on Geometry of Broensted Acid Site in Zeolite
3. 学会等名 17th Korea-Japan Symposium on Catalysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片田直伸
2. 発表標題 活性点に関する確かな情報を得るための分析法
3. 学会等名 第13回触媒道場（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片田直伸
2. 発表標題 ゼオライトの触媒作用：美しい構造と化学的性質の関係
3. 学会等名 情報機構セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naonobu Katada
2. 発表標題 Catalytic Dealkylation of Alkyl Polycyclic Hydrocarbons Towards Innovation of Petroleum Refinery
3. 学会等名 ChemIndix2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naonobu Katada
2. 発表標題 Catalytic Dealkylation of Alkyl Polycyclic Hydrocarbons Towards Innovation of Petroleum Refinery,
3. 学会等名 29th Annual Saudi-Japan Symposium（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本花菜, 窪田好浩, 稲垣怜史, 浅沼開, 中島一樹, 中村浩史郎, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 YFI型ゼオライトの酸性質
3. 学会等名 第35回ゼオライト研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島一樹, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 テトラリン転換反応に対する*BEAゼオライト触媒への金属担持効果
3. 学会等名 第35回ゼオライト研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菅沼学史, 有田洸介, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 アモルファスシリカアルミナによる減圧軽油中の塩基性含窒素化合物吸着の速度論的解析
3. 学会等名 第49回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金治弘樹, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 イリジウム触媒を用いた高圧水素中でのデカリン開環反応
3. 学会等名 第49回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野史哉, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 実減圧軽油中のアルキル多環芳香族の脱アルキル化に対するアルミノシリケート固体酸触媒の細孔特性と酸性質の影響
3. 学会等名 第124回触媒討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島一樹, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 高压水素中での*BEAゼオライト触媒によるテトラリン転換反応
3. 学会等名 第124回触媒討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 胡摩智英, 中野史哉, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 石油中のアルキル多環芳香族脱アルキル化のためのシリカモノレイヤー触媒の合成
3. 学会等名 第13回触媒道場
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumiya Nakano, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada
2. 発表標題 Selectivity and Durability of Silica Monolayer Catalyst for Dealkylation of Alkyl Polycyclic Aromatics in Vacuum Gas Oil
3. 学会等名 APCAT-8 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuki Nakajima, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada
2. 発表標題 Influence of Acidic Property on Catalytic Activity for Tetralin Conversion over Zeolites
3. 学会等名 IZC19 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naonobu Katada and Satoshi Suganuma
2. 発表標題 Relationships among Local Geometry, Desorption Energy of Ammonia and Stretching Wavenumber of Bronsted Acidic OH Group in Zeolite
3. 学会等名 IZC19 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 金治弘樹, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 Ring Opening of Decalin in High Pressure Hydrogen over Iridium Catalyst
3. 学会等名 第10回触媒科学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野史哉, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 実減圧軽油中のアルキル多環芳香族の脱アルキル化に対するシリカモノレイヤー触媒の選択性と耐久性
3. 学会等名 石油学会第68回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片田直伸
2. 発表標題 ゼオライトの酸強度を決めるのは何か
3. 学会等名 第2回ゼオライトセミナー（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片田直伸
2. 発表標題 (特別講演)ゼオライト酸点の化学
3. 学会等名 第25回ヤングセラミストミーティングin中四国（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片田直伸
2. 発表標題 ゼオライトの酸性質
3. 学会等名 キャラクタリゼーション講習会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菅沼学史*, 長野聡子, 衣笠圭祐, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 アモルファスシリカアルミナによる石油中の塩基性含窒素化合物の吸着除去
3. 学会等名 第48回石油・石油化学討論会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島一樹*, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 ゼオライトの構造と酸性質のテトラリン開環に対する触媒活性への影響
3. 学会等名 第122回触媒討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Nakajima*, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada
2. 発表標題 Reactions of Tetralin on Aluminosilicate-based Solid Acid Catalysts
3. 学会等名 ZMPC2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naonobu Katada*, Koshiro Nakamura, Etsushi Tsuji and Satoshi Suganuma
2. 発表標題 Factors Hidden in Activation Enthalpy-Entropy Relationship of Zeolite-Catalyzed Reactions
3. 学会等名 ZMPC2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fumiya Nakano*, Keisuke Kinugasa, Satoshi Suganuma, Etsushi Tsuji and Naonobu Katada
2. 発表標題 Dealkylation of Alkyl Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Vacuum Gas Oil
3. 学会等名 TOCAT8 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野史哉*, 衣笠圭祐, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 減圧軽油中のアルキル多環芳香族脱アルキル化での反応条件の最適化
3. 学会等名 石油学会第67回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中野史哉, 衣笠圭祐, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 減圧軽油中のアルキル多環芳香族脱アルキル化での反応条件の最適化
3. 学会等名 石油学会第67回研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菅沼学史, 竹田一貴, 佐藤大地, 長野聡子, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 固体酸を吸着剤として用いる石油中の塩基性含窒素化合物の効率的な除去
3. 学会等名 第47回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 衣笠圭祐, 竹田一貴, 橋本瀬那, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 減圧軽油中のアルキル多環芳香族脱アルキル化のための塩基性物質の除去と触媒再生
3. 学会等名 第47回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 中野史哉, 衣笠圭祐, 竹田一貴, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 減圧軽油中のアルキル多環芳香族の脱アルキル化反応における阻害物質の特定
3. 学会等名 2017年日本化学会中国四国支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 衣笠圭祐, 竹田一貴, 佐藤大地, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 減圧軽油中の塩基性物質の除去がアルキル多環芳香族の脱アルキル化に与える影響
3. 学会等名 第120回触媒討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naonobu Katada
2. 発表標題 (Keynote Lecture) Advances in Analysis of Acidic Properties of Zeolites
3. 学会等名 18th Kuwait / Japan Joint Symposium "Advancement in Petroleum Industries" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naonobu Katada
2. 発表標題 Principles Found in Acidic Properties of Aluminosilicates Including Zeolites
3. 学会等名 Catalyst R&D Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naonobu Katada
2. 発表標題 (Plenary Lecture) Principles and Questions about What Controls Brønsted Acid Strength of Aluminosilicate
3. 学会等名 ABC-8, 8th International Symposium on Acid-Base Catalysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 片田直伸*, 松岡卓, 川口侑亮, 竹田一貴, 藤原翔平, 衣笠圭祐, 菅沼学史
2. 発表標題 シリカモノレイヤー触媒によるアルキル多環芳香族の脱アルキル化
3. 学会等名 石油学会第65回研究発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazuki Takeda*, Taku Matsuoka, Yusuke Kawaguchi, Shohei Fujiwara, Keisuke Kinugasa, Satoshi Suganuma and Naonobu Katada
2. 発表標題 Effect of nitrogen-containing compounds on dealkylation of alkylnaphthalene catalyzed by silica monolayer
3. 学会等名 16th International Catalysis Congress (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 衣笠圭祐*, 川口侑亮, 竹田一貴, 菅沼学史, 片田直伸
2. 発表標題 シリカモノレイヤー触媒の高温焼成によるアルキルナフタレンの脱アルキル化活性の変化
3. 学会等名 第118回触媒討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 竹田一貴*, 衣笠圭祐, 佐藤大地, 菅沼学史, 片田直伸
2. 発表標題 減圧軽油中のアルキル多環芳香族の脱アルキル化反応 シリカモノレイヤー触媒の再生
3. 学会等名 第46回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 竹田一貴, 佐藤大地, 菅沼学史, 辻悦司, 片田直伸
2. 発表標題 酸性イオン交換樹脂による石油中の塩基性物質除去とその再生
3. 学会等名 石油学会第66回研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	辻 悦司 (TSUJI Etsushi) (80610443)	鳥取大学・工学研究科・准教授 (15101)	
研究分担者	菅沼 学史 (SUGANUMA Satoshi) (90731753)	鳥取大学・工学研究科・准教授 (15101)	

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