

エネルギーキャリアのための非在来型触媒

研究代表者 関根 泰
(先進理工学部 応用化学科 教授)

1. 研究課題

2050 年カーボンニュートラルを目指した再生可能エネルギー利用の拡大を考えると、電化と水素利用が重要な選択肢となる。水素を運ぶためのエネルギーキャリアの技術は今後さらに重要となる。本プロジェクトにおいて、我々はそのための触媒開発を進めている。二酸化炭素の水素化による資源化や、低温オンデマンドでのアンモニア合成、有機ハイドライドからの高効率脱水素触媒について検討を行ってきた。この 1 年でもいくつものプレスリリースを重ね、多くの受賞や基調講演を行い早大のプレゼンス向上にも貢献できた。これら技術開発の概況についてまとめる。

2. 主な研究成果

水素は、体積あたりのエネルギー密度が低いため、これをいかに高密度に維持しつつ輸送・貯蔵できるかが課題となっている。現状で配送システムとしては圧縮ガスや液化水素、パイプラインが検討されている。しかし、圧縮水素を貯蔵するガス容器には大規模な事故に繋がりうる水素脆化という現象があり、それに対応した容器は高価となる。液化水素には外部からの熱の侵入による気化(ボイルオフ)がみられる。パイプラインは建設および維持にコストがかかるため民生用途への適応がない。したがって、長期にわたって安定に水素エネルギーを輸送・貯蔵するための水素キャリアとして、水素吸蔵合金、アンモニア、メタンや有機ハイドライドなどについての研究が進められている。

有機ハイドライド法は、水素化により芳香族炭化水素に水素を固定し、飽和環状炭化水素(ナフテン)として常温・常圧の液体状態で貯蔵・輸送を行い、エネルギー消費地において脱水素反応により水素を取り出して利用する方法である。トルエン/MCH は広い温度範囲で液体状態であり、溶媒を用いる必要がない。したがって、有機ハイドライド法において、トルエン/MCH 系が最も実用的であると考えられる。電場メチルシクロヘキサン脱水素反応の効率向上を目指し、エネルギー効率および安定性に優れた触媒材料の開発を目的とした。電場触媒反応におけるプロトン伝導の場であると考えられる触媒担体に着目した実験を行った。異なる担体材料が使われた触媒を用いて活性試験を実施することによって高活性な触媒を選別するスクリーニングテストを行った。その結果、Pt/anatase-TiO₂ および Pt/Ce_{0.5}Zr_{0.49}Pd_{0.01}O₂ (Pt/CZPdO) は既報と比べ非常に高性能な脱水素触媒であることがわかった。また、キャラクタリゼーションを行うことによって、Pt/CZPdO が高性能である理由についての考察を行った。

電場非印加での MCH 転化率が約 3 %であるのに対し、電場を印加することで MCH 転化率 37% を示した。電場印加に伴い発生したジュール熱により触媒層の実温度は 448 K となったが、448 K での熱力学的な MCH 平衡転化率は 12.36%であることから、電場印加によって熱力学的

平衡制約を回避し脱水素反応が進行していることが分かった。また MCH 脱水素反応条件下で起こり得る副反応についても評価した。副反応としてはコーク生成およびメタン生成が考えられる。析出炭素は触媒の失活に繋がり、メタン副生は出口の水素ガス純度を下げ分離に多大なコストがかかることから、これらの副反応抑制は脱水素触媒に要求される機能である。360 min 反応後触媒上の析出炭素を TP0 により見積もった結果、電場印加の場合において $10.3 \text{ mg g-cat}^{-1}$ と見積もられた。比較として 498 K において通常の MCH 脱水素反応（転化率 40%）を実施した結果、析出炭素量は $24.0 \text{ mg g-cat}^{-1}$ であった。電場印加 MCH 脱水素においては炭素析出量が半分に抑えられていることが分かった。Pt/CeO₂ の MCH 脱水素転化率は約 20%程度であったことを考慮すると、Pt/anatase-TiO₂ はメタン副生反応を大幅に抑制しているといえる。炭素析出の原因として、メタンの高温における炭素生成や、担持金属が触媒的に C-C 結合の解離を促進し炭素析出を促進することなどが考えられる。Pt/anatase-TiO₂ の電場 MCH 脱水素はほぼ同程度の転化率を示す電場なしの場合と比べ、より低い温度と小さいメタン副生率であったため、炭素析出を抑制できたと考えられる。以上より、電場 MCH 脱水素反応における Pt/anatase-TiO₂ は高活性でありながら炭素析出およびメタン副生が少なく、既報の触媒と比べ優れた触媒であると考えられる。

続いて Pt/anatase-TiO₂ の反応メカニズムの推定を行った。アレニウスプロットから算出される見かけ活性化エネルギーは、電場印加時で 22.8 kJ mol^{-1} 、非印加時で 47.6 kJ mol^{-1} と算出され、電場印加により脱水素反応の活性化障壁が著しく低下していることが分かった。ここで算出された見かけ活性化エネルギーは、瀧瀬らが報告している Pt/CeO₂ を用いた電場 MCH 脱水素における数値とおおむね一致していることから、Pt/anatase-TiO₂ においても同様に表面プロトニクスが寄与する反応メカニズムで MCH 脱水素が進行していると推測される。電場中の触媒表面でプロトニクスが起こっていることを確かめるために、Pt/anatase-TiO₂ の見かけ伝導度を Ar 雰囲気および 10%H₂ 雰囲気下で測定した。Ar 雰囲気下では $6.91\text{--}7.81 \text{ mS cm}^{-1}$ であったのに対し、水素雰囲気下では伝導度が高くなり $10.48\text{--}13.32 \text{ mS cm}^{-1}$ であった。Ar 雰囲気下での伝導キャリアは電子のみであるが、H₂ 雰囲気下では Pt/anatase-TiO₂ 表面上で解離して生成したプロトンもキャリアとして伝導できるため、見かけの伝導度が向上したと考えられる。以上の結果より、電場中で表面プロトニクスが Pt/anatase-TiO₂ 上で起こり、伝導するプロトンが MCH 脱水素反応に寄与していると結論した。

Anatase-TiO₂ は混合イオン電子伝導体であり、その電気導電率は表面化学量論に強く依存する。反応における酸素の化学量論の影響を評価するため、還元前処理（673 K, 10% H₂ に 30 分）を行った場合の Pt/anatase-TiO₂ 触媒の活性を調べた。Pt/anatase-TiO₂ 上のメチルシクロヘキサン転化率は還元前処理により低下したことが分かった。XPS において Ti 2p_{3/2} ピークは Ti⁴⁺および Ti³⁺成分に分離でき、還元前処理後の Pt/anatase-TiO₂ における Ti³⁺の割合は還元処理されていないものより 1.7 倍高かった。これらの結果から、還元前処理により TiO₂ 表面の酸素が除かれ、電荷補償により Ti⁴⁺が還元されたと考えられる。したがって過度な表面欠陥は電場 MCH 脱水素の反応を妨げてしまうことが分かった。

電場触媒反応は電場の印加に伴い触媒層に電力を投入している。電場触媒プロセスの実用性を考えると、より少ない電力で高い触媒活性を実現できるエネルギー効率の高い触媒が望ましい。そこで電場 MCH 脱水素反応のエネルギー効率に着目し、Pt/anatase-TiO₂ を既報の Pt/rutile-TiO₂ および Pt/CeO₂ と比較評価した。同じ投入電力において、Pt/rutile-TiO₂ と Pt/CeO₂ の MCH 転化率がほぼ同程度であるのに対し、Pt/anatase-TiO₂ は前者の約 2 倍の転化

速度を示した。各近似直線の傾きより、1 mol の MCH 脱水素あたりの投入エネルギー量を見積もったところ、Pt/anatase-TiO₂、Pt/rutile-TiO₂およびPt/CeO₂はそれぞれ 311 kJ mol⁻¹、611 kJ mol⁻¹、683 kJ mol⁻¹と算出され、Pt/anatase-TiO₂は最も小さいエネルギー消費量を示した。以上より、Pt/anatase-TiO₂はPt/rutile-TiO₂およびPt/CeO₂と比べ、エネルギー効率が高い触媒であることが分かった。

Pt/rutile-TiO₂は他の触媒と比べ半分以下の比表面積であるが、担持 Pt の分散度は高い触媒であった。Pt/CeO₂は FE-TEM 像においてコントラストの区別がしにくく、はっきりとした粒子径は見積もられなかった。しかし XRD 測定でも Pt の回折線は観察されず、TEM 観察においても大きな凝集 Pt 粒子は確認されなかったため同程度に分散しているとみなした。いずれの触媒においても Pt は一様に高分散であったことから、活性金属である担持 Pt 種の表面積は同等と考えられる。MCH 脱水素反応においては 0 価のメタリックな Pt が活性点であるため、担持 Pt 粒子の Pt(0) 量が正味の活性点数と考えることができる。従って、XPS 測定を用いて各触媒の Pt 表面の電子状態を評価した。活性試験後、表面 Pt 中の Pt(0) 比率は Pt/anatase-TiO₂ で 77.1%、Pt/rutile-TiO₂ で 13.2%と分かった。Pt/anatase-TiO₂ および Pt/rutile-TiO₂ の見掛け伝導度はいずれも Ar 雰囲気における場合より増加し、H₂ 雰囲気での見掛け伝導度の序列は Pt/anatase-TiO₂ > Pt/rutile-TiO₂ > Pt/CeO₂ であった。伝導キャリアが主に電子である Ar 雰囲気に比べ、10% H₂ 雰囲気では見掛け伝導度が向上することが分かった。また、担体のみで見掛け伝導度を測定した場合、H₂ 雰囲気における伝導度は Pt が担持された場合に比べ大幅に低下した。これらの結果から、Pt 上で H₂ が解離し形成されたプロトンは anatase-TiO₂ 表面で最も伝導しやすいと考えられる。また Pt/rutile-TiO₂ のプロトン伝導度は Pt/CeO₂ を大きく上回っていることから、Pt(0) の不足分を高効率なプロトン供給が補うことで反応効率は Pt/CeO₂ と同等であったと考えられる。

さらに、プロトン伝導度の違いは担体表面の OH 基の量に起因することが考えられたため、各触媒において IR 測定により OH 基量の評価を行った。OH 基はブロードで判断しにくいため、その代わりに、10% D₂ を流すことで H/D 交換により 2780 cm⁻¹ 近傍に出現する OD 基のピークを評価した。Pt/anatase-TiO₂ および Pt/rutile-TiO₂ にのみ OD 基ピークが見られ、単位面積当たりの OD 基量の序列は Pt/anatase-TiO₂ > Pt/rutile-TiO₂ > Pt/CeO₂ となり、直流見掛け伝導度の序列と一致することが分かった。Pt/CeO₂ には OD 基ピークが見られなかった理由としては、Pt/anatase-TiO₂ および Pt/rutile-TiO₂ と比べ OH 結合が強く、H/D 交換が行われづらいため、プロトン伝導もしにくいことが考えられた。以上より、担体表面において単位面積当たりの OH 基量が高い触媒ほど、表面プロトン伝導度が高く、より高い電場 MCH 脱水素活性を示すことが考えられた。

以上のキャラクターゼーション結果および考察より、Pt/anatase-TiO₂ は高いプロトン伝導性と活性点数を両立した触媒であるとわかった。活性点数を多くできる触媒が高い活性を示すことは明らかである。したがって本研究では新たに、単位面積当たりの OH 基量が多く、高いプロトン伝導度を有する担体材料の設計が、高効率な電場 MCH 脱水素触媒開発において重要であるという知見が得られた。

3. 共同研究者

常木英昭客員教授，比護拓馬講師

4. 研究業績

4.1 学術論文

Yuta Tanaka, Kota Murakami, Sae Doi, Kazuharu Ito, Koki Saegusa, Yuta Mizutani, Sasuga Hayashi, Takuma Higo, Hideaki Tsuneki, Hiromi Nakai and **Yasushi Sekine***, Effects of A-site composition of perovskite ($\text{Sr}_{1-x}\text{Ba}_x\text{ZrO}_3$) oxides on H atoms adsorption, migration and reaction, *RSC Advances*, 11, 7621-7626, 2021. [doi: 10.1039/d1ra00180a](https://doi.org/10.1039/d1ra00180a)

Kota Murakami, Yuta Mizutani, Hiroshi Sampei, Atsushi Ishikawa, Yuta Tanaka, Sasuga Hayashi, Sae Doi, Takuma Higo, Hideaki Tsuneki, Hiromi Nakai and **Yasushi Sekine***, Theoretical prediction by DFT and experimental observation of heterocation-doping effects on hydrogen adsorption and migration over CeO_2 (111) surface, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 23, 4509-4516, 2021. [doi: 10.1039/D0CP05752E](https://doi.org/10.1039/D0CP05752E)
Cover Picture に選定されました

Jun-Ichiro Makiura, Takuma Higo, Yutaro Kurosawa, Kota Murakami, Shuhei Ogo, Hideaki Tsuneki, Yasushi Hashimoto, Yasushi Sato, **Yasushi Sekine**, Fast oxygen ion migration in Cu-In-oxide bulk and its utilization for effective CO_2 conversion at lower temperature, *Chemical Science*, 12, 2108-2113, 2021. [doi: 10.1039/d0sc05340f](https://doi.org/10.1039/d0sc05340f)
早稲田大学プレスリリース・日経 2021 年 2 月 8 日朝刊・日刊工業新聞 2020/12/24 朝刊・マイナビニュース・環境展望台・EurekAlert!・化学工業日報 2021/01/13 朝刊などで紹介されました

Yasushi Sekine*, Ryo Manabe, Reaction mechanism of low-temperature catalysis by surface protonics in an electric field, *Faraday Discussions*, in press. [doi: 10.1039/C9FD00129H](https://doi.org/10.1039/C9FD00129H)

Evgeny A Uslamin, Hikaru Saito, **Yasushi Sekine**, Emiel Hensen, Nikolay Kosinov, Different mechanisms of ethane aromatization over Mo/ZSM-5 and Ga/ZSM-5 catalysts, *Catalysis Today*, in press. [doi: 10.1016/j.cattod.2020.04.021](https://doi.org/10.1016/j.cattod.2020.04.021)

Kota Murakami, and **Yasushi Sekine***, Recent Progress in Use and Observation of Surface Hydrogen Migration over Metal Oxides, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 22, 22852-22863, 2020. [doi: 10.1039/D0CP04139D](https://doi.org/10.1039/D0CP04139D)
PCCP の Hot Article に選定されました

Maki Torimoto, Shuhei Ogo, Yudai Hisai, Naoya Nakano, Ayako Takahashi, Quanbao Ma, Jeong Gil Seo, Hideaki Tsuneki, Truls Norby, and **Yasushi Sekine***, Support effects on catalysis of low temperature methane steam reforming, *RSC Advances*, 10, 26418-26424, 2020. [doi: 10.1039/D0RA04717A](https://doi.org/10.1039/D0RA04717A)

Hikaru Saito*, **Yasushi Sekine**, Catalytic conversion of ethane to valuable products

through non-oxidative dehydrogenation and dehydroaromatization, *RSC Advances*, 10, 21427–21453, 2020. [doi: 10.1039/D0RA03365K](https://doi.org/10.1039/D0RA03365K)
RSC Adv.の Most Popular Paper に選ばれました

Kenta Toko, Kazuharu Ito, Hikaru Saito, Yukiko Hosono, Kota Murakami, Satoshi Misaki, Takuma Higo, Shuhei Ogo, Hideaki Tsuneki, Shun Maeda, Kunihide Hashimoto, Hiromi Nakai, **Yasushi Sekine***, Catalytic Dehydrogenation of Ethane over Doped Perovskite via the Mars–Van Krevelen Mechanism, *The Journal of Physical Chemistry, C*, 124(19), 10462-10469, 2020. [doi: 10.1021/acs.jpcc.0c00138](https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.0c00138)
Cover Picture に選定されました

Ayako Takahashi, Reona Inagaki, Maki Torimoto, Yudai Hisai, Taku Matsuda, Quanbao Ma, Jeong Gil Seo, Takuma Higo, Hideaki Tsuneki, Shuhei Ogo, Truls Norby, **Yasushi Sekine***, Effects of metal cation doping in CeO₂ support on catalytic methane steam reforming at low temperature in an electric field, *RSC Advances*, 10, 14487 - 14492, 2020. [doi: 10.1039/d0ra01721c](https://doi.org/10.1039/d0ra01721c)

Kota Murakami, Yuta Tanaka, Ryuya Sakai, Yudai Hisai, Sasuga Hayashi, Yuta Mizutani, Takuma Higo, Shuhei Ogo, Jeong Gil Seo, Hideaki Tsuneki, **Yasushi Sekine***, Key factor for the anti-Arrhenius low-temperature heterogeneous catalysis induced by H⁺ migration: H⁺ coverage over support, *Chemical Communications*, 56, 3365-3368, 2020. [doi: 10.1039/d0cc00482k](https://doi.org/10.1039/d0cc00482k)
Cover Picture に選定されました 朝日新聞・早大プレスリリース・JST プレスリリース・サイエンスポータルにて紹介されました

Ryuya Sakai, Kota Murakami, Yuta Mizutani, Yuta Tanaka, Sasuga Hayashi, Atsushi Ishikawa, Takuma Higo, Shuhei Ogo, Hideaki Tsuneki, Hiromi Nakai, **Yasushi Sekine***, Agglomeration Suppression of Fe-Supported Catalyst and its Utilization for Low-Temperature Ammonia Synthesis in an Electric Field, *ACS Omega*, 5(12), 6846-6851, 2020. [doi: 10.1021/acsomega.0c00170](https://doi.org/10.1021/acsomega.0c00170)
Cover Picture に選定されました

Yudai Hisai, Kota Murakami, Yukiko Kamite, Quanbao Ma, Einar Vøllestad, Ryo Manabe, Taku Matsuda, Shuhei Ogo, Truls Norby, **Yasushi Sekine***, First observation of surface protonics on SrZrO₃ perovskite under H₂ atmosphere, *Chemical Communications*, 56, 2699-2702, 2020. [doi: 10.1039/c9cc08757e](https://doi.org/10.1039/c9cc08757e)

Kensei Yamada, Shuhei Ogo, Ryota Yamano, Takuma Higo, **Yasushi Sekine***, Low-temperature conversion of carbon dioxide to methane in an electric field, *Chemistry Letters*, 49(3), 303-306, 2020. [doi: 10.1246/cl.190930](https://doi.org/10.1246/cl.190930)
読売新聞、[NHK](https://www.nhk.or.jp)「おはよう日本」、Eurek Alert!、早稲田大学プレスリリース、集英社、

化学工業日報、科学新聞などに掲載

Evgeny A. Uslamin, Hikaru Saito, Nikolay Kosinov, Evgeny Pidko, **Yasushi Sekine***, Emiel J.M. Hensen*, Aromatization of ethylene over zeolite-based catalysts, *Catalysis Science & Technology*, 10, 2774-2785, 2020. [doi: 10.1039/c9cy02108f](https://doi.org/10.1039/c9cy02108f)

Cover Picture に選定されました

Kota Murakami, Shuhei Ogo, Atsushi Ishikawa, Yuna Takeno, Takuma Higo, Hideaki Tsuneki, Hiromi Nakai, **Yasushi Sekine***, Heteroatom doping effects on interaction of H₂O and CeO₂ (111) surfaces studied using density functional theory: Key roles of ionic radius and dispersion, *The Journal of Chemical Physics*, 152, 014707, 2020.

[doi: 10.1063/1.5138670](https://doi.org/10.1063/1.5138670)

AIP の Top Articles in Surfaces, Interfaces, and Materials に選ばれました

Monica Louise T. Trivino, Hyeongbin Jeon, Alan Christian S. Lim, Vishwanath Hiremath, **Yasushi Sekine**, Jeong Gil Seo*, Encapsulation of Phase Changing Eutectic Salts in Magnesium Oxide Fibers for High-Temperature Carbon Dioxide Capture: Beyond Capacity-Stability Trade-Off, *ACS Applied Materials & Interface*, 12(1), 518-526, 2020.

[doi: 10.1021/acsami.9b15632](https://doi.org/10.1021/acsami.9b15632)

Misato Kosaka, Takuma Higo, Shuhei Ogo, Jeong Gil Seo, Ken-ichi Imagawa, Shigeru Kado, **Yasushi Sekine***, Low-temperature selective dehydrogenation of methylcyclohexane by surface protonics over Pt/anatase-TiO₂ catalyst, *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(1), 738-743, 2020. [doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.10.133](https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.10.133)

Takuma Higo*, Yuki Omori, Ayaka Shigemoto, Kohei Ueno, Shuhei Ogo, **Yasushi Sekine**, Promotive effect of H₂O on low-temperature NO reduction by CO over Pd/La_{0.9}Ba_{0.1}AlO_{3-d}, *Catalysis Today*, 352, 192-197, 2020. [doi: 10.1016/j.cattod.2019.10.025](https://doi.org/10.1016/j.cattod.2019.10.025)

Shuhei Ogo*, **Yasushi Sekine**, Recent progress in ethanol steam reforming using non-noble transition metal catalysts: a review, *Fuel Processing Technology*, 199, 106238, 2020. [doi: 10.1016/j.fuproc.2019.106238](https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2019.106238)

Kota Murakami, Yuta Tanaka, Ryuya Sakai, Kenta Toko, Kazuharu Ito, Atsushi Ishikawa, Takuma Higo, Tomohiro Yabe, Shuhei Ogo, Masatoshi Ikeda, Hideaki Tsuneki, Hiromi Nakai, **Yasushi Sekine***, The important role of N₂H formation energy for low-temperature ammonia synthesis in an electric field, *Catalysis Today*, 351, 119-124, 2020. [doi: 10.1016/j.cattod.2018.10.055](https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.10.055)

小河脩平, 竹野友菜, 関根 泰,
複合酸化物を触媒とした電場中での低温メタン酸化カップリング,
触媒, 6, 394-399, 2020.

関根 泰,
私の自慢-人との出会いが新しい世界を拓く-,
化学と工業, 11, 2020.

関根 泰,
エネルギーキャリアとしての有機ハイドライド法とその課題解決の方策,
ペトロテック, 43(9), 2020.

関根 泰・坂西欣也,
メタネーション-二酸化炭素から都市ガスのもとをつくる技術-,
化学, 75(5), 35-37, 2020.

関根 泰,
時評:「情報を集め流れに乗る」のではなく「本質を考え流れを創ろう」,
ペトロテック, 43(5), 2020.

村上 洸太、関根 泰,
超の世界-低温で化学反応が早く進む手法を世界で初めて発見-,
自動車技術, 104-105, 2020.

4.3 招待講演

2021/3/20 にオンラインで開催された日本化学会の「イノベーション共創プログラム (CIP) :
グリーン水素製造・貯蔵・利用技術の最前線」にて 1 件の依頼講演
グリーン水素製造・貯蔵輸送・利用の現状と今後
関根 泰

2021/3/20 にオンラインで開催された日本化学会のシンポジウム「中長期テーマシンポジウム: 革新的触媒の創製: 光や電場などを用いた触媒反応」にて 1 件の依頼講演
低温触媒反応を誘起しうる表面プロトニクス
関根 泰

2021/3/17 にオンラインで開催された触媒学会の特別シンポジウム「光・電気・電場などが係わる革新的反応」にて 1 件の基調講演
光・電気・電場などが係わる革新的反応と電場利用低温作動触媒プロセス
関根 泰

2021/2/20 にオンラインで行われたイギリス王立化学会 (RSC) の Faraday Discussions にて

1 件の依頼講演

Reaction mechanism of low-temperature catalysis by surface protonics in an electric field
Yasushi Sekine

2021/2/10 にオンラインで行われた日揮触媒化成講演会にて 1 件の依頼講演
カーボンニュートラルに向けた触媒の役割と関連する関根研研究の紹介
関根 泰

2021/1/22 に JACI で開催された講演会にて 1 件の依頼講演
表面イオニクスが拓く低温触媒プロセス
関根 泰

2020/12/16 に東京大学で開催された講演会にて 1 件の依頼講演
表面イオニクスによる低温作動不均一触媒反応
関根 泰

2020/12/15 にオンラインで開催された講演会にて 1 件の依頼講演
非在来型触媒でエネルギーと環境の未来をつくる
関根 泰

2020/12/8 に JACI で開催された講演会にて 1 件の依頼講演
SDGs・ESG を踏まえたマテリアル革新力強化とグリーンイノベーション戦略
関根 泰

2020/11/20 に日本 LP ガス協会で開催された会議にて 1 件の依頼講演
非在来型触媒でエネルギーの環境と未来をつくる
関根 泰

2020/11/12-13 に熊本で開催された石油学会にて 1 件の依頼講演
有機ハイドライド法における残存トルエン吸着除去
関根 泰

2020/11/10 に東京で開催された日本産業機械工業会での講演会にて依頼講演
低温で効率よく二酸化炭素を資源化する・表面プロトニクスが常識を変える・
関根 泰

2020/10/16 に金沢大学で開催された講演会にて 1 件の依頼講演
非在来型触媒でエネルギーと環境の未来をつくる
関根 泰

2020/10/12 に大阪ガスで開催された講演会にて 1 件の依頼講演

カーボンニュートラルのこれから

関根 泰

2020/08/25 に東京で開催された二酸化炭素資源化講演会にて 1 件の依頼講演
二酸化炭素の再資源化・Power to Gas・e-fuelー現状と今後の展望

関根 泰

4.4 受賞・表彰

2020 年 4 月 文部科学大臣表彰 科学技術賞 関根 泰

2021 年 3 月 イギリス王立化学会 フェロー 関根 泰

4.5 学会および社会的活動

産業構造審議会グリーンイノベ部会委員

政府グリーンイノベ戦略会議議員・WG 座長

JST フェロー

JST さきがけ「反応制御」領域総括

NEDO 未踏チャレンジ 2050 領域総括

国際天然ガス転換会議 日本代表

Elsevier FUEL 誌 プリンシパルエディター (インパクトファクター5.4)

NEDO 評価委員会委員長

産総研評価委員会部門委員長

水素エネルギー協会 理事

触媒学会天然ガス転換触媒研究会 代表

日本化学連合 理事

日本化学連合運営委員会副委員長・政策提言 WG 委員

JST さきがけ「革新的触媒」領域アドバイザー

JST-CREST「革新的反応」領域アドバイザー

日本学術会議 特任連携会員 (第三部)

Fuel Processing Technology (Elsevier) Editorial Board Member

JACI (新化学技術推進協会) フロンティア連携委員

触媒学会国際交流委員会委員

触媒学会水素の製造と利用のための触媒技術研究会 世話人

触媒学会参照触媒部会委員

触媒学会工業触媒研究会世話人

石油学会海外協力分科会委員

水素エネルギー協会企画委員会委員

日本エネルギー学会企画委員

静電気学会諮問委員

プラスチックリサイクル化学研究会幹事・事務局東京分室長

他多数

5. 研究活動の課題と展望

開発中の触媒の活性・選択性を分光や計算化学などを駆使して評価し、生成物選択性や炭素析出特性への影響を詳細に検討する。さらに反応前後の触媒の詳細なキャラクタリゼーション(TEM-EDXによる金属並びに担体の構造変化, XPSによる担持金属電子状態変化, BETによる担体比表面積変化の評価, TPOによる炭素質の蓄積量の評価, *Operando* DRIFTSによる反応中間体吸着挙動評価, SPring-8でのEXAFS測定による担持金属の微細構造評価)によってPDCAサイクルを回し、より高い性能の触媒を構築する。これらによって開発された高性能触媒担体の性能の安定性や選択性などについては計算化学を併用し改良を進め、15社程度のコラボレーション中の民間企業での実証を進める。