

ナノ多孔質圧電触媒の開発

研究代表者 下嶋 敦
(先進理工学部 応用化学科 教授)

1. 研究課題

本研究提案では未利用エネルギーとして力学的エネルギーに着目し、圧電現象で生じる分極電荷を化学反応に用いる圧電触媒にナノ細孔構造を導入することで、kPa~MPa オーダーの微小な圧力でレドックス触媒作用を発現する圧電触媒の創出と設計指針の確立を目指す。環境中で自然発生するような小さい圧力を駆動力に活用できれば圧電触媒の利用に向けた大きな発展が期待できる。本研究提案ではありふれた圧電物質に対して精緻なナノ細孔構造を導入する技術確立することで、細孔構造と圧電触媒活性の相関関係を明らかにする。

2. 主な研究成果

代表的な圧電セラミックスであるニオブ酸リチウムにナノ細孔構造を導入し、圧電触媒反応を実施した。粉末 XRD 測定結果からはニオブ酸リチウムに帰属可能なピークのみを観測した。SEM、TEM、SAXS により規則的なナノ細孔構造を有していることを確認した。以上の分析から、ナノ多孔質ニオブ酸リチウムの形成を確認した。

先行研究を参考に、レドックス触媒反応としてハウ素カップリング反応を行った。アリアルジアゾニウム塩と Bis(pinacolato)diboron、ナノ多孔質圧電触媒を混合し、アセトニトリルを加えて圧力を印加した。¹H、¹³C NMR 分析からカップリング反応の進行を確認した。このとき、触媒の組成が同一であっても細孔径に応じて触媒活性に変化が生じることが分かった。この結果から、ナノ細孔構造と圧電触媒活性に相関があることが考えられる。

3. 共同研究者

松野敬成 (先進理工学部・応用化学科・講師 (任期付))

4. 研究業績

4.1 学術論文

Takuya Hikino, Yuka Kawakubo, Takamichi Matsuno, Seiji Yamazoe, Kazuyuki Kuroda, and Atsushi Shimojima, Simple Molecular Synthetic Approach to Dinuclear Titanium Sites in Ti-Containing Silica-Based Catalysts, *Chem. Mater.*, **36**, 10886–10894 (2024).

Kohei Takaoka, Takamichi Matsuno, Masakazu Koike, Naho Muramoto, Hiroaki Wada, Kazuyuki Kuroda, and Atsushi Shimojima, Zeolite Crystallization Inside Chemically Recyclable Ordered Nanoporous Co₃O₄ Scaffold: Precise Replication and Accelerated

Crystallization, *Small*, **21**, 2405280 (2025).

Yoshiaki Miyamoto, Takamichi Matsuno, and Atsushi Shimojima, Multilayered organosiloxane films with self-healing ability converted from block copolymer nanocomposites, *Chem. Commun.*, **61**, 3319–3322 (2025).

Yoshiaki Miyamoto, Takamichi Matsuno, and Atsushi Shimojima, Tuning structures and properties of self-healing silsesquioxane films using block copolymers, *Nanoscale*, **17**, 7445–7452 (2025).

Riho Wakino, Mai Suzuki, Yoshiaki Miyamoto, Masashi Yatomi, Takamichi Matsuno, and Atsushi Shimojima, Interlayer Modification of Crystalline Layered Silicates with Oligodimethylsiloxane, *Chem. Eur. J.*, **31**, e202500262 (2025).

4.2 総説・著書

Taiki Hayashi, Kazuyuki Kuroda, Atsushi Shimojima, Organosilylated Cage Germoxanes Encapsulating Fluoride Ions for Creating Functional Nanomaterials, *Eur. J. Inorg. Chem.*, **28**, e202400614 (2025).

4.3 招待講演

“Design of novel silicone-based elastomers utilizing silica-based nanoparticles”, The 20th International Symposium on Silicon Chemistry, Hiroshima, Japan, May 2024.

“Design of Self-Healing Organosiloxane Materials by Precise Structural Control”, International Symposium on Chemistry 2024 and The 3rd KYUTECH-KKU International Symposium, Khon Kaen University, Thailand, December 2024.

4.4 受賞・表彰

4.5 学会および社会的活動

5. 研究活動の課題と展望

実験的に圧電触媒作用が確認されたため、電子顕微鏡を用いたナノスケールのその場分析により圧電特性に関する分析を進める。また、適用可能な反応の探索や組成展開に向けた金属酸化物ナノ多孔体の合成技術の開発を推進する。