

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、Scherrer 式を用いて算出した平均結晶子サイズは 23 nm であった (Figure 2.1)。ICP-OES 測定から算出した Li/Nb の比率は 0.90 であり、化学量論組成よりも Li が不足した組成であった。XPS 測定からは、Nb 3d、Li 1s の結合エネルギーは通常は無孔質なニオブ酸リチウムと同程度であった。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ホウ素カップリング反応を行った。アリアルジエゾニウム塩と 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攪拌した。¹H、¹³C NMR および FAB-MS 分析からカップリング反応の進行を確認した。無孔質なニオブ酸リチウムナノ粒子を用いた場合は反応が進行しなかったことから、ナノ多孔質化によって微小な圧力による圧電触媒反応が進行した可能性がある。

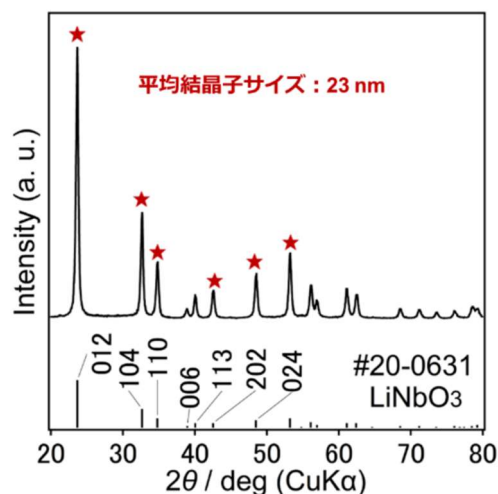


Figure 2.1 多孔質ニオブ酸リチウムの XRD パターン.

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

Miharu Kikuchi, Taiki Hayashi, Nanako Murase, Takamichi Matsuno, Natsuhiko Sugimura, Kazuyuki Kuroda, and Atsushi Shimojima, Direct cross-linking of silyl-functionalized cage siloxanes via nonhydrolytic siloxane bond formation for preparing nanoporous materials, *Dalton Trans.*, **53**, 6256–6263 (2024).

Taiki Hayashi, Takamichi Matsuno, Kazuyuki Kuroda, and Atsushi Shimojima, Utilization of cage germoxanes as templates for tuning pore characteristics of siloxane-based materials, *Chem. Lett.*, **53**, upae025 (2024).

Taiki Hayashi, Miharu Kikuchi, Nanako Murase, Takamichi Matsuno, Natsuhiko Sugimura, Kazuyuki Kuroda, and Atsushi Shimojima, Hexagonal Prismatic Siloxanes Functionalized with Organosilyl Groups as Building Blocks of Nanoporous Materials, *Chem. Eur. J.*, **30**, e202304080 (2024).

4.2 総説・著書

4.3 招待講演

4.4 受賞・表彰

4.5 学会および社会的活動

高分子学会 無機高分子研究会 運営委員長

日本ゼオライト学会 第 39 回ゼオライト研究発表会 実行委員長
国際学会 International Sol-Gel Society (ISGS) Board member

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圧電物質の組成展開を推進する。