

ミクロ多孔体の特異な機能を活用した資源循環化学の開拓

研究代表者 松方 正彦
(先進理工学部 応用化学科 教授)

1. 研究課題

ゼオライトを中心としたミクロ多孔体を材料として、資源循環に貢献する化学の開拓を目指す。プラスチックの資源循環を目的としたケミカルリサイクルのための、ゼオライト触媒開発およびリサイクルプロセスの開発を行った。また、CO₂の回収・利活用や反応分離プロセスの省エネルギー化に資する吸着材および分離膜の開発を行った。

2. 主な研究成果

2.1 プラスチックケミカルリサイクルのためのゼオライト触媒およびリサイクルプロセスの開発

プラスチックの資源循環を目指し、プラスチック（ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン）を触媒分解し、化学品原料に転換するゼオライト触媒およびプロセスの開発を行った。

石油系の炭化水素を溶媒、ゼオライトを触媒として利用することで、プラスチックを効率的に石油化学原料へと転換可能であることを実験的に示した。また、実際の廃プラスチックを用いた試験も行い、本技術の有用性を示した。

本研究の成果については、現在論文投稿中である。

2.2 CO₂分離回収のための金属有機構造体モノリス合成法の開発

気候変動対策のため、省エネルギー・低コストなCO₂の分離回収技術開発が盛んに行われている。我々は、金属有機構造体(Metal Organic Framework, MOF)のモノリスを簡便に合成する技術を開発し、CO₂吸着分離に応用した。図1に本研究で開発したMOFモノリスを示す。

本研究成果については、論文誌(ACS, Appl. Mater. Interface)に掲載されたほか、大学および共同研究先企業のHPより情報発信を行った。

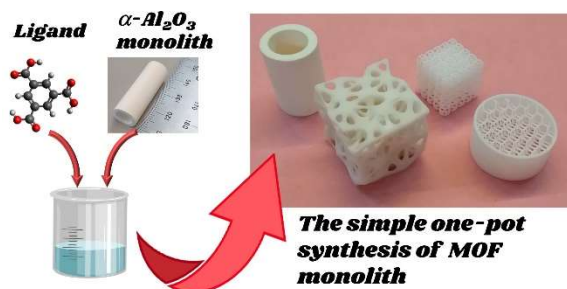


図1 新たに開発したワンポット合成手法により調製したMOFモノリス

2.3 反応と分離の効率化に資するゼオライト膜および膜反応器の開発

ゼオライト分離膜を用いて反応系内から生成物を選択的に除去することで、反応を効率的に進行させる膜反応器を開発した。具体的には、エステル化およびエステル交換反応から水やアルコールを選択的に除去可能なゼオライト膜の開発および膜反応器の構築を行った。図2に膜反応器の概略を示す。

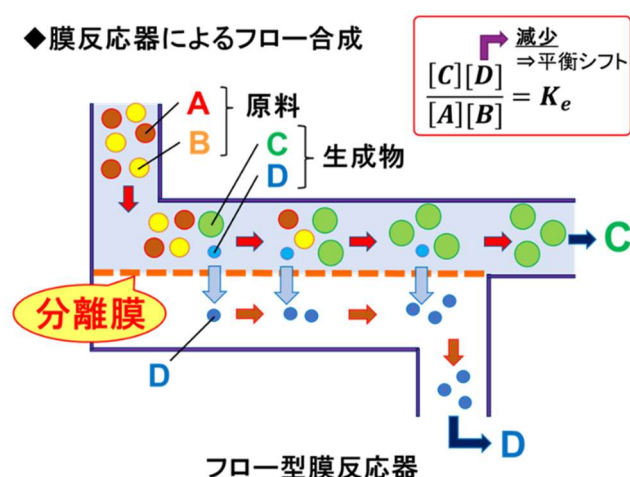


図2 反応の効率化に資する膜反応器の模式図

酸性かつ高温・高圧条件で行われる反応条件下で高い選択性を有するゼオライト膜の開発に成功した。また、膜反応器を用いた場合、従来型反応器と比較して高い収率で目的成分を得られることを実験的に示した。

本研究成果の一部は論文誌(Ind. Eng. Chem. Res.)に掲載された。

3. 共同研究者

酒井 求 (応用化学科 講師 (任期付き))

加茂 徹 (ナノ・ライフ創新研究機構 主任研究員)

4. 研究業績

4.1 学術論文

M. Sakai, Y. Sekine, M. Matsukata, Transesterification of Methyl Acetate Using a Flow-Type Membrane Reactor with a Zeolite Membrane. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2023, 62, 12191-12198.

M. Sakai, Y. Nomura, M. Matsukata, Strategy of Development on Zeolite Membrane for Forward Osmosis Operation; Effects of Structural Parameter of Support Layer and Si/Al Ratio of ZSM-5 Layer on Water Flux. *J. Eng. Chem. J.* 2023, 56, 2251529.

M. Sakai, H. Hori, T. Matsumoto, M. Matsukata, One-Pot Synthesis Method of MIL-96 Monolith and Its CO₂ Adsorption Performance. *ACS Appl. Mater. Interface* 2023, 15,

22395-22402.

根岸恵利、酒井求、松方正彦、ゼオライト正浸透膜を用いた水中からの重金属除去、*膜*、2023、48、80-81

4.2 総説・著書

酒井求、松方正彦、ゼオライト膜の結晶積層構造が透過分離特性に与える影響に関する研究、*膜*、2024、49、41-45

酒井求、ゼオライト膜の合成と利用に関する最近の動向、粉体および粉末冶金、in press

4.3 招待講演

(Invited talk) M. Sakai, Zeolite membrane for hydrocarbon separation by molecular sieving effect. The 21st Kuwait/Japan Joint Symposium, Feb. 2024

(Requested talk) M. Sakai, M. Matsukata, Separation properties of ZSM-5 membranes with Al distribution control. SCEJ 89th Annual Meeting, Mar. 2024

(Plenary Lecture) M. Matsukata, The 9th International Zeolite Membrane Meeting (IZMM2023), October 23-27, 2023, Nanjing, China

4.4 受賞・表彰

酒井求、2023 年度日本膜学会膜学研究奨励賞、ゼオライト膜の結晶積層構造が透過分離特性に与える影響に関する研究、日本膜学会、2023

M. Matsushita, M. Sakai, T. Kamo, M. Matsukata, Excellent presentation award, Catalytic decomposition of polypropylene in petroleum-based solvents. 8th Asia-Oceania Conference on Green and Sustainable Chemistry.

松下真大、加茂徹、酒井求、松方正彦、重質軽油中におけるポリプロピレン、ポリスチレン混合物の触媒分解、化学工学会第 89 年会優秀学生賞、化学工学会、2023

橋本一也、酒井求、松方正彦、スピネル酸化物と SSZ-13 からなるタンデム触媒を用いた CO₂ からの炭化水素合成、化学工学会第 89 年会優秀学生賞、化学工学会、2023

4.5 学会および社会的活動

公益社団法人化学工学会 会長、公益社団法人石油学会 理事、一般社団法人日本膜学会 理事、公益社団法人日本工学会 フェロー

周南コンビナート脱炭素推進協議会グランドデザインワーキング議長

公益社団法人新化学技術推進協会グリーン・サステナブルケミストリーネットワーク運営委員長

5. 研究活動の課題と展望

2050 年にカーボンニュートラル社会を実現するため、化学工学分野における学術とプロセスの創成を引き続き目指す。新規 CO₂ 資源化プロセスや実廃プラスチックのケミカルリサイクルを実現する触媒分解プロセスの開拓にさらに注力して研究を推進する。