

# マイ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

ゼオライトおよび金属有機構造体 (Metal-Organic Framework) を中心としたマイ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的とする。環境調和型かつ低コスト、スケラブルなマイクロ多孔体の合成手法の開発を行うとともに、触媒や吸着材、分離膜としての応用に関する研究を行った。

## 2. 主な研究成果

### 2.1 環境調和型低コスト法によるゼオライト合成

ゼオライト合成において、4級アンモニウム等の有機物の使用がコストおよび環境負荷の面から課題となっている。本研究では、有機物を使用しない beta 型ゼオライト合成手法を開発し、その固体酸触媒としての特性評価を行った。その結果、有機物を使用せず合成した beta 型ゼオライトが、高い結晶化度や細孔容積を有することを明らかにした。

### 2.2 MOF の環境調和型低コスト連続合成法の開発

従来型の MOF 合成は、主として多量の有機溶媒を用いたバッチ式合成で行われている。本研究では、水を溶媒とし連続槽型反応器を用いることで、低コストかつスケラブルな合成手法を検討した。本手法により複数種類の MOF を合成することに成功した。

本成果は、現在共同研究先企業と特許化を進めている。

### 2.3 ミクロ多孔体によるアプリケーション開拓

ゼオライトおよび MOF を用いて、資源循環に資するアプリケーションの開拓を行った。例えば、有機物を使用せず合成した beta 型ゼオライトは、ポリオレフィンの分解において、高い触媒性能を有することを明らかにした[研究業績(4.1.1)]。また、ゼオライトによる自動車排ガス中の炭化水素吸着分離に用いた[研究業績(4.1.2)]。図1に beta ゼオライトへの炭化水素 (プロピレン) の吸脱着挙動を示す。ゼオライト膜による各種ガス分離や水溶液分離についても検討を行った[研究業績(4.1.3, 4.2.1)]。図2に MOR 型ゼオライト膜による水/酢酸分離原理について示す。

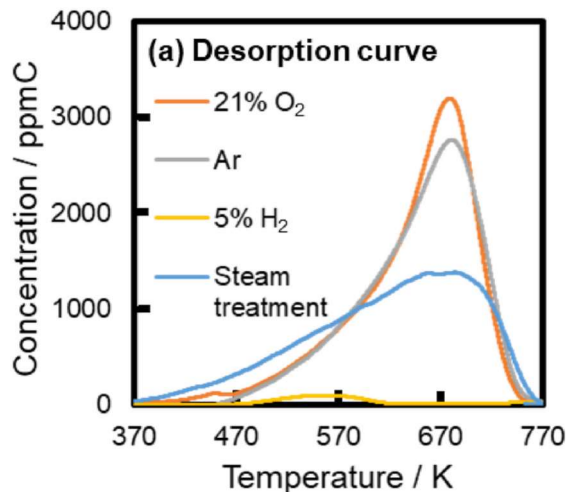


図1 Ag-beta ゼオライトへのプロピレン吸脱着挙動。

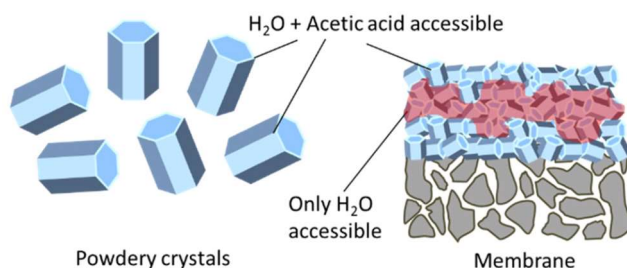


図2 水／酢酸分離用 MOR ゼオライト膜のマイクロ構造制御と分離原理の解明

### 3. 共同研究者

酒井 求 (応用化学科 講師 (任期付き))

山崎 康夫 (招聘研究員)

中田 修一 (招聘研究員)

### 4. 研究業績

#### 4.1 学術論文

4.1.1. M. Sakai, M. Matsushita, T. Omata, K. Miura, E. Miura, T. Kamo, Y. Kawatani, H. Masuda, S. Suganuma, N. Katada, M. Matsukata, Polypropylene Decomposition in Petroleum-based Solvents over Beta Zeolite toward Chemical Recycling. *J. Jpn. Petrol. Inst.* 68 (2025) 259-267.

4.1.2. K. Kume, M. Sakai, M. Matsukata, Durability of Ag-Beta against reduction conditions and steam treatment for HC trap. *Micropor. Mesopor. Mater.* 399 (2026) 113871.

4.1.3. M. Sakai, Y. Imanishi, M. Narashima, M. Seshimo, M. Matsukata, Effect of Microstructure in MOR Membrane on its Adsorption and Permeation Properties for Water and Acetic Acid. *Environ. Microb. Technol.* 1 (2025) 3.

#### 4.2 総説・著書

4.2.1. M. Sakai, Y. Koshiishi, A. Okada, K. Kawanishi, K. Masuda, M. Matsukata, A Review of Strategies for Developing Zeolite Membranes: From a Microstructure to a Membrane Module. *Cryst. Growth Des.* 25 (2025) 5584-5620.

#### 4.3 招待講演

松方正彦、膜分離プロセスの基礎と CO<sub>2</sub>・水素などの活用に向けた最新動向・将来展望、サイエンス&テクノロジー社オンラインセミナー、2025年4月23日

松方正彦、Hard to Abate な化学産業のカーボンニュートラル化への Challenge、京大東京工工会、東京、2025年4月23日

Masahiko Matsukata, Prospects of Zeolite Membranes and Membrane Reactors, 21<sup>st</sup> International Zeolite Conference (21IZC), Dalia, China,

Masahiko Matsukata, Tailoring Zeolite Properties for Carbon Circularity: From Plastic Depolymerization to Feedstock Recovery and Beyond, Psot-Conference Forum, 21<sup>st</sup> IZC, July 19-21, Qingdao, China

松方正彦、石油化学原料化プロセス開発①～石油精製プロセスを活用した新しいケミカルリサイクル～、第56回新産業技術促進検討会シンポジウム「NEDO『革新的プラスチック資源循環 プロセス技術開発』プロジェクト報告会」、オンライン、2025年6月13日

ゼオライト分離膜の合成技術と応用に関する研究、石油学会賞受賞講演、2025年5月26日、東京 Masahiko Matsukata, Acid-catalyzed cracking of waste plastics to naphtha, International Conference on Green & Sustainable Chemistry, ICGSC2025, Eötvös Loránd University, Budapest, Hungary, June 1-5, 2025

松方正彦、膜分離プロセスの基礎と CO<sub>2</sub> 分離に向けた最新動向・将来展望、技術情報協会オンラインセミナー、2025年6月12日

Masahiko Matsukata, Zeolite-catalyzed decomposition of polypropylene into naphtha fractions, 29th Annual Green Chemistry & Engineering Conference, Pittsburgh, USA, June 23-26, 2025

松方正彦、「プラスチックリサイクル」「ケミカルリサイクル」の国際的最近動向 及び NEDO 成果に見る日本の技術開発と課題、JPI（日本計画研究所）、2025年7月09日、東京

Masahiko Matsukata, Beyond (Conventional) Technology: Expanding Role of Chemical Engineers in Carbon-Neutral Transition, 12th World Congress of Chemical Engineering (WCCE12), 21st Asian Pacific Confederation of Chemical Engineering Congress 2025 (APCCHE2025), Beijing, China, July 17, 2025

松方正彦、プラスチックのケミカルリサイクル技術開発と今後の課題、日本産業機械工業会セミナー、2025年9月9日、東京

松方正彦、ゼオライト触媒を用いた廃プラスチックのケミカルリサイクルの可能性、触媒学会第136触媒討論会、2025年9月17日、仙台、東北大学

Masahiko Matsukata, Conversion of Plastics into Chemical Resources over Zeolite Catalysts, Aramco-JPI/JCCP Technology Exchange Workshop, Sustainable Energy and Circular CAvenue, Aramco Carbon Solutions, November 10, 2025, Saudi Arabia

松方正彦、カーボンニュートラルに向けた膜利用の展望、メンブレンリアクター開発に関する最近の進捗と展望、ニューメンブレンテクノロジーシンポジウム、2025年11月17日、東京、早稲田大学

サプライチェーンを活用した CN 化への取り組み、C3N&CVC 合同公開シンポジウム、2025年11月21日、東京、早稲田大学

松方正彦、廃プラスチックリサイクルの現在地と資源循環に向けての課題、JPI（日本計画研究所）2025年12月12日、東京

松方正彦、分離膜の基礎と分離技術への展開およびゼオライトを用いた CO<sub>2</sub> 分離技術の展望、サイエンス&テクノロジー オンラインセミナー、2026年2月10日

松方正彦、プラスチックにかかわる資源循環とカーボンニュートラル化の実現に必要な技術と制度に関する一考察、関西化学工業協会、2026年3月5日、大阪

#### 4.4 受賞・表彰

4.4.1. 長尾麻里、酒井求、松方正彦、silicalite-1 膜の支持体がエタノール/水分離性能へ与え

る影響、化学工学会第 91 年会、優秀学生賞

4.4.2. 岡田篤門、酒井求、松方正彦、Co 系触媒を用いた CO<sub>2</sub>からの Fischer-Tropsch 合成における膜反応器による副生水の除去、化学工学会第 91 年会、学生奨励賞

4.4.3. 三浦健生、酒井求、松方正彦、ゼオライト触媒を用いた HDPE 分解におけるメソ孔および酸性質の効果、化学工学会第 91 年会、学生奨励賞

4.4.4. Motomu Sakai, Microtrac Scientific Challenge 2025 Third Prize, Study on the effect of crystallinity, morphology, and missing linker of MOFs on their adsorption/desorption properties, Microtrac Retsch GmbH, 2025 年 9 月

#### 4.5 学会および社会的活動

公益社団法人化学工学会 産業界連携委員会委員長

公益社団法人新化学技術推進協会 (JACI) / GSCN (グリーンサステイナブルケミストリーネットワーク) 運営委員会 委員長

公益社団法人石油学会 理事

公益社団法人日本工学会 フェロー

公益社団法人日本化学連合 副会長

一般財団法人日本膜学会理事

ISO TC28/SC7 (液体バイオ燃料分科会) 国内委員会委員長

一般財団法人カーボンニュートラル燃料技術センター (JPEC) 評議員

JCCP 国際石油・ガス・持続可能エネルギー協力機関 評議員

### 5. 研究活動の課題と展望

2050 年のカーボンニュートラル社会実現のため、化学工学分野における学術とプロセスの創製を引き続き目指す。あらたな CO<sub>2</sub>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ための触媒分解プロセスの開拓に注力して研究を推進する。