



CO₂回収に向けた材料開発

関西大学 樋口雄斗

この度は、ニュースレターでの研究紹介の機会を設けていただき、誠にありがとうございます。私は学生時代から、田中俊輔教授が主宰する関西大学分離システム工学研究室において、多孔質材料の1種である「ゼオライト」の合成とガス・液体分離プロセスへの応用に取り組んでおります。本稿では、私が行ってきた研究の一部として、ゼオライトが示す特異な CO₂ 吸着挙動について紹介いたします。

ゼオライトは、結晶性の多孔質アルミノケイ酸塩と定義される無機多孔質材料の1種です。ゼオライトの骨格は、Si または Al が O を介して連鎖的に結合することで形成され、内部には数 nm の規則的なナノ空間とそれに通ずる均一な細孔が存在しています。また、ゼオライト骨格内の1つの Si を Al に同型置換すると、その電荷補償としてカチオンを内包することができます。電荷補償カチオンは四極子モーメントを有する CO₂ と静電的に相互作用するため、ゼオライトは CO₂ の吸着分離材料として利用できます。一般的にゼオライトは、低圧側で CO₂ を多量に吸着したのちに飽和吸着量に達する、「I型」とよばれる吸着等温線を示します。一方で、本研究で合成した PHI 型ならびに GME 型とよばれるゼオライトは、ある閾圧力で吸着量が急激に増加するステップ状の吸着等温線を示しました。中でも興味深いのは、これらの特徴的な CO₂ 吸着挙動がゼオライトの「構造柔軟性」または「細孔内カチオンの移動」によって生じることです。実際に、大型放射光施設 SPring-8 の BL02B2 におけるガス吸着下での粉末 X 線回折測定によって、Cs⁺を

内包した PHI 型ゼオライトが CO₂ 吸着量の増加と同時に結晶構造が三斜晶系から直方晶系へ変化することを見出しました(図 1a) [1,2]。一方で、Na⁺を内包した GME 型ゼオライトでは、CO₂ の吸着に伴いゼオライト内部の Na⁺イオンが gme ケージ入口から移動します。その結果、CO₂ が gme ケージ内に拡散・吸着し、2段階目の CO₂ 吸着量の増加が生じることが明らかとなりました(図 1b) [3]。現在は、これらのゼオライトの実 CO₂ 回収プロセスへの利用に向けて、CO₂ の吸着量が急激に増加する圧力(ゲート圧とよぶ)の制御手法ならびに吸着材として利用するためのペレット化手法の確立に取り組んでいます。カーボンニュートラル実現のためには、いかに CO₂ を効率良く、かつ、純度高く回収できるかが重要になります。本研究がその礎になることを願い、今後も研究に精進する所存でございます。

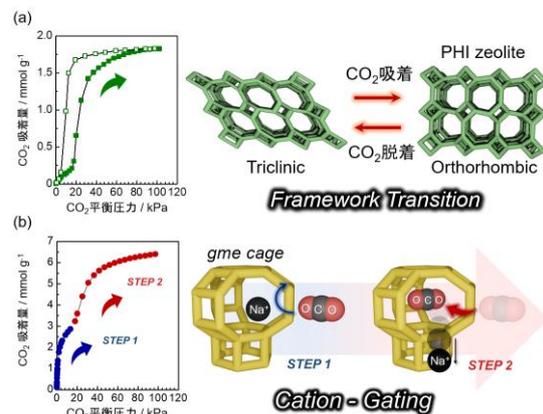


図 1 ゼオライトが示すステップ状の吸着挙動 (a) Cs⁺-PHI 型ゼオライト, (b) Na⁺-GME 型ゼオライト

[1] Y. Higuchi et al., *CrystEngComm* 2022, **24**, 3859-3864.

[2] Y. Higuchi et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2023, **15**, 38463-38473.

[3] Y. Higuchi et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2025, **17**, 69795-69806.