

環境研究総合推進費 終了後評価
課題番号：2RF-2001
体系的番号：JPMEERF202R01
2020年度~2022年度
重点課題7,4、行政ニーズ1-4

Discover
Excellence.



東京大学
THE UNIVERSITY OF TOKYO

ルイス酸性ゼオライトを用いた CO₂高選択吸着剤の開発

伊與木健太

東京大学 大学院工学系研究科

背景

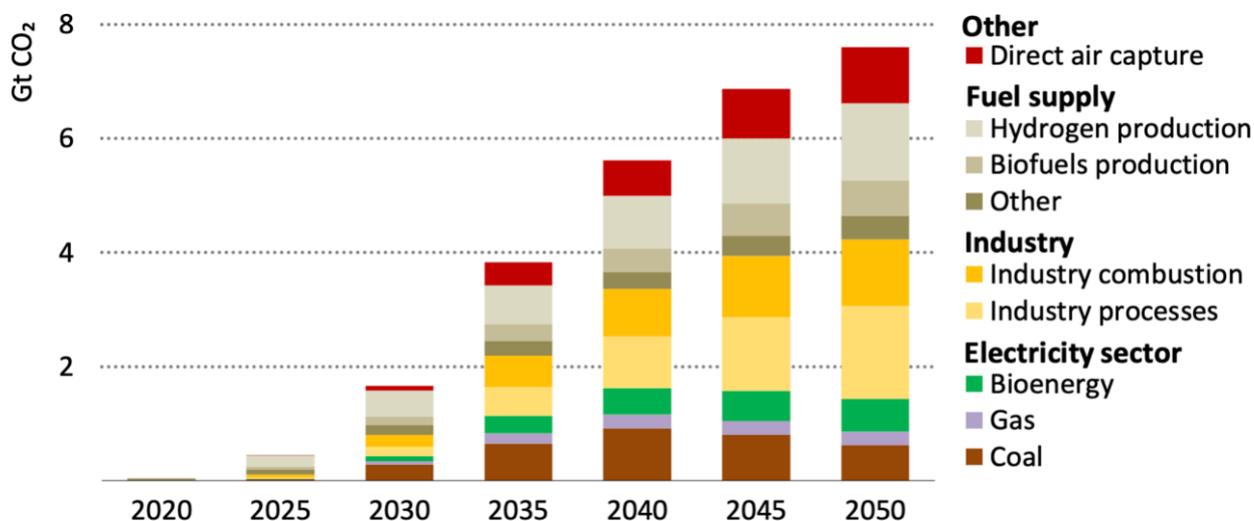
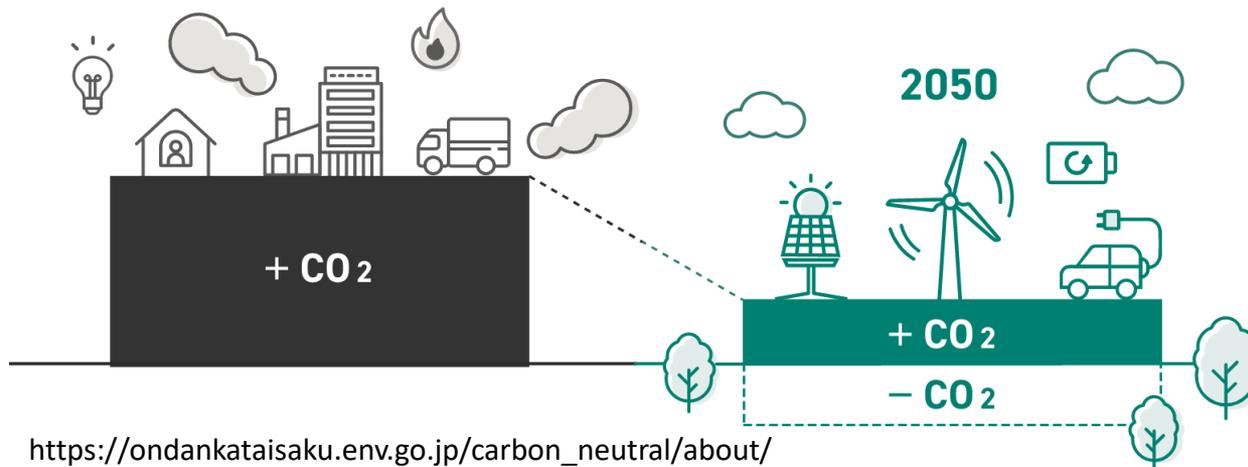
資源・エネルギー庁「CO₂回収、利用に関する今後の技術開発の課題と方向性」

2



2020年以降の加速度的変化

2050年までのカーボンニュートラル宣言（2020年10月）

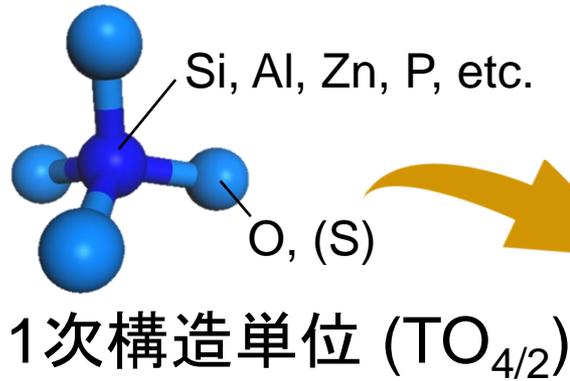


Direct air captureの必要性
例：米国インフレ抑制法

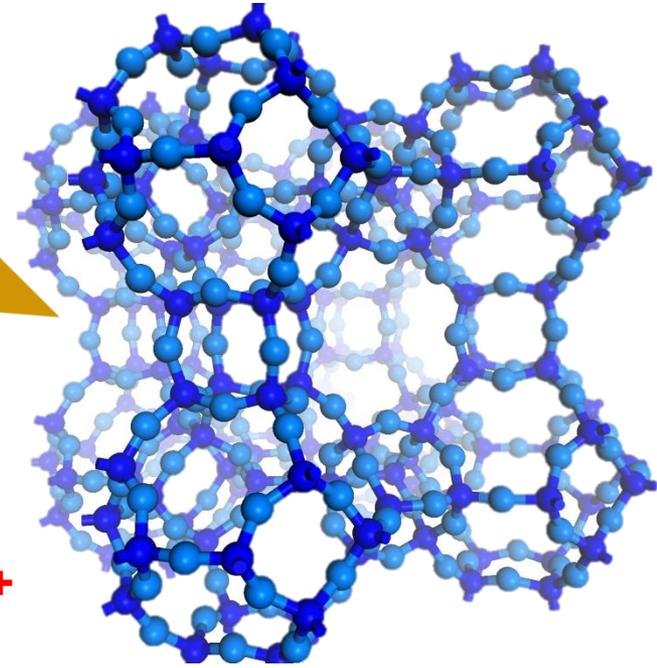
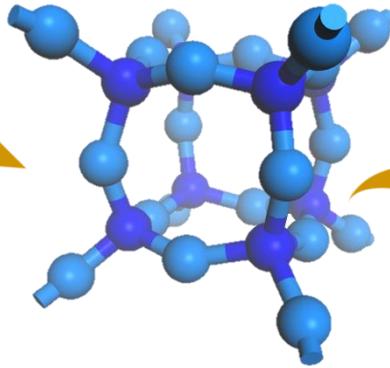


ゼオライト

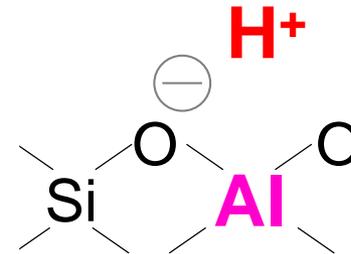
4



2次構造単位



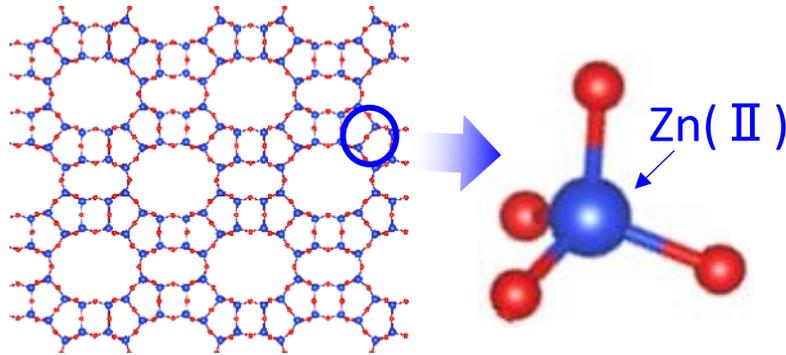
- ・2 nm以下の規則的細孔
- ・多様な骨格構造 (>250種類)
- ・高比表面積・大細孔容量
- ・他の吸着剤よりも高い耐久性



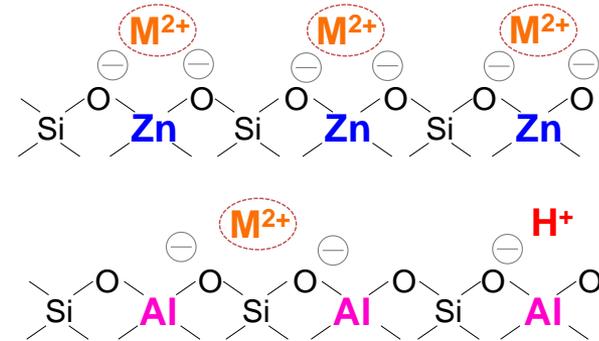
通常はアルミノシリケート(ブレンステッド酸)
→ヘテロ金属の導入 (Ti, Sn, Zn, etc) によりルイス酸



Zn含有ゼオライト

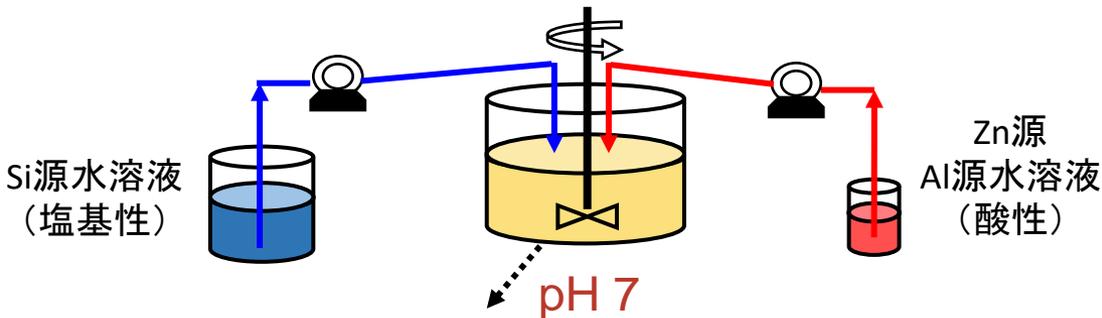


2価のイオン交換サイト



高Zn含有量へ向けた前駆体調製法

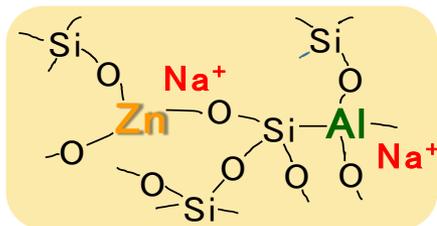
中和反応を利用した共沈手法



メカノケミカル法



<http://www.fritsch.co.jp/p6.html>



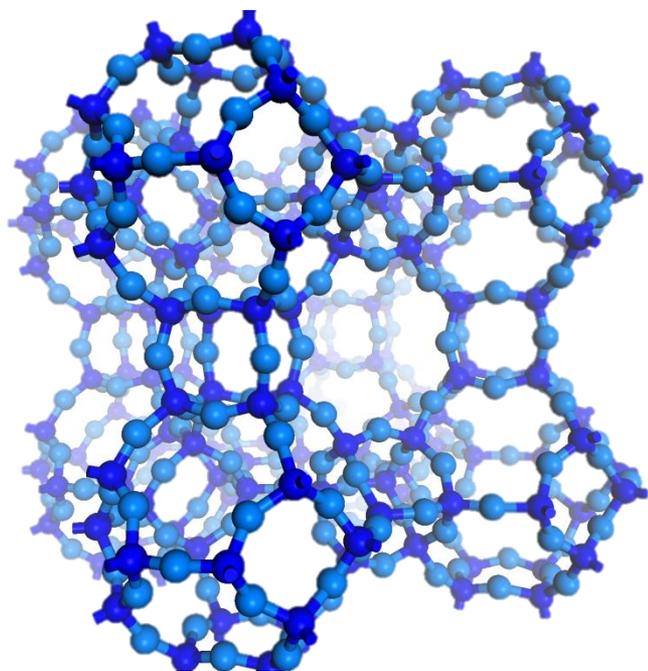
- Zn種・Al種がゲル中に分散
- 酸化亜鉛等の生成を防ぎ、ゼオライトへの亜鉛導入に有利



ゼオライト原料として用いる

耐久性、コスト面から無機系のゼオライト吸着剤に着目

➡ 平衡吸着量だけでなく、再生の容易さや選択性も重要



再生方法

- ・ 温度スイング (TSA)
- ・ 圧力スイング (PSA、VSA)

組成や構造の影響

- ・ 吸着量
- ・ 選択性
- ・ 吸着速度

研究目標・計画および達成状況

全体目標：高吸着容量・高選択性を両立するCO₂吸着剤の開発
サブテーマ1：ルイス酸性ゼオライトを用いたCO₂高選択吸着剤の開発

目標	
吸着点の大量導入 骨格金属種導入量3 wt%	Znを大量導入可能：17 wt% 目標を上回る成果
CO ₂ 吸着挙動の解明 金属導入量、吸着量、脱着率の相関	Zn導入により脱着率の飛躍的向上 後処理による吸着速度向上 目標を大きく上回る成果
吸着剤の最適化：75 mg-CO ₂ /g-zeolite	飽和吸着量：107 mg-CO ₂ /g-zeolite が極低濃度での高い吸着容量（107 mg-CO ₂ /g-zeolite） 目標を大きく上回る成果

当初の計画を大きく上回る成果が得られた



吸着剤の合成

- ・ 吸着点導入量
- ・ 骨格構造
- ・ 親疎水性
- ・ 耐久性 etc.



吸着特性評価

- ・ 吸着量
- ・ 脱着率
- ・ 吸着熱
- ・ 繰り返し特性 etc.

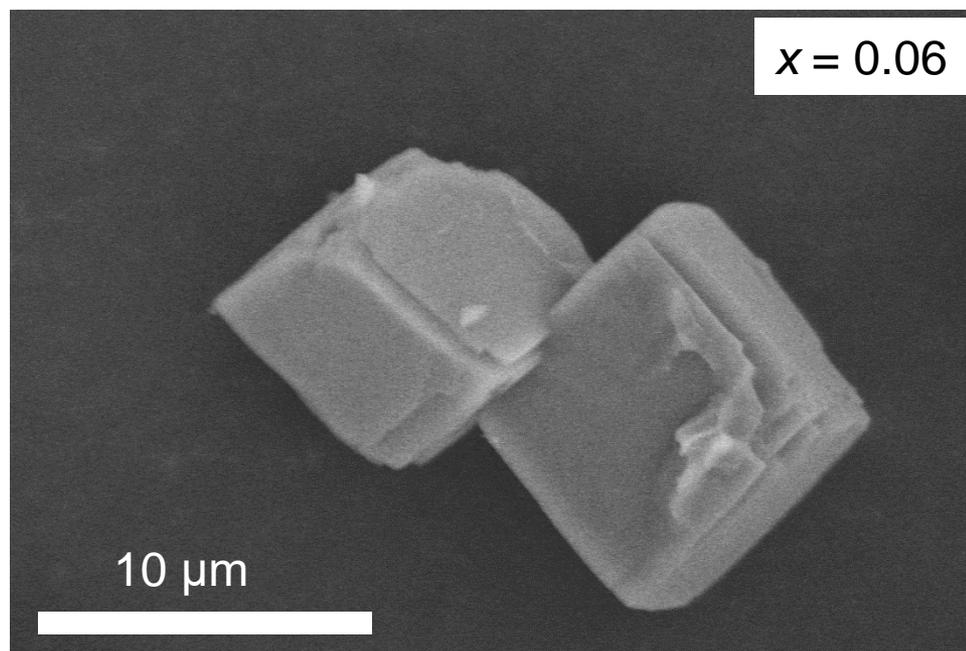
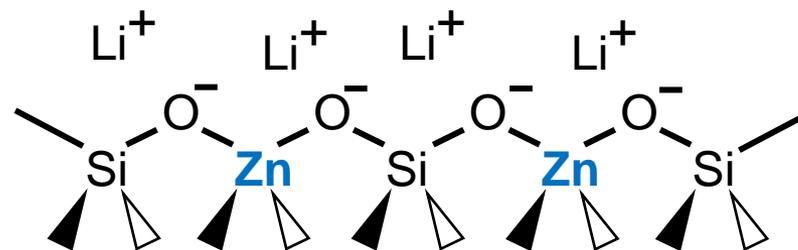
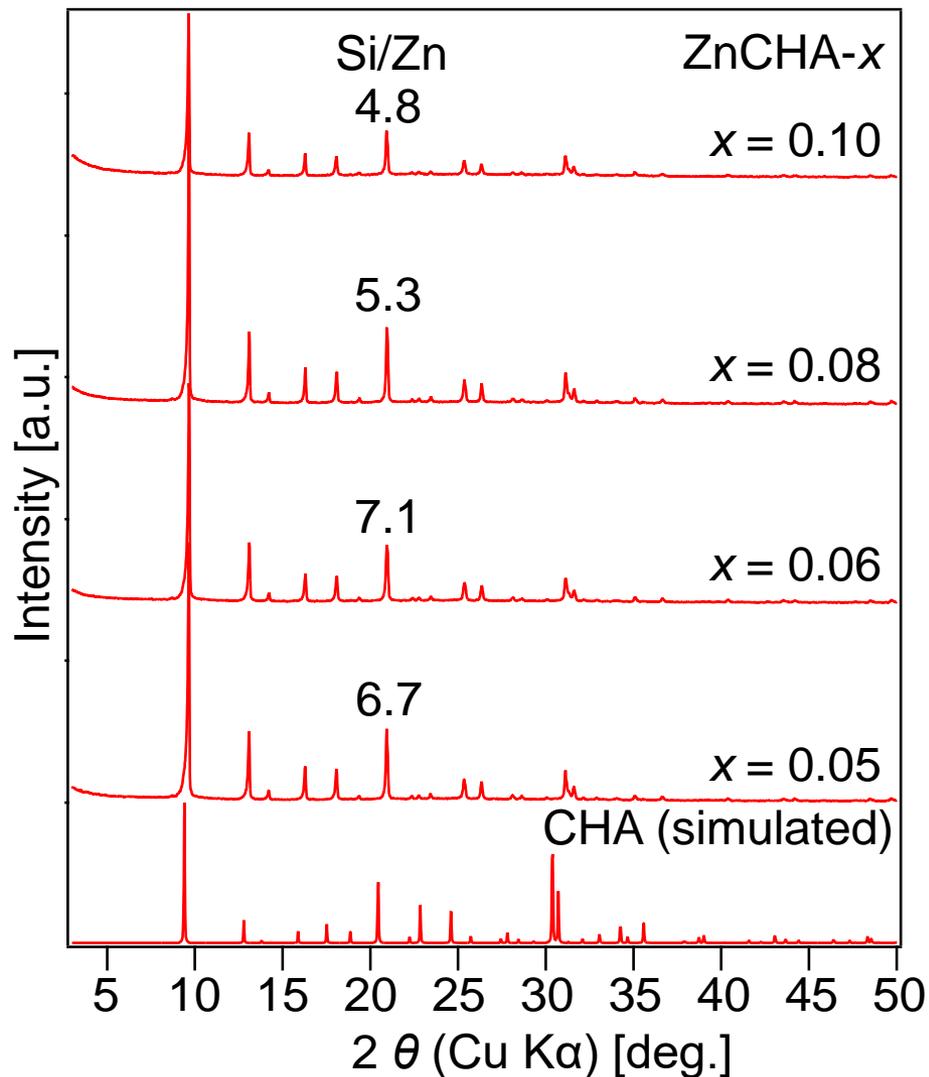
実験支援

企業へのヒアリング、コスト計算、計算機支援

CHAジンコシリケートの合成

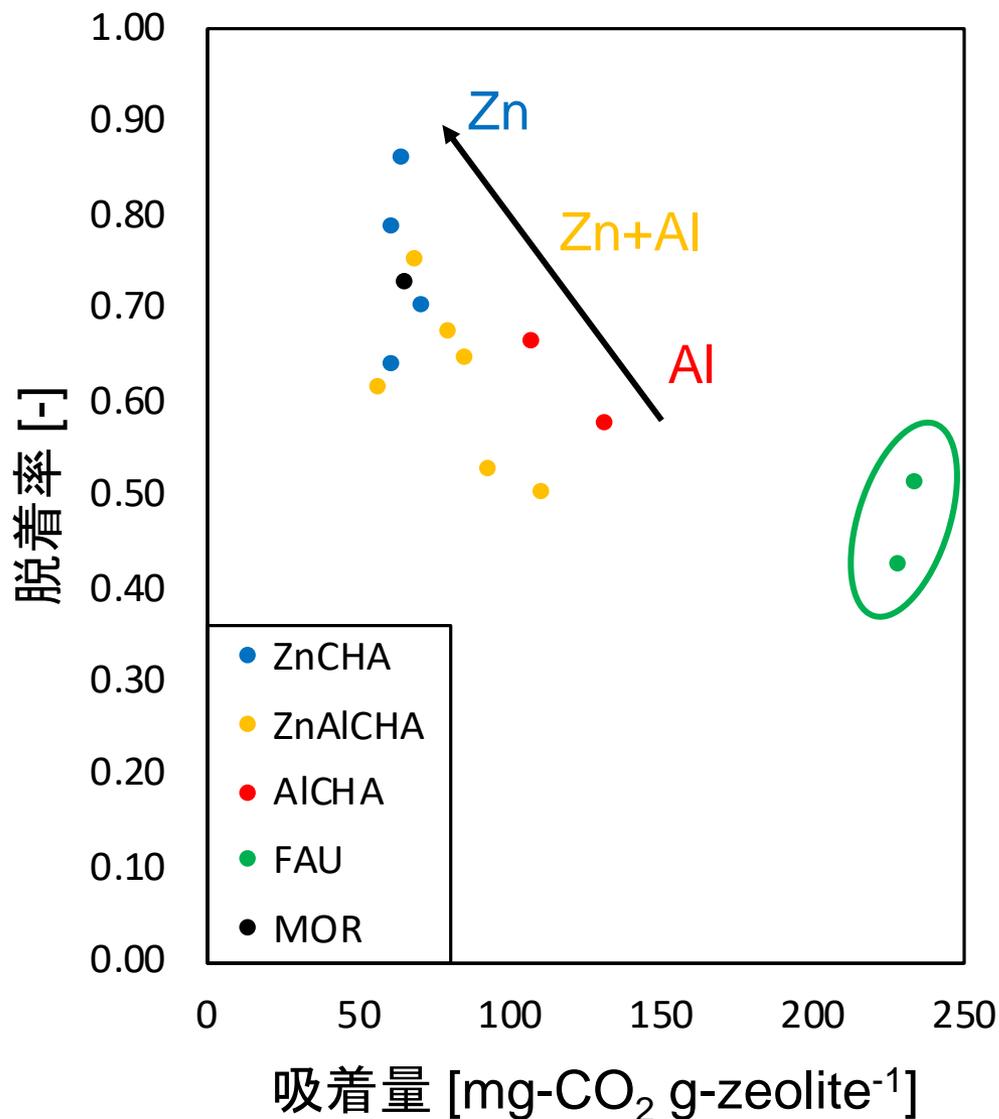
9

1 SiO₂ : x ZnO : 0.42 TMAOH : 0.08 LiOH : 30 H₂O 5 wt.% seed



温度スイング法による評価

10



▶ FAU

大きい吸着量
低い脱着率

▶ AlCHA

▶ ZnAlCHA

▶ ZnCHA

吸着量減少
脱着率上昇

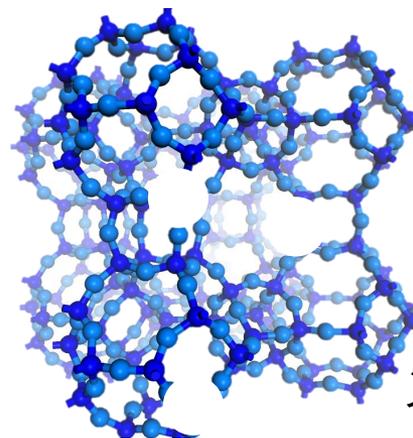
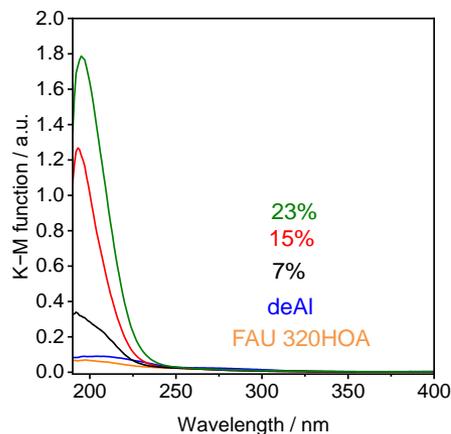
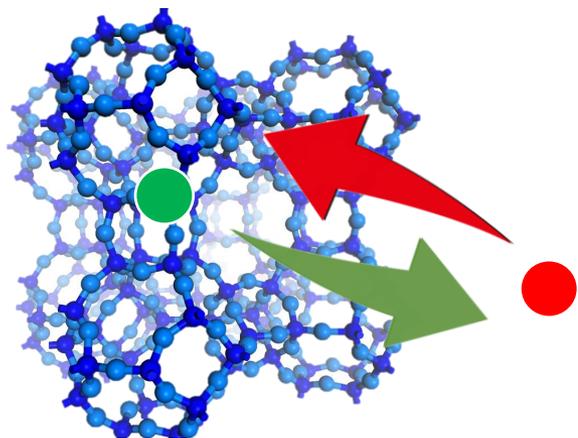
Zn、Alが吸着に影響



後処理による高機能化

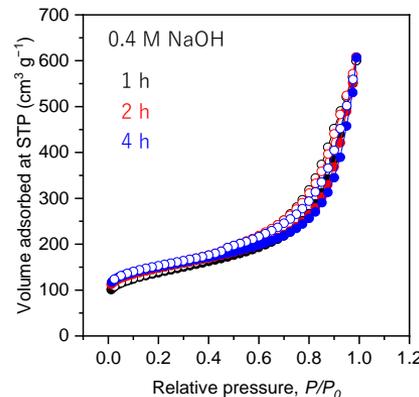
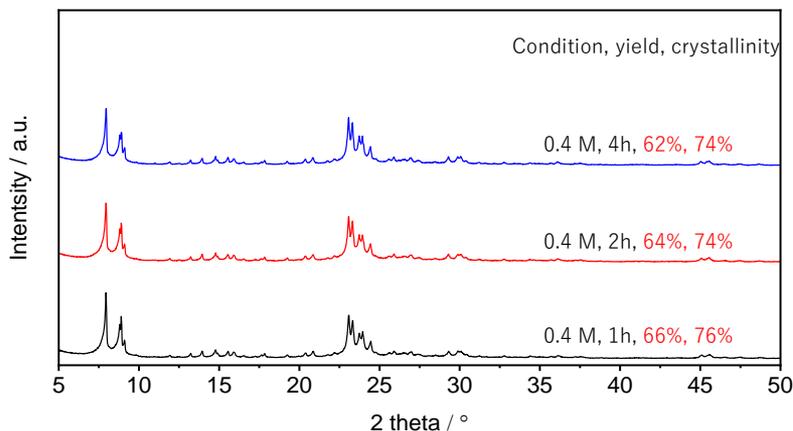
11

組成最適化：Al、Znなどの導入、脱離

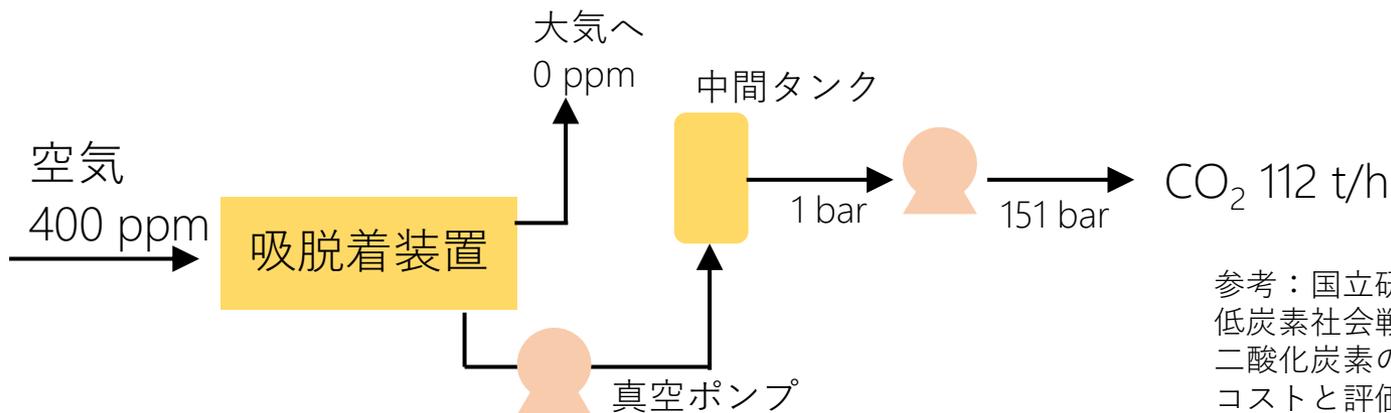


欠陥修復

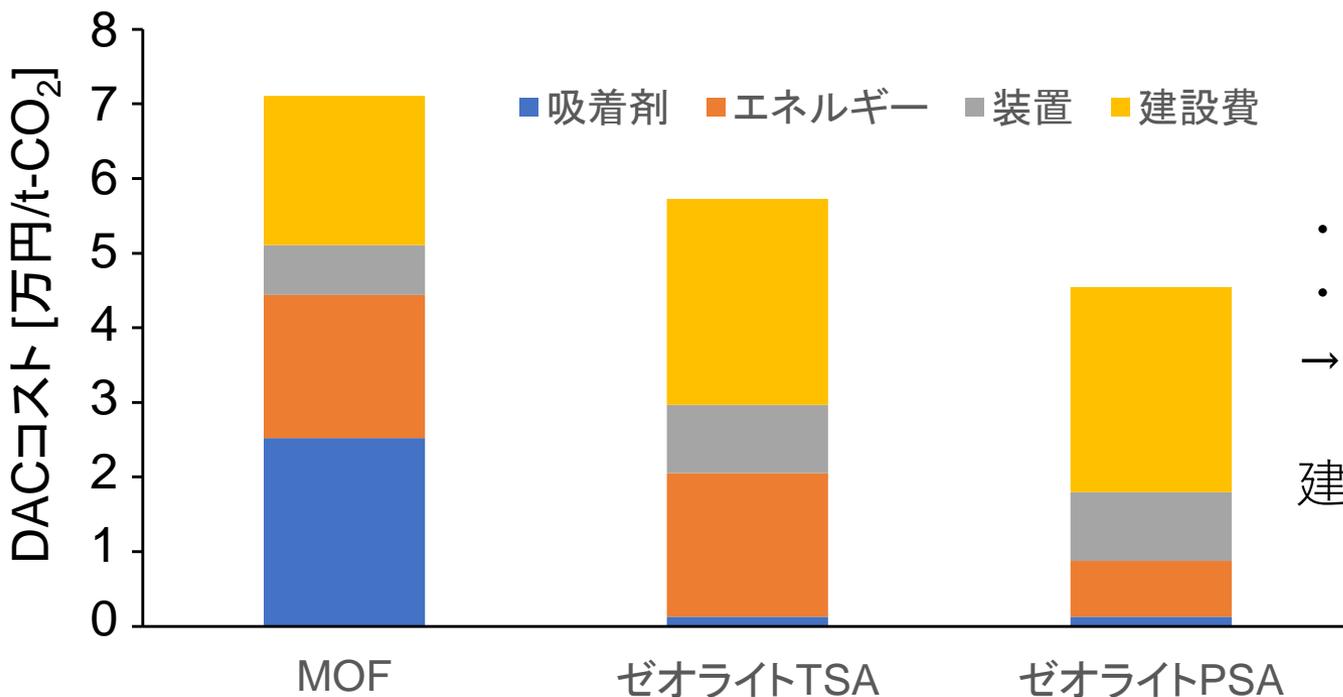
メソ孔導入、ナノ粒子化：拡散性向上



プロセス評価



参考：国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター
二酸化炭素のDirect Air Capture (DAC) 法の
コストと評価 (Vol.2)



- ・ 材料コスト
- ・ 脱着エネルギー
- ゼオライトにメリット

建設費の高さに課題



経済産業省 2050年カーボンニュートラルに向けた若手有識者研究会 委員

環境課題解決へ取り組む企業（フタバ産業株式会社）との共同研究スタート

気候変動へ対応し、DACにチャレンジするスタートアップを年内に設立予定

R. Oishi, et al., Journal of CO2 Utilization, in press, 2023 (IF 8.3)

国内外の学会における口頭発表16件

エコプロonline2021におけるビデオ講演公開、他4件の国民との対話

化学工学会研究奨励賞（内藤雅喜記念賞）