

50°C以下の低温で駆動するDirect Air Capture用二酸化炭素吸放出材

鳥取大学 工学部 化学バイオ系学科
講師 津野地 直

2026年3月5日

自己紹介

講師 津野地 直 (37歳)

学歴

2015年修了

広島大学大学院工学研究科 博士課程

経歴

2015年4月~2025年2月

広島大学先進理工系科学研究科
応用化学プログラム 定金研究室

2017年5~9月

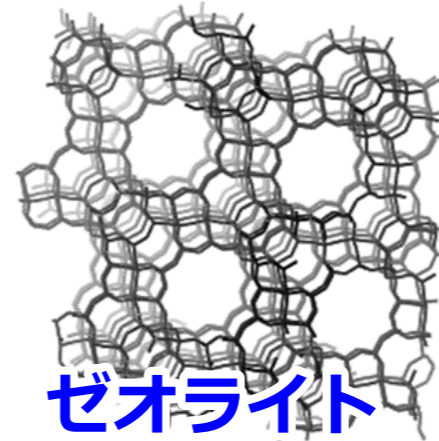
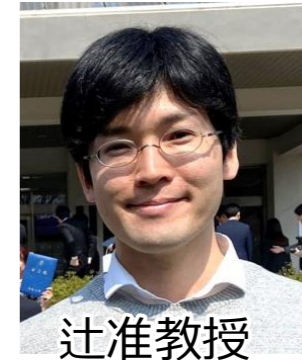
Jiří Čejkaグループ (チェコ) 滞在

2025年3月~

鳥取大学工学部化学バイオ系学科
片田グリーン触媒研究室

趣味

野球観戦(カープ)→家族と庭いじり



分子大の
細孔を持つ
酸化物
(細孔材料)

津野地が着目している応用分野：

触媒、吸着材、CO₂削減・利用、バイオマス変換、自動車排ガス処理、環境浄化、部分酸化、プロセス強化

産学連携の経歴

- 2020年-2025年 **NEDO未踏チャレンジ事業に採択**「二酸化炭素回収と資源化の複合化技術開発」
- 2022年-2023年 **NEDO 官民による若手研究者発掘支援事業（マッチングフェーズ）に採択**「流動的な社会ニーズに対応するゼオライトのオンデマンド合成」
- 2022年-2024年 **広島県カーボンリサイクル関連技術研究開発支援事業補助金に採択**「カーボンリサイクル普及のための省エネ型材料の開発」
- 2022年-2027年 **NEDO 官民による若手研究者発掘支援事業（共同研究フェーズ、3件）に採択**「流動的な社会ニーズに対応するゼオライト/二酸化炭素吸着材/排ガス浄化材料のオンデマンド合成」
- 2023年-2028年 **NEDO GI基金 CO2等を用いた燃料製造技術開発プロジェクトに採択**「乗用車および重量車の合成燃料利用効率の向上とその背反事象の改善に関する技術開発」（分担）
- 2025年-2027年 **NEDO 脱炭素社会実現に向けた省エネルギー技術の研究開発・社会実装促進プログラムに採択**「中小規模CO2排出源向け省エネルギーCO2回収装置の開発」（分担）

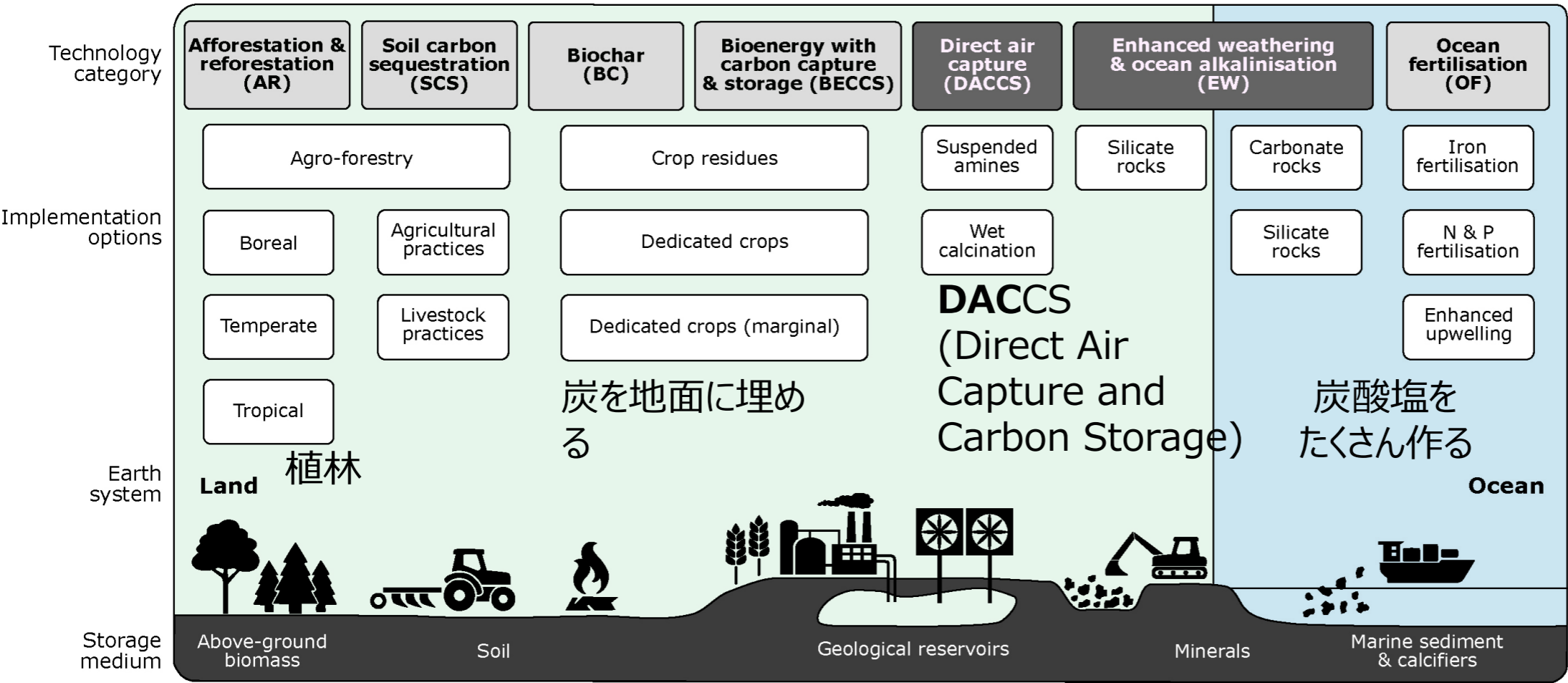
関連PJ

新技術の概要

空気中の二酸化炭素を吸着し極めて低温で放出できる新規な吸着材を開発。アミンと多孔質材料を適切に組み合わせることで、空気中の低濃度（400 ppm）の二酸化炭素を選択的に吸着し、室温（25℃）～50℃という既存材料と比較して極めて低温で放出することが可能。

Negative Emission Technologies

Capture via: Photosynthesis Chemistry



DACで空気中の二酸化炭素を捕集して固定化すると負の排出 = Negative Emission Technologies (NETs)

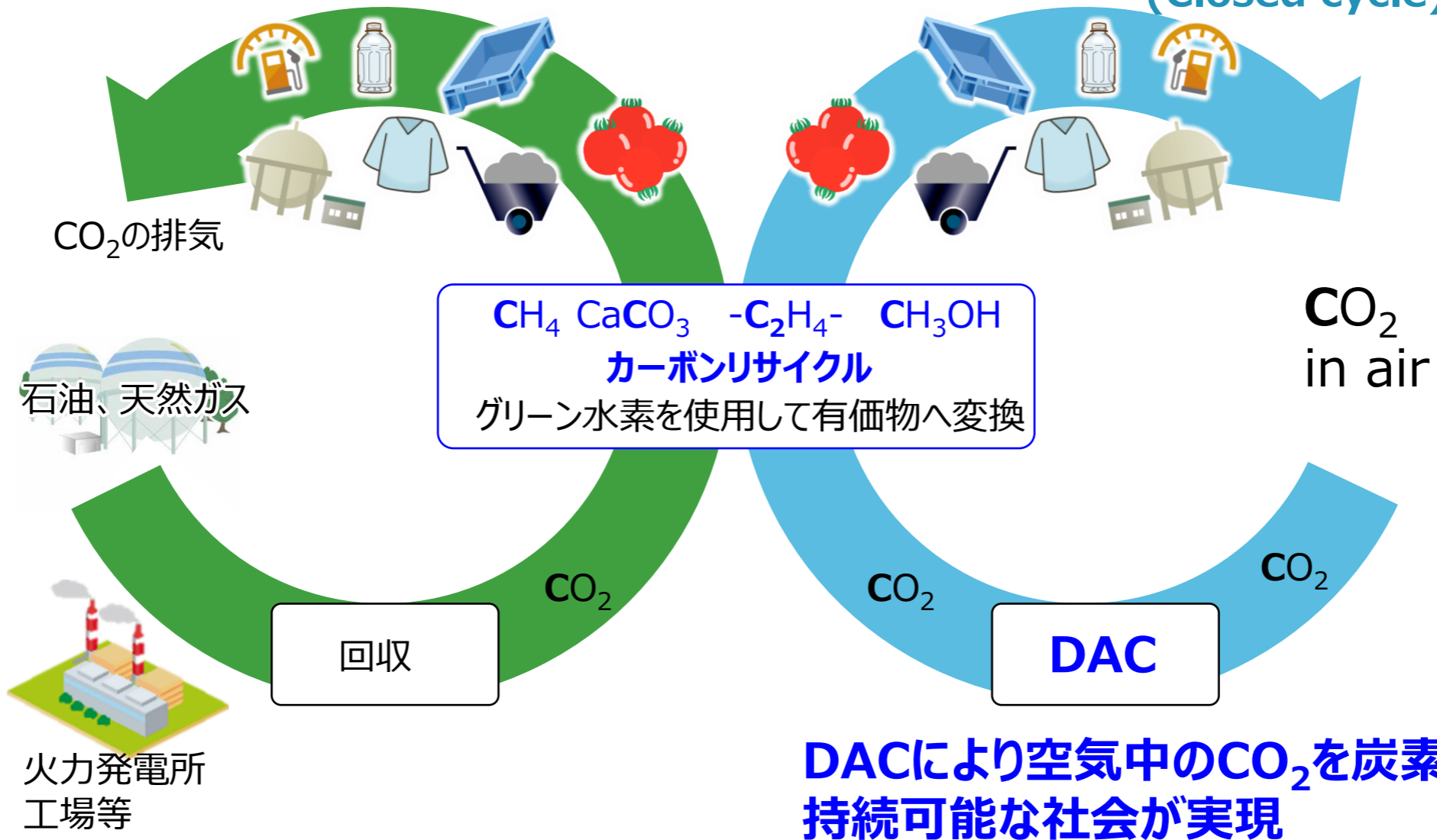
Environ. Res. Lett. 2018, 13, 063001.

DAC : 人工的な負の排出
高コスト, 省スペース ↔ 植林 : 低コスト, 食料との競合

DACと持続可能な社会

化石燃料由来のサイクル

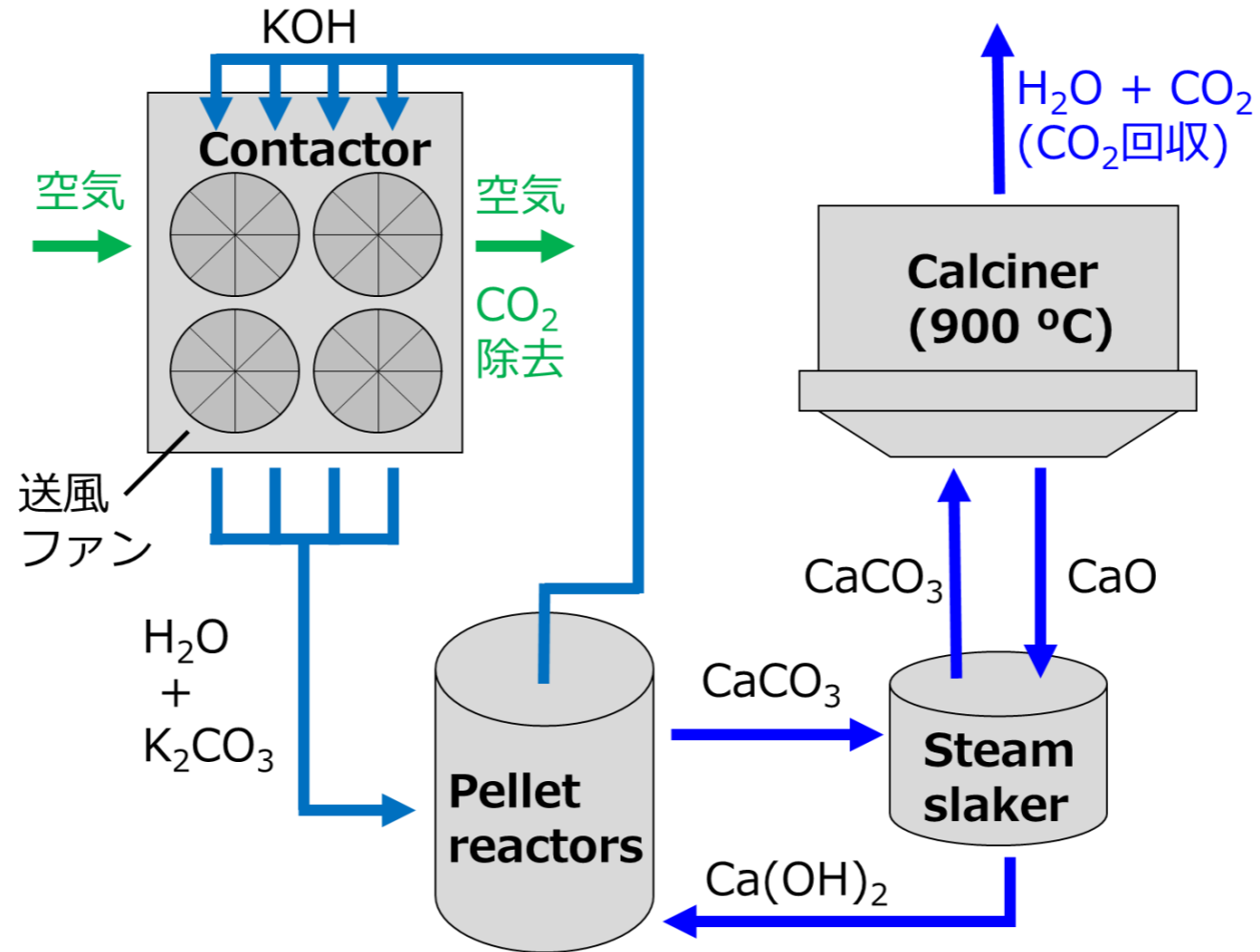
DAC由来の持続可能なサイクル
(Closed cycle)



従来技術とその問題点

DAC
(Carbon
engineering)

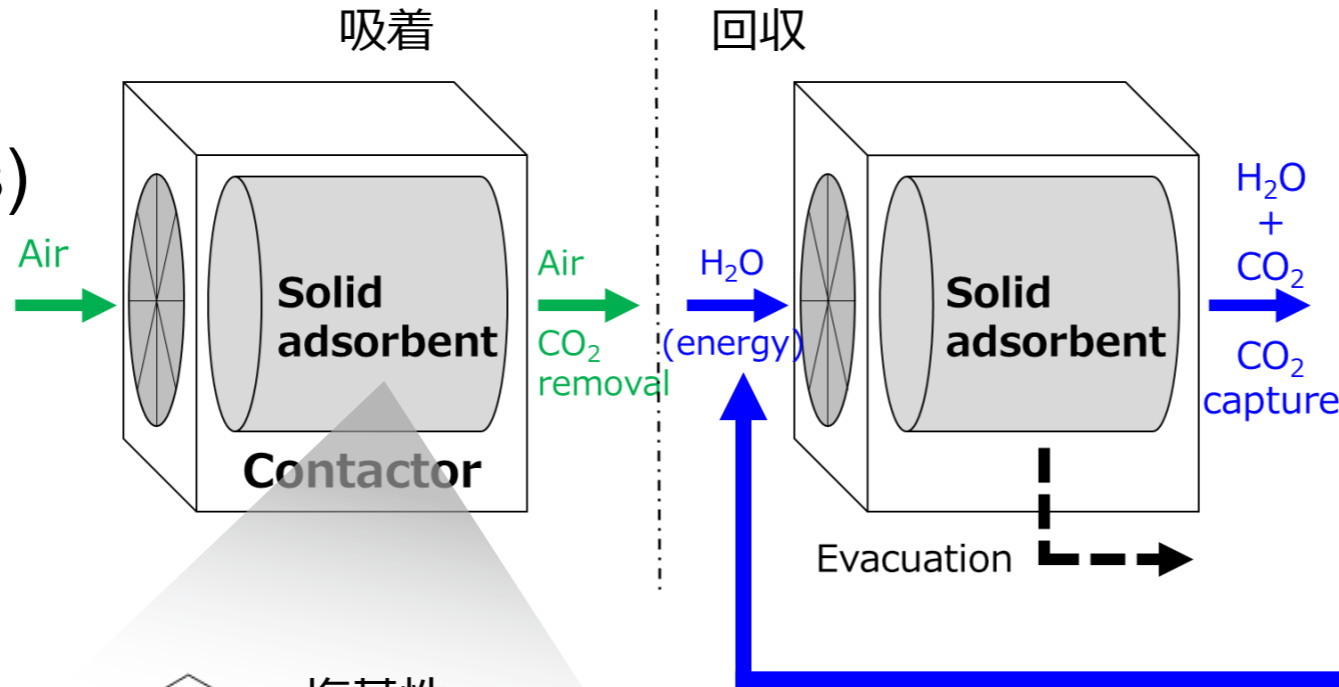
アルカリ性水溶液を用いたプロセス



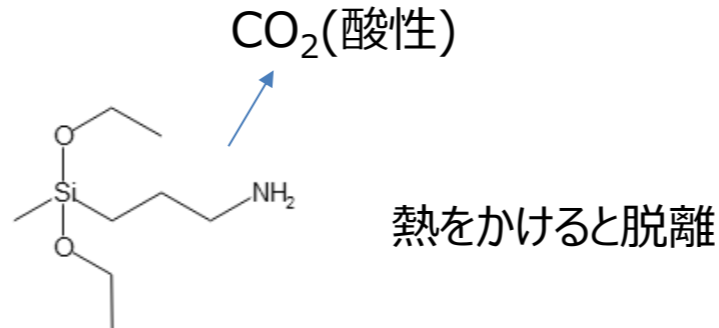
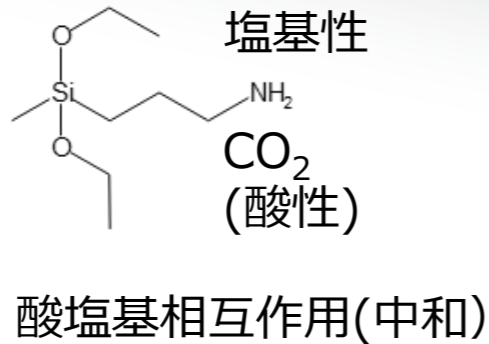
- 低価格
- スケールアップ容易
- ×高温必要

従来技術とその問題点

DAC
(Climeworks)

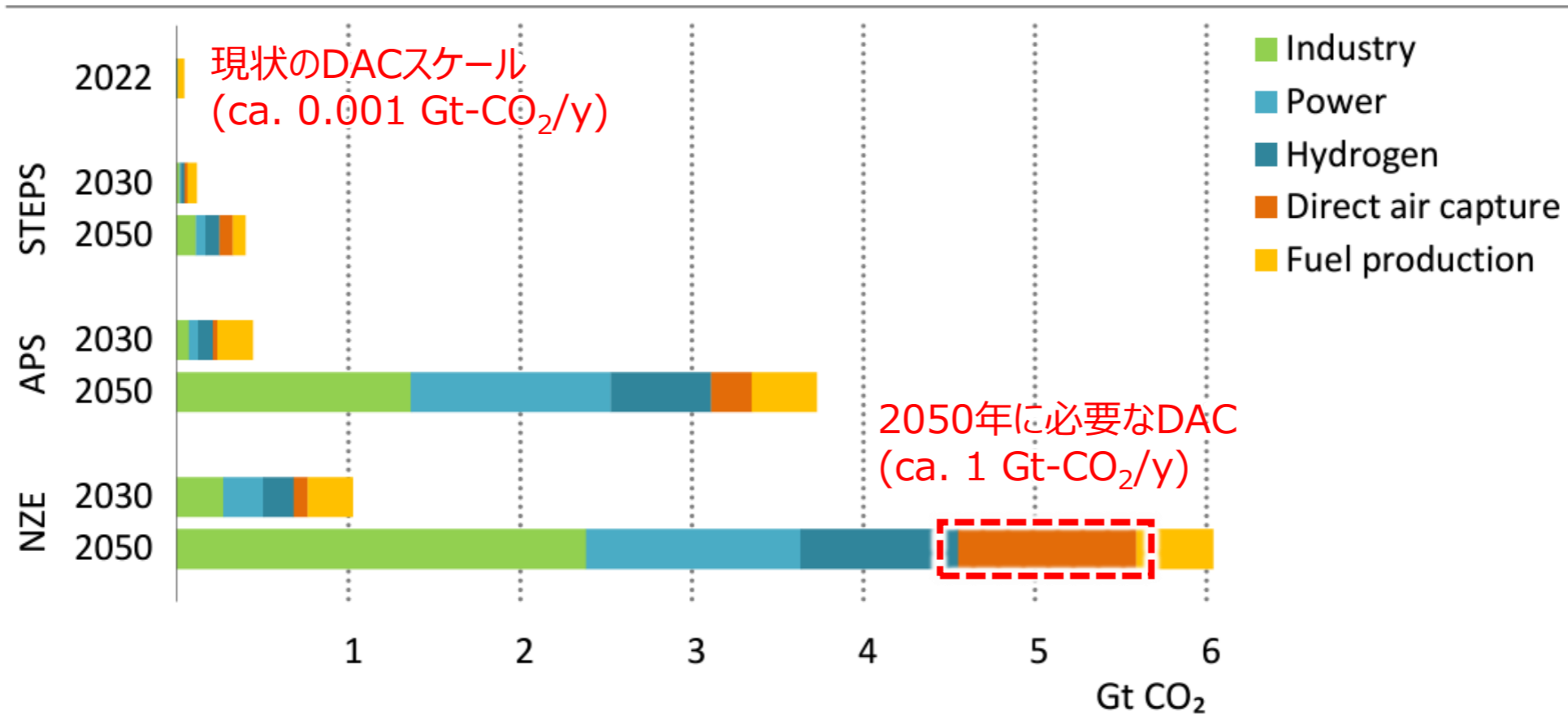


- △高価格
- △スケールアップ難
- 低温再生
(一般的に80℃以上)



従来技術とその問題点

Figure 3.37 ▶ Global CO₂ captured by source and scenario, 2022-2050



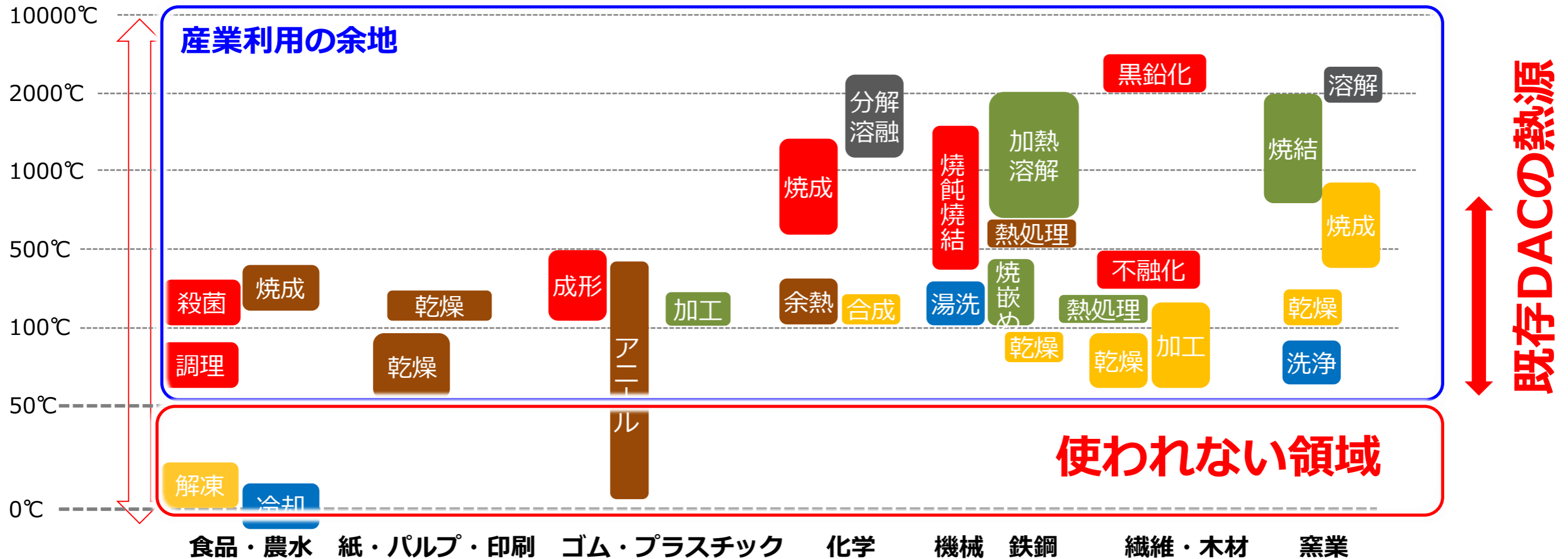
IEA. CC BY 4.0.

DACの実用化を加速していく必要がある

従来技術とその問題点

各産業の熱需要温度域

出典:(一社)日本エレクトロヒートセンター~令和3年12月
16日 産業構造審議会・総合資源エネルギー調査会クリーンエネルギー戦略検討合同会合資料を基に作成



未開拓熱源の使用により新たなDAC市場の開拓が可能に！？

新技術の特徴・従来技術との比較

既存の直接空気回収（Direct Air Capture, DAC）用の材料はその再生に80℃以上の高温が必要である。本材料の利用によって、再生温度を低温化による消費エネルギーの削減と様々な未利用熱源を用いたDACの適用先拡大が期待できる。また、吸着量も既存品と同等程度となるよう改良した。

- ・ 空気中の低濃度（400 ppm）二酸化炭素を効率的に回収できる吸着材
- ・ 室温～50℃の低温領域で吸着した二酸化炭素を回収可能
- ・ 回収する量も既存ベンチマーク相当に改良

検討の経緯

代表的なDAC吸着材

Support	Amine	amine loading (mmol of N / g of sorbent)	吸着性能	
			CO ₂ 吸着量 /mmol g ⁻¹	CO ₂ /N
Commercial silica ^{a)}	PEI	10.5	2.36	0.22
MCF ^{a)}	PEI	10.7	1.74	0.16
SBA-15 ^{a)}	PEI	9.2	1.05	0.11
Commercial silica ^{b)}	TEPA	10.1	2.50	0.25
Mg-MOF-74 ^{c)}	EN	-	1.51	-

MCF, silica mesocellular foam; PEI, branched PEI (MW = 800 Da); TEPA, tetraethylenepentamine; EN, ethylenediamine
^a Adsorbed CO₂ at 25 °C, CO₂(400 ppm). ^b Adsorbed CO₂ at 35 °C, CO₂(400 ppm). ^c Adsorbed CO₂ at 22 °C, CO₂(400 ppm).

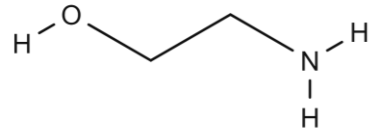
Chem. Rev. 2016, **116**, 11840.

当時の考え

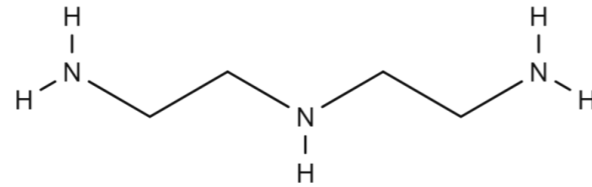
**ゼオライトは産業用に大量に生産されているため、
生産性の観点から優位では？**

初期検討

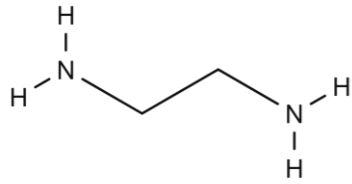
さまざまなアミンを
多孔質材料(ゼオライト)に導入



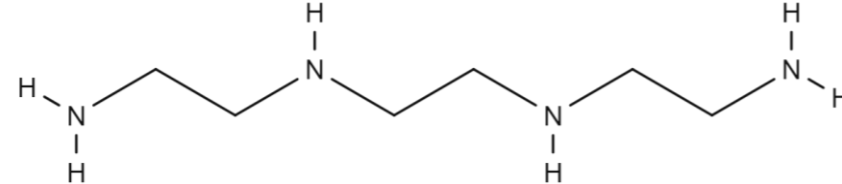
Monoethanolamine (MEA)



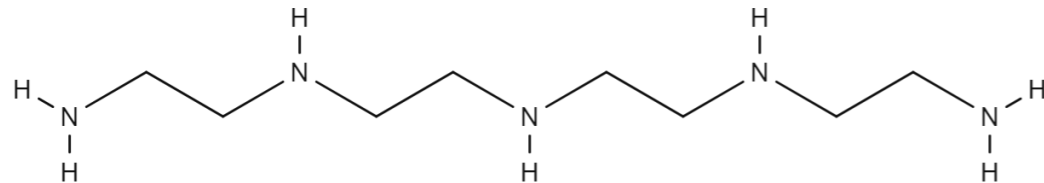
Diethylenetriamine (DETA)



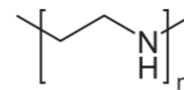
Ethylenediamine (EDA)



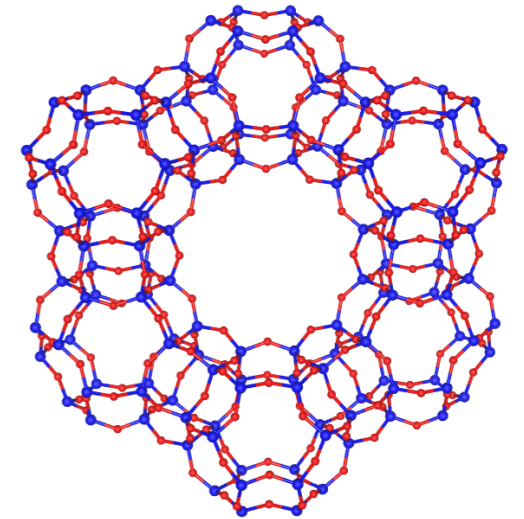
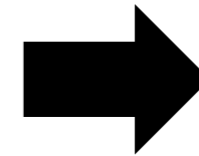
Triethylenetetramine (TETA)



Tetraethylenepentamine (TEPA)

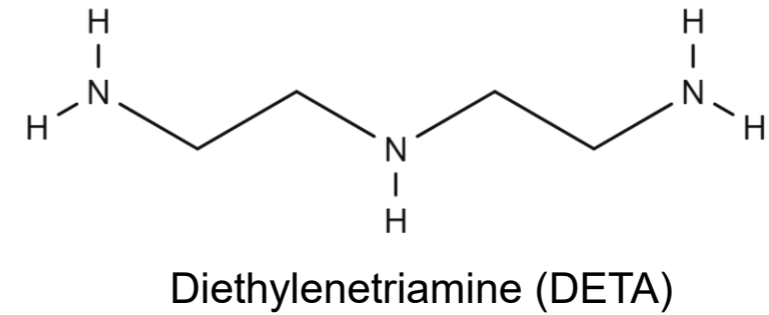
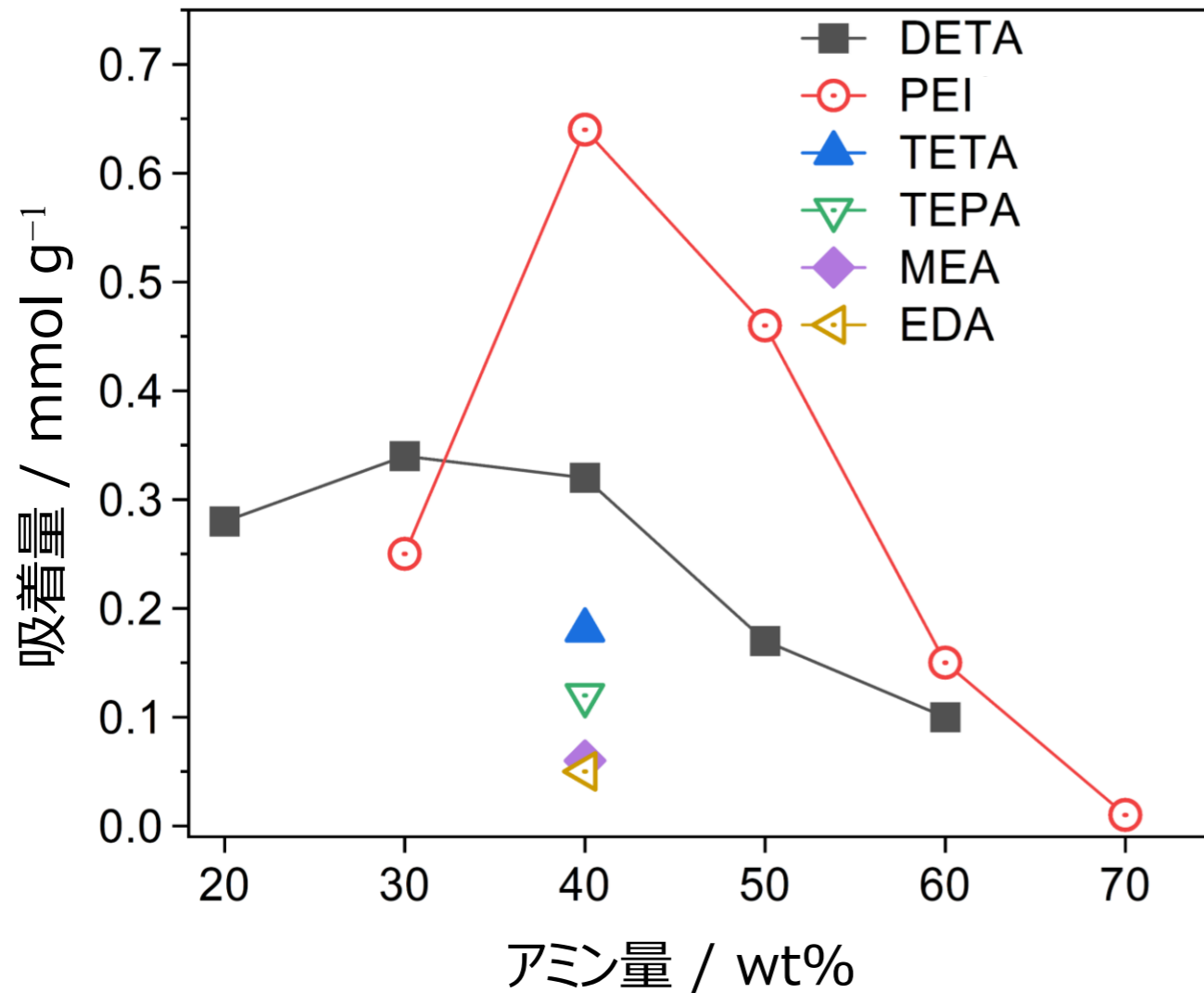


Polyethylenimine (PEI)
(Average molecular weight - 600)

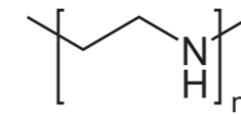


FAUゼオライト
(Si/Al = 300)

吸着量

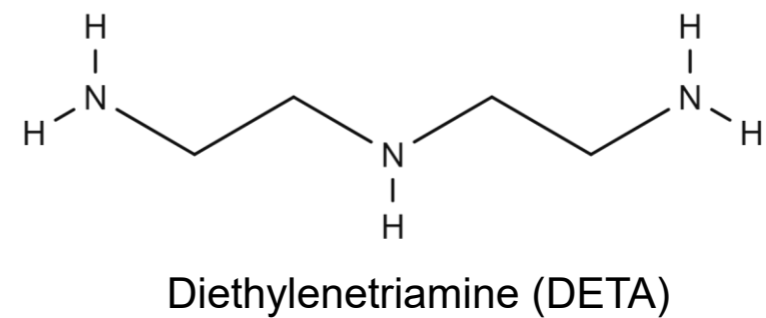
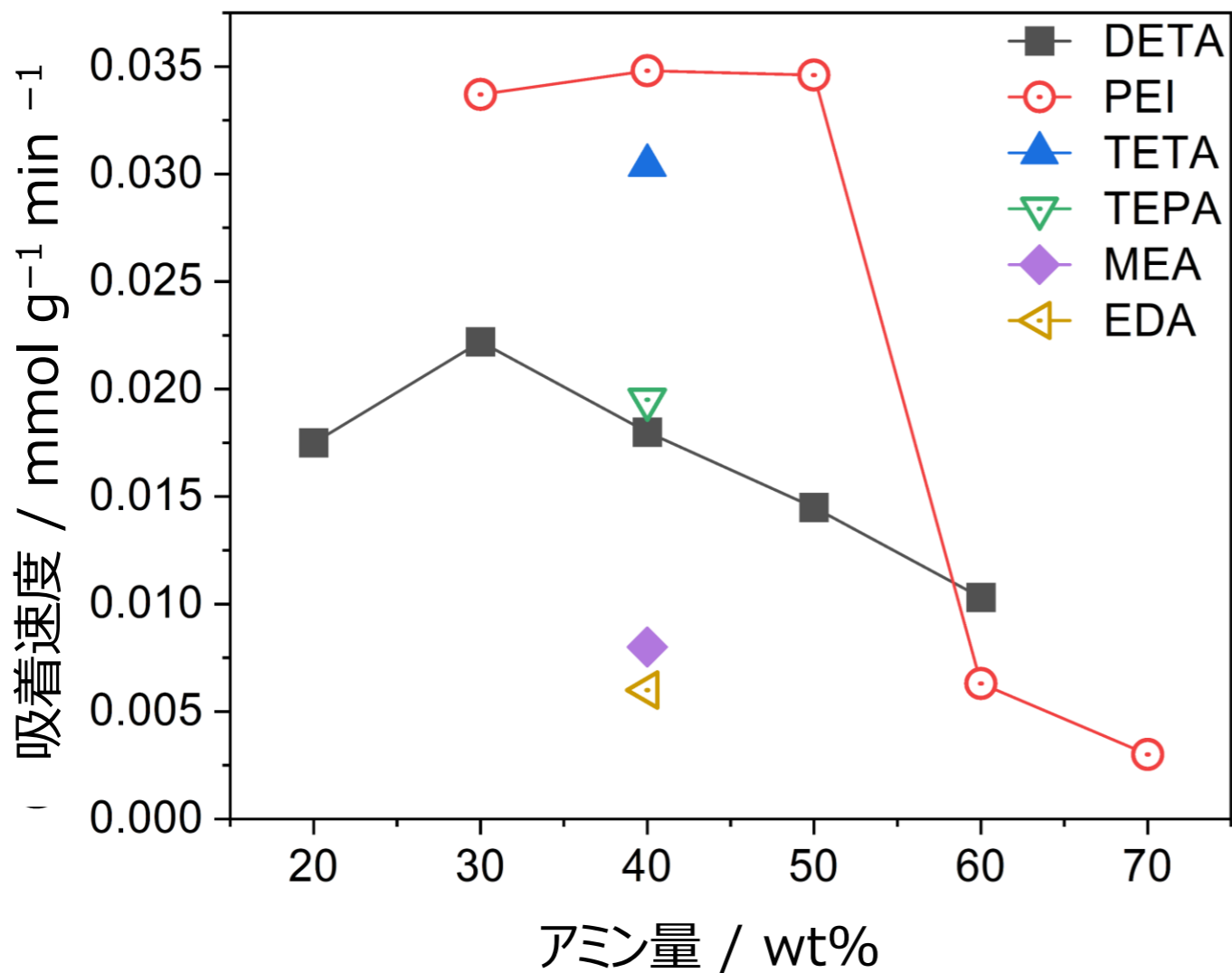


高吸着量

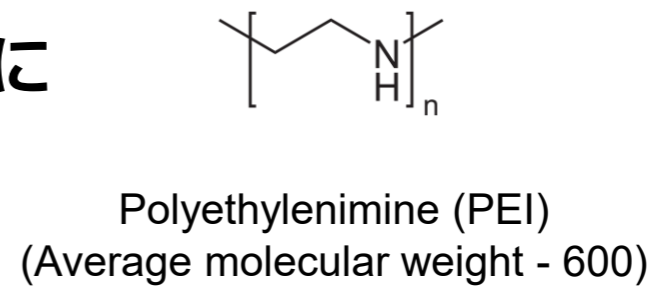


Polyethylenimine (PEI)
(Average molecular weight - 600)

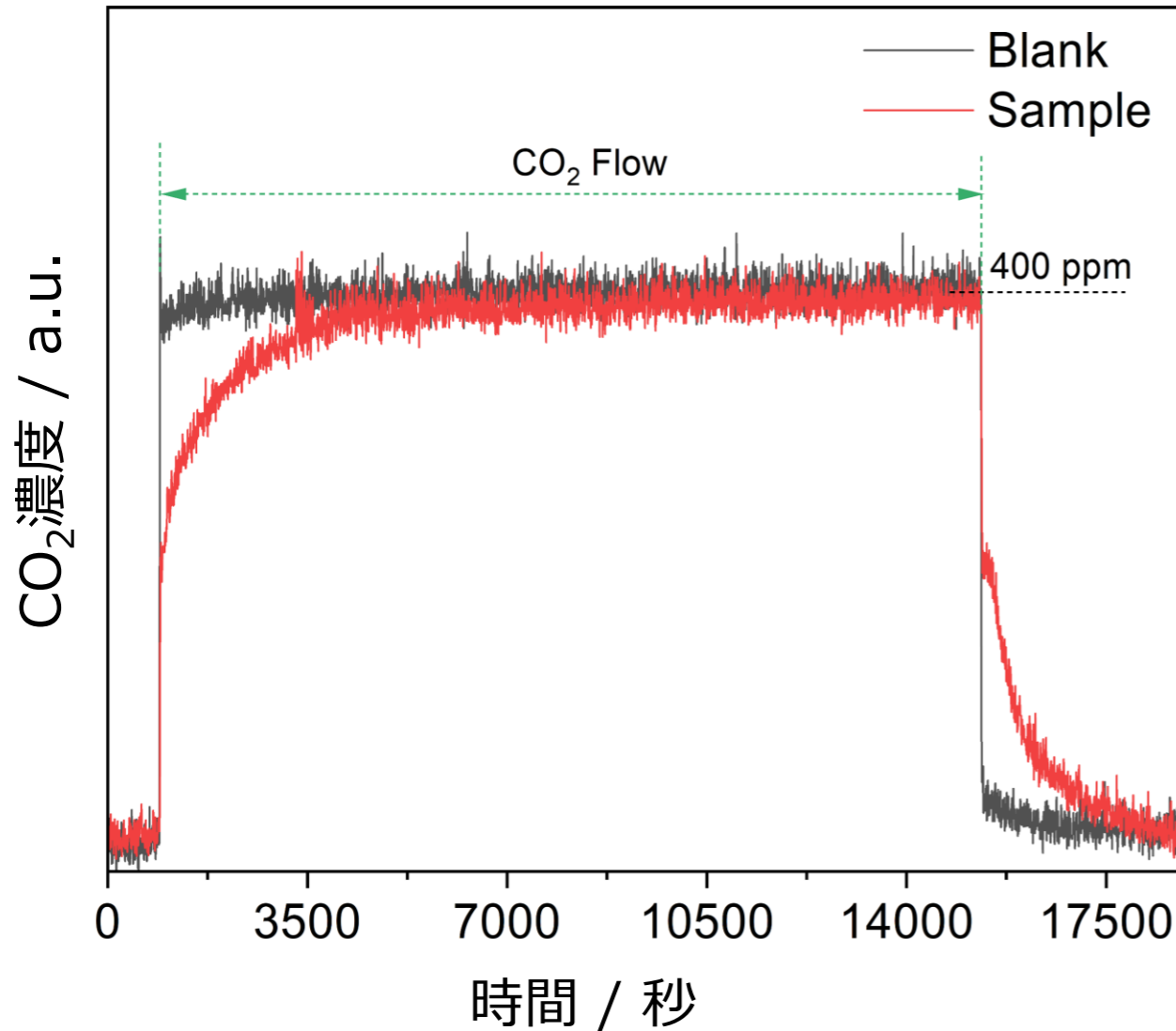
吸着速度



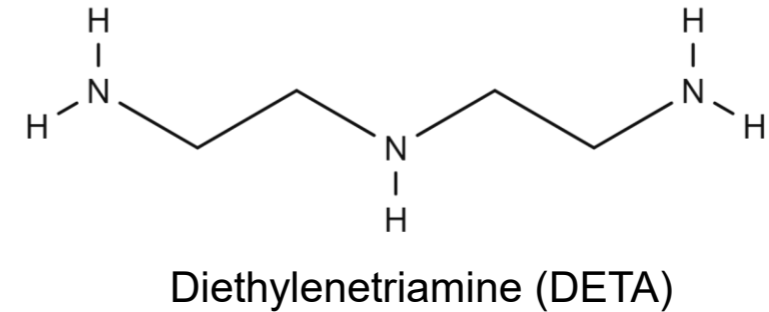
迅速に
吸着



吸着破過実験

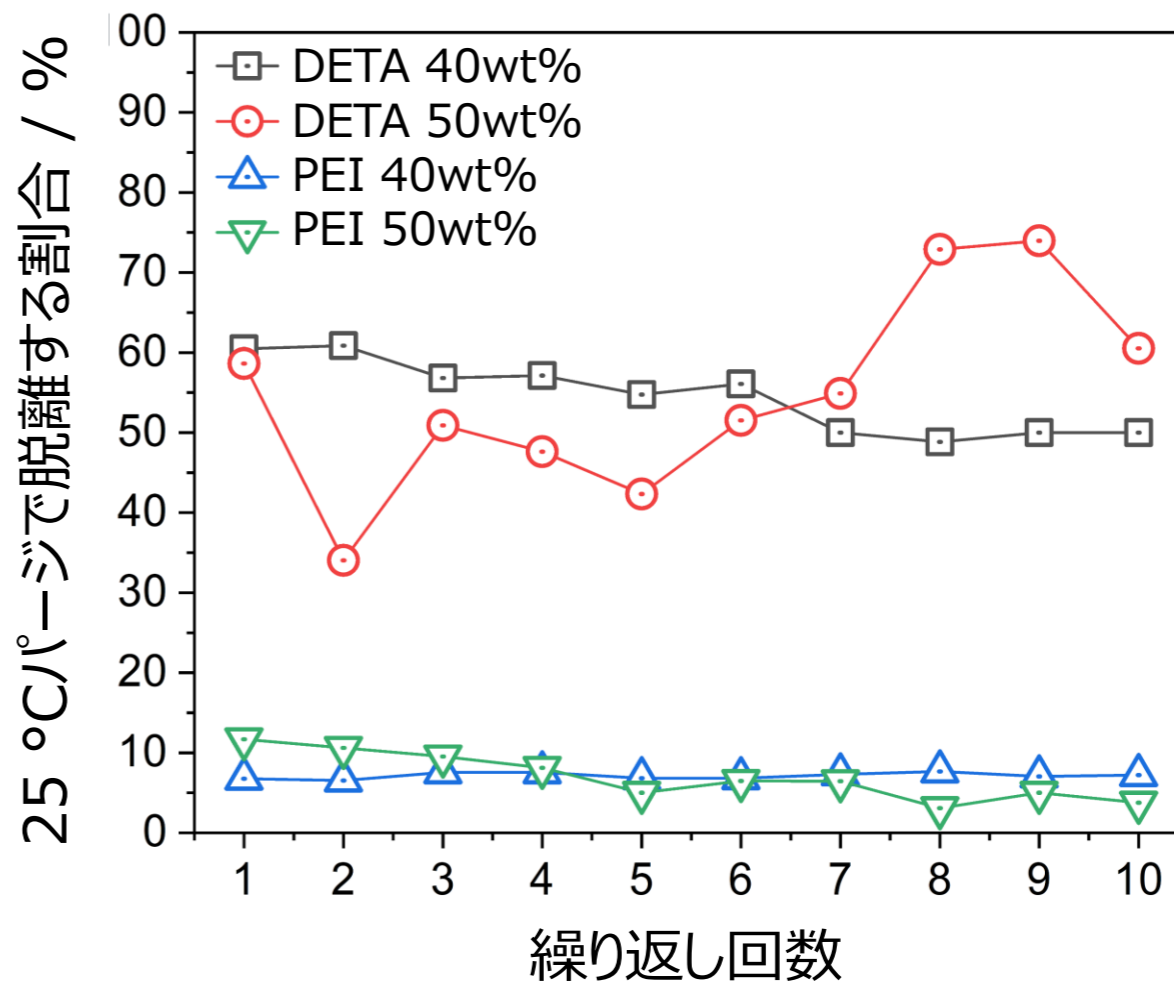
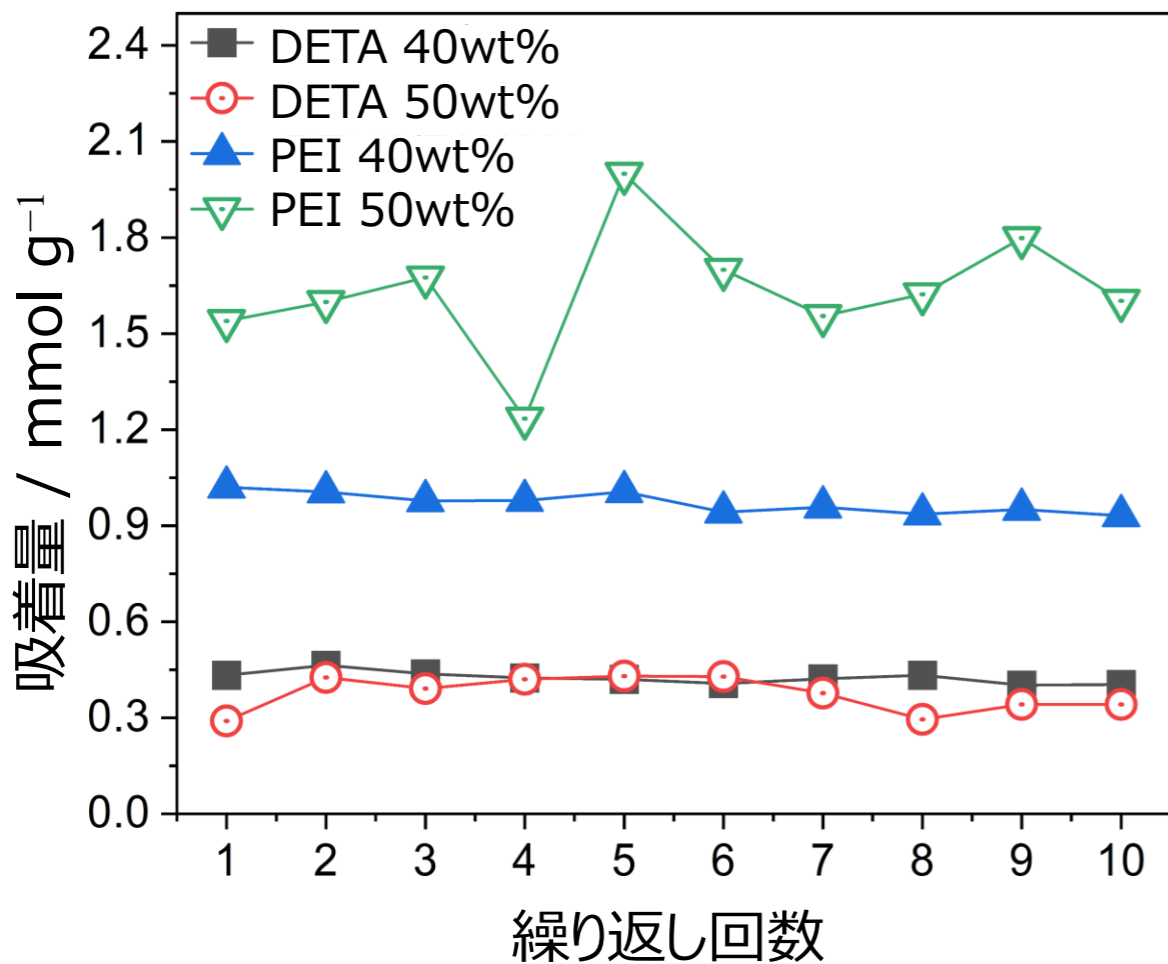


吸着 : 400ppm CO₂, 1.9% H₂O(60%RH),
air balance, 25 °C
再生: air balance at 25 °C



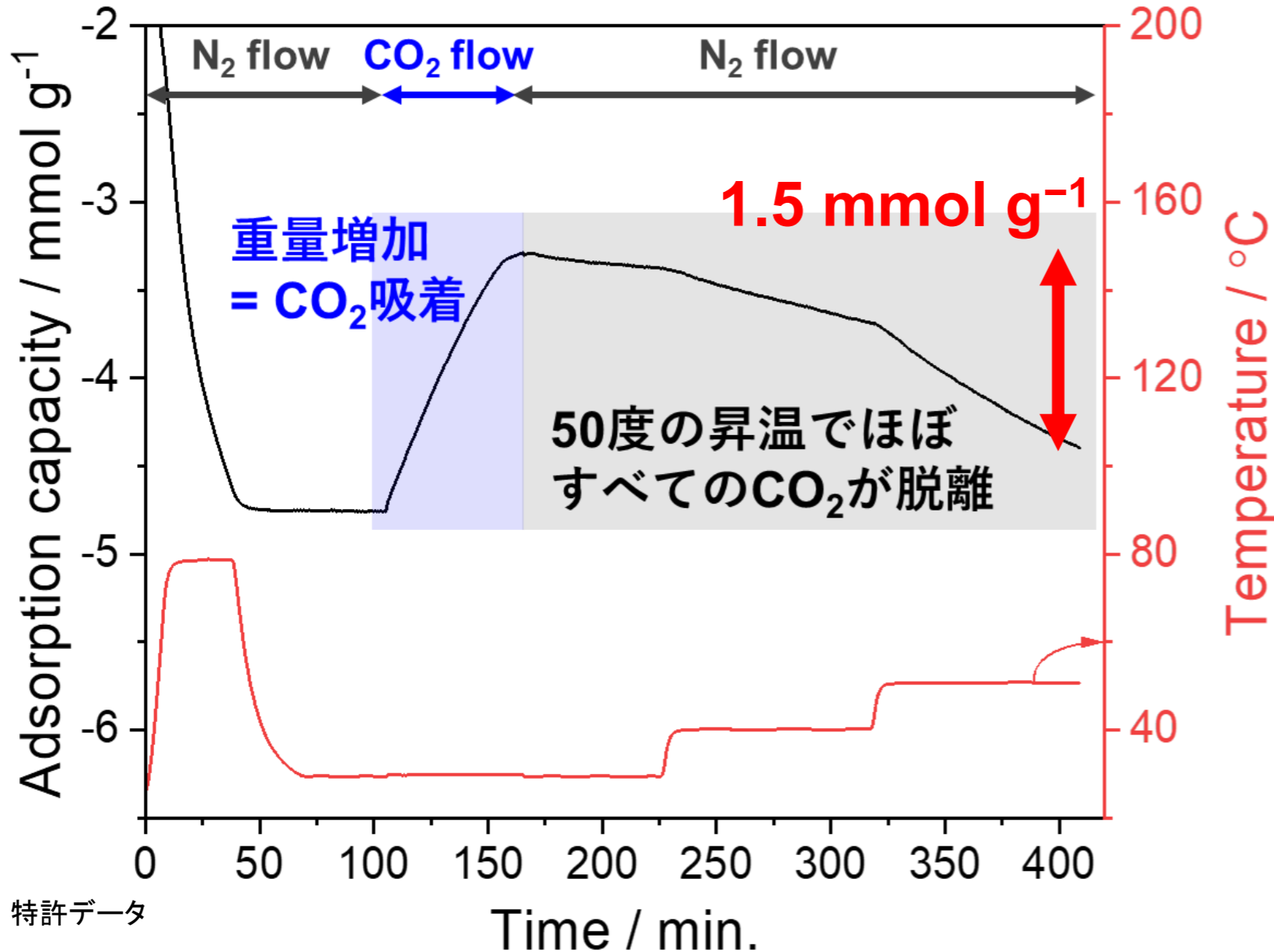
25 °Cで吸着した二酸化炭素を
25 °Cで放出

繰り返し試験結果



DETAは50%程度のCO₂を室温で脱離可能

性能の改良



既存ベンチマークと
同程度の吸放出量を
50°C以下という
再生温度で達成

想定される用途

- 未利用熱源を利用した空気からの二酸化炭素回収（未利用熱源の例：ヒートポンプ廃熱、室内外気温差、太陽熱加熱、地中熱）
- 密閉空間の二酸化炭素除去、熱を出す製品の脱炭素ブランディング

実用化に向けた課題

- 現在、実条件を模擬した吸着材の性能を確認している。しかし、用途に合った材料構造の最適化が必要である。
- 今後、再生に必要なエネルギーや回収にかかる速度について実験データを取得し、実利用に向けた条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、材料だけでなく吸着再生プロセスを含めた技術を確立する必要もあり。

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	<ul style="list-style-type: none">・材料の組成や構造を様々な検討した	
現在	<ul style="list-style-type: none">・低温でのDACを実現する材料を見出した	
1年後	<ul style="list-style-type: none">・産学連携体制の進展・使用用途とそれに合わせた材料性能の設定	<ul style="list-style-type: none">: 共同研究の開始: JSTのA-step事業等へ応募研究資金獲得
3年後	<ul style="list-style-type: none">・試作品の候補材料の決定・回収プロセスの決定	<ul style="list-style-type: none">評価基礎データの提供デモ機の作製
5年後	<ul style="list-style-type: none">・耐久性の向上やコストダウンの検討	実機販売、サービス開始

企業への期待

- CO₂回収、DACに興味があればお気軽にお声がけください（まずはお話をさせてください）。
- 企業側が廃熱利用、熱交換、空調、など要素技術を持たれていれば大変うれしいです。
- また、ネガティブエミッションやDACによって製品のブランディングを考えられている企業には、本技術の導入は有効と考えます。

企業への貢献、PRポイント

- 本技術は低温で空気中の二酸化炭素を回収可能なため、未利用熱源を利用することで、地球温暖化や持続可能な社会実現に貢献できると考えています。
- 本技術の利用用途先を持っている、またはCO₂回収の要素技術を持たれている企業に貢献できます。
- 長年材料合成研究をしてきました。この知見が活かされると大変うれしいです。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 二酸化炭素吸放出材
- 出願番号 : 特願2023-186122
- 出願人 : 鳥取大学
- 発明者 : 津野地直

- 発明の名称 : 二酸化炭素吸放出材
- 出願番号 : 特願2023-001448
- 出願人 : 鳥取大学
- 発明者 : 津野地直

お問い合わせ先

鳥取大学

研究推進機構 研究戦略本部

e-mail sangakucd@ml.cjrd.tottori-u.ac.jp