

# 構造柔軟性MOF担持フィルターにおける ガス吸着過程の直接観測

堀 彰宏<sup>1</sup>, 小山 真衣<sup>1</sup>, 山本 遼<sup>1</sup>,

戸上 良也<sup>2</sup>, 八木 慎太郎<sup>2</sup>, 川村 拓人<sup>2</sup>, 宮地 洋樹<sup>2</sup>

1: SyncMOF株式会社, 2: 株式会社FCC 技術研究所

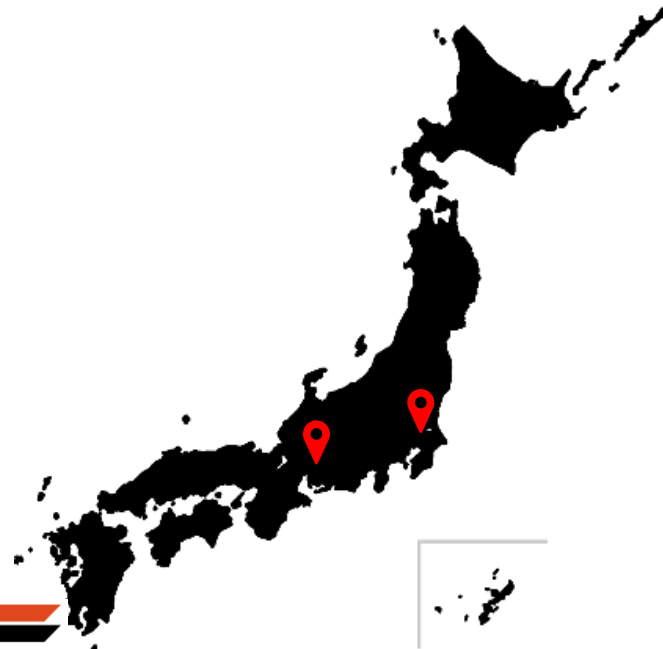
# 会社概要

会社名 : SyncMOF株式会社 (シンクモフ)  
設立 : 2019年6月20日  
創業者 : 畠岡潤一 (CEO)、堀彰宏 (CTO)



愛知県名古屋市千種区千種2-22-8

名古屋医工連携インキュベータ (本社)



東京港区虎ノ門1-17  
虎ノ門ヒルズビジネスタワー

Cambridge Innovation Center



エネルギー資源の動向

# エネルギーとしての ガスの重要性

19世紀

固体\_石炭



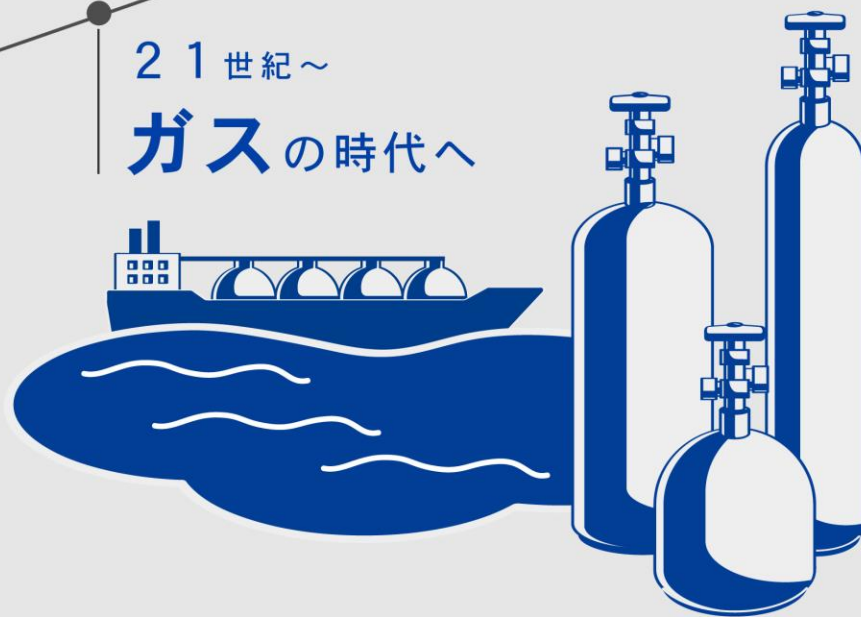
20世紀

液体\_石油



21世紀~

ガスの時代へ



これからの高機能多孔性材料

# ガス・蒸気を 「貯蔵 / 分離」できる

**MOF** Metal Organic Framework

MOF は目的に合わせて自由に設計が可能

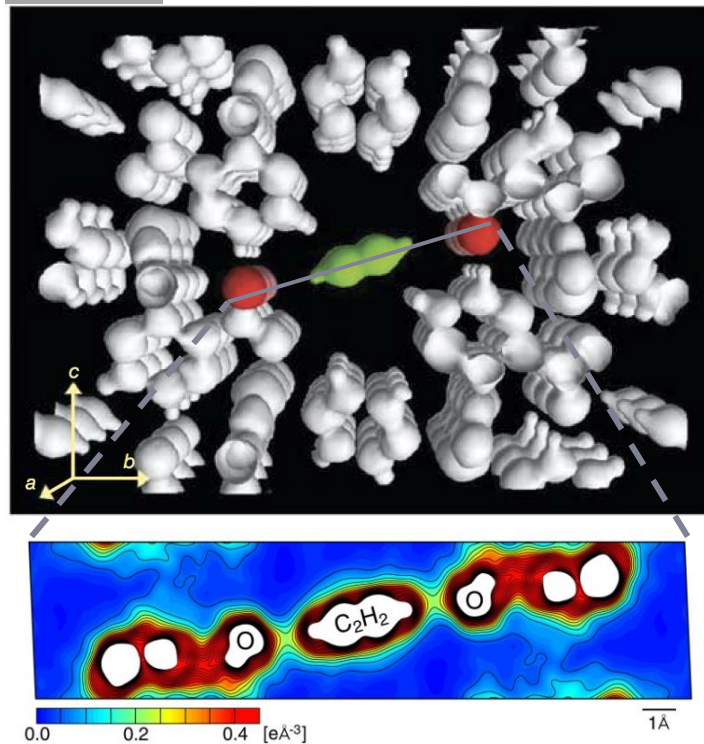
有機配位子

金属イオン



# 機能性ナノ空間材料

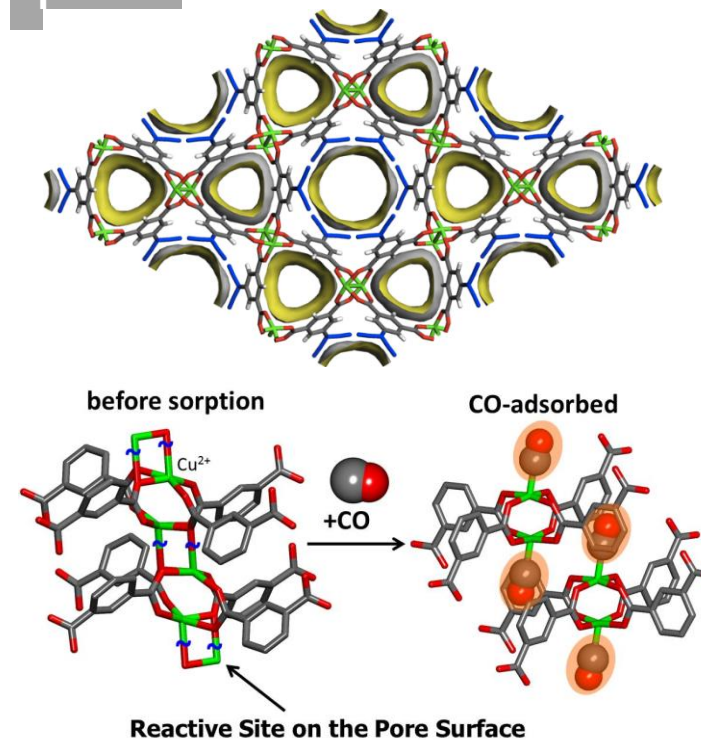
**CPL-1** アセチレンの高密度濃縮  
Cu-pyrazine-2,3-dicarboxylate-pyrazine



圧縮限界が0.2 MPaのアセチレンガスを200倍の高密度で濃縮

R. Matsuda et al., *Nature*. 2005, 436, 238

**KGM-1** COの選択的吸着  
[Cu<sub>2</sub>(N<sub>3</sub>-ipa)<sub>2</sub>]



分離困難ガスであるCO / N<sub>2</sub>を低エネルギーで分離

R. Matsuda, H. Sato, A. Hori et. al., *Science* 2014, 343, 167

# カーボンニュートラルな未来へ。

カーボンニュートラルへの挑戦こそが、  
日本に次の成長をもたらす原動力。

今こそ、技術大国・日本の出番です。  
新しいグリーンイノベーションを、次々と。

そして、ひとりひとりの力を合わせて、  
カーボンニュートラルな未来へ。  
2050年。そこには、新しい日本が待っています。

## 巨大市場はどこにあるか



18課題のうち14課題がガス関連  
水素、CO<sub>2</sub>、アンモニア

- ① 洋上風力発電の低コスト化
- ② 次世代型太陽電池の開発
- ③ 大規模水素サプライチェーンの構築
- ④ 再エネ等由来の電力を活用した水電解による水素製造
- ⑤ 製鉄プロセスにおける水素活用
- ⑥ 燃料アンモニアサプライチェーンの構築
- ⑦ CO<sub>2</sub>等を用いたプラスチック原料製造技術開発
- ⑧ CO<sub>2</sub>等を用いた燃料製造技術開発
- ⑧ CO<sub>2</sub>等を用いたコンクリート等製造技術開発
- ⑨ CO<sub>2</sub>を用いたコンクリート等製造技術開発
- ⑩ CO<sub>2</sub>の分離・回収技術開発
- ⑪ 廃棄物処理のCO<sub>2</sub>削減技術開発
- ⑫ 次世代蓄電池・次世代モータの開発
- ⑬ 自動車電動化に伴うサプライチェーン変革技術の開発・実証
- ⑭ スマートモビリティ社会の構築
- ⑮ 次世代デジタルインフラの構築
- ⑯ 次世代航空機の開発：水素航空機
- ⑰ 次世代船舶の開発：水素燃料船・アンモニア燃料船等
- ⑱ 食料・農林水産業のCO<sub>2</sub>削減・吸収技術の開発

# 革新的分離剤による低濃度CO<sub>2</sub>分離システムの開発

## 事業の目的・概要

- 低濃度のCO<sub>2</sub>分離回収技術を確立することにより、CO<sub>2</sub>分離回収プラント事業および分離剤事業の創出・拡大を目指し、加えて、石油化学原料に依存しないCO<sub>2</sub>を活用したケミカル事業を含めたカーボンサイクルのビジネスモデルの創出を目指す。
- 革新的分離剤を用いた物理吸着法による低濃度CO<sub>2</sub>排ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収システムの技術開発および検証を行う。構造柔軟型PCP (Porous Coordination Polymer、多孔性配位高分子。別名 **MOF**) の特徴を生かした分離剤を低濃度CO<sub>2</sub>用に改良する。分離剤の量産スケールでの製法を確立する。材料特性ならびに工場排ガス条件に合わせたプロセスを開発して省エネルギーな低濃度CO<sub>2</sub>分離回収の技術を確立する。
- 本技術で回収したCO<sub>2</sub>を原料とする化学品製造技術を一気通貫で技術検証する。

## 実施体制

※太字：幹事企業

**昭和電工株式会社**、日本製鉄株式会社

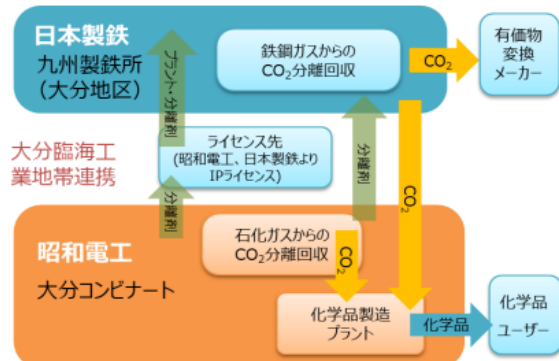
## 事業期間

2022年度～2030年度（9年間）

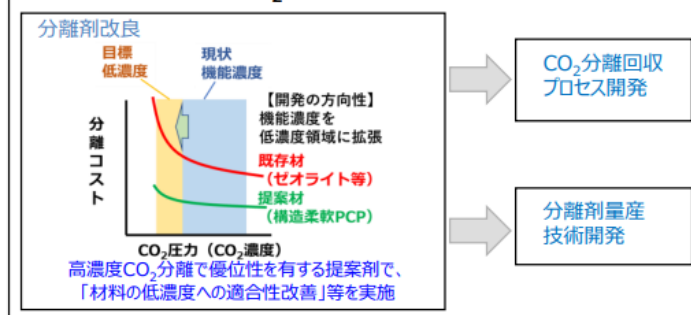
## 事業規模など

- 事業規模：約 84.4 億円
- 支援規模\*：約 72.0 億円  
\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり。
- 補助率など：9/10委託→2/3補助（インセンティブ率10%）

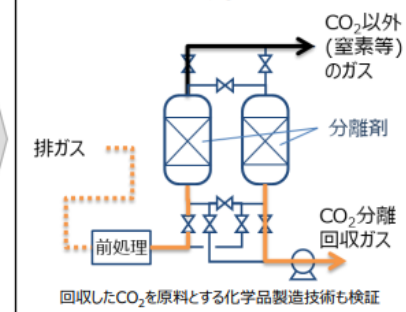
## 事業イメージ



## 低濃度CO<sub>2</sub>分離回収システム技術開発



## パイロット検証





# CO<sub>2</sub>分離回収貯留及び有効利用技術 ～脱炭素社会での企業対応/CCS・CCUS/排出量計算



情報機構

## 第3章 CO<sub>2</sub>分離回収貯留技術 第2節 各CO<sub>2</sub>回収技術 第5項 PCP/MOFを利用したCO<sub>2</sub>分離 日本製鉄株式会社 上代洋

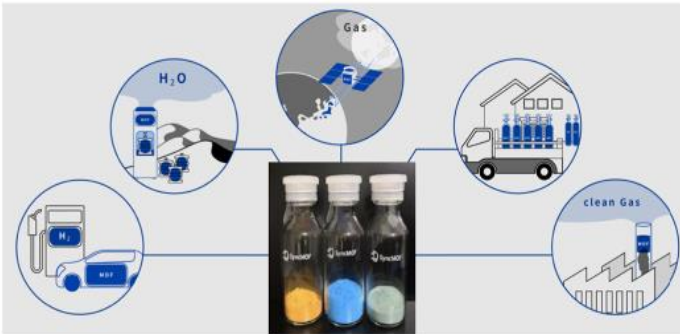
PCP (MOF) が注目材料であることから、非常に多くのMOF関連ベンチャー企業が設立されている。ただし、既知のPCPを製造供給することを主業としており、どこに差別化因子があるのかわからないものも少なからずある。本稿では、特別な技術を有し、今後の活躍が期待されるベンチャー企業4社について述べる。

- (1) MOF Technologies
- (2) Mosaic Materials
- (3) NuMat Technologies
- (4) SyncMOF

### SyncMOF

2019年設立の新しい、名古屋大学発のMOFベンチャー。国内外の多くのMOFベンチャーは「自社製造の新規MOF」「製造力を生かして既知MOFを製品化」「既知MOFのニーズの探索による製品化」等をベースにしている場合が多いが、SyncMOF社は、吸着測定による特性評価、X線による結晶構造解析、ラマン分光によるガス吸着状態のその場解析等、**市販の装置では解析不能な現象の解明等が行えるという特殊技術**を有している。これら、吸着現象、MOFの構造の評価と理解をベースに、研究機関や企業のニーズに合わせた精密測定や、**MOFを用いたガス分離装置の設計・製造**も行っている。吸着等温線の測定等の、基礎的な評価装置はシュッシュ市販されているが、混合ガス・流通型装置等、実用的な評価が行える装置はほとんど市販されていないため、このような新しいベンチャー企業がMOFの実用化に大きな役割を果たすことが期待される。

ステージ①：MOF選定



ステージ②：大量合成・成形



ステージ③：装置設計





MOFフィルター

# 革新的分離剤による低濃度CO<sub>2</sub>分離システムの開発

## 事業の目的・概要

- 低濃度のCO<sub>2</sub>分離回収技術を確立することにより、CO<sub>2</sub>分離回収プラント事業および分離剤事業の創出・拡大を目指し、加えて、石油化学原料に依存しないCO<sub>2</sub>を活用したケミカル事業を含めたカーボンリサイクルのビジネスモデルの創出を目指す。
- 革新的分離剤を用いた物理吸着法による低濃度CO<sub>2</sub>排ガスからのCO<sub>2</sub>分離回収システムの技術開発および検証を行う。構造柔軟型PCP（Porous Coordination Polymer、多孔性配位高分子。別名、MOF。）の特徴を生かした分離剤を低濃度CO<sub>2</sub>用に改良する。分離剤の量産スケールでの製法を確立する。材料特性ならびに工場排ガス条件に合わせたプロセスを開発して省エネルギーな低濃度CO<sub>2</sub>分離回収の技術を確立する。
- 本技術で回収したCO<sub>2</sub>を原料とする化学品製造技術を一気通貫で技術検証する。

## 実施体制

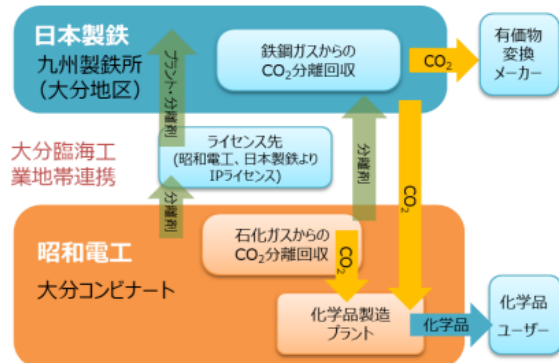
※太字：幹事企業

**昭和電工株式会社**、日本製鉄株式会社

## 事業期間

2022年度～2030年度（9年間）

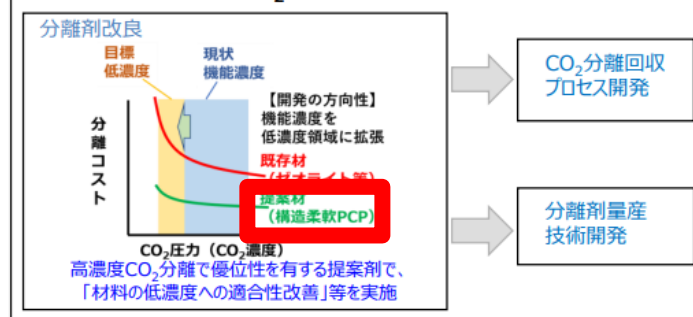
## 事業イメージ



## 事業規模など

- 事業規模：約 84.4 億円
- 支援規模\*：約 72.0 億円  
\*インセンティブ額を含む。今後ステージゲートでの事業進捗などに応じて変更の可能性あり。
- 補助率など：9/10委託→2/3補助（インセンティブ率10%）

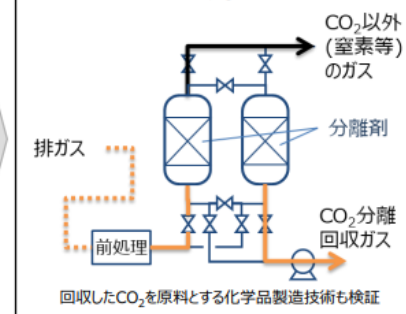
## 低濃度CO<sub>2</sub>分離回収システム技術開発



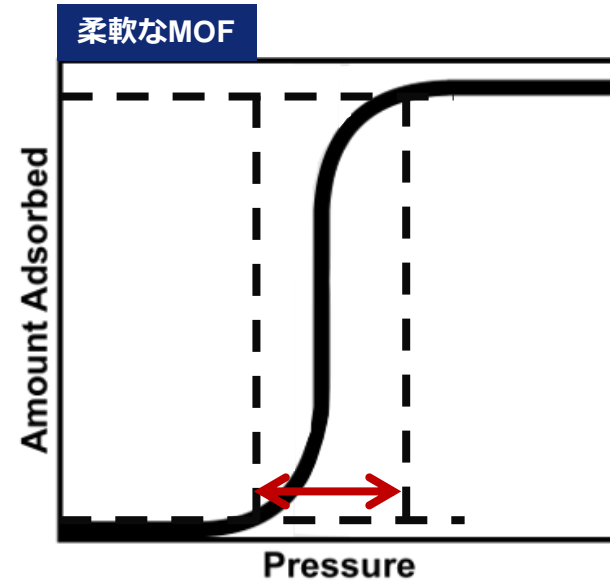
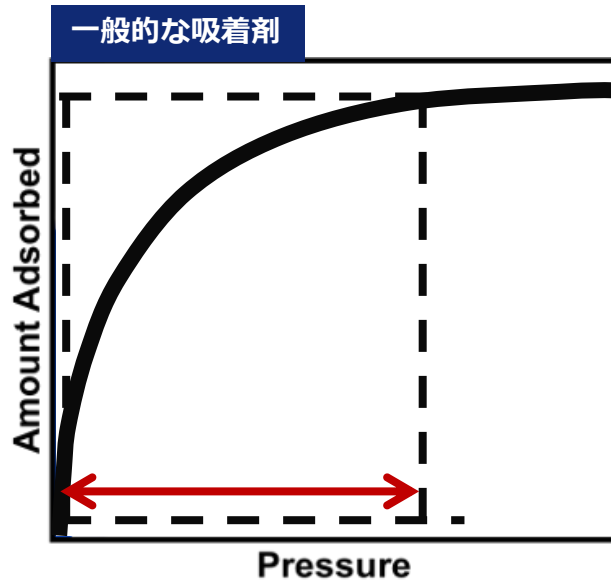
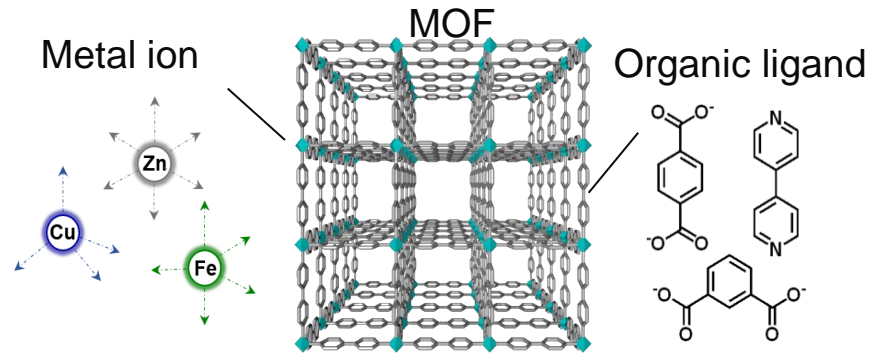
CO<sub>2</sub>分離回収プロセス開発

分離剤量産技術開発

## パイロット検証







構造柔軟性を有するMOFはエネルギー効率が良い

## MOFの成型加工技術

ペレット



MOFフィルター




ガス吸着・脱着時のMOFの柔軟な構造変化が阻害されていないことを観測する

## MOFの構造柔軟性を保ちながらMOFを成型加工する技術



**F.C.C.**

自動車・オートバイのクラッチで二輪では世界首位（国内シェア100%）  
自動車ではホンダの全車種、スズキ、SUBARU、フォードの一部車種に部品提供  
Wikipedia

 **SyncMOF** 自動圧力揺動装置



ガス導入温度調整試料台



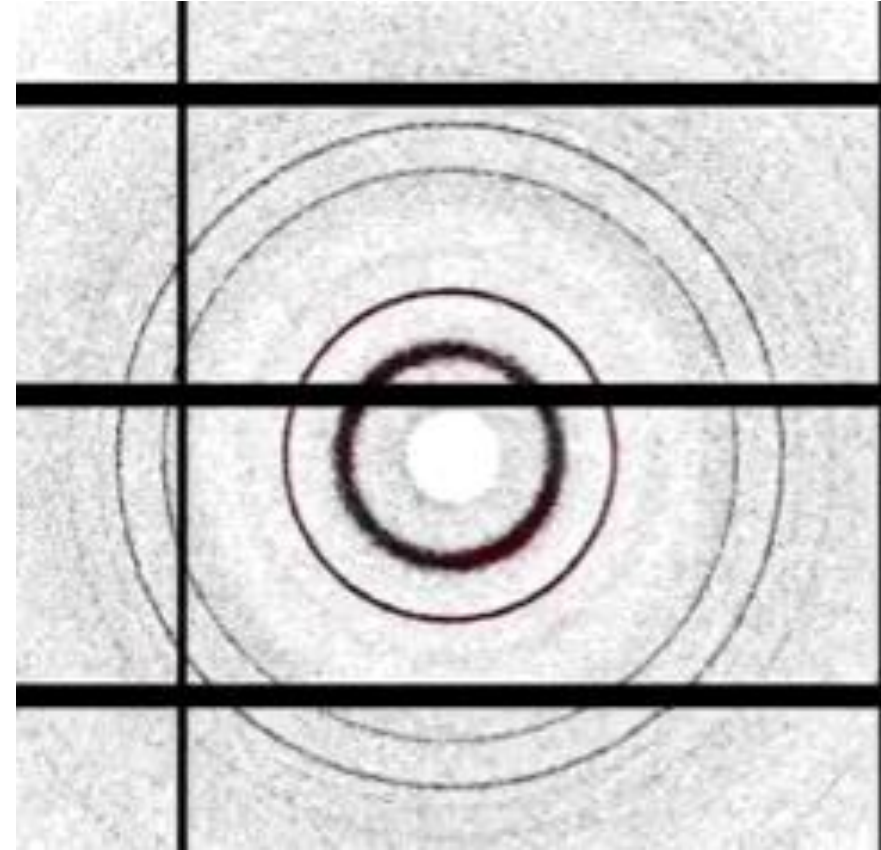
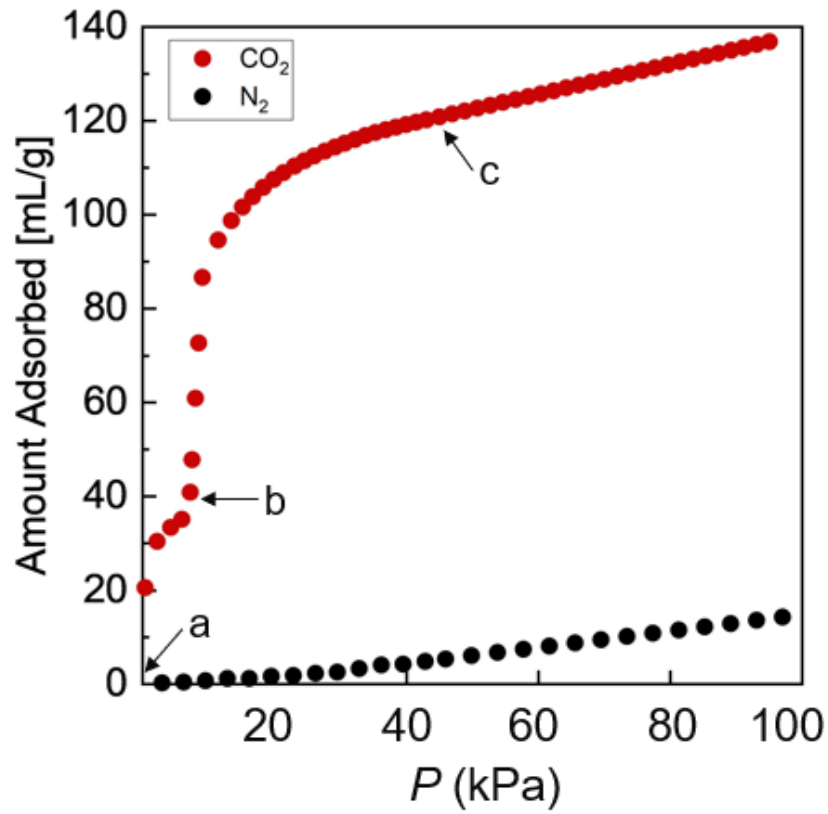
Dr. Hirotohi Sakamoto

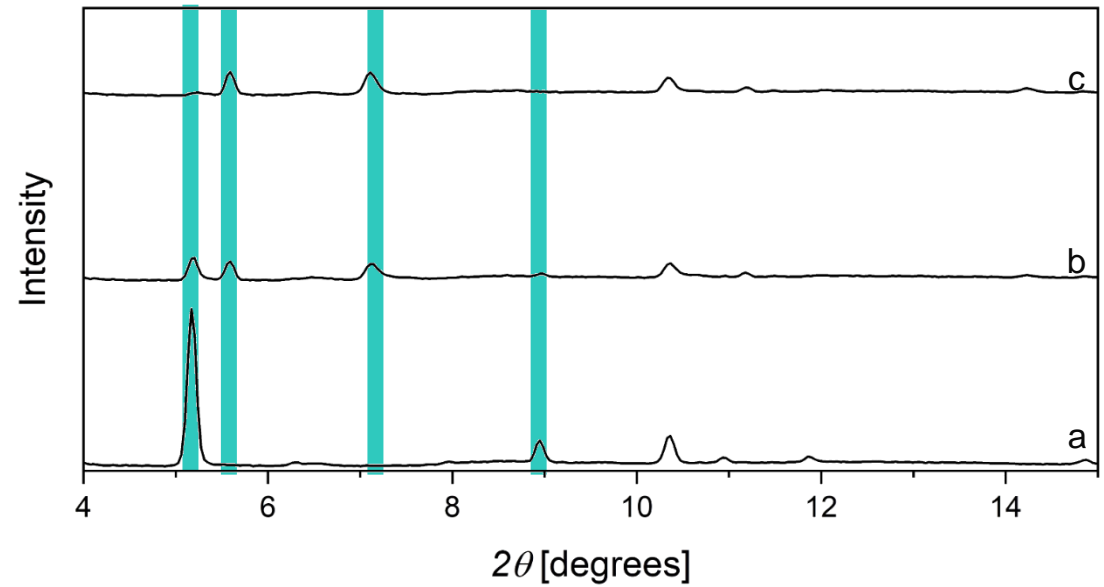
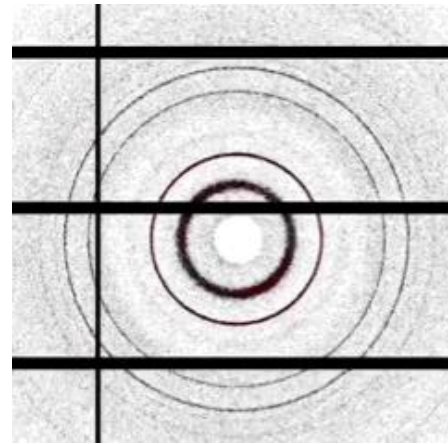
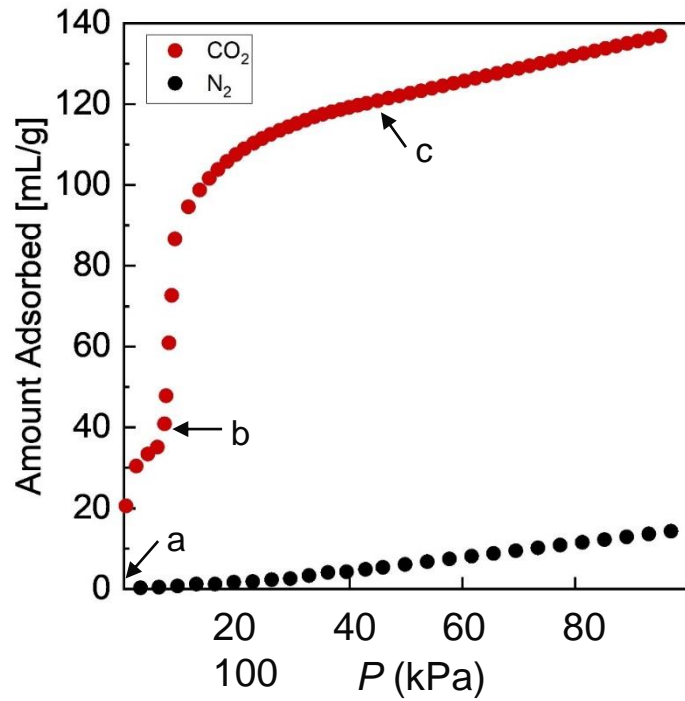


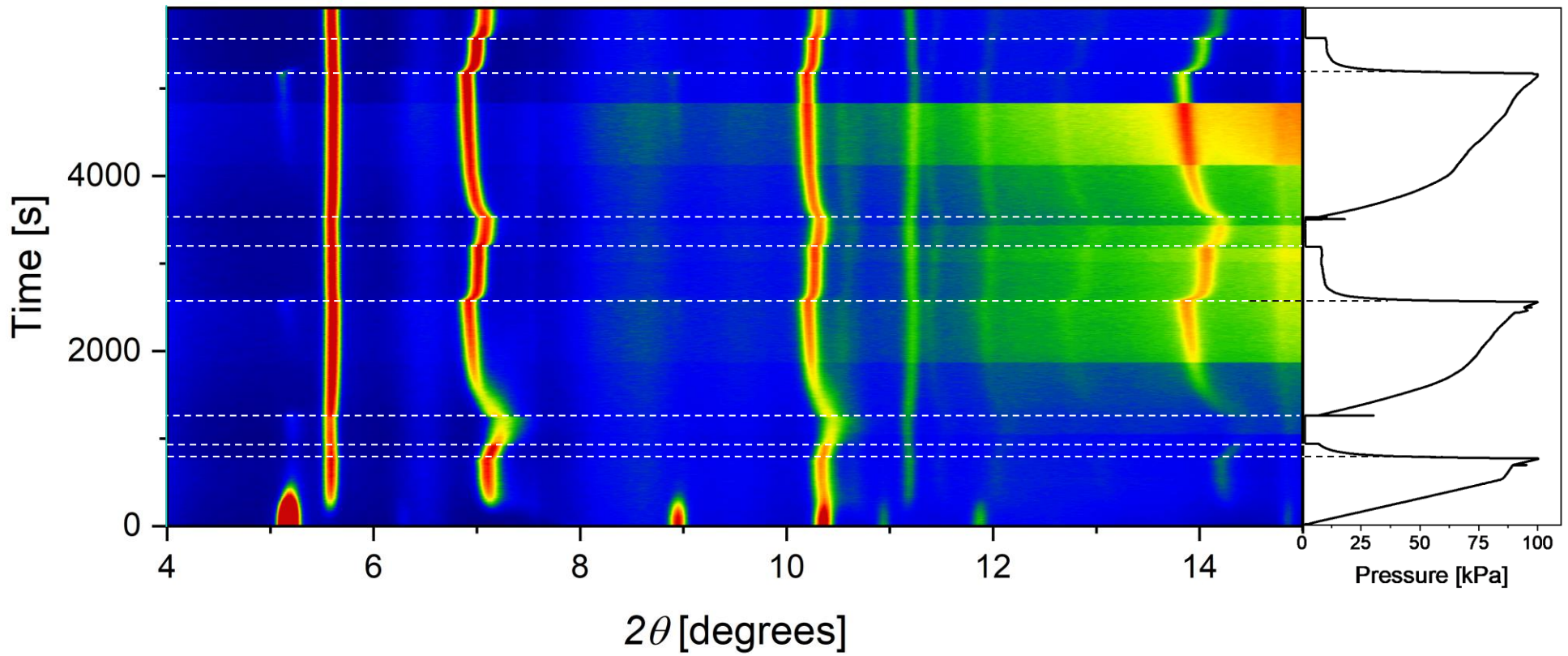


AichiSR











- 2050年のカーボンニュートラルに向けてCO<sub>2</sub>分離に指向した構造柔軟性MOFを担持したフィルターを作製した。
- 作製したフィルターにおいて、CO<sub>2</sub>の簡易PSA装置を用いてガス吸着下時分割X線回折実験を行ったところ圧力揺動に呼応して担持したMOFの構造変化が観測された。
- 従来のMOF成型品とは異なりMOF担持フィルターではMOFの構造変化及び吸着能が阻害されないことが分かる。
- CO<sub>2</sub>の吸着分離以外の用途に指向したMOFへと用途を広げる。