

#### "ビヨンド・ゼロ"社会実現に向けた CO<sub>2</sub>循環システムの研究開発



PM:藤川茂紀

九州大学 カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 教授

PJ参画機関:

熊本大学・北海道大学・東京大学・鹿児島大学・大阪工業大学・ 信州大学・イリノイ大学・株式会社ナノメンブレン

1

#### 九大発、世界最高性能のCO2透過性を示すCO2分離ナノ膜

<mark>膜の厚み:34 nm</mark> 食品用ラップの1/300程度の薄さ (COVID-19 ウィルスよりも薄い!)

## CO<sub>2</sub> 透過度: 世界トップ これまで報告されてきた分離膜性能の約20~30倍程度

# 大気から資源を得る新しい炭素資源循環社会

圧倒的に高いCO2透過量を持つ、独自開発の革新的な分離ナノ膜によって、これまで不可能と思われてきた、膜分離による大気からのCO2の回収を実現する。この膜分離ユニットと電気化学的/熱化学的CO2変換ユニットを連結して、大気CO2の回収から炭素燃料製造までを連続・一貫して行う「Direct Air Capture and Utilization (DAC-U)システム」を創出する。サイズ拡張性のあるDAC-Uシステムを分散配置し、地産地消型の炭素循環社会の構築に貢献する。



"場所に適したサイズ・規模のDAC-Uを分散配置"

#### "Moonshot for beyond Zero Emission Society"



目標と計画

## 本プロジェクトで目指すターゲットパイロット

#### 開発物

膜分離による大気からのCO,回収ユニット 最終ターゲットパイロット 電気・熱化学による**CO,変換ユニット** 各ユニットが連結された小型システム **電気化学型:H**,未供給地点での利用を想定 **熱化学型:H**,供給地点での利用を想定 co,回収ユニット CO,変換ユニット 電気化学的 CO2:0.04% CO,変換 **CH**₄ 大気 CO<sub>2</sub>: 40%~ CO 膜分離 N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>: ~60% C<sub>2</sub>+ 熱化学的 **CO**,変換







#### 高いスケーラビリティ性を持ち 分散配置可能なCO<sub>2</sub>回収技術の実現



CO2回収研究ユニット



## 高いCO2透過性をもつシリコーン支持ナノ膜の開発



#### 高CO2選択性層材料の探索と評価



#### 分離ナノ膜の選択性向上



### 開発膜の性能(国際比較)



## 分離膜の大面積化

~ 200 cm<sup>2</sup>







200 mm

~ 10 cm<sup>2</sup>



10m以上 分離膜(支持膜)のRoll-to-Roll製膜



#### ①-5 ナノ膜の大面積化技術ならびに分離プロセスの設計・開発 2段型分離システムの性能評価



[13]



#### 電気化学・熱化学反応を利用したCO2変換ユニットの開発



1. 電気化学的変換法による基礎化学原料および燃料製造



#### 2. 熱化学的変換法によるC1化合物製造















## CO<sub>2</sub>混合ガスから炭素化合物を製造する 電気化学ユニットの開発



山内美穂 (九州大学・先導物質化学研究所) Paul Kenis (Univ. Illinois at Urbana Champaign)

● 選択性のある分離ナノ膜を大面積作製しCO₂を分離回収可能か

- ●どのような化成品が製造可能か
- O₂混合ガスを原料ガスとしてCO₂を変換できるか?

DACと組み合わせたシステム





## 60%空気40%CO2混合ガスを使った直接CO2変換





## Air-CO<sup>2</sup>の濃縮と直接的CO<sub>2</sub>変換







Mr. Vijay Shah Mr. Benjamin Sit



## MEAセルの大型化と性能評価



- UIUC has tested CO<sub>2</sub> to CO using pure CO<sub>2</sub> with 25 and 100 cm<sup>2</sup> MEA cell for durability study
- Long-term tests of 25 cm<sup>2</sup> cell showed high conversion of CO<sub>2</sub> to CO and stable current density over more than 80 h.
- UIUC will perform CO<sub>2</sub> to CO conversion using larger cell with NEDO mixed gas.



#### 100 cm<sup>2</sup> MEA cell



### 混合ガスの直接電気化学変換に関する世界動向

#### O<sub>2</sub>混合CO<sub>2</sub>ガスからのCH<sub>4</sub>製造は世界的にも例が少なく、挑戦的研究課題

	競合技術     ジェント     ジェント     ジェント     ジェント     アof. Qi Lu     (Tsinghua Univ.)	<section-header><section-header></section-header></section-header>
	世界: Benchmark	本研究
反応ガス	80%CO <sub>2</sub> ,20%O <sub>2</sub>	40%CO <sub>2</sub> ,12%O <sub>2</sub>
セル	バッチセル	フローセル
生成物	H <sub>2</sub> , C <sub>1,</sub> C <sub>2</sub> 化合物	H <sub>2</sub> , C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> 化合物
電流密度	6 mAcm⁻²以下	CH <sub>4</sub> : <b>19.7 mAcm<sup>-2</sup></b> C <sub>2+</sub> : <b>132 mAcm<sup>-2</sup></b>

*Nature Commun.* **2022**, 11, 3844

低濃度CO2の原料ガスでも高い電流密度でC1, C2製造を実現



#### Direct Air Capture and Utilization (DAC-U) system ~ m-DAC combined with electrochemical conversion system ~





ムーンショット型研究開発事業 目標 4 成果報告会 2023



#### DACから得られたCO<sub>2</sub>混合ガスから炭素 化合物を製造する熱変換ユニットの開発





#### 清水研一(北海道大学・触媒科学研究所)

DACからのCO<sub>2</sub>混合ガスをCH<sub>4</sub>・COに変換

## O2除去ならびにCO2変換を可能とする触媒プロセス



[24] DAC→熱化学CO,変換ユニットの連結による一気通貫システムの試作



#### 膜分離を用いた Direct Air Capture (DAC)

大気中のCO₂を濃縮(400 ppm → 2000 ppm)

```
連続的CO<sub>2</sub>吸蔵・還元
(CO<sub>2</sub> Capture & Reduction (CCR))
```

利点
 ✓ 濃縮CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub>混合ガスを「直接」、
 「一段で」CH<sub>4</sub>, COに変換
 課題点
 ✓ 高選択性、低温で反応を進行する触媒が必要

#### DAC-UシステムによるCO, CH<sub>4</sub>の合成



## 高濃度CH<sub>4</sub>生成量に向けて



## O2除去プロセスの低温化



#### DAC-Uの社会実装候補

#### DAC-Uの特徴

- 小型モジュール型
- 分散配置可能
- サイズスケーラブル

#### 小型分散性の活用:メタン →燃料として利用

システム規模	想定用途	co₂回収ユニット	変換物	変換方式	
				H₂供給有	H₂供給無
小~中型	戸建住居・小規模店舗	1個程度	CH <sub>4</sub>	熱化学	電気化学
	商業ビル・集合住宅	複数連結	CH <sub>4</sub>	熱化学	電気化学

#### スケーラビリティ性を活用: $CO, C_2H_2$ を想定 $\rightarrow$ 工業原料として利用

システム規模	想定用途	co₂回収ユニット	変換物	変換方式	
				H₂供給有	H₂供給無
大型	工場隣接	複数連結	CO, C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	熱化学	電気化学

#### 社会実装に向けた活動

人材・採用

#### 2023年6月23日 プレスリリース



WORLDWIDE 🚱 JP 🔹 文字サイズ 🚺 A) このページを印刷 🛃 お問い合わせ 💌

企業情報 ニュース 事業紹介 IR(投資家情報) サステナビリティ

♣ ホーム > ニュース > ニュースリリース > 暦年別にみる > 双日、ナノ分離膜を用いたDAC技術の2020年代後半の実用化に向け新会社を設立

ŀ	ニュース	

◎ ニュースリリース

#### 双日、ナノ分離膜を用いたDAC技術の2020年代後 半の実用化に向け新会社を設立

~九州大学発の革新的技術の社会実装を加速化~

<ul> <li>         ・         ・         ・</li></ul>	
> 2023	PDF版[259.4 KB]         2023年6月12日           双口株式会社         双口株式会社
> 2022	17 test Flows for the
> 2021	双日株式会社(以下「双日」)は、2022年2月の九州大学との覚書締結を通じてDAC技術(membrane-based
> 2020	Direct Air Capture、以下「m-DAC <sup>TM</sup> (*1)」)の2030年までの実用化に向け調査・研究を進めてきましたが、
> 2019	2020年代後半に社会実装を前倒しすべく新会社Carbon Xtract 株式会社(以下「Carbon Xtract」)を設立し
> 2018	ました。
> 2017	
> 2016	地球温暖化対象として世界各国で2050年にCO2排出ネットと目を目指していますが、IEA(International Energy
> 2015	90%確で、2050年の排出ネットゼロには、2030年時点でDAC技術による7千万トン程度のCO2の直接吸収が必
> 2014	要」と報告しています(*2)。この実現に向けて日本でも2023年5月12日にGX(グリーントランスフォーメーシ
> 2013	ヨン)推進法が成立し、DACを始め脱炭素に関わる革新的技術の社会実装を後押しするための先行投資支援体制
> 2012	と市場整備が推し進められています。

- 会社名 Carbon Xtract株式会社
- 代表者 森山 哲雄
- **設立** 2023年5月26日

**事業内容** 分離ナノ膜を用いて大気から二酸化炭素を選択的に 回収する技術を活用した装置・製品の開発・販売 <u>corovon</u> 2023年11月24日 プレスリリース ※ 九州大学

> <sup>Topics</sup> トピックス

ナノ分離膜を用いた革新的CO2回収技術を持つCarbon Xtract株式会社 に九州大学初となる出資・事業参画

2023.11.24

Q

#### (トピックス)

このたび九州大学は、九州大学発の実用開発中ナノ分離膜を用いた、大 気からの直接的二酸化炭素(以下「CO2」)回収技術(membranebased Direct Air Capture、以下「m-DAC®(※1)」)と回収したCO2 の利活用技術の実用化に賛同・推進すべく、2023年5月に双日株式会社 (以下「双日」)が主体となって設立した Carbon Xtract株式会社(以 下「Carbon Xtract」)に、本学として初めての出資による事業参画を 行います。

m-DAC®は、空気を膜でろ過するだけでCO2を回収・濃縮するという世 界で初めての革新的技術であり、これを装置化すれば様々な場所での CO2回収が可能になります。



分離膜によって、エアーフィルターのように大気からCO₂を回収・濃縮し、様々 な有用物質に変える装置「Direct Air Capture and Utilization (DAC-U®)シ



