

番号: A-5-1J

PJ: “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

代表機関名: 国立大学法人九州大学 委託先: 北海道大学・熊本大学

問合せ先: 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

E-mail: fujikawa.shigenori.137@m.kyushu-u.ac.jp



# ユビキタスCarbon Capture and Utilization (CCU)によるビヨンドゼロ社会を目指して

## ■ 圧倒的な透過量を誇る世界最高性能のCO<sub>2</sub>分離膜

●九州大学は、食品用ラップの1/300ほどの薄さしかない分離膜を開発

●従来の20倍以上という圧倒的なCO<sub>2</sub>透過性を持つ、世界最高透過度のCO<sub>2</sub>分離膜

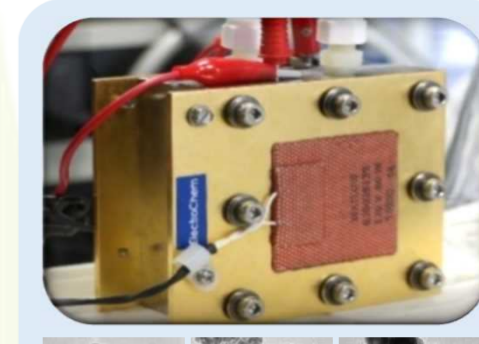


CO<sub>2</sub>分離ナノ膜

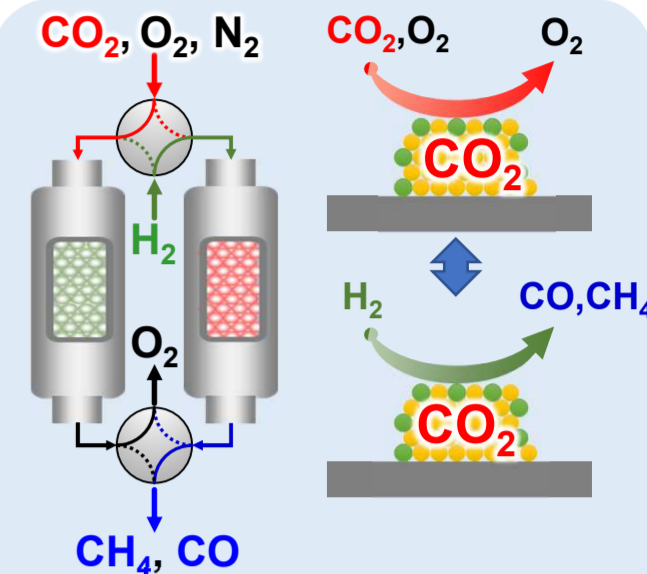
## ■ CO<sub>2</sub>を変換する触媒技術と小型変換装置

●CO<sub>2</sub>を有用物質に高効率変換するナノ触媒と電気化学変換システム

●O<sub>2</sub>除去とCO<sub>2</sub>変換を同時に実現した新しい熱化学触媒とプロセス



電気化学変換



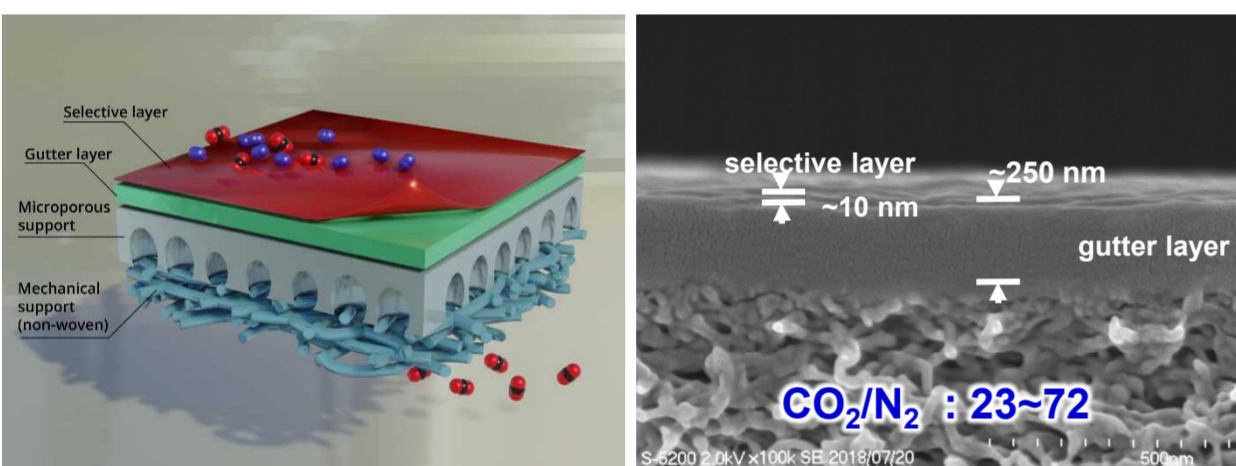
熱化学変換

## 本プロジェクトの開発目標

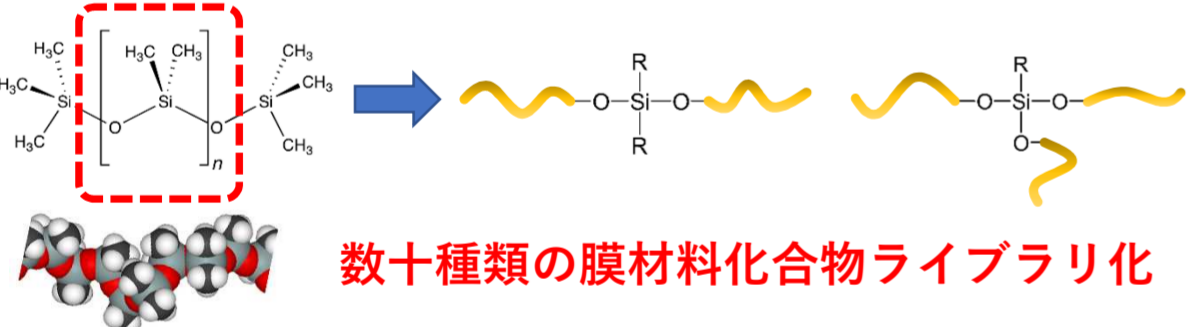
# 小型・スケーラブル・分散配置可能なDirect Air Capture-Utilization (DAC-U)システム



### 分離膜のCO<sub>2</sub>選択性向上

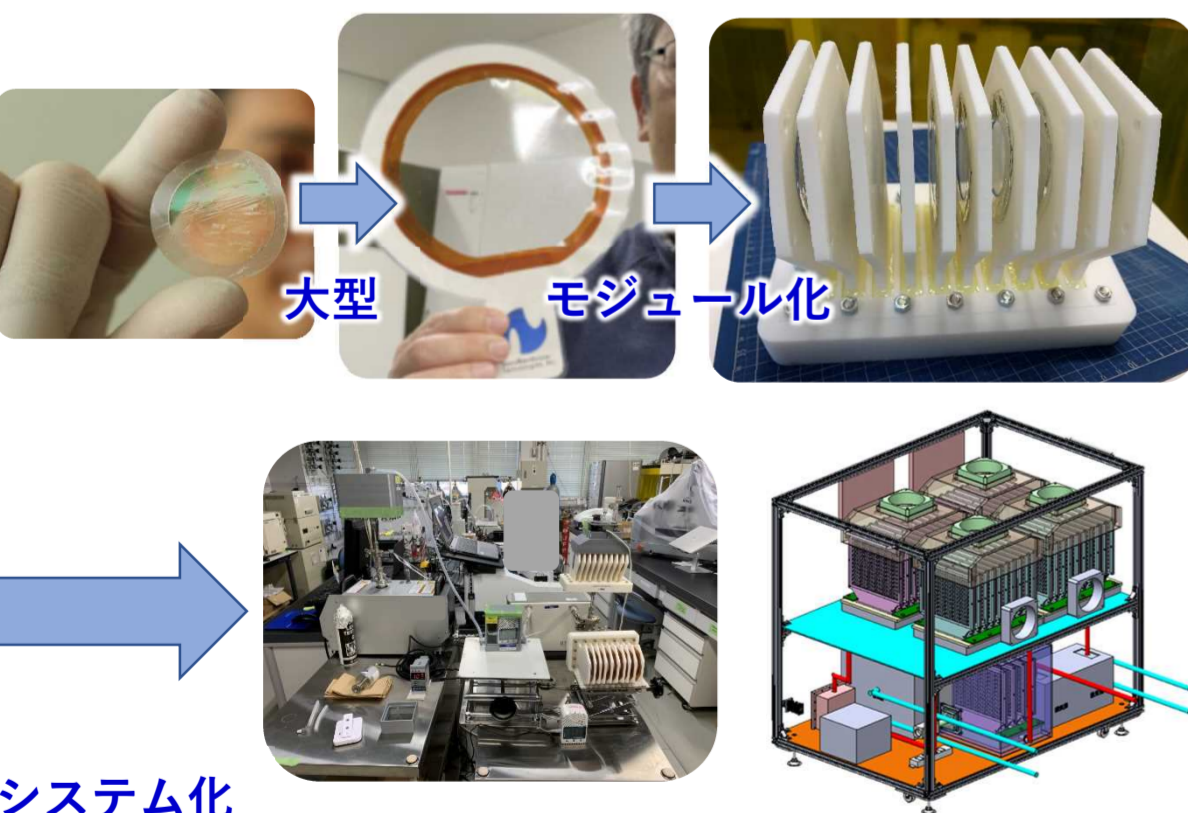


### 分離膜材料の高度化

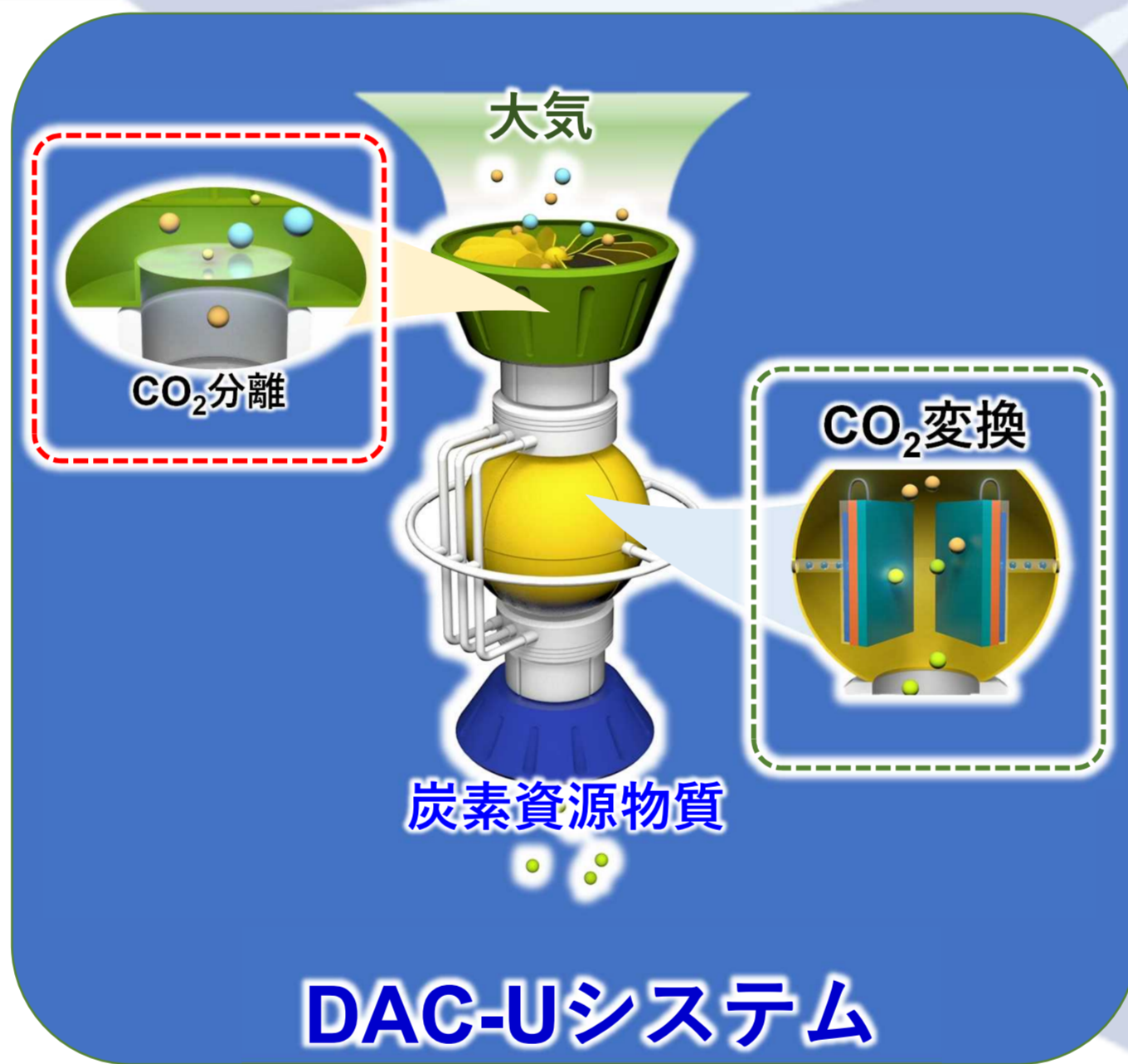


数十種類の膜材料化合物ライブラリ化

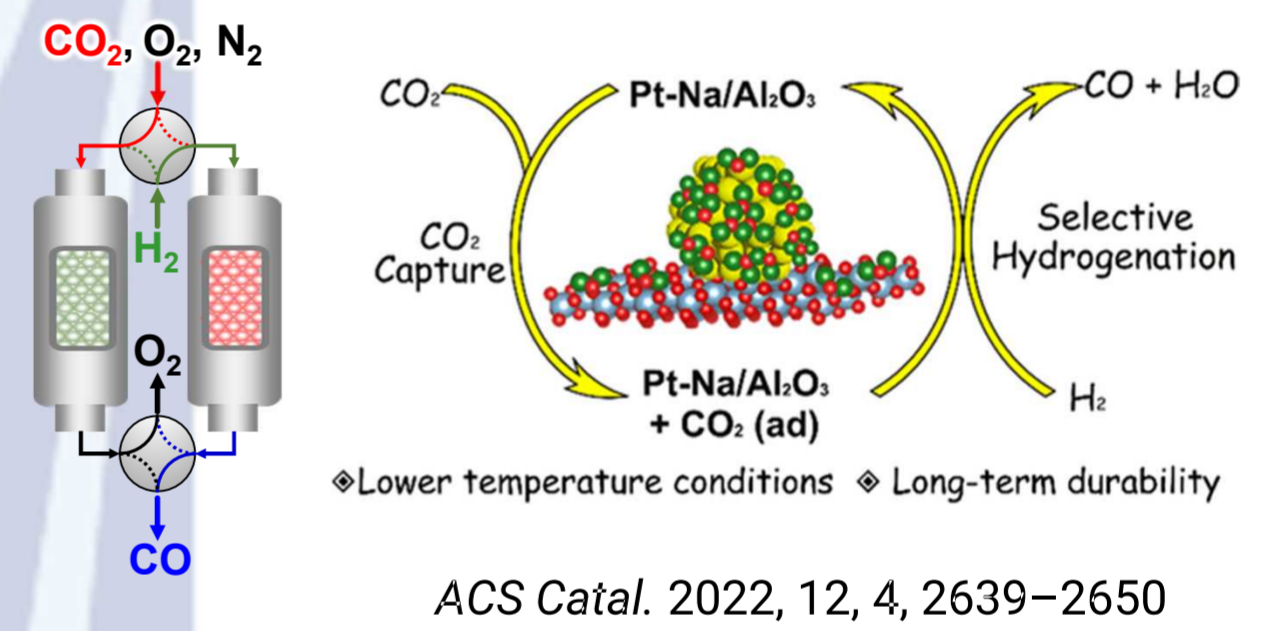
### 分離ナノ膜の大面积・モジュール化



システム化



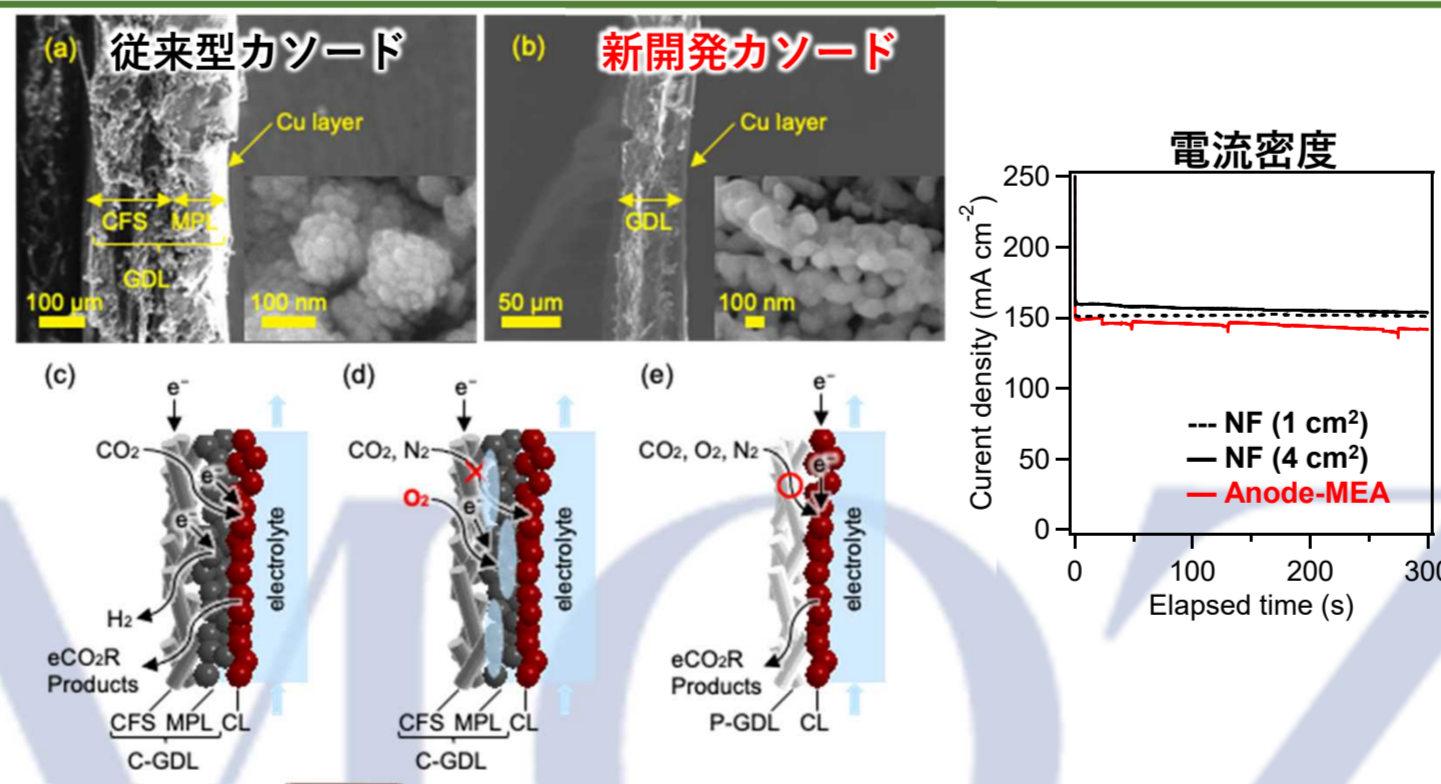
### CO<sub>2</sub>吸蔵と熱化学的連続変換



ACS Catal. 2022, 12, 4, 2639-2650

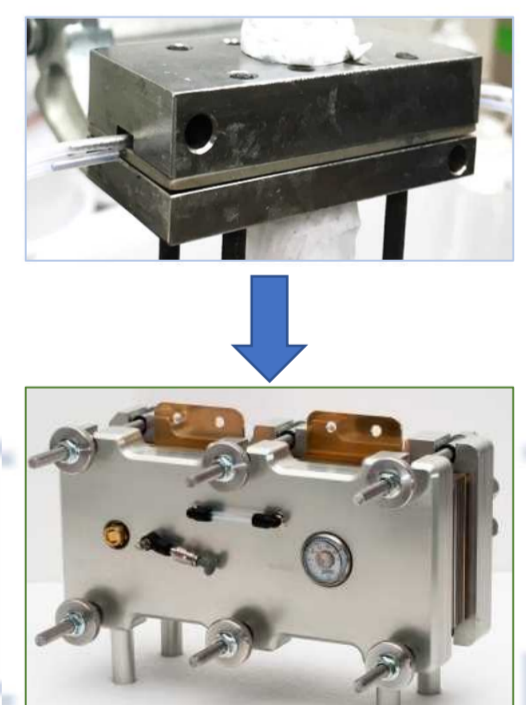
北海道大学 触媒科学研究所 清水研一 (教授)

### 電気化学的CO<sub>2</sub>変換用の新たな電極



九州大学 先端物質化学研究所 山内美穂 (教授)

### 高性能電気化学セルの開発



Univ. Illinois at Urbana Champaign KENIS Paul (Professor)



DAC-Uシステムが分散配置された炭素資源循環社会



番号: A-5-2J

PJ: "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

テーマ名: Air-CO<sub>2</sub>からの電気化学的化学品製造システムの開発

担当機関名: 九州大学

問合せ先: 九州大学先導物質化学研究所 山内美穂 yamauchi@ms.ifoc.kyushu-u.ac.jp

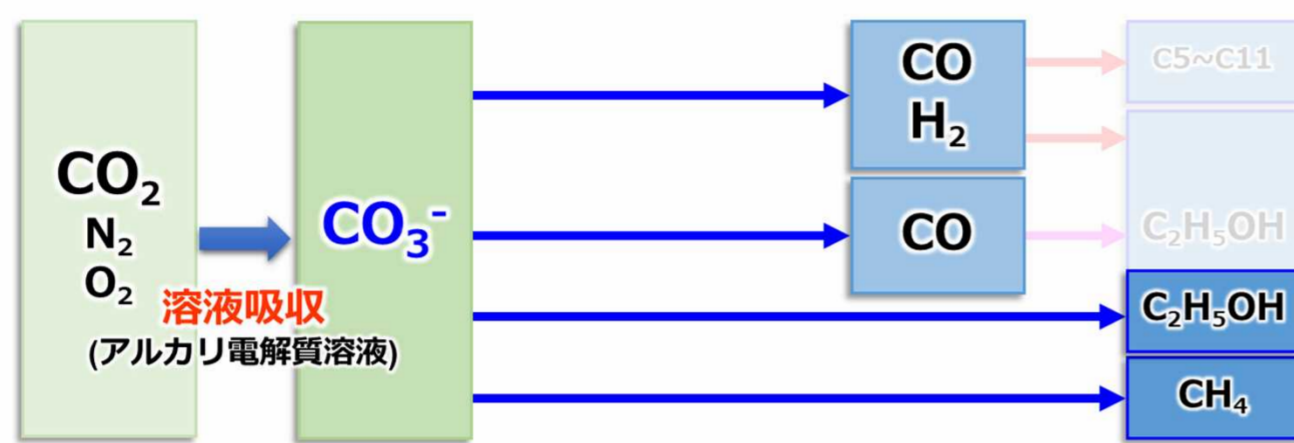


# 60%空気混合40%CO<sub>2</sub>ガス(Air-CO<sub>2</sub>)を使った電気化学的CO<sub>2</sub>還元

目標: [Air-CO<sub>2</sub>] + H<sub>2</sub>O → CO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> or α

**Method A**  
40CO<sub>2</sub>, 12%O<sub>2</sub>, 48%N<sub>2</sub>

**Method B**  
電解質



生成物 ○変換システムが単純 ×報告例が少ない

×N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>の分離が必要

○N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>の分離が不要

×報告例が少ない

×副反応の水素生成が優勢

×混合ガスの溶解法の開拓が必要

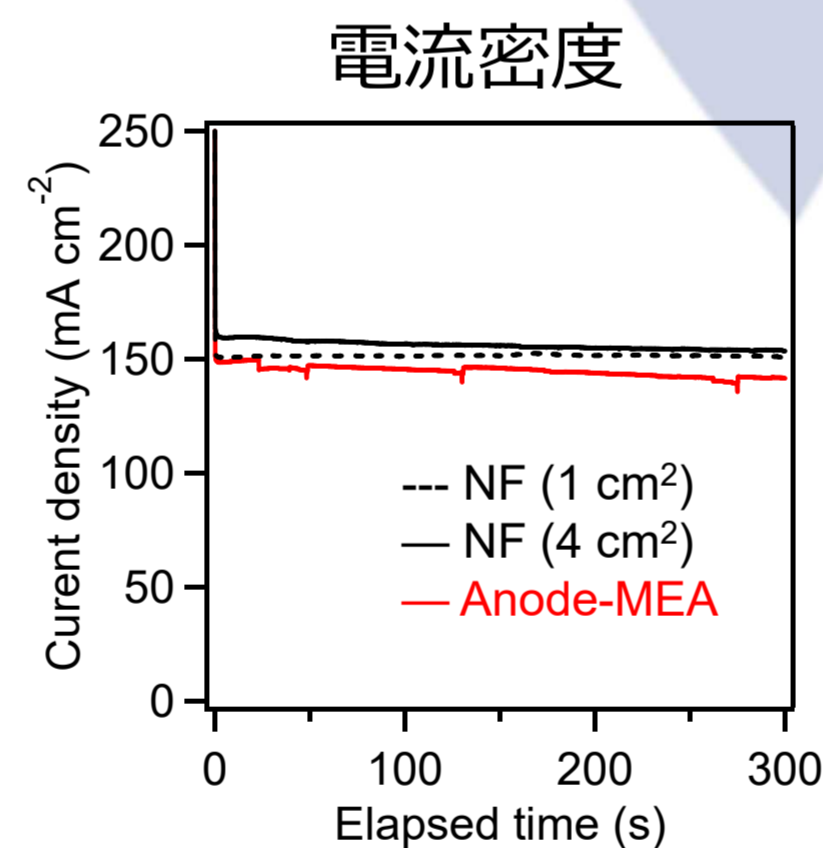
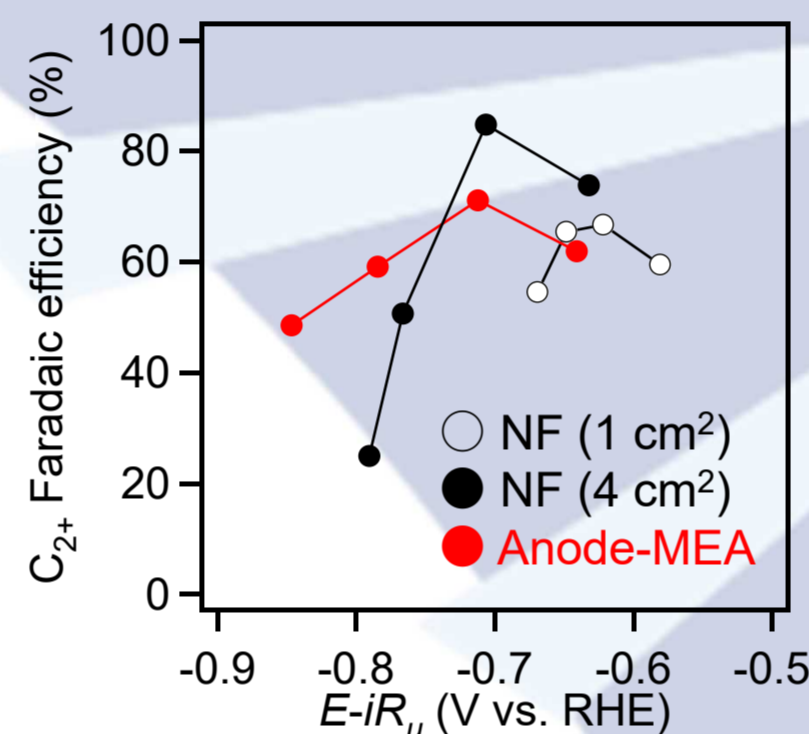
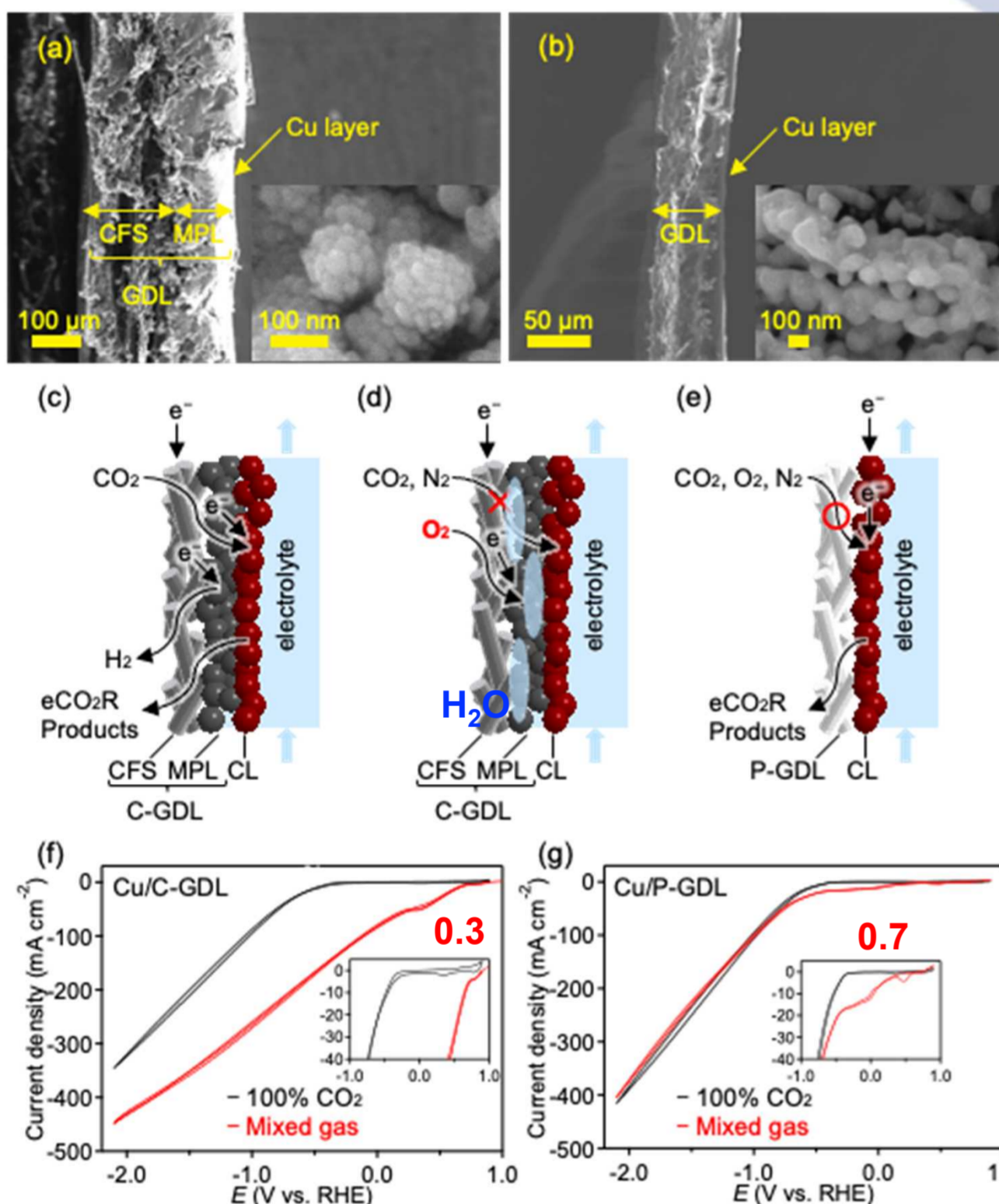
**Method A**

## Air-CO<sub>2</sub>からの直接eCO<sub>2</sub>R

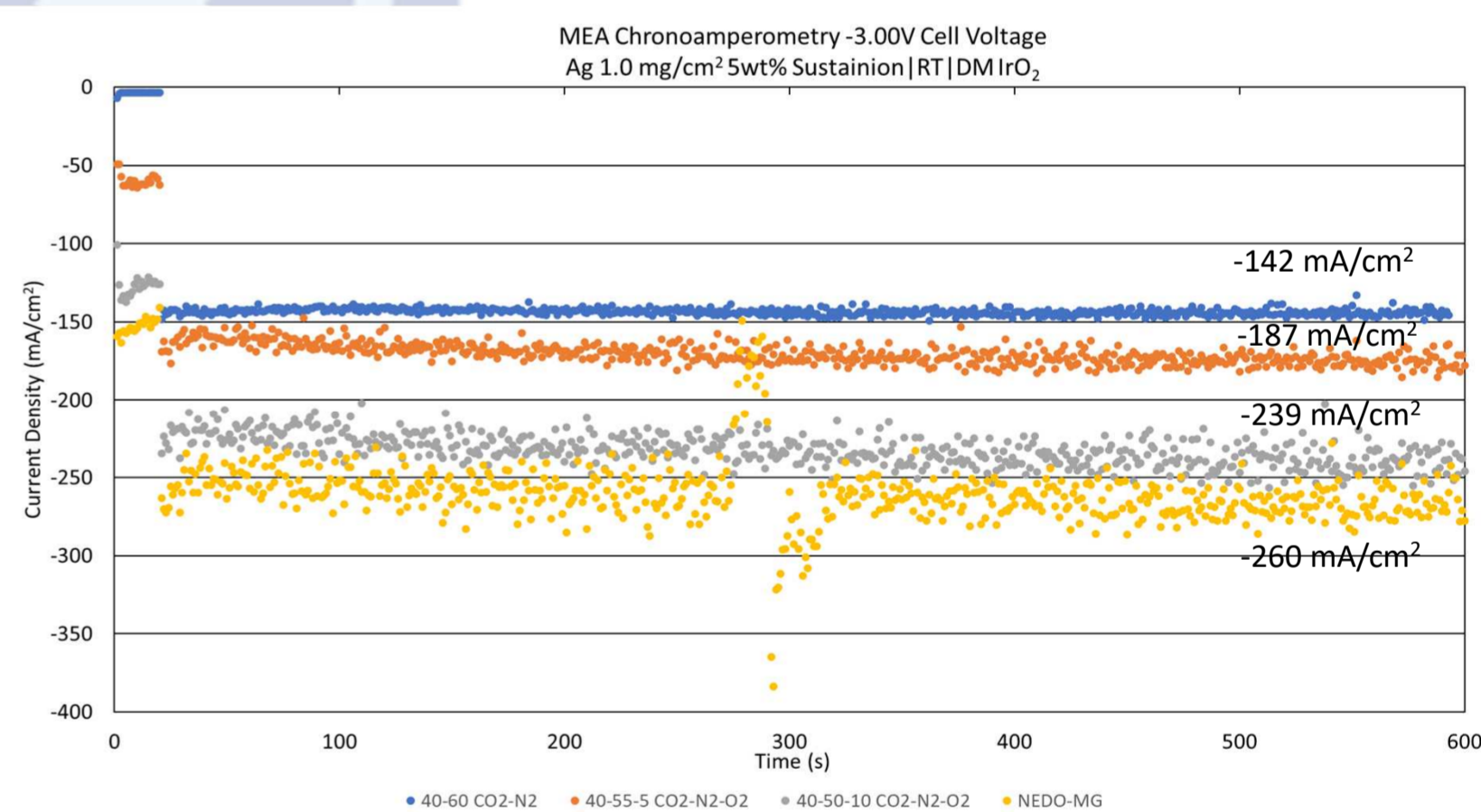
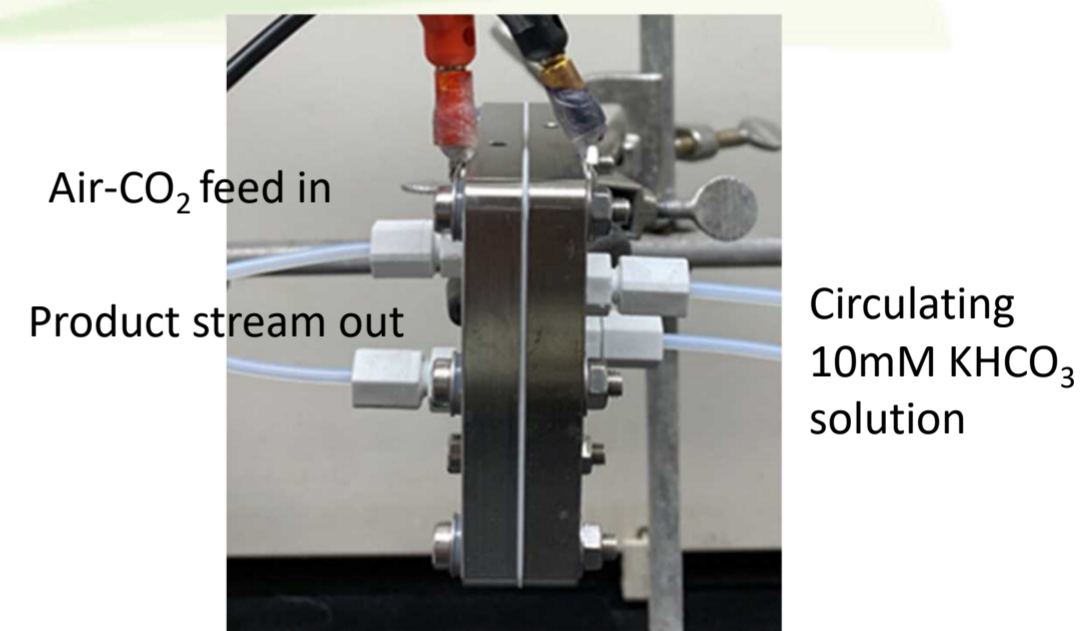
従来型カソード

新開発カソード

Faradaic効率



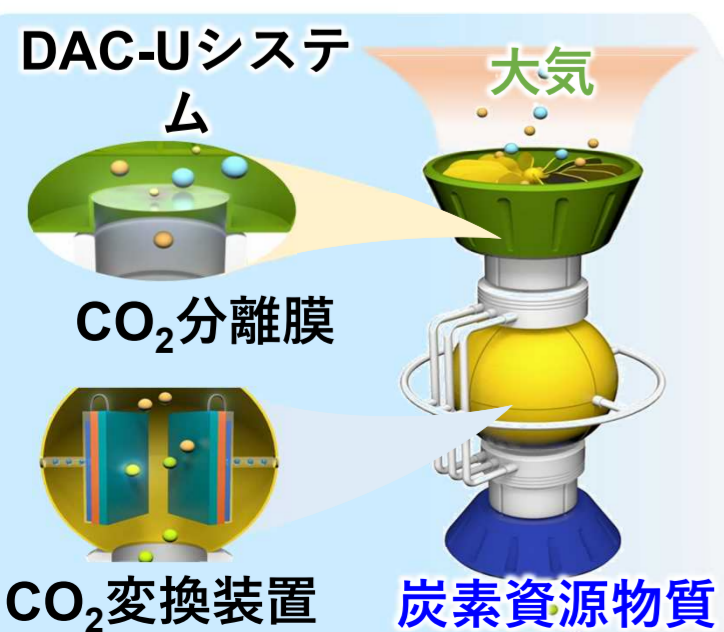
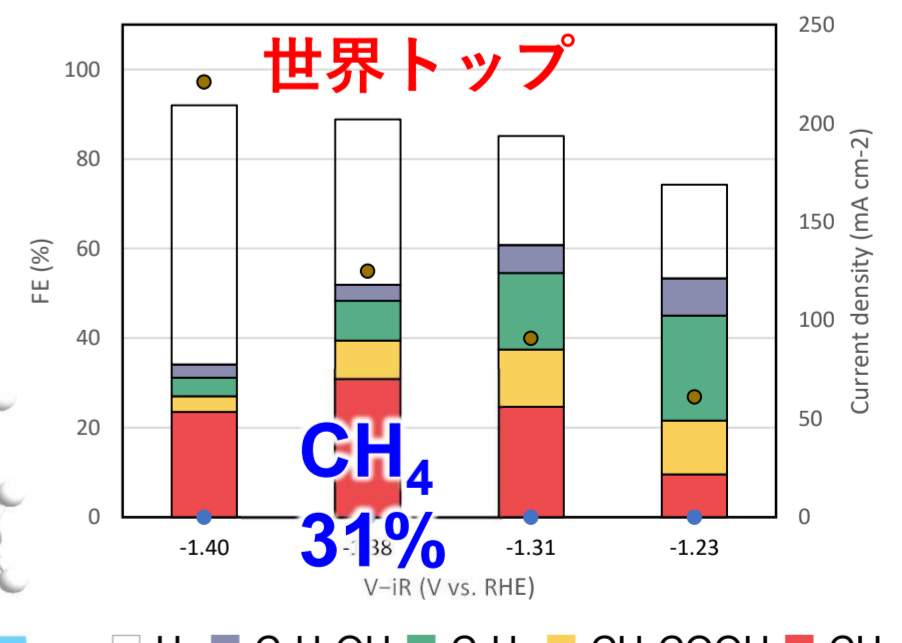
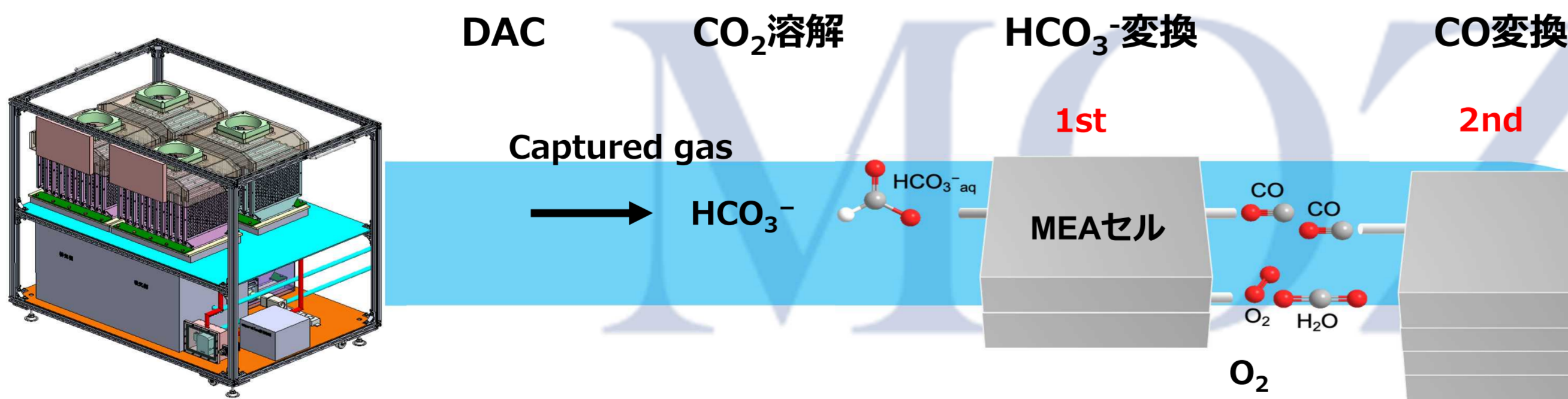
Prof. Kenis (UIUC)



Chem. Comm., 59, 11188-11191 (2023)

**Method B**

## Air-CO<sub>2</sub>からのeCO<sub>2</sub>RによるO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>フリー資源の製造



2.0 kg CO<sub>2</sub>からCH<sub>4</sub>をつくるのに使う電力(現状)

CO<sub>2</sub>の転化速度: 45.4 mol day<sup>-1</sup> (CO<sub>2</sub>)

CH<sub>4</sub>の生成速度: 1.29 mol day<sup>-1</sup> (CH<sub>4</sub>)

電力量(Wh) = 電力P(W) × 時間t(h)より

一段階目で: 0.6 kWh

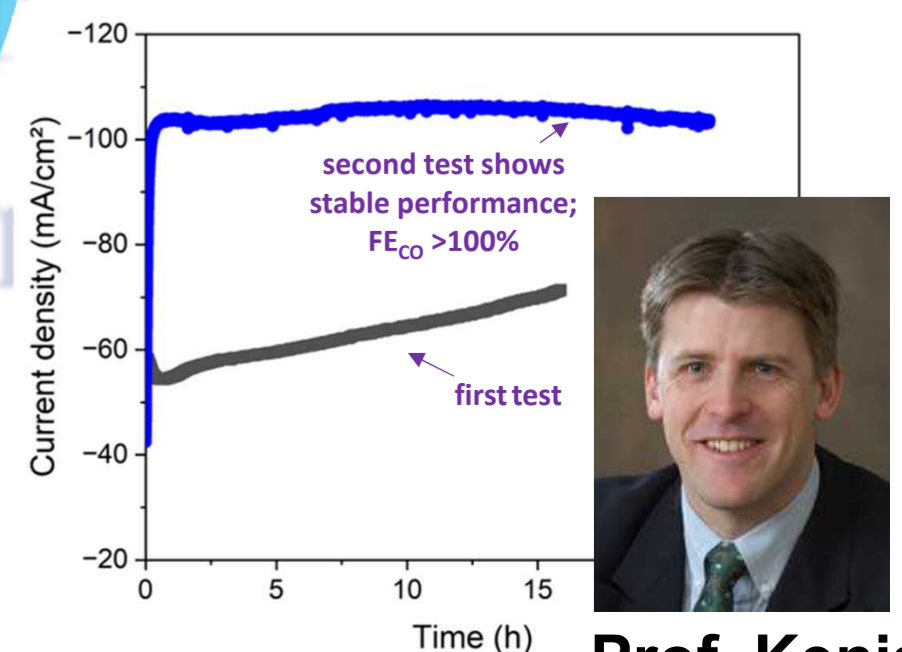
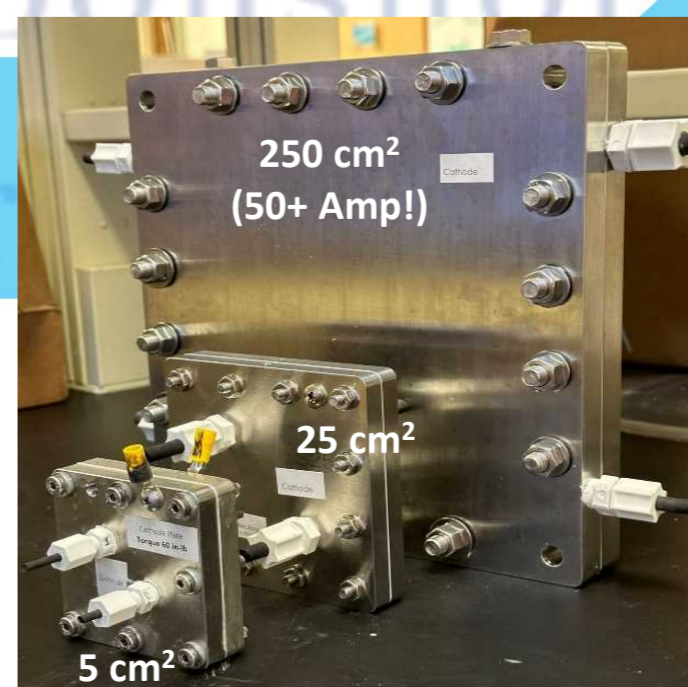
二段階目で: 1.0 kWh

→ 1.6 kWh必要

10円/kWhだと16円(変換だけ)

電気代が1/10になれば....

大面積、スタック



Prof. Kenis (UIUC)



番号： A-5-3J

PJ：“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

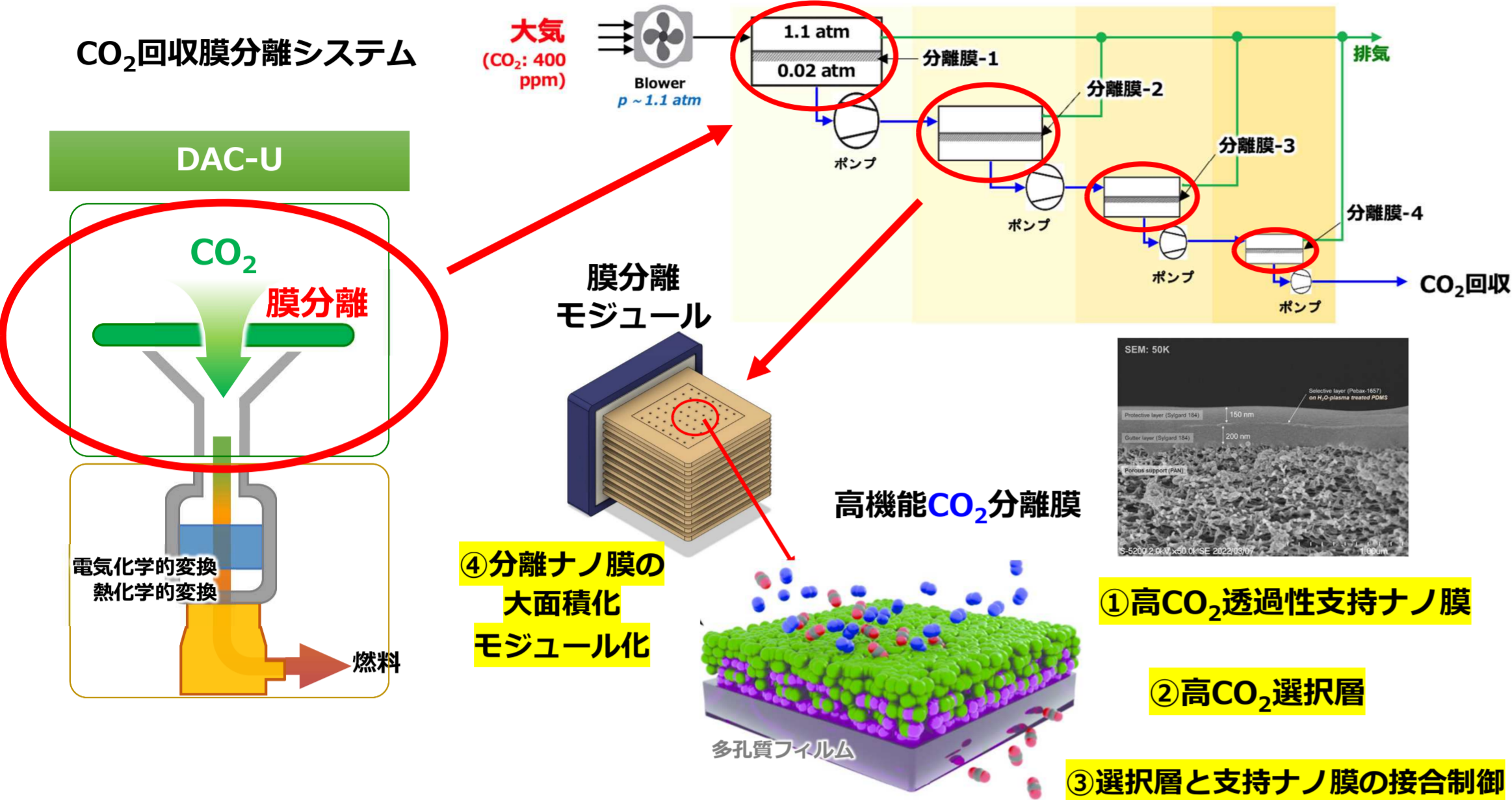
テーマ名： DACを可能とする高機能CO<sub>2</sub>分離膜の開発

担当機関名： 熊本大学

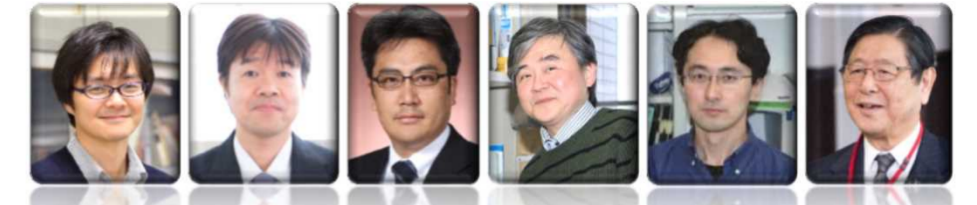
問合せ先： 熊本大学産業ナノマテリアル研究所 國武雅司 kunitake@kumamoto-u.ac.jp



### CO<sub>2</sub>回収膜分離システム

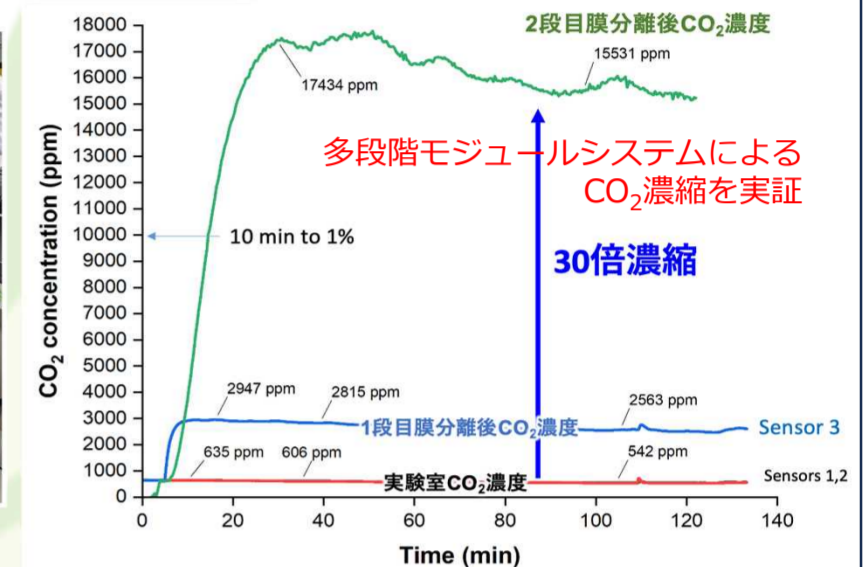
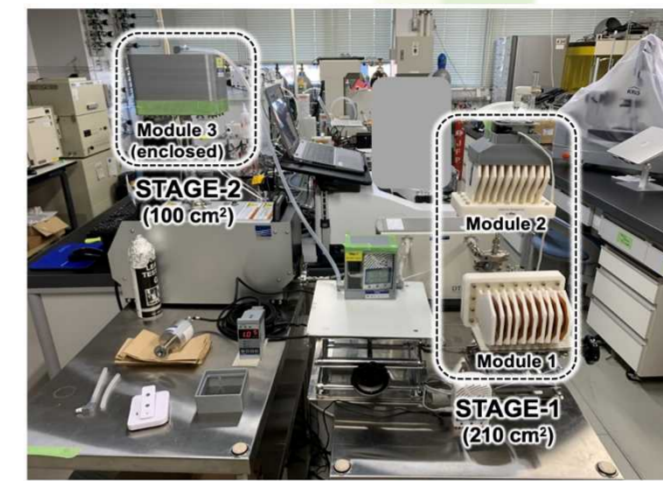


### CO<sub>2</sub>回収膜開発研究ユニット

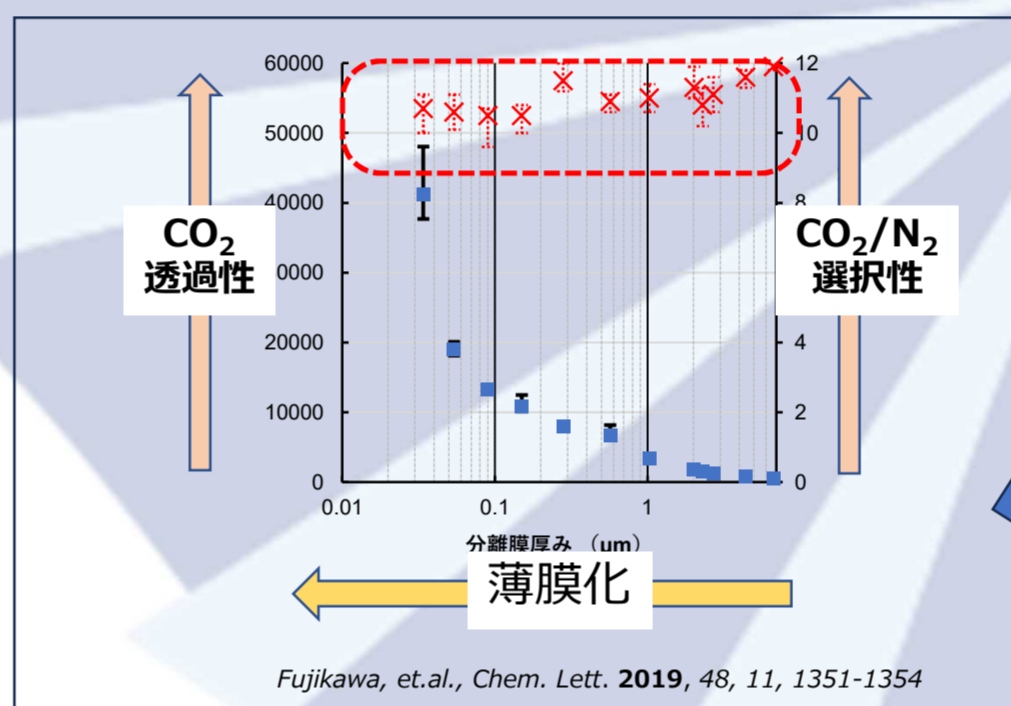
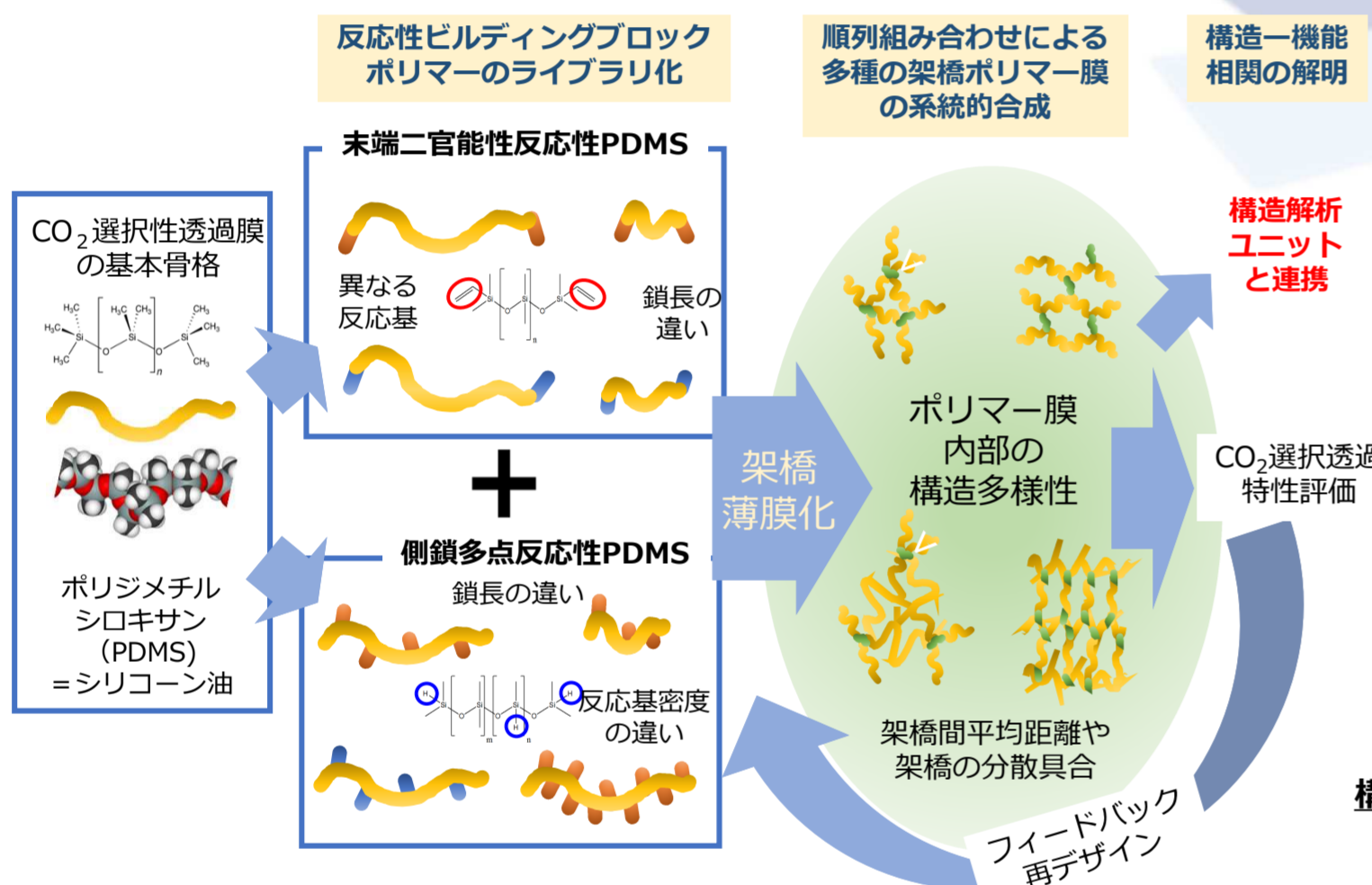


- 藤川茂紀 (九州大学, PM)
- 國武雅司 (熊本大学, ユニットリーダー)
- 平井智康 (大阪工業大学)
- 金子義郎 (鹿児島大学)
- 野呂真一郎 (北海道大学)
- 國武豊喜 (株式会社ナノメンブレン)

### 2段階分離システムの試作・実証実験



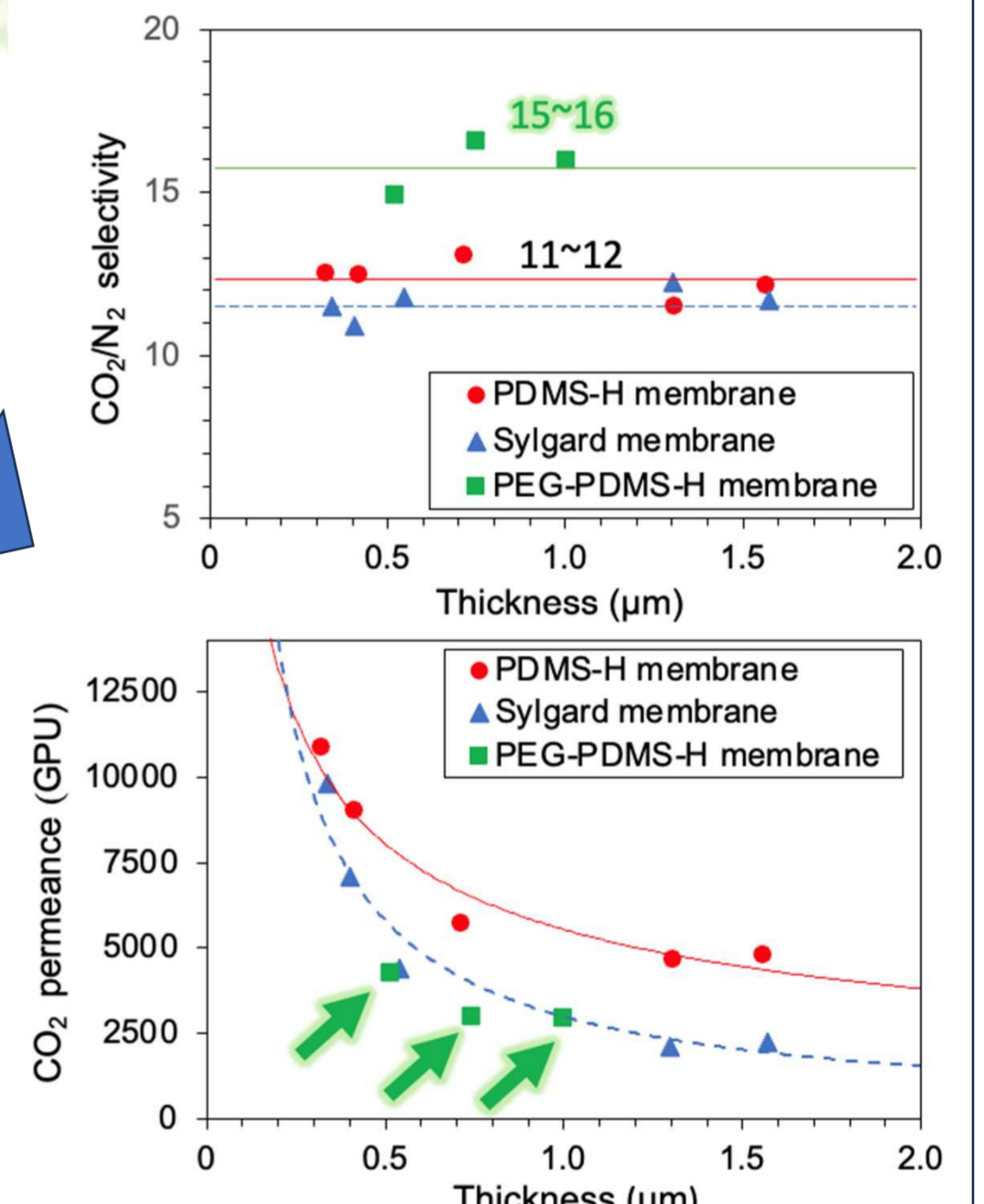
### 高CO<sub>2</sub>透過性支持ナノ膜の開発



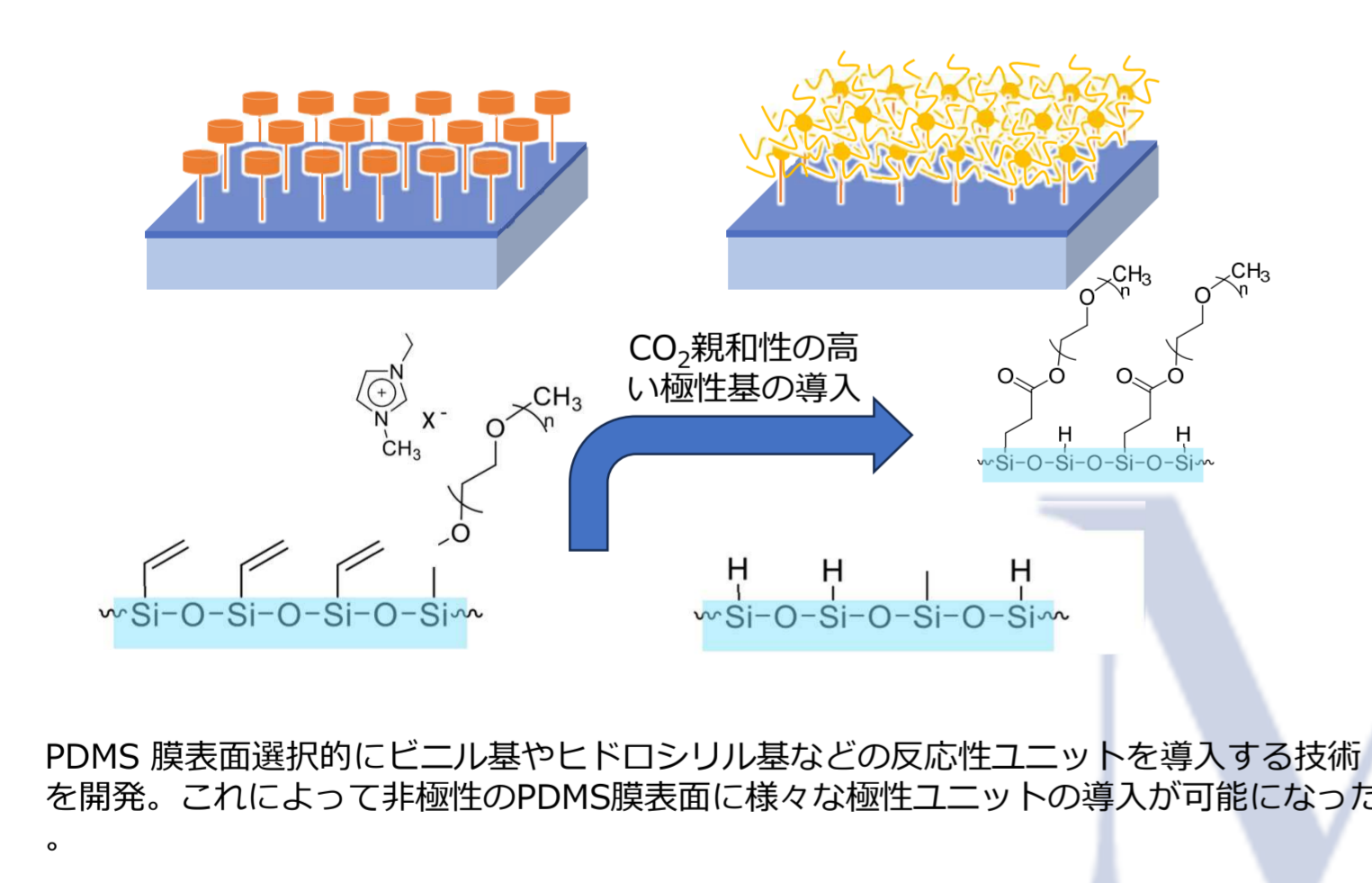
- 薄膜化するほど、著しい透過性の向上
- 薄膜化してもCO<sub>2</sub>選択性は維持
- 選択性と透過性のトレードオフ問題からの脱却

### 構造不明な市販シリコン材料に代わるシリコン系架橋膜スタンダードの探査・開発

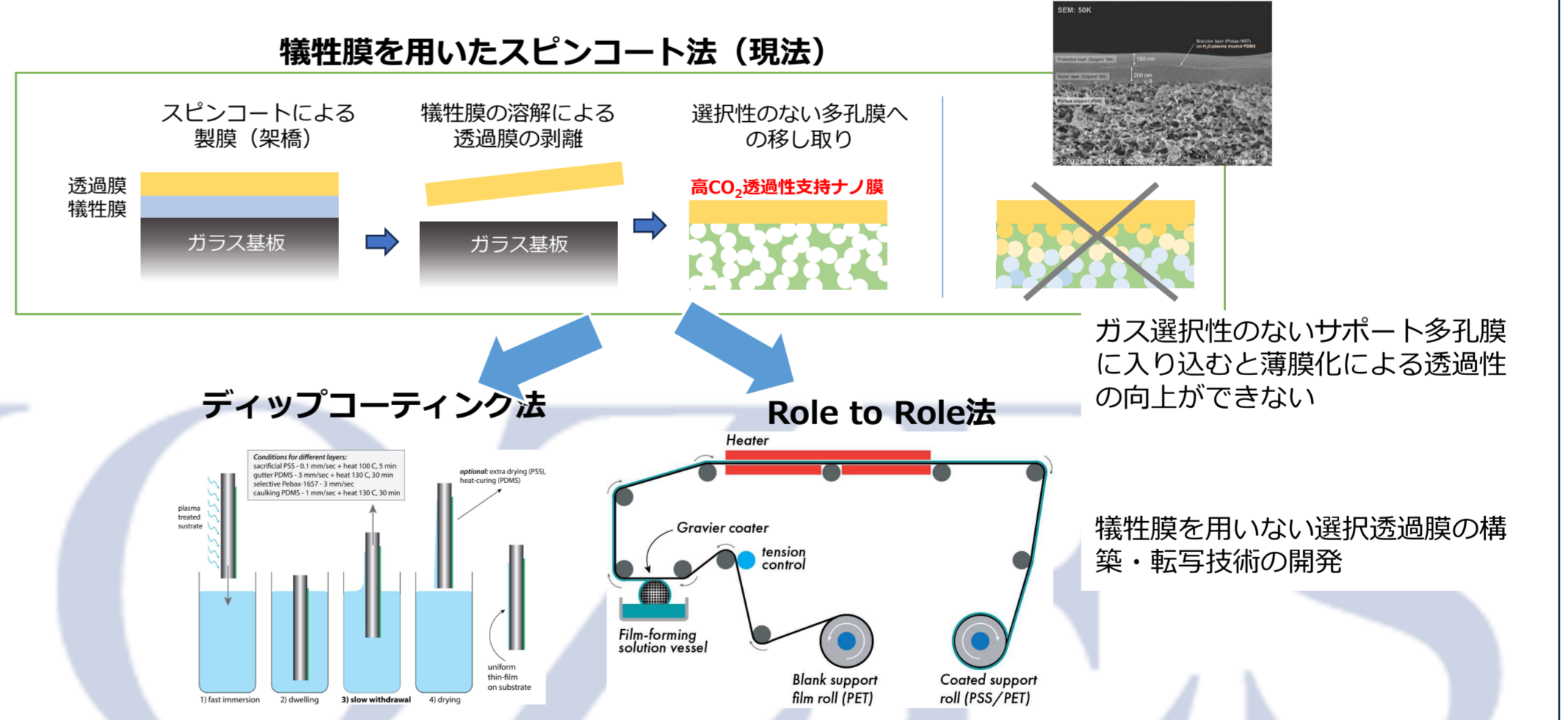
ビルディングブロックの組み合わせからの階層的構造化が可能で化学構造が明確なPDMS架橋反応系から、シリガードに相当もしくは凌駕するCO<sub>2</sub>選択透過特性を有する膜材料系を複数開発に成功。それぞれの系で、選択透過性を維持したまま薄膜化による透過性の向上を再確認



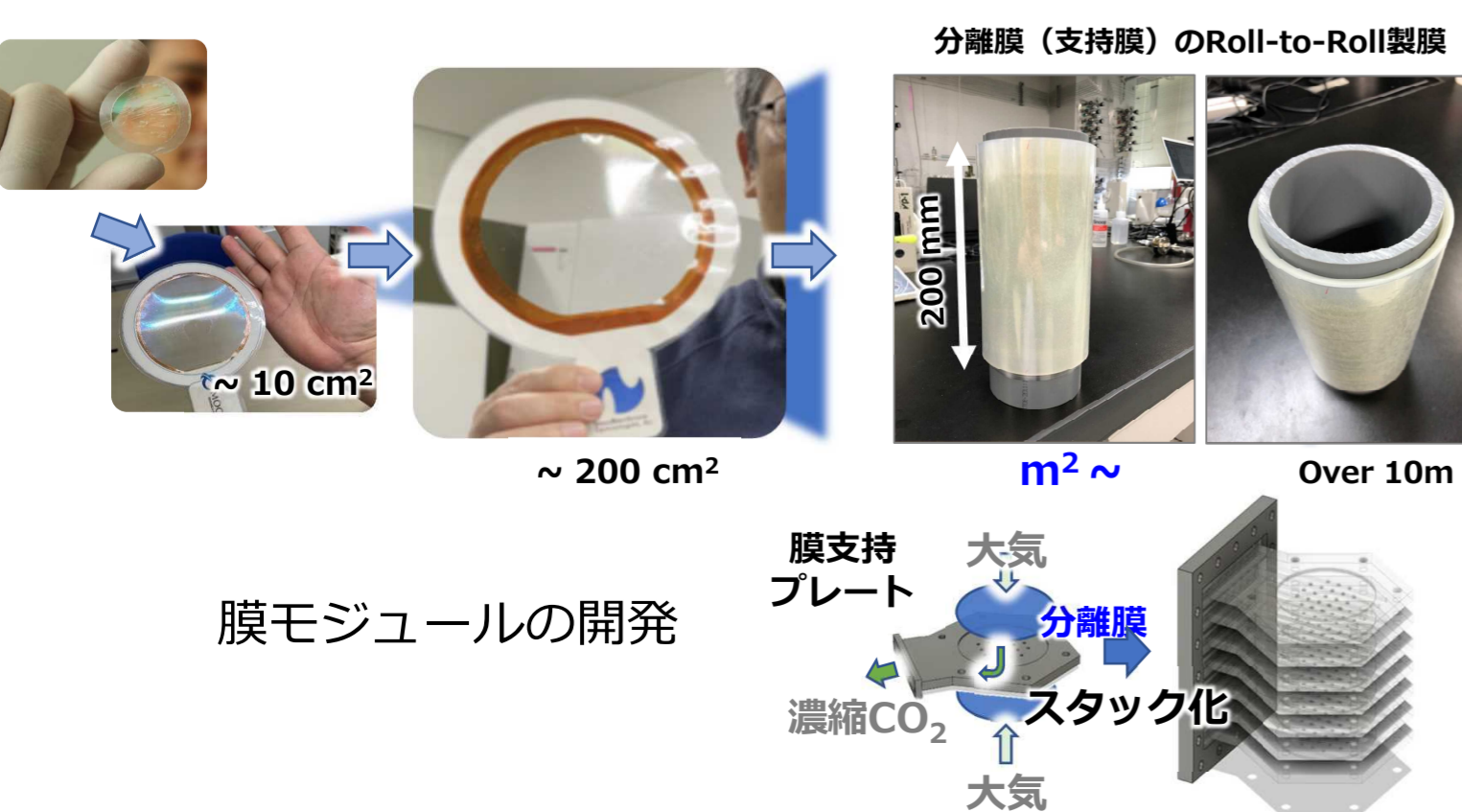
### 選択層の探査と支持ナノ膜の接合制御



### より大面積化・工業化しやすい薄膜製造技術へ



### 分離膜の大面積化/モジュール化



### 化学架橋を必要としない透過膜材料の開発

