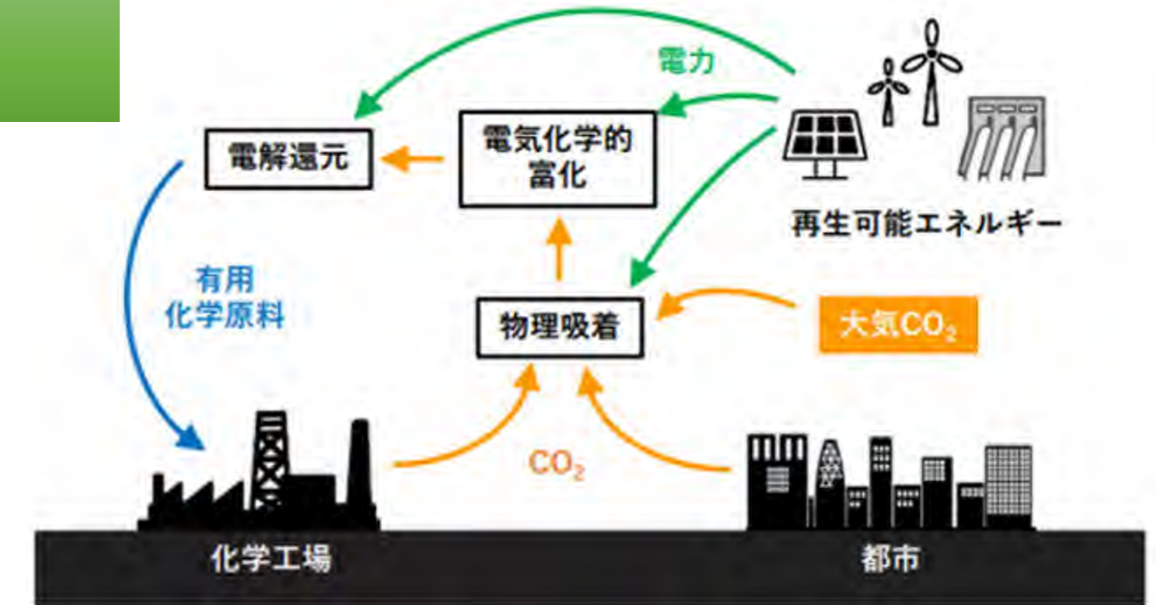


番号 : A-2-1J
PJ : 電気化学プロセスを主体とする革新的CO₂大量資源化システムの開発
テーマ名 : プロジェクト全体
担当機関名 : 国立大学法人 東京大学
問合せ先 : sugiyama@enesys.rcast.u-tokyo.ac.jp / ebe@enesys.rcast.u-tokyo.ac.jp



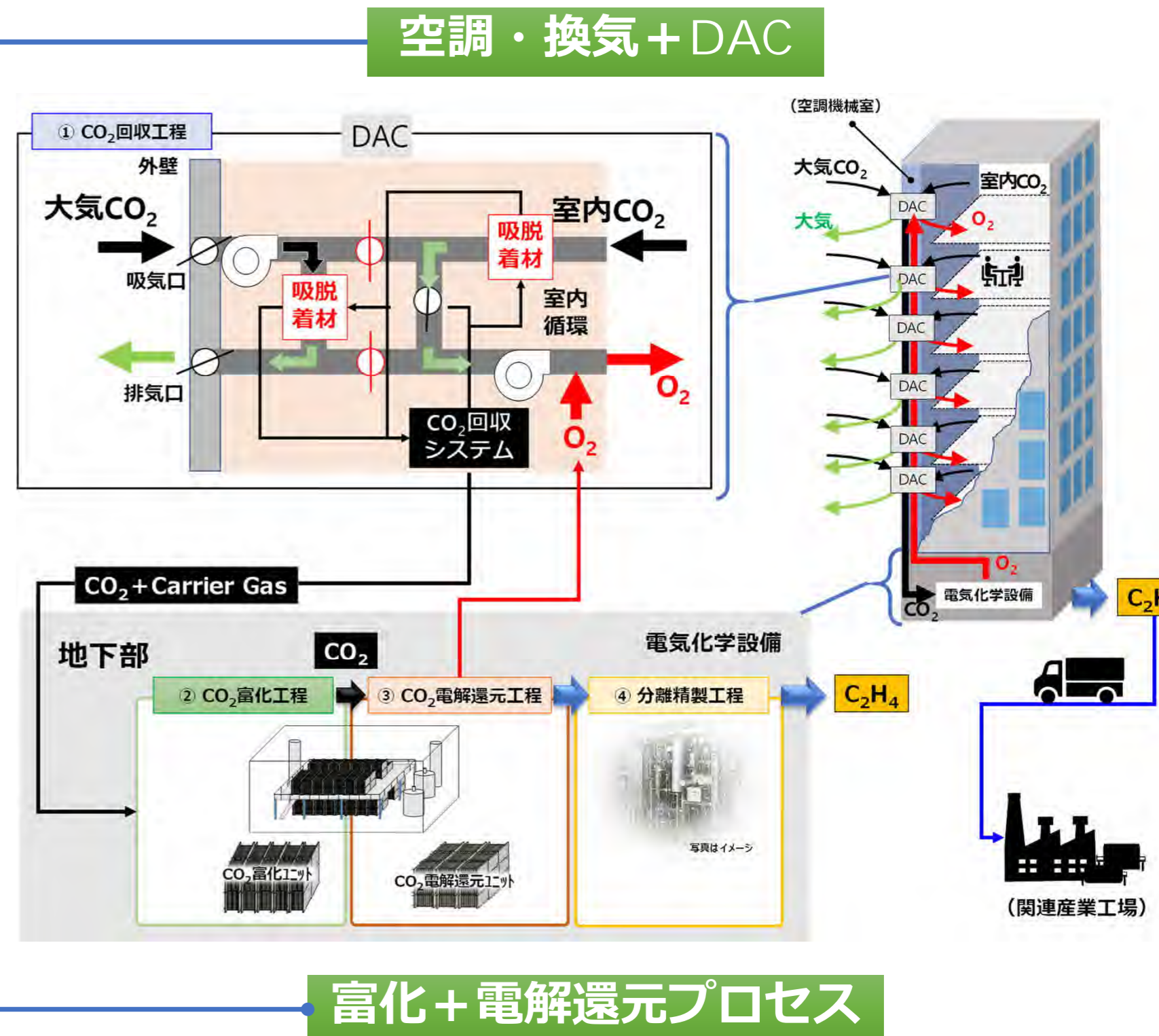
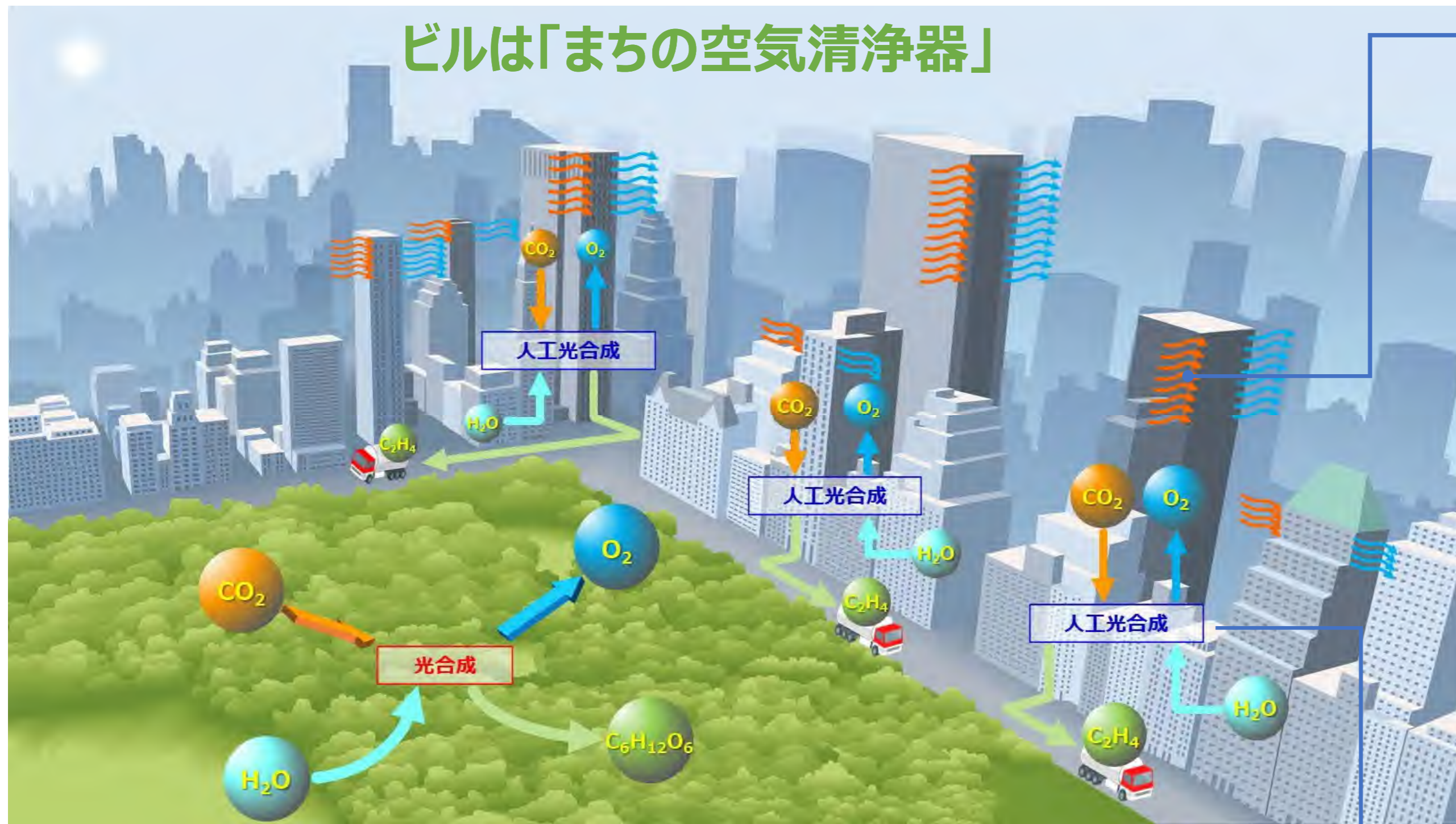
1. 研究概要

- 大気中のCO₂を固体吸着および電気化学的な手法にて回収・富化し、再生可能エネルギーを駆動力とする電気化学プロセスによりエチレン等有用化学原料を生成する統合システムの開発
- 電気化学プロセスの特長を活かした新規な小規模分散配置型循環社会の提案



<電気エネルギーを用いたCO₂循環社会>
 ~CO₂排出1億 ton/年削減@2050に向けて~

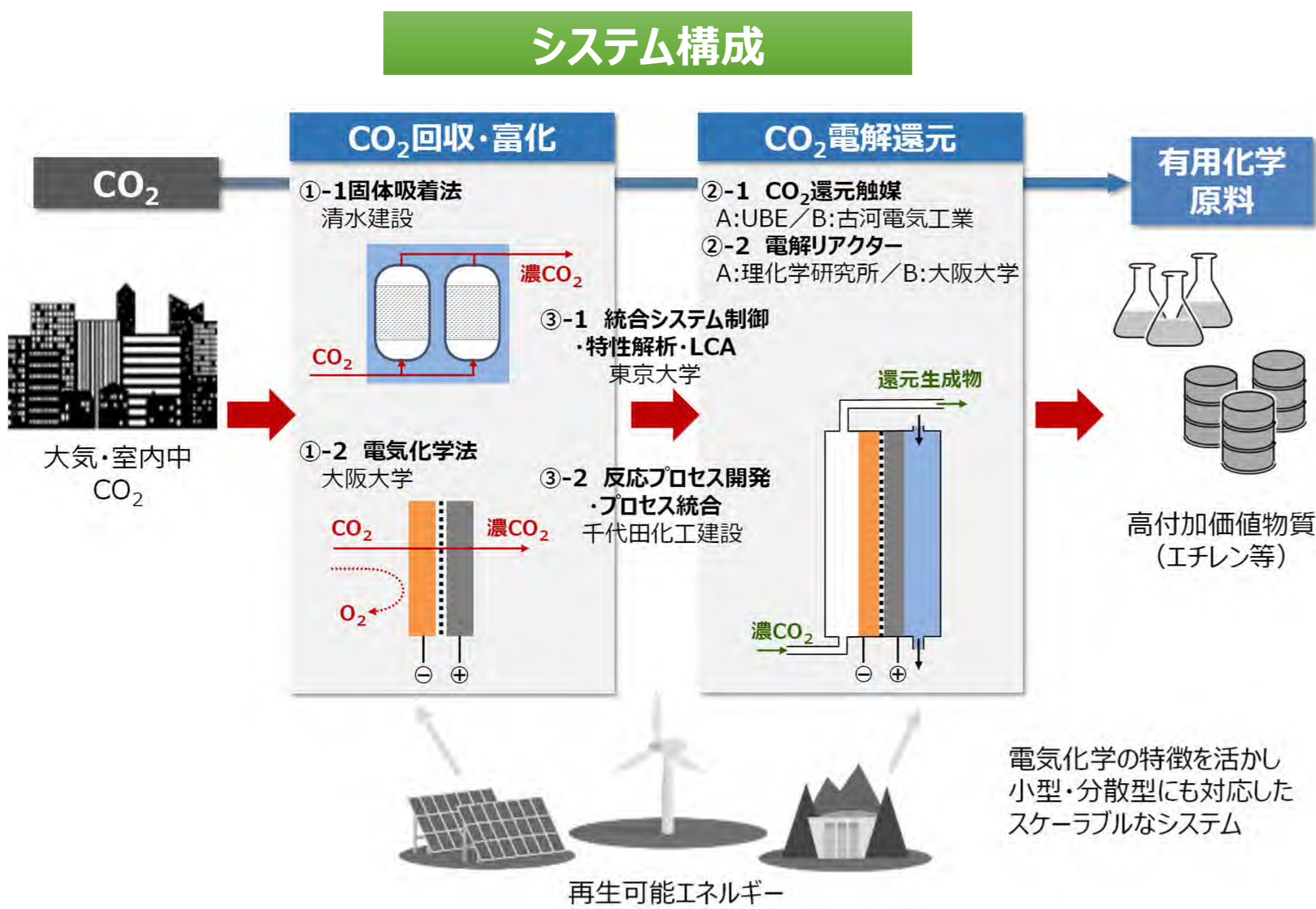
2. 目指す姿: 新規な都市型DAC-Uシステム構築への挑戦



オフィスビル内外のCO₂を回収・資源化する都市型DAC-Uシステム

- O₂濃度を維持しつつCO₂濃度低減可能 → 外気取り込みが不要 (電力の大幅削減が可能)
- 大気・室内中のCO₂から基礎化学品へ転換

3. プロジェクト概要



- CO₂回収および富化 (濃縮) するプロセス (Poster 番号: A-2-2J)
- 電気化学的にCO₂電解還元反応を行うプロセス (Poster 番号: A-2-3J)
- 社会実装まで視野に入れたシステム構築 (Poster 番号: A-2-4J)

4. 開発目標/項目・役割分担

2030年までのKPI

年度	2022	2024	2029
CO ₂ 排出量* (t-CO ₂ /t-C ₂ H ₄)	+1.0 ~ +1.5 デバイス開発/検証	+0.5 ~ +1.0 実験室規模 1,000時間	<-0.5 パイロットプラント 5,000時間
内) 運転時CO ₂ 排出量	-0.5 ~ 0.0 (5.0~4.5V, FE=55~65%)	-1.0 ~ -0.5 (4.5~3.8V, FE=55~80%)	<-2.0 (3V, FE=80%)
内) 設備CO ₂ 排出量	+1.5	+1.5	+1.5

*大気CO₂回収からエチレン生成までのシステム全体のCO₂排出量 (設備込)

開発項目・役割分担

研究開発項目		研究分担 (基礎検討/工業化検討)	
CO ₂ 回収 富化工程	固体吸着法によるCO ₂ 回収	清水建設	協業企業
	電気化学法によるCO ₂ 富化	大阪大学	協業企業
CO ₂ 電解 還元工程	触媒	大阪大学	UBE
	化学材料・素材	大阪大学	古河電工
	構造形成・制御	大阪大学	古河電工 協業企業
	GDE電極	理化学研究所	協業企業
	MEA リアクター	理化学研究所	協業企業
システム 統合化	反応プロセス開発・プロセス統合 統合システム制御・特性解析・LCA評価	東京大学	千代田化工建設

ポスター番号

テーマ

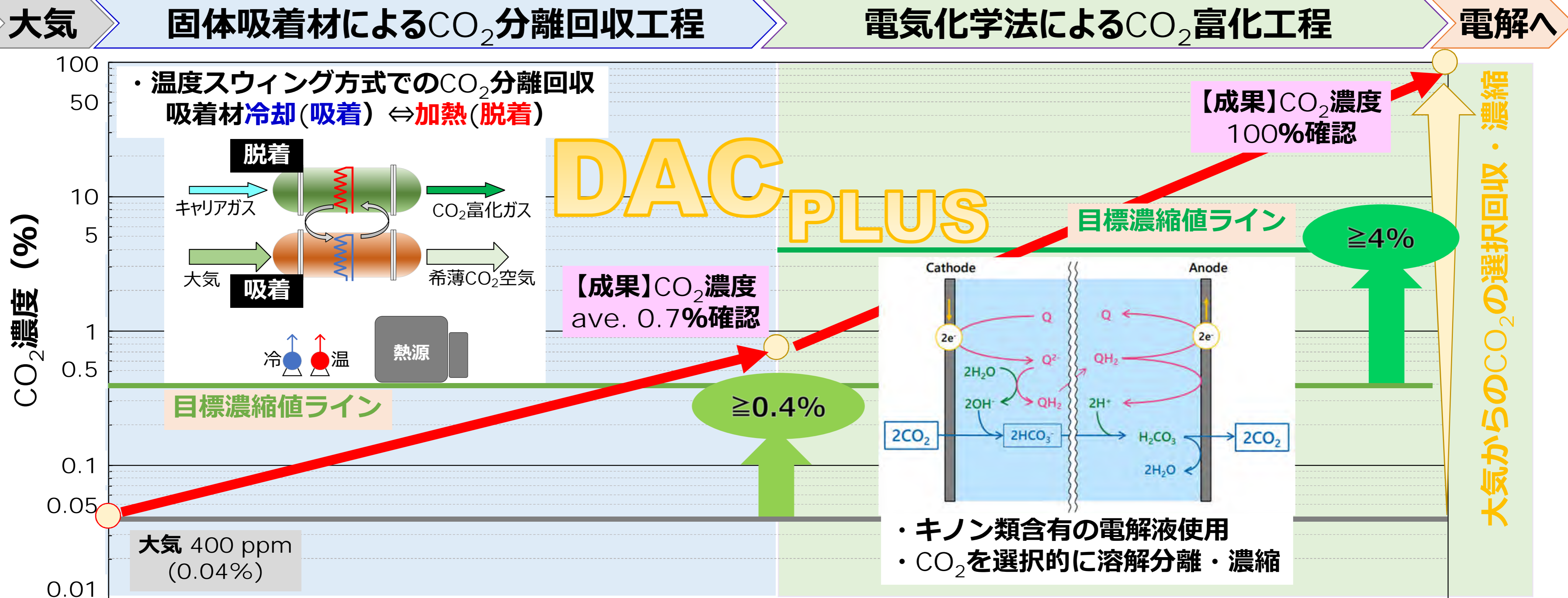
5. 主な成果

今後の課題

A-2-2J	CO ₂ 回収・富化工程	・大気CO ₂ 400 ppmからCO ₂ 濃度100%までの濃縮に成功	・プロトタイプ的设计・製造 ・低駆動電圧化・長期安定運転
A-2-3J	CO ₂ 電解還元工程	・高電流密度 (2,000 mA/cm ²) 下でC ₂ + FE80%実証 ・エチレンへのFE 60%、2極間動作電位4V 達成	・電流効率/電流密度/安定性を同時満足する電極開発
A-2-4J	システム統合・LCA	・大気CO ₂ からエチレン製造までの概念設計・LCA実施	・「CO ₂ 富化+CO ₂ 電解」連続評価 ・LCAの精度向上

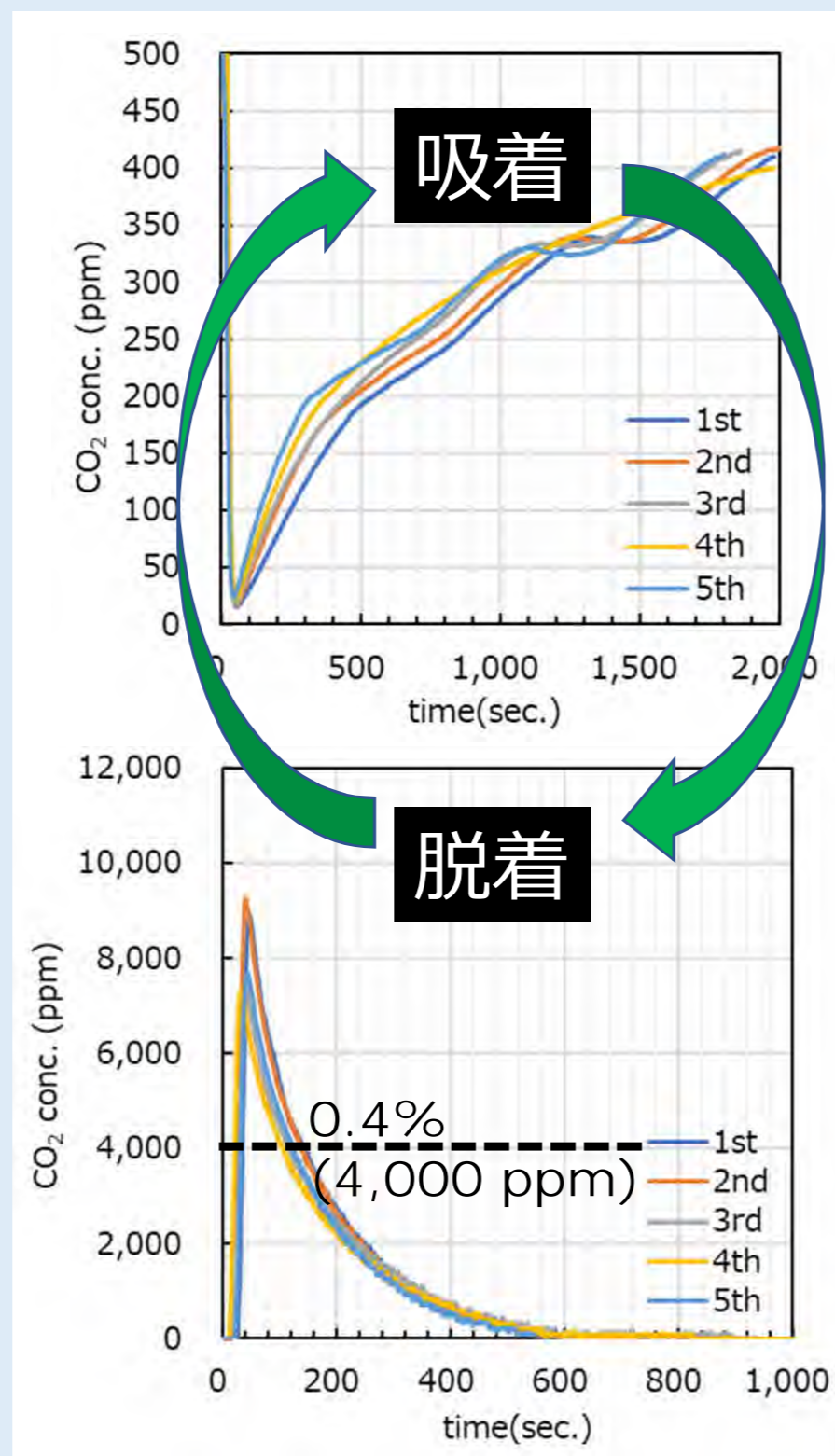


1. 研究概要



2-1. 成果

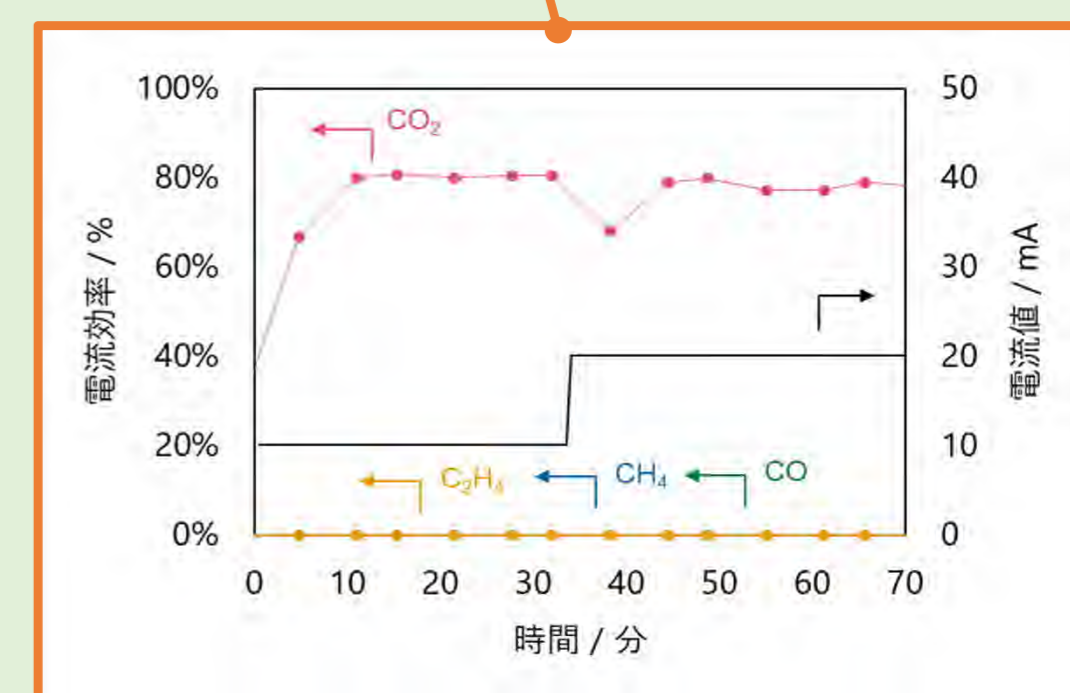
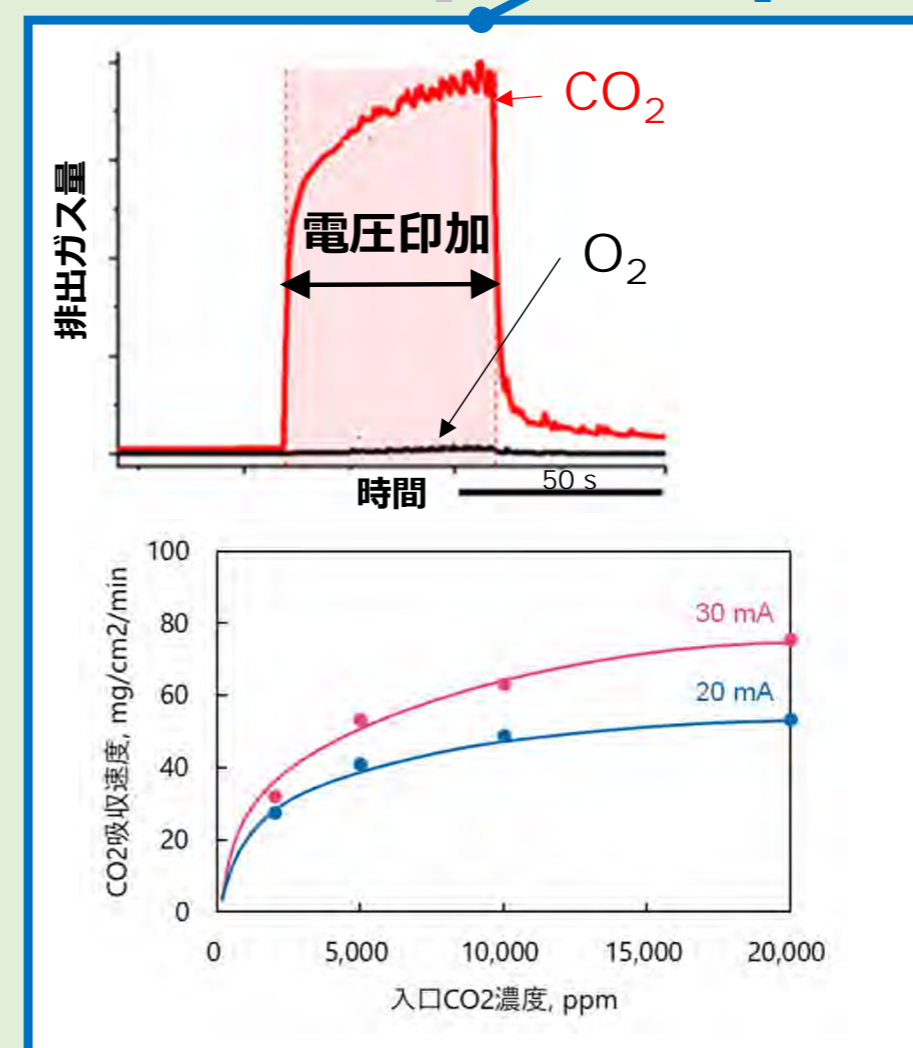
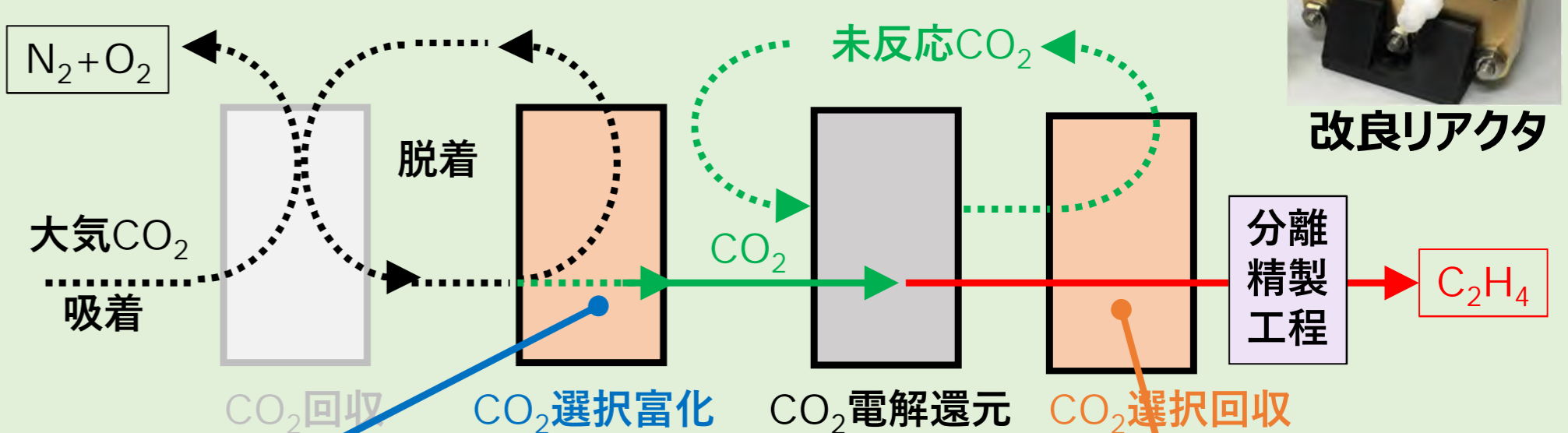
- 有効な吸着材の選定
- 大気の10倍(0.4%)を超えるCO₂濃度での分離回収達成
- 吸脱着繰返し性能を確認



例) 吸脱着繰返し結果一例
 吸着: 15℃ CO₂濃度400 ppm
 脱着: 90℃

2-2. 成果

- 混合ガス中のCO₂濃度0.2%⇒100%への濃縮を確認
- CO₂電解出口ガス(未反応CO₂/C₂H₄)からのCO₂選択的分離(CO₂富化セルの利用範囲拡大)
- 電極およびリアクタ改良による低電圧化
- 性能劣化要因の特定



混合ガスからの分離特性の確認(抜粋)

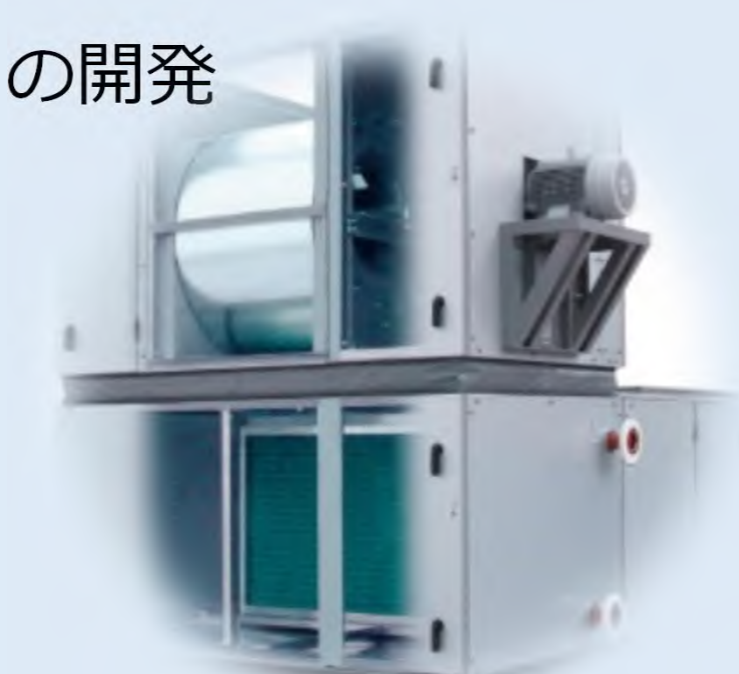
	駆動電圧(目安)	長所	課題
有機電解液利用型	~1 V	低駆動電圧	水分に脆弱 耐久性
バイポーラ電気透析型	>1.5 V	高耐久	低電圧化が 原理的に不可能
水系電解液利用型	3~4 V	構造が単純	低電圧化が困難 耐久性
水系電解液利用型 (電極・セパ密着型)	現状: 2.1 V 目標: 1.1 V	低駆動電圧 電解セル使用可	耐久性

3-2. 今後の課題

- 低駆動電圧化
- 長期安定運転
- システム一体化

3-1. 今後の課題

- 装置系プロトタイプ的设计・製造
- 湿り分の影響を受けない固体吸着材の模索・開発
- 吸脱着周期の最適化
- 高効率熱源(ヒートポンプなど)の開発
- 次工程・他工程との物理的接続

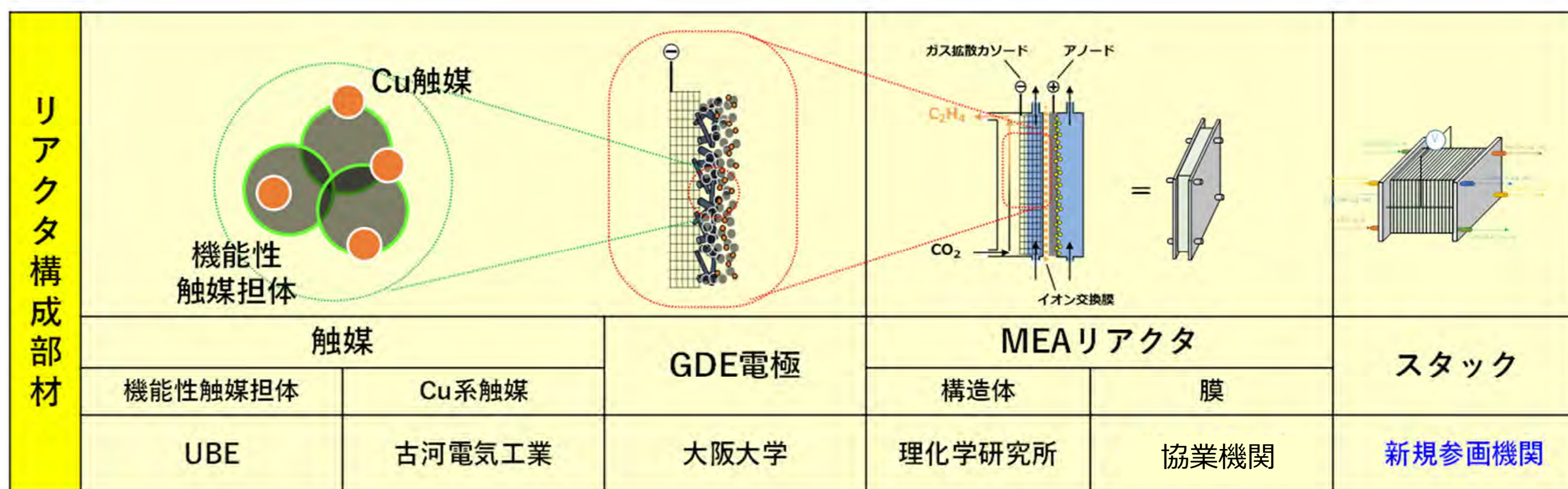
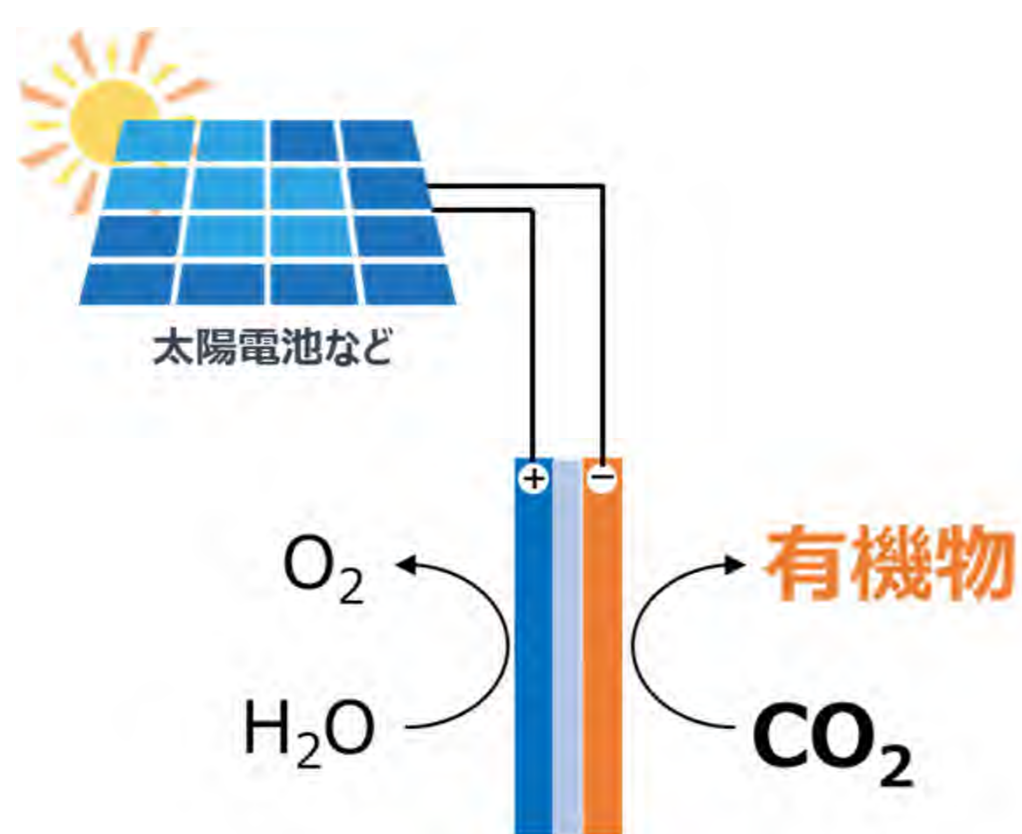


プロトタイプ(イメージ)

番号 : A-2-3J
PJ : 電気化学プロセスを主体とする革新的CO₂大量資源化システムの開発
テーマ名 : CO₂電解還元工程
担当機関名 : 国立大学法人 大阪大学 / 国立研究開発法人 理化学研究所 / UBE株式会社
 古河電気工業株式会社 / 国立大学法人 東京大学
問合せ先 : nakanishi.shuji.es@osaka-u.ac.jp / katsushi.fujii@riken.jp



1. 研究概要



2. 成果

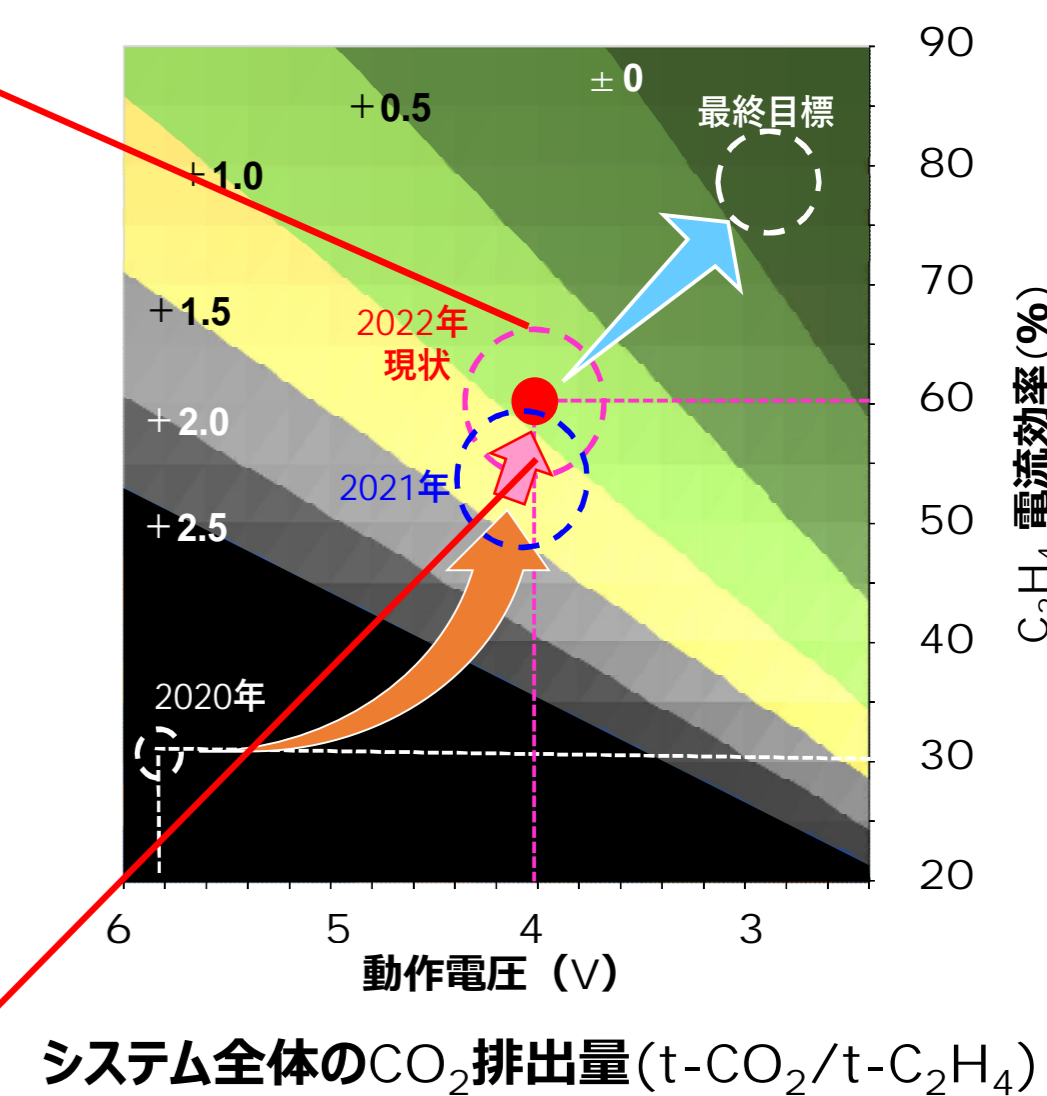
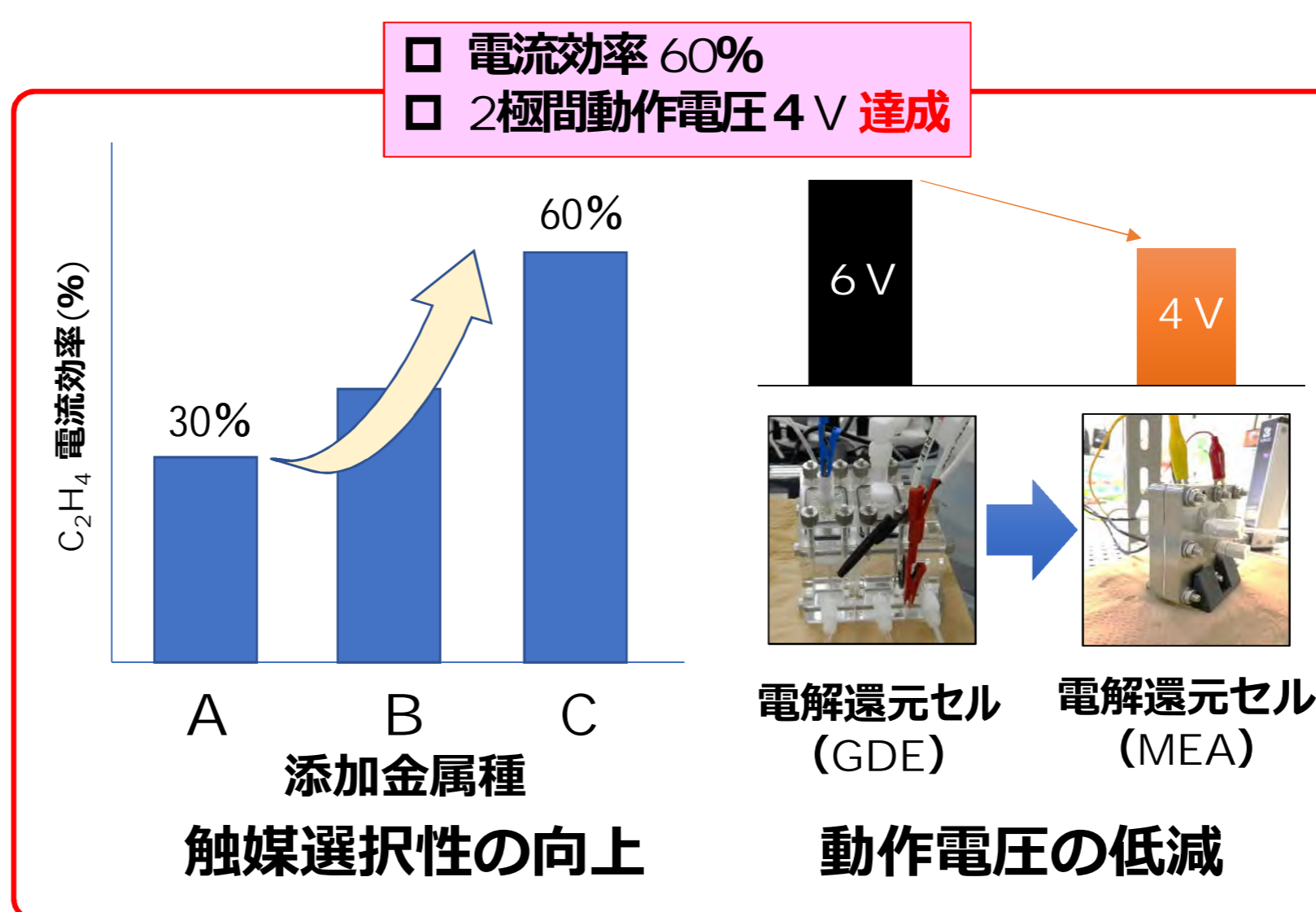
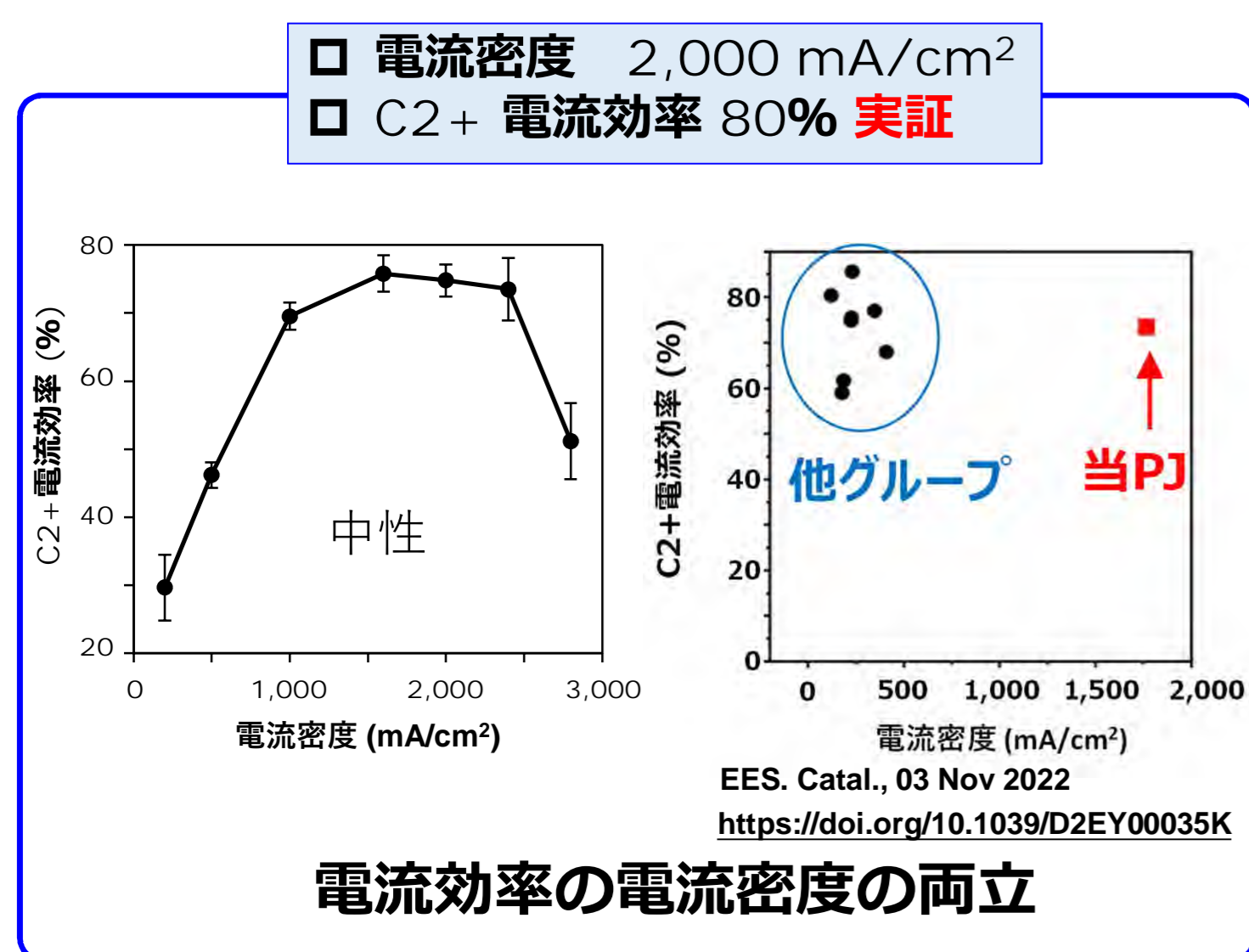
1) 世界最高レベルの高電流密度

- 高電流密度 (2,000 mA/cm²) 下でC₂+ FE80% 実証

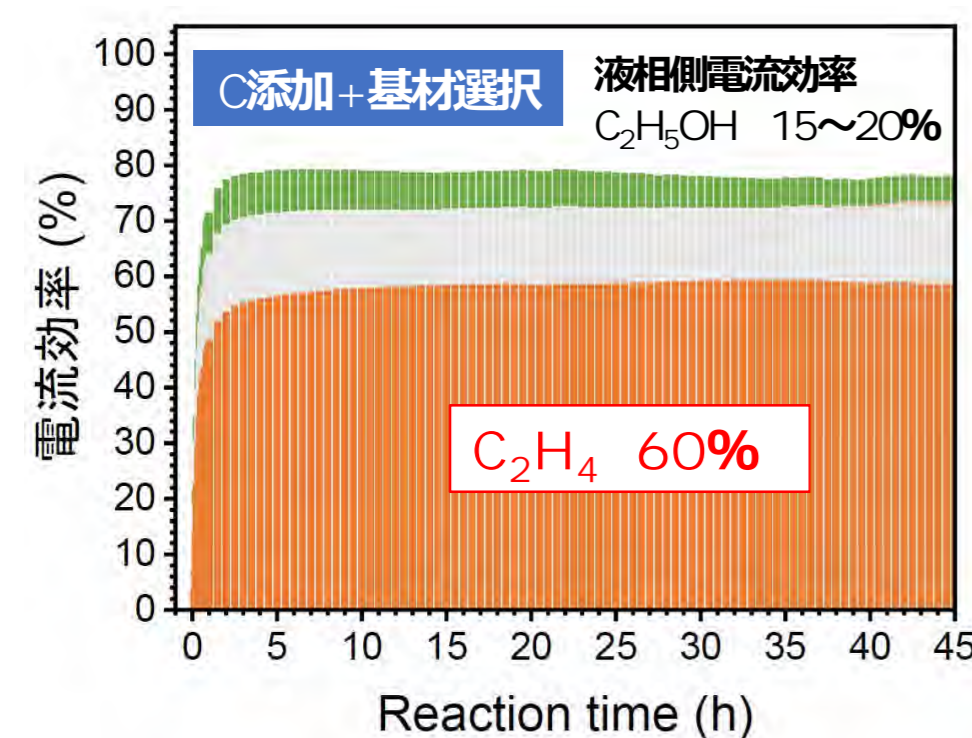
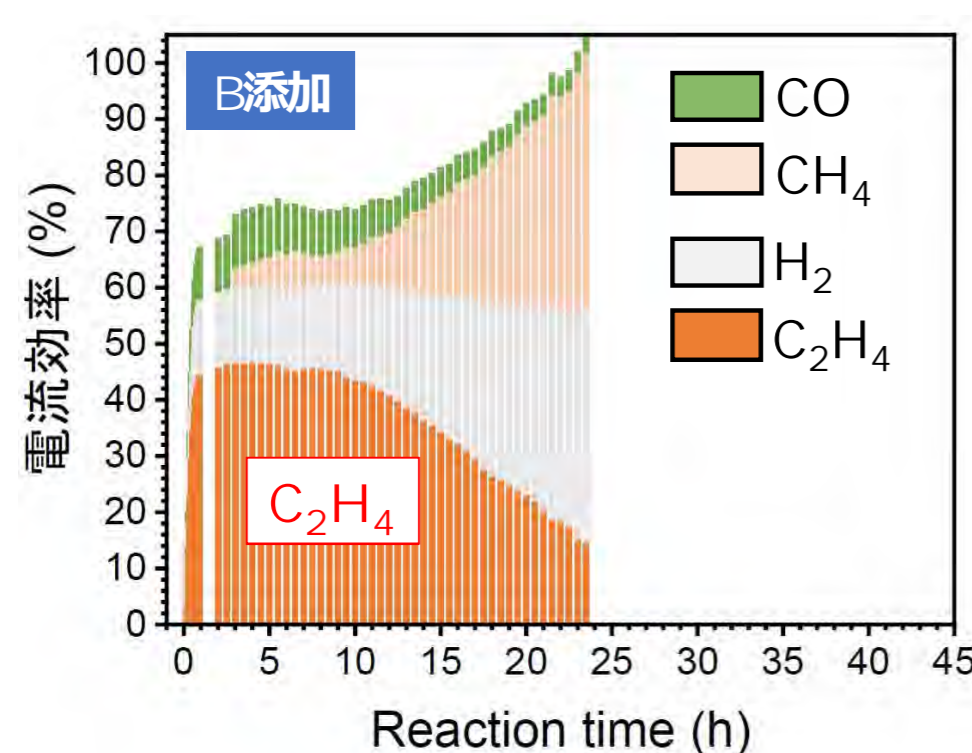
2) 電流効率の向上 / 動作電圧の低減

- 電流効率 60%、2極間動作電圧 4 V 達成

世界トップ
 22年度目標: 100 mA/cm²
 24年度 KPI 目標
 CO₂排出量(t-CO₂/t-C₂H₄)
 +0.5~+1.0

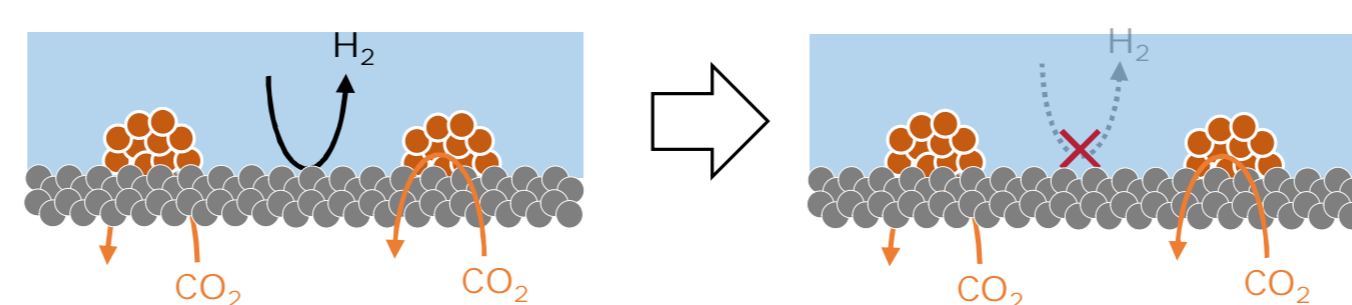


3) 電流効率と安定性の同時向上



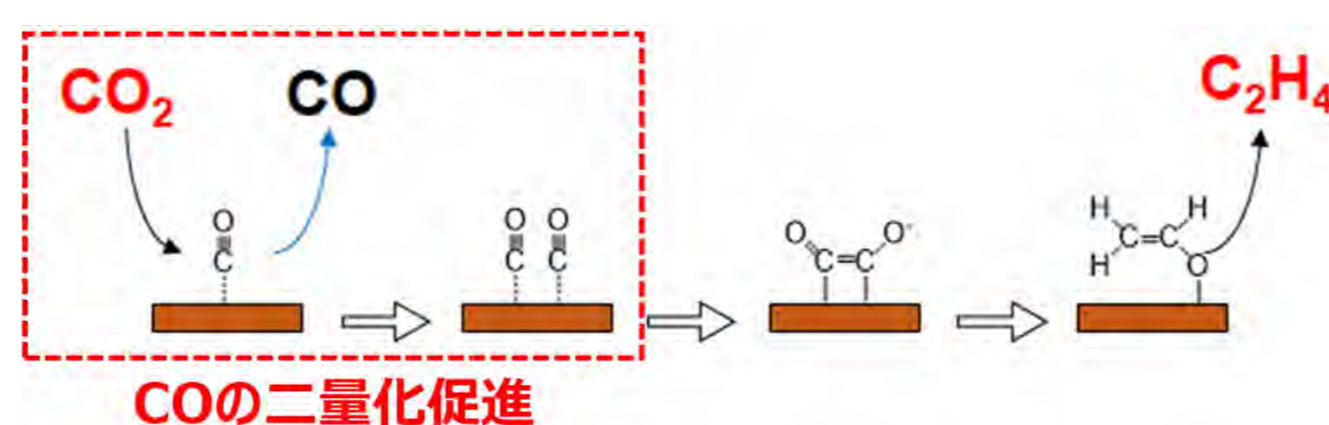
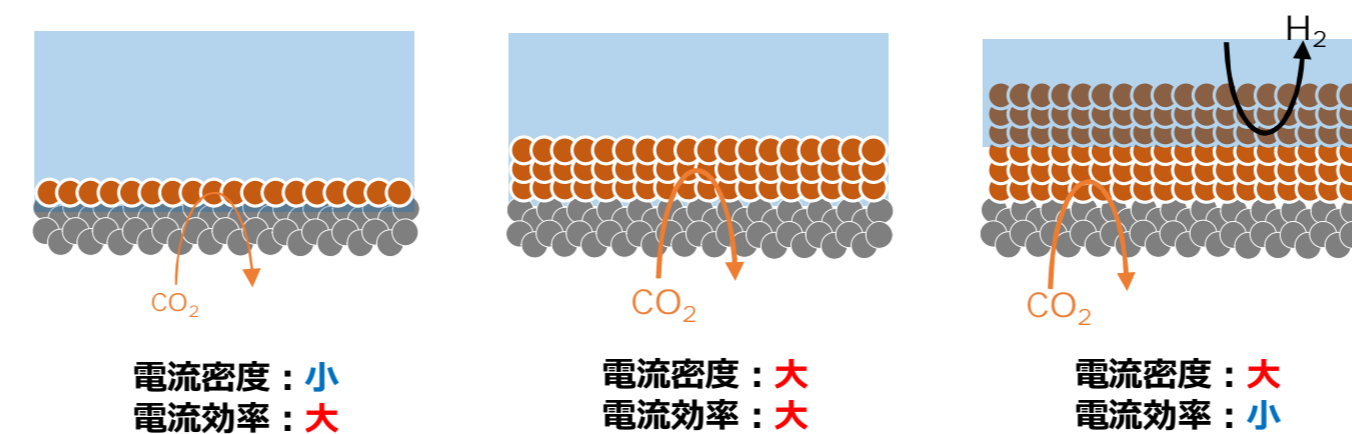
4) 電流効率の向上方策

① マクロな水素発生サイトの徹底的排除

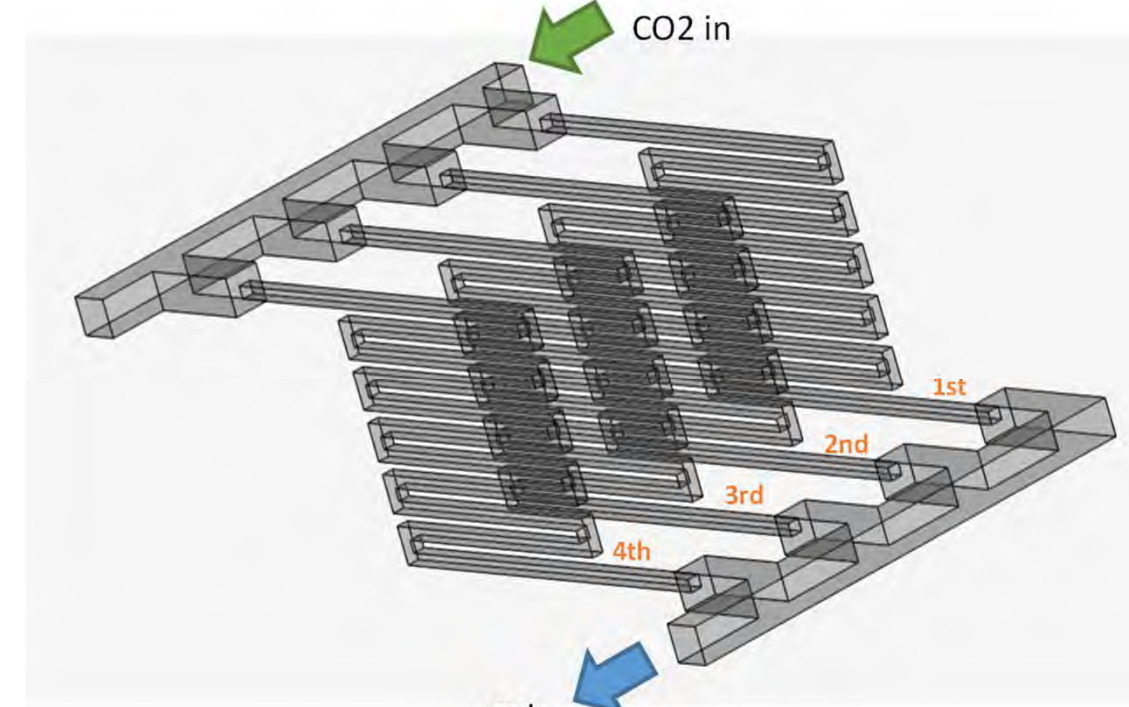


② 標的電流値に応じた適切な触媒構造制御

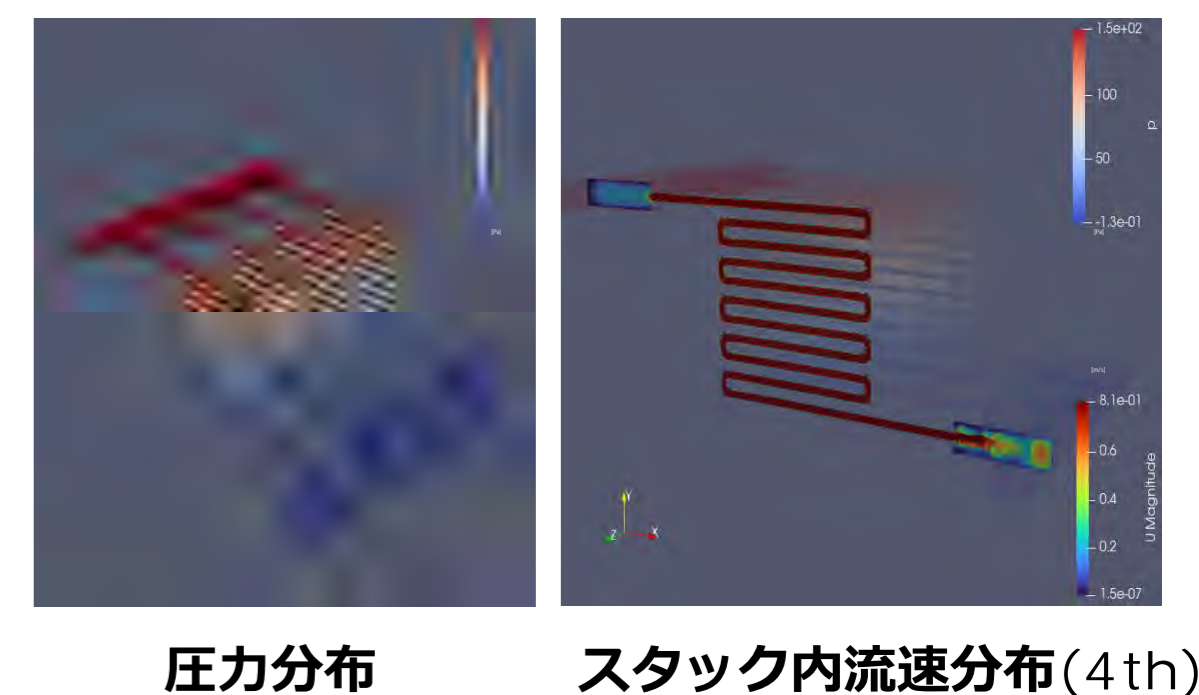
例) 標的電流値に応じた適切な触媒担持量



5) スタック化への取組



CFD結果



□ 触媒改良+基材変更によるC₂H₄選択率向上

□ 触媒/電極の適度な多孔化によるCO局所分圧の向上
 □ 電流密度上昇によるCO局所分圧の向上

□ 流路の in / out 共通化によるガス・液分配率をCFDで評価

3. 今後の課題

- C₂H₄/C₂H₅OH選択率のメカニズム解明とC₂H₄電流効率の向上
- 電流効率・電流密度・安定性を同時満足する電極開発
- MEAの高性能化、大面積化、スタック化

1. 研究概要

- 反応プロセス開発・プロセス統合 (千代田化工建設株式会社)
 - CO₂電解還元各開発機関と連携・CO₂還元触媒評価
 - CO₂回収・富化から電解還元までのプロセス統合検討
 - パイロット規模の装置設計
 - 工業化に向けたプロセス概念の構築
 - 統合システム制御・特性解析・LCA (国立大学法人 東京大学)
 - 各工程の最適動作条件
 - 一貫プロセスの制御法を開発
 - システム全体のLCA評価
- 【狙い】
- ①「目指す全体システム」と「現状」のギャップや課題の早期顕在化・共有化
 - ②技術開発とのPDCAサイクル/円滑化・効率化
 - ③技術開発の進展に応じたシステムの見直し
 - ④技術開発の方向性・課題を明確化

2. 成果

システム検討/概念設計

図1. システム概念図

- 富化セルを活用したCO₂リサイクルフロー導入・概念を構築 (図1)

システム評価 (LCA等)

図5. システム制御による性能維持検討結果 (抜粋)

- 連続運転に向けたシステム制御に関する検討を実施 (図5)
- 運転制御による影響を確認

システム検討

図2. システム検討図 (抜粋)

- 物質収支, 熱収支等を含めたシステム検討を実施 (図2)

システム検討

図6. エチレン生産規模等の検討結果 (抜粋)

- 機器List作成・エチレン生産設備規模および各工程の必要エネルギー比を試算 (図6)

プロセスフロー図 (概念設計)

図3. プロセスフロー図 (概念設計)

- 大気CO₂回収からエチレン製造までの概念設計を実施 (図3)

「CO₂富化+CO₂電解」連続評価装置

図4. 「CO₂富化+CO₂電解」連続評価装置 (製作中@23年2月完成予定)

システム統合

PDCA Cycle:

- 2023.4 ~ Lab.規模 検証・確認
- 2025.4 ~ Scale Up検討 Pilot設計 (詳細設計)
- 2028.4 ~ Pilot建設 Pilot実証

電解還元工程におけるLCA評価検討 (抜粋)

図7. 電解還元工程におけるLCA評価検討 (抜粋)

- LCAの基礎検討を実施 (図7)
- カーボンネガティブ (排出CO₂<固定化CO₂) 達成に必要な運転条件を明確化

3. 今後の課題

- 次年度以降「CO₂富化+CO₂電解」連続評価装置 (図4) を用いたLab.規模での検証・確認 → 課題の抽出
- システム評価 (LCA等) の精度向上
- 技術開発進捗に応じたシステムの見直し・最適化
- 各機関との連携 (継続)