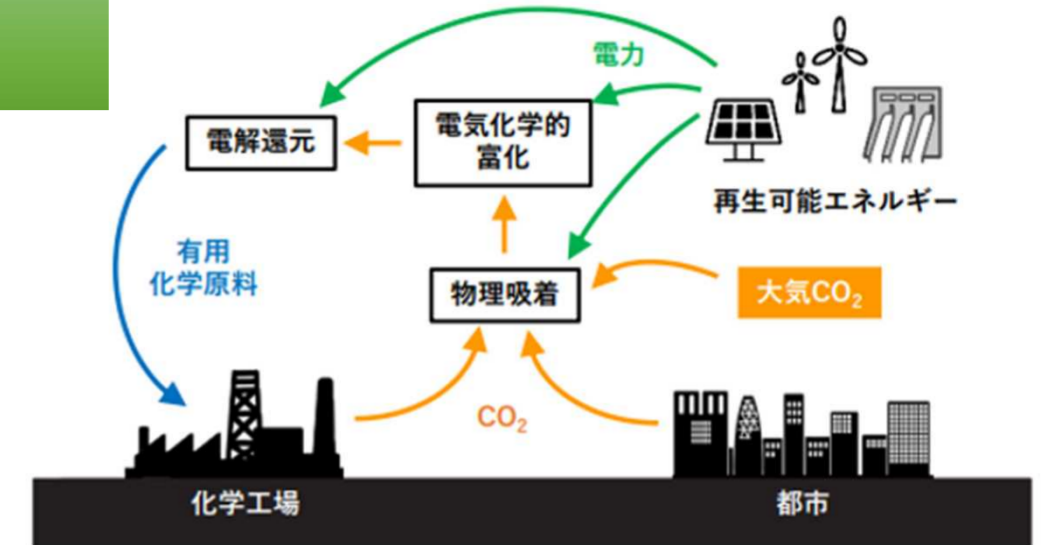


番号 : A-2-1J
PJ : 電気化学プロセスを主体とする革新的CO₂大量資源化システムの開発
テーマ名 : プロジェクト全体
担当機関名 : 国立大学法人 東京大学
問合せ先 : sugiyama@enesys.rcast.u-tokyo.ac.jp / ebe@enesys.rcast.u-tokyo.ac.jp



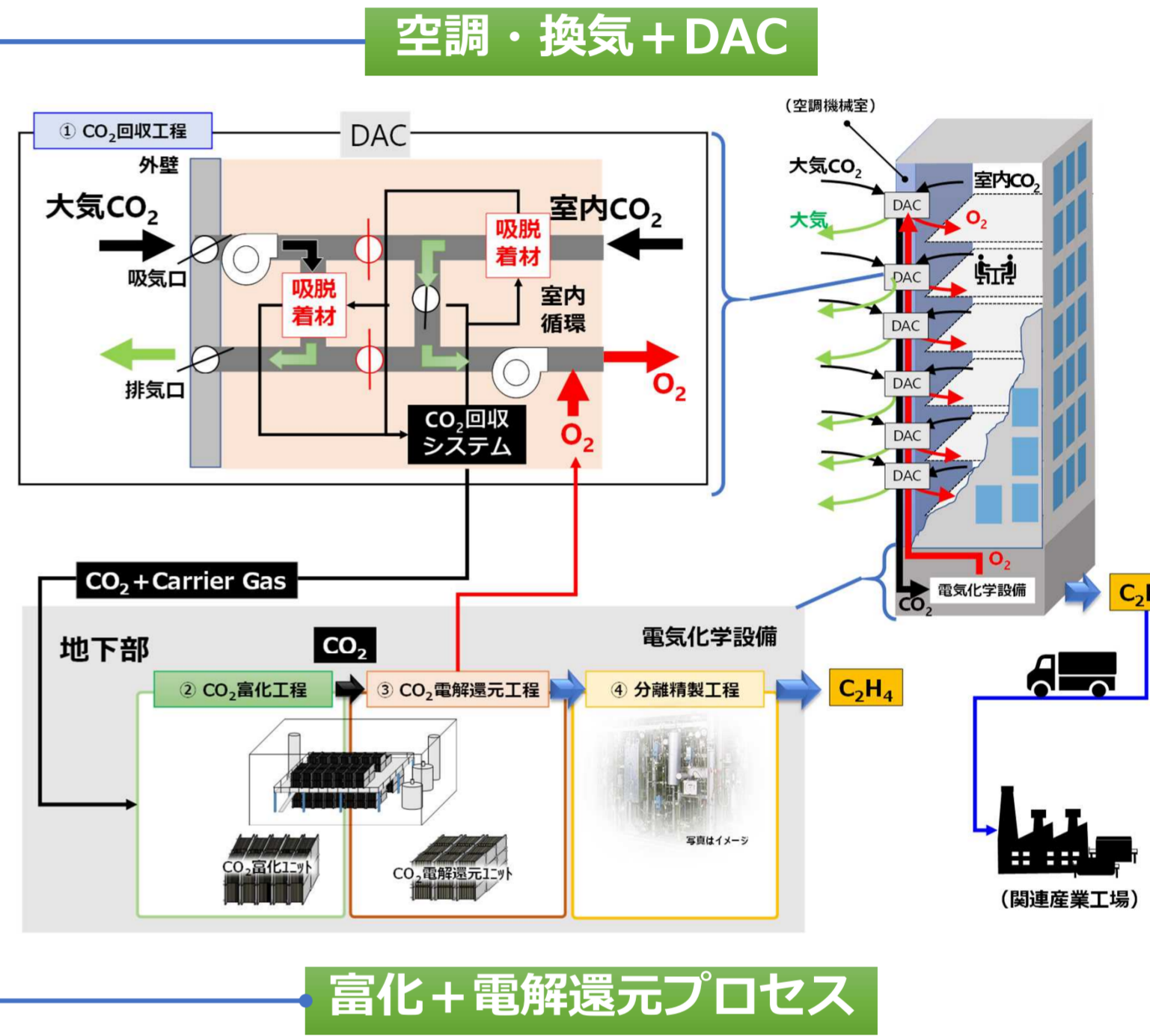
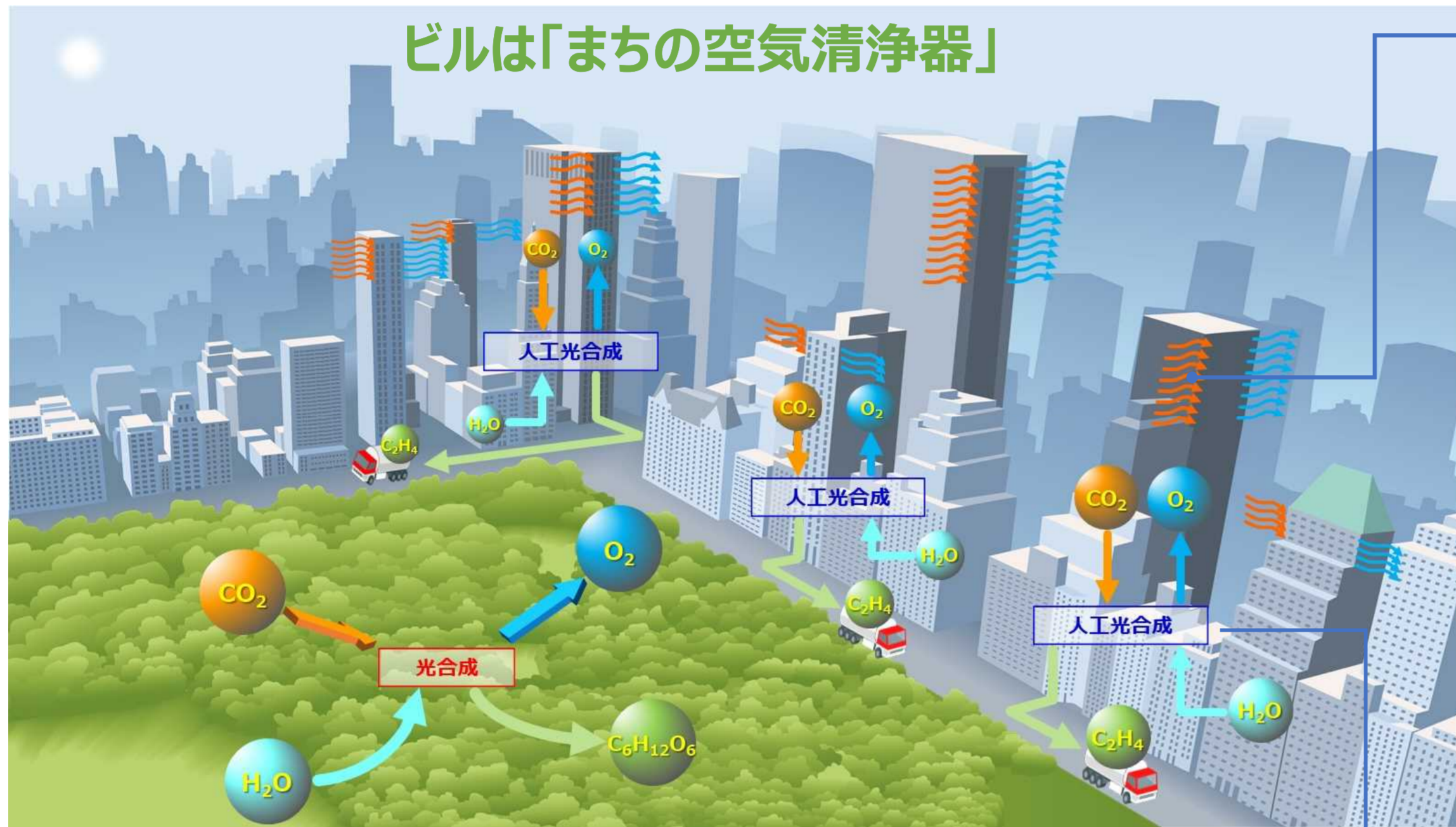
1. 研究概要

□ 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~

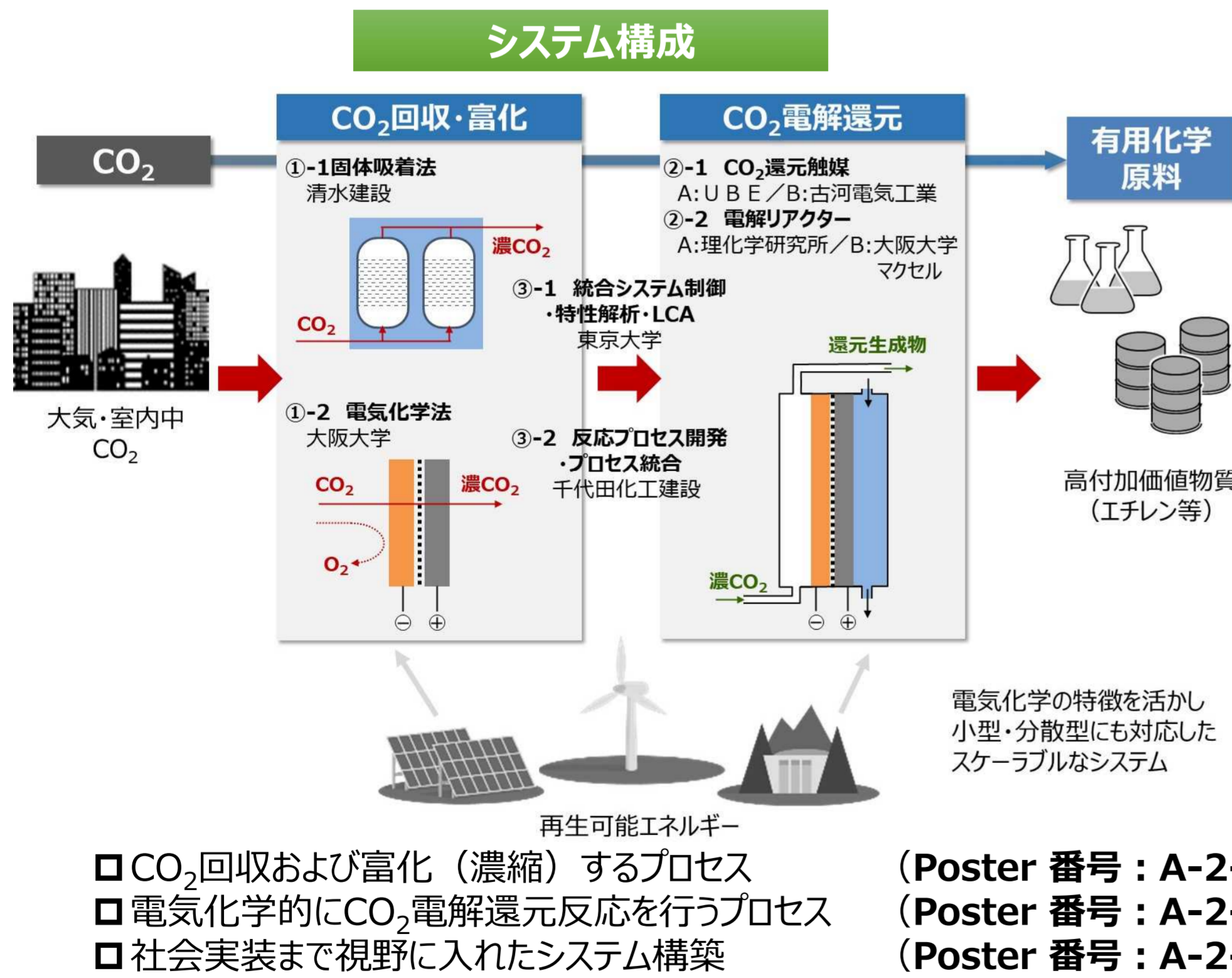
2. 目指す姿: 新規な都市型DAC-Uシステム構築への挑戦



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



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	ムーンショット内連携 外部企業連携
	電気化学法によるCO ₂ 富化	大阪大学	外部企業連携
CO ₂ 電解 還元工程	触媒	大阪大学 東京大学	UBE 古河電工
	リアクター 部材	大阪大学 東京大学	UBE、古河電工、 マクセル
	GDE電極	理化学研究所	外部企業連携
	MEAリアクター	理化学研究所	外部企業連携
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

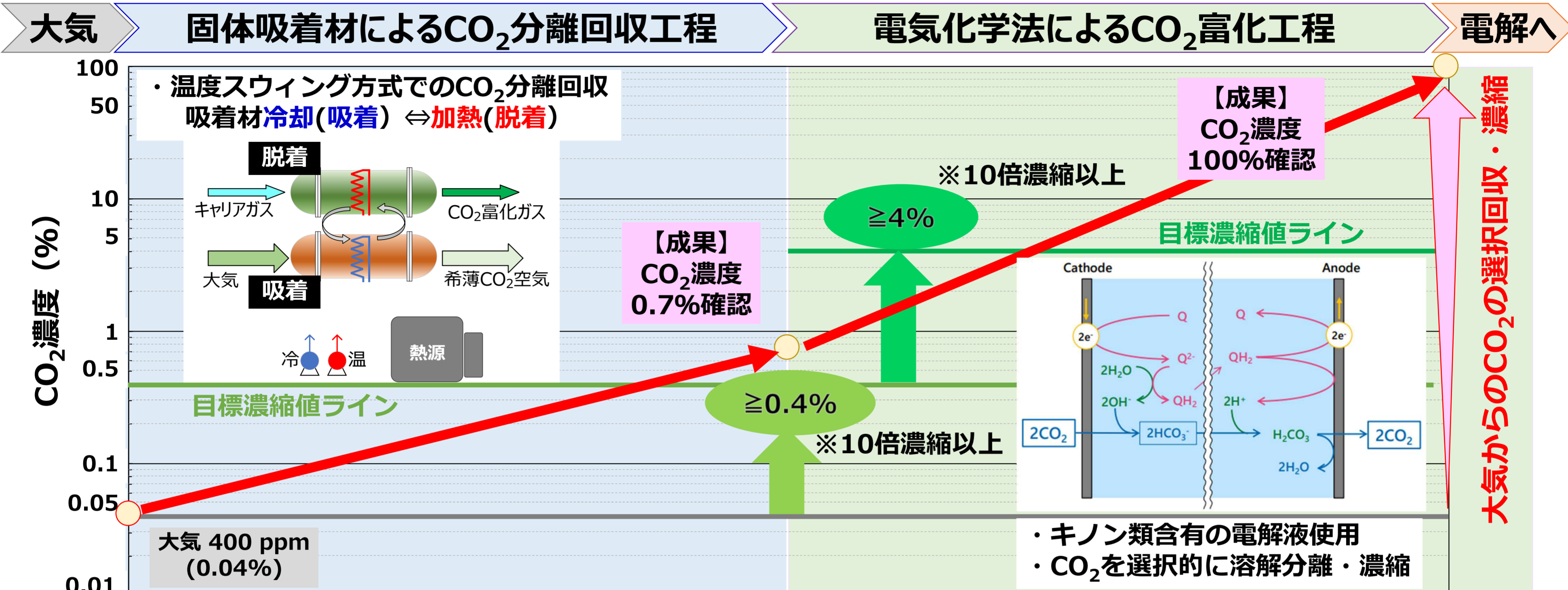
主な成果

今後の課題

A-2-2J	CO ₂ 回収・富化工程	<ul style="list-style-type: none"> ビルへの実装モデルの概念 (要件) を明確化 大気CO₂ 400 ppmからCO₂濃度100%までの濃縮に成功 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> エチレンへのFE 60%、2極間動作電位2.8 V 達成 大面積化への取組/10cm 角セル評価・機関連携 	<ul style="list-style-type: none"> 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	<ul style="list-style-type: none"> 大気CO₂からエチレン製造までの概念設計・LCA実施 	<ul style="list-style-type: none"> 「CO₂富化+CO₂電解」連続評価 LCAの精度向上



1. 研究概要



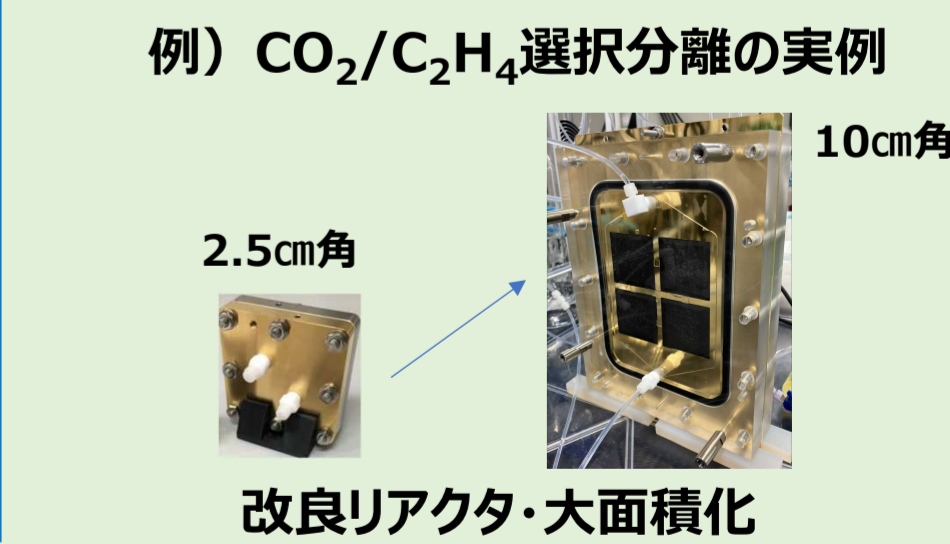
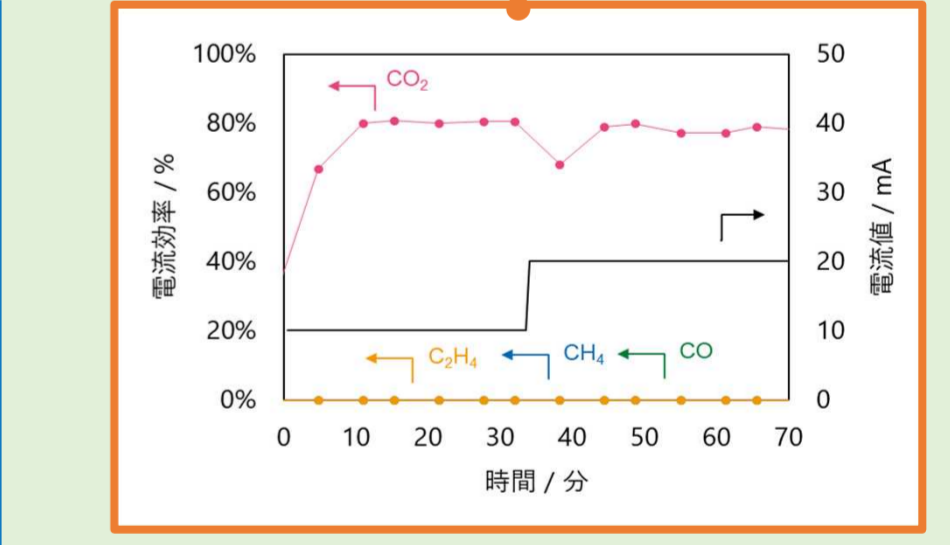
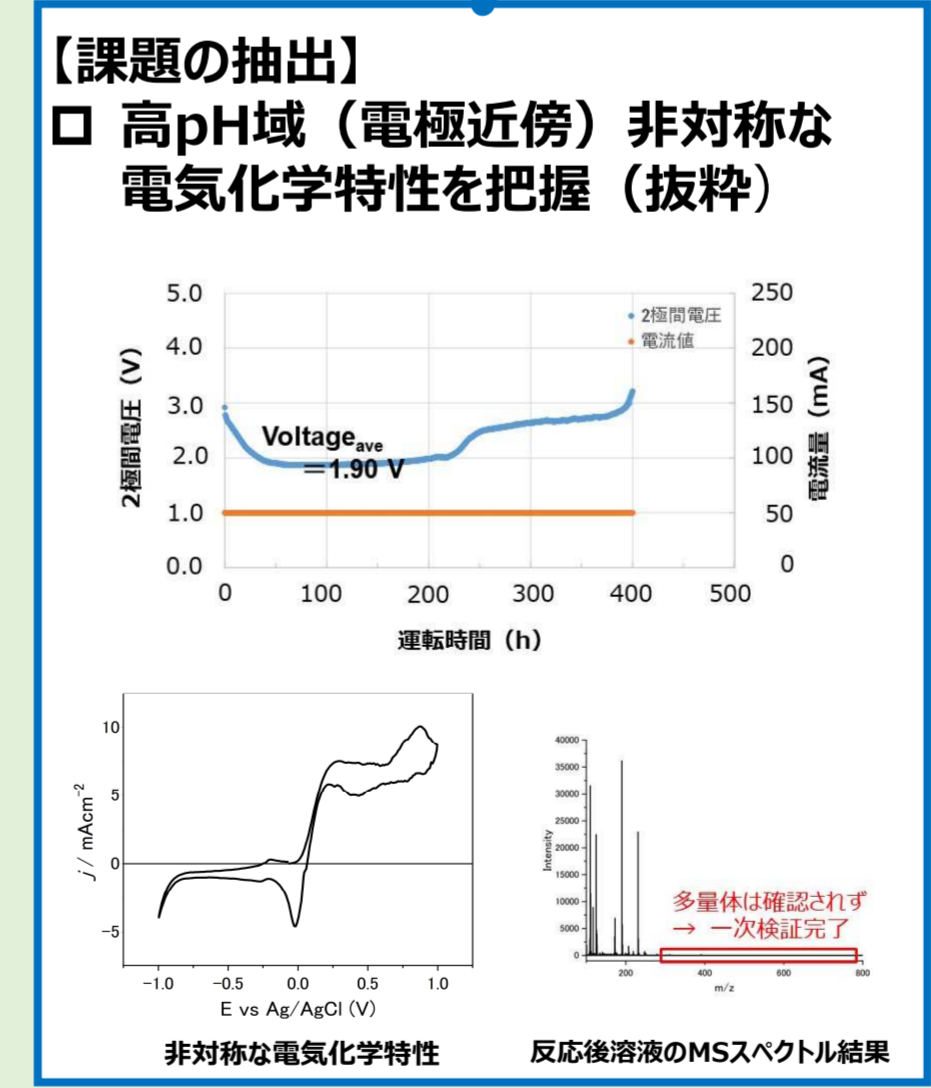
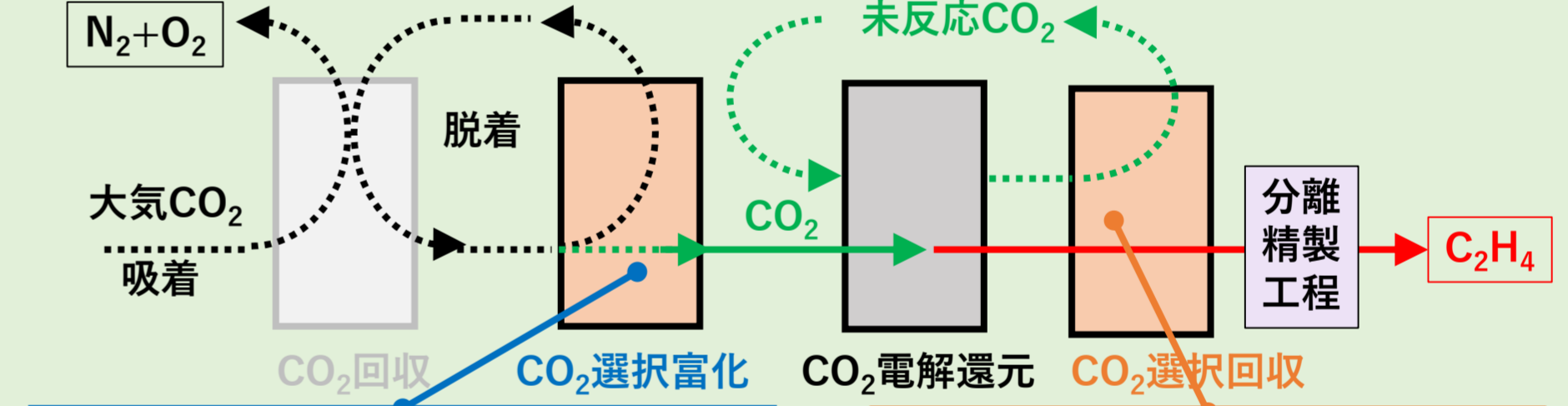
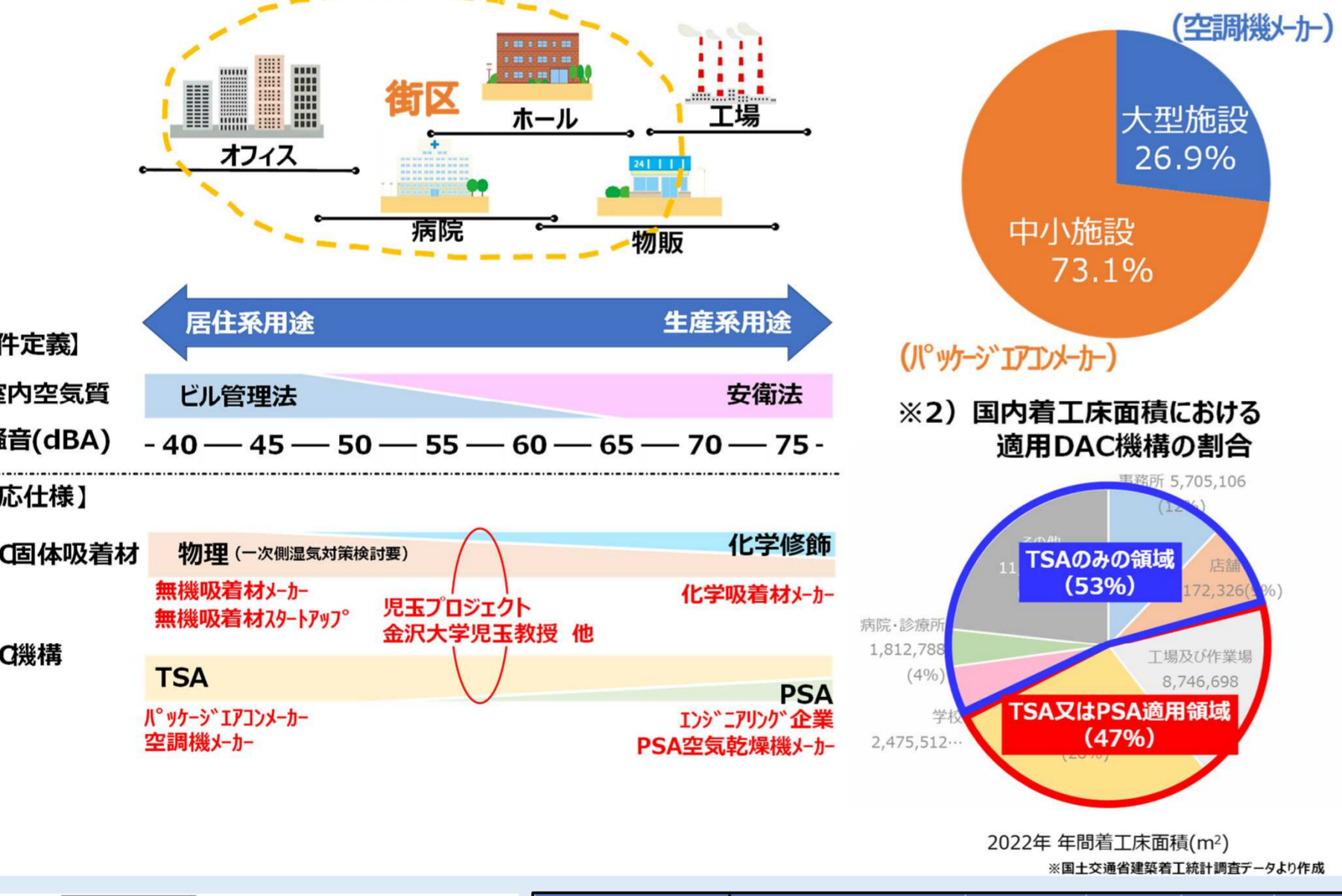
2-1. 成果

- 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
- 建築からのDAC要件定義の方針策定
- 要件定義のためのDAC連携プレイヤーの継続的模索 (NDA7件締結)
- 建築・建築設備とDACとの境界の定義と要件定義整理表雛形作成 (暫定)

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・リアクタ改良による低電圧化/大面積化
- 性能劣化要因を特定し、対策の指針を策定

□ビル向けDAC要件定義の概念を整理



境界設定フロー図 (暫定版)

要件	オフィス						工場
	大	中小	ホール	物販	病院	工場	
CO ₂ 濃度	≤1,000 ppm	≤1,000 ppm	≤1,000 ppm	≤1,000 ppm	≤1,000 ppm	≤5,000 ppm	
騒音/振動	NC45/VAL≤	NC45/VAL≤	NC45/VAL≤	NC45/VAL≤	NC45/VAL≤	NC45/VAL≤	
機器設置スペース	床面積の4~6%						
温度湿度	17~28℃/40~70%RH						
空気質	HCHO:100 μg/m ³ , TVOC:400 μg/m ³ 以下						
臭気	- (無きこと)						
エネルギー種	電気			電気/重油/ガス	電気/重油/ガス	悪臭防止法	
特殊設備	地域冷暖房			自家発電	※コジェネ		
DAC吸着材	固体吸着材			固体吸着材	固体吸着材		
DAC方式・機構	TSA	TSA / PSA	PSA / TSA	TSA / PSA	PSA / TSA		
要件定義に沿ったDACメーカー	連携者候補						

要件定義整理表 (暫定版)

	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
本研究開発	現状: 1.9 V 目標: 1.1 V	低駆動電圧 システム設計の自由度: 大	耐久性

3-1. 今後の課題

- 建築からのDAC要件定義策定
- 同要件定義策定のため、継続してDAC連携先を模索

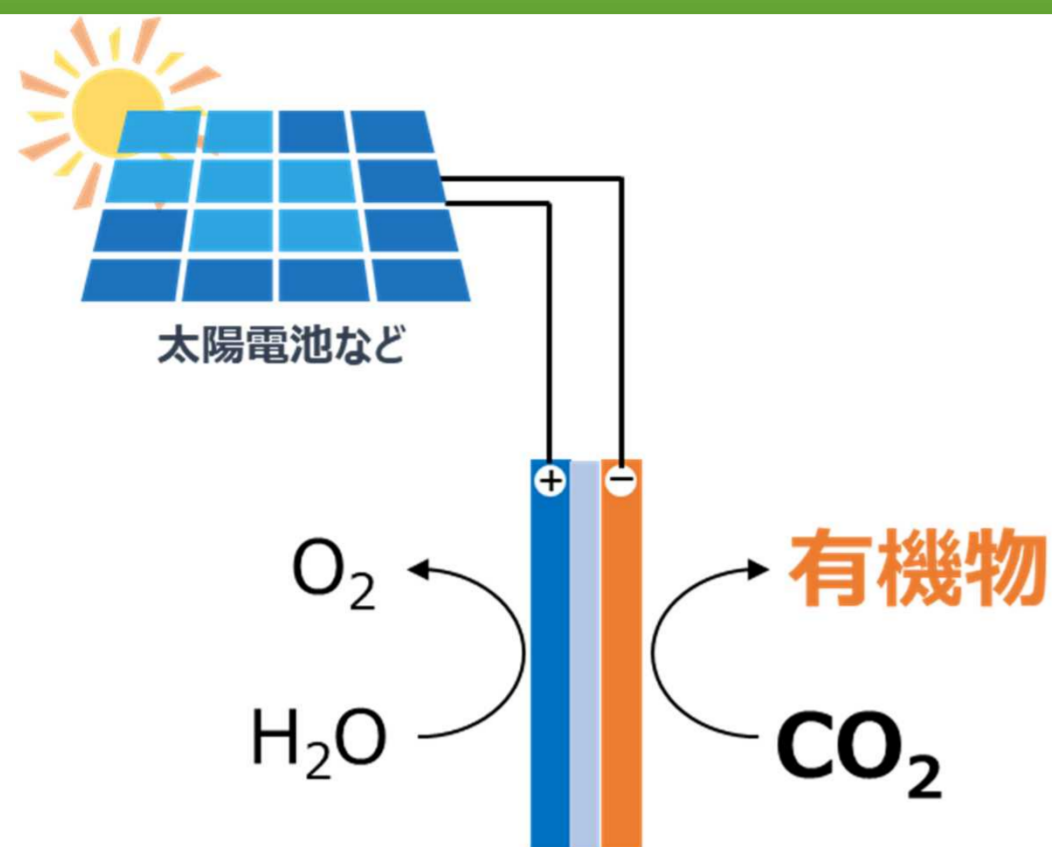
3-2. 今後の課題

- 低駆動電圧化
- 長期安定運転
- システム一体化

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 / マクセル株式会社 / 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

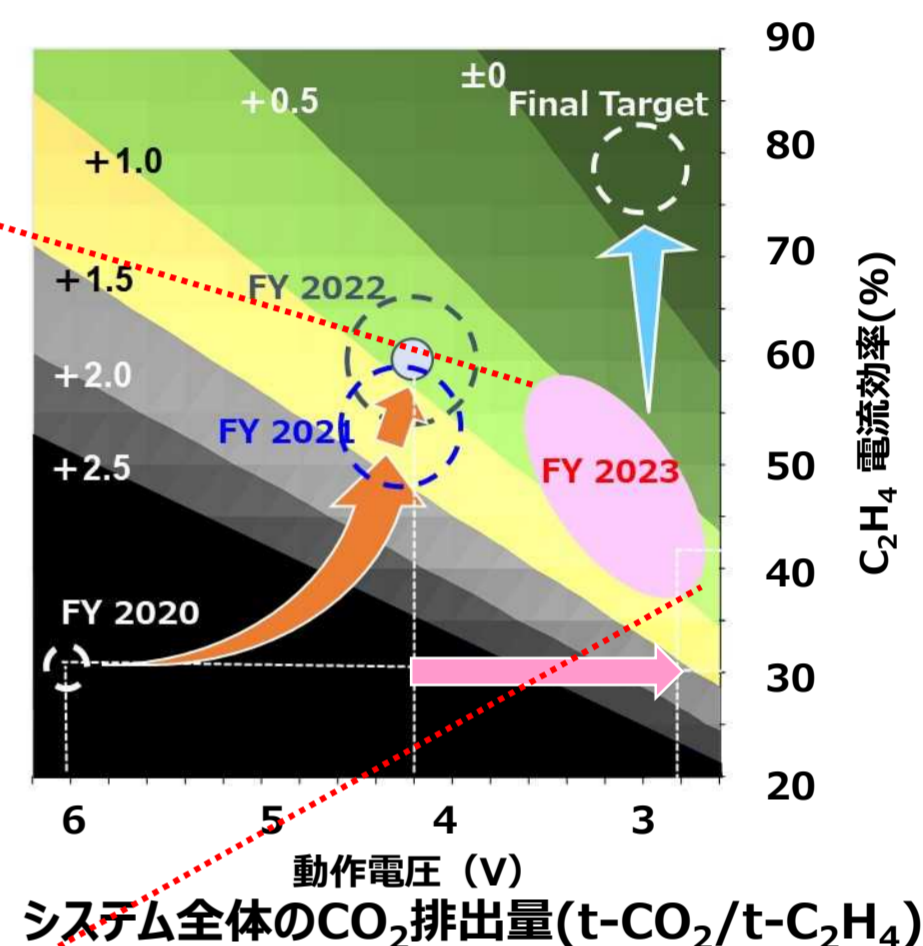
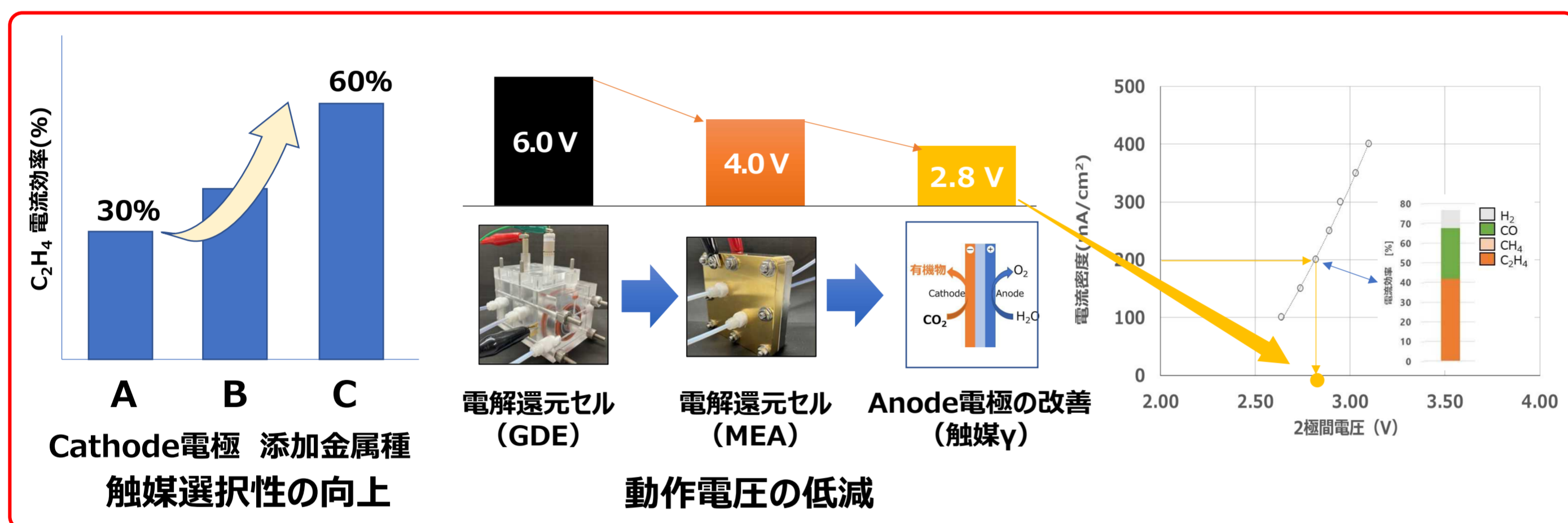


研究開発項目		FY2024 開発目標	研究分担 (基礎検討/工業化検討)	
CO ₂ 電解還元工程	触媒 機能性 触媒担体	化学材料・素材 構造形成・制御	□ 電流効率 60%以上	大阪大学 東京大学
	GDE電極	膜 構造体		
	MEAリアクター	膜 構造体	□ 大面積化 □ スタック化	理化学研究所
	リアクター部材	スタック		

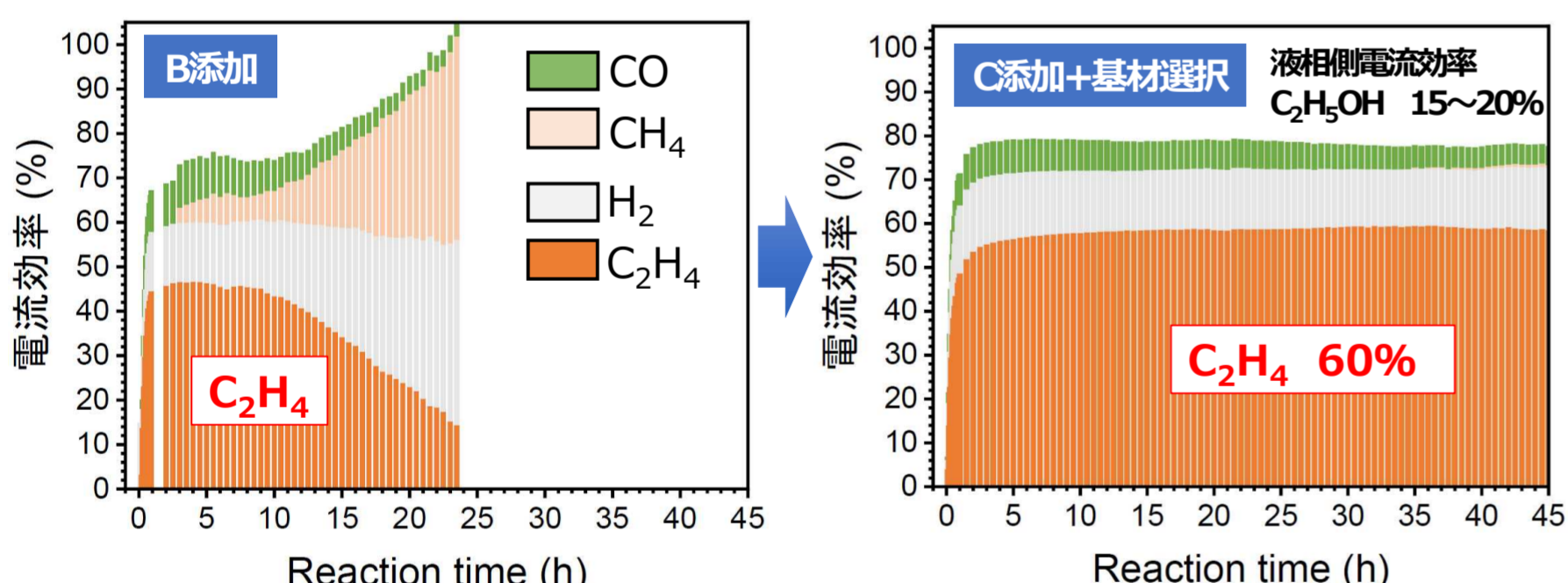
2. 成果

1) 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2.8V (@200mA/cm²) 達成

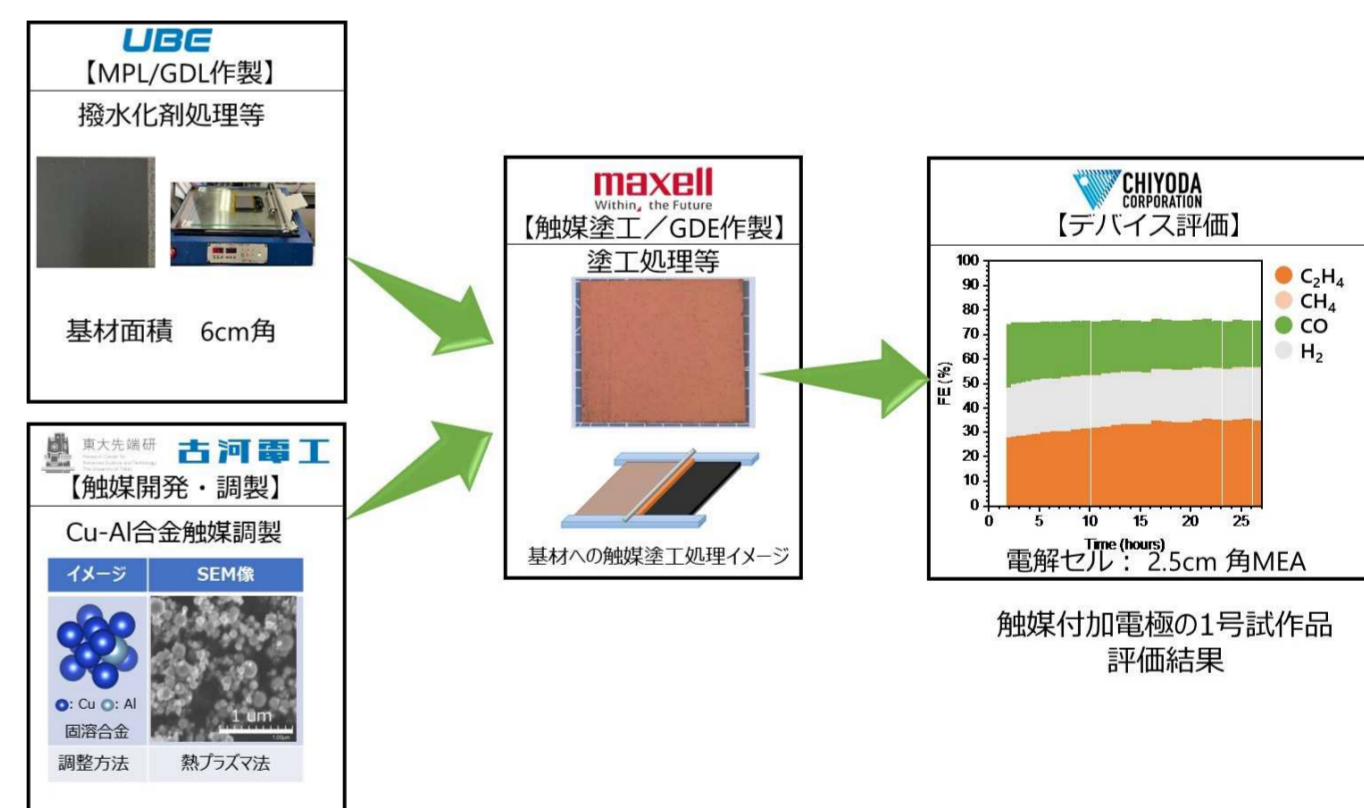


2) 電流効率と安定性の同時向上



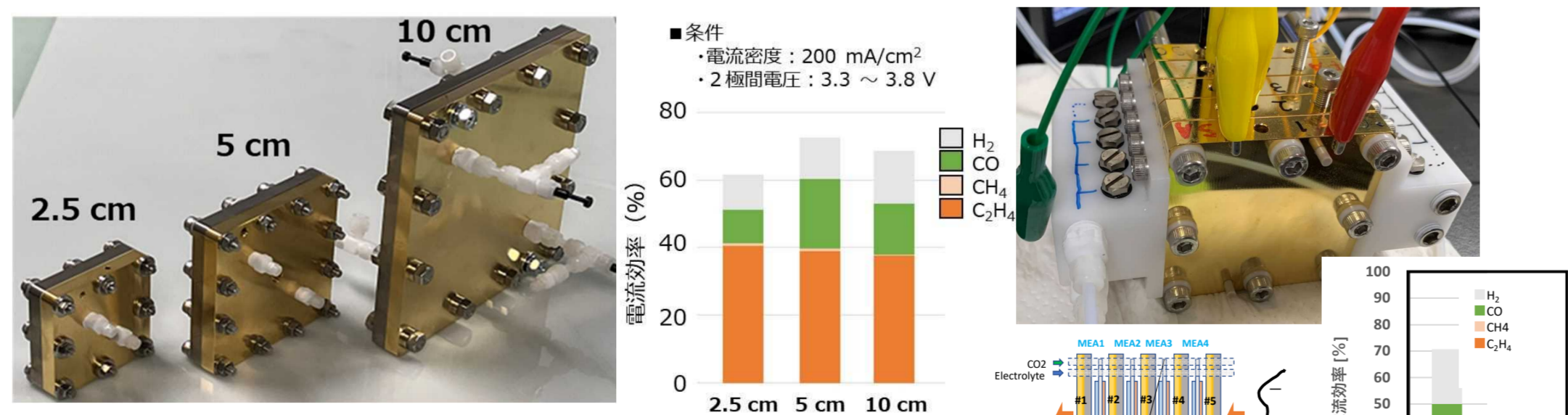
- 触媒改良 + 基材変更によるC₂H₄選択率向上
- 反応機構を解明し、高選択率を目指す取組を継続中
多面体Cuでエチレン選択率56%。要因を把握し、設計指針を策定中

3) 機関連携による大面積電極塗布技術開発



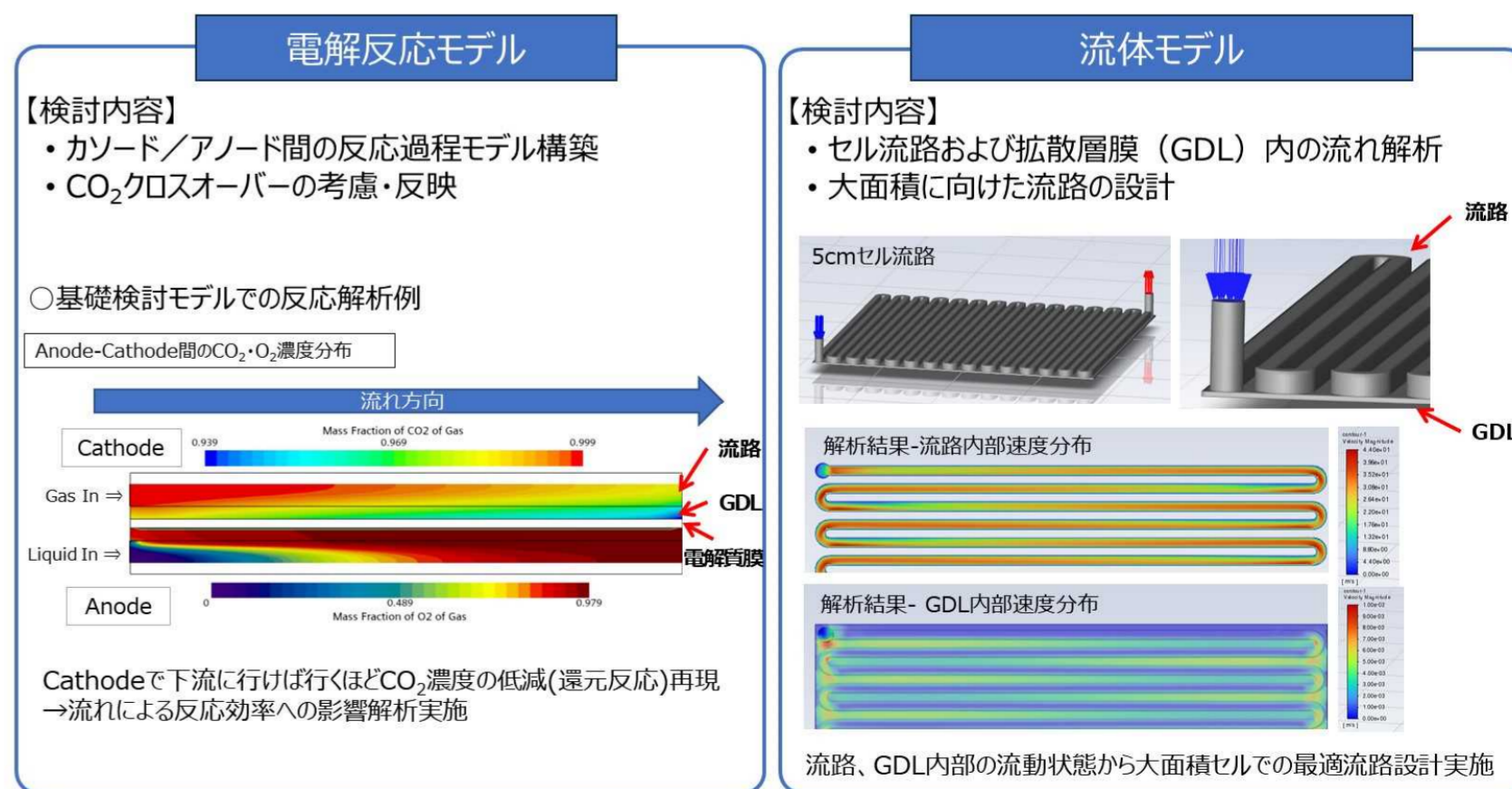
□ 大面積電極実証に向け、機関連携による電極試作を開始

4) セルの大面積化・スタック化に向けた取組み



- 10 cm角セルにおいて2.5 cm角セル同等性能を実現
- 電極接触面の平坦化・締付圧が反応場の均一化に影響することを確認
- スタック化の検討に着手。エチレン生成を確認。
- シミュレーションモデルの開発に着手

2.5 cm角×4 スタック (エチレン生成確認)



3. 今後の課題

- C₂H₄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電解還元の各開発機関と連携・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

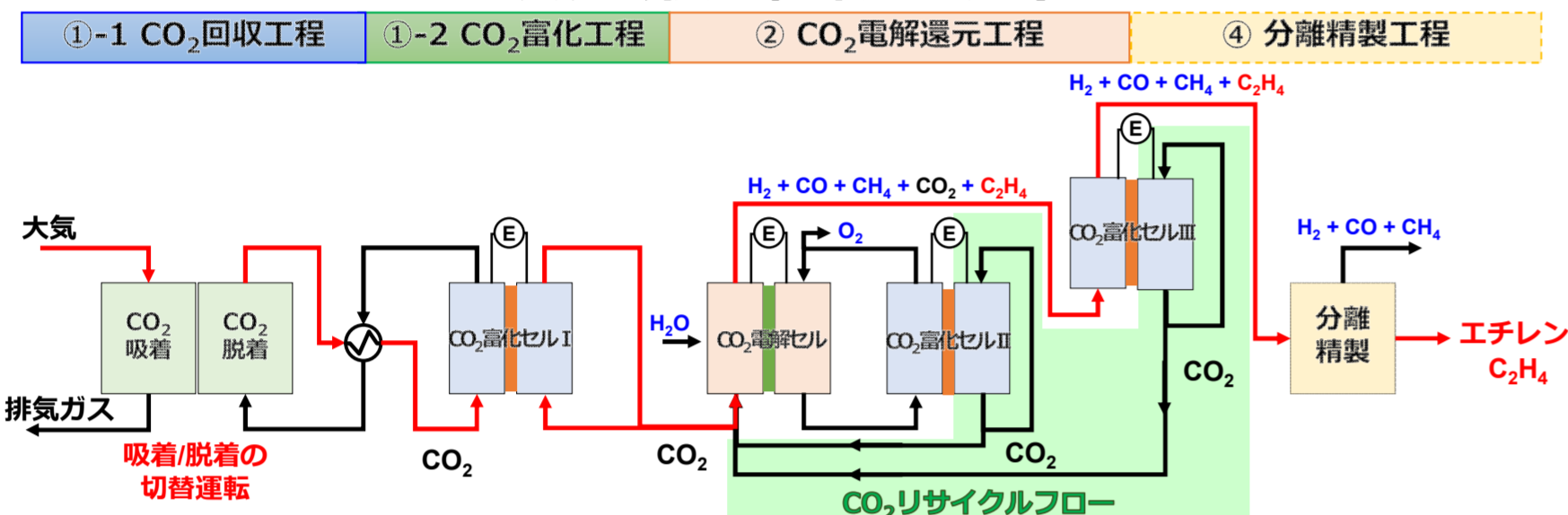


図1. システム概念図

- 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)

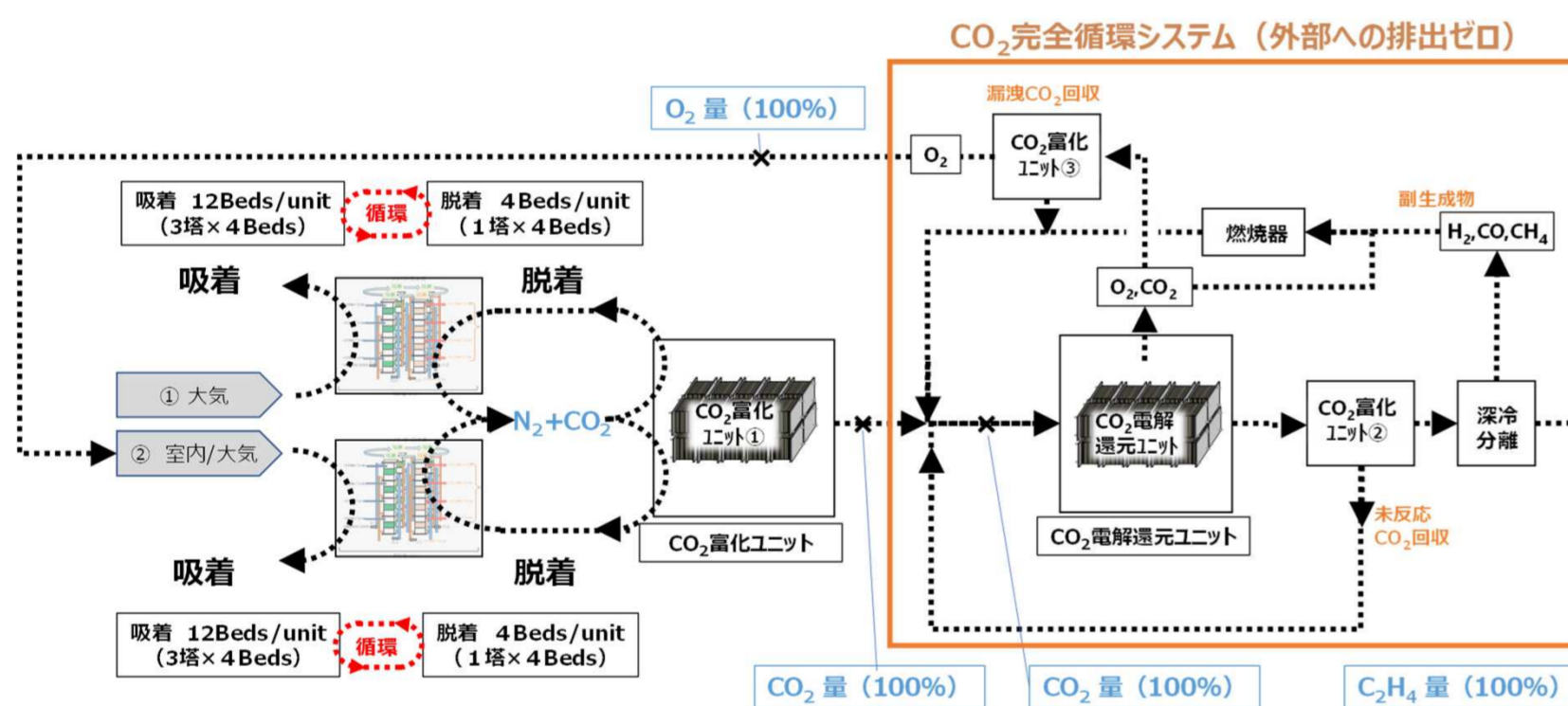


図2. システム検討図 (抜粋)

- 物質収支, 熱収支等を含めたシステム検討を実施 (図2)

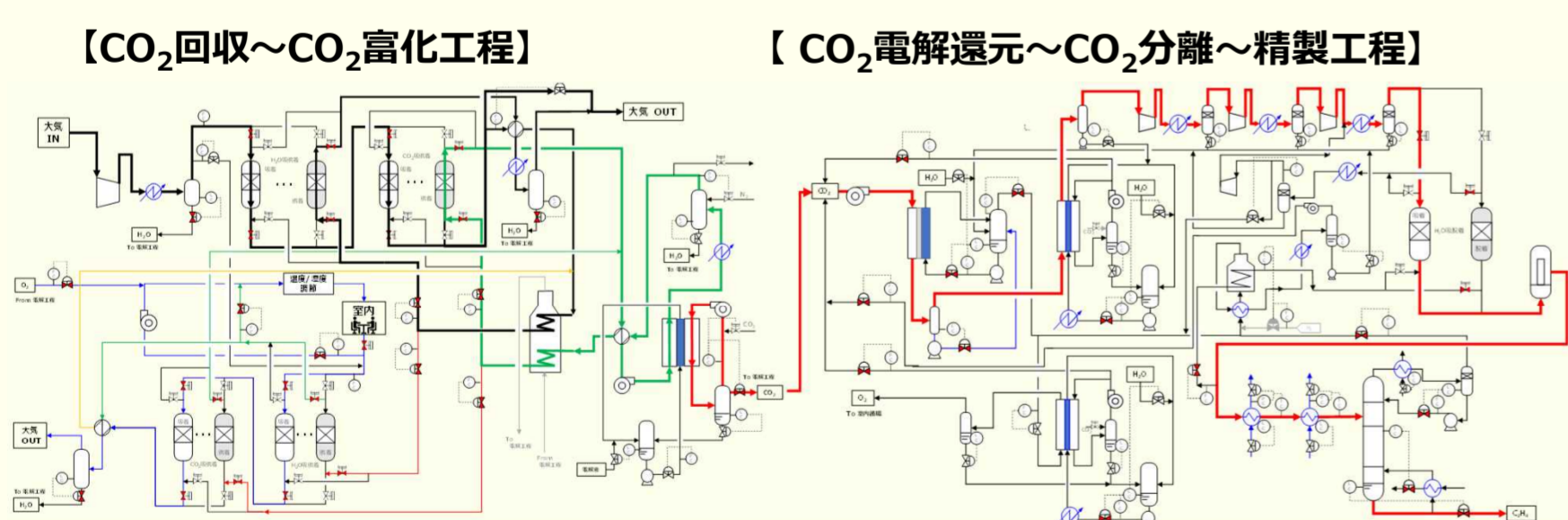


図3. プロセスフロー図 (概念設計)

- 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)

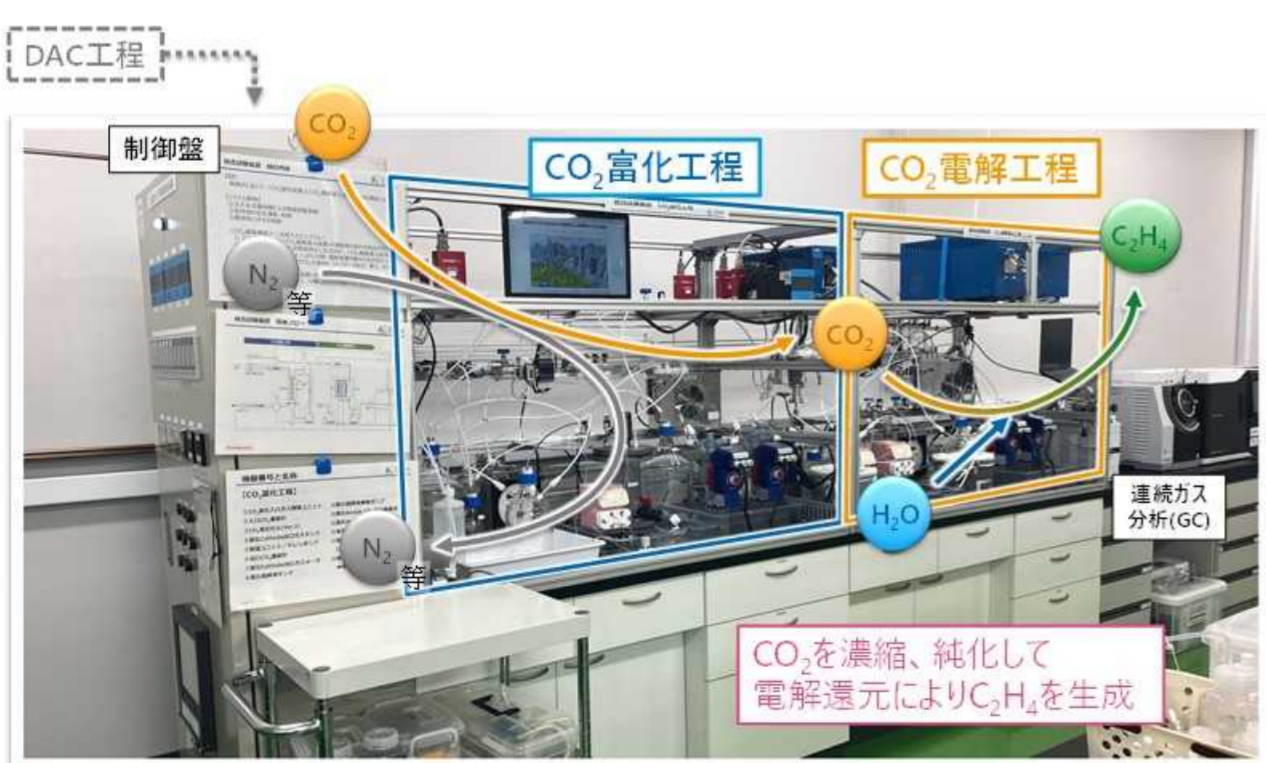
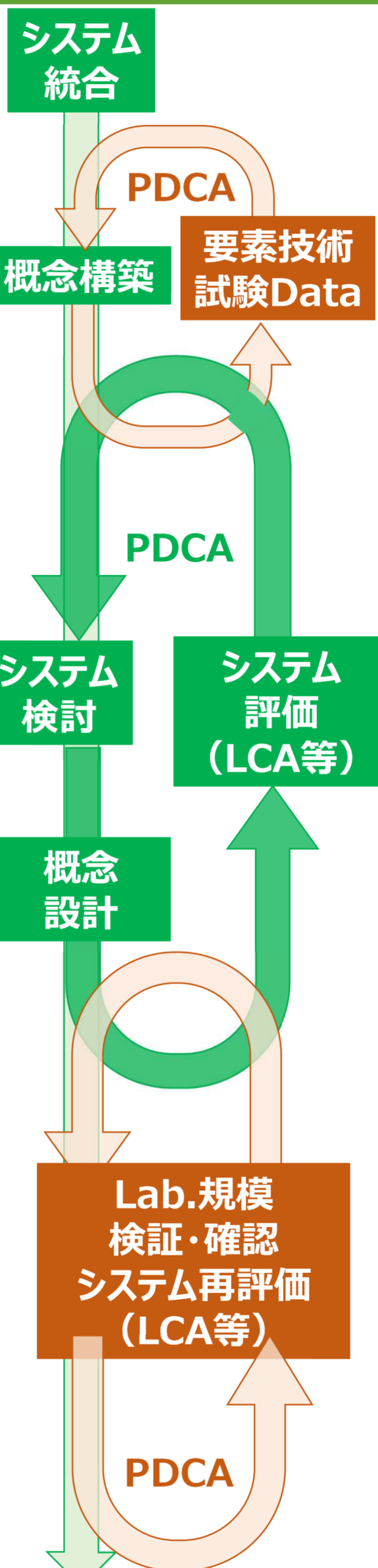


図4. 「CO₂富化+CO₂電解」連続評価装置

- Lab.規模での「CO₂富化+CO₂電解」連成運転による評価を開始 (図4)



システム評価 (LCA等)

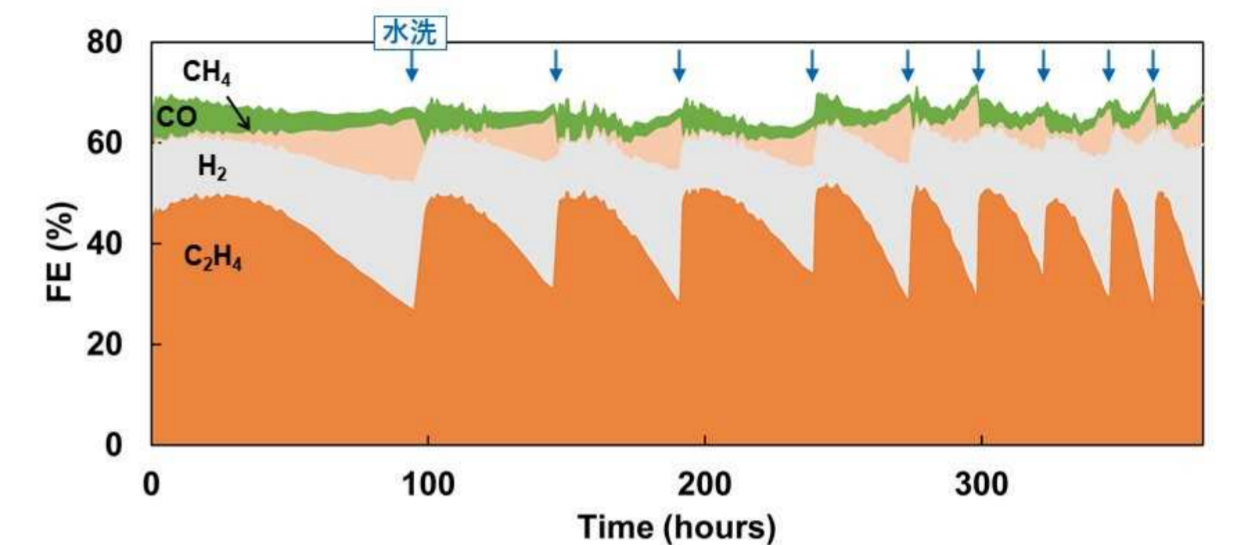


図5. システム制御による性能維持検討結果 (抜粋)

- 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

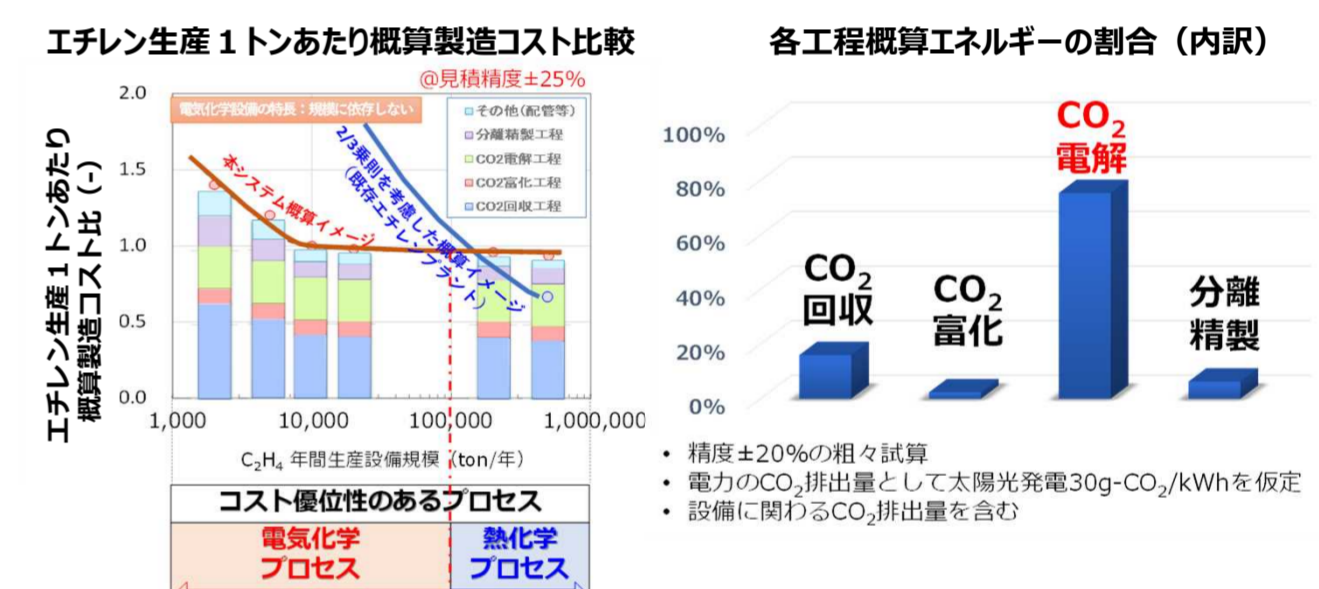


図6. エチレン生産規模等の検討結果 (抜粋)

- 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)

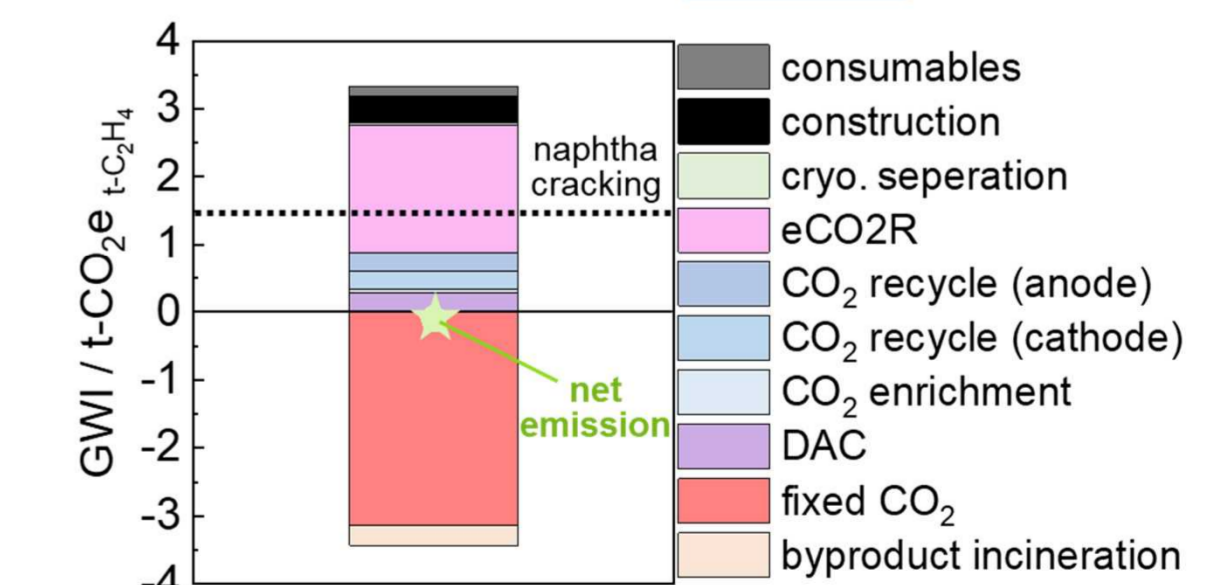
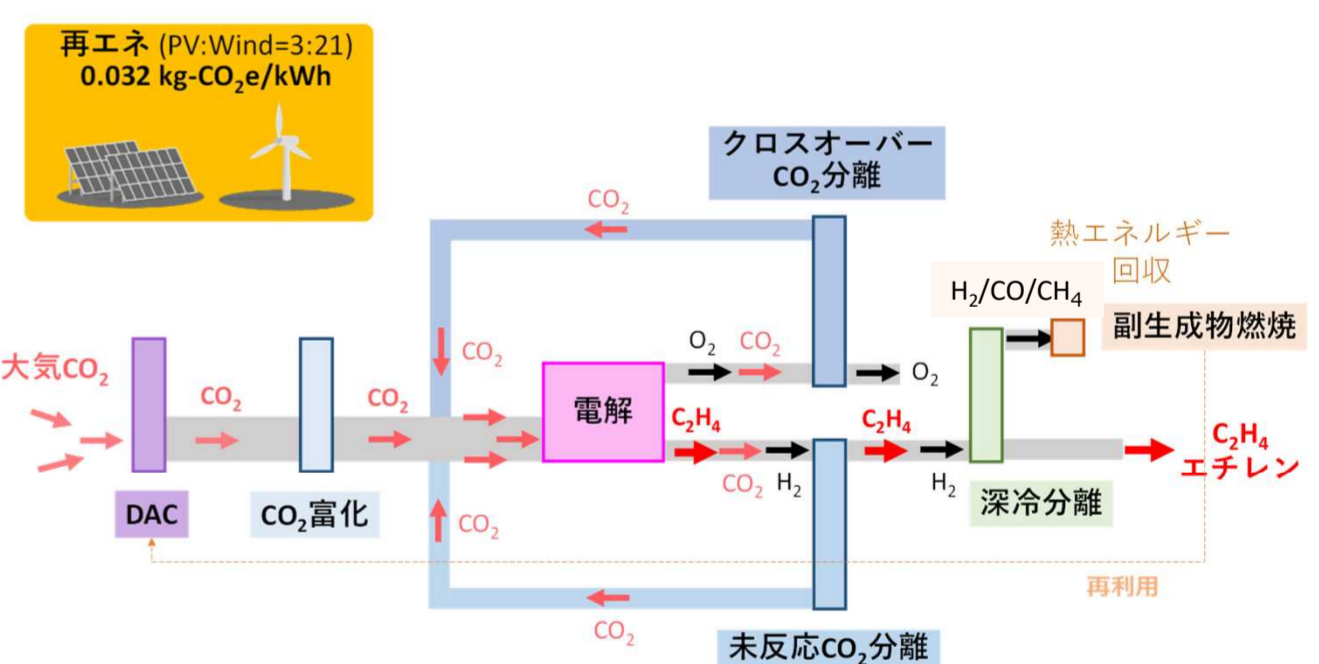


図7. 電解還元工程におけるLCA評価検討 (抜粋)

- LCAの基礎検討を実施 (図7)
- ➔ 副産物の燃焼熱をDACのCO₂脱着用熱として再利用するシステムのLCAを検討

3. 今後の課題

- 「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 / 500時間運転の実施及び1000時間運転の見通し (FY2024)
- 技術開発進捗に応じたシステムの見直し・最適化

- システム評価 (LCA等) の継続・精度向上
- 各機関との連携 (継続)