

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

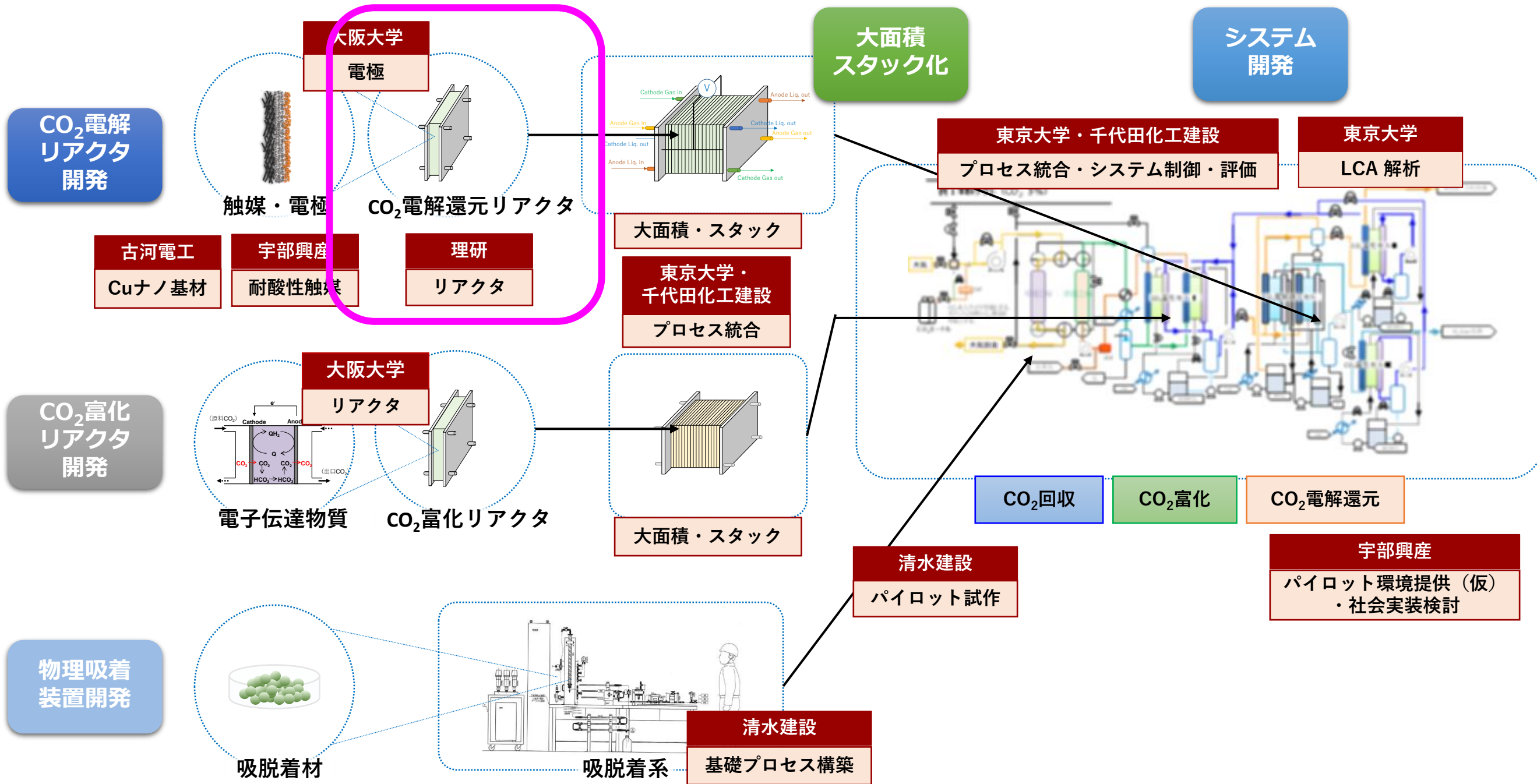
発表者：藤井 克司（理化学研究所）

PM：杉山 正和

国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 教授

PJ参画機関：国立大学法人東京大学、国立大学法人大阪大学、
国立研究開発法人理化学研究所、宇部興産株式会社、清水建設株式会社、
千代田化工建設株式会社、古河電気工業株式会社

研究開発体制と最終目標



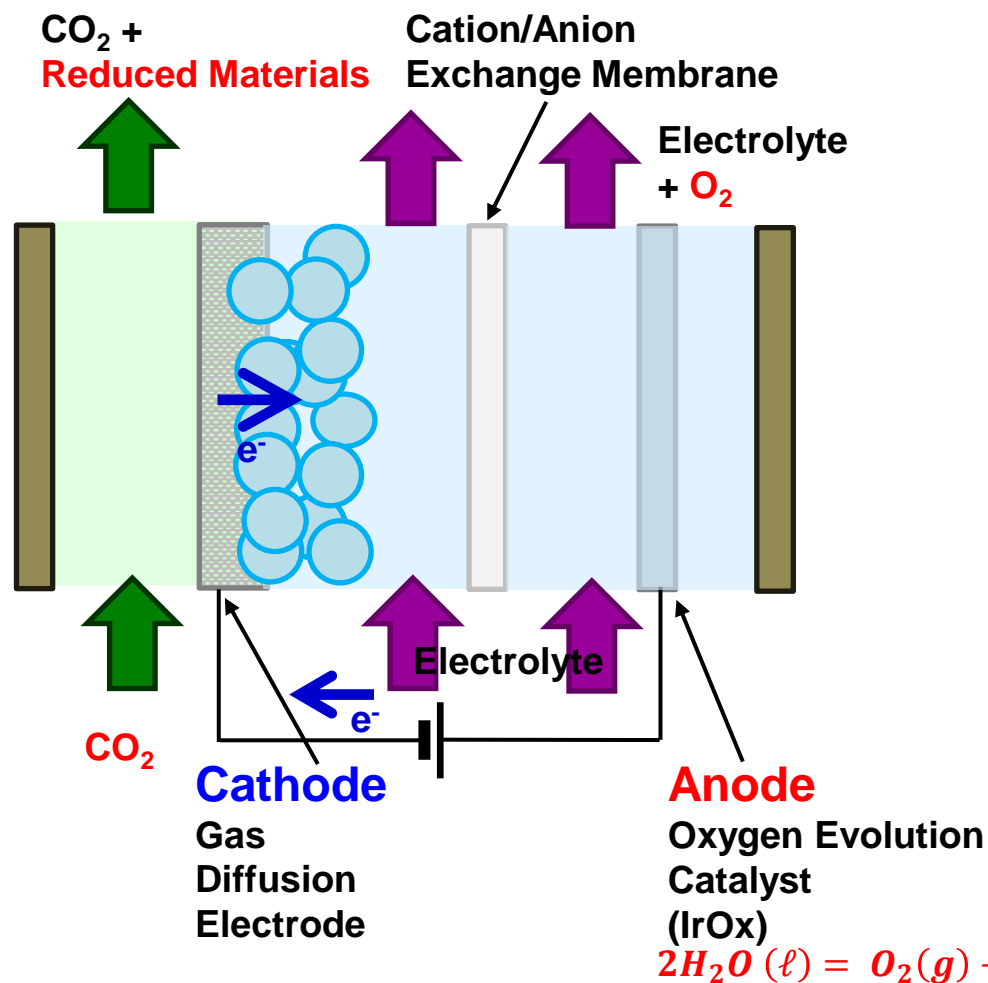
最終目標

- 400 ppmの気体中CO₂濃度に対応し、かつ分散配置が可能な、CO₂回収・有用基礎化学品への還元資源化プロセスを、電気化学を主体に開発する。
- パイロットプラントを構築して、CO₂回収から基礎化学品転換に要する資源やエネルギーも考慮したLCA評価を行い、地球温暖化対策に有効に資することを確認する。

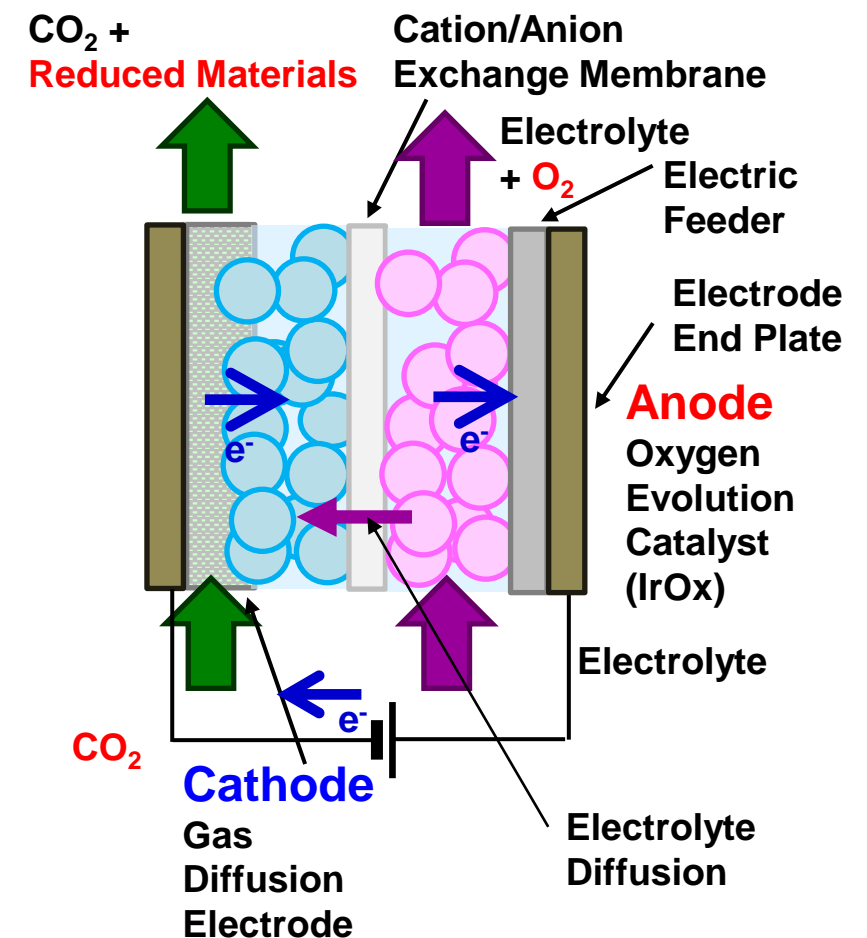
- CO₂のC₂H₄への還元は触媒だけでは不十分でリアクターが必要
- GDE-typeリアクターでは電解液層が厚く、動作電圧の低減に限界
- **リアクターの究極の形として"Zero Gap Reactor"を提供する**

CO₂をC₂H₄に電気化学的に還元するための触媒開発やGas Diffusion Electrode (GDE)-type リアクターで開発された電極等を電解質として固体高分子膜を利用するMembrane Electrode Assembly (MEA)を用いた、いわゆる**"Zero Gap Reactor"**として利用可能なリアクター形状を提供する

Gas Diffusion Electrode



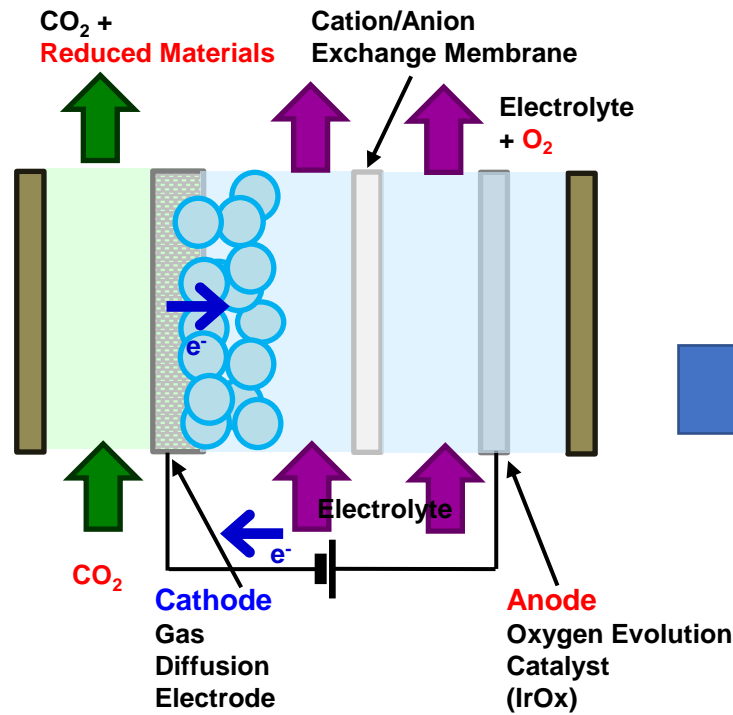
Zero-Gap Reactor



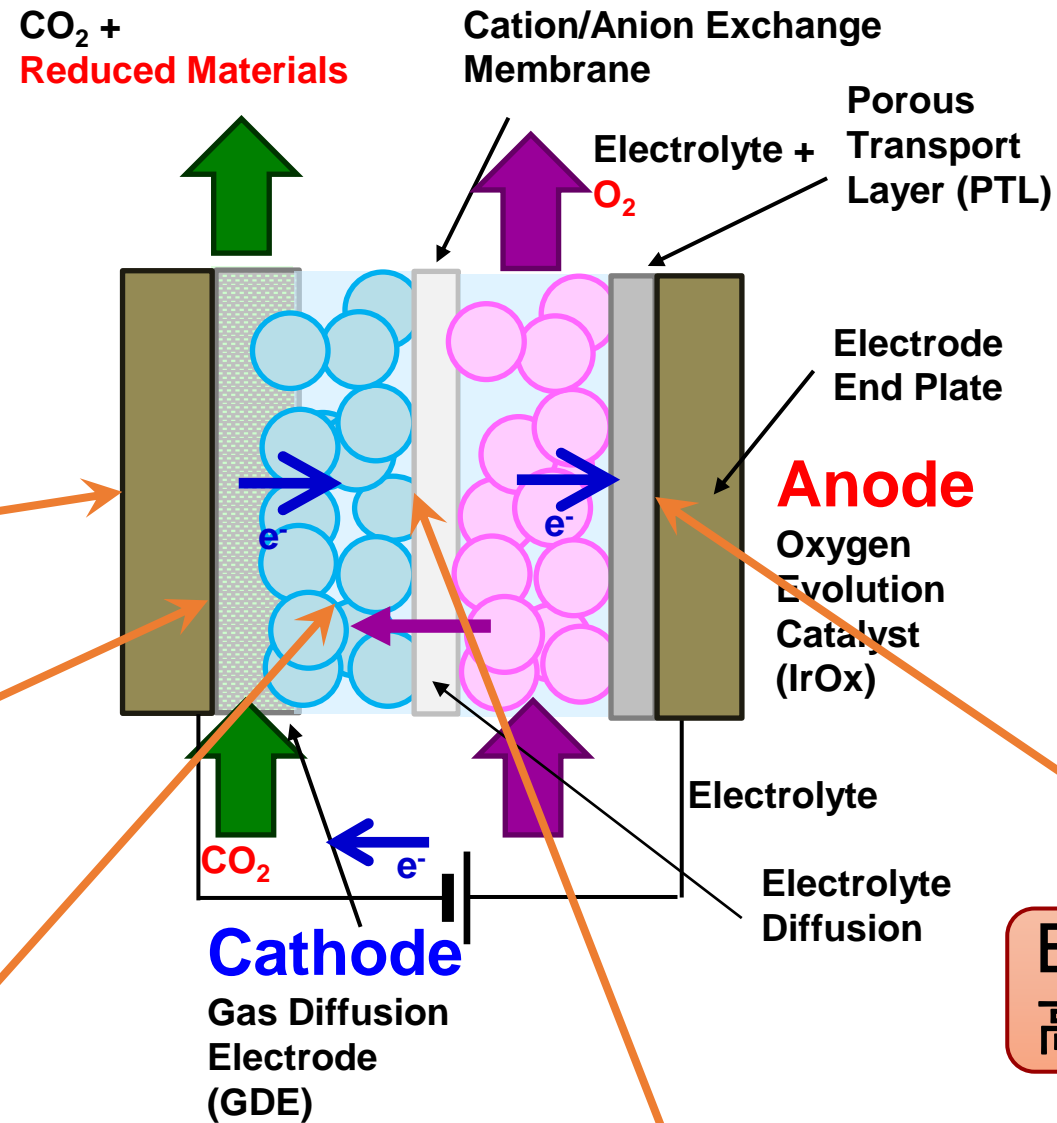
※異種物質間の界面には電位差が生じるため、**Small Gap Reactor**と**Zero Gap Reactor**には本質的な違いがある

Zero-Gap Reactor実現に向けた課題

Gas Diffusion Electrode



Zero-Gap Reactor



F エチレン選択性を高める環境パラメータ

リアクター構造に依存する環境パラメータ例

- ・ CO₂-電解液界面の物理的位置
- ・ 局所CO濃度、H₂濃度
- ・ 局所電位勾配
- ・ 局所pH
- ・ その他 (金属イオン等)

A CO₂と電流供給の両立

⇒ page8

B 水素発生によるエネルギーロス防止

⇒ page7

C 塩の析出対策

D カソード触媒の確実なコンタクト

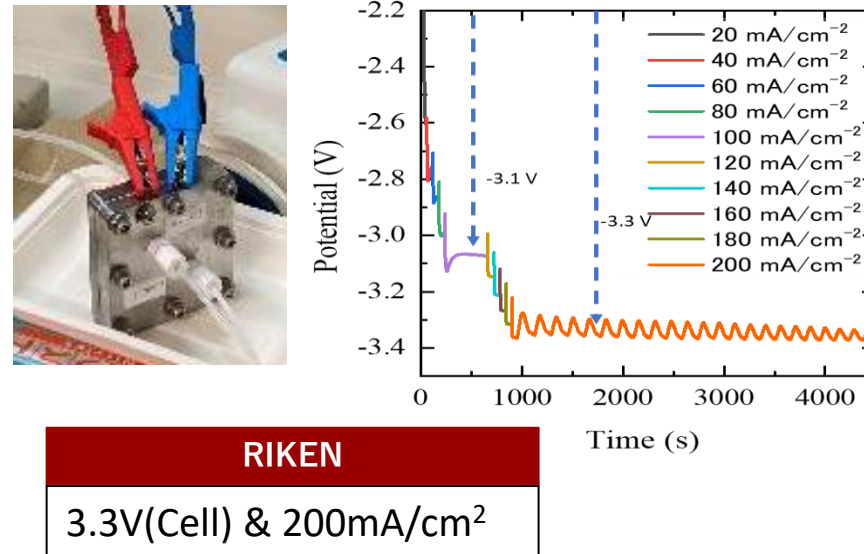
⇒ page6

E アノード層の高い均一性

⇒ page6

□24年度

非貴金属系アノードを用いて、印加電圧2.5 V、電流密度200 mA/cm²以上、生成物に対する電流利用効率が50%以上のエチレン等の生成を実現する



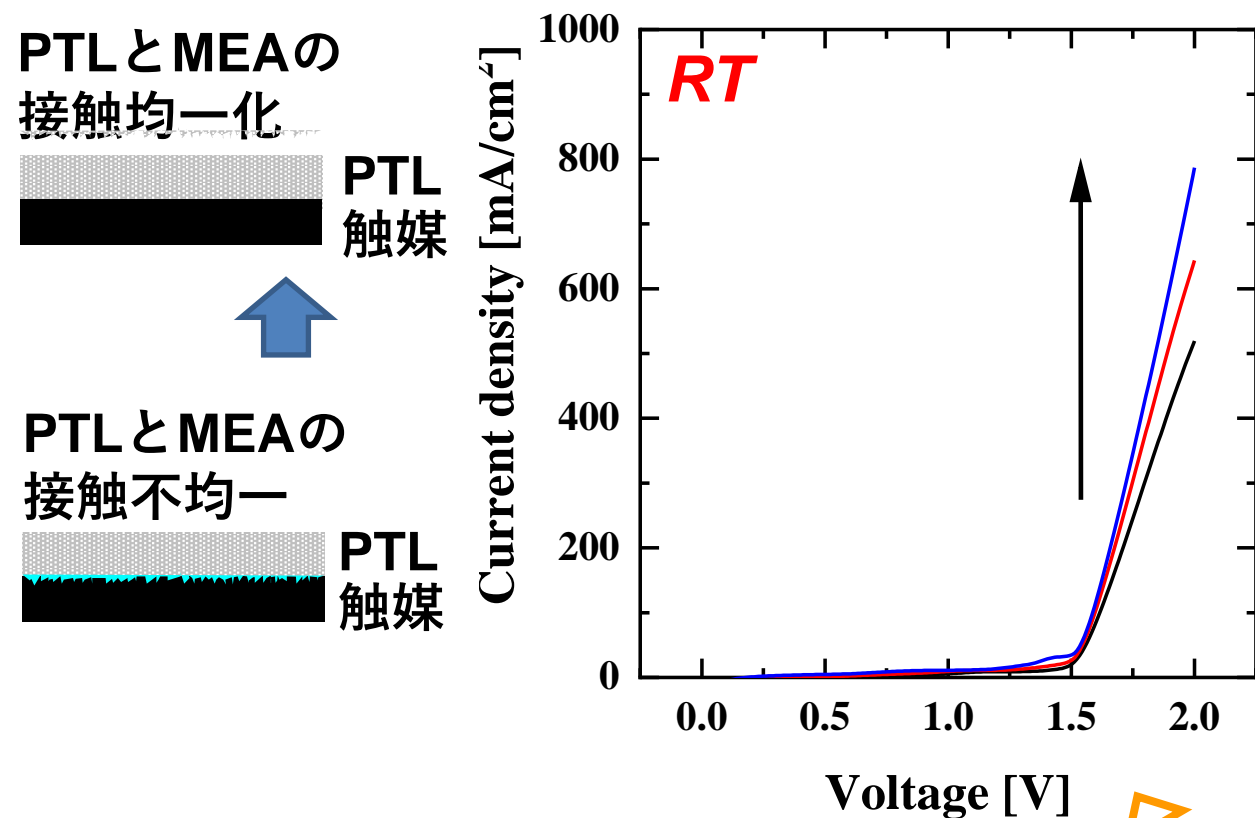
□27年度

CO₂富化電気化学デバイスおよびCO₂還元電解セルのハイブリッドにより、印加電圧2.5 V、電流密度200mA/cm²、生成物に対する電流利用効率80%でのエチレン等の生成を実現。電極の寿命1,000時間に必要な指針を得る

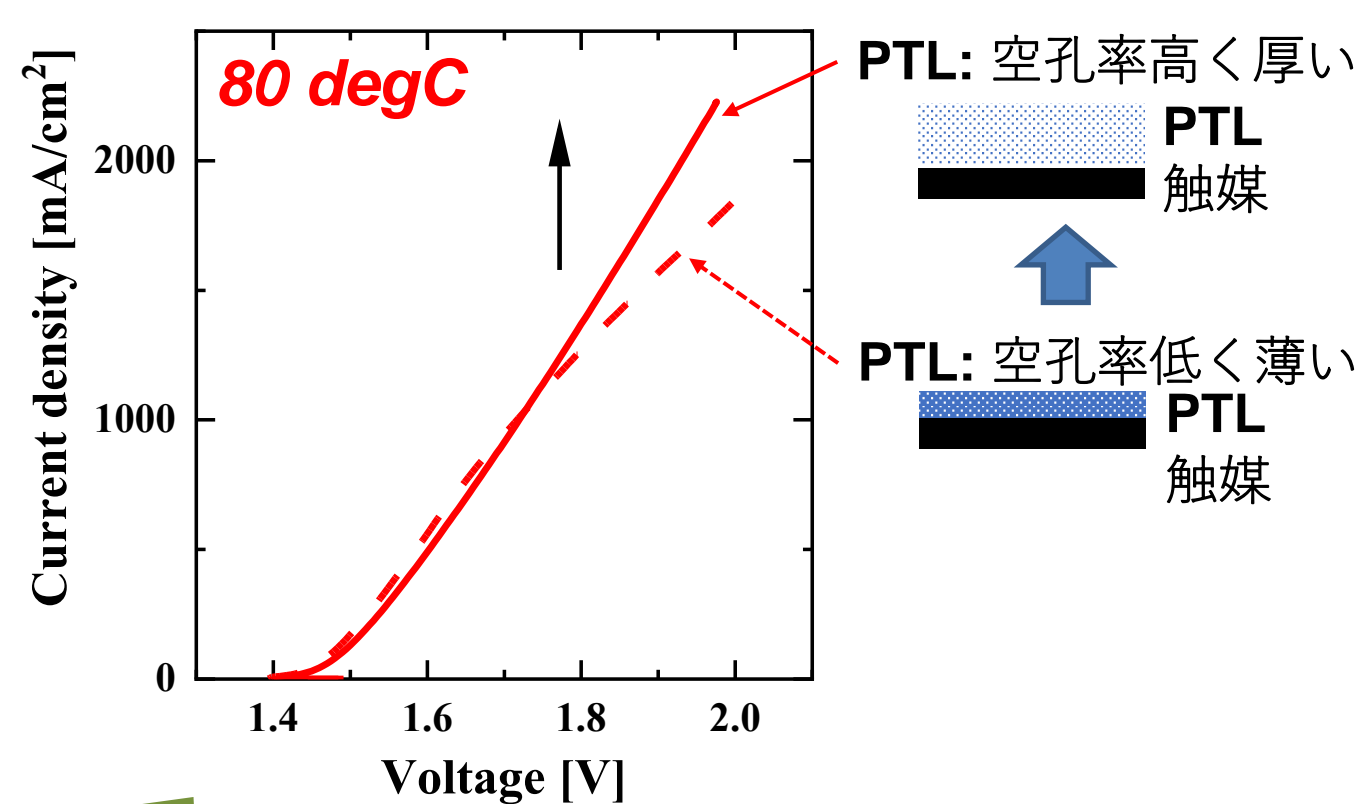
高速水電解 ($\sim 2\text{A}/\text{cm}^2$) リアクタの知見を活用

- 部材接触抵抗の極小化
- 反応場への原料の高速供給および生成物の高速脱離が可能となる構造
- 面全体を均一に反応場とする構造

電流密度の部材接触圧力依存性



電流密度の多孔質移動層 (PTL) 構造依存性

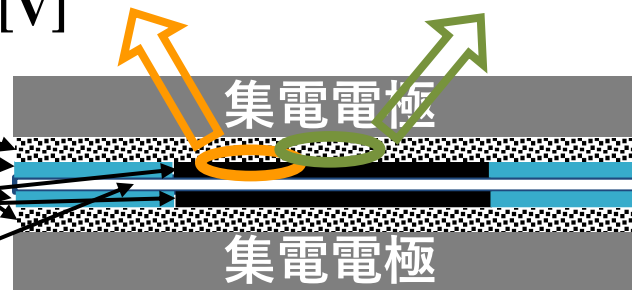


多孔質移動層 (PTL)

パッキン

触媒層 (膜電極複合体(MEA)内)

固体電解質 (膜電極複合体(MEA)内)

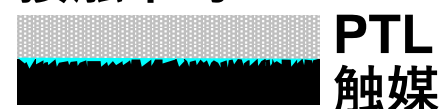


水素利用等先導研究開発事業／
水電解水素製造技術高度化のための基盤技術研究開発／
非貴金属触媒を利用した固体高分子型水電解の
変動電源に対する劣化解析と安定性向上の研究開発

□ 電流密度の部材接触圧力依存性

→ 電極構造と生成物選択性の変化

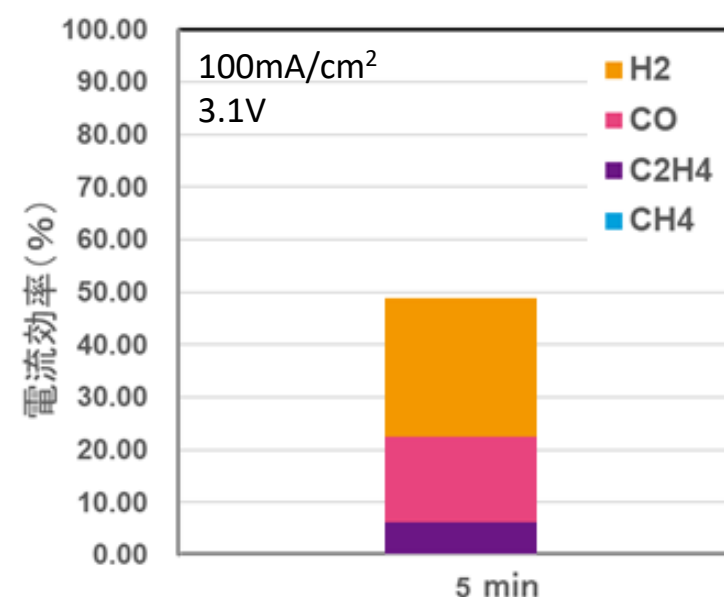
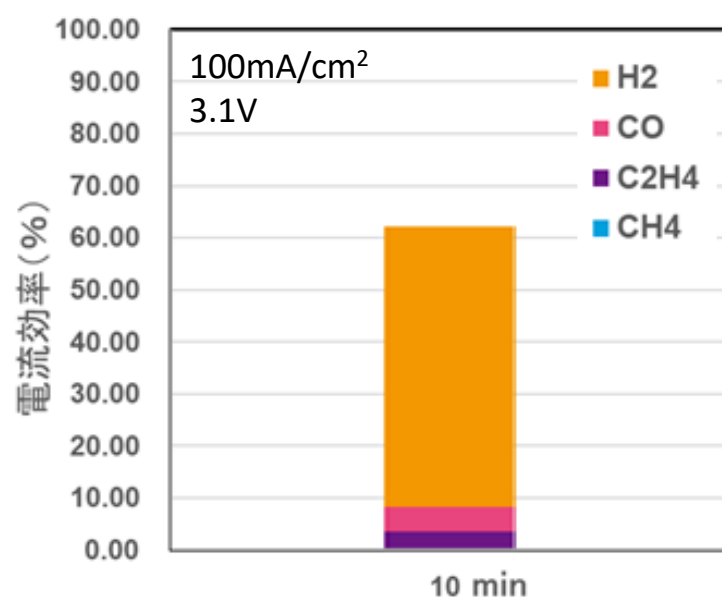
PTLとMEAの
接触不均一



PTLとMEAの
接触均一化



Membrane: Anion Exchange
Cathode: Cu_2O NP Catalyst
Anode: IrOx Catalyst



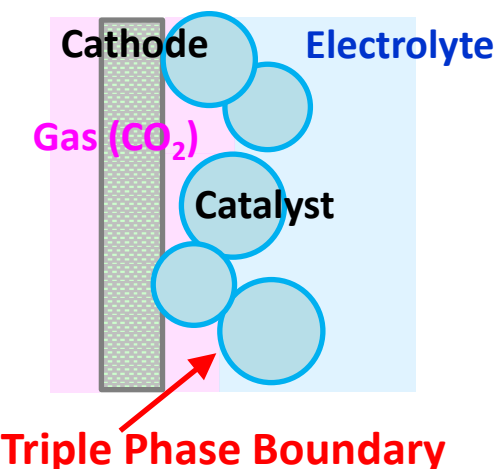
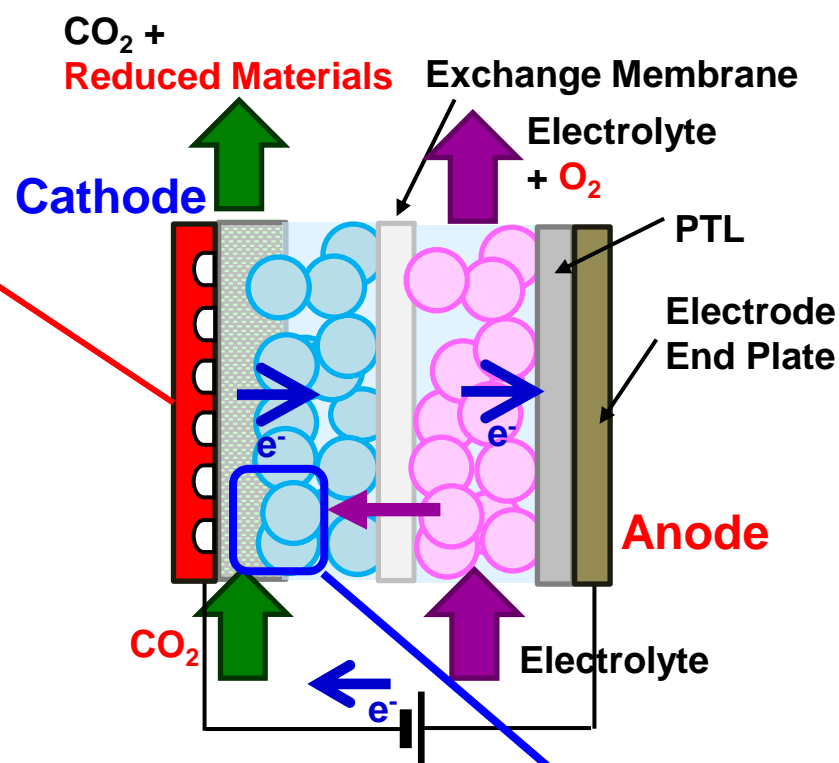
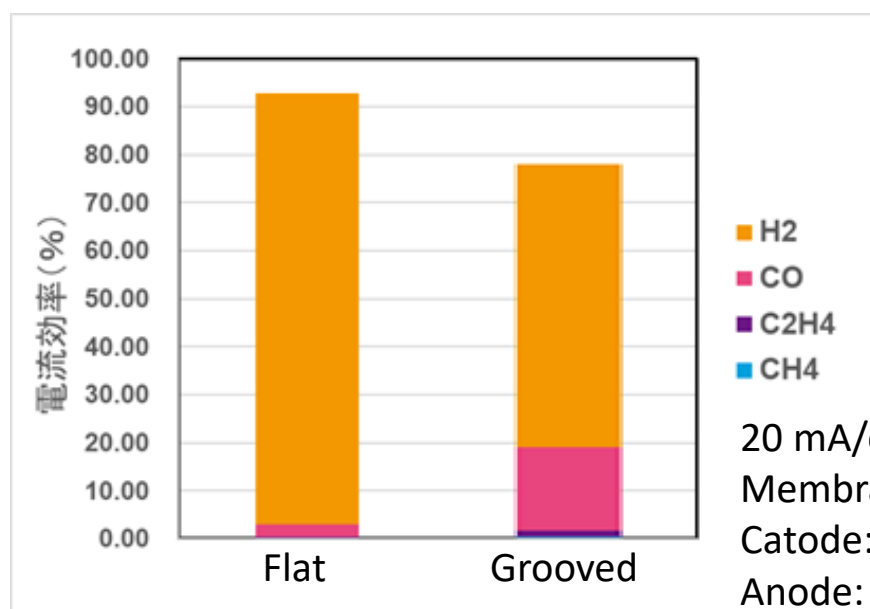
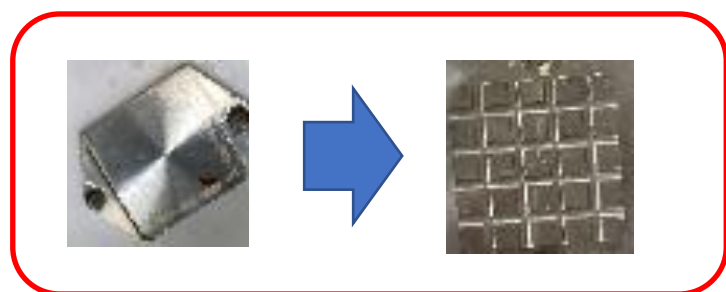
集電プレート、PTL、電極、電解膜の間の接触に不均一性がある場合、低い電流密度であっても動作初期に過大な電圧が観察される

⇒ 過大な初期過電圧に加え、低い CO_2 還元Faradaic Efficiencyを示す

水電解用MEAとは異なる課題

□ 電流密度の多孔質移動層 (PTL) 構造依存性

→ CO₂ガス供給領域の重要性



C₂H₄選択性に影響するパラメータである
三相界面における局所CO分圧、H₂分圧
もセルのガス供給路による影響を受ける

H₂生成MEAではカソード側へのガス供給が不要で、H₂の排出効率さえ高めれば十分な性能が得られた

⇒ CO₂還元では、カソード裏面からのCO₂供給が低電流密度からCO₂還元のファラデー効率に影響を及ぼす

プレートに溝を切った部分は電流供給能力が低下するため実効反応面積は減少している
⇒ **電力供給とCO₂供給はトレードオフ：バランスをとる必要がある**

