



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

PM：杉山正和

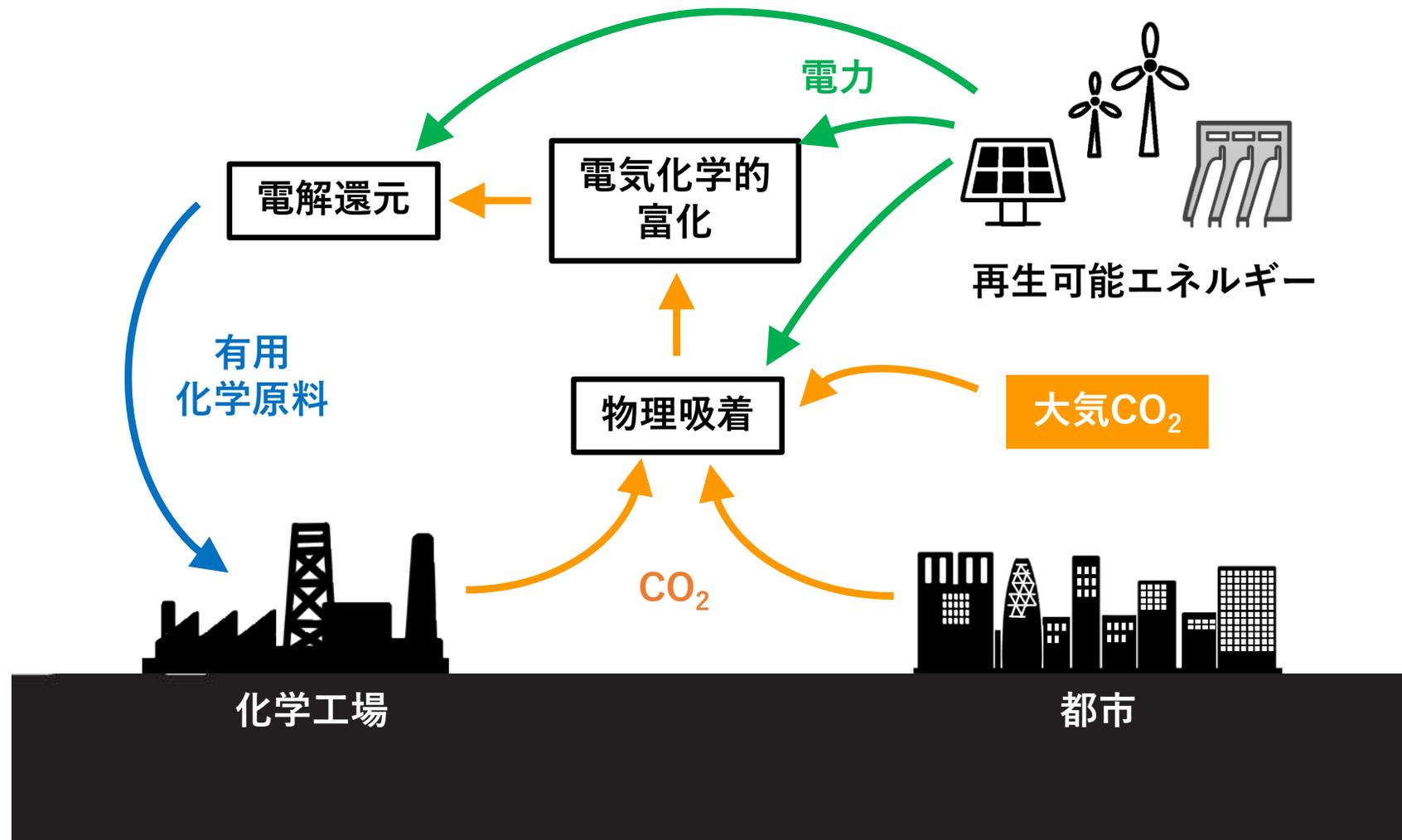
国立大学法人東京大学 先端科学技術研究センター 教授

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

(2029年度最終目標)

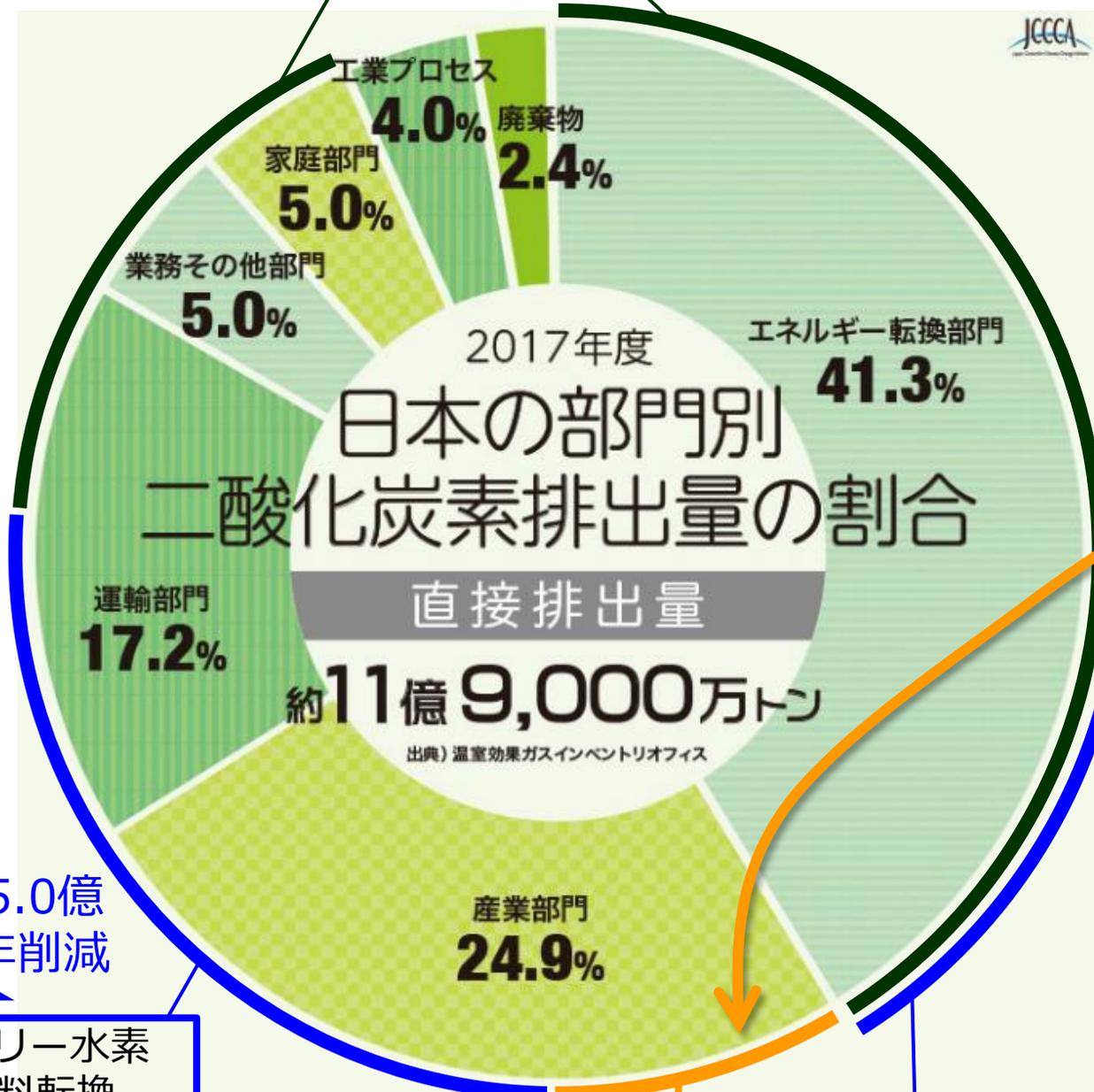
400 ppmの気体中CO₂濃度に対応し、かつ分散配置が可能な、CO₂回収・有用基礎化学品への還元資源化プロセスを、電気化学を主体に開発する。
さらに、パイロットプラントを構築して、CO₂回収から基礎化学品転換に要する資源やエネルギーも考慮したLCA評価を行い、地球温暖化対策に有効に資することを確認する



プラットフォームエネルギーである
電気エネルギーを用いたCO₂循環システムの構築
～ CO₂排出 1億ton/年削減@2050に向けて～

CO₂資源化の量的目標（日本国内）

電化率の向上
エネルギー利用効率向上
電源の再エネ化
→ 4.2~5.0億トン/年削減



※図中の削減量は、提案者による2040~2050のCO₂削減量見込みを示す

本研究開発のターゲット

再エネ導入・
燃料のCO₂フリー化
だけではカバーできないCO₂排出
→回収・資源化の必要性

1億トン/年

1.8~5.0億
トン/年削減

CO₂フリー水素
への燃料転換

CO₂資源化

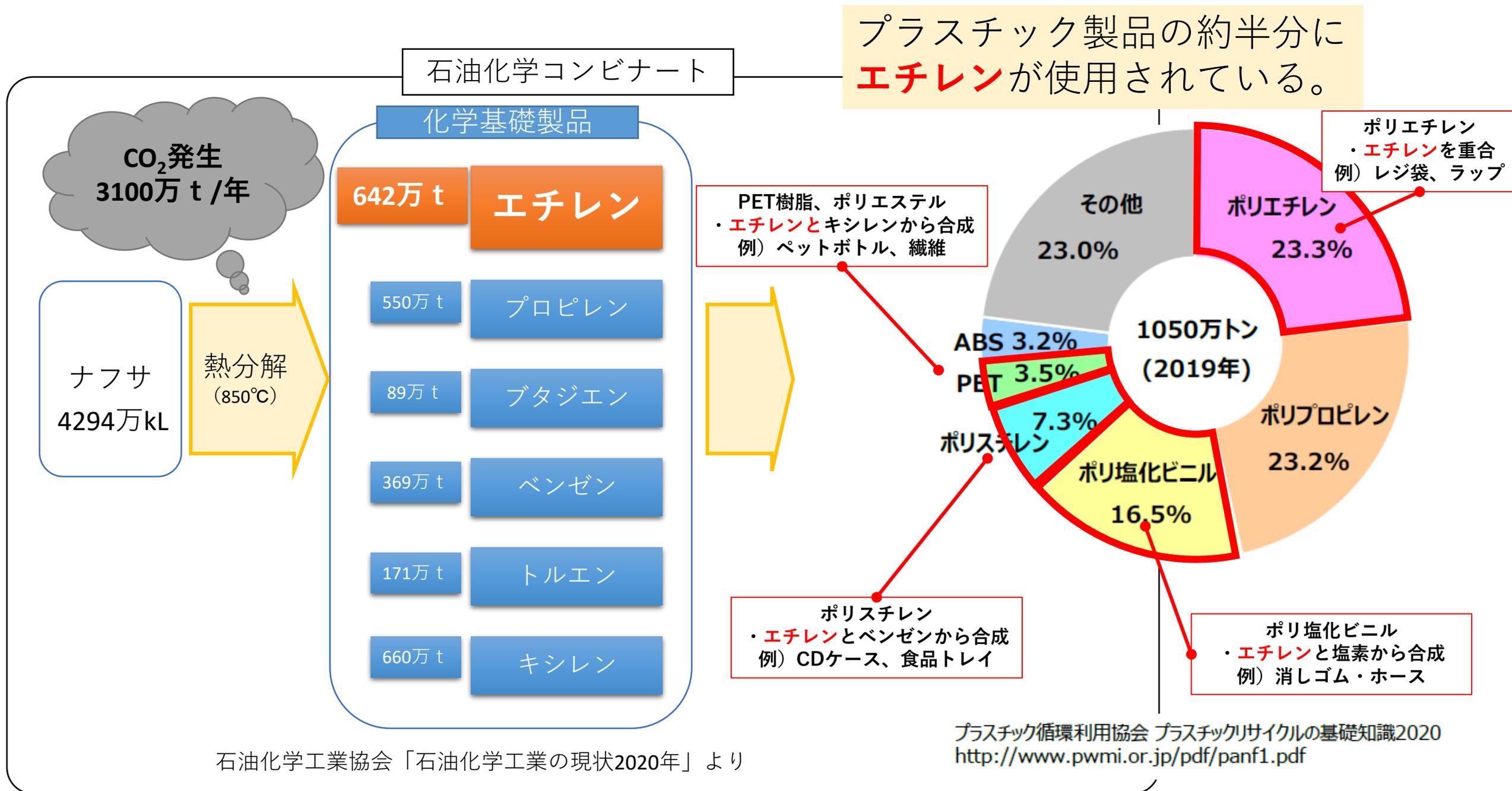
→ 0.2~1.0億トン/年
削減

目指すプロダクト

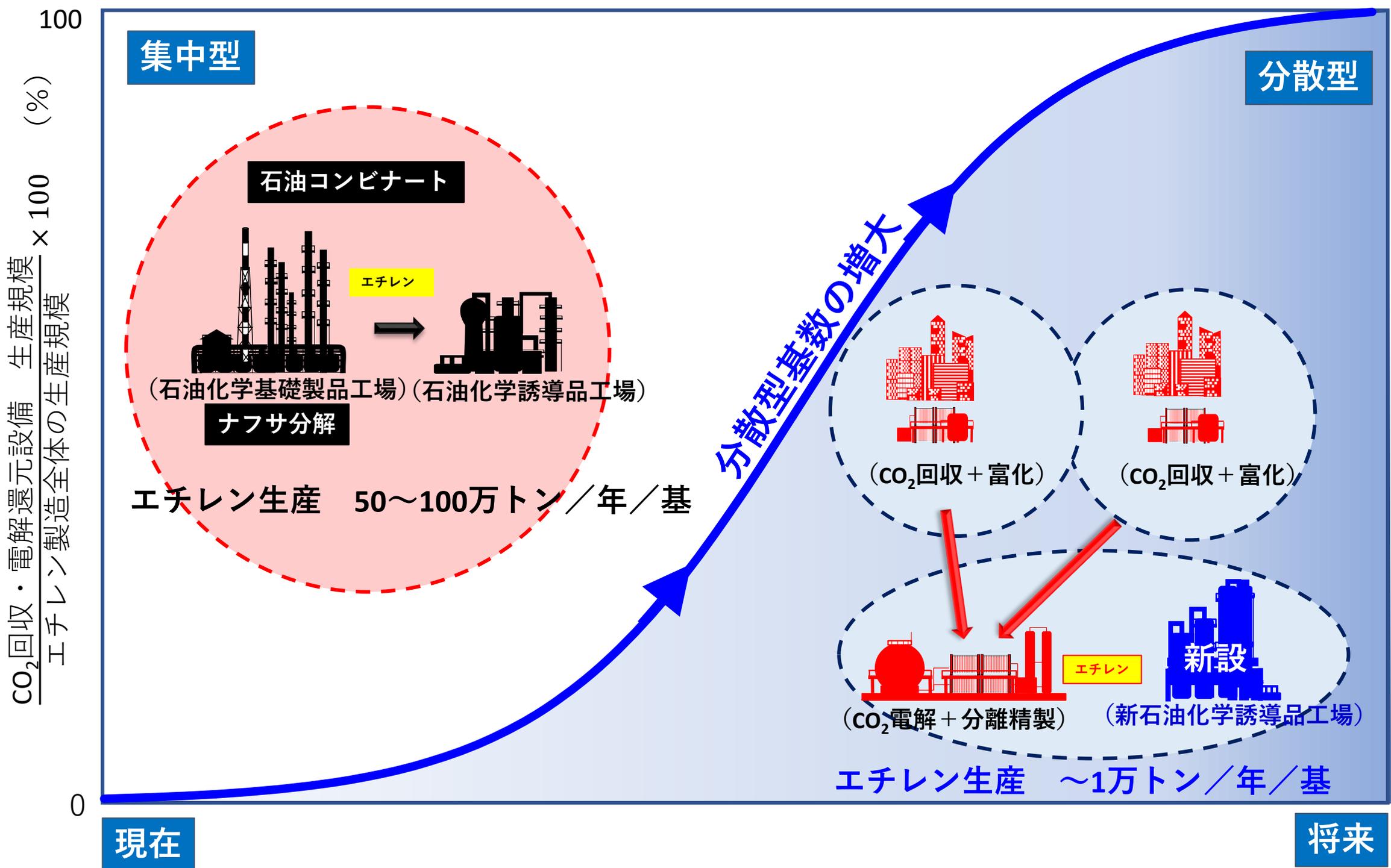
目標プロダクト：エチレン

- 代表的な化学基礎製品で、国内では年間640万 t、全世界では年間2億2千万 t 生産されている。
- プラスチックや合成繊維等の原料であり、プラスチック製品の約半分に使用される。

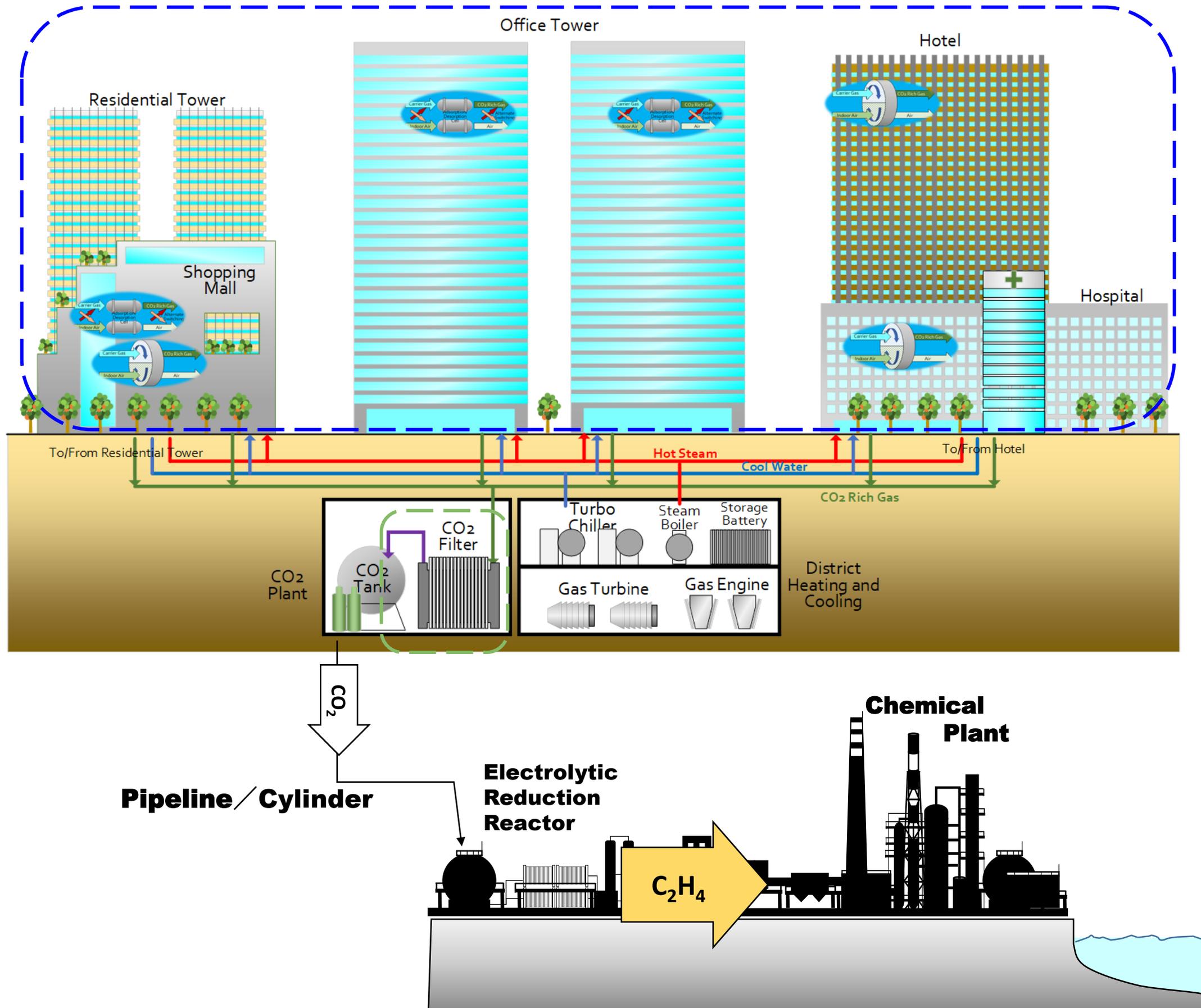
プラスチック製品の約半分に
エチレンが使用されている。



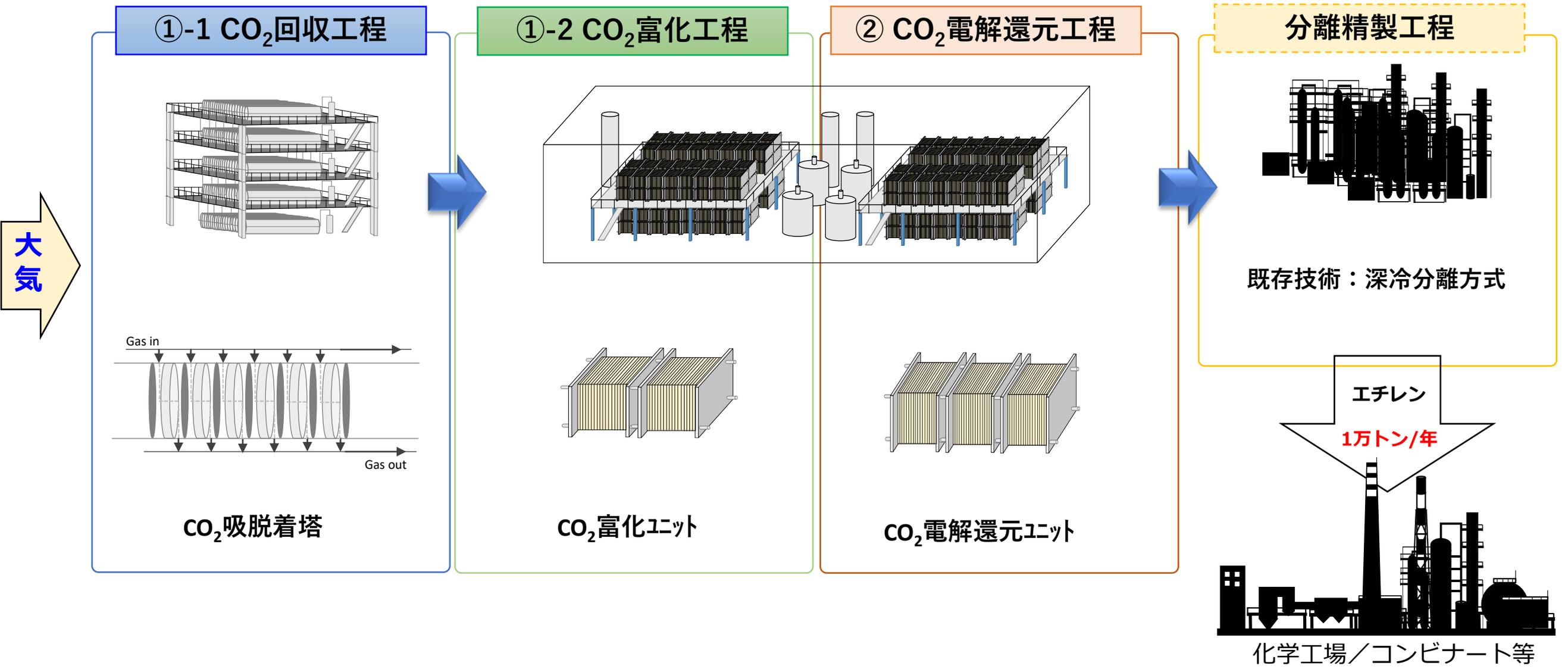
➤ スケールアップ型のメリットを生かして、小規模から徐々に社会へ導入



オフィスビル内のCO₂を回収・資源化するシステム

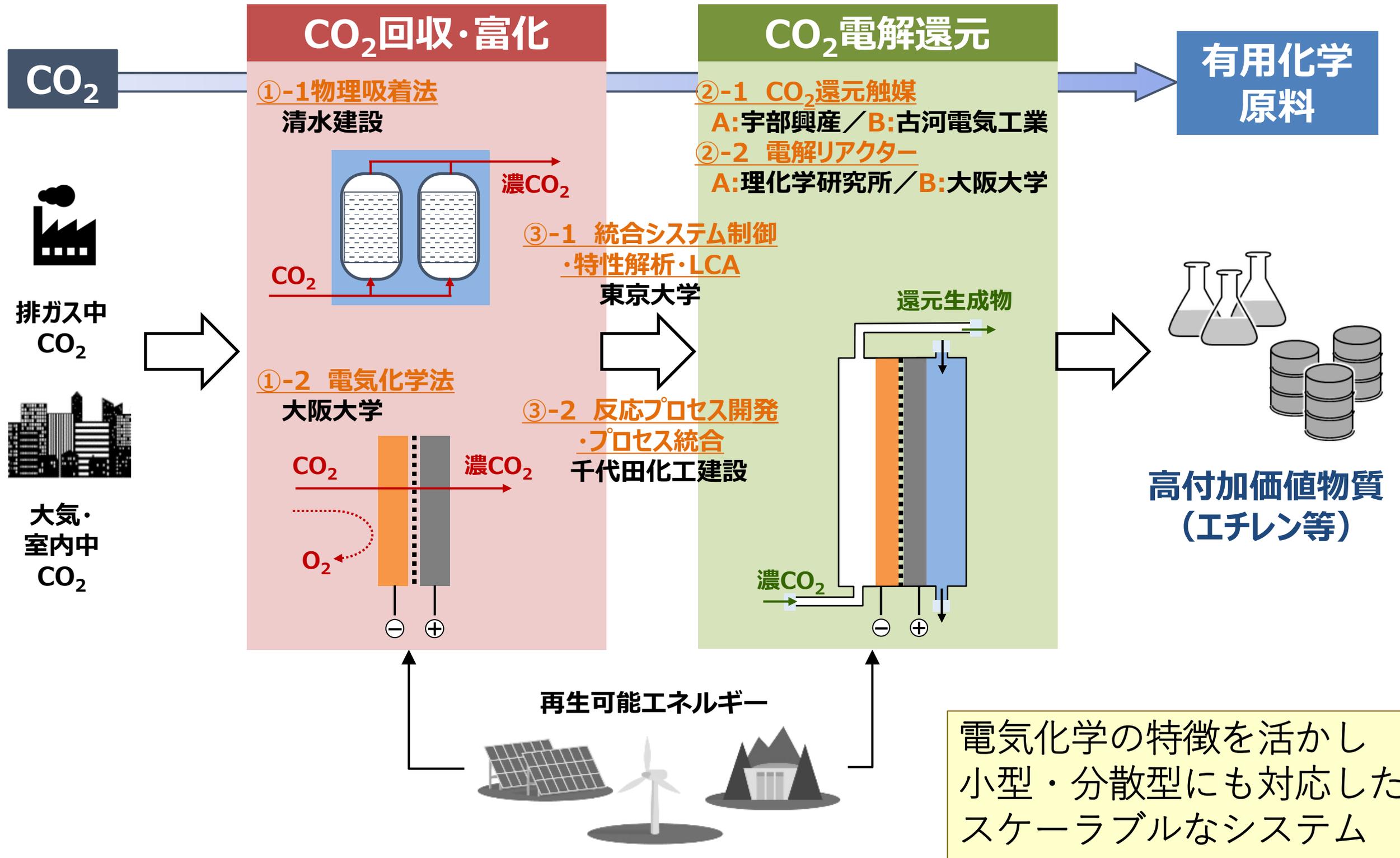


※設備コスト試算(概算)での最適規模。
基本システムを複数並べることで所要エチレン製造能力に対応可能。



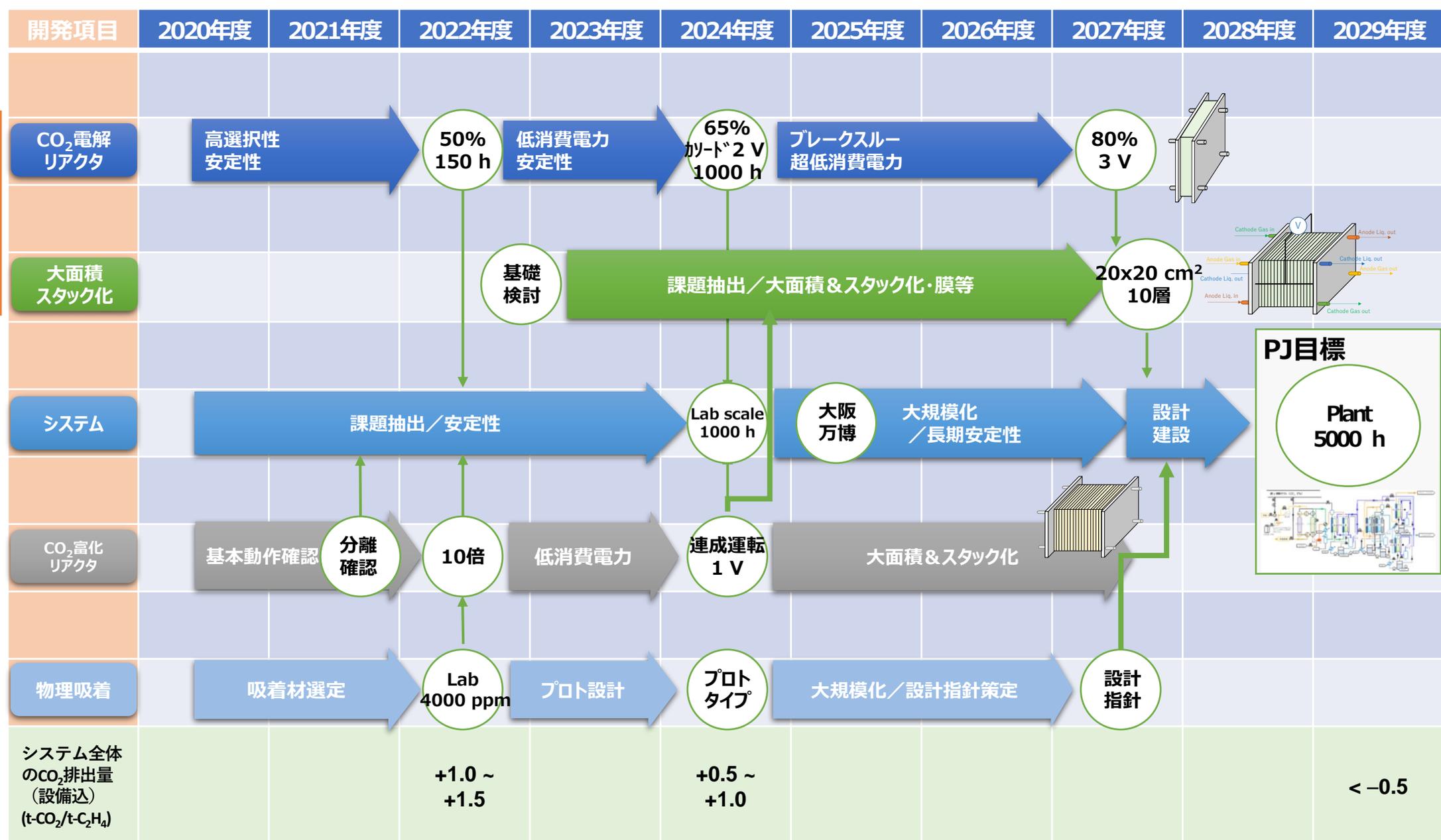
- 1万トン/年のエチレン製造(CO₂処理量:3万1千トン/年) 設備※を基本ユニットとして想定
- 設置場所に応じて規模対応が可能
- 各所に分散配置も可能なシステム

プロジェクトの実施内容



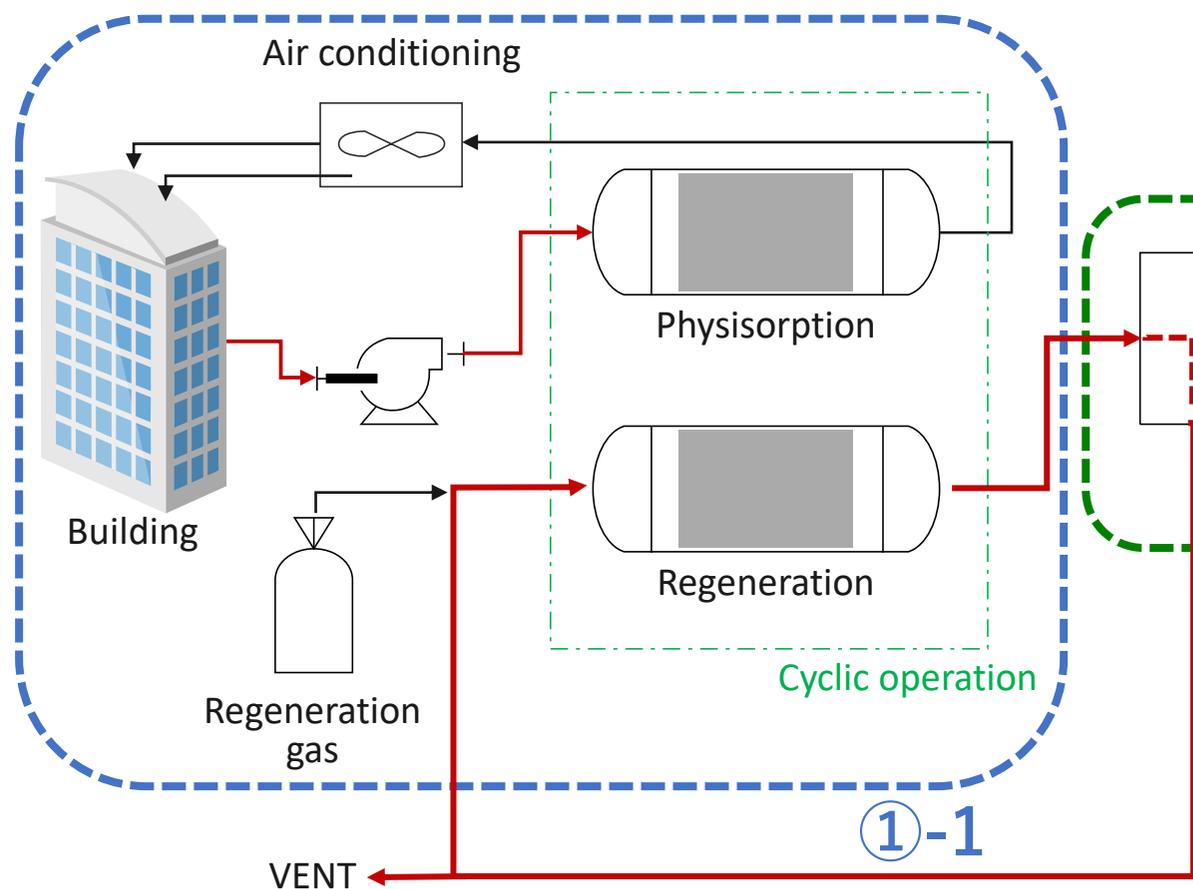
開発スケジュール

② CO₂電解還元工程



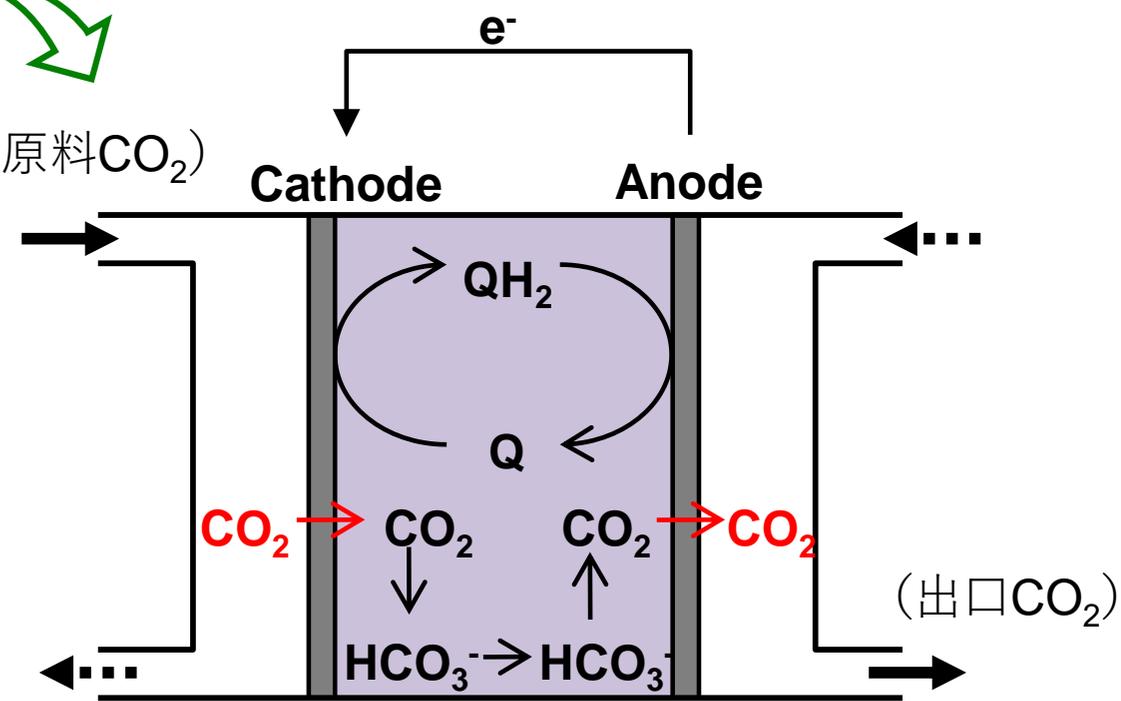
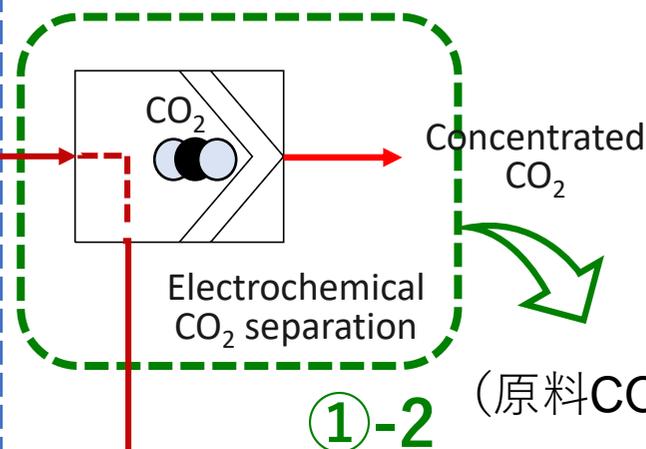
①-1 物理吸着法によるCO₂回収 (清水建設)

- 大気～室内空気に対応するCO₂回収
- 吸着材選定とプロセス装置設計



①-2 電気化学法によるCO₂富化 (大阪大学)

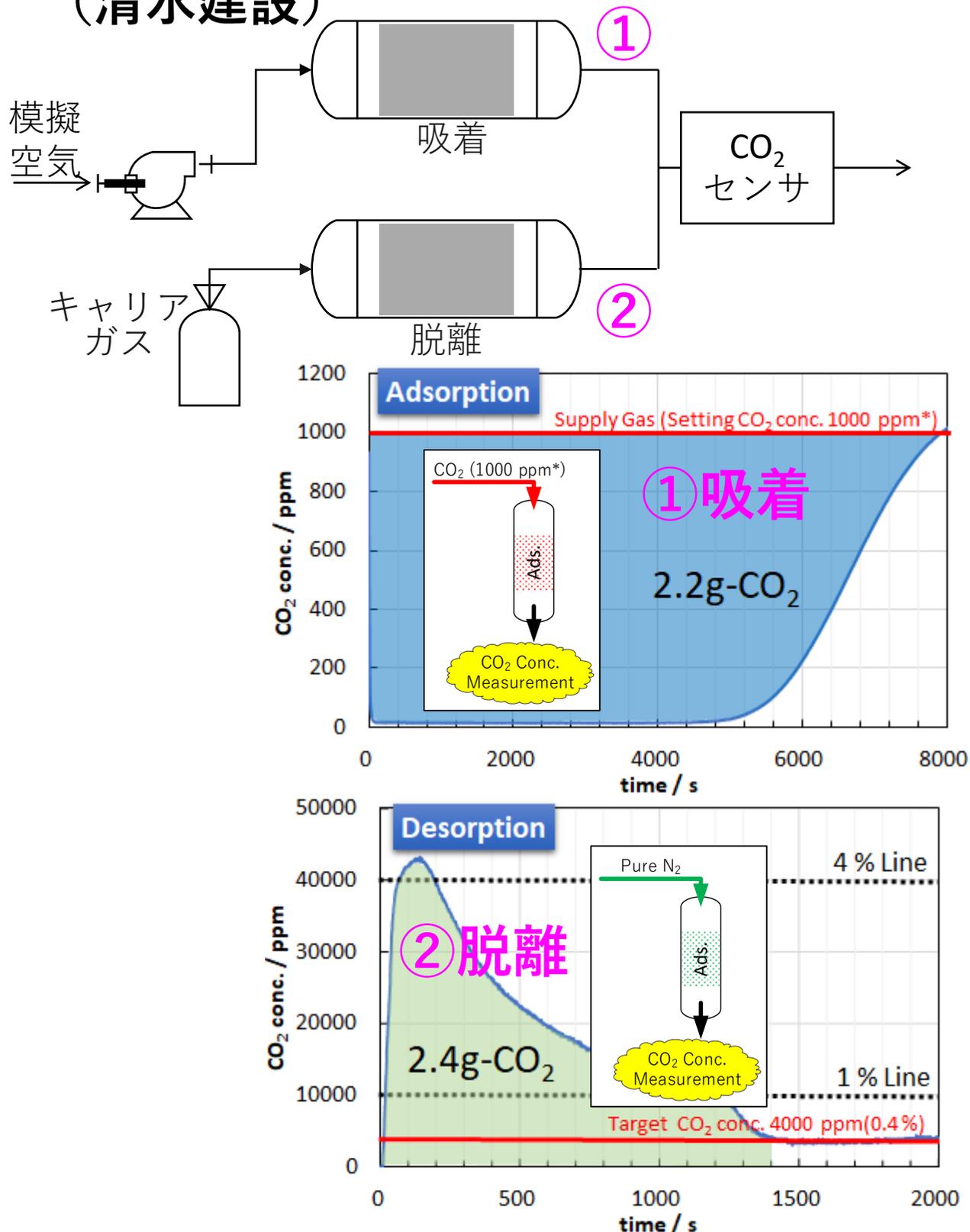
- pH勾配による連続的CO₂吸収・放出
- 化学親和性によりCO₂以外を除去



CO₂電解還元装置後段の
生成物分離過程にも適用可能 10

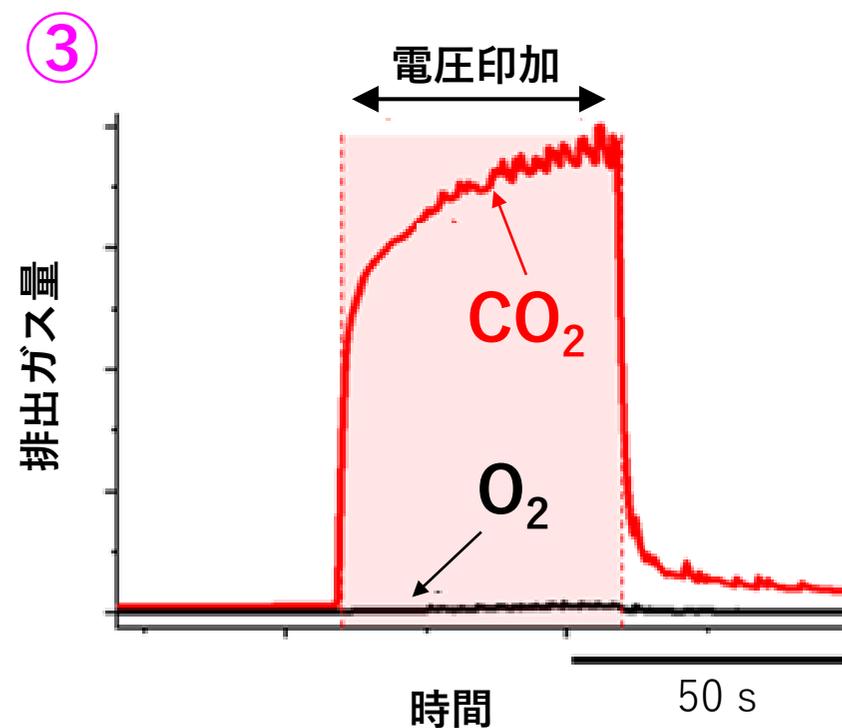
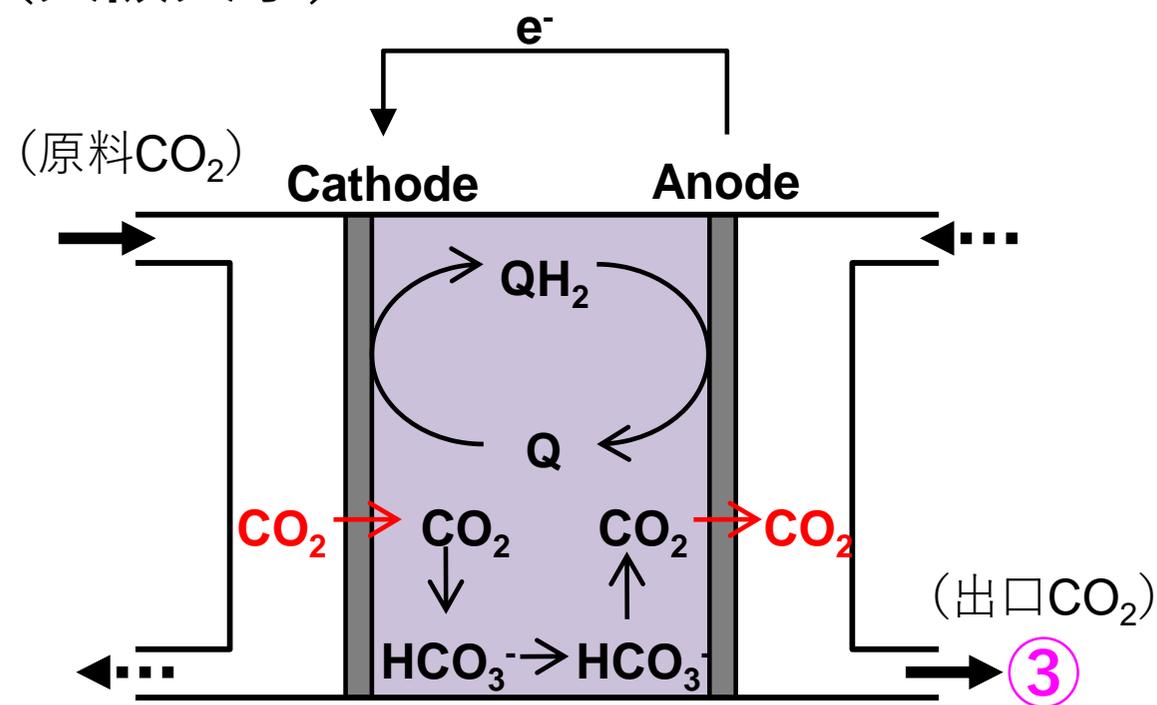
① CO₂回収・富化

①-1 物理吸着法によるCO₂回収 (清水建設)



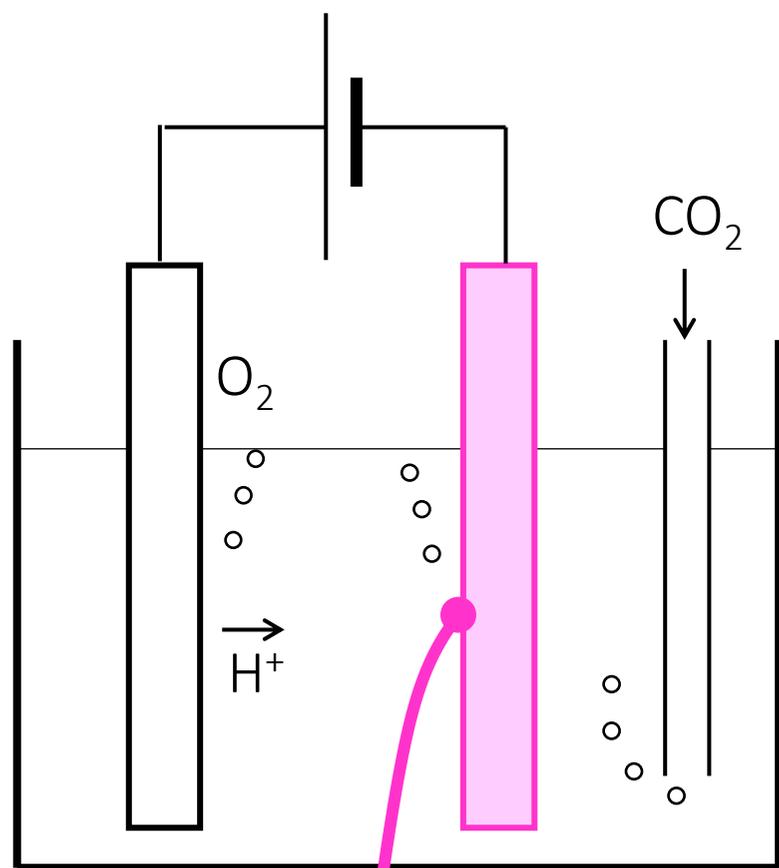
10倍以上のCO₂濃縮に成功

①-2 電気化学法によるCO₂富化 (大阪大学)



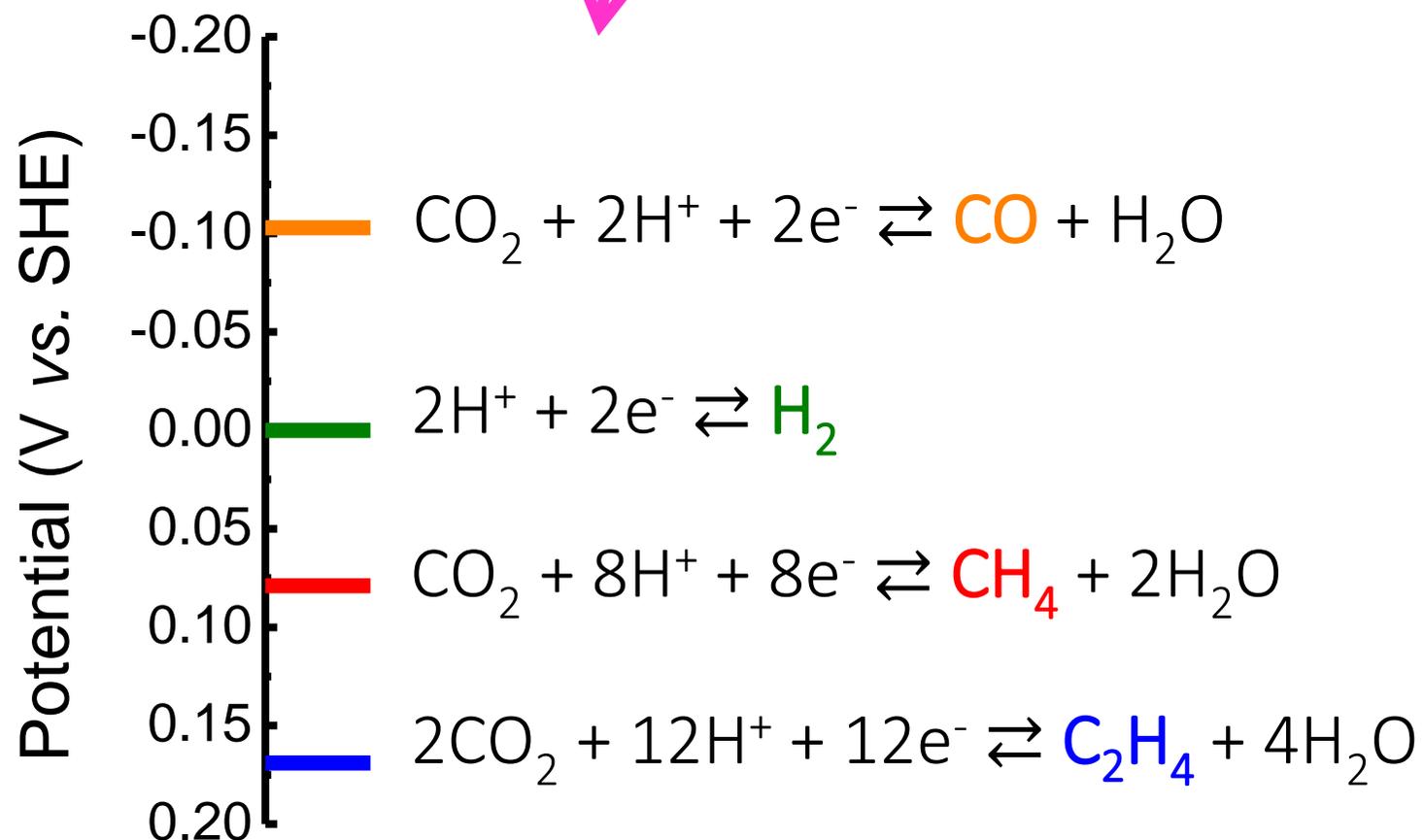
CO₂/O₂混合ガスからの分離に成功

②CO₂の電気化学還元



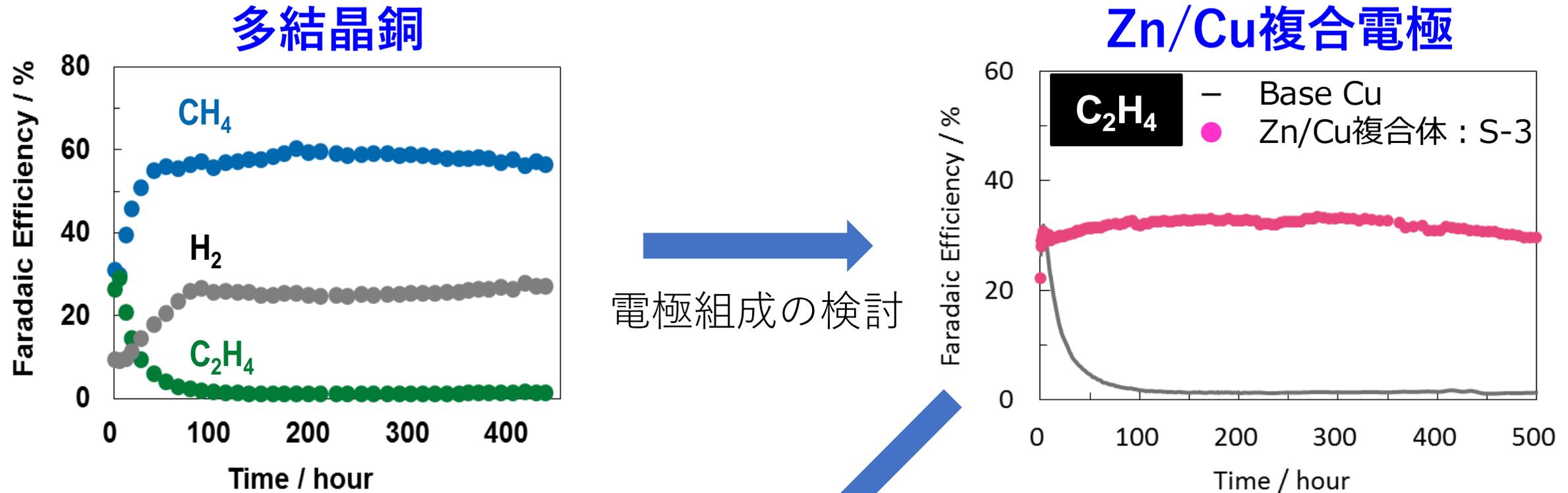
- 水素生成と電位が近い
- 生成物が異なる反応の電位が近い
→ 生成物の選択率が問題
- 多電子反応
→ 反応速度が問題

@ pH=0



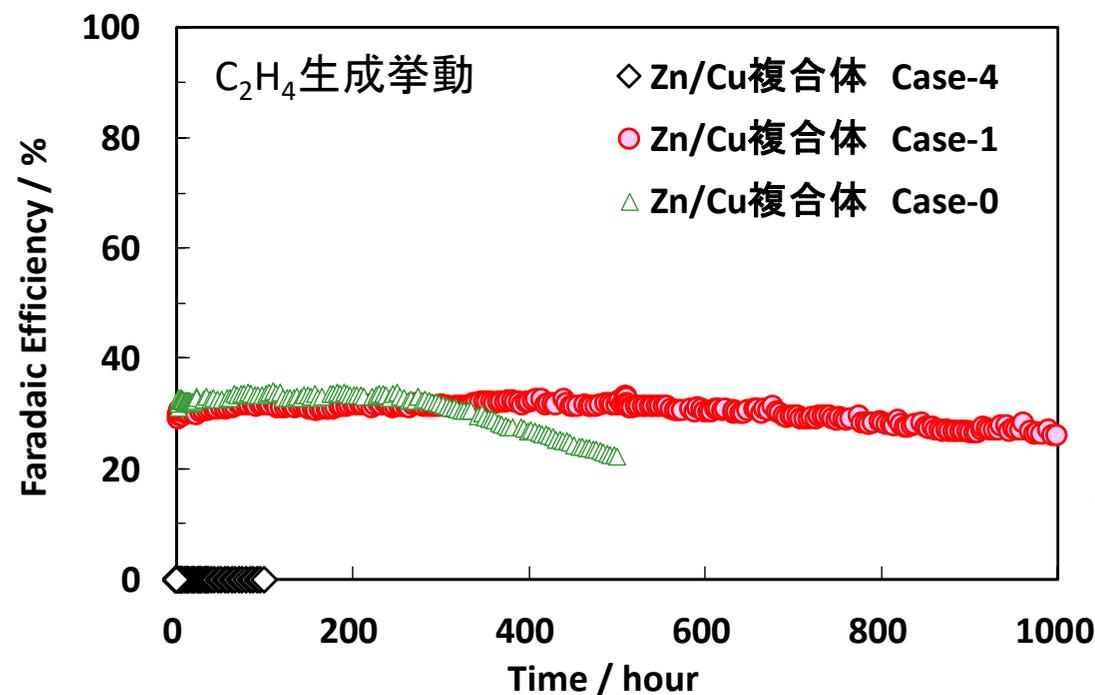
②CO₂電解還元：Zn/Cu複合電極によるC₂H₄生成

NEDOエネルギー・環境新技術先導研究プログラム「異なる電極活性点を利用したCO₂からのC₂化合物製造技術およびシステムの研究開発」
 (理研, 古河電工, 千代田化工)



電極組成の検討

耐久性向上

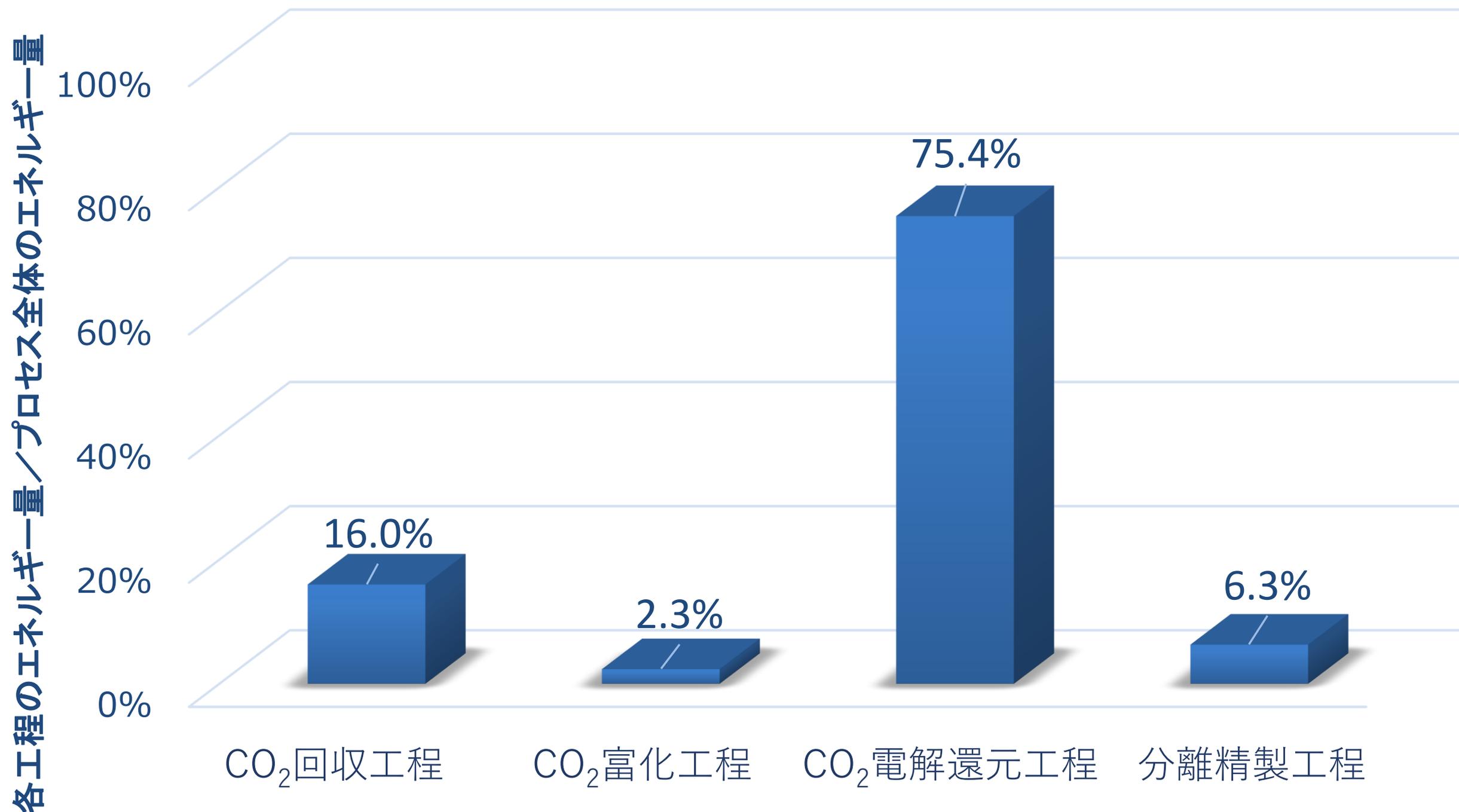


1000時間の安定動作に成功

長時間生成挙動

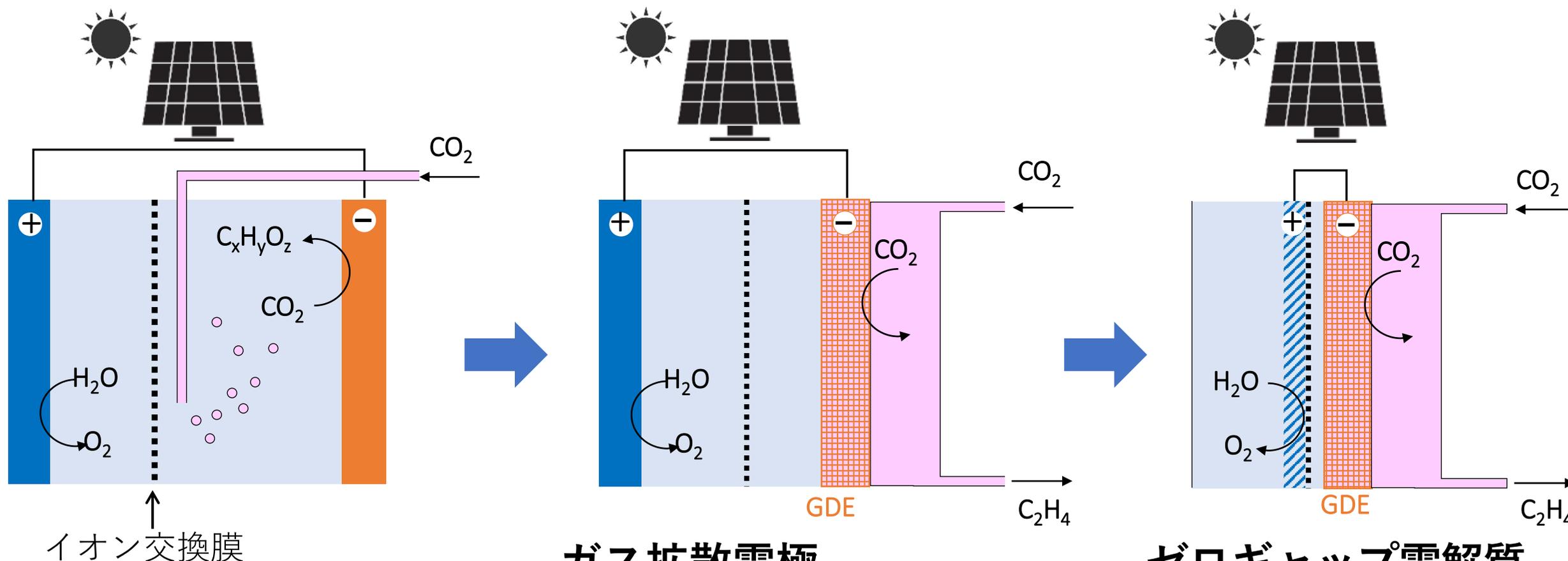
各工程における概算エネルギーの割合

※試算精度 ± 20%



□ CO₂電解還元工程のエネルギー削減が最重要課題。

②CO₂電気化学還元装置の展開

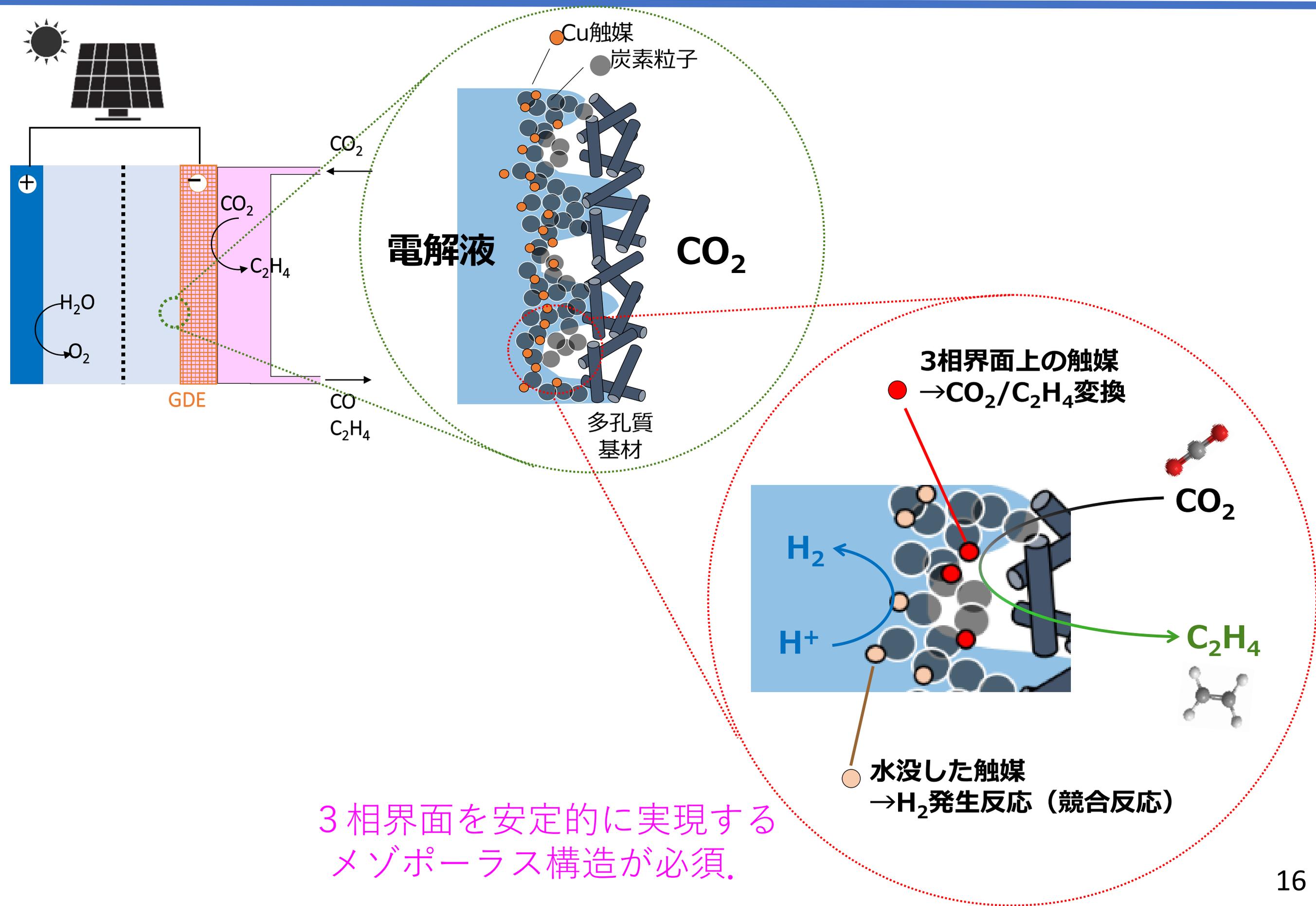


ガス拡散電極
(GDE: gas diffusion electrode)

ゼロギャップ電解質

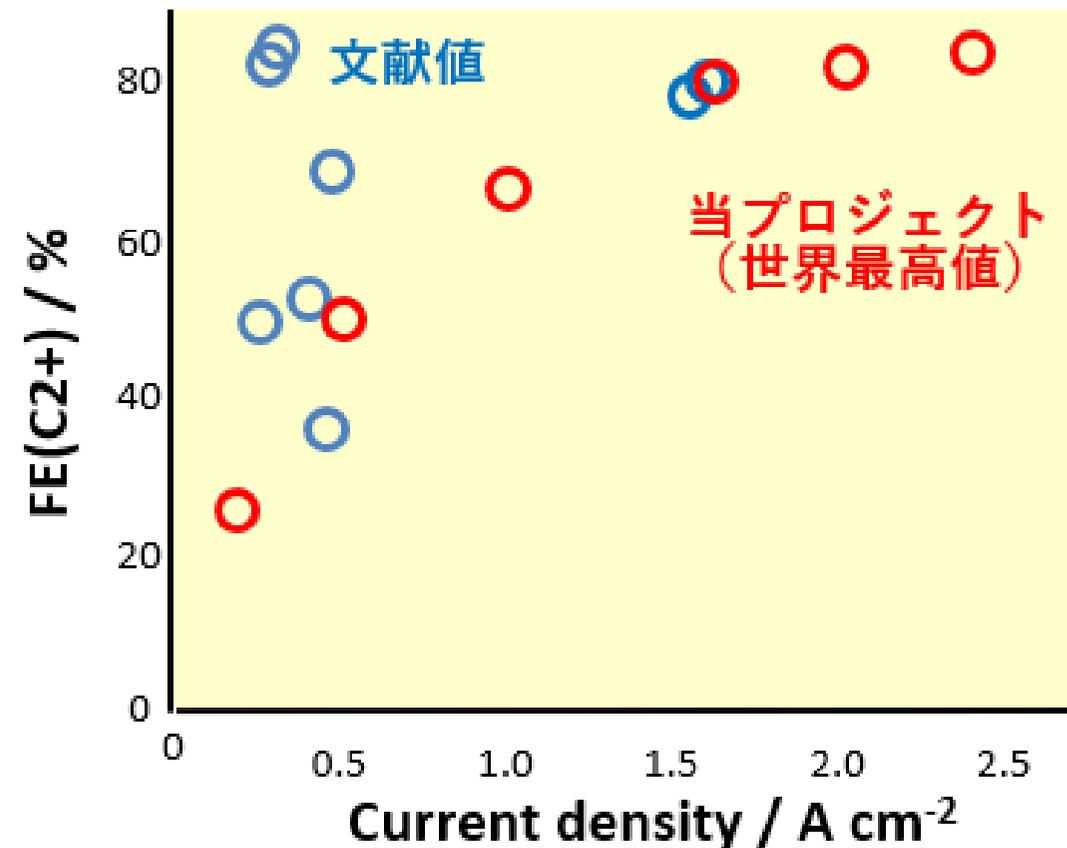
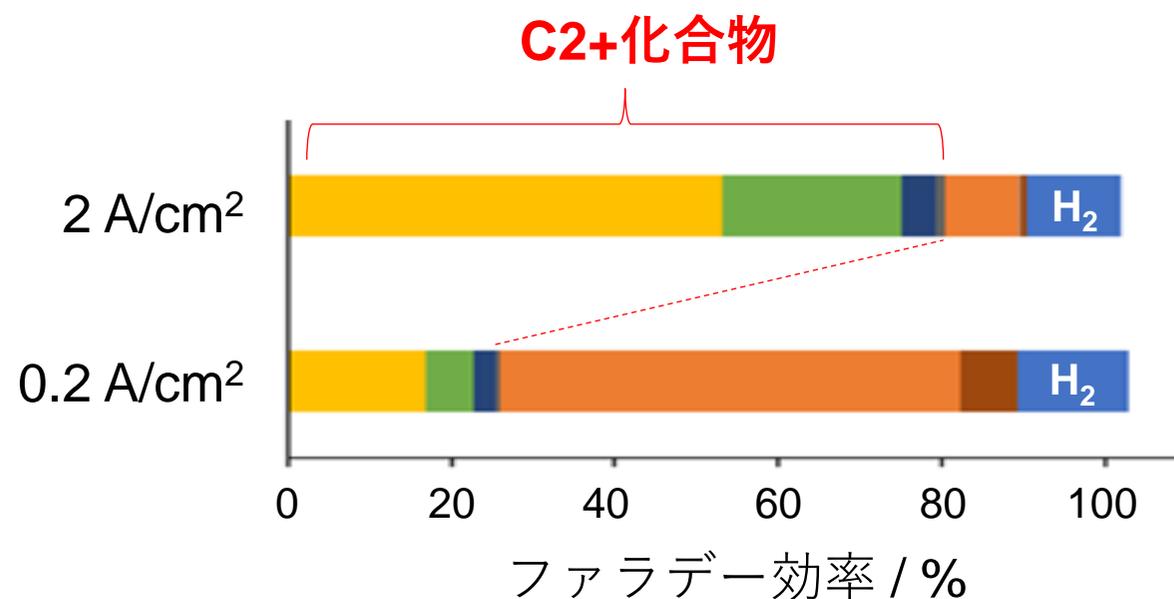
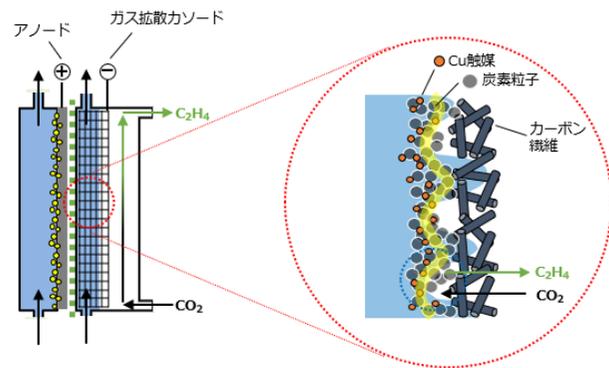
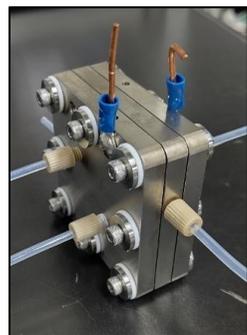
利点	高CO ₂ 濃度@カソード → H ₂ 生成の抑制	動作電圧低減
開発要素	構造制御 - ガス拡散経路 - 親水・疎水制御	反応器構造 膜材料 大型化・量産可能性

②CO₂電解還元：ガス拡散電極



3相界面を安定的に実現するメゾポーラス構造が必須.

②CO₂電解還元：高速電解還元の実現



- 社会実装に必須な高電流密度（高速電解還元）条件において、炭素原子を2個以上含む生成物（C2+化合物：主にエチレン，エタノール）を約80%の選択率で生成。
- 電流密度を増加させることでC2+化合物の選択率が向上する傾向を世界に先駆けて発見。
→ 今後の反応器設計に有用な知見。

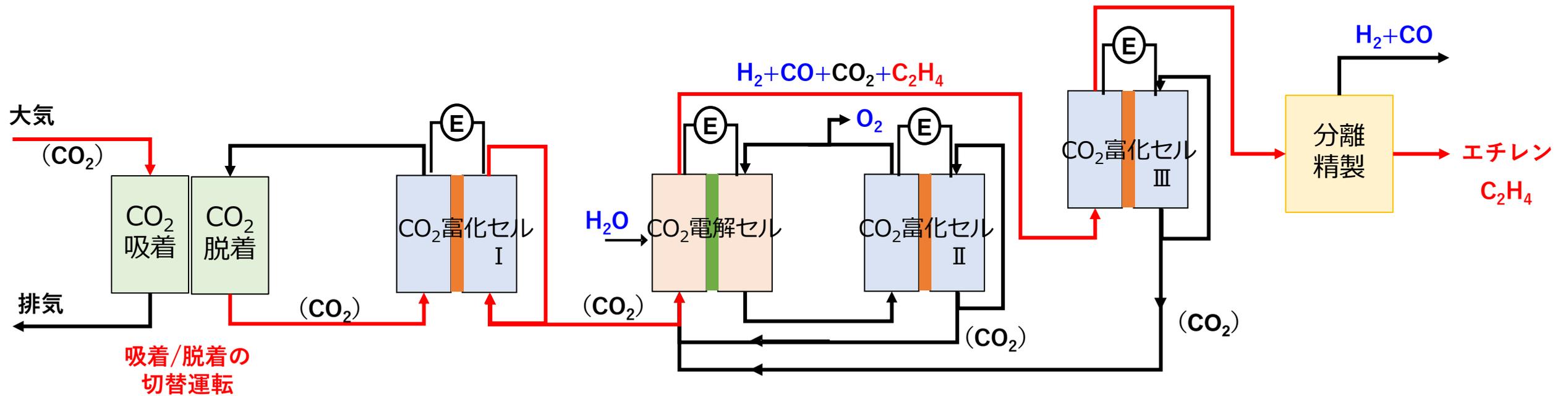
③統合システム

①-1 CO₂回収工程

①-2 CO₂富化工程

② CO₂電解還元工程

分離精製工程



- 大気からのCO₂回収からエチレン製造まで、開発中の要素プロセスを統合したシステムフローを設計.
- 物質収支, 熱収支を検討.
- LCAの基礎検討.

