

環境省委託事業

二酸化炭素の資源化を通じた炭素循環社会モデル構築促進事業

「二酸化炭素と水からsyngas(一酸化炭素+水素)を高効率
に常温常圧合成する炭素循環モデルの構築実証」

(2018.12-2021.3)

豊田中央研究所
名古屋大学
サステナブル経営推進機構

説明者:豊田中研 森川健志



二酸化炭素の資源化を通じた炭素循環社会 モデル構築促進事業

課題名：

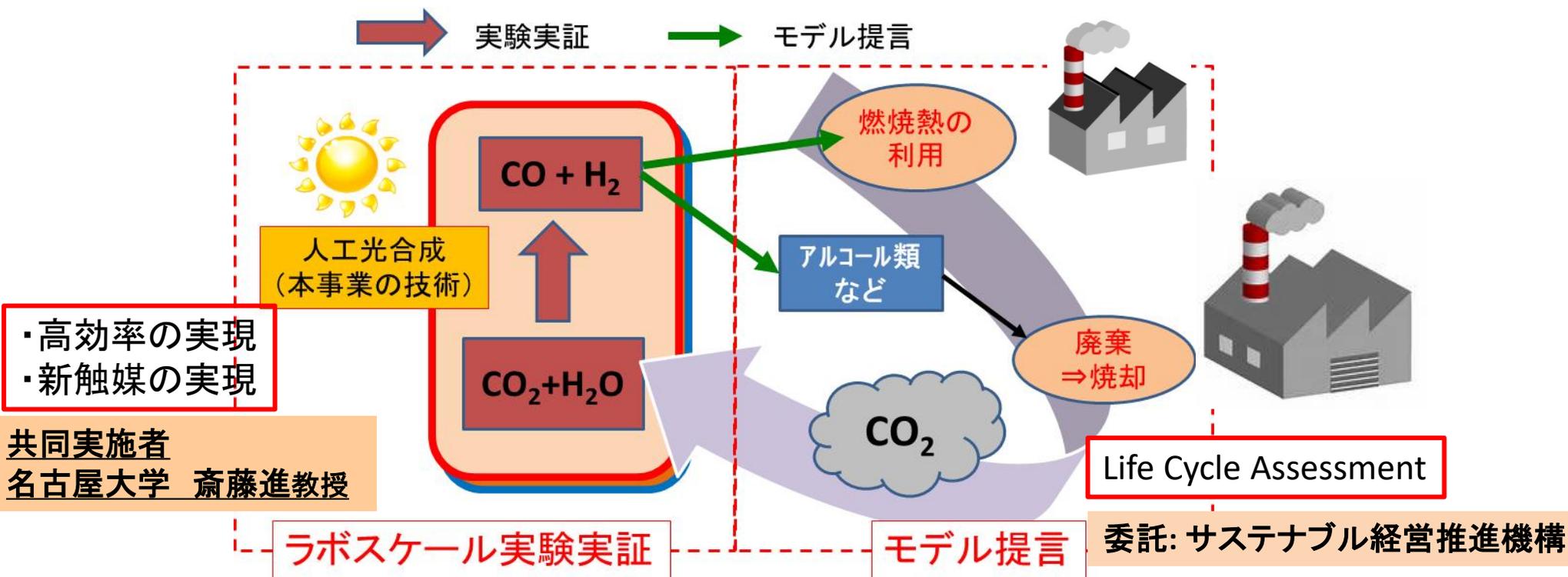
二酸化炭素と水からsyngas（一酸化炭素+水素）を高効率に常温常圧合成する炭素循環モデルの構築実証

代表事業者：株式会社豊田中央研究所

事業期間：平成30年度から平成32(令和2)年度まで

事業概要：

二酸化炭素と水を原料に用いて、有用な工業原料でありかつ燃料ともなり得るsyngas（一酸化炭素と水素の混合物）を、太陽光変換効率換算にして10%レベルの高効率で合成する。また、天然ガス由来のsyngasを代替しての化学品の製造や、syngasを熱源として再利用する炭素循環モデルを提言する。

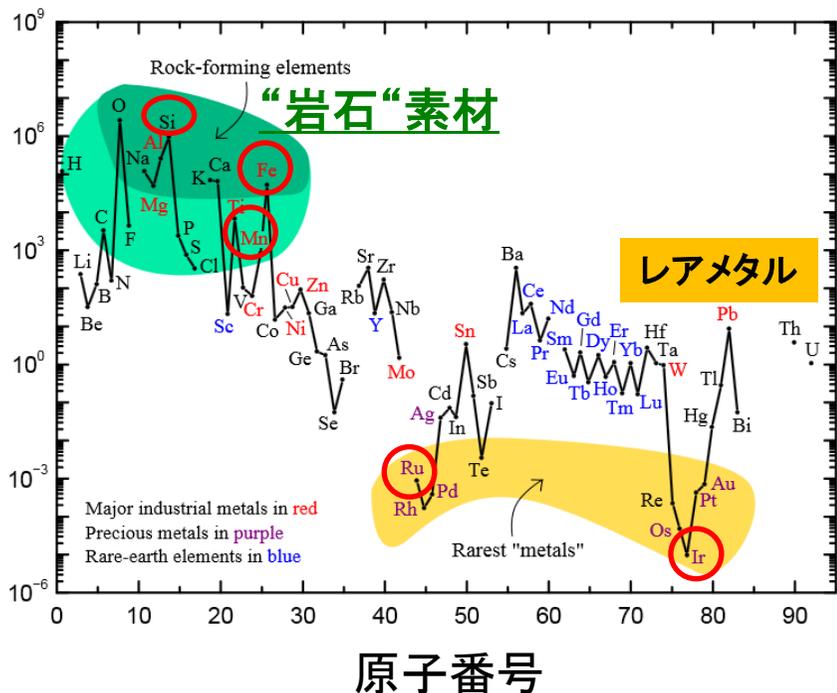


Challenge: 資源量豊富な汎用金属元素の活用

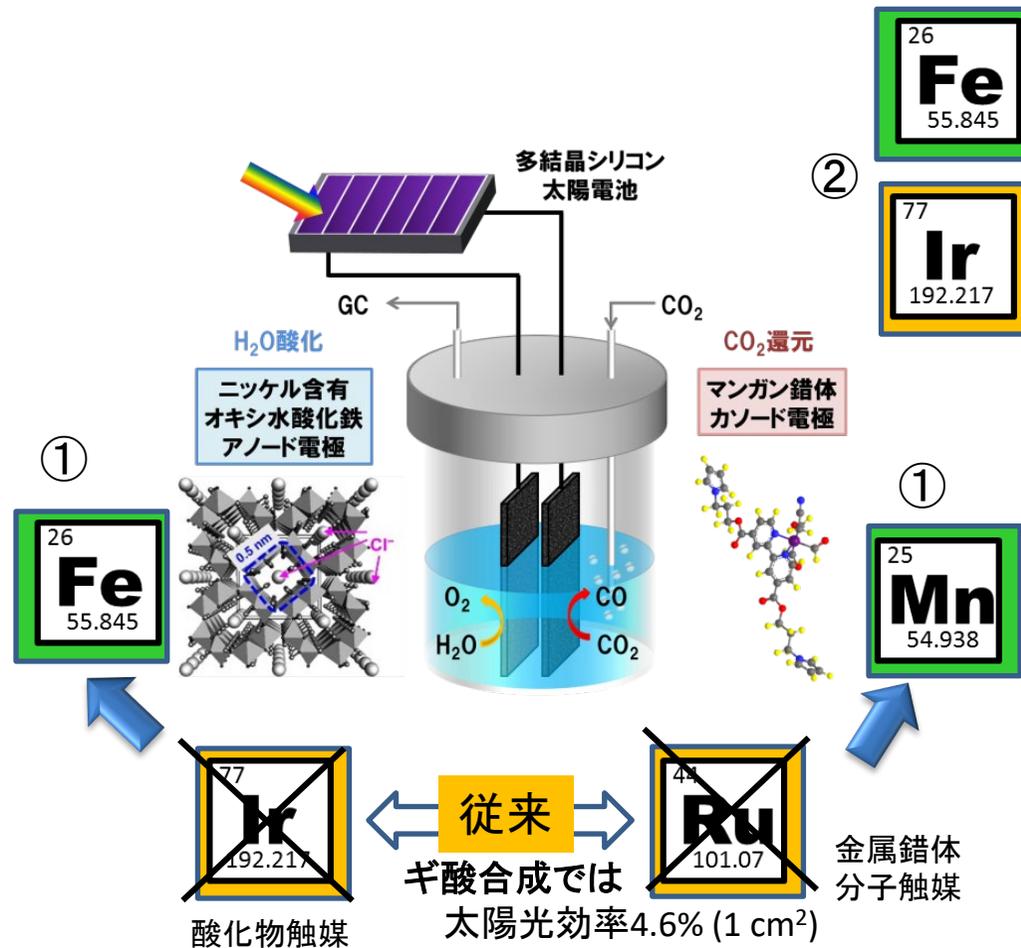
ねらい

- ・ 実験
太陽光変換効率 $E_{\text{solar}} > 10\%$ での CO_2 還元反応を実証
①汎用元素系、②高耐久触媒系
- ・ LCA: ①汎用元素系

地表付近の存在量
(対数、Siとの比)



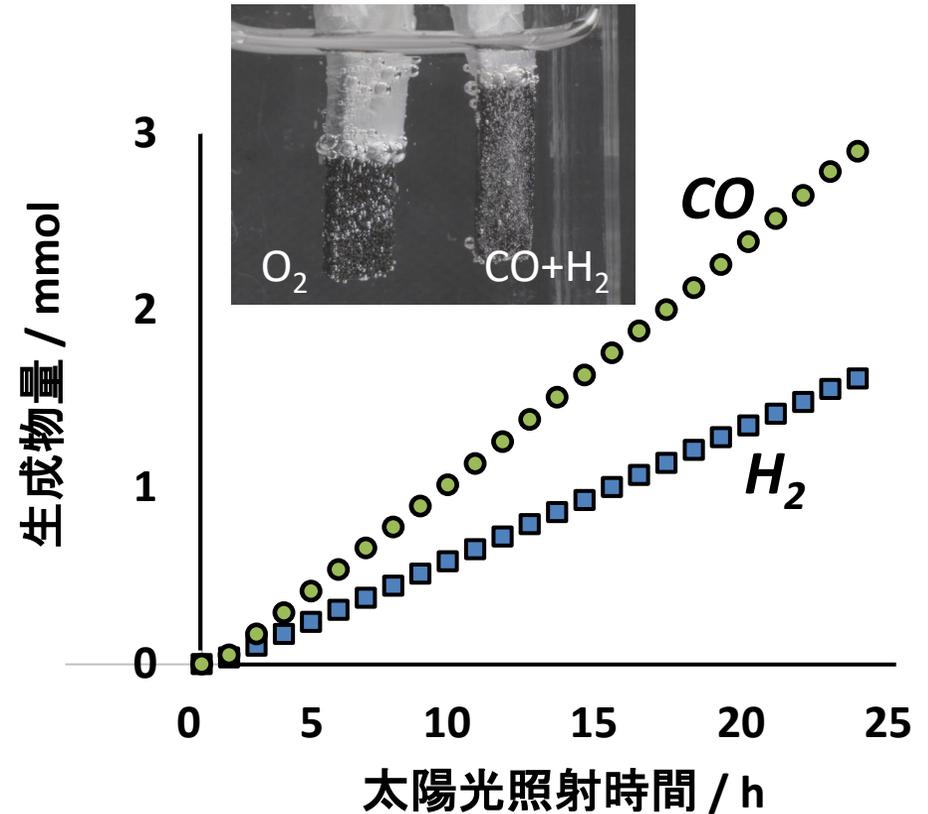
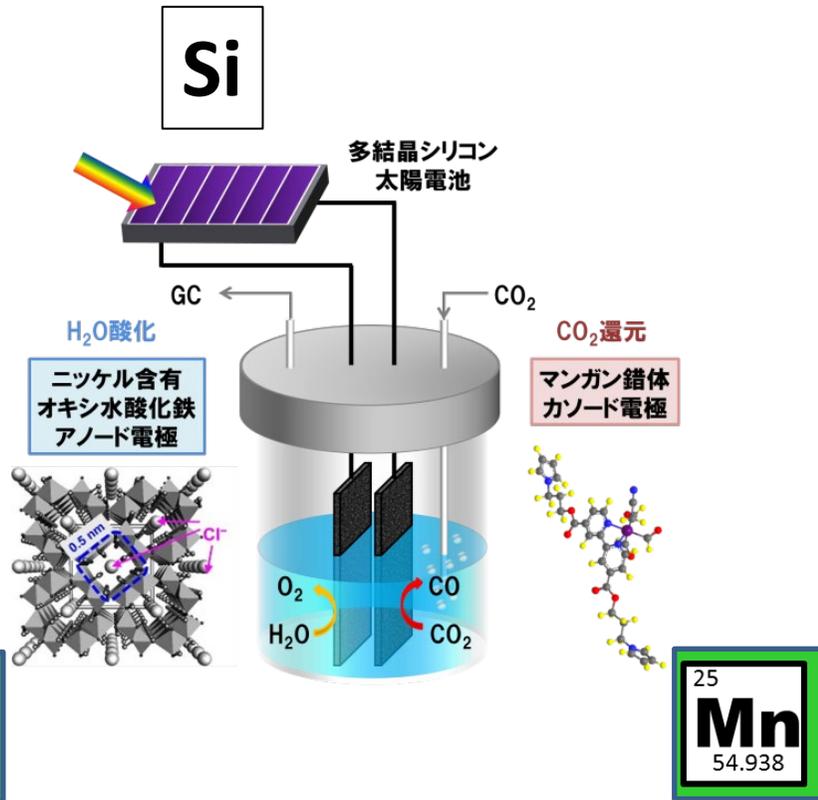
<https://www.revolve.com/page/Abundance-of-elements-in-Earth%27s-crust>



実験結果

Syngas合成の太陽光変換効率 10.3 %を実証

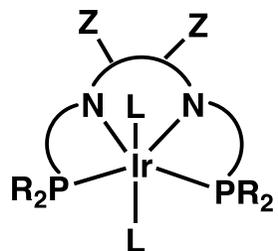
受光面積: ~1.25 cm²



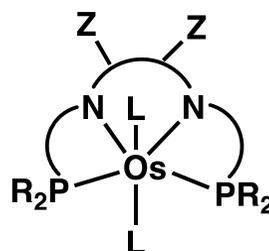
$$\text{太陽光変換効率} = \frac{\text{電流密度}(A/cm^2) \times \text{電流効率} \times -\text{標準ギブスエネルギー変化}(kJ/mol)}{\text{反応電子数} \times \text{ファラデー定数}(As/mol) \times \text{光エネルギー密度}(W/cm^2)} \times 100$$

ねらい

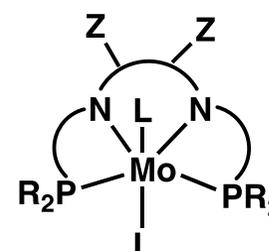
1. 新しい触媒群ならびにその設計指針の創成
2. 高い耐久性の発現(頑強なPNNP配位子活用)
3. 水中反応可能なデバイスの実現 (with 豊田中研)



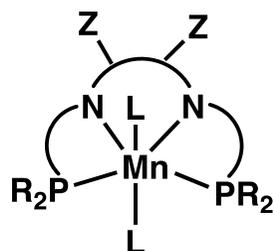
Z = H : IrPCY2
Z = Mes: Mes-IrPCY2



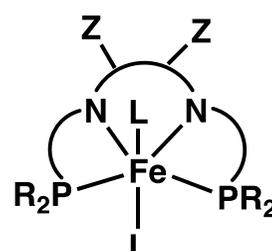
Z = H : OsPCY2
Z = Mes: Mes-OsPCY2



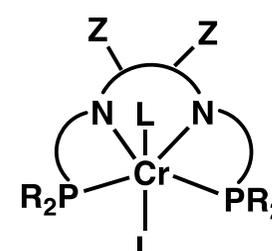
Z = H : MoPCY2
Z = Mes: Mes-MoPCY2



Z = H : MnPCY2
Z = Mes: Mes-MnPCY2

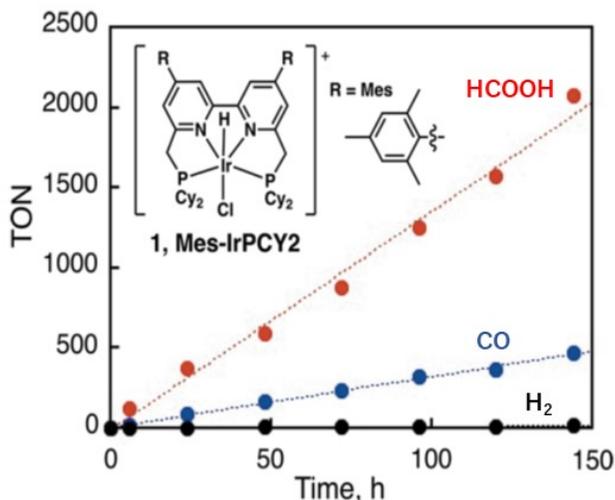


Z = H : FePCY2
Z = Mes: Mes-FePCY2



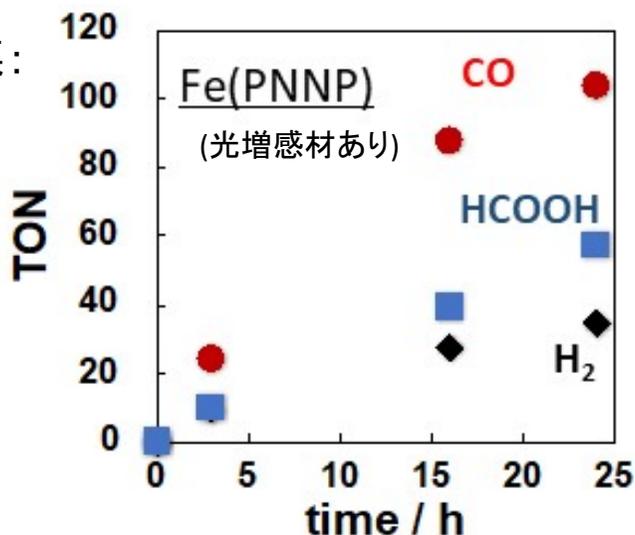
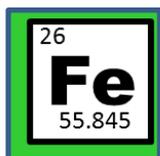
Z = H : CrPCY2
Z = Mes: Mes-CrPCY2

i) Ir(PNNP)錯体触媒:
可視光 ギ酸合成

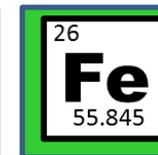
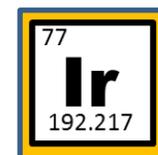


Kamada, Saito et al., *JACS* (2020)

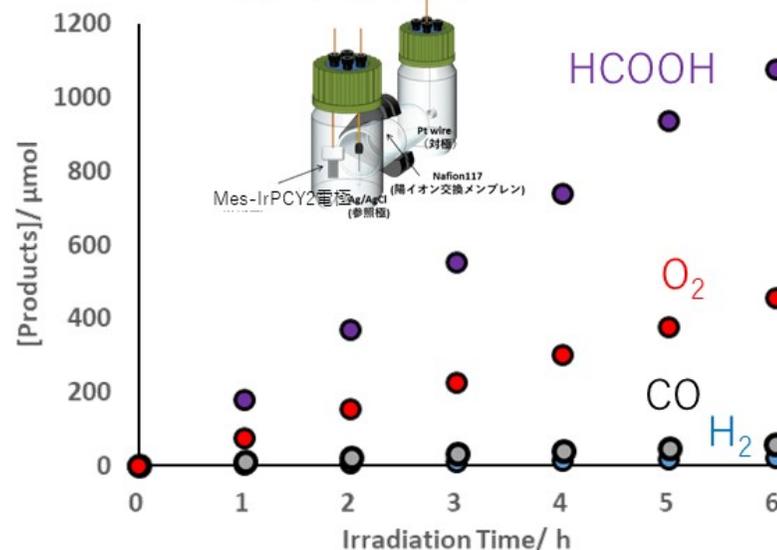
ii) Fe(PNNP)錯体触媒:
可視光 CO合成



iii) Ir(PNNP)- Si - FeOOHによる
太陽光 ギ酸合成



太陽光変換効率 10.8% (現状はギ酸)



⇒高い耐久性も期待される

with サステナブル経営推進機構

※GWP: Global Warming Parameter

○今後への課題を明確化

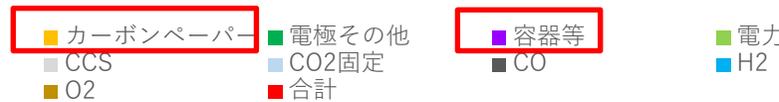
- 1) 大規模化による**筐体のGWP影響低減**
- 2) **カーボン担体の使用量低減**あるいは代替



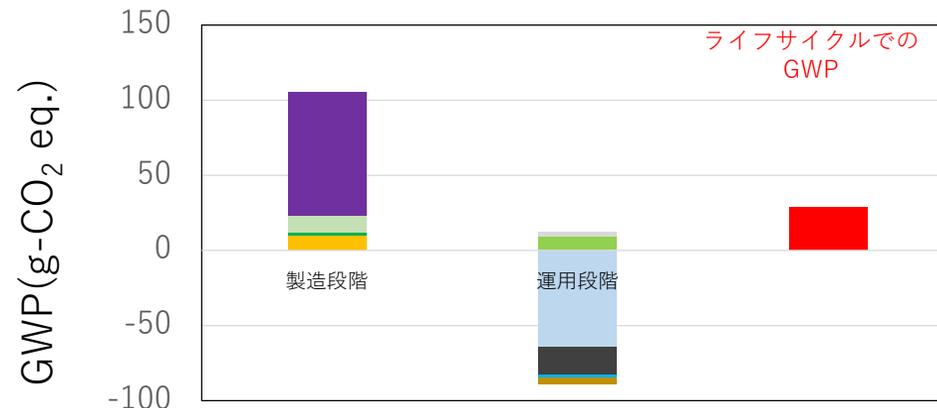
システムライフサイクルでのGWP※低減効果

(ラボスケール実験で得た数値による計算)

変換効率10%
構造体寿命 10年
電極寿命:2年

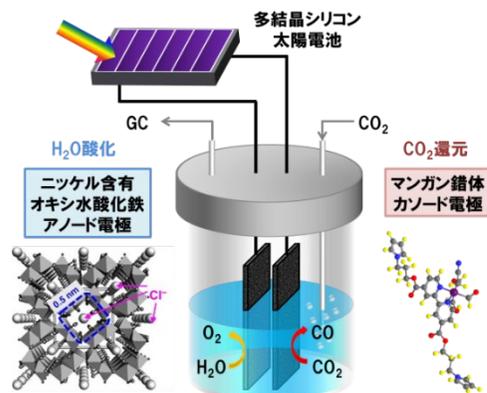


変換効率15%
構造体寿命 20年
電極寿命:2年



○環境省事業の成果と今後の開発課題

・ $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CO, or Syngas}$ の合成



⇒ 太陽光エネルギーの直接変換による
アルコール合成触媒の開発へ
(as エネルギーキャリア創成)

(ご参考) ギ酸合成においては
・面積1,000 cm²のデバイスで
太陽光変換効率: 7.2%実現済

2021.2月公開情報

○環境省事業で明らかにした事項

- 1) 汎用元素も CO_2 変換系の触媒に使える可能性あり(実験実証)
- 2) 水分解・ H_2 合成クラスの高い太陽光変換効率が可能 (低電圧・高効率反応の特徴)(実験実証)
- 3) 触媒の高耐久性、および触媒担体とリアクタ製造の低 CO_2 排出化は必須 (LCAから)

○社会実装へ: 今後の解決課題

- ・触媒以外のリアクタ構成部品の低コスト・低 CO_2 排出化
- ・触媒耐久性の向上(2年?)

以上です