

2026年度 JPECフォーラム

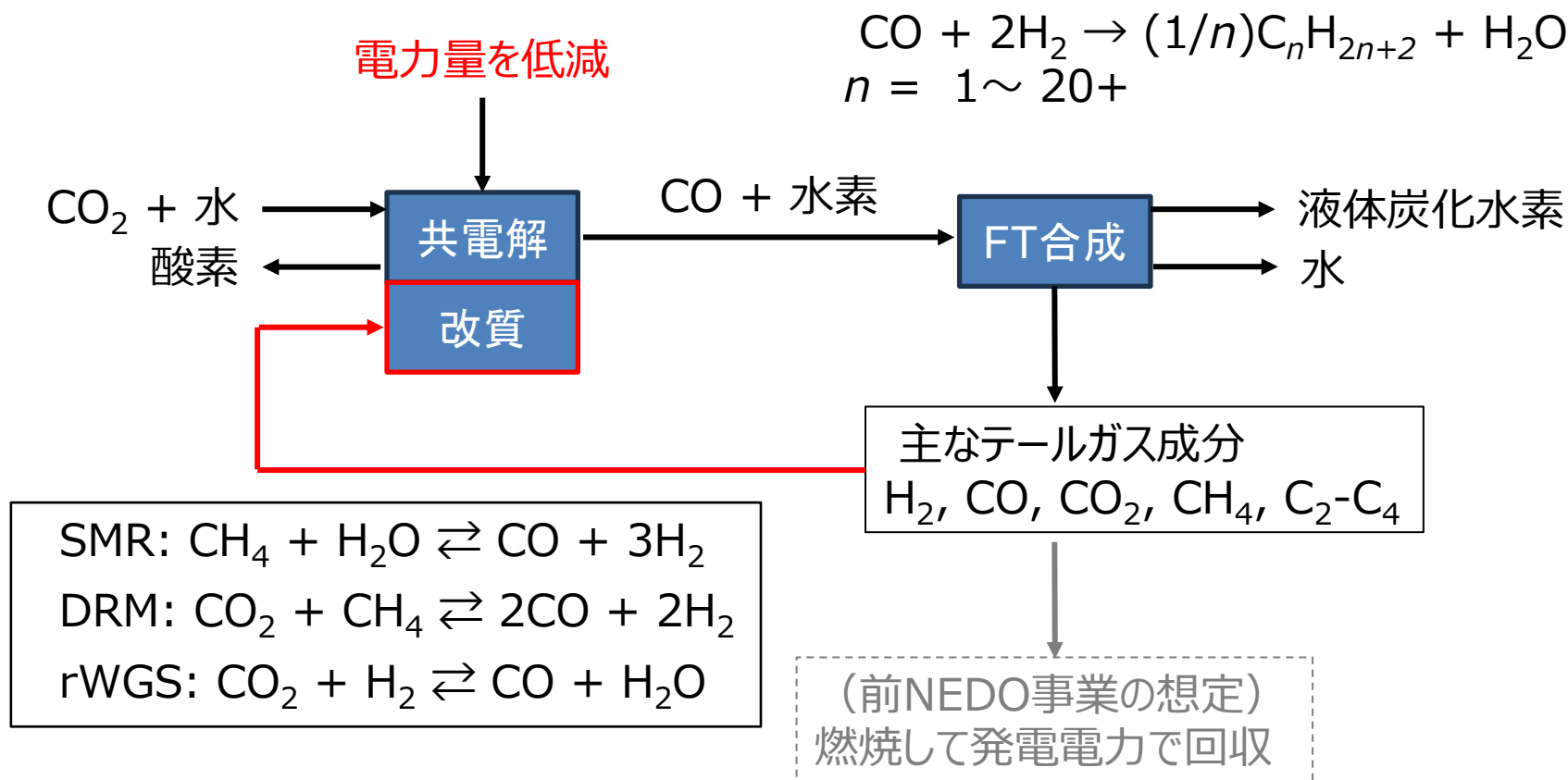
**【16】合成ガスからの液体燃料への転換
製造効率向上のためのテールガス改質の検討**

2026年5月12日

山梨大学・成蹊大学

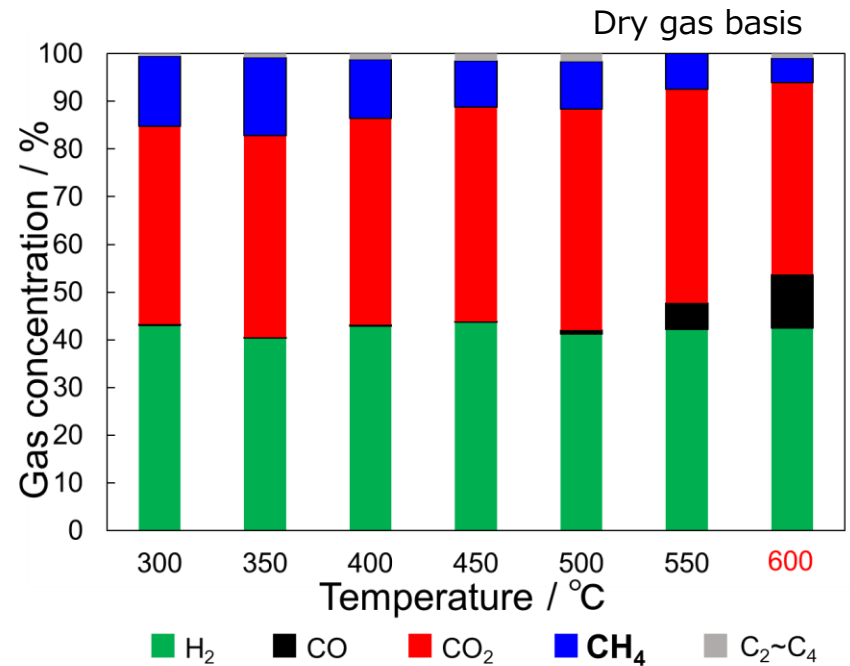
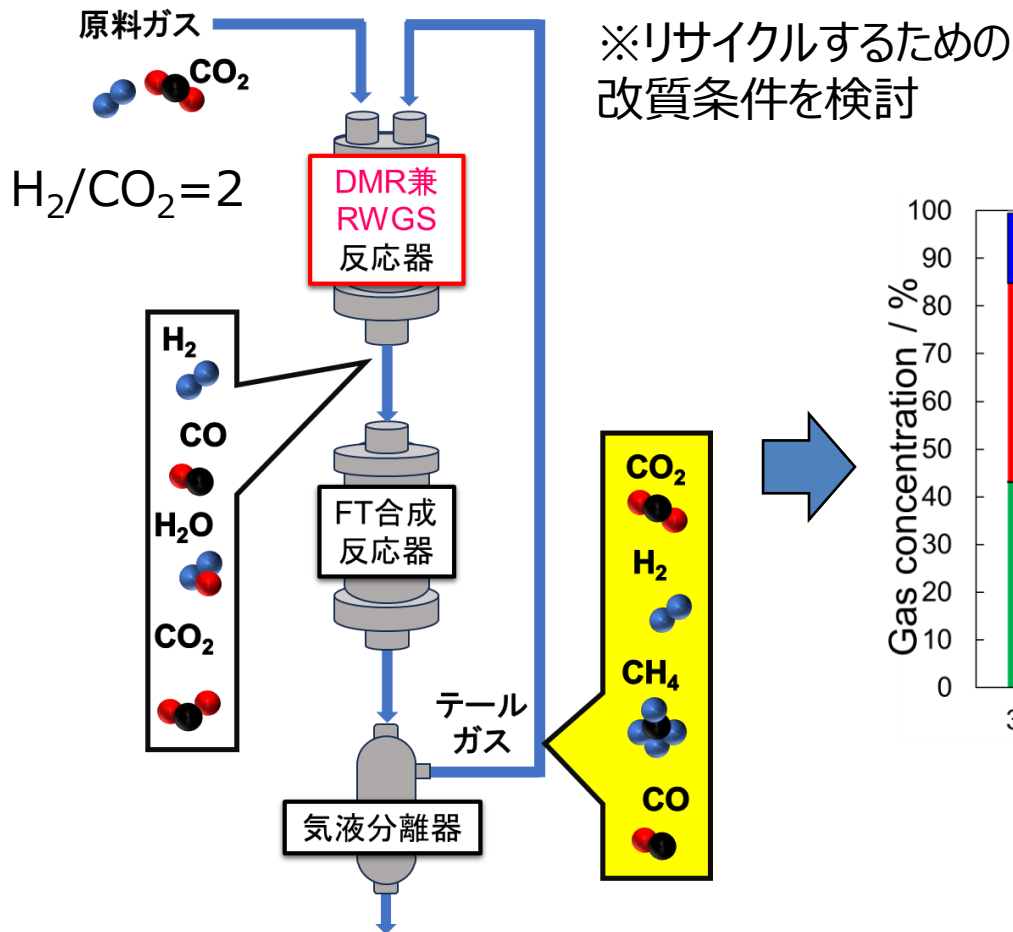
目的と検討内容

- 燃料合成に必要な電力エネルギーの削減（効率50%→60%）
- FT合成テールガスを改質して合成ガスに戻すことで共電解電力を低減
- 改質プロセスの設計と触媒開発を検討



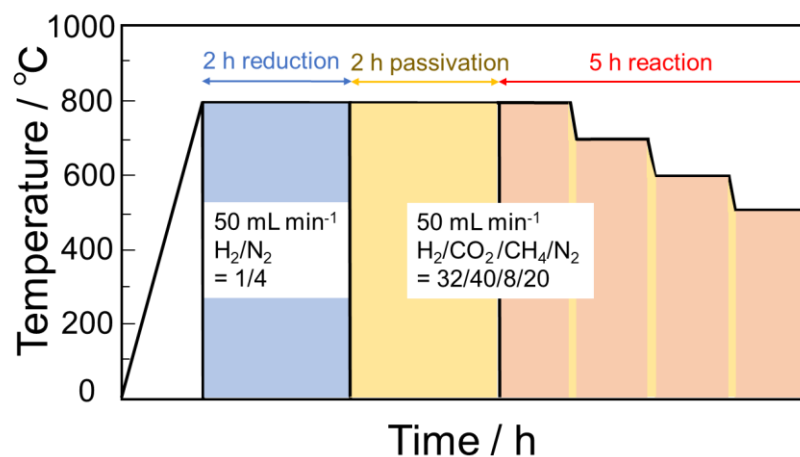
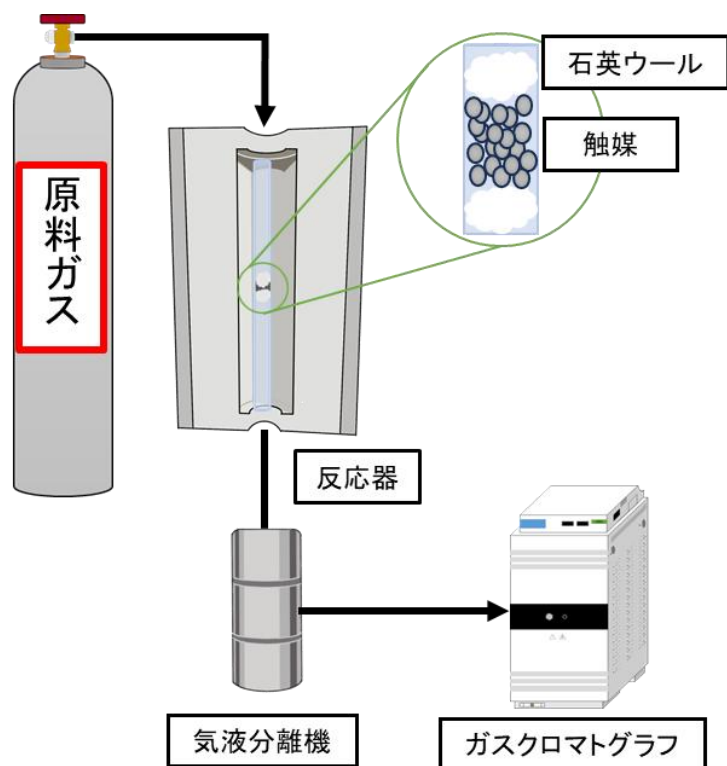
テールガス組成の調査

- 原料ガス組成 $H_2/CO_2=2$
- rWGS(300~600°C)+FTS(220°C)とした際のテールガスを分析 (実験値)
- テールガスには H_2 と CO_2 に CO と CH_4 が少量存在



テールガス改質実験方法

- Ni/ γ - Al_2O_3 触媒を調製
- 改質実験用モデルガスを作製 ($\text{H}_2/\text{CO}_2/\text{CH}_4/\text{N}_2 = 32/40/8/20$)
- 固定床流通式試験装置で活性評価

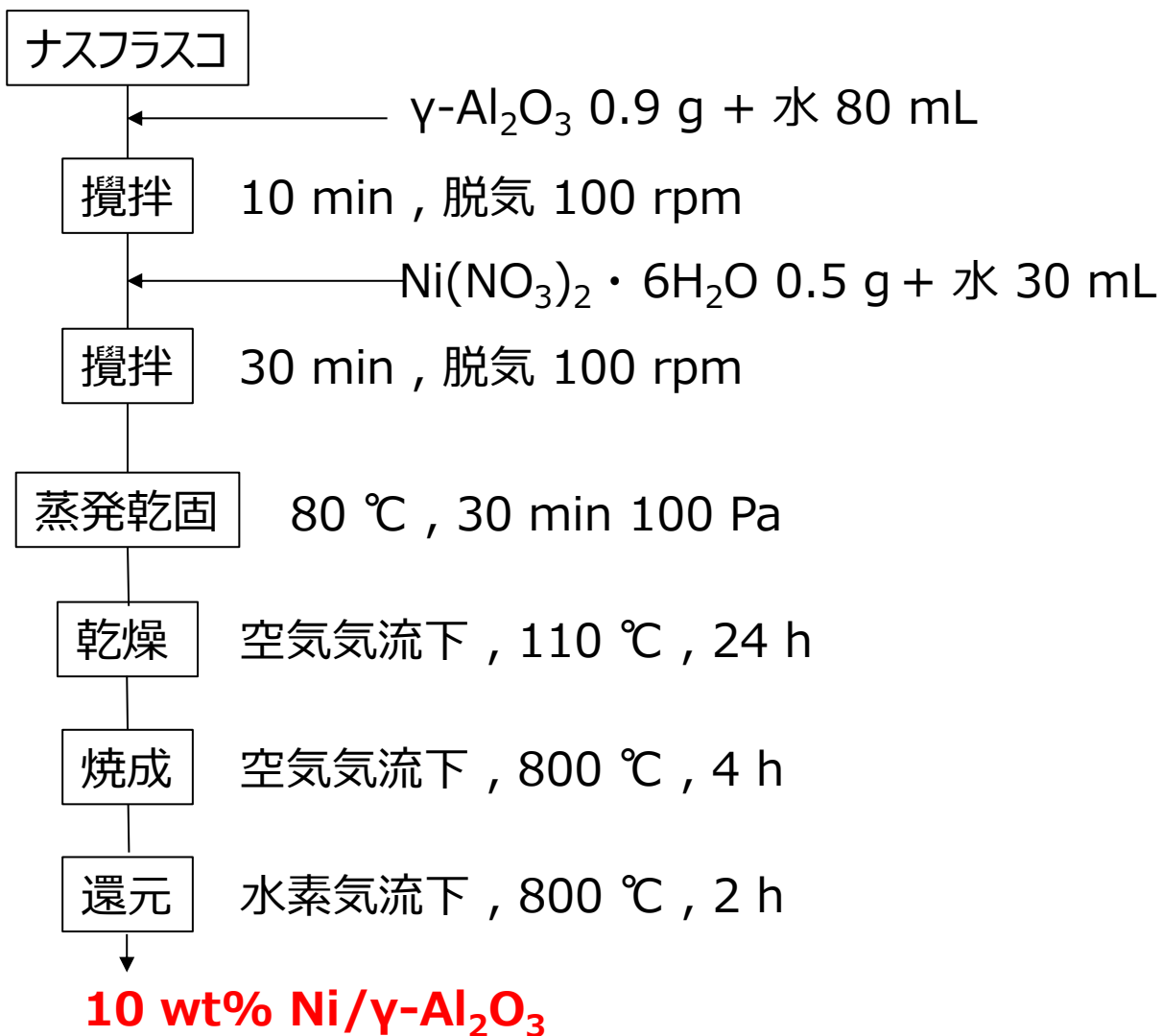


触媒 : **10 wt% Ni/ γ - Al_2O_3**
触媒量 : 0.05 g
還元条件 : 800°C (H_2)
ガス組成 : **$\text{H}_2/\text{CO}_2/\text{CH}_4/\text{N}_2$
= 32/40/8/20**
反応温度 : **500-800°C**
圧力 : 0.1 MPa(a)
流量 : 50 mL min⁻¹

常圧固定層流通式反応器を用いた実験

改質用ニッケル触媒の調製方法

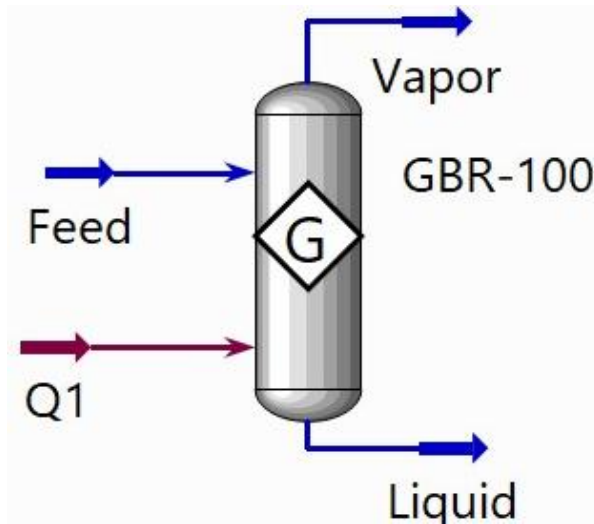
- 市販のアルミナ原料に硝酸ニッケルを含浸担持
- 焼成、還元工程を経て触媒を調製



シミュレーション条件

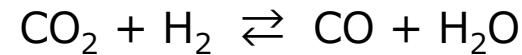
- KBC社製Petro-SIMを用いてGibbsエネルギー最小化計算を実施
- rWGS, DRM, SMR反応を想定して常圧450-850°Cの平衡組成を算出

$\text{H}_2/\text{CO}_2/\text{CH}_4$
= 40/50/10



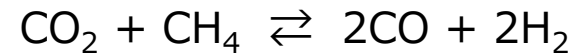
温度 / °C	450 ~ 850
圧力 / MPa	0.10
モル流量 / $\text{kNm}^3\text{h}^{-1}$	0.003

逆水性ガスシフト(rWGS) 反応



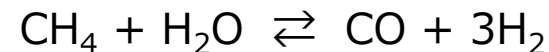
$$\Delta_r H^0 = 41 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Dry Reforming of Methane (DRM) 反応



$$\Delta_r H^0 = 247 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Steam Methane Reforming (SMR) 反応

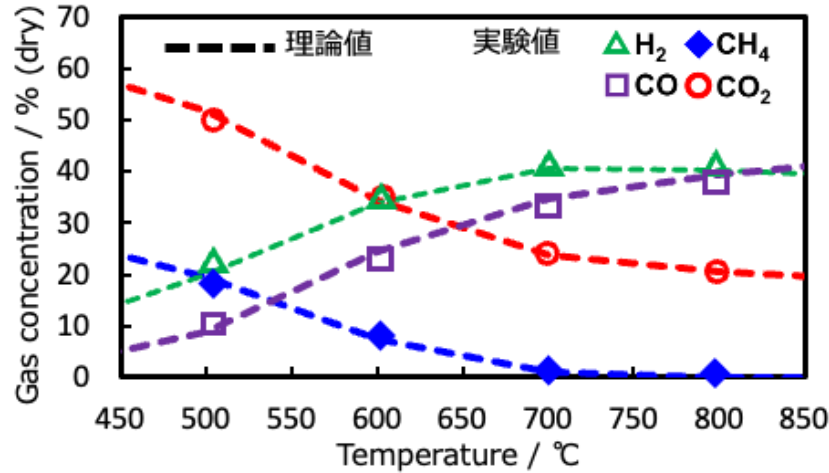


$$\Delta_r H^0 = 206 \text{ kJ mol}^{-1}$$

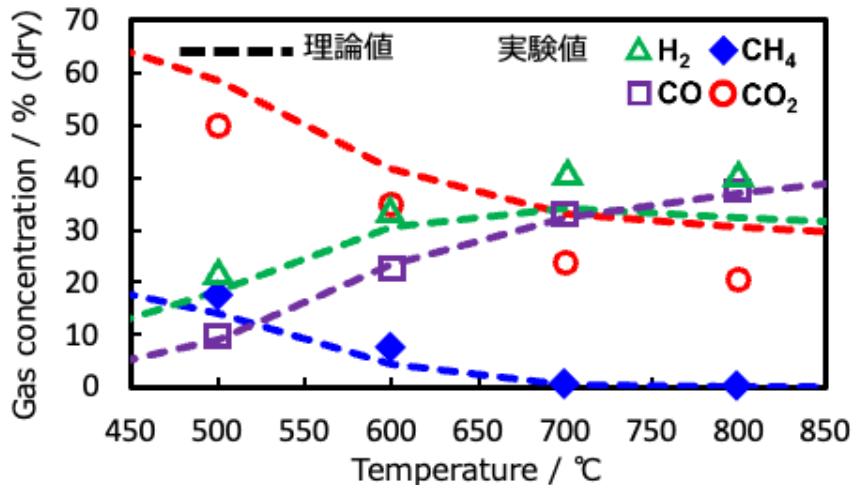
実験値と理論値の比較

- DRM+rWGS+SMRの理論値が実験値と一致
- 本試験で使用したNi/ γ -Al₂O₃触媒で理論平衡まで到達することを確認

1. DRM+rWGS+SMR反応平衡で計算



2. DRM+rWGS反応平衡で計算

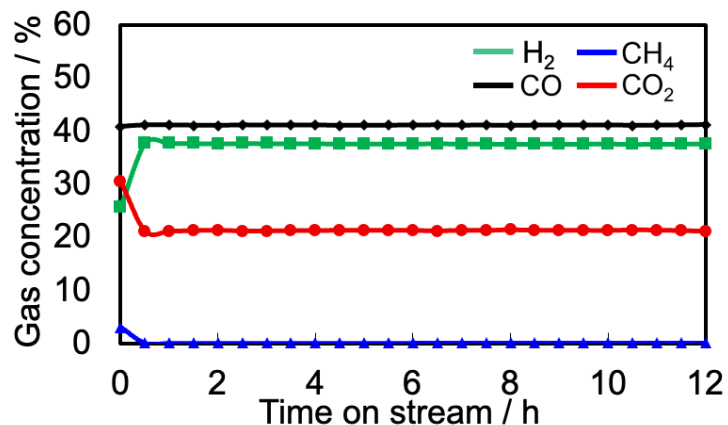


触媒 : 10% Ni/ γ Al₂O₃
触媒量 : 0.05 g
還元条件 : 800°C (H₂)
ガス組成 : H₂/CO₂/CH₄/N₂
= 32/40/8/20
反応温度 : 500 ~ 800°C
圧力 : 0.1 MPa(a)
流量 : 50 mL min⁻¹

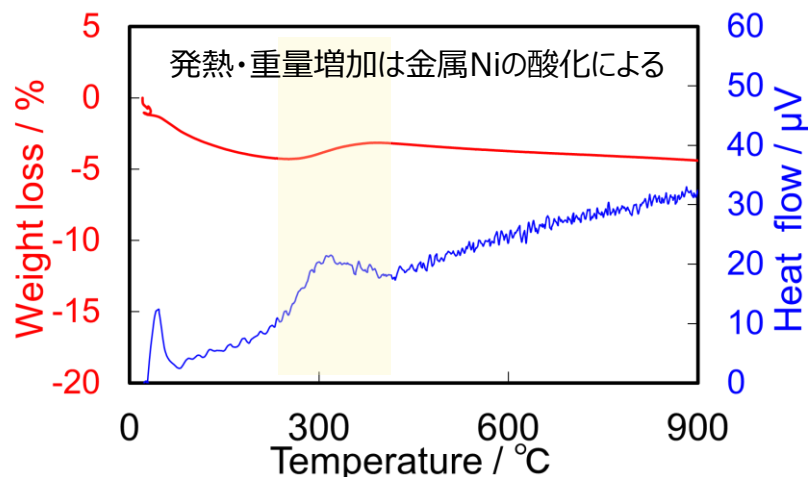
触媒の耐久性と炭素析出の有無を確認

- 本研究の反応条件では触媒劣化および炭素析出は未検出
- テールガス組成は800℃では炭素析出領域の範囲外

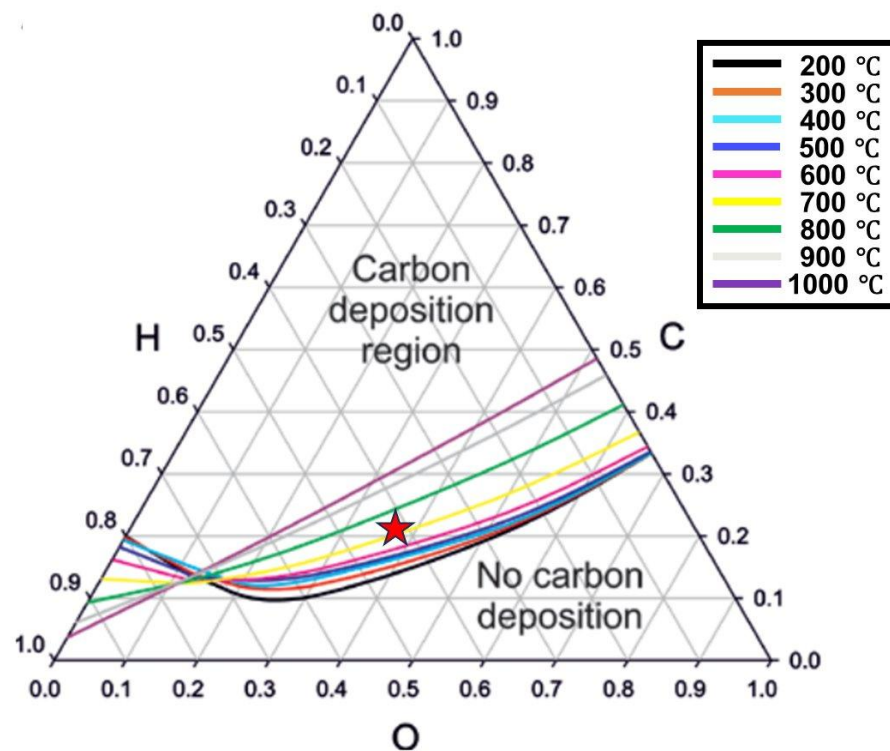
■ 800℃でのモデル改質反応試験



■ 試験後触媒量(12 h)のTG-DTA分析



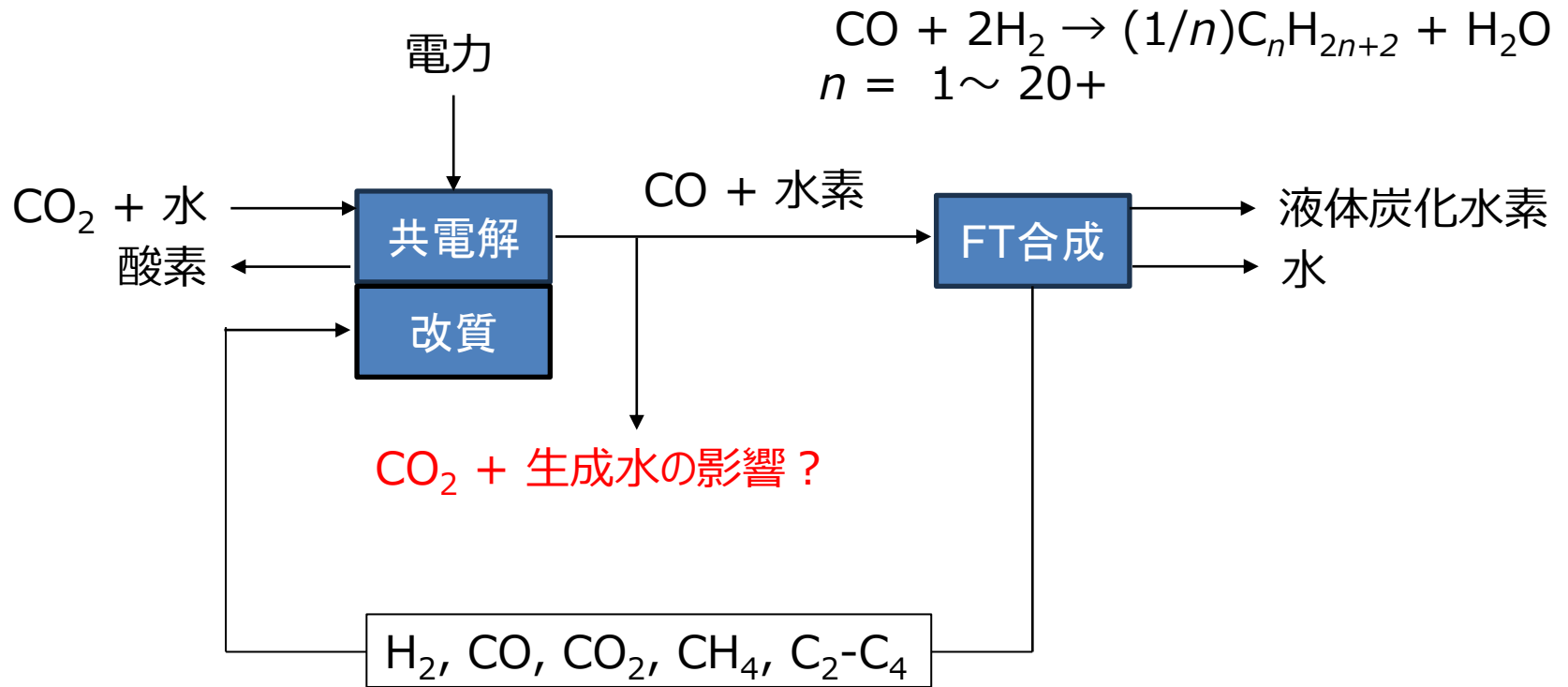
■ 炭素析出領域の確認(0.1 MPa)



Z. Jaworski *et al.*, Rev. Chem. Eng ,
2017 , 33(3) , 217–235

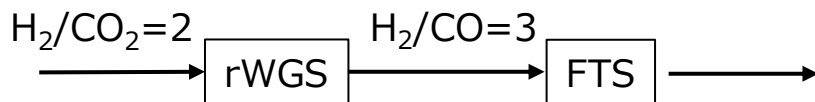
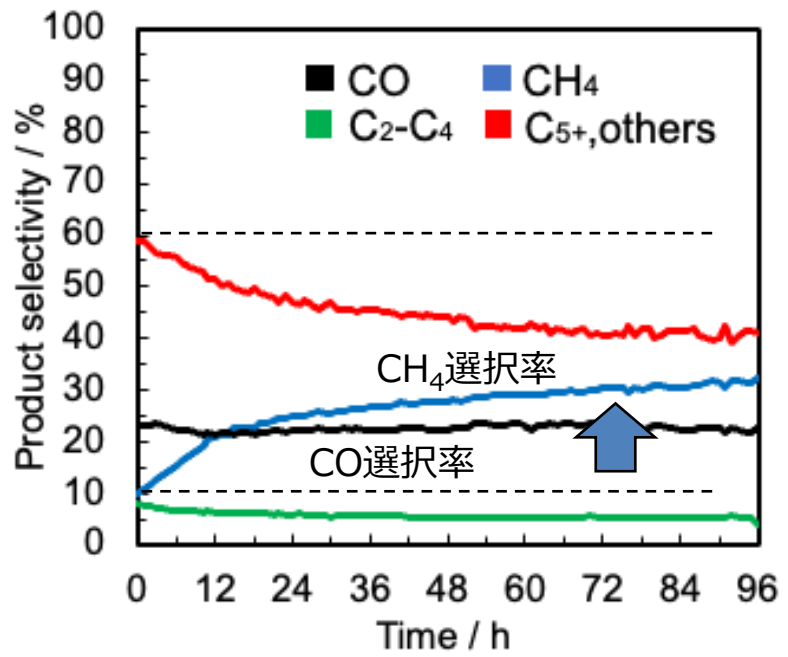
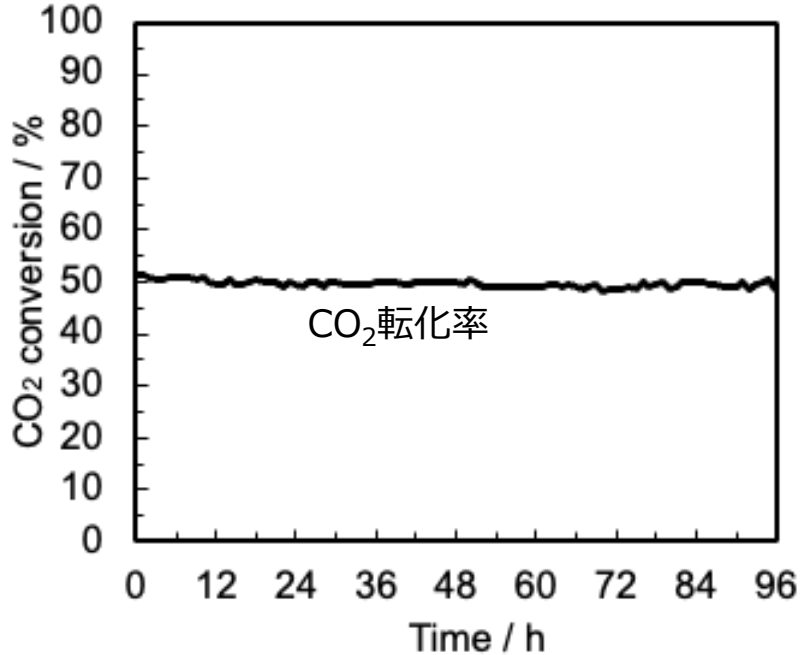
FT合成触媒への影響検討

- 共電解および改質反応で生成する水および未反応CO₂の影響を検討
- 水やCO₂によるFT合成触媒の劣化モードの確認



rWGS+FTS逐次反応での触媒の劣化挙動の検討

- 水とCO₂を分離しない条件で、連続的に反応を実施
- CO転化率に変化はなく、CH₄選択率の大幅な上昇を誘引



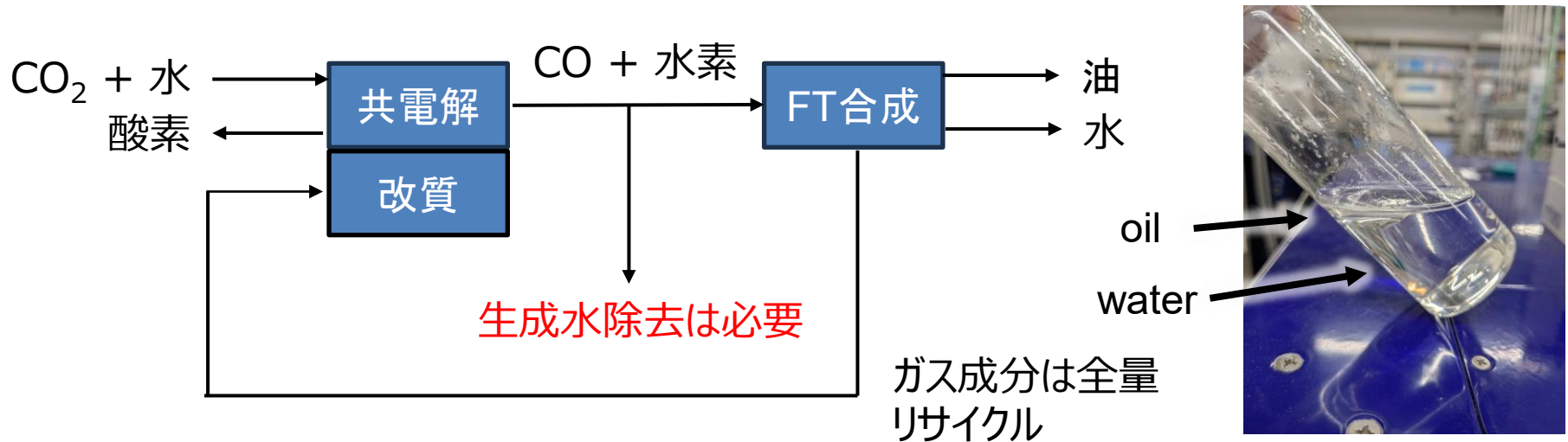
左図：
CO₂転化率50%
600℃条件

右図：
CO未反応率の変化
生成物選択率の変化
220℃条件

反応ガス H₂/CO₂ = 2, 60 mL min⁻¹
 RWGS触媒 CuO/ZnO/Al₂O₃, 0.1 g
 RWGS反応条件 600 °C, 1.0 MPa (a)
 FTS触媒 20 wt%Co/SiO₂, 0.9 g
 FTS触媒還元条件 350 °C, 2 h, H₂/N₂ = 0.2
 FTS反応条件 220 °C, 1.0 MPa (a)

まとめと今後の課題

- ニッケル触媒でrWGS, DRM, SMRの同時進行は可能
- 短期的には炭素析出の可能性は低い
- 今後、反応条件の最適化や触媒耐久性の評価などが必要



本発表内容は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業として行った研究成果である。ここに謝意を表する。