

2025年度 JPECフォーラム

【2】CO₂を原料とした直接FT反応の研究開発

2025年5月13日

ENEOS株式会社



—禁無断転載・複製 ©ENEOS 2025—



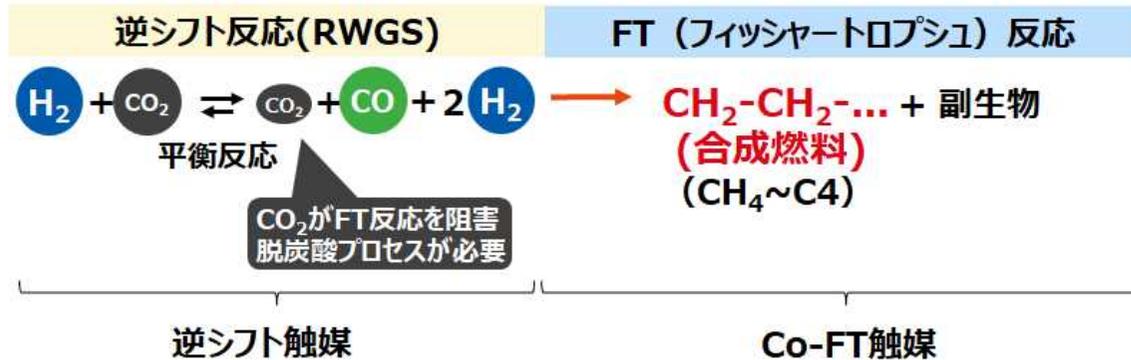
目次

1. CO₂を原料とした直接FT(Direct-FT)反応とは？
2. Direct-FT触媒の課題
3. 研究開発
 - ・FT触媒の開発
 - ・ゼオライトとの積層
4. 実用化に向けた検討
 - ・耐久性評価
 - ・反応器設計
5. まとめ

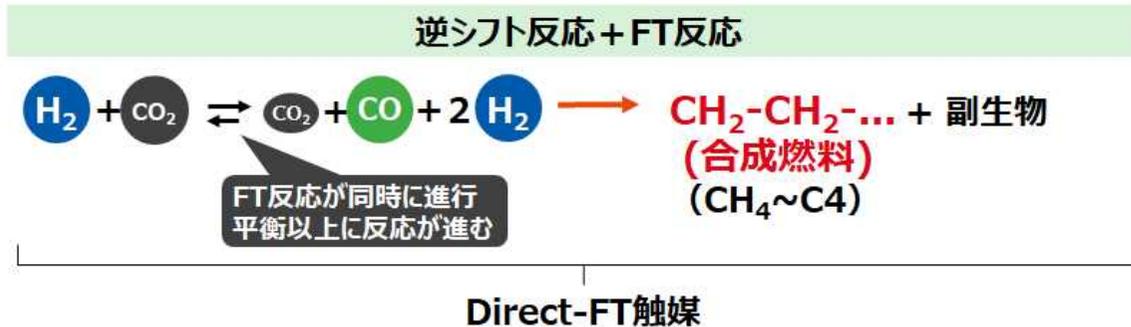
1. CO₂を原料とした直接FT(Direct-FT)反応とは？

- Direct-FT : H₂とCO₂から一つの反応器で液体炭化水素を製造
- Fischer-Tropsch(FT)反応

●既存プロセス(逆シフト+FT)



●直接FT(Direct-FT)



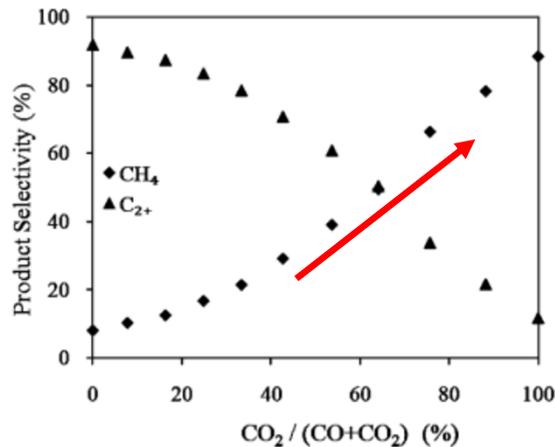
- FT触媒としては鉄、コバルトが一般的

| FT触媒 | 鉄 | コバルト |
|--------------------|----------|-----------|
| 反応温度 | 300~350℃ | 200~250℃ |
| CO ₂ 影響 | なし | あり |
| C5+(液体炭化水素)選択率 | 低い | 高い(Wax生成) |

2. Direct-FT触媒の課題

➤ コバルト系触媒

- ・ 逆シフト能無し
- ・ 原料中のCO₂濃度が高いとCH₄の選択性が高くなる



【出典】 Ind. Eng. Chem. Res. 2010, 49, 11061–11066

➤ 鉄系触媒

- ・ H₂とCO₂を原料にして、直接C5+(液体炭化水素)を得られるものの選択率は低い

| 触媒 | 圧力 [MPa] | 温度 [°C] | C5+選択率 [%] | 引用文献 |
|------------------------------------|----------|---------|------------|---|
| FeK/Al ₂ O ₃ | 1.0 | 300 | 33 | Lee et al. Applied Catalysis A: General 253 (2003) 293 |
| K/FeAl ₂ O ₄ | 1.0 | 300 | 39 | Landau et al. ChemSusChem 2014, 7, 785 |
| FeK/Al ₂ O ₃ | 3.0 | 400 | 27 | Xie et al. Journal of CO ₂ Utilization 19 (2017) 202 |
| K/FeAl ₂ O ₄ | 2.0 | 320 | 47 | Landau et al. Ind. Eng. Chem. Res. 2017, 56, 13334 |

⇒鉄系触媒でC5+選択率を向上させる研究開発を実施(目標65%)

3. 研究開発(FT触媒の開発)

➤ 方針

MI技術※と経験則を融合させた触媒開発

※MI(マテリアルズ・インフォマティクス)技術：材料データをAIにより解析し、担持金属候補を選定

➤ 手段と結果

①酸化鉄の選定(比表面積の大きいもの)

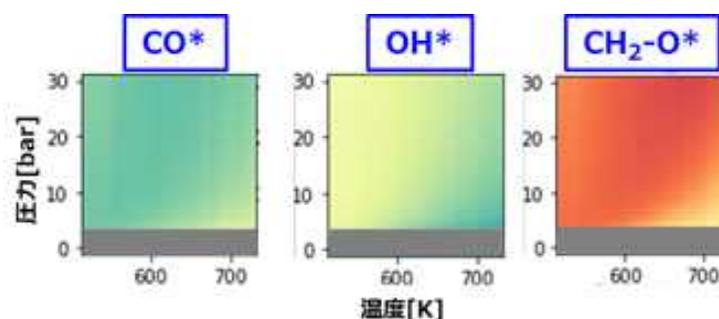
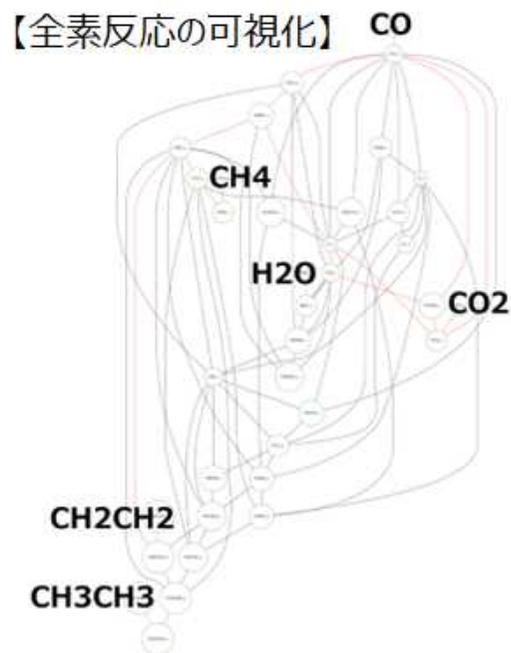
②MI技術を活用して担持金属のスクリーニング候補を選定

素反応に関して連鎖成長($\text{CH}_2\text{-CH}_2$ 選択率)に対する感度分析を実施

→吸着CO不安定化、吸着OH不安定化、吸着 $\text{CH}_2\text{-O}$ 安定化が有効

→担持金属による吸着 $\text{CH}_2\text{-O}$ 生成エネルギーを算出

→担持金属候補を選定



オレンジ：安定化（エネルギー負にする）により生成速度up
青：不安定化により生成速度up

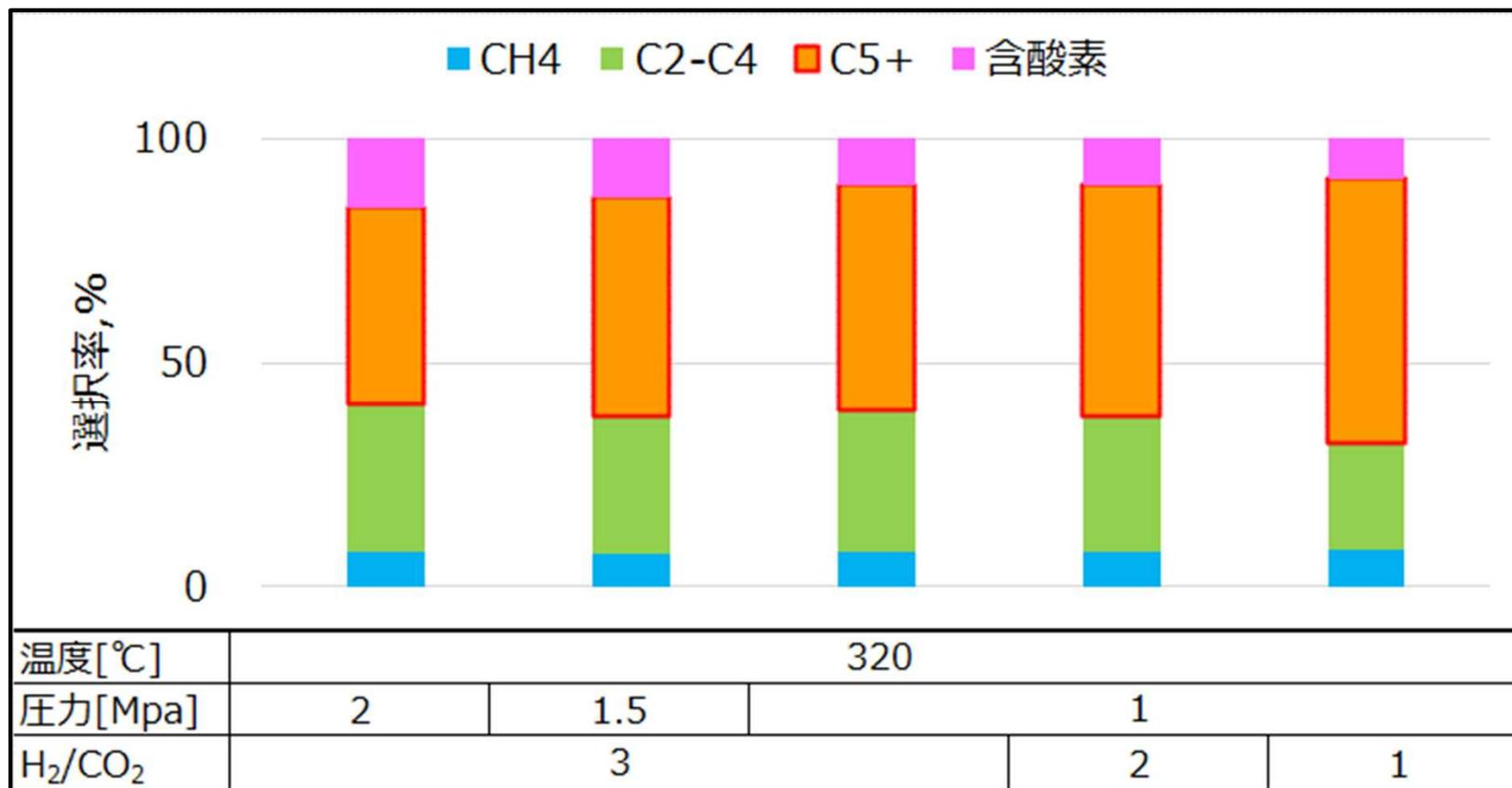
3. 研究開発(FT触媒の開発)

➤ 手段と結果

③触媒を調製し、実験によりC5+選択率を評価

反応条件を調整し、C5+選択率60%を達成するもFT触媒単独でのC5+選択率65%達成は困難と判断

→生成物にC2~C4、含酸素化合物が多いためゼオライトをFT触媒の後段に積層を検討(重合と環化)

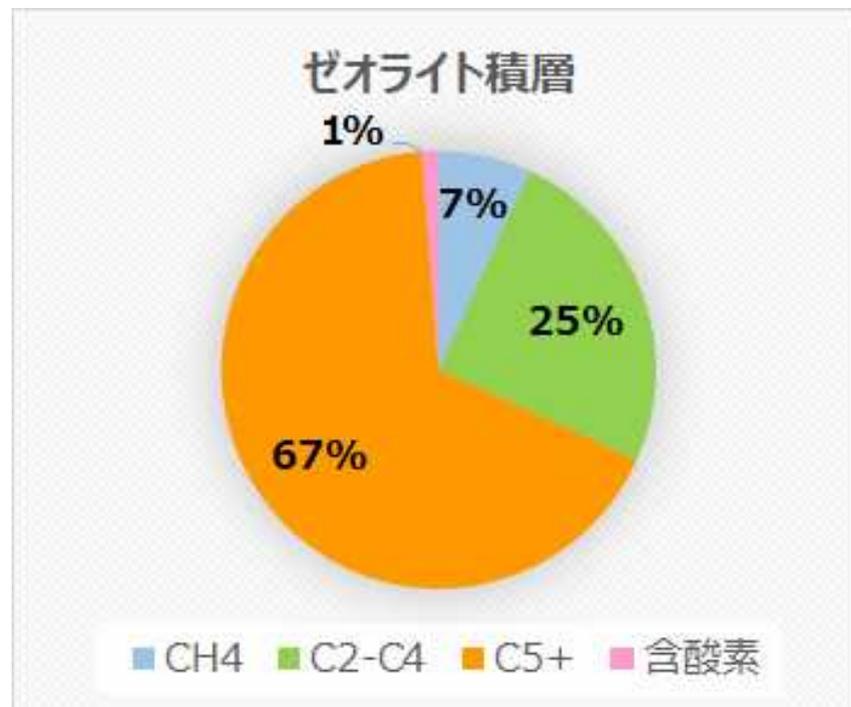
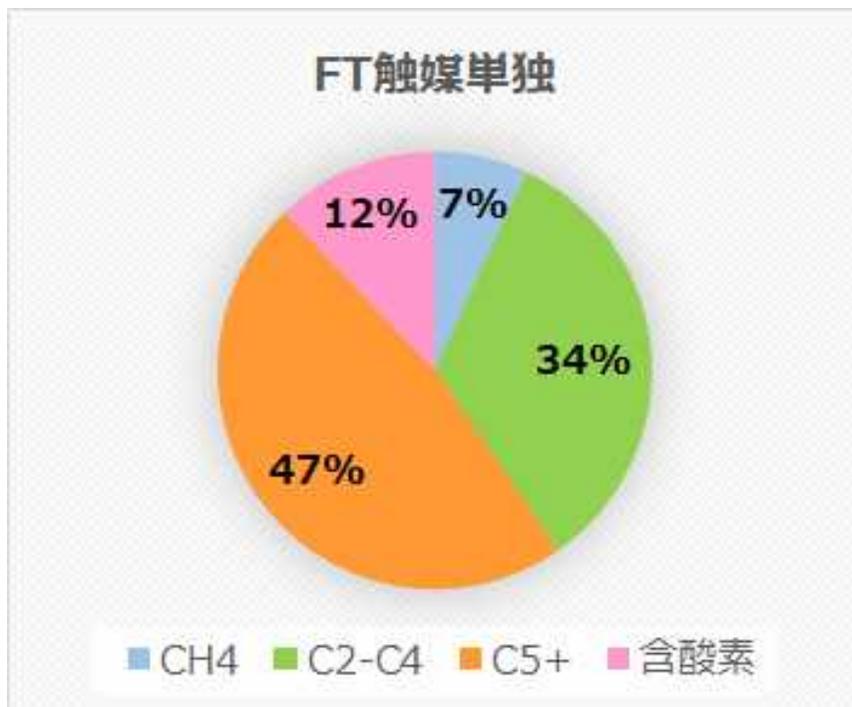


3. 研究開発(ゼオライトとの積層)

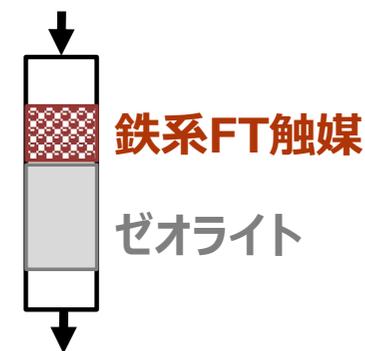
➤ 手段と結果

④開発したFT触媒とゼオライトを積層

同一反応条件でのFT触媒単独とゼオライト積層での生成物を比較

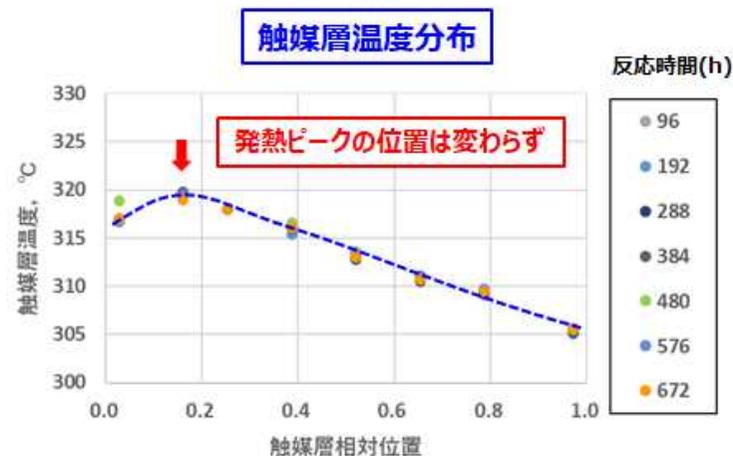
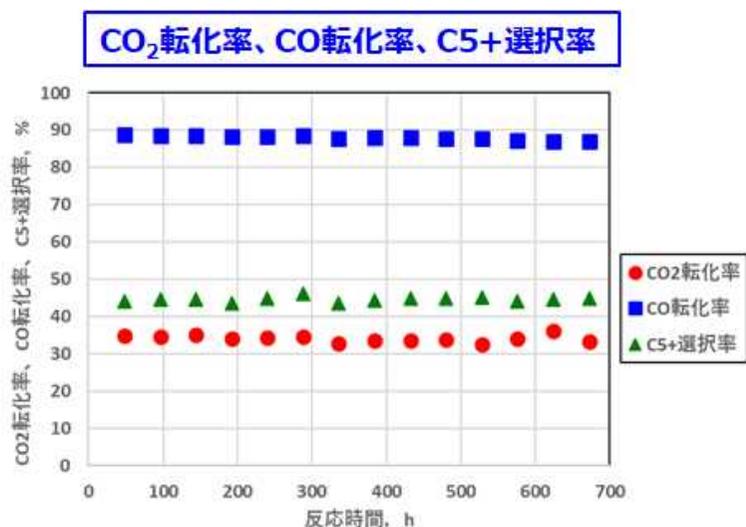


⇒ゼオライトを積層することで
アルコールなどの含酸素、C2-C4が減少
C5+選択率が47%から67%まで向上



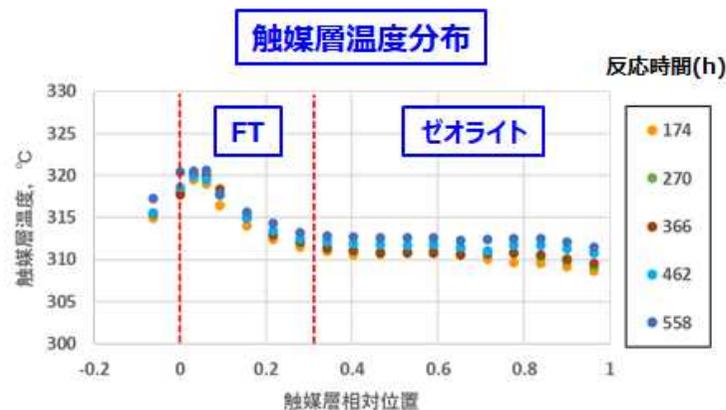
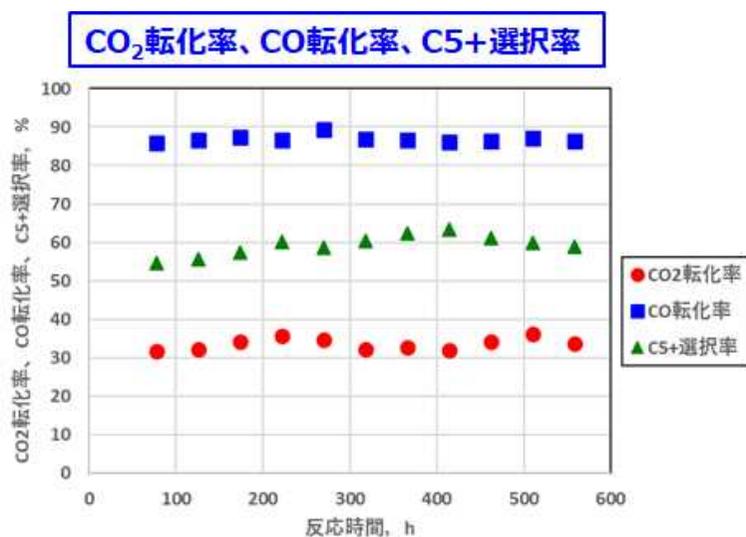
4. 実用化に向けた検討(耐久性評価)

➤ FT触媒単独



【反応条件】
 反応温度：320℃、反応圧力：2.0MPaG
 H₂/CO₂比：3、SV：2000mL/h/g-cat(FT)

➤ FT触媒 + ゼオライト積層

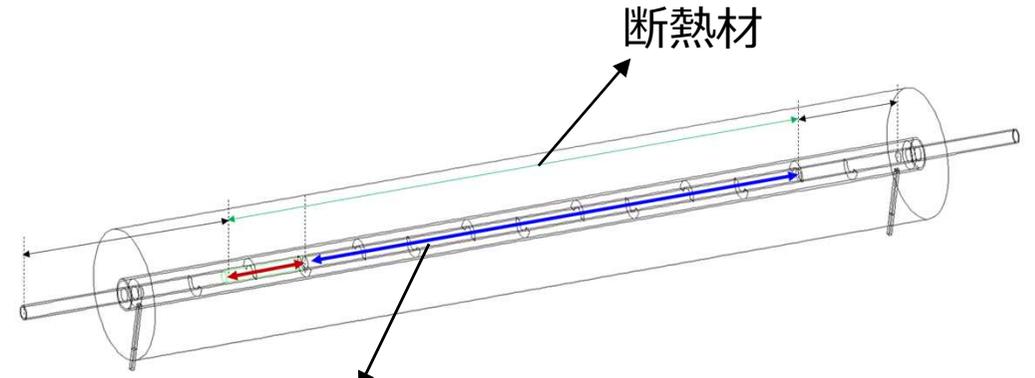
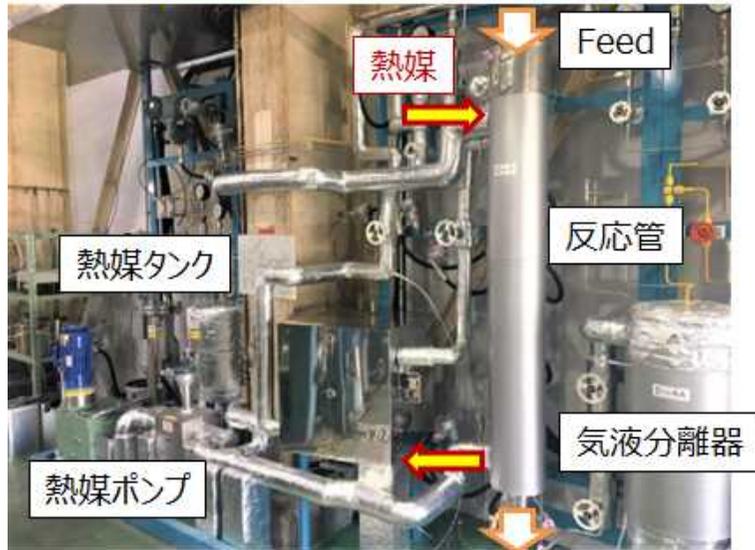


【反応条件】
 反応温度：320℃、反応圧力：2.0MPaG
 H₂/CO₂比：3、SV：2000mL/h/g-cat(FT)

⇒FT触媒 + ゼオライトでは400時間以降C5+選択率低下、生成物によるゼオライトの細孔閉塞が原因と推定

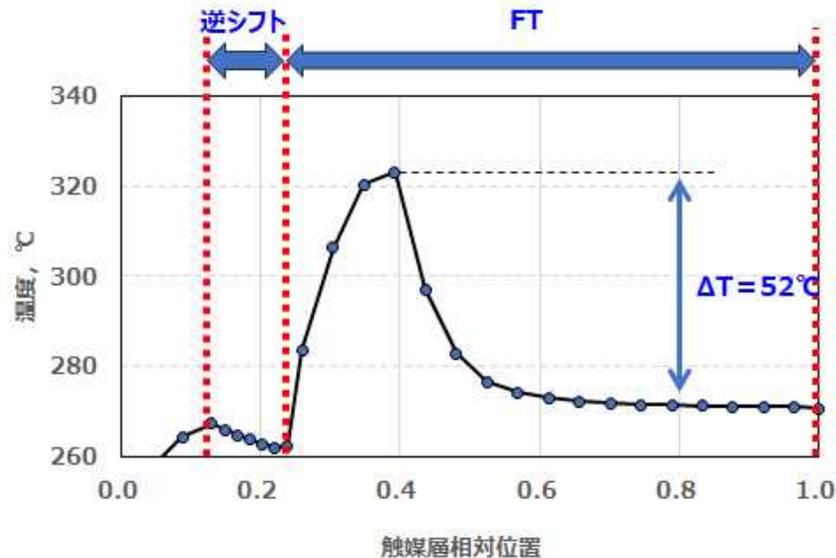
4. 実用化に向けた検討(反応器設計)

熱媒加熱式単管反応装置

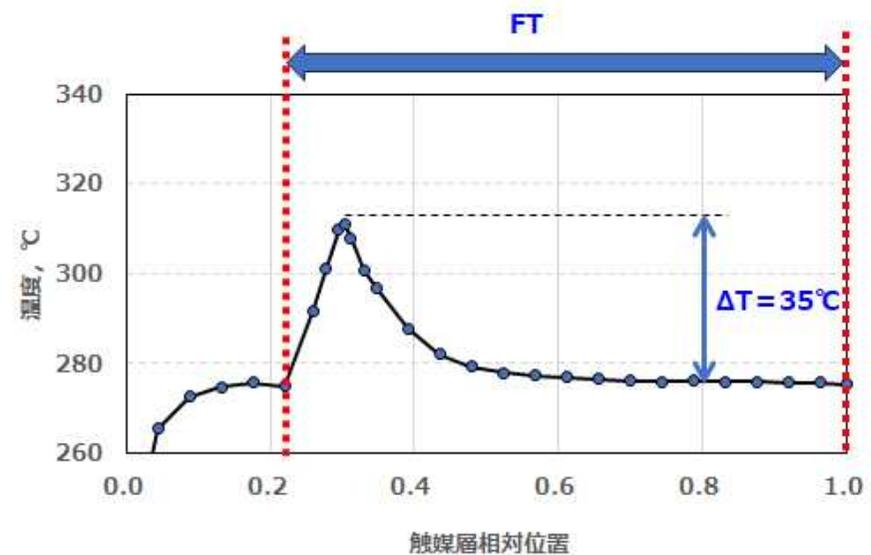


2重管反応器：内部に触媒、外部に熱媒

逆シフト触媒 + FT触媒



FT触媒単独



⇒逆シフト能を有するFT触媒の使用で触媒層温度平準化が可能

5. まとめ

- FT触媒単独でC5+選択率60%を達成する触媒を開発
- FT触媒とゼオライトの積層でC5+選択率67%を達成
- ゼオライト積層は耐久性に課題あり
- 逆シフト触媒 + FT触媒の積層に比べ、
逆シフト能を有するFT触媒を用いることで、
触媒層温度の平準化が可能

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*）からの委託事業によるものです。関係各位に感謝の意を表します。

*New energy and Industrial Technology Development Organization