2025年度 JPECフォーラム

【10】加圧条件でのSOEC共電解による 合成ガス製造技術の開発

2025年5月13日

一般財団法人電力中央研究所



一禁無断転載·複製 ©CRIEPI 2025-

R^{電力中央研究所} 国ロードマップ: e-fuelの商用化に向けた開発 2030年代前半の商用化を目指す

合成燃料(e-fuel)の商用化に向けたロードマップ(改定版)

- 現行のGI基金事業(高効率な大規模FT合成プロセス)についての支援の拡充を検討。(①)
- 既存技術等を用いて早期供給を試みる事業者の設備投資等(②)や、ビジネスモデルの確立に向けた実 証(③)への支援を検討。
- 併せて、各国との連携や情報プラットフォームの整備を推進。(④)



R電力中央研究所 次世代FT反応と液体合成燃料 一貫製造プロセスに関する研究開発

CO2を原料とした炭化水素製造に最も親和性が高いと考えられるフィッシャー・トロプシュ(FT)反応の次世代 技術開発と液体合成燃料一貫製造プロセスの構築と最適化、さらに将来のスケールアップに向けた研究開発



II電力中央研究所

本研究の開発目標と実施項目

- ·開発期間:2年(追加公募にて2023~2024年度実施)
- ・開発テーマ:SOEC共電解実用化の研究開発
- ·開発目標:

液体合成燃料一貫製造技術の研究開発において、SOECセル・スタックの大容量化のための課題検討・要素技術開発およびSOECセルスタックを用いたFT合成用合成ガス製造プロ セスのシステム化に関する研究開発を行う。

·実施項目:

(1) SOECセル・スタックの設計・製作に関する研究開発(日本特殊陶業、電中研、 東京科学大)

- ・大容量化のための課題検討、要素技術開発を実施する
- ① 大容量電解モジュールの概念設計(日本特殊陶業)
- ② 大容量化のための金属支持SOEC (MS-SOEC) 開発 (東京科学大学)
- ③ 加圧条件でのSOEC合成ガス製造技術の開発(電力中央研究所)

(2) SOECセル・スタックを用いたFT反応用合成ガス製造のシステム化に関する研究 開発(三菱電機、日本特殊陶業)

- ・パイロットシステム概念設計におけるSOECシステムの最適化
- ④ 100kW級SOEC共電解システム概念設計の研究開発(三菱電機)

II電力中央研究所



- 取組み概要:SOEC共電解実用化のためにSOEC大容量化で必要とされるシステムの コンパクト化に有効な加圧系におけるSOEC共電解時の合成ガス製造技術を開発する。
- 背景:液体燃料を効率よく合成するためSOEC共電解プロセスの後段のFT合成プロセスを統合し、それぞれのプロセスの特長を生かしつつ、最適なマッチングをすることが一貫製造プロセスの課題となる。前段の共電解SOECプロセスは、小型でも高効率な半面、SOECの材料がセラミックスであるため大型化が難しい。このため大容量化に際して、セル・スタックを大量に使いモジュール化するため、SOEC共電解プロセスが大型化・煩雑化することが想定される。

加圧系にすることでセル・スタック以外のガス系統をコンパクトにすることができる。システム 全体を俯瞰した場合、SOEC共電解プロセスも加圧で統合させることにより、システム全 体として有利になる可能性も考えられる。

■ 研究開発目標

- ・ 加圧系によるSOEC共電解の性能並びに技術課題を抽出
- <u>SOEC大容量モジュール開発およびSOECシステム概念設計にフィードバック</u>

I 電力中央研究所

SOEC共電解試験

 ●入口ガス組成(SOEC共電解後のガス性状がFT合成に有利となるH2/CO=2付近)
 H₂O/CO₂/H₂ = 56.7/33.3/10 % (H₂/C = 2.0)

●試験温度:750~800℃(メーカー推奨温度)

「1. 電解後の熱平衡組成の検討」の結果を基に、 ●試験圧力:常圧、0.297、0.494、0.690 MPa ●反応ガス利用率:常圧:50~80%、 0.690MPa:50~70%

概略装置仕様:

- 1) 試験対象電池: 単セル用
- 2) 運転温度 : 600~800℃
- 3) 常用運転圧力 : 常圧~0.75MPa未満
- 4) 圧力制御方式 : 極間差圧制御方式

(加圧容器圧力に対し±10mmH₂O(0.098kPa)以内でアノードガス圧、カソードガス圧を制御。An-Ca 極間差圧は最大0.2kPa以内で制御可能。本制御は、常圧の場合を除き加圧直後から0.75MPaまで可能。 ただし、常圧時は差圧制御は行わない。)



図 電中研に導入されている加圧単セル試験装置

II 電力中央研究所

SOEC共電解特性評価



*2 G₀₂(酸素生成率):電解により生成される酸素量: 酸素極に供給した酸素量 × 100(%)

・IV曲線からネルンストロスを差し引いた曲線ではUre=70%以降大きく直線性を逸脱しており、ガス拡散に起因する過電圧が観察された。

I 電力中央研究所

性能表示式による性能要因分析

[5]

電解の出力電圧Vは、一般的に式[1]で示すことができる。 右図のAの範囲では、燃料極および酸素極過電圧は、抵抗 近似できる(式[2])。

$$V = E + \eta_{\rm ne} + \eta_{\rm ir} + \eta_{\rm c} + \eta_{\rm a}$$
^[1]

$$\approx E + \eta_{\rm ne} + (R_{\rm ir} + R_{\rm c} + R_{\rm a}) \times J \qquad [2]$$

V:出力電圧、E:開回路電圧、η_{ne}:ネルンストロス、 η_{ir}:内部抵抗損失、η_c:燃料極過電圧、 η_a:酸素極過電圧、 R_{ir}:内部抵抗、R_c:燃料極反応抵抗、 R_a:酸素極反応抵抗、 J:電流密度

ここで、開回路電圧およびネルンストロスは、ガス利用率・ ガス組成から計算できる。本手法では、式[3]の内部抵抗を 実測し、燃料極と酸素極のそれぞれの反応抵抗については、 経験的にガス分圧や温度の関数として、式[4]および[5]で仮 定している。

$R_{\rm ir} = A_{\rm ir} \times$	$exp(\Delta H_{ir}/RT)$	[3]
$R_{\rm c} = c_0 \times$	$P(H_2)^{\alpha} \times P(H_2O)^{\gamma}$	

 $= A_{\rm c} \times exp(\Delta H_{\rm c}/RT) \times P(H_2)^{\alpha} \times P(H_2O)^{\gamma}$ [4]

 $R_{a} = a_{0} \times P(O_{2})^{\beta} = A_{a} \times exp(\Delta H_{a}/RT) \times P(O_{2})^{\beta}$



図 性能表示式による解析の適用範囲



図 SOEC性能表示式

II電力中央研究所

性能要因分析結果

性能表示式用データ取得試験条件:

条件	燃料ガス利用率	酸素生成率	カソード入口ドライ組成			カソード水蒸気	アノード入口組成
No.	Ure (%)	GO2(%)	H2 (%)	CO2 (%)	N2 (%)	H2O (%)	O2 (%)
1	75	150	23	77	0	57	21
2	70	150	23	77	0	57	21
3	60	150	23	77	0	57	21
4	50	150	23	77	0	57	21
(5)	60	150	25	0	75	80	21
6	60	150	50	0	50	80	21
\bigcirc	60	150	75	0	25	80	21
8	70	75	23	77	0	57	21
9	70	100	23	77	0	57	21
10	70	150	23	77	0	57	10
(1)	70	150	23	77	0	57	40
12	60	150	25	0	75	60	21
13	51	150	33	0	67	70	21
(14)	45	150	50	0	50	80	21









© CRIEPI 2025

性能表示式による性能要因分析(加圧条件)



- 起電力は加圧と共に理論的に上昇
- ネルンストロスは、加圧と共に減少(メタン生成)
- 内部抵抗は加圧によるほぼ影響なし
- 電極反応抵抗に起因する過電圧は、加圧と共に減少

 \bigcirc

ℝ電力中央研究所

本研究開発のまとめ

(研究開発の成果)

- 1A/cm²以上での電解が可能なSOEC単セルにおいて常圧・加 圧性能を把握
- SOEC性能表示式を適用して性能要因分析を実施
- 加圧によりOCVは増大するものの、それ以上に、電極反応過電圧 が低減することにより、加圧電解性能は向上
- 日本特殊陶業のセル開発へ性能要因分析結果をフィードバックすると共に、三菱電機のシステム概念設計へのSOECモデルの提供

(課題)

● FTではイナートガスとなるメタン生成が加圧により増大

(今後の方向性)

● FT合成でもメタンが生成するため、システム全体でのメタンの取り 扱いを検討する必要がある。





本研究成果は、NEDO(国立研究開発法人新工 ネルギー・産業技術総合開発機構)の委託業務 (JPNP16002)により得られたものです。 関係各位に深く感謝いたします。