

概要: 2050 年カーボンニュートラル実現に向け、二酸化炭素 (CO_2) を再生可能エネルギーにより燃料に変換し、利用するカーボンリサイクル技術が注目されている。体積エネルギー密度に優れ、貯蔵・輸送が容易な液体燃料は、大型自動車、船舶、航空機用などで期待されている。カーボンニュートラル燃料技術センターおよび筆者らは、2020-2024 年度 NEDO 事業「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」にて、高効率な固体酸化物形電解セル (SOEC) と再生可能エネルギーを用いて、水蒸気 (H_2O) と CO_2 を同時に電気分解 (共電解) させ、水素 (H_2) と一酸化炭素 (CO) からなる合成ガスを製造し、後段の Fischer-Tropsch (FT) 合成反応で液体燃料を製造するプロセス (図 1) の研究開発を実施した。本発表ではこれまで開発してきた合成ガス製造用 SOEC 共電解特性や今後の大型化に向けた設計指針や課題について報告する。

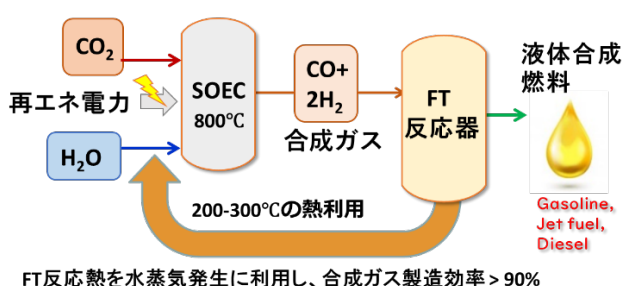


図 1. SOEC-FT 合成プロセス概要



図 2. 2 kW 級 SOEC 性能評価装置 (再生変動対応)

これまでの研究開発結果と今後の課題

プロジェクト初期には、SOEC-FT 合成システムのプロセス計算により、FT 合成部の排熱の 8 割程度を水蒸気発生に利用し、SOEC 合成ガス製造効率 97% (LHV) が期待できることが分かった (図 1)。また、SOEC 燃料極で生成する合成ガスの一部を再循環することにより、システム効率が従来の 53% から 61% (高位発熱量基準) に向上できることも見出した。

SOEC 共電解特性測定には、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) 用に開発された単セルあるいはスタック (セルを複数直列に積層したもの) を図 2 の 2 kW 級 SOEC 共電解スタック評価装置にセットし、燃料極には $\text{H}_2\text{O}/\text{CO}_2/\text{H}_2$ を供給し、空気極には空気を供給した。500~1400 時間連続的に共電解を実施し、電圧の上昇率 (劣化率) を測定した。また、昨年報告したように再生変動を模擬してガス流量と電解電流をサイン波形等で同期させる「再生変動対応 SOEC 試験法」を独自に開発した。さらに、10 kW SOEC-FT 合成実証機と同じ 25 セル SOEC モデルを作成し、スタック内の電流密度分布や温度分布などを数値解析した。

高精度性能測定の結果、SOEC では Faraday 則に従い、電解電流を印加した分だけ合成ガス ($\text{H}_2/\text{CO} = 2.0$) が生成し、連続試験により現状 825℃ の運転が最適であることが判明した。また、開発した数値解析手法では実験値を $\pm 1\%$ で予測できた。これらの結果を 10 kW SOEC-FT 合成実証機に適用したところ、2024 年度秋に液体合成燃料製造に成功した (最大数 L/日)。今後は、SOEC を 1.35V 付近で動作するように設計し、大面積化や積層数を増やすことで数十 kW~100 kW へのスケールアップが重要で、関係機関と研究開発を行っていく。

本内容は 10 月 30 日 (木) から開催される石油学会郡山大会 (第 55 回石油・石油化学討論会) で発表される。

謝辞: 本発表内容は、NEDO の委託事業として行った研究成果である。関係各位に感謝申し上げる。