

劣化加速試験による 可逆固体酸化物形セルの電極劣化解析

SATテクノロジー・ショーケース2026

■ はじめに

2050年までに二酸化炭素の排出量を実質的にゼロとする脱炭素化社会の実現に向けて、火力発電に依存した現在の発電システムを転換させ、再生可能エネルギー由来の電力利用と余剰電力の有効活用技術を発展させることが求められている。固体酸化物形燃料電池 (Solid Oxide Fuel Cell; SOFC) と固体酸化物形電気分解セル (Solid Oxide Electrolysis Cell; SOEC) を同一セルで運転できるデバイスである可逆型固体酸化物セル (Reversible Solid Oxide Cell; RSOC) が注目を集めている。一方で、RSOCは高温環境下での長期運転により材料劣化が避けられず、性能低下が発電コストや設計寿命に影響を及ぼす。本研究では、電解質指示型RSOCを製造して劣化加速試験を行うことで、RSOCの劣化とそのメカニズムを観察する。

■ 実験方法

1. 電解質支持型セルの製造

電解質材料にはイットリア安定化ジルコニア (YSZ) を用いた。1gのYSZ粉末を金型に入れ、8 MPaの圧力で一軸加圧成形を行い、直径約16 mm、厚さ約1 mmの円盤状ペレットを作製した。成形後、1450 °Cで3時間焼結処理を行った。次に、NiO-YSZ複合体をアノード材料として用い、NiO粉末とYSZ粉末を重量比1.92:1で混合し、スラリーを調製した。ドクターブレード法により電解質上に塗布し、1200 °Cで焼成してアノード層を固定化した。カソードにはLSM-YSZ [LSM: $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{MnO}_3$] を用い、同様にスラリーを塗布後、約1100 °Cで本焼成を行った。

2. 劣化加速試験

作製したセルに対し、湿潤5%水素-95%アルゴンの混合ガスをNi-YSZ電極に、湿潤空気をLSM-YSZ電極に供給する条件で、800 °Cにおける電気分解 (SOEC) モードでの劣化加速試験を行った。開回路電圧に対して1 Vの電圧を1時間印加して、電流密度の時間変化とインピーダンスを測定し、緩和時間分布解析 (DRT解析) を行った。

■ 結果

1時間の試験中において、電流密度は直線的に減少し1時間で6%の減少がみられた (図1)。また、劣化加速試験前後でのインピーダンス測定結果を比較する

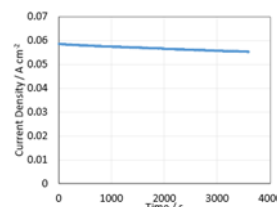


図1 劣化加速試験による電流密度の変化

と、低周波数側の半円が大きくなっていることが分かった。

DRT解析では、周波数と電気化学的プロセスの関係性について研究された文献¹⁾をもとに、確認された4つのピーク(P1~P4)の変化を考察した。オーミック抵抗を示すP1とガス輸送抵抗を示すP4が大きくなった一方で、表面反応抵抗を示すP3は小さくなったことが確認できた (図2)。P4の増加は電極粒子の粗大化によって反応面積が小さくなったこと、P3の減少は水素生成反応による酸化ニッケル粒子の局所的な還元が起きたことが原因として考えられるが、いずれもセルの検査やさらなる実験が必要である。

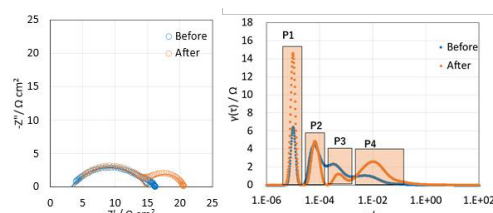


図2 劣化加速試験によるナイキストプロットとDRTグラフの変化

■ 今後の展望

劣化加速試験による電極の微細構造変化を調べ、本実験の考察の正確性を確かめる。また、RSOCの実際の運用を想定した劣化加速試験の条件を決定して、材料ごとの劣化速度や状態について検証を行う。

■ 参考文献

1) Sumi, H. Electrochemical impedance analysis using the distribution of relaxation times (DRT) method and its applications; Japan Fine Ceramics Association Technical Report, 2022

代表発表者 梅津 興生(うめつ こうせい)
所 属 東京科学大学 環境社会理工学院
融合理工学系 エネルギー・情報コース
大友純一郎研究室
問合せ先 〒152-8550 東京都目黒区 大岡山 2-12-1
(N1-20) 北2号館 424号室

■キーワード: (1) 再生可能エネルギー
(2) 燃料電池
(3) 技術経済性解析