

固体酸化物形燃料電池スタックの高度評価・解析技術の研究開発

産業技術総合研究所、電力中央研究所、東京大学、京都大学、九州大学、東北大学、イムラ・ジャパン株式会社

団体名：(共同実施先)京セラ(株)、森村SOFCテクノロジー(株)、(株)デンソー、大阪ガスマーケティング(株)、東京瓦斯(株)、日産自動車(株) (再委託)千葉工業大学、慶應義塾大学

発表日：2024年7月18日

目標：固体酸化物形燃料電池 (SOFC) の普及・適用性拡大に必要な、高度なスタック評価・解析技術を確立する。

先進スタックの13万時間超の長期寿命・運用、65%を超える高効率運転、再エネ調整力応用としての負荷変動や急速起動など、スタック運用限界に近い状態を的確に評価し、長期寿命や運用性限界を予測する高度な評価・解析技術を開発・提供する。

成果概要：スタックの長期耐久予測や運用性拡大評価に資する各種の先進的な評価・解析法を複数開発し、一部は完成しつつある。**1) スタック性能表示式法の改良と寿命予測**：SOFCスタックの高効率運転下(燃料利用率85%)、2万時間の長期耐久試験を複数スタックで達成、主たる抵抗増大成分がオーム損と空気極過電圧であることを解明。燃料極劣化も観測。時間項入り性能表示式から、劣化予測を可能に。**2) スタック劣化複合効果・長期寿命予測シミュレーション開発**：各部材や材料の劣化メカニズムの時間依存性や複合効果を整理、総合的評価のための基礎データ集積し、スタック劣化を表示するためのマルチスケールシミュレーション技術を進め、その基本コードは完成了。**3) 急速起動・負荷変動、加速劣化評価法**：急速起動や負荷変動に対応するためのセル評価装置完成、基礎データ収集し、評価プロトコルのデータ提供。SOFCシステム動特性評価を進めるためのスタックレベルデータを集積。矩形波の電流変化を与え、サイクルで劣化加速を確認。**4) 革新評価・解析法**：電極微構造画像解析に機械学習を適用、その教師データを集積し、機械学習による燃料極微構造変化、寿命予測が可能に。電池性能曲線も機械学習させることで、性能劣化予測可能に。

研究開発体制



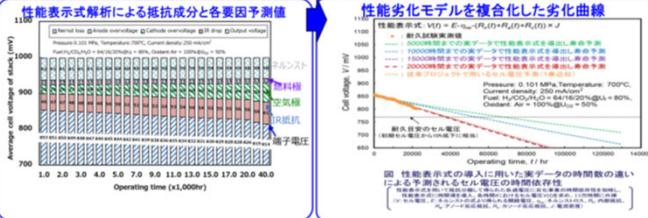
評価法開発のイメージ



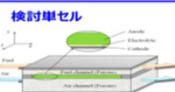
成果1：長寿命・高効率セルスタック評価技術開発

先進スタック長期試験		
●先進スタックの長寿命化と高効率化を達成		
●先進スタックの寿命予測法を開発		
スタック形状(企業名)	劣化主要原因(主な原因)	推定劣化現象
簡平板形(京セラ)	・IR抵抗・空気極過電圧(過電圧と同時に)	・電解質導電度低下・空気極・電解質界面絶縁層生成・電極組成・微構造変化・ICの抵抗増大
中温平板形(森村SOFCテクノロジー)	・IR抵抗・空気極過電圧(過電圧と同時に)	・電解質導電度低下・空気極・電解質界面絶縁層生成・電極組成・微構造変化・ICの抵抗増大
業務用平板形(デンソー)	・IR抵抗・空気極過電圧	・電解質導電度低下・空気極・電解質界面絶縁層生成・電極組成・微構造変化・セルの変形・シール・ICの抵抗増大

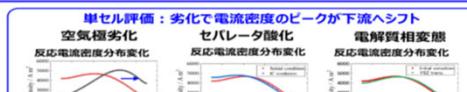
- 性能表示式による約2万時間までの解析結果を基に、部位毎の過電圧の性能劣化モデルを考慮した時間依存項を導入した近似式にて耐久予測に成功(電中研、京セラ、森村SOFC、デンソー他)
- 13万時間までのセル電圧を外挿し、高効率運転での劣化予測：10%/4万時間の劣化予測
- スタック評価法を各社の長期耐久予測法にて適用：スタック寿命予測ができ生産コスト低減などに寄与



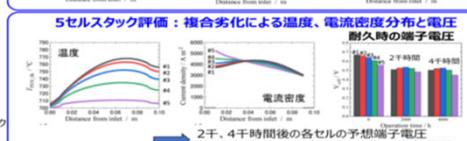
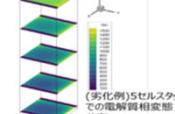
- 三次元SOFCスタックシミュレーションコード開発に成功 (担当：京大、九大、九、産研ほか)
- 複数の劣化要因を複合化・適用し、セルスタックの長時間運転劣化予測に成功
- 今後、実スタックの耐久データとの比較もを行い、セルスタック企業にも提供、高耐久化に寄与予定



検討セル



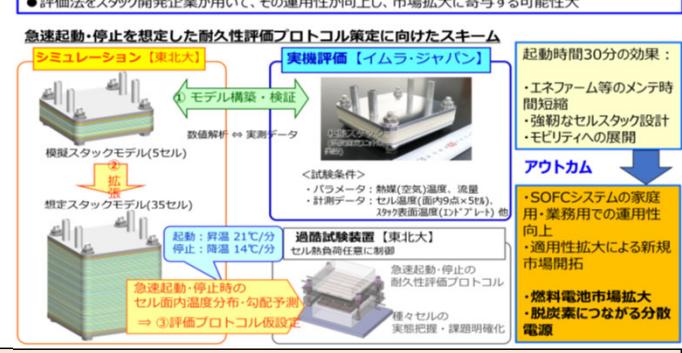
検討スタック



連絡先：国立研究開発法人産業技術総合研究所

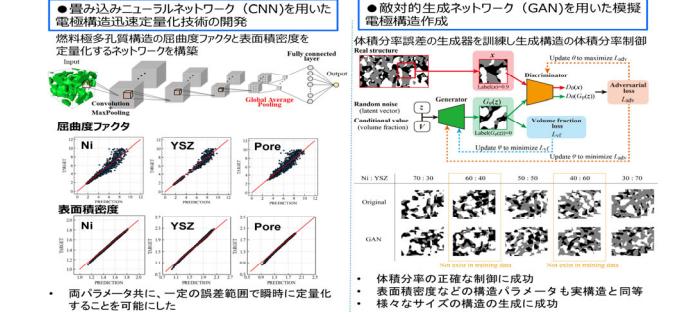
省エネルギー研究部門 堀田照久

成果2：運用性拡大評価技術開発



成果3：先進評価技術開発

機械学習の劣化解析への適用



今後の展開：開発した評価法の応用

