

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	液体燃料直噴型固体酸化物燃料電池/電解セルにおける燃料極反応メカニズムの解明と電極評価システムとしての応用
Title(English)	
著者(和文)	飯田雄太
Author(English)	Yuta Iida
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12119号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:伊原 学,荒井 創,多湖 輝興,下山 裕介,花村 克悟
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12119号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	飯田 雄太		
論文審査 審査員	主査	氏 名	職 名	審査員	氏 名	職 名
		伊原 学	教授		花村 克悟	教授
	審査員	荒井 創	教授			
		下山 裕介	教授			
		多湖 輝興	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文では「液体燃料直噴型固体酸化燃料電池/電解セルにおける燃料極反応メカニズムの解明と電極評価システムとしての応用」と題し、以下の6章で構成される。

1章では、固体酸化燃料電池(SOFC)および固体酸化電解セル(SOEC)における特長と課題、本研究の目的を述べた。SOFC/ECの特長を簡潔に紹介し、現状では、一定・高燃料利用率条件下における負荷追従性が不十分であること、また、炭化水素燃料直接利用発電時における安定性が低いこと、並びに炭化水素燃料直接利用発電時において電極の熱分解・電気化学反応活性を分離可能な評価手法がないことをSOFCの課題とし、さらに、一定・高水利用率条件下における負荷追従性と電極開発の必要性をSOECの課題として整理した。課題解決策として液体燃料直噴による、一定・高燃料利用率条件下における負荷追従性の実現と、燃料のバッチ式供給によって電気化学的炭素消費を促すことで、炭素析出による電極の長期的劣化を抑制すること、並びに非定常電極電位挙動の解析により電極の熱分解・電気化学反応活性の分離評価の実現が期待できることから液体燃料直噴SOFC、PJ-SOFCに着目したとしている。以上より、本研究の目的が、①高負荷追従下でも効率を維持できるPJ-SOFCの開発、②PJ-SOFCを利用した熱分解・電気化学反応活性分離評価を実現する電極性能評価手法の確立、③PJ-SOFCを利用した炭素燃料による短期および長期電極劣化評価手法の確立、④水直噴型電解デバイスPJ-SOECの提案と実証であると述べた。

2章ではSOFC/ECに関する基礎的な理論や実験方法、PJ-SOFC/PJ-SOECの実験装置などについて詳細に記述されている。

3章ではPJ-SOFCにおける反応モデルを構築し、電極の熱分解・電気化学反応活性の分離評価手法として確立した。電極電位変化のピーク周辺領域において、水素の電気化学反応が支配的に進行していると近似できること、水素はイソオクタン熱分解反応により生成していると近似できることを示し、反応モデルを構築した。さらに、電極電位挙動をフィッティングしてモデルの検証を行い、見かけの熱分解・電気化学反応速度定数を分離して評価可能な電極性能評価手法として確立した。

4章ではPJ-SOFCにおける短期/長期安定性評価手法を提案し、高い発電安定性を維持できる運転条件の探索を実施すると共に、高発電安定性が期待できる電極を開発した。炭素による電極性能劣化のうち長期劣化を評価する手法として減衰曲線を利用した評価手法を考案し、3章で構築した反応モデルによる短期劣化評価手法と併せて安定性を包括的に評価可能な手法として確立した。まず、電極材料(Ni/Gd-doped CeO₂ (GDC)およびNi/Y₂O₃-stabilized ZrO₂ (YSZ))、電流密度、燃料供給量、Ni体積比率を変化させて発電実験を行い、これらの安定性評価を実施し、高い発電安定性を維持できる運転条件を探索した。さらに、Ni/GDC燃料極を用い、中程度の1パルス燃料供給量にすることで、安定性の高い発電が可能であることを見いだした。これらの条件を利用することで、燃料利用率を60%に維持しながら90-200 mWcm²の出力変動を含む発電を達成すると共に、72時間を超える安定発電に成功した。加えて、電子伝導性材料を燃料極に添加することで、メタン発電における電極性能が向上したことから、PJ-SOFCにおいても発電性能を向上できる可能性を見出した。

5章では本研究で新規提案したPJ-SOECの利点を理論的に明らかにし、実証を行うと共に基礎的な電解性能を評価した。さらに、高水蒸気分圧において利用可能な電極開発も行なった。水直接供給により、安定した水電解による水素生成を達成すると共に、電位挙動解析により水素生成速度を見積もることができる手法を提案した。具体的には、La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O₃ (LSCM)含有電極を利用した水空気共電解において、その電解特性とガスクロマトグラフィー分析によるガス組成から平衡組成を計算することで、電解による水素生成量を評価すると共に、金属添加によりその電解性能が大きく向上することを見出した。

6章では本研究で得られた結果を総括し、結論を述べている。

以上を要するに、本論文ではPJ-SOFCを利用することで、電極の熱分解・電気化学反応活性を分離評価し、短期/長期劣化を包括的に評価可能な電極性能評価手法とともに、高負荷追従性を実現できるPJ-SOFCを開発した。さらに、高負荷追従性を実現できるPJ-SOECによる水素製造方法を提案し、その利点を理論的に明らかにし実証を行なった。これらのデバイスは、変動型再生可能エネルギー由来電源の大量導入に向けた技術として期待される。従って、エネルギー分野、特に電気化学分野における学術的価値が高く、また工学的な貢献も大きい。よって博士(工学)の学位論文として十分な価値があるものと認められる。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。