

「福岡水素エネルギー戦略会議 研究開発支援事業」

SOFCの各部過電圧解析に基づく自己運転診断制御法による
安全確保ならびに最適制御による性能向上に関する研究
(燃料多様化への展開)

TOTO



九州大学

研究開発チーム構成

報告者

《学》九州大学 大学院 工学研究院

中島裕典

《産》TOTO株式会社 燃料電池事業推進部

研究目的

高温運転の固体酸化物形燃料電池

SOFC → 高効率な発電デバイスとして期待

自己運転診断制御法

- ・安定した連続運転
- ・異常検知による運転条件変更や緊急停止等の安全措置
- ・最適運転制御による高効率運転

発電時の運転状態の診断

診断法の確立

過電圧解析
性能向上のためのセル運転条件
および設計指針

サブテーマ(1):担当九州大学

□ SOFCリアルタイム自己診断法の開発(炭化水素燃料運転への拡張)(1)

昨年度の事業により開発した,水素燃料運転時の交流インピーダンス法によるSOFCの過電圧解析法を,今年度は,炭化水素ガス(実燃料として都市ガスを想定)からの改質燃料模擬ガス運転に拡張し,交流インピーダンス計測を行った.

これにより,燃料電池に生じる電圧ロスである過電圧をアノード(燃料極),カソード(空気極)個別に分離して解析することで,アノード過電圧を炭化水素燃料運転に拡張して考察した.この知見に基づき,インピーダンスの分離計測から,炭化水素燃料運転時の状態を示す特徴的なパラメーターを検討した.

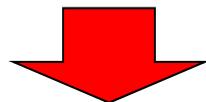
実験方法

□ IV測定

- SOFCの性能評価
- 交流インピーダンス解析の精度確認

□ 交流インピーダンス法

- 過電圧解析
- 運転状態の変化に対応した等価回路の各抵抗, 容量値の変化傾向



改質模擬ガス運転におけるインピーダンス診断

実験概要

改質器を通した炭化水素燃料の改質ガス運転を想定

水素運転と改質模擬ガス運転とでセルに起きている変化をインピーダンスで捉えて、過電圧解析

改質模擬ガス運転におけるインピーダンス変化の可逆性を検証する(セルの状態変化を調べる)

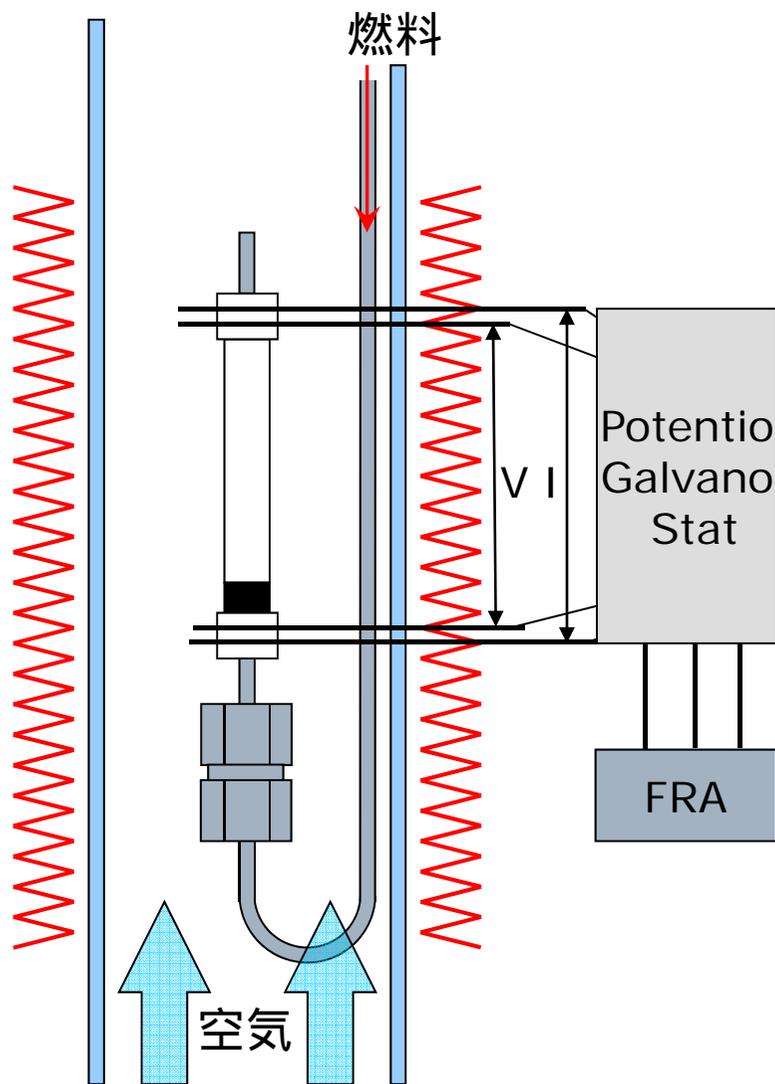
改質模擬ガス - 都市ガスの水蒸気改質後の組成を模擬したガス

今回はメタンの多い過酷な条件でのセルの挙動を確認するため、500 における改質ガス組成を模擬した

実験装置外見

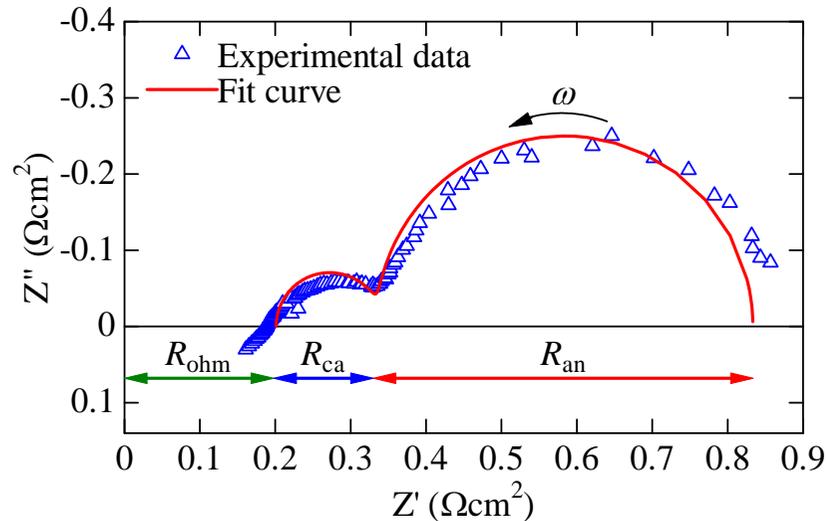


実験装置・実験条件

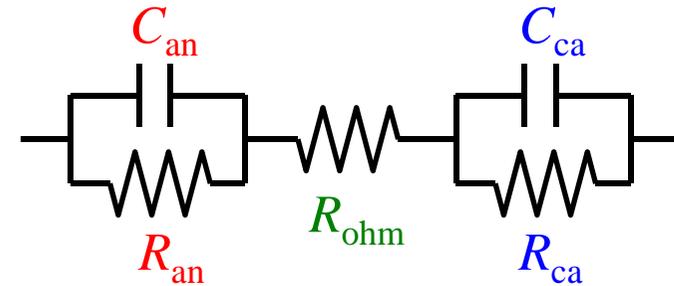
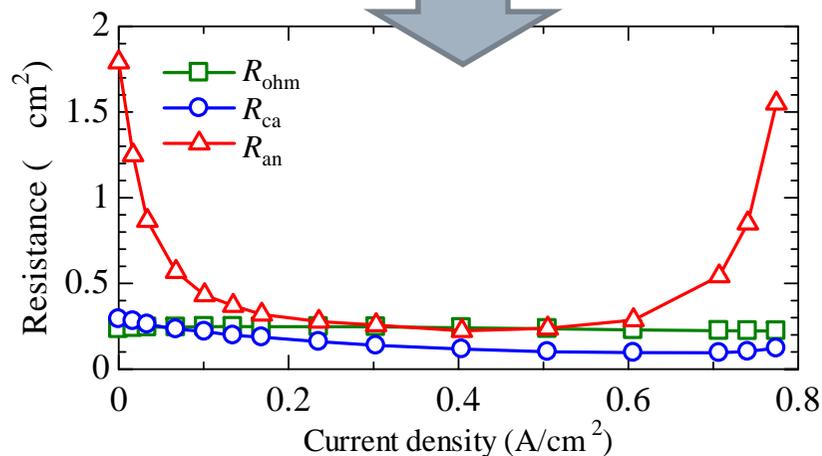


の順に実験		水素	模擬ガス	水素
Cell temperature		500		
Anode Gas Supply flow rate [cc/min]	H ₂	90		90
	N ₂	40		40
	H ₂		90	
	CO		4	
	CH ₄		35	
	CO ₂		22	
Cathode Gas (Air) Supply flow rate [cc/min]		2000		

アノード, カソードインピーダンス解析



非線形最小自乗フィッティング



等価回路

過電圧の算出

$$\eta_{pol} = \int_0^i R_{pol}(i) di$$

η_{pol} : 各過電圧(V)

R_{pol} : 各抵抗(Ωcm^2)

i : 電流密度(A/cm^2)

結論

- 水素燃料使用時の診断法(昨年度成果)を炭化水素改質燃料に適用し、インピーダンススペクトルの周波数領域の違いから、炭化水素改質ガス運転時のアノード過電圧の解析が新たに可能となった。
(カソード過電圧は昨年度成果により既に解析が可能となっている)。
 - ・性能改善の有効なツールとなる

結論

- 出力電圧および等価回路パラメーターの変化傾向が得られ、水素燃料運転に加え、炭化水素改質燃料運転時の自己運転状態診断が可能となった。

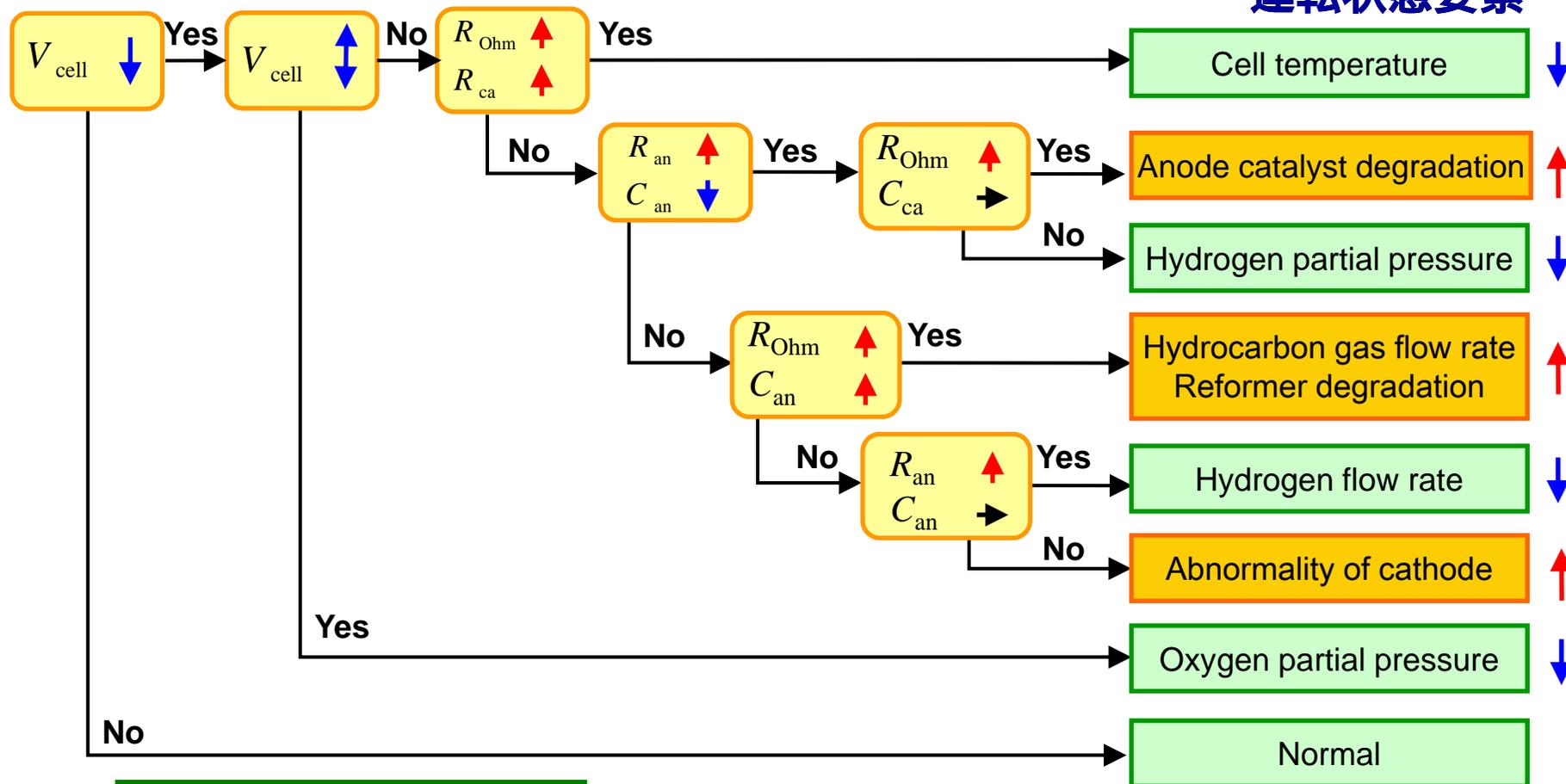
	V_{cell}	R_{Ohm}	R_{an}	R_{ca}	C_{an}	C_{ca}
Cell temperature ↓	↓	↑	↑	↑	↓	↓
Hydrogen partial pressure ↓	↓	→	↑	→	↓	→
Anode flow rate ↓	↓	→	↑	→	→	→
Oxygen partial pressure ↓	↕					
CH ₄ concentration ↑	↓	↑	↓	→	↑	→
Operating duration with hydrocarbon ↑	↓	↑	↑	→	↓	→

平成19年度成果(水素燃料運転)

平成20年度成果
(炭化水素改質燃料運転)

診断フローチャート例

水素・炭化水素運転時
運転状態要素



平成19年度成果の診断要素

平成20年度成果の診断要素

サブテーマ(2) 担当:TOTO

□ SOFCリアルタイム自己診断法の評価(2)

これまで開発してきた携帯型のSOFC向けセルを,リアルタイム自己診断法の研究に供試した.開発されたリアルタイム自己診断法に対し,炭化水素燃料およびその改質燃料を用いた**実用システムへの実装の観点**から評価を行い,重大事故防止や運転制御の最適化の可能性を検証した.

評価結果

供試した携帯型のSOFC向けセルのインピーダンス解析により開発したリアルタイム自己診断法の評価を行った。炭化水素改質ガス運転時の単セル運転状態を示すパラメーターが得られ、自己運転状態診断が可能となったことから、昨年度成果の水素燃料運転の診断法と合わせて、**水素燃料および実燃料を供給した実用SOFCスタック診断**による重大事故防止への展開の可能性が示された。また、過電圧による電圧ロスの内訳が明らかになり、セル開発及び最適運転制御法の開発に有用な知見が得られた。

明らかになった課題

実用SOFCシステムでは、複数の燃料電池単セルをインターコネクタにより接続してスタックとするため、単セルとは異なり、インターコネクタの接触圧力低下により出力が低下する問題がある。これを事前検知する診断法開発が必要である。

スタック熱自立維持の必要性から、発電時のスタックの異常温度分布を事前検知する診断法開発が必要である。また、セル破損によるスタックの突然機能停止が問題となっているが、スタック内の温度分布による熱応力がインターコネクタの接触状態や各セルの耐久性を決定することから、熱応力診断によって、セル破損を事前検知する必要がある。

今後の予定

平成19, 20年度開発の水素燃料, 炭化水素改質燃料運転診断法の基礎的知見

平成21年度
育成枠研究

スタック温度分布および熱応力分布診断

交流インピーダンス法によるスタック過電圧解析・エントロピー解析 (セル発熱解析)

スタック温度分布要因解明
スタック熱応力分布要因解明

インターコネクタ部オーム抵抗ロスと応力分布の相関明確化

種々のスタックに適用可能な温度・熱応力分布診断の基礎的知見