

# 1,000℃作動型全セラミックス製SOFCの高出力化に成功

## 背景

固体酸化物形燃料電池（以下、SOFC）発電は、環境特性に優れ、高温排熱の有効利用による高効率発電システムが実現可能とされ、特に1,000℃作動型では燃料の直接改質によるシステムの簡素化も期待できる。しかし、作動条件による制約から全材料のセラミックス化が不可欠であり、低コスト化に配慮しながらセル・スタック形状や材料・製造技術を最適化して、一層の高出力化と耐久性の向上を図る必要がある。当所では、1,000℃作動型全セラミックス製SOFCの高出力化を目指して燃料極支持形構造を提案するとともに、基本材料と成膜法を確立して単位セル\*<sup>1</sup>（表-1）を試作し、その優れた出力特性を確認した。しかし、その実現性を見極めるには、複数の単位セルを用いたスタックの出力特性と健全性を検証する必要がある。

## 目的

独自開発の単位セルを用いた全セラミックス製3セルスタックを試作し、発電試験ならびに試験後解体分析を行って、低コスト化の指標である出力特性の目標値達成（単セル換算出力密度；0.5 W/cm<sup>2</sup>以上）とセルスタックの健全性を検証し、燃料極支持形SOFCの実現性を明らかにする。

## 主な成果

### 1. スタックの構成（表-1）

全セラミックス製スタックは、単位セルと接続部材などにより、以下のように構成した。

- ①単位セルは、長寿命化を達成した燃料極材料で作製したガス流路付基板（5.0 cm角）に、緻密な電解質と当所独自のインターコネクタを成膜後、さらに電解質膜上に空気極（面積約12.0 cm<sup>2</sup>）を成膜して得た。
- ②単位セル間の電氣的接続と空気流路の確保を目的とする接続部材を空気極材料で作製して、単位セルと交互に並べた。また、燃料極基板全面にインターコネクタを成膜した終端部材を、最端部に配置した（図-1）。

### 2. 1,000℃における出力特性（表-2、図-2）

スタックを1,000℃に加熱した状態で水素ガスと空気を供給して出力特性を評価した。

- ①スタックの開回路電圧が理論値とほぼ一致したことから、各単位セルでの供給ガスのクロスリーク\*<sup>2</sup>がなく、ガスシール性にも問題がないことを確認した。
- ②単位セルの電圧が0.7V時において、開発目標値である0.5 W/cm<sup>2</sup>を超える出力密度が得られ、150時間の連続発電後も性能低下はほとんど認められなかった。

### 3. 試験後スタックの解体分析

燃料極基板上に成膜した電解質・インターコネクタの剥離や単位セルの破損は全く見受けられず、また、各部材の変質や部材間での反応生成物も観察されていないことから、本スタックの健全性が確認された。

以上より、当所の独自技術による燃料極支持形SOFCは、1,000℃において高い出力特性を示し、実用上の致命的な問題となる破損や材料劣化が生じないなどの健全性を有し、将来的な実現に対する見通しが得られた。

## 今後の展開

低コスト化に必要な接続部材の省略、単位セルの大面積化ならびにガスマニホールド・集電構造の改良を進めて、スタック構造の最適化・簡素化を図るとともに、実用レベルでのスタック化技術の確立を目指す。

主担当者 材料科学研究所 機能・機構発現領域 主任研究員 伊藤 響

関連報告書 「燃料極支持形SOFCスタックの研究 - 高出力密度、1,000℃作動型全セラミックス製3セルスタックの作製 -」 電力中央研究所報告：W03039（2004年4月）

\*1：スタックの最小単位となる単セルで、複数単位セルの接続によってスタックが完成する。

\*2：単位セルに成膜された緻密膜（電解質とインターコネクタ）で生じるガス漏れで、これが生じると開回路電圧が理論値を示さなくなる。

表-1 試作した燃料極支持形SOFCスタックの構成部材

部材名		組成・材質等	備考
単位セル	燃料極 (多孔質基板)	Ni-YSZサーメット (当所開発)	ガス流路付 5 cm角の燃料極焼結体基板
	電解質 (緻密膜)	8YSZ粉末 (市販品)	燃料極基板上にスラリーコート法で成膜
	空気極 (多孔質膜)	(La, Sr) MnO <sub>3</sub> (当所開発) 注	電解質膜上にスラリーコート法により成膜
	インターコネクタ (緻密膜)	ランタンクロマイト + 中間層 (当所開発)	燃料極基板上に中間層、ランタンクロマイトの順でスラリーコート法により成膜
接続部材 (多孔質基板)		(La, Sr) MnO <sub>3</sub> (当所開発)	ガス流路付 5 cm角空気極焼結体
終端部材 (多孔質基板)		Ni-YSZサーメット (当所開発) + インターコネクタ膜 (当所開発)	ガス流路付 5 cm角YSZ支持形材料焼結体にインターコネクタを成膜
シール・マニホールド部材		ガラスセラミックス	市販品にガス流路等を加工

注；高電流密度下での電圧損失と安定性を改良した空気極材料を開発したが<sup>59</sup>、本研究では改良前の材料を用いた。

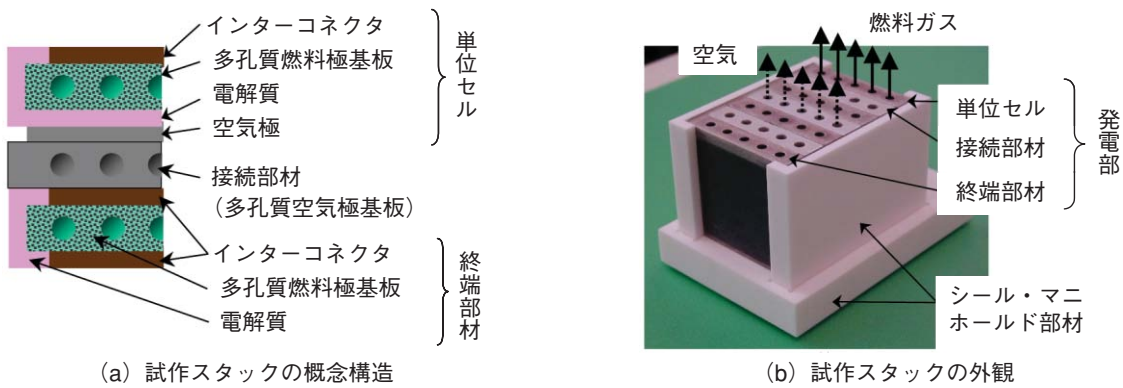


図-1 試作スタックの構造とその外観

各供給ガスはスタック下方より上方に向けて並行流として流し、発電出力は最端部にある単位セルのインターコネクタと終端部材に金属フェルトを押し当てて取り出した。

表-2 発電特性評価試験の結果

	1号スタック	2号スタック
燃料ガス	H <sub>2</sub> (35℃加湿) + N <sub>2</sub> (0.5 L/min) = 2.0 L/min	H <sub>2</sub> (20℃加湿) = 0.75 L/min
酸化剤ガス	Air = 4.0 L/min	Air = 1.5 L/min
開回路電圧	3.05 V	3.33 V
最高出力 (出力密度)	23.5 W (1.3 V × 17.5 A) (0.64 W/cm <sup>2</sup> )	18.0 W (1.9 V × 9.5 A) (0.52 W/cm <sup>2</sup> )
0.7 V時出力 (出力密度)	18.4 W (2.2 V × 8.7 A) (0.52 W/cm <sup>2</sup> )	17.5 W (2.1 V × 8.3 A) (0.50 W/cm <sup>2</sup> )

注；表中の出力密度は、単セル換算値（出力値／3セル／空気極面積）である。

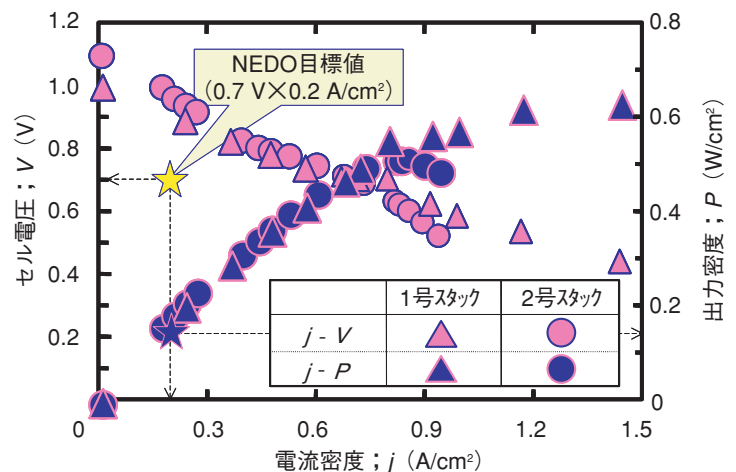


図-2 発電特性評価試験の結果

本研究では、単位セルやスタックの成立性を評価するために、2式の試作スタックの発電試験を実施した。1号・2号スタックの発電特性に見られる相違は、供給するガス流量が異なったために生じたものである。