

SOFC 単セル出力の温度依存特性の実験調査

Test examination of the output characteristics of the operation temperature dependence of SOFC single cell

学生会員 ○新 沼 諭 (北見工業大学) 正 会 員 小原 伸哉 (北見工業大学)

Satoshi Niinuma*¹ Shin'ya Obara*¹*¹ Kitami institute of technology

Recently, global warming has become a problem all over the world, and the development of clean energy is required. Therefore, fuel cells is attracting attention as clean energy. This research aims at developing SOFC power generation equipment and applying it to renewable energy. The objective of this study is development of SOFC single cell power generation equipment for building up renewable energy compensating SOFC power supply and investigation of load fluctuation characteristics. At the same time, the relationship between the operating temperature of a single cell and the followability will be investigated.

はじめに

固体酸化物形燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell, 以下 SOFC と略記)は, 700~1000 °C の高温で動作するため触媒が不要であり, 高効率 (40~60%) であるという利点がある。また, 発電時に CO₂ を排出しないため, 太陽光発電などの再生可能エネルギーとの連系が期待される。しかしながら, SOFC は瞬間的な負荷変動に対する出力追従が困難といった課題があり, SOFC の瞬間的な負荷変動特性についての研究は十分に進められていない[1]。そこで, 本研究では, 上で述べた課題に取り組むための試験装置を開発して, 実験により, 負荷変動時での SOFC 単セルの動特性を調査する。

1. SOFC 単セル試験装置の概要

図-1 に SOFC 単セル試験装置の概略図を示す。本実験ではアノード及びカソードの各電極に, 純度 99.9% の水素ガスと, 圧縮空気を送り込む。この際の流量調整は, 各ガス入り口に設置された流量調整バルブにて行う。管状電気炉の温度はソリッドステートリレーを介して, 温度コントローラにて調整する。電流電圧特性および負荷変動特性は, シーケンス機能を持つ直流電子負荷(菊水電子工業株式会社製, PLZ1004W)と, 0.2 秒単位でのデータ記録が可能なデジタルマルチメータ(株式会社テクシオテクノロジー社製, DL-2142)を用いて調査する。

2. 実験手順

本実験の手順は以下の(1)~(5)とする。

- (1)温度コントローラで管状電気炉を設定温度にする。
- (2)各電極入口の流量調整バルブからガスを送り込む。ま

た, 各電極の出口では, 水上置換法により流量を計測する。

(3)単セルの電流電圧特性を直流電子負荷で計測する。

(4)負荷変動特性の実験では, デジタルマルチメータで電圧を記録する。

実験は最初に電流電圧特性を測定する。次に負荷変動特性を測定する。いずれの実験でも単セルは, 試験温度 650 °C, 675 °C および 700 °C, 空気流量, 及び水素流量ともに 3.3 mL/s で試験する。

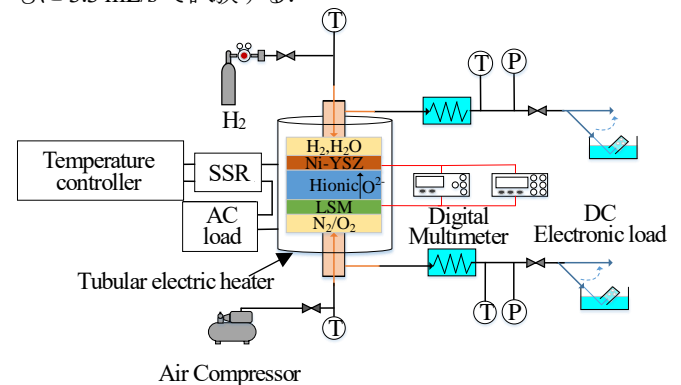


図-1 実験装置の概要

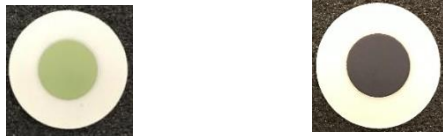
3. 試験用単セル及び温度調整回路

3.1 単セル

本実験で用いる単セルは fuelcell materials 社製の NEXTCELL™ である。この単セルの詳細を表-1 に, 外観を図-2 に示す。試験用単セルではアノード電極に, Ni-YSZ を, カソード電極に LSM(La_{0.8}Sr_{0.2}MnO₃) を使用している。また電解質として Hionic™ を使用している。この電解質材料は, 一般的な電解質である YSZ((ZrO₂)_{0.97}(Y₂O₃)_{0.03}) よりもイオン電導性が高く, 柔軟性があり, 耐久性が優れているといった特徴がある[2]。

表-1 NEXTECELL™ の詳細[3]

	Anode	Electrolyte	Cathode
材質	Ni-YSZ/	Hionic™	LSM
電極寸法	Φ12.5mm	Φ25mm	Φ12.5mm
厚み	~50μm	0.13-0.17mm	~50μm



(a)単セル, アノード側 (b)単セル, カソード側
図-2 使用した単セル

3.2 電気炉の温度分布

図-1 中の電気炉とその温度調整回路の詳細を図-3 に示す。図より、管状電気炉の温度は K 熱電対によって測定され、温度コントローラによって任意の温度に調整する。また、サーモグラフィーを用いて撮影した電気炉内の温度分布を図-4 に示す。今回は代表例として温度コントローラが 700 °C を表示している際の温度分布を示した。図-4 の長方形で示した範囲内の最高温度は 891 °C であり、最低温度は 545 °C と約 350 °C の温度分布が存在している。ここから、単セルの設置場所は、温度コントローラに接続した K 熱電対に近い箇所に設置する必要がある。

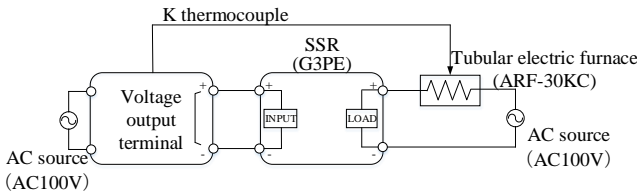


図-3 温度調整回路

表-2 管状電気炉の仕様

ヒーター	カンタル線
使用温度範囲	常温+50°C~1050°C
電源	AC100V
電気容量	500W

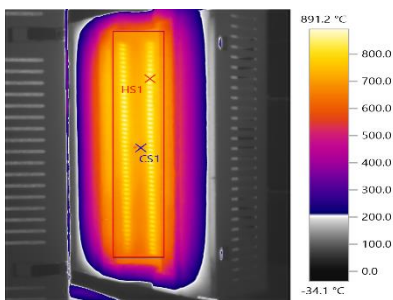


図-4 700°C時の温度分布

4. 実験結果

温度ごとの単セルの I-V 特性および I-P 特性を図 5, 6 に示す。図 6 より 650 °C, 675 °C および 700 °C の最大出力はそれぞれ 0.06 W/cm², 0.08 W/cm² および 0.11 W/cm² であり、700 °C 時の電力と比較して 650 °C は約 42 %、675 °C は約 26 % 電力が低下している。次に、単セルの変動電圧に対する追従特性を調査するため、風力発電の実測値から得られた模擬負荷を単セルに入力した。図 7 に

模擬負荷に対する SOFC 単セルの追従性を示す。図 7 から、5 秒~10 秒および 45 秒~48 秒にかけての電圧上昇に対し、追従できていないことがわかる。ここから、単セルあたり電圧が 0.8V 以上の運転下において 0.2V/s を超えない条件では追従可能である。

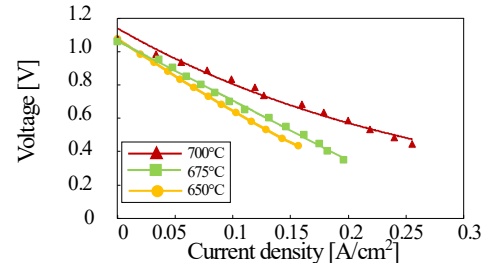


図-5 電流電圧特性

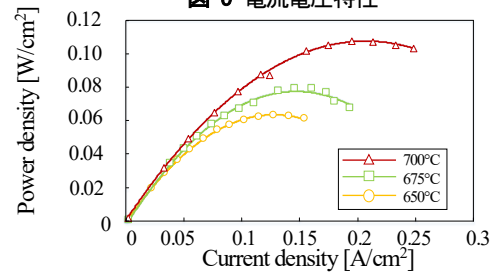


図-6 電流電圧特性

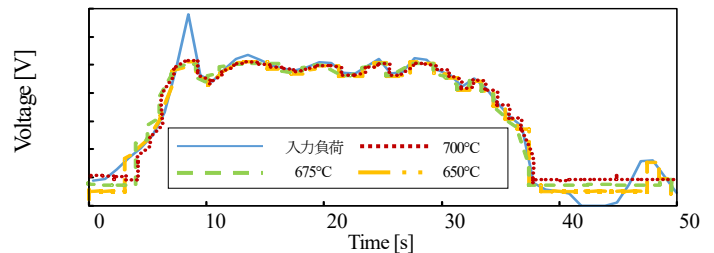


図-7 負荷変動特性

結言

本論文では、SOFC 単セルの評価装置を開発して、風力発電を模擬した変動電力の追従特性を、実験により評価した。これらの結果から、以下の結論を得た。

(1) 作製した SOFC 単セル評価装置では、おおむね適切な単セルの出力が得られた。

(2) 温度のコントロールが難しい燃料電池は負荷追従性が悪いとされているが、本実験で用いた単セルによる電圧変動実験では、追従特性の良い条件と、悪い条件があることがわかった。

以上より、風力発電との連携については単セルあたりの出力電圧が 0.8V 以上の場合、0.2V/s を超えない範囲で連系が可能である。

参考文献

- 「SOFC 瞬時負荷応答性の評価」電力中央研究所 <http://criepi.denken.or.jp/jp/kenkikaku/report/leaflet/M14007.pdf>
- fuelcell material HP <https://fuelcellmaterials.com/products/substrates/hionic/hionic-substrate-button/>
- 株式会社東陽テクニカ HP <https://www.toyo.co.jp/material/products/detail/ESC.html#link3>