# 発電環境変動が平板固体酸化物形燃料電池の性能に及ぼす影響

日大生産工(院) ○清水 涼矢 日大生産工 野村 浩司 日大生産工 菅沼 祐介 JAXA 岡井 敬一 JAXA 田頭 剛 JAXA 西沢 啓

# 1 緒言

現在問題となっている地球温暖化は、化石燃料 の使用による温室効果ガスの排出が大きな原因 と考えられている.化石燃料の使用を削減するた めに近年注目されている技術として、水素を利用 する燃料電池がある.この燃料電池をジェットエ ンジンと組み合わせたハイブリッド推進システ ムがJAXAで検討されている.ハイブリッド推進 システムでの利用が検討されている燃料電池は、 電解質膜にイットリア安定化ジルコニア(YSZ: Yttria Stabilized Zirconia)を用いる固体酸化物形燃 料電池(SOFC: Solid Oxide Fuel Cell)である.本研 究では、SOFCをジェットエンジンと組み合わせ た際に考えられる発電環境変化を模擬し、発電性 能にどのような影響を及ぼすのか、また SOFC の 破損や劣化について調査を行う.

ハイブリット推進システムとして利用する際 の発電環境変動には、温度変動、負荷変動、燃料 流量変動、圧力変動などが考えられる.本報告で は、発電中の負荷変動および燃料流量変動に関す る試験を行った.

### 2 SOFC 製作

実験に用いたセルは、Nextech Materials 社から 販売されている燃料極支持型単極セル AEB-2.0 を使用した.この AEB-2.0 は燃料極に電解質膜が 成形されている半電池の状態のものである.燃料 極は NiO と YSZ の混合材料で製作されている. 電解質膜は YSZ を用いて製作した 7 から 10 µm の層, GDC を用いて製作した 3 から 5 µm の層の 二層で構成されている.この半電池の電解質膜に, 同じく Nextech Materials 社から販売されている空 気極材料の LSM/GDC ペーストをハケ塗りで塗 布し,1200℃で1時間焼結する.その後,燃料極, 空気極ともにカーレントコレクタを取り付け,試 験セルの完成となる.

# 3 実験方法

発電試験装置は、高圧容器、断熱材、セル固定 用円筒セラミックス、燃料・空気供給管、セラミ ックファイバーヒータ、セル性能計測用リード線、 セル周辺温度測定用 K 種熱電対、ポテンショ/ ガルバノスタットなどから構成されている.

実験手順として,まず試験セルを性能試験装置 の高圧容器内に設置する.真空ポンプを用いて容 器内の空気を排出,窒素を充填し,セラミックフ ァイバーヒータで SOFC 周辺温度を上昇させる. セル周辺温度測定用 K 種熱電対で計測された SOFC 周辺温度が 600°C付近に達したら,開回路 電圧(OCV: Open Circuit Voltage)の測定を開始し, 空気極側に空気,燃料極側にアルゴン・水素混合 ガスを供給する. 800°Cに達し OCV が安定した ら,アルゴン・水素混合ガスを水素ガスに切り替 え,また OCV が安定するまで計測する. OCV が 安定したら,ならし発電を行う.十分にならし発 電を行い,最大出力密度が安定した後に各種発電 試験に移行する.

負荷変動試験は、ポテンショスタットで電圧制 御を行い, OCV または設計点(極間電圧 0.8 V)か ら折返し電圧まで掃引し、開始電圧に戻るように 制御する.これを 1000 サイクル繰り返し行い、1 サイクル毎に出力されるピークの電流密度を計 測し、負荷変動幅、負荷変動速度、負荷保持時間 がセルに与える影響を調査した.

流量変動試験は、ガルバノスタットで定電流制 御を行い、出力電圧を計測しながら水素または空 気の供給流量を基準流量から目標流量に急激に 減少させ、出力電圧が安定した後に再び基準流量 に急激に戻す方法で行った.流量変動前の基準流 量で安定した出力密度と流量変動後の基準流量 で安定した出力密度を比較し、セルへの影響を調 査した.

Effect of Environmental Variation of Power-Generation on Performance of Planar Solid Oxide Fuel Cell Ryoya SHIMIZU, Hiroshi NOMURA, Yusuke SUGANUMA, Keiichi OKAI, Takeshi TAGASHIRA and Akira NISHIZAWA

#### 4 実験結果

## 4.1 負荷変動試験

図1に負荷変動試験結果の一例を示す.負荷変 動幅OCV~0.4 V,負荷変動速度100 mV/s~10000 mV/s,負荷保持時間5 s~20 s の間では基板の破損 や劣化は見られなかった.負荷が大きく,試験時 間が長い試験では,電流密度の増加が見られた. これは発電によるセルの発熱が影響したと考え られる.これよりもさらに負荷変動が速い矩形負 荷変動試験においても,基板の破損や劣化は見ら れなかった.また,矩形負荷変動試験1サイクル において,SOFC の応答性を確認する試験を行っ たところ,0.001 s オーダーでの負荷応答性を確 認できた.

### 4.2 流量変動試験

水素流量変動試験結果を図2に示す. 縦軸の出 力密度回復率は,燃料流量変動前の基準流量での 出力密度で,流量変動後の基準流量での出力密度 を除した値である. 横軸の燃料過剰率λ<sub>f</sub>は, 印加 している電流値に対する理論必要水素流量を 1 とし、その何倍の水素流量であるかを示す値であ る. 流量変動中の燃料過剰率が2以上では出力密 度の大きな増減は見られないが、1と2の間で出 力密度の低下が見られた.装置に供給された燃料 の一部は燃料極の三相境界面に到達せずに排出 されてしまう. その割合は, 燃料極近傍の燃料の 流れ場や燃料流量,燃料極形状などに依存する. よって,燃料過剰率が1以上でも燃料極の三相境 界面が燃料不足状態になり, セルに劣化が起こっ たと考えられる.この条件では、燃料流量の減少 後にセルの出力電圧が減少し続けた. 図中の黒プ ロットは-1 V または-2 V で実験を中止した場合 の出力密度回復率を示している.-2Vまで電圧を 降下させたセルを実験終了後に観察すると, 電解 質膜と燃料極とが剥離する破損が起こっていた. 本流量変動試験では、反応に使用される水素が不 足しても,外部から電流が印加されているため空 気極側から酸素イオンが燃料極側に供給され続 ける. 燃料極材料であるニッケルが酸化されたこ とによる体積膨張により, 電解質膜と燃料極の界 面での破損が起こったと考えられる<sup>1)</sup>.

## 5 結言

(1) 負荷変動試験 1000 サイクルにおいて, セ ルの破損や劣化は見られなかった. さらに負荷変 動速度が速い矩形負荷変動試験 1000 サイクルに おいても、基板の破損や劣化はみられなかった.

(2) 矩形負荷変動試験を行い, SOFC の速い負 荷応答特性が確認できた.

(3) 水素流量変動試験において,水素過剰率が 1~2 付近で出力密度の低下があり,電解質膜と燃 料極が剥離する破損がみられた.



# -参考文献-

1) 渡辺智, 佐藤一永, 鋤納伸治, 井口史匡, 八代圭司, 雨澤浩史, 湯上浩雄, 橋田俊之, 水崎 純一郎, 川田達也, SOFC 動作環境中における燃 料極 Ni-YSZ サーメットの機械特性評価, 日本機 械学会論文集 A 編, 78 巻 787 号, pp.349-360, 2012-3.