

固体酸化物燃料電池スタック各セルの 電圧モニタリングシステムの構築

日大生産工(院) ○古田 大貴 日大生産工 野村 浩司 菅沼 祐介
宇宙航空研究開発機構 小島 孝之 岡井 敬一

1. まえがき

航空輸送の増加に伴って、航空機の環境適合性向上の要求が強まっている。旅客機の推進効率向上策の一つとして、これまではターボファンエンジンの大口径化が行われてきた。しかしながら、エンジンの大型化はエンジンと地表面のクリアランス確保などの観点から、既に限界域にまで達しており、今後エンジンの大型化による推進効率の向上は極めて難しくなっている。そこで新たな手法として小型・中型の電動ファンを多数配置することにより、総ファン面積を増加させることで推進効率の向上を図る方法が提案されている¹⁾。電動化において問題となるのが電力源である。現在JAXAでは固体酸化物形燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell : SOFC)を用いたFig.1のような複合サイクルエンジンを候補の一つにして研究が行われている。SOFC/GTはSOFCの高い熱効率²⁾によりシステムとしての熱効率向上が望め、SOFCの高温排出ガスと余剰水素をジェットエンジンの燃焼室に導くことで更なる熱効率向上を図る複合サイクルエンジンである。しかしながら、SOFCは急激な温度変化や圧力変化により破損・劣化が起こる³⁾ので、ハイブリッドジェットエンジンの設計や運転条件の検討にはSOFCの発電環境変動に対する耐性を調べておく必要がある。本報では、ジェットエンジンの圧縮機からSOFCに空気を供給するシステム構成を想定し、圧縮機出口近傍環境でのSOFC発電試験を行った。使用したSOFCスタックは、40個のセルを直列配置したスタックである。複合サイクルエンジンの起動からSOFCスタックによる発電までの期間の各セルの端子間電圧および電流をモニタリングするための計測システムを構築したので、その計測装置および予備計測試験結果について報告する。

2. 実験方法および測定方法

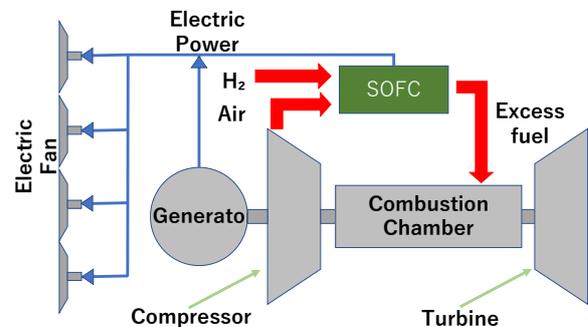


Fig.1 Configuration diagram of SOFC/GT hybrid

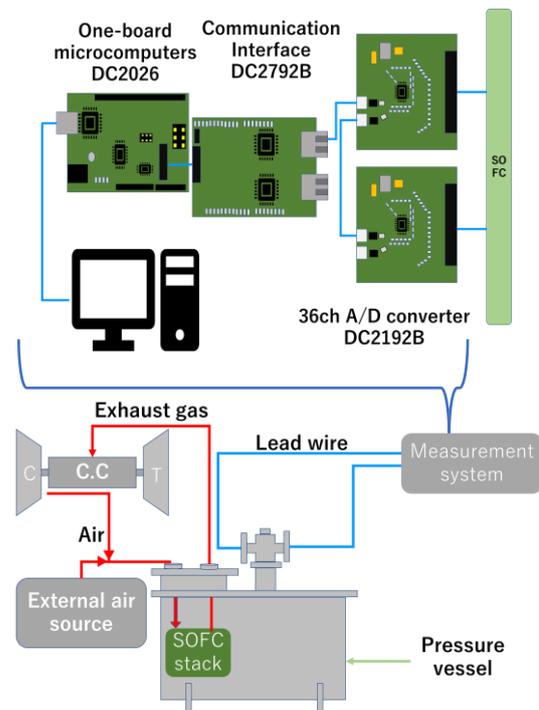
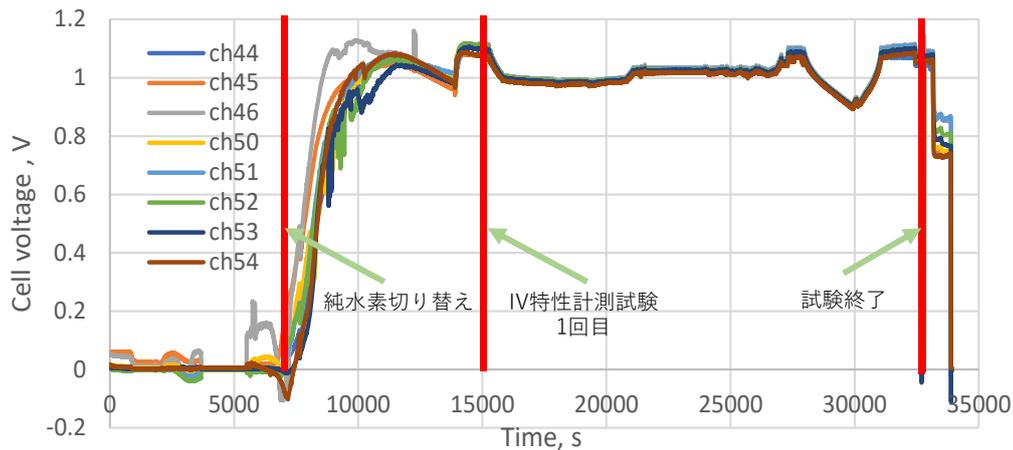


Fig.2 Configuration diagram of experimental apparatus.

実験装置の概略を Fig.2 に示す。SOFC は圧力容器内に設置され、電気ヒータにより作動温度の 650~700 °C まで 3 °C/min で加熱される。昇温中は 3%水素/97%窒素の混合気を燃料極へ供給し、作動温度に到達後純水素に切り替え

Construction of a voltage monitoring system for each cell
of a solid oxide fuel cell stack

Daiki FURUTA, Hiroshi NOMURA, Yusuke SUGANUMA,
Takayuki KOJIMA, and Keiichi OKAI



る。圧力容器には、小型ジェットエンジンの圧縮機に昇圧された高温空気または外部空気源によって昇圧された室温空気を導くことができる。各セルの端子間電圧計測に使用したのは、アナログデバイス社の燃料電池計測装置（DC2192B）であり、36チャンネル燃料電池モニタ用のAD変換器（LTC6806）を備えている。LTC6806は15mV未満の誤差で端子間電圧を測定することができ、0.1秒ごとのサンプリングが可能である⁴⁾。実験には、2台のDC2192Bを用いて40個のセルの各端子間電圧を計測した。最大72セルを計測できるが、今回は40セルの計測のため、1~4および37~72チャンネルを使用している。40セルを0.1秒ごとに計測したデータはcsv型式でPCのハードディスクに保存される。ファイルは10MBごとに新しいcsvファイルとして記録する。グラフ表示する場合は2秒間ごとにデータを平均し、データを圧縮して表示する。

3. 実験結果および検討

Fig.4はch44~46およびch50~54の端子間電圧を示したグラフである。計測結果のデータ量が膨大であるため、ここでは例として8チャンネル分をグラフ表示した。ほとんどのチャンネルで同じ端子間電圧履歴を示した。また、端子間電圧計測と時刻の連携をとった別計測システムにより、時間経過に伴う圧力容器内の温度・圧力、電流、水素濃度・流量、空気流量履歴を同時に計測することができた。これにより、SOFCスタック各セルの電圧変化と発電環境の変化を照合することが可能となった。SOFCスタック昇温中に低濃度の水素を供給している段階ではほとんど発電しないが、作動温度に達し、7000秒付近で純水素に切り替えると急

激に電圧が上昇して約1.1Vに達していることがわかる。また15200、および28000秒あたりではIV特性評価試験を実施しており、電圧降下が生じていることがわかる。試験終了時は燃料を1%水素/99%窒素混合気に切り替えるが、純水素に切り替えた際の立ち上がりと比べて、より急激に電圧が下がっていることがわかる。

4. まとめ

SOFCスタックの40セル全ての極間電圧を2つのAD変換器を組み合わせた計測システムを用いて計測することができた。各セルの劣化度の診断や損傷個所の特定、それらの原因の解明を短時間で行うことができるようになった。今後、発電環境がSOFCスタックに及ぼす影響を調査し、現在提案されているSOFC/GT複合エンジンの設計や運転条件検討に必要な基礎データと知見を収集する。

参考文献

- 1) 岡井敬一, 姫野武洋, 渡辺紀徳, 野村浩司, 田頭剛, コア分離電動ファン推進径の初期サイジングと性能評価, 第57回航空原動機・宇宙推進機構講演会, B-11-JSASS-2015-1034,(2015),p2
- 2) 雨澤浩史, 宇根元篤, 川田達也, 固体酸化物形燃料電池の基礎とその材料評価手法の紹介-SOFC,PEFC-, 材料科学の基礎第2号, p2,pdf 2021/10/2 閲覧
- 3) 清水涼矢, 静電噴霧堆積法による平板固体酸化物形燃料電池空気極製作と発電環境耐性試験, 日本大学院生産工学研究科修士論文, (2017), p52
- 4) LTC6806,36チャンネル燃料電池モニタ, ANALOG DEVICES, pdf ,2021/9/30 閲覧