

固体酸化物形燃料電池の発電試験装置製作と作動試験

日大生産工(院) ○今村 叶志 藤田 悠太郎 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

地球環境問題への対策について、航空業界に着目すると、国際航空運送協会(International Air Transport Association : IATA)が2021年に「Fly Net Zero」計画を決議した⁽¹⁾。その中の新技術に関して、JAXAでは燃料電池とガスタービンの複合サイクルを用いたハイブリッド推進システムが検討されている⁽²⁾。使用される燃料電池には、固体酸化物形燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell : SOFC)が想定されている。SOFCは、触媒に高価な白金を必要としないこと、発電効率が大きいこと、作動温度が高いことから排気のエンタルピーをタービンで利用できるという点で航空機に適している。しかしながら、航空機で運用するという特性上、多様な環境変化に曝されるので、現在主に定置型で使用されているSOFCでは想定されない負荷がかかることが予想される。そのため航空機での運用を模擬した環境で発電試験を行い、SOFCの特性を把握することでSOFCが破損する条件などを見出すことを試みる。JAXAのシステム試験に使用されている燃料電池スタックの燃料電池と同一材料・同一製法で作られたコイン型SOFCを対象に、実験的耐環境試験を多数行う必要があるため、本研究室で使用している発電試験装置を改良し、電池交換が行いやすいようにする必要があった。本報では、実験装置の改良と部分的な作動試験の結果を報告する。

2. 旧実験装置

本研究室の旧型発電試験装置は、平成26年度卒青木貴志氏が設計、製作したものを平成29年度卒清水涼矢氏が改良したものであった⁽³⁾⁽⁴⁾。円筒形の圧力容器の中にSOFCを収める箇所が中央にあり、その上方から空気および不活性ガス、下方から燃料の水素を供給する。中央部の内部構造は、上部フランジと接続された上部構造物と、下部フランジに接続された下部構造物

があり、上下からSOFCを挟み込むようにしてフランジを設置することにより、圧力容器の気密を行っていた。ここで問題となるのがSOFCの交換作業である。旧実験装置の交換作業の流れを以下に示す⁽⁴⁾。

- ① 圧力容器上下のフランジから各種供給管や熱電対、計測用のリード線を取り外す。
- ② 上半分の内部構造と下半分の内部構造をフランジごと取り出す。
- ③ SOFCを交換する。
- ④ 圧力容器外部で内部構造を組み立て、この段階で接触抵抗の取得やガス漏れ等の異常がないかチェックを行う。
- ⑤ 圧力容器に戻し、フランジに配管と配線を再接続する。
- ⑥ 再度接触抵抗の取得とガス漏れのチェックを行う。二度チェックを行うのは、圧力容器に戻すさい上下の内部構造が完全に分離するためである。

この手順を完了させることでようやく発電試験が行える。ほとんどの部品がステンレス製であるためSOFCを交換するのに力を要し、さらには手順が多いため一日あたり一度の燃料電池交換が限界であった。今後増える予想される燃料電池交換回数を実現できないと考えられた。

3. 新型実験装置の改善点

新型実験装置の概略をFig.1に示す。SOFC周りの構造を変更することで、SOFC交換作業時間短縮を図った。変更後の内部構造をFig.2に示す。なお、コスト削減のため、圧力容器およびフランジは旧実験装置から流用することとした。SOFCの交換作業は以下のようになる。

- ① 圧力容器上部のフランジから配管を取り外す。
- ② 上部フランジを持ち上げる。これによりSOFC周辺の内部構造も同時に取り出すことができる。また、下部のフランジを圧力容器に固定したままSOFCの交換作業を行うことができる。

Fabrication and operational test of power generation test equipment
for solid oxide fuel cells

Kyoji IMAMURA, Yutaro FUJITA, Hiroshi NOMURA, Yusuke SUGANUMA,
Takayuki KOJIMA, and Keiichi OKAI

- ③ SOFCを収めるセルカートリッジからSOFCを取り出し、交換する。
- ④ 接触抵抗やガス漏れ等のチェックを行う。
- ⑤ 上部フランジを内部構造ごと圧力容器内に戻し、配管を繋ぐ。

特に、この新型発電試験装置によって重いフランジの交換の手間を半分にすることができる上、実験とガス漏れのチェックを圧力容器外で完了させることができることに重点を置いた。これは内部構造を分離することなく、チェックが完了した状態を維持したまま、圧力容器に内部構造を戻すことができるためである。なお、Fig.2中にあるSilver ballは電圧・電流を計測するシースリード線と、カートリッジ内部のSOFCに密着させているカーレントコレクタに接続する白金リード線を接続させるため取り付けられている。また、新型実験装置の、内部構造をそのまま取り出すという特性上、旧型装置にあった、実験装置抵抗低減と気密性を保持するためのばねを設置することができなかつたため、代替としてステンレス製の錘をセルカートリッジ上部に配置している。

今回の実験装置改修において、実験装置の電気抵抗低減も合わせて行った。実験装置の抵抗がSOFCの内部抵抗値に比較して十分に小さくないと、SOFCの発電電力を計測する際に真の極間電圧より小さい値が計測される。そのため、燃料電池の出力を過小評価してしまうことから、実験装置抵抗を低減する必要があった。

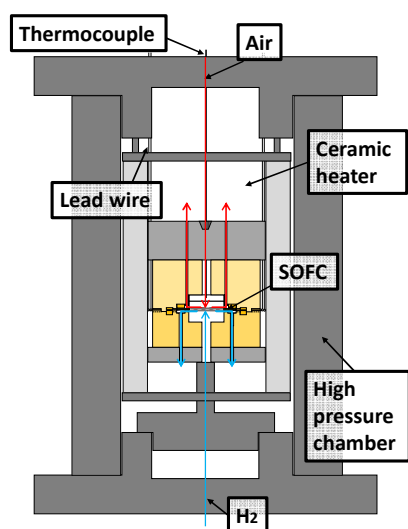


Fig.1 新型実験装置概略

4. 作動試験結果

新型実験装置の内部構造を改良したことで、SOFCの交換作業の負担が減り、旧型よりもスムーズな実験を行うことが可能となった。また、

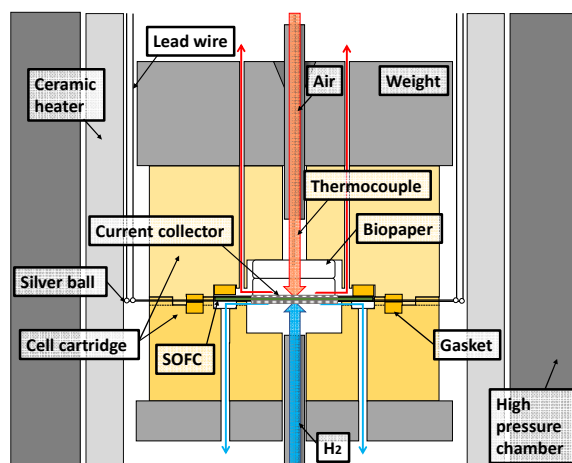


Fig.2 新型実験装置内部構造概略

微小抵抗計GOM-804(GW Instek社製)により、実験装置抵抗の内、計測の際にSOFCの内部抵抗に含まれてしまう接触抵抗を計測した結果、 $3.94\text{ m}\Omega$ であった。これはSOFC本体の抵抗よりも十分に小さい値であり、充分に設計要件を満たしたと考える。

5. まとめと今後の実験計画

燃料電池交換時間短縮については、発電試験装置の内部構造の改良により、作業工数が減少し、約2時間で交換作業を行えるようになった。また、内部構造の改良によって実験装置抵抗が低減されたことで、より正確な発電出力計測ができると考えられる。

今後の実験計画として、SOFCの破損する運転条件を調査する実験を行う。発電中に水素と空気の利用率を変化させながらIV特性を取得し、その値からSOFCの破損状況を考察する実験を計画している。

参考文献

- 1) International Air Transport Association, Net-Zero Carbon Emissions by 2050, (2021) <https://www.iata.org/en/pressroom/2021-releases/2021-10-04-03/>, (参照2022-10-4)
- 2) 宇宙航空研究開発機構, エミッションフリー航空機技術の研究開発, <https://www.aero.jaxa.jp/research/frontier/feather/>, (参照2022-10-4)
- 3) 青木貴志, 固体酸化物形燃料電池の加圧雰囲気発電試験, 平成26年度日大生産工修士論文
- 4) 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変動耐性試験, 平成29年度日大生産工修士論文