

ハイブリッド推進機関用固体酸化物形燃料電池の 発電試験装置改良

日大生産工(院) ○生駒 綾奈 日大生産工(院) 中野 哲磨
日大生産工 野村 浩司 日大生産工 菅沼 祐介

1. まえがき

現在、地球温暖化が問題視されている⁽¹⁾。原因は温室効果ガスであり、その年間排出量は二酸化炭素が大部分を占めている。そのため、航空機分野でも二酸化炭素排出量の削減が急務である。このような背景から、JAXAでは燃料電池とガスタービンエンジンの複合サイクルを電力源とした、ハイブリッド推進システムの開発が進められている⁽²⁾。概略を図1に示す。燃料電池には固体酸化物形燃料電池（Solid Oxide Fuel Cell: SOFC）が採用されている。この理由として、SOFCは発電効率が高いこと、作動温度が高く排気のエンタルピーをガスタービンエンジンで利用できることが挙げられる。しかしながら、航空機にSOFCを搭載することに関しては、問題点もある。SOFCの燃料極材料であるNiは高温空気雰囲気急速に酸化し、また極間電圧がNiとNiOの平衡電圧を下回っても酸化する⁽³⁾。その結果、燃料極材料の体積が膨張し、SOFCの破断につながる恐れがある。SOFCはセラミックスの積層構造であるため、急速な温度変化に対しても破損の恐れがある。SOFCがどのような運転条件で破損するかを把握する研究はSOFCの実用化に向けて必要である。

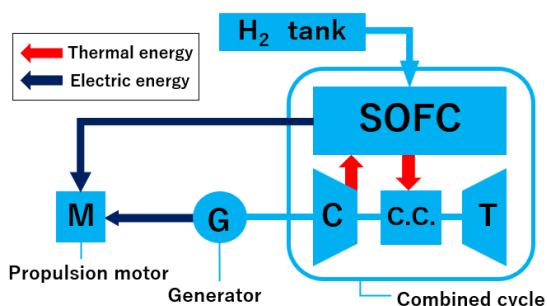


Fig.1 SOFC/GT hybrid propulsion system.

航空機に搭載するにあたり、SOFCの発電環境は変化する。変化が予想される水素・空気流入量や温度を変化させ、単一セルでの発電試験

を行う。SOFCの破壊条件を調べるため、実験では頻繁にSOFCを交換する必要がある。そこで、SOFCの交換作業が容易かつ短時間になるように発電性能試験装置を改良した。

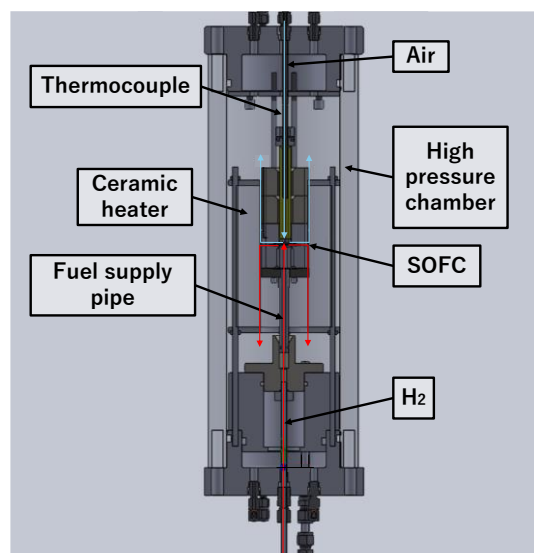


Fig. 2 Power generation test equipment.

2. 発電試験装置改良

改良前の発電試験装置の概略を図2に示す。試験装置は、円筒圧力容器(SUS304 製)、セルホルダ、燃料・空気供給管、電気ヒータ、断熱材、SOFC接続用リード線、SOFC雰囲気温度測定用K種熱電対などから構成されている。発電試験装置改良について、特に工夫した点を説明する。

2・1 燃料供給側フランジ治具

従来の燃料供給側フランジは約5.2kgの質量があり、交換作業には2～3人の作業員が必要で頻繁に交換するには不向きであった。そのため、今回は下フランジの肉厚を85 mmから15mm、質量を約0.84kgに削減した。加えて、SOFCと反応しなかった余剰水素が燃焼したことによって発生する水の処理方法が定まっ

Improvement of the power generation test equipment for solid oxide fuel cells
of hybrid aviation propulsion engines

Ayana IKOMA, Tetsuma NAKANO, Hiroshi NOMURA, and Yusuke
SUGANUMA

ていなかったため、繰り返し実験を行っても排水が行えるように改良した。改良した部品概略を図3に示す。燃料供給側フランジアダプタの厚み削減に伴い、燃料供給パイプも改良した。

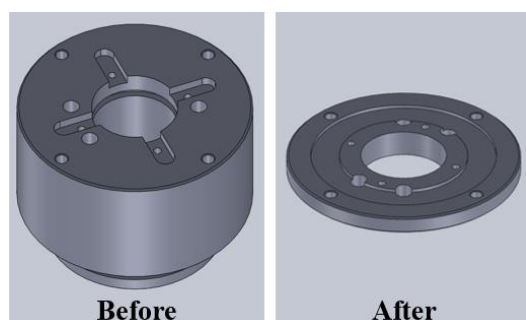


Fig. 3 Adapter for flange on fuel supply side.

2・2 燃料供給パイプ

改良した燃料供給パイプの概略を図4に示す。従来の全長90mmから142mmに長くした。この改良により燃料供給側フランジ治具の肉厚を削減することができただけでなく水素ガス漏れを防ぐOリング設置部をヒータ熱源から離すことができた。繰り返し実験を行う上でOリングを頻繁に変える必要をなくすことができたと考える。

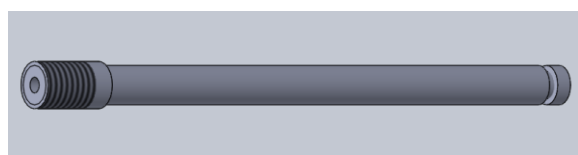


Fig.4 Fuel supply pipe.

2・3 ヒータ

改良したヒータの概略を図5に示す。現在までSOFC 設置部雰囲気の上昇の際に使用していたセラミックファイバーヒータ(WATLOW社, VC402A06A-0000R)はヒータ素線がむき出しになっていたためにショートする恐れがあった。また、ヒータ内径が内部モジュール外径と1.6mm程度の隙間しかなく外周空気が正常に流れない可能性があった。そこで今回は、6本のカートリッジヒータ(ミスミ社, MHK6.25-76.2-V120-W100)を並列に接続し、カートリッジヒータを断熱材(ニチアス社, ファインフレックスBIOキャスト)で固定して電気炉を製作した。加えて、断熱材を成形する際に外側面と内面が同心円かつ内面が内部モジュールと両側2mm程の隙間を確保できるようにした。

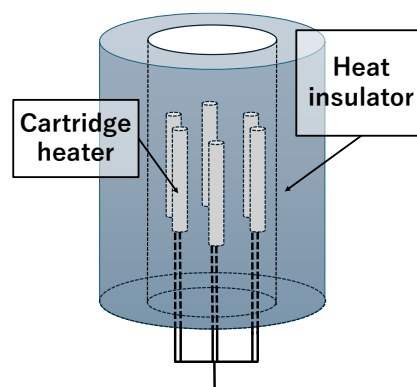


Fig.5 Heater.

2・4 ヒータ固定部品

改良したヒータ固定部品の概略を図6に示す。ヒータ6本を垂直に設置し断熱材の外部で並列に結線するため、新たに6つの穴をあけた。ヒータ導線がヒータ固定部品にあたりショートすることを防ぐため、十分な穴直径を確保し、面取りを施した。

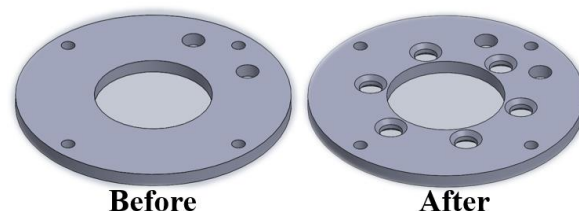


Fig. 6 Part for fixing heater.

3. まとめ

以上の改良を施したことにより、SOFCの交換作業を容易かつ短時間に行うことを可能にすることができたと考える。今後はこの発電性能試験装置を用いてSOFCの破壊条件を調査する。

参考文献

- 1) IPCC AR6 Synthesis Report: Climate Change2023, <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>, (参照 2023-12-07)
- 2) JAXA, エミッションフリー航空機技術の研究開発, 2021-07-27, <https://www.aero.jaxa.jp/research/frontier/feature/>, (参照 2023-10-10)
- 3) Faes, A., Hessler-Wyser, A., Zryd, A. and Van herle, J., A Review of RedOx Cycling of Solid Oxide Fuel Cells Anode, Membranes, Vol.2 (2012), pp.585-664.