ISSN 2186-5647

3-1

固体酸化物形燃料電池スタックの余剰燃料用インジェクタの保炎に関する基礎データ収集用実験装置の製作

日大生産工(院)○岩田 瑞稀　　日大生産工　野村 浩司
日大生産工　菅沼 祐介

1. 緒言

現在は 2019 年度後半から続いてきたコロナ禍も落ち着いており，国際航空運送機関（IATA）が 2024 年に発表した Air Passenger Market Analysis によると，2024 年 2 月に総旅客者数は 2019 年の基準値を 5.7%上回っていて，コロナ禍以前の数値に戻っていることが報告されている[1]．これに伴い，二酸化炭素排出量増加による環境への悪影響が懸念されている．国際民間航空機関(ICAO)では 2020 年度以降は国際航空における温室効果ガスの総量を実質ゼロにすると宣言している．そのため，航空業界での二酸化炭素排出量増加対策としては，航空機の燃料をバイオ燃料にするなどのいくつかの対策があるのだが，当研究室では航空機の電動化について研究している．ほかの交通機関（車など）では全電動化が進められているが，航空機の場合では，搭載するバッテリーや発電機の容量の問題があり，一部の制御装置のみ電動化されているのが現状である．電動化について新しいシステムを考える必要があり，電源として，

固体酸化物型燃料電池（SOFC）とガスタービンを組み合わせたハイブリット発電機の研究が進められている． 今年度は，水素／水蒸気混合気流速の速い領域において，拡散火炎を保炎することが可能な水蒸気濃度上限の基礎データを取得するために，実験装置の改良を行う．

2. ハイブリット発電機

SOFC の構造は，空気極，燃料極との間に電解質が挟まっている三層構造である．発電方法としては空気極に空気，燃料極には水素を供給し，700 ℃に加熱することで発電を行う．その際，化学反応によって水が生成されるが（高温下であるため水蒸気となる），この水は燃料極側で生成されるため，燃料流下流では水素濃度が減少する．そのため，SOFC には発電に必要な量よりも多く水素を供給する必要がある．この過剰な水素を無駄にしないために，水蒸気と余剰水素の混合気をインジェクタから噴出させて燃焼器内で燃焼させ，熱エネルギーをタービンで回収することで熱効率向上を図っている[2]．システム図を Fig.1 に示す．SOFC とガスタービン双方で発電した電力を用いて電動ファンを回すことで推力を得る．SOFC の余剰燃料は，前述したように燃焼器で燃焼させる．タービン単体での発電効率は 3 割程度だが，SOFC を組み合わせてハイブリット化した場合には 7 割程度にまで大きく向上するため，非常に高い熱効率で発電することが可能になる[3]．

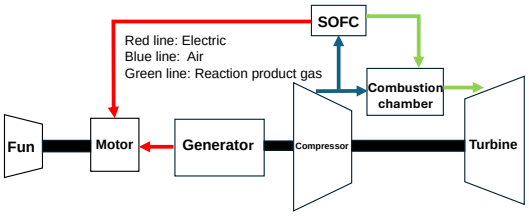

Fig. 1　Hybrid electric power generator.

3. 実験装置および方法

実験装置概概略をFig. 2に示す．また,装置の配置図をFig. 3および4に示す．水素と水蒸気,空気の流量を手動で調整しながらノズルに流して燃焼させ，流量（流速）と水蒸気濃度をパラメータとして保炎限界（火炎を観察することのできる最大水蒸気濃度）を計測する実験装置を製作した．

実験方法を記述する．マスフローコントローラ（MFC）から送り込んだ水素と空気の加熱はそれぞれの電気ヒータで加熱し,加熱した気体

Experimental apparatus for collecting fundamental data on flame stabilization at an injector for excess fuel from solid oxide fuel cell stacks

Mizuki IWATA, Hiroshi NOMURA and Yusuke SUGAMUMA

をノズルから噴出させ, その後燃焼させて火炎の様子を観察する.

今年度は, 宇宙航空研究開発機構が試作したハイブリッド発電システムの再現実験のデータ不足分を取得するため, バーナ出口における空気流速は10 m/s, 水素流速が最大25 m/sに設定できるように改良した. それを踏まえてMFCの流量の再計算を行い, 使用するMFCの選定を行った. 結果をTable1に記載する. 水素は30 L/min, 空気は70 L/min以上のMFCが必要である. 空気は200 L/minのMFCをそのまま利用できると判断し, 水素については使用するMFCを最大流量50 L/minの物へと変更した. また, シリンジポンプを設計した位置に配置すると, 水を加熱する電気ヒータ（水素を加熱する電気ヒータと共通）までの距離が長くなってデッドスペースが大きくなるため, シリンジポンプを水素／水蒸気加熱用バーナと同じ机の上に置くことで解決を図った.

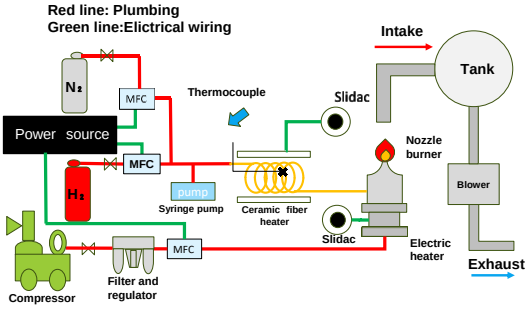

Fig.2 Experimental apparatus.

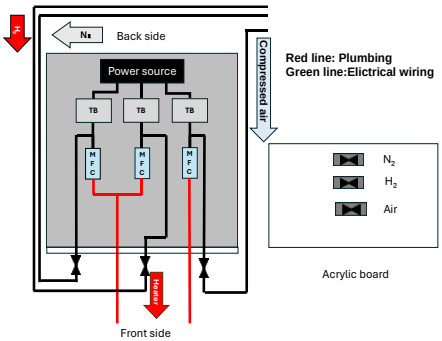

Fig. 3 Layout of gas flow system.

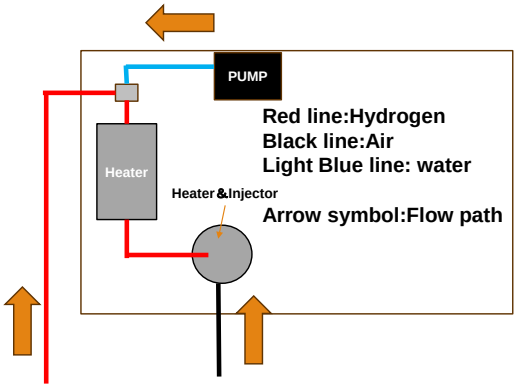

Fig. 4 Layout on the experimental table.

Table 1 Required flow rate.

	水素	空気
流速(m/s)	25	10
出口面積(mm^2)	78.5	113.1
流量(NL/min)	27.3	62.8

4. ノズルバーナ改良

ノズルバーナについても設計方針を改め, 設計し直すこととした. 空気ノズルの出口と水素／水蒸気混合気ノズル出口の高さの差を固定して製作する予定であったが, 今年度はノズル出口の高さの差を可変式にするため, 空気ノズルを上部と下部に分割してフランジによるねじ止め式にし, その間にスペーサを入れることで容易に空気ノズル出口の高さを調整できるようにした. これにより, 空気ノズルと水素／水蒸気ノズルの高さの差が保炎条件に及ぼす影響を調べることができるようになった.

5. 今後の展望

改良した実験装置の性能実験を行い, 保炎データを取得する予定である.

参考文献

(1)Air Passenger Market Analysis IATA Sustainability & Economics 3 April 2024 https://www. iata. org/en/iata-repository/publications/economic-reports/air-passenger-market-analysis-february-2024/

(2) 井上侑太, 佐藤 平, 正能 誉之, 実験室規模 SOFC/GT ハイブリッド推進機用リアクタのインジェクタノズル直径が保炎に及ぼす影響,(2020)

(3) 江口浩一 個体酸化物燃料電池(SOFC)の開発と展望 シーエムシー出版 p2