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

実験装置作成

日大生産工(院) 〇岩田 瑞稀 日大生産工 野村 浩司

日大生産工 菅沼 祐介

1. 緒言

現在新型コロナウイルス禍が収まりつつある ため,世界的に交通量が増えているが,同時に 二酸化炭素(CO₂)の排出量も増加すると推測 されている.CO₂は地球温暖化を引き起こす要 因になるため,脱炭素の動きが高まっている. 例えば航空機業界では既に温室効果ガス低減 に関する国際的な合意目標が存在している.国 際民間航空機関(ICAO: International Civil Aviation Organization)では2020年以降は国際航 空における温室効果ガスの総量を増加させな いようにすると宣言している⁽¹⁾.世界中で脱炭 素に向けて代替航空燃料,合成燃料の利用⁽¹⁾や 電動化が進められているが,当研究室では航空

(SOFC: Solid Oxide Fuel Cell)とガスタービン を組み合わせたハイブリットジェットエンジ ンについて研究している.今年度は、水素/水 蒸気混合気流速が速くなった場合に拡散火炎 が保炎可能な水蒸気濃度の基礎データを取得 するための実験装置を新たに製作する.

2. SOFC

SOFCの仕組みとしては、空気極と燃料極の 間に電解質層が挟まれた形の三層構造となっ ている.空気極側に空気、燃料極側に燃料とし て水素を供給し、600~1000 ℃に加熱すること で発電し、生成物として燃料極側に水が生成さ れる.SOFCの場合、反応で生成される水蒸気 は燃料極側に排出されるため、水素の流れの下 流では水素濃度が減少してしまう.そのため SOFCの燃料極には発電に必要な量以上の水素 を供給する必要がある.

3. 実験装置概要

実験装置概要図をFig1に記載する.前年度まではSOFCスタックで使用されていた複雑な形状の余剰燃料インジェクタを対象に実験を行ってきた.今年度は,基礎研究を行う方針である.昨年度はヒータで空気と水素を同時に加熱していたが,その方法では水素と空気に温度

差が生じてしまうため、新たな実験装置ではそ れぞれの気体を個別に電気ヒータで加熱する. 電気ヒータの出力計算を行った. 結果をTable 1に記載する.熱損失を考慮するとこの出力以 上のヒータが必要になる.この見積もりから, 空気に関しては出力が1500 Wの電気ヒータで 確実に加熱できると判断し,既存のフランジヒ ータを使用するという方針に定まった.また水 素の加熱には、昨年度まで気体加熱用に使用し ていた1400 Wの管状電気ヒータを使用する. 内部に設置する水素管は,銅管から黄銅管に変 更することによって、管の酸化を抑制した. 余剰燃料インジェクタには,基礎的なデータを 取得するため、ノズルバーナを採用した. ノズ ル出口流速が極力一様になるように設計する 方針である.



Fig. 1 Experimental apparatus.

Table I Required ficatel power	Table	Red	quired	heater	power
--------------------------------	-------	-----	--------	--------	-------

	水素	空気
流速(m/s)	10	30
温度(K)	973	973
必要出力(W)	32.1	288.7

Development of apparatus for fundamental experiments on flame stabilization of excess fuel injectors in solid oxide fuel cell stacks

Mizuki IWATA, Hiroshi NOMURA and Yuusuke SUGANUMA

4. ノズルバーナ

ノズルバーナの現時点のノズル部分の図面 をFig.2に示す.ノズルバーナは、3Dプリンタ で製作する計画である.ノズルの形状は参考文 献3を参考にした.ノズル出口直径を水素出 口は5 mm,空気出口は13 mmとし、同軸流にし た.その後、流路断面の絞り比を計算した.計 算結果をTable 2に記載する.

SolidWorksでノズルのモデルを作成し、 SolidWorks のFlow Simulationを使って流れの 数値シミュレーションを行った.気体と壁の温 度は973 Kに設定した. ノズルの長さとバーナ 軸方向流速分布の関係をFig. 3に示す. ノズル 出口から5 mm下流の流速分布である.ノズル 入り口から出口までのノズル長さを19, 22お よび32mmの3通りに変化させた. 空気ノズル の出口直径は前述のように13 mmであり、ノ ズルの対称軸を原点に半径方向に座標が設定 されている. このグラフから, ノズル全体の長 さが短くなるのに伴って出口中央部の流速が 均一になる傾向があることがわかる. ノズル 入り口から出口までの長さが22 mmの場合の バーナ軸方向流速分布をFig. 4に示す. ノズル 出口付近の水素流速がおおよそ均一になって いることがわかる. ノズル出口で水素流と空気 流の間の半径方向流速は,本計算条件の場合, 0.4 m/s程度であった.



Table 2	Nozzle dimensional	data

	水素	空気
最小直径(mm)	5	13
最大直径(mm)	18	45
最小面積(mm²)	12.57	21.99
最大面積(mm²)	254.47	1210.3
面積絞り比	12.96	10.70



Fig. 3 Relationship between nozzle length and axial flow velocity distribution 5 mm above the nozzle outlet.



5. 今後の予定

実験装置を今年度中に製作し、その後水蒸気 濃度が水素拡散火炎の保炎に及ぼす影響を、水 蒸気濃度、流速、気体温度を実験パラメータに して系統的に調べる.最終的には、水蒸気濃度 と流速の平面に高温水素の拡散火炎保炎マッ プを完成させる. 参考文献

- 志田聖悟,八代洋二,鄭秉國,矢野利明, 島居修一,高速水素噴流拡散火炎の保炎メ カニズム 鹿児島大学工学部研究報告, (2001)43,23-27,
- 経済産業省 次世代航空機に向けた研究 開発・社会実装の方向性<u>001_06_00.pdf</u> (meti.go.jp) 2023.1.11
- 3) Masato AKIMOTO Hiroyuki NAKAGAWA Motoaki KIMURA Double coaxial pipe je t control using DBD-PA and bluff body, V olume 18 Issue (2023) 1 Pages JFST0006