

## 緻密な固体酸化物形燃料電池電解質基板の製作と評価

日大生産工(院) ○中野 哲磨 日大生産工 野村 浩司 菅沼 祐介

## 1. まえがき

化石燃料の燃焼によって二酸化炭素が排出され、地球温暖化等の環境問題が深刻化している。気象庁によると世界の平均気温は2017年時点で工業化以前(1850~1900年)と比べ、約1°C上昇したことが示されており<sup>1)</sup>、この状況が続けば更なる気温上昇が予測される。2021年度における日本のCO<sub>2</sub>排出量のうち、運送部門は産業部門に次いで約17%を占めている<sup>2)</sup>、輸送部門のCO<sub>2</sub>排出量削減を輸送量の増減に関わらず確実なものとするのが重要となる。

航空業界に着目すると今後20年間で航空機の輸送量が約2.4倍に増加するとされ<sup>3)</sup>、それに伴い、航空機のCO<sub>2</sub>排出量削減に向けた電動航空機の開発が加速している。航空機用の燃料電池としては発電効率が高く、高価な触媒が不要であるという特徴を持つ固体酸化物形燃料電池(Solid Oxide Fuel Cell: SOFC)への期待が高まっている。

SOFCの電解質材料には種々の材料が提案されている。本報告では、電解質材料としてイットリア安定化ジルコニア(Yttria Stabilized Zirconia: YSZ)を使用し、材料の電気化学試験を行うために必要な緻密電解質基板の製作を粉体冷間プレス法により試みた。一般に、真密度に対して95%以上の密度を有する供試基板が電気化学試験では求められている。製作した電解質基板の密度を真密度との比で評価した結果を報告する。

## 2. 実験方法および測定方法

## 2.1 電解質粉末の製作

容量100mlの三角フラスコに直径3mmのYSZボール100gと攪拌子を入れ、YSZ粉末(東ソー株式会社、)13.5g、純エタノール50ml、バインダーとしてポリエチレングリコールを10wt%(1.5g)の加える。マグネットスタイラにより攪拌子を空回りしない程度の速度で回転させ、6時間湿式粉碎した。三角フラスコから蒸発皿に移し替えてホットプ

レートにより溶媒である純エタノールを沸騰させない温度(50°C程度)に加熱し、蒸発させる。純エタノールが蒸発したら、乾燥した材料をセラミック棒でそぎ落とし、メノウ乳鉢に入れすり潰した。その後ふるい(目の粗さ:200μm)にかけ、粒形の小さいものだけをバイアル瓶に移す。ふるいに残ったものは再度乳鉢によってすり潰す。

## 2.2 プレス成形

Fig.1に粉末成形金型の概略を示す。プレス機に、下パンチ(外直径25mm)、スペーサ、ダイ(内直径25mm、最大成形圧力:200MPa)の順に設置する。電解質粉末3.0gを量りとりダイに充填し、アクリル棒で厚みを均一にならす。上パンチ(外直径25mm)を乗せ、ジャッキでパンチに圧力をかける。仮成形では、油圧計の目盛りで1目盛り分の荷重をゆっくりかけ、ダイが摩擦力により落ちないようにする。荷重を抜き、スペーサを引き抜く。続いて本成形を行う。本成形ではそれぞれ、設定プレス圧力32.7, 49, 63.3, 81.7, 98MPa(油圧計で20, 30, 40, 50, 60MPa)をゆっくりかける。20秒ほど静置した後に油圧計の圧力が下がっている場合、再度設定荷重をかける。荷重をかけたまま3分間静置する。その後、荷重をゆっくり取り除き、2分間静置する。その後、ムーバをダイ上部にセットし、ダイを下降させて成形した基板を取り出す。出来上がった基板を電気炉により1400°Cで3時間焼結させ、完成である。両面プレスの場合、3分静置後に上パンチ、ダイ、および下パンチを組み合わせたまま上下を逆にし、再度同じ工程を繰り返す。

完成した電解質基板の厚みと基板直径をマイクロメータにより4点ずつ計測し、4点の平均値から体積を求めて密度を算出した。質量は電子天秤(エー・アンド・デイ、HR-251A)で計測した。得られた密度とYSZの真密度(5.90g/cm<sup>3</sup>)の比を密度比と定義した。

## 3. 実験結果および検討

各製作条件に対して3つの試料を製作し、焼結後に密度を計測した。完成した電解質基板の

Fabrication and evaluation of dense electrolyte substrate of solid oxide fuel cell

Tetsuma NAKANO, Hiroshi NOMURA, Yusuke SUGANUMA

外観をFig.2に示す。焼結後、電解質基板は20 mm弱の直径になる。

片方向プレスと両方向プレスの密度変化を調べた結果をFig.3に示す。プレス圧力が密度に及ぼす影響はほとんどないことがわかった。また、片方向のプレスと両方向からのプレスの基板密度に大きな差が無いことがわかった。

Fig. 4に密度比とプレス圧力の関係を示す。片方向プレスの結果である。エラーバーは3つの試料の最大値と最小値を、プロットは3つの試料の平均値を示している。目標であるYSZの真密度の95%を下回る試料も含まれていたが、プレス圧力を32.7 MPaとし、片方向プレスを行うことで、条件を満たす電解質基板を高い確率で製作することが可能であることがわかった。

#### 4. まとめ

プレス圧力を32.7 MPaとし、片方向プレスを行うことで、密度比95%以上の電解質基板を高い頻度で製作することが可能であることがわかった。今後は、焼結時間の延長による密度比の向上も検討したい。

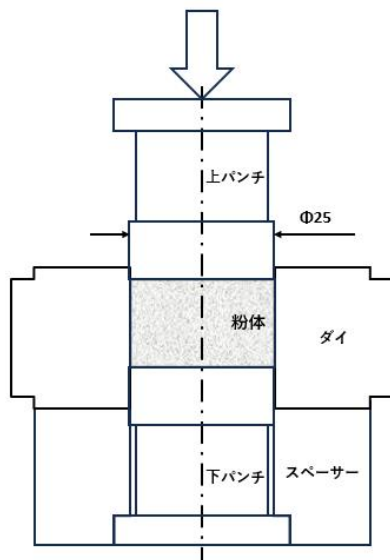


Fig.1 Die for powder press.

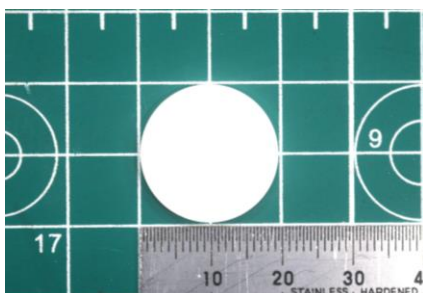


Fig.2 Manufactured electrolyte substrate.

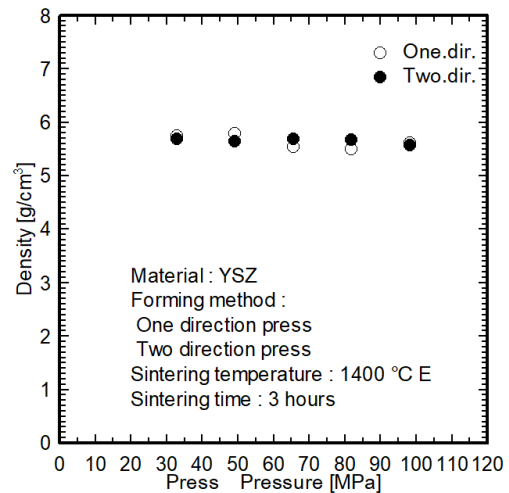


Fig.3 Relation between press pressure and density.

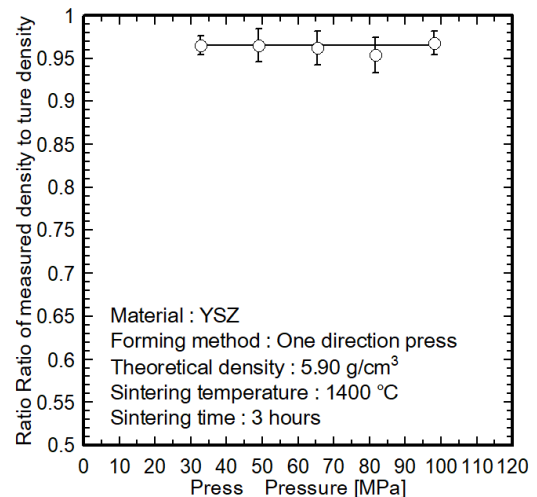


Fig.4 Comparison of measured density and true density.

#### 参考文献

- 1) 気象庁, 世界の年平均気温偏差の経年変化, [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_wld.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html), (参照 2023-10-11)
- 2) 国土交通省, 運送部門における二酸化炭素排出量, [https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei\\_environment\\_tk\\_000007.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html), (参照2023-10-4)
- 3) 国土交通省, 運送部門における二酸化炭素排出量, [https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei\\_environment\\_tk\\_000007.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html), (参照 2023-10-11)