感圧塗料による燃料電池内の酸素分圧分布測定

Measurement of oxygen partial pressure distribution in a fuel cell using pressure sensitive paint

○ 稲垣 俊 (東北大学) 永井 大樹 (東北大学) 浅井 圭介 (東北大学)

Suguru Inagaki, Tohoku University, 6-6-01 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8579 Japan

Hiroki Nagai, Tohoku University, 6-6-01 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8579 Japan

Keisuke Asai, Tohoku University, 6-6-01 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai, Miyagi, 980-8579 Japan

Key Words: Pressure-sensitive paint, Fuel cell, Oxygen partial pressure distribution

1. 緒論

将来の電力需要をまかなうために、小型で高効率なシステムの一つとして燃料電池(FC)が注目されている。燃料電池とは、酸素と水素を化学的に反応させ、水を生成する過程で電気エネルギーを得る発電装置である。この燃料電池のさらなる高効率化と寿命延長を図る上で、電極触媒層や拡散層での酸素分子の動的挙動および濃度分布の把握が重要な課題となる。この要求に応える測定技術として感圧塗料(PSP)技術が挙げられる。PSPは励起光によって色素が発した光の強度が色素周辺の酸素濃度によって変化する現象を利用した酸素分子センサであり、塗料を塗布した測定対象面上の酸素分圧分布を発光強度として2次元的にイメージで捉えることが可能である⁽¹⁾。

本研究では、PSP技術を燃料電池セル内の酸素分圧分布測定に適用し、その有用性を確認する試験を実施した。

3. 実験装置

Fig.1 に計測システムの概略図を示す。可視化セパレータ流路は上から順に流路①～⑦とし、幅・深さともに各流路1mm, 材質はアクリルである。PSPは、スプレー塗装により燃料電池カソード側の流路に塗布した。

光学系は、励起光源にはUV-LEDを用い、検出器にはマルチゲートCCDカメラ(分解能14bit, 解像度1344×1024)を用いた。なお検出器の前には、励起光の反射や迷光を除去するためバンドパスフィルタ($\lambda=650\pm20\text{nm}$)を置いた。

本実験で使用したPSPは、色素にPtTFPP(吸収波長400nm, 励起波長650nm, バインダーにPolystyrene(分子量100,000), 溶媒にトルエン, さらに撥水剤を3%添加したものを用いた。

4. 実験結果

Fig.2にストイキ比 $St=2$, 電流密度 $0.2[\text{A}/\text{cm}^2]$ における燃料電池可視化セル内の流路②, ④, ⑥上の酸素分圧プロファイルを示す。ここで、横軸は流路の出口部を原点とした位置、縦軸は酸素分圧 $P_{\text{O}_2}[\text{kPa}]$ である。この図から、全体的にガス入口部から出口部まで流路に沿って酸素分圧が減少しているのがわかる。ただし、流路によってその傾向は異なる。特に流路⑥は流路に沿って酸素の消費が非常に大きいことが分かる。一方、流路②では酸素分圧分布が流路入口から出口に沿ってフラットであり、酸素の消費が小さい。このことは、発電が起こらず、流路下部に比べて流路上部では反応が起こりにくいのではないかと考えられる。しかしながら、発電に伴い生成した水は下方ほど溜まりやすいので、発電・流量は均一だと仮定すれば、水滴によりガス流量が減少して、結果的に酸素濃度が減少するといった別の解釈も考えられる。

5. 結論

本研究では、PSP技術を燃料電池セル内の酸素分圧分布測定に適用し、その有用性を確認する試験を実施した。その結果、実発電実験において、燃料電池セル流路に沿った酸素分圧分布を可視化し、ストイキ比および電流密度による違いを明らかにすることが出来た。ただし、定量的には、局所的な温度分布の影響のために、十分な精度では計測できなかった。そのため、今後定量的な測定を行うためには温度・圧力を同時に計測できるシステムの開発が必要であると言える。

参考文献

- (1) T. Liu and J. Sullivan, Pressure And Temperature Sensitive Paints, Springer Berlin Heidelberg New York, 2004

Fig.1 Schematic of measurement system

Fig.2 Oxygen partial pressure distribution along channel ②, ④, ⑥