

4) 燃料電池自動車 FCV の排気ガスの SX によるガス分圧測定 湿度センサーを加えた FCV の電池内のガス濃度と分圧測定

(ハイセーフノミー / HysafeNohmi) ○菅原 順一・藤井 妥依子・海野 栄治・能美 隆
e-mail: nohmi@nohmi.tokyo

1.はじめに

自動車用燃料電池(PEFC: Proton Exchange Fuel Cell)は、水素エネルギーにより走行、その性能や耐久性は水蒸気に大きく依存する。高分子電解質膜はプロトン伝導性を含めて安定性を確保するために湿潤状態であり、生成水を含めて高湿度状態に維持されている^[3]。電池内は2気圧以上に加圧され50–80℃前後で相対湿度は80%程度と仮定すると、水蒸気分圧は10–20kPa程度になる。これまで燃料電池内の水素および空気成分より反応利用率等をガスモニター SX で測定しており、リアルタイム測定(ms)で瞬時の反応も捉えることが出来る^{[2][4]}。今回は燃料電池内の水分を含めたガス濃度を測定するために湿度センサーの利用により水分率を算出し、ガスの分圧表示が可能なシステムを構築したので、報告する。

2.実験方法

SX は質量分析計で測定質量数は機種により1–300であり、運搬可能である、サンプルを直接導入する事によりリアルタイム(ms)での測定が可能である。また、燃料電池に接続しながら自己校正も可能で、システム内部に標準校正ガスを内蔵している。Fig.2に高速走行時のFCV排気ガス測定結果を示す^{[1][5][6][7][8]}。

湿度センサは応答性の速いものから選択し、電気式で静電容量型の極薄基板が付いたフレキシブル型シスコム製 SHT45-FL 及び北陸電気製(HSU-CHM-04A)の2種類を用いた。排気ガスのサンプリングは吸引式とし、測定点とセンサーが設置された測定室間を隔ててその間をテフロンチューブで接続した。測定室以降は可変バルブおよびテフロンチューブを介して吸引ポンプ(榎本マイクロポンプ製作所製 CM-16-24)を接続した。チューブおよび測定室は水蒸気凝縮を防止するために保温した。吸引チューブ経路で N₂ 導入による除湿状態にし、十分除湿後に測定環境へ移動して測定し、除湿状態に戻す操作を繰り返した。測定環境は室内空気および水面上30mmの高さで、水温をパラメータとした測定を行った。保温温度は60℃および100℃とし、水温は24–89℃(30mm高さの温度は17–60℃程度)。ポンプ吸引流量は0.27 L/minとした。水温の他に30mm高さの測定点には比較のためにアルコール式の温度計を2本設置して乾湿式で湿度を計測した。

3.結果および考察

Fig.1 に燃料電池の使用温度と飽和水蒸気の関係を示す。使用温度では、水蒸気が~20kPaにもなり、水素ガスの圧力に比べ大きな値を示す。Fig.2にトヨタ(みらい)の排気ガス中のガス濃度を経過時間に対してプロットした。アイドリング時には H₂濃度が4%に近づくことがある。

Fig.3 に測定点の乾湿球計と吸引センサー間の水蒸気圧相関フラフを示す。保温温度を上げることで蒸気圧が上昇する傾向が見られた。凝縮や吸着がより抑制されたためと考えられる。Fig.4 は全ガス濃度を圧力で校正し、残りの圧力を水分とした測定結果である。

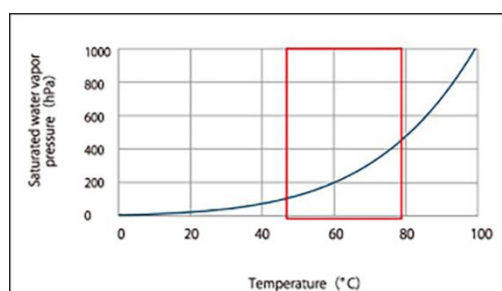


Fig.1 Saturated water vapor curve

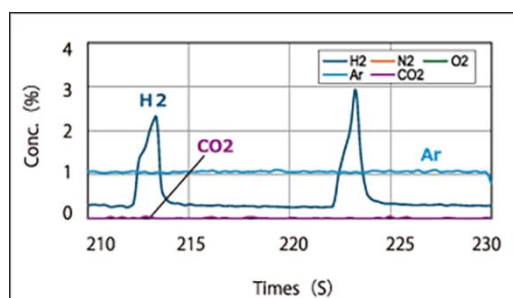


Fig.2 Exhaust gas measurement for FCV with SX

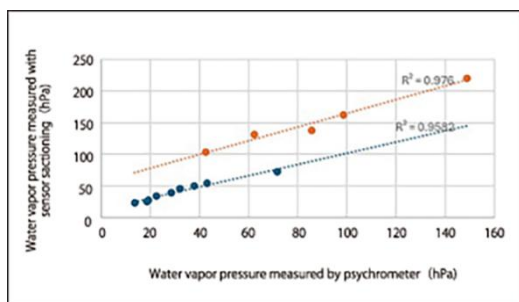


Fig.3 Water vapor pressure correlation between psychrometer and sensor with inhalation

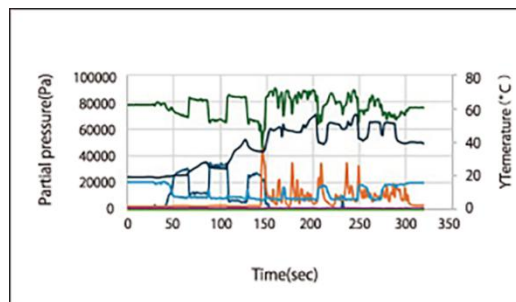


Fig.4 Partial pressure measurement with SX

4.おわりに

SXでの湿度センサーを加味した測定方法では1測定サイクルで湿度センサーにより測定された相対湿度および温度から水蒸気圧(水分率)を求め、残りの圧力を水素等ガス濃度で按分すること各ガス分圧を求める。

特に車載用燃料電池では負荷変動が大きいなかでガス流路に沿って輸送、蒸発、凝縮が繰り返される。短時間で水蒸気を含めたガスの動的な挙動を捉えることで燃料電池の性能を左右する膜の湿潤状態や反応による利用率の最適化ができ、さらなる燃費向上に大きく寄与できると考える。

参考文献(References)

- [1] ECE/TRANS/180/Add.13,HFCV-GTR,
http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29glob_registry.html
- [2] Nohmi,T.,Maekawa,M.,Mogi,T.,Hydrogen Ion Sensor,HESS,Vol.33,No2,1(2008)
- [3] Furusawa,K.,Nagoshi,K.,Tanimoto,S., Honda R&D Technical Review 23, No.24,279(2012)
- [4] Matsumoto,M.,Shimizu,K.,Research of Simulation Method of Hydrogen Diffusion for Fuel Cell ElectricVicle Development, Honda R&D Technical Review 23, No1,April,p.56-61(2011)
- [5] Nohmi,T.,Mogi,T., " Minitoring " Monitoring H2 Bubbles Behaviors by real time H2 sensor",No229,ICH2017
- [6] Mogi,T.,Nohmi,T.,No234, " Measurement of Hydrogen mixing process by high response hydrogen sensor",ICH2017Hamburg(2017)
- [7] NohmiT.1, Fatou K., Mogi,T.2, Dobashi R 2. No230, " 3D real time monitoring of 2 in FCV Apprications",ICH2019 Adelaide Australia(2019)
- [8] Y.Yoshiyama,T.Mogi, H. Yamazaki,I.Kojima,T.Fujii,Y.Sugawara,T.Nohmi, Y.Symposium on Polimers and Water No62 at Tokyo University of Agriculture On Y.Dec.6th P15(2024) ,
R1) Sx センサ <https://nohmi.tokyo/>

Partial pressure measurement of gases with SX

Gas concentration measurement in Fuel cell for FCV, incorporating a humidity sensor.

Yorikazu SUGAWARA, Taeko FUJII, Eiji UNNO, Takashi NOHMI

(HysafeNohmi:5-3-10 Daisawa, Setagaya-ku, Tokyo 155-0032 Japan) E-mail: nohmi@nohmi.tokyo