

B115

固体高分子形水素燃料電池内部の温度と湿度

(京大工) ○(正)河瀬 元明*

1. はじめに

水素燃料電池の高い理論発電効率は取り出す電流がゼロの場合の値であり、実際の固体高分子形燃料電池(PEFC)では出力があるため、セル単体での発電効率は高々50%程度にとどまる。電力に匹敵する量のエネルギーが熱として排出されることになる。この熱を利用するにより定置用燃料電池では高い総合効率を達成しているが、発電に比べて熱供給が過剰となっており、セル性能の改善が求められる。一方、燃料電池内部での発熱はセル性能に影響するが、熱がセルの動作にどのように影響を与えていたかは十分理解されていない。

2. 膜厚方向温度分布

発熱は膜電極複合体(MEA)で起こる。MEAからセル外部への放熱には温度勾配が必要であり、MEA温度は制御されているセル外部温度より上昇しているはずである。しかし厚さ 100 μm 以下の MEA 内の測温は困難であり、膜厚方向の温度分布は確かなデータがない。

PEFC では固体高分子のプロトン導電膜(PEM)を電解質として用いるが、PEM がプロトン導電性を示すためには湿潤状態でなければならず、セル内を高い湿度に保っている。湿度の過不足は原料ガスの供給阻害や PEM の破壊を招くため、水分管理が重要となる。温度は水の飽和蒸気圧や湿度、膜含水率を変化させるため、セル内現象の理解には温度分布を知ることが必要となる。

図1に PEFC の膜厚方向断面図を示す。通常の PEFC では PEM 厚さは 50 μm 程度であるが、我々は極薄熱電対(図1の TC A, B, C)を厚膜に挿入することにより温度上昇を実測した^{1, 2)}。例えば、セル温度 80°C、水素 80°C 加湿、酸素 70°C 加湿、電流密度 0.8 A/cm² の条件で約 0.5 °C の温度上昇が認められた。この程度の温度上昇でも、水の飽和蒸気圧の上昇の結果、MEA 近傍の相対湿度は数%低下する。自動車用途など低加湿で大電流密度の条件では、数°C以上の温度上昇が見込まれる。

3. 非等温モデルと伝熱パラメーター

膜厚方向の伝導伝熱を考えるとき、伝熱抵抗はおもにガス拡散層(GDL)とその境界にある。厚膜実験で得られた MEA 温度データを用いて、伝熱パラメーターを決定した。境界部分の伝熱抵抗は 30% 程度であること、セル締結

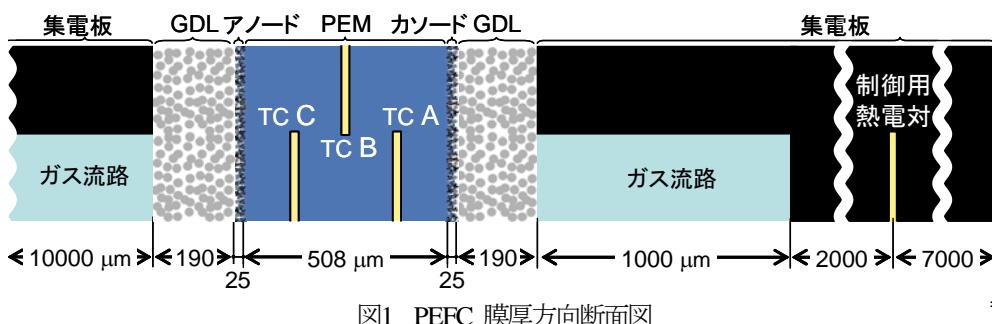
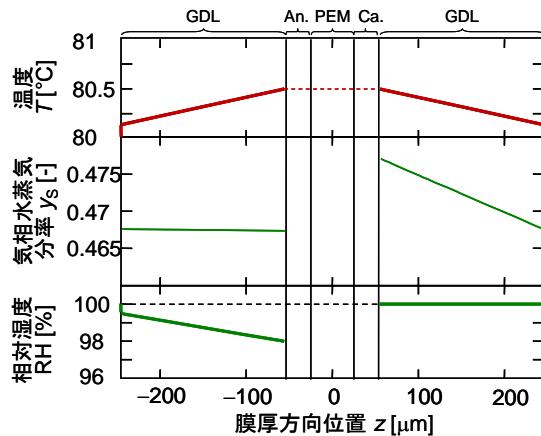


図1 PEFC 膜厚方向断面図

図2 温度湿度分布の計算例(セパレーター温度80°C、水素、酸素100%加湿境界条件、電流密度1 A/cm²)

圧を上げると接触状態の改善と圧縮による GDL の高密度化によって、伝熱性が向上することが定量的にわかった。これまでに提案した局所気液平衡を仮定し、エンタルピーワー輸送、静電ポテンシャル輸送、伝導伝熱を考慮した非等温モデル³⁾と実測に基づく速度パラメーターを用いて数值シミュレーションを行っている。

4. 膜厚方向湿度分布

膜厚方向の湿度分布については、実測も試みられている⁴⁾が、ここでは数値シミュレーションの結果を示す。図2には、100% 加湿の条件で、アノード GDL 内の水蒸気分圧がほぼ一定とみなせる場合でも、MEAに向かって温度が上昇すると、MEA 近傍では相対湿度が 98% まで低下することが示されている。3 A/cm² の条件では 90% 以下まで湿度が低下する。この例ではカソード側では凝縮が起り、液状水が存在し、湿度 100% となる。

ここに示した結果からわかるように、PEM は PEFC 内で、外部に見えているよりも過酷な条件に置かれている。低加湿でもプロトン導電性と耐久性のよい膜の開発が進められているが、GDL やセル構造の改良によってセル内の温湿度分布を改善することもできる。PEFC の一層の改良のためには、総合的な開発が重要である。

[謝辞] 本研究は、NEDO技術開発機構からの受託に基づいた固体高分子形燃料電池システム技術開発/次世代技術開発事業の一環として実施されたものである。

引用文献

- 1) 河瀬・稻垣・三浦、化学工学会第73年会 N124 (2008).
- 2) 河瀬・稻垣・三浦、第49回電池討論会, 2A17 (2008).
- 3) M. Kawase, T. Inagaki, K. Miura, *ECS Trans.*, **16**(2), 563–573 (2008).
- 4) T. Ikeda, T. Koido, S. Tsushima, S. Hirai, *ECS Trans.*, **16**(2), 1035–1040 (2008).

*kawase@cheme.kyoto-u.ac.jp