

燃料電池評価装置の測定信頼性の向上に関する研究

清水章良・木島一広・中村卓

Research on Improvement of Measurement Reliability of Fuel Cell Evaluation System

Akio SHIMIZU, Kazuhiro KIJIMA and Takashi NAKAMURA

要 約

燃料電池の発電性能を評価する装置は複数の電子計測機器、制御機器などで構成されており、それぞれの機器が独自に電圧や電流などの測定を行っているが、機器同士で影響を及ぼしていないかどうか、同じ試験でも機種の違いによって試験結果への影響はないかなどについて調査を行った。その結果、電流測定において、高い分解能を得るために負荷端子上に増設したシャント抵抗による測定方式が、センシング端子を経由して電子負荷装置に流れるバイパス電流分を考慮していないため、電子負荷装置で表示される電流値とシャント抵抗から得られる電流値にずれが生じていることが分かった。また、燃料電池に対して外部から電圧を加えて劣化を加速させる試験において、電気化学測定装置の機種が異なると電流波形がさまざまに最大電流値に制限が設けてあるものや波形の立ち上がりが遅いものなどの違いがあることが分かった。

1. 緒 言

環境への負荷が少ないエネルギー供給方法の1つとして燃料電池が着目されてきており、家庭用燃料電池や燃料電池自動車などが市場に投入されるなど、実用化が進んでおり、国でも水素社会の実現に向けて水素・燃料電池戦略ロードマップ¹⁾を策定し、燃料電池自動車においては2020年までに4万台程度、2025年までに20万台程度、2030年までに80万台程度の普及を目標としている。当センターにおいても平成27年度よりNEDO（国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構）の固体高分子形燃料電池（PEFC）の技術開発事業に参画しており、燃料電池の発電性能が評価可能な機種の立ち上げを目指している。

PEFCは触媒として白金を用いている場合が多く、そのためどうしても原材料コストが高くなってしまい、大量生産してもコストダウンがあまり期待できない。よって実用化されている製品が市場に出回っている現状においても、性能向上やコストダウンを目的として白金量の低減化や、白金の代替材料を用いた触媒の開発のニーズが高く、盛んに研究開発が行われている。

当センターでは新規材料の発電性能を客観的に評価できる機関として十数台の発電性能評価装置、複数の電気化学測定装置を整備して立ち上げを行っているが、様々なメーカーの装置があるため、同じ試験条件で測定を行っ

ていても装置の内部の仕様の違いなどにより異なった結果になっていないか、同じ条件設定で劣化加速試験を行っても燃料電池に対して同じ負荷となっているのかどうかなどが懸念される。

そこで本研究では、複数ある発電性能評価装置の計測方法を調査し、計測器や制御機器がお互いに影響を与えることなく測定が実施されているか、燃料電池に負荷を与える試験では機種ごとに負荷の違いはないか等について調査を行った。

2. 性能評価に用いる機器

2-1 発電性能評価装置

燃料電池の発電性能評価装置は、燃料電池を発電状態にさせるための発電部と、性能を測定するための測定部から構成されており、発電部には燃料となるガスをマスフローコントローラによって精度よく流量を制御しながら供給する部分、ガスの露点温度を制御するための加湿部分、燃料電池やガスの温度を制御するための温度調節部分などで構成されている。測定部はガスの流量、温度、燃料電池セル温度など発電部で制御しているパラメータの測定値に加えて、燃料電池の評価解析に用いるための電圧値、電流値、抵抗値の測定部分から構成されている。

燃料電池の性能評価方法としてよく用いられている方法に、発電状態の燃料電池の電流値を変化させた時の電

圧値の推移を測定する IV 測定があり、当センターで行っている燃料電池の発電性能評価においても NEDO が示しているセル評価解析プロトコル²⁾にて測定を実施している。IV 測定は電子負荷装置によって燃料電池の発電電流を変化させ、その時の電圧値を計測しているが、解析のパラメータとしては MEA 電極面積あたりの電流値（電流密度）が必要となっており、NEDO のセル評価解析プロトコルで示されているような MEA 電極面積が 25 cm²ある JARI 標準セルが測定対象の時は、電流密度が 25 mA/cm²から 1200 mA/cm²の範囲に渡って測定を実施する必要があり、電流値に換算すると 0.625 A から 30 A と広範囲に渡って測定する必要がある。また 1 cm×1 cmセルの場合には電流換算で 2 mA から 2 A の範囲に渡っての測定が必要である。このように広範囲に渡って精度よく電流測定をする必要があるため、電子負荷装置の電流値を計測結果として用いず、電流測定用にシャント抵抗を設けて精密に電流計測を行っている装置もある。図 1 に示すように JARI 標準セルは、外部に電圧を出力する集電板の内側に、セパレータ、MEA という構造になっている。そのため電圧値の測定は、測定ケーブル、セパレータ、集電板による電圧降下を避けるためや、測定端子、集電板、セパレータ間の接触抵抗を低減させるため、四端子法を用いて測定できるようにセパレータ部分に電圧測定用の端子挿入用の穴が設けてある。

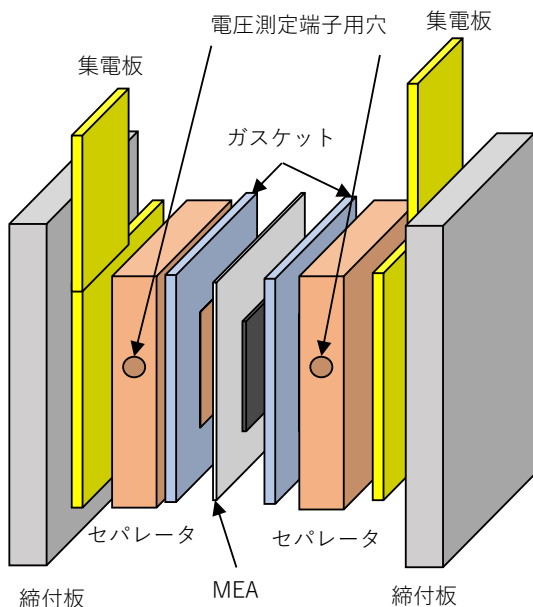


図 1 JARI 標準セル構造図

2-2 電気化学測定装置

セル評価解析プロトコルでは燃料電池の耐久性を評価するために、燃料電池に対して外部から電圧を印加して劣化を促進させる試験がある。劣化させたい対象は触媒

材料であるが、材料の中のどの部分を劣化させたいかによって印加させる電圧の条件や波形が異なっており、カーボン担体の劣化を促進させるには図 2 に示すような三角波状の電圧波形を印加する起動停止模擬サイクル試験、白金触媒の劣化の促進が目的の場合には図 3 に示すような方形波状の電圧波形を印加する負荷応答模擬電位サイクル試験を実施する。

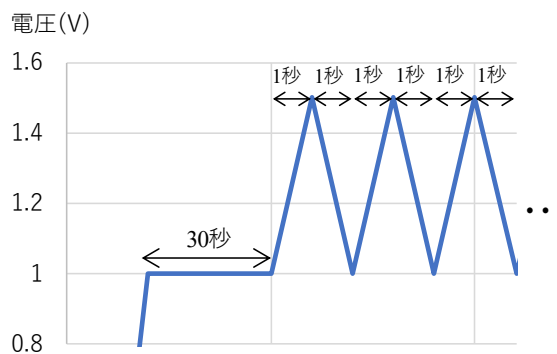


図 2 起動停止模擬電位サイクル

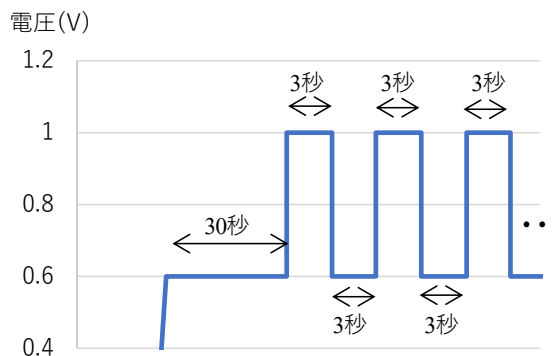


図 3 負荷応答模擬電位サイクル

3. 結果および考察

3-1 発電性能評価装置について

発電性能評価装置において電流測定用にシャント抵抗を用いて測定を電流値の測定を行っている装置について、電子負荷の電流表示値と差が生じている場合があったため、電子負荷の内部構造を調査した。その結果、図 4 に示すように電子負荷の内部で電圧測定用のセンシング端子と負荷端子の間に 10 Ω のバイパス抵抗が接続されていることが分かった。バイパス抵抗が無い場合は燃料電池に接続されている端子のうち電圧計測部につながっているセンシング端子は電圧計測部の内部インピーダンスが高いため、電流はほとんど流れず負荷端子側に流れるため、負荷端子側に設けたシャント抵抗で精密な電流測定が可能となっている。しかし、バイパス抵抗が接続されている場合は、燃料電池からシャント抵抗、負荷端子を経由して電流計測部につながる経路に加えてセンシ

グ端子からバイパス抵抗を経由して電流計測部につながる経路が存在してしまう。このため、シャント抵抗で負荷端子を流れる電流値だけを計測しては、センシング端子を経由する分が不足した形で測定されてしまう。発電性能評価装置に使用されているシャント抵抗の定数は $5\text{ m}\Omega$ であったり $50\text{ m}\Omega$ であったりと装置によって異なるが、それぞれの経路に流れる電流値は配線の影響を考慮しない場合、シャント抵抗とバイパス抵抗の抵抗値の比となるため $50\text{ m}\Omega$ を使用している装置では、シャント抵抗で 2 A が計測されるときには実際には 2.01 A 流れていることになる。

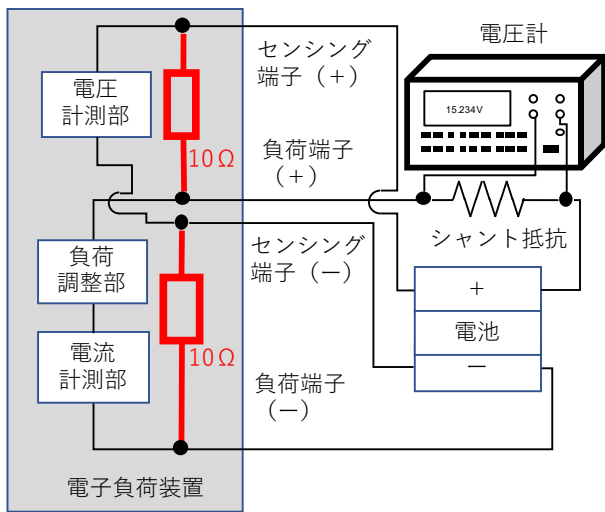


図4 電子負荷の構造

3-2 電気化学測定装置について

製造メーカーや仕様の異なる電気化学測定装置6機種が行う劣化加速試験について、機種の違いによって燃料電池側に与える影響の違いが無いかの調査を行った。起動停止模擬電位サイクル試験は図2にあるように2秒を1サイクルとした三角形状で電圧を変動させる試験であり、電圧変動時間が緩やかなため制御装置による差も無く問題なく試験可能だと考えられる。しかし、負荷応答模擬電位サイクル試験は図3にあるように方形波として電圧波形が規定されており、電圧の変動が一瞬で起こるため、装置間で電流について何らかの制御が行われている可能性が考えられるため、機種ごとに違いがないか測定を行った。

図5は6機種について負荷応答模擬電位サイクル試験の電流波形の測定結果であるが、装置Aは電流の立ち上がりが緩やかになっており、装置Cや装置Dは電気化学測定装置側で電流に上限が設定されておりそれ以上に電流が流れないようにしている。装置B、E、Fについては電流制限や電流の立ち上がりに制限を設定する

ことなく、規定された電圧波形を出力していると考えられる。B、FとEで最大値に倍の差があるのは電気化学測定装置に内蔵されている電圧印加用の電源の容量がEだけ2倍ある装置のため電流値も2倍近い値まで上昇しているものだと考えられる。

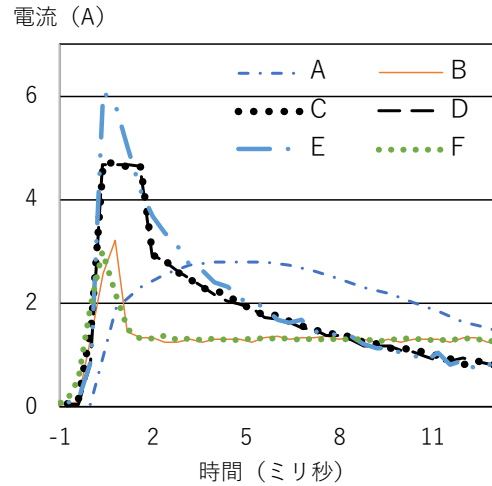


図5 負荷応答試験装置間比較

4. 結言

本研究では、燃料電池の発電性能評価において使用する試験装置である発電性能評価装置、電気化学測定装置について機器の構成の違いなどによって測定結果に差異が生じていないかについて調査を行った。その結果、発電性能評価装置についてはシャント抵抗を用いた電流測定を行っている方式については余計なバイパス電流が流れていないか考慮する必要があることが分かった。電気化学測定装置においては規定通りの電圧波形が出力されていても電流波形には違いがあることが分かった。

次年度はこれらの現状に対して測定結果に与える影響や、精度および再現性のより高い測定が行える方法について検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 経済産業省：水素・燃料電池戦略ロードマップ。
<https://www.meti.go.jp/press/2018/03/20190312001/20190312001-1.pdf>, (2019-3-13 参照)
- 2) NEDO 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)固体高分子形燃料電池実用化推進技術開発基盤技術開発「セル評価解析の共通基盤技術」セル評価解析プロトコル。
<http://www.nedo.go.jp/content/100537904.pdf>, (2019-5-13 参照)