

# 燃料電池評価装置の測定信頼性の向上に関する研究（第2報）

清水章良・平川寛之・中村卓

## Research on Improvement of Measurement Reliability of Fuel Cell Evaluation System (2nd Report)

Akio SHIMIZU, Hiroyuki HIRAKAWA and Takashi NAKAMURA

### 要 約

燃料電池の発電性能評価は、電子負荷装置を用いて燃料電池の発電を一定の電流に保った状態で電圧値、電流値を測定し解析を行うことにより、評価を行っている。評価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、それらの中には電流値や電圧値を精度よく取得するために改良を施してある装置もある。本研究では、それらの評価装置がどの程度信頼性を確保できているのかについて、計測の不確かさの考え方を適用し評価を行った。その結果、電子負荷装置で表示される値が最もばらつきが多く、電流値に至っては他の方式の13倍以上という結果になり、現在の測定方式は電子負荷の装置の測定値を用いる場合に比べて精度の高い測定になっていることが分かった。

### 1. 緒 言

環境への負荷が少ないエネルギー供給方法の一つとして燃料電池が着目され、実用化に向けて様々な研究開発が進み、今日では日本においても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てきている。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80万台程度の普及と具体的な数値目標を示しており<sup>1)</sup>、2019年9月にはロードマップにおいて示した目標達成のために克服しなければならない技術的課題に対する取り組み方針を示した、水素・燃料電池技術開発戦略<sup>2)</sup>を策定するなど、未だ研究開発が盛んな状況である。

当センターにおいても国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の固体高分子形燃料電池（PEFC）の技術開発事業に参画し、燃料電池の発電性能が評価可能な機関として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使用量の低減化や、非白金触媒の開発ニーズが高く、盛んに研究が行われている。

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の確立を目指して、十数台の発電性能評価装置、複数の電気化学測定装置の整備を行っている。発電性能評価装置は複数の電子計測器、制御機器などから構成されているが、精度の高い測定をするためにシャント抵抗が挿入されているものや燃料電池セルに直接プロービングを行っているもの、アンプを介して測定を行っているもの、など測定データの取得方法が異なっているものが存在している。

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について計測の不確かさの考え方を適用し、それぞれの測定方法がどの程度ばらつきを持った測定を行っているかを調査し、電子負荷装置の表示値を評価に用いる場合と比べてどの程度精度が向上しているかについて検証を行った。

### 2. 燃料電池セルおよび発電性能評価装置

#### 2-1 燃料電池セル

当センターで使用している燃料電池セルは図1に示すような構造をした、一般にJARI標準セルと言われるセルを使用している。JARI標準セルは外部に電圧を出力する集電板の間に、MEAにガスを供給する流路が彫られたセパレータがある。

集電板で測定される電圧値は、セパレータと集電板の間に生じる接触抵抗やそれら自身が持つ電気抵抗によって起こる電圧降下の影響を含まれてしまう。その

ため、正確な電圧値を測定するために、セパレータ部分に電圧測定端子用の穴を設け、四端子法での測定が可能な構造になっている。

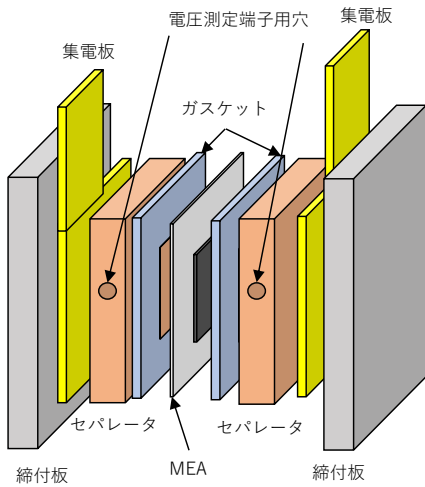


図1 JARI 標準セル構造

## 2-2 発電性能評価装置

発電性能評価装置は、燃料電池を発電させるための発電部と、性能を評価するための測定部から構成されている。発電部は、燃料となるガスをマスフローコントローラを用いて精度よく供給する部分、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、燃料電池セルの温度など発電部で制御している各パラメータの設定値や測定値に加えて、燃料電池の性能評価解析に用いるための電圧値、電流値、抵抗値測定部分から構成されている。

電圧測定部、電流測定部は各種測定機器間の接続が発電性能評価装置ごとに特色がある。装置Aの電圧測定部は、図2に示すように燃料電池に直接プロービングしているのは電子負荷装置とアンプのみであり、性能解析に使用されるデータはアンプで増幅された信号をPLCで測定し、PLCからデジタルデータとしてロガーに送る方式をとっている。装置Bの電圧測定部は、図3に示すように燃料電池に対して電子負荷装置やPLC (Programmable logic controller)、表示用パネル、データロガーといった各機器の電圧測定端子が直接プロービングされている方式でありそれぞれの機器が独自に電圧測定を行っており、実際に性能解析にはロガーで測定される値を用いている。

電流測定部については、装置A、装置Bともに電子負荷装置は燃料電池に対して直接プロービングされており、電子負荷装置と直列に接続されたシャント抵抗で電流値を電圧信号として変換し、アンプ回路で電圧信号の増幅を行い、ロガーやPLCの電圧測定端子に接続することで

測定を行っている。

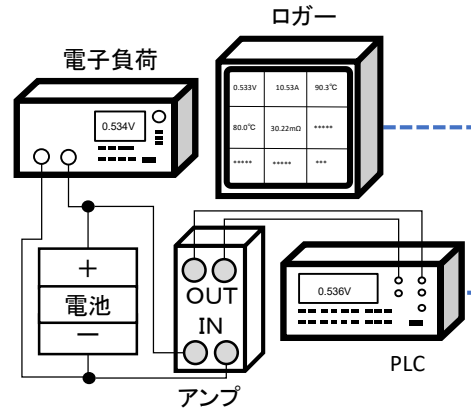


図2 電圧測定部（装置A）の接続図

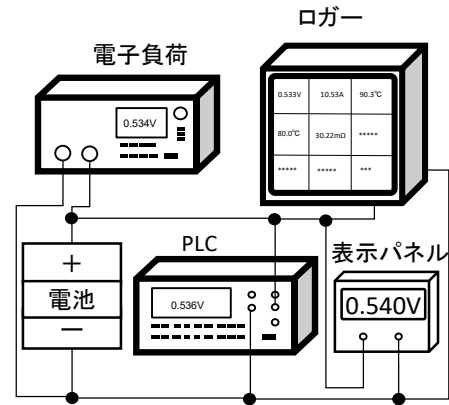


図3 電圧測定部（装置B）の接続図

## 3. 結果および考察

### 3-1 電圧測定

電圧値の測定結果がどの程度ばらつきを持っているかを、計測の不確かさの考え方にに基づき評価を行った。電圧測定は、装置Aと装置Bでは2-2で述べたようにデータの取得方法が異なっているため、それぞれについて評価を行い、また比較対象として電子負荷で表示される値についても評価を実施した。

ばらつきの度合いを求めるには実際に基準となるような電圧源を接続し、複数回測定を実施した結果から求める方法もあるが、電圧源の精度の影響が懸念されるため、今回は各測定機器の仕様に掲載されている精度を基準に評価を実施した。各測定装置間を接続するケーブル自体が持っている抵抗成分や測定端子とケーブル間で発生する接触抵抗が寄与する成分はごくわずかなため、今回の評価の対象からは外して実施している。

装置Aの解析用に用いられている電圧値は、信号増幅用のアンプを中継してPLCで測定された電圧値をデジタルデータとしてロガーに保存しているため、ばら

つきの要因となっているのはアンプの信号増幅精度（0-5 V 出力時は±0.1%）、PLC の入力精度（分解能 0.416 mV の±0.1%）である。ばらつきの分布を矩形分布と考えた場合のそれぞれの標準不確かさは精度の幅を $\sqrt{3}$ で除することにより求まり、アンプに関しては 2.887 mV、PLC に関しては 2.997 mV となる。合成標準不確かさは各要素の 2 乗和の平方根で求まり、4.1 mV となり、包含係数  $k=2$  とした時の拡張不確かさは 8.2 mV となる。装置 B の電圧測定は図 3 に示すように燃料電池に直接ロガーが接続されているため、ばらつきの要因となっているのはロガーの精度（入力レンジの±0.1%±1 digit）であり、同様の手順で拡張不確かさを算出すると 11.8 mV となる。比較対象としての実際の解析には用いていないが、表示用に用いている電子負荷装置で計測される電圧値についても評価を行った。電子負荷装置の電圧計測は燃料電池セルに直接接続して測定しているため、電子負荷装置の電圧測定精度（読み値の 0.1%、フルスケールの 0.1%）がばらつきの要因となっており、同様の手順で拡張不確かさを求めると 17.36 mV であった（図 4）。

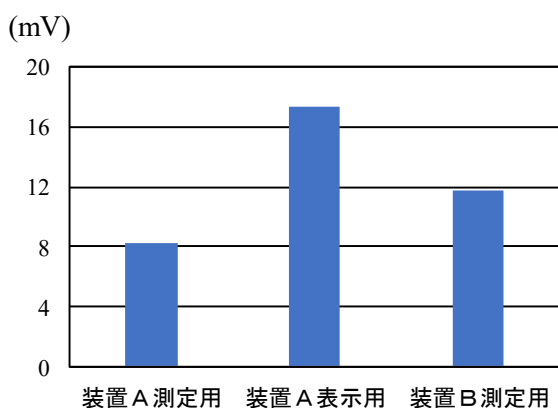


図 4 電圧測定のばらつき

### 3-2 電流測定

電流測定部についても測定結果がどの程度のばらつきを持っているか計測の不確かさの考え方にに基づき評価を行った。

装置 A の解析用の電流値の測定はシャント抵抗によって電流値を電圧信号に変換し、アンプで増幅された電圧値をロガーで測定する方式となっている。ばらつきの要因となっているものは、シャント抵抗の精度（±0.02%）、アンプの信号増幅精度（±0.1%）、PLC の入力精度（分解能 0.416 mV の±0.1%）となっているので、それぞれの標準不確かさを求め、拡張不確かさを求めると 6.5 mV となる。装置 B の電流測定もシャント抵抗

（精度±0.02%）で電圧信号に変換し、アンプ（精度±0.1%）で増幅し、ロガー（精度±0.1%±1 digit）で測定する方式となっている。装置 A の場合と同様に拡張不確かさを求めると、8.2 mA となる。比較対象である装置 A の表示用に用いている電子負荷装置の電流計測は、燃料電池セルに直接接続して測定しているため、電子負荷装置の電流測定精度（読み値の 0.2%、フルスケールの 0.3%）がばらつきの要因となっており、拡張不確かさを求めると 114.5 mA であった。

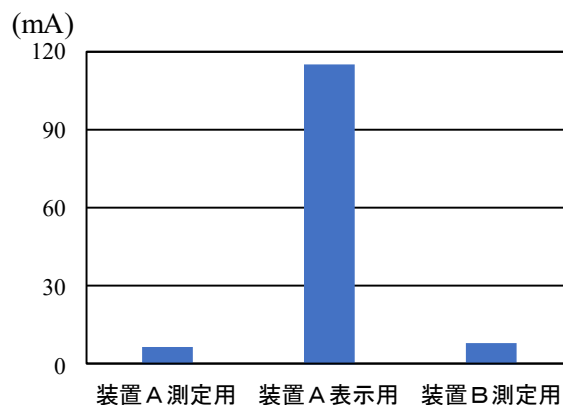


図 5 電流測定のばらつき

## 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について、その測定精度がどの程度の信頼性を持った測定を行っているか調査を行った。その結果、電圧測定に関しては電子負荷装置で表示される値に比べ、装置 A については 50%程度、装置 B については 25%程度ばらつきが減少しており、電流測定については、装置 A では 95%程度、装置 B では 90%程度ばらつきが減少しており、電子負荷装置で計測される値を評価に用いる場合に比べて大幅に改善していることが分かった。この結果により、他機関で測定される結果と比較を行う際にも、信頼性の高い比較評価が可能となっていることが分かった。

## 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) 経済産業省：水素・燃料電池技術開発戦略  
<https://www.meti.go.jp/press/2019/09/20190918002/20190918002-1.pdf> (2020-3-16 参照)