

# 「JARI 標準セル」および「JARI セル2」の開発について

—FCDIC 産業貢献賞受賞報告—\*

沼田 智昭<sup>\*1</sup>

Tomoaki NUMATA

## はじめに

2024年5月23日(水)、一般社団法人燃料電池開発情報センター(FCDIC)主催の第31回燃料電池シンポジウムにおいて、一般財団法人日本自動車研究所(JARI)が「令和5年度産業貢献賞」を受賞しました。この産業貢献賞は、FCDICの活動に協力し、燃料電池の開発および関連産業の振興に功績をあげた団体または個人に授与されるものです。このたび受賞いたしました「研究開発用単セル(「JARI 標準セル」および「JARI セル2」)」は、2001年度から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)の委託によりJARIが実施した「自動車用固体高分子形燃料電池システム普及基盤整備事業」や関連する事業の成果として得られたものです。このたび、受賞についてエッセイを寄稿することとなり、普段は文章を書く機会が少ない筆者が、試行錯誤しながら作文することとなりました。

2000年代当時のJARIは、燃料電池の分野に関する研究をスタートしたばかりでした。著者は偶然にも2000年にJARIに入所し、燃料電池の研究・試験を担当することになりました。大学では水素エンジンの研究に従事していましたので、水素つながりの業務を担当することができ、とてもうれしく、ワクワクしながら試験に取り組んでいました。ビッグプロジェクトを進めるために、関連企業から多くの出向研究者を受け入れ、出向者の皆さんの各企業のカラーを感じながら、ワイガヤで研究を進めていたことを懐かしく思い出します。

著者は、この研究に関わったメンバーとして、代表で授賞式に出席しました(図1)。ですが、今回、名誉ある賞を頂くことができたのは、橋正好行さん<sup>\*2</sup>、今村大地さん<sup>\*1</sup>、吉村昇さん<sup>\*1</sup>をはじめJARI内外の多くのメンバーの努力と成果であり、関係各位に改めて感謝いたします。



図1 授賞式より(今村大地 主管(左) / 著者(右))

\* 2024年7月25日受理

\*1 一般財団法人日本自動車研究所 環境研究部

\*2 一般社団法人次世代自動車振興センター

## 研究開発用単セル（JARI標準セルおよびJARIセル2）について

燃料電池自動車に使用する燃料電池（FC）スタックは、おおよそ  $300\text{ cm}^2$  の電極面積を持つセルを数百枚積層して  $100\text{ kW}$  以上の大きな出力を発生させています。これに対して、私たちが試験で使用する単セルは、研究開発用途として使用するため、電極面積が数  $\text{cm}^2$  から数十  $\text{cm}^2$  で出力は数  $\text{W}$  です。

当時、単セルは各企業や研究機関でそれぞれ独自のセルを用いることが多く、セルの特性の違いが燃料電池の発電性能に影響する可能性があり、試験結果を定量的に比較することができない可能性がありました。そのため、JARI では燃料電池の材料特性が定量的に、安定して評価できる「JARI 標準セル」を開発し、ライセンス販売することで広くユーザに使ってもらおうこととしました。

JARI 標準セルの構成を図 2 に示します。発電部となる膜／電極接合体（MEA）の両側に、ガス流路となるセパレータ、電流を取り出す集電板、セルを締め付けて MEA に適切な面圧を保持する締付板から構成されます。電極面積は  $5 \times 5\text{ cm}$  の  $25\text{ cm}^2$  であり、ガス流路は 1 本サーペンタイン流路です。そのほか、ガスをシールするガスケット、集電板と締付板を絶縁する絶縁シートも重要な部品です。

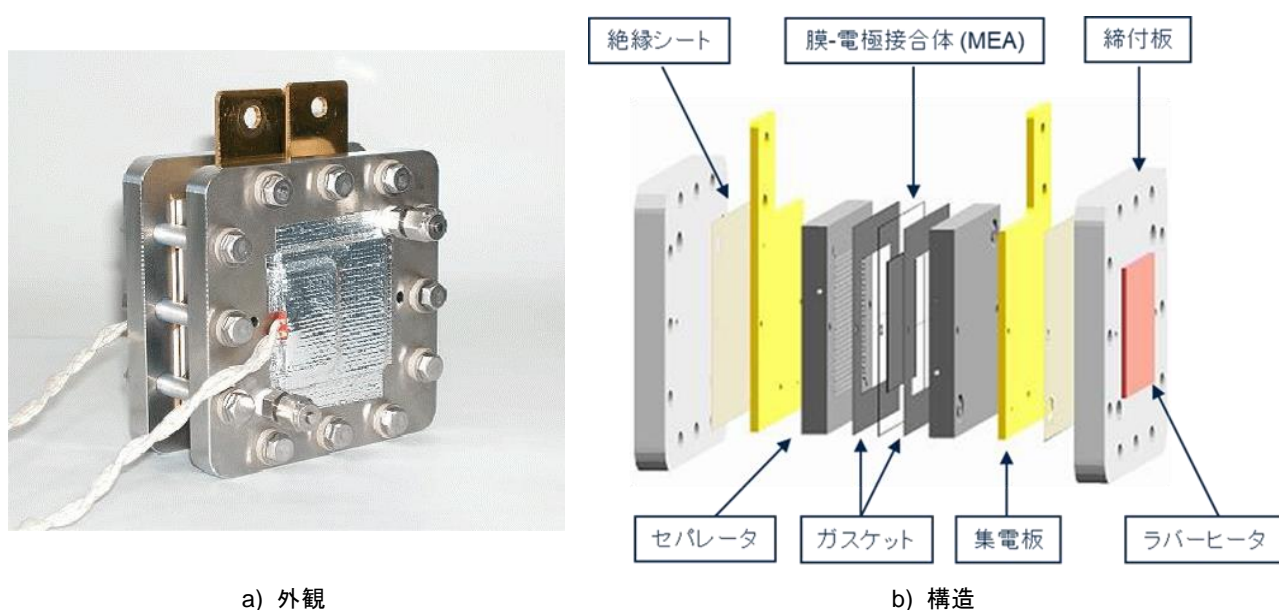


図2 JARI標準セル

JARI 標準セルは 2003 年にライセンス販売を開始して以来、多くのユーザに使用していただいておりますが、技術の進展にともない燃料電池の性能、耐久性が向上していきました。このような状況の中、より高い電流密度での評価や、新規材料を効率的に評価・解析できる少量サンプルに対応するセルの需要が増えてきました。これらの要望に応えるため、JARI 標準セルと共通の締付板（外枠）を使いながら、セパレータ流路を変更した「JARI セル 2」を 2018 年に開発しました（実用新案登録第 3219697 号）。JARI セル 2 は以下の 3 タイプの流路があり、図 3 にその一例を示します。

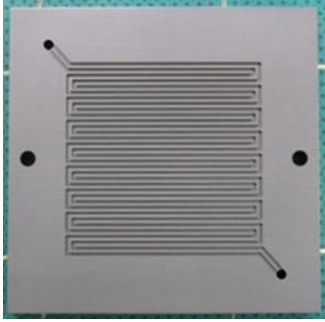


タイプ			
	a) 高電流密度	b) 均一場評価	c) 少量サンプル
電極 サイズ	5 cm × 5 cm	1 cm × 1 cm	
流路	2本サーペンタイン	平行	5本サーペンタイン
特徴	JARI標準セルの進化版として、 2 A/cm <sup>2</sup> 程度までの評価が可能 (熱媒冷却)	電極面内の環境条件の均一性を 高めたセル。新規材料評価にも 対応	新規材料など少量サンプルに対 応、均一場タイプよりガス流速 が大きく、常圧でも高い性能

図3 JARIセル2のセパレーター例

## <各部品の機能, その他の情報>

### (1) 集電板, セパレータの材質や加工について

集電板は電気抵抗の低減, 耐腐食性を目的として銅板に金めっきをします。このめっきは, 板の中央部よりも端のほうが厚くなりやすく, 板の厚さの均一性が低くなると, MEA にかかる面圧を適切な値に保持できなくなる懸念があります。加工業者さんとも相談しながら, 板の厚さの均一性を保つよう, 試行錯誤してきました。

セパレータは高温高湿下での寸法安定性に優れ, 電気抵抗が小さい樹脂含浸黒鉛を選定しています。セパレータには機械加工でガス流路を作製しますが, ガス流路となる溝の幅, 深さは精度よく加工しないと, 流路の断面積がばらついてしまい, ガスを流したときのガス流速やセルの圧力損失 (セル上流とセル下流の圧力差) がばらつく可能性があります。ガス流速, セルの圧力損失は発電性能にも影響するので, 精度には注意して加工する必要があります。業者さんからは, セパレータの加工は熟練の担当の方が, 他の加工作業のない日に単独で作業するとお聞きしたこともありました。また, セパレータは油が染み込む可能性があるため, 加工時に切削油が使えません。エンドミルなどの工具も定期的に交換する必要があります, 加工の費用もかかってしまうようです。

### (2) ガasket, 絶縁シートの材質, 硬度について

近年, 燃料電池は乗用車に加えて大型車やその他用途への展開が検討されており, 作動温度が 120°C 以上に高温化する傾向にあります。作動温度の高温化に対して, JARI 標準セル, JARI セル2においても, 一部の部材を見直す必要があると思われます。MEA をシールするガasket, 集電板と締付板を絶縁する絶縁シートをフッ素系の耐熱温度が高い材料に変更することで, セル温度 120°C (加湿水露点温度 90°C, 100 時間連続発電) まで評価できることを確認しています。

ガasketは, MEA に取り付けるガス拡散層 (GDL) の種類によってガasket厚さを変更する可能性があり, 厚さのラインアップが必要です。また, ガasketの一部はセパレータのガス流路にも接触するため, ある程度の機械的強度も必要です。当初はシリコンゴム系の複層ガasketを使用していましたが, 高温化に対応するため複数のガasket材料候補を評価した結果, PTFE シートを採用することとしました。ただし, PTFE シートはゴム系の複層ガasketと比較して弾性が小さいため, わずかに気密性が下がってしまいます。現在では, 試験の条件や目的に応じて, ガasketを選定して使用しています。

絶縁シートも、当初はシリコンゴムシートを使用していました。高温化に伴い、フッ素ゴムに変更しましたが、一般的に入手できるゴムシートとしては、フッ素ゴム（硬度 60）はシリコンゴム（硬度 50）よりも硬度が高くなってしまいます。硬度 50 と硬度 60 では、大きな差はないのではと楽観視していましたが、セルに組み込んで面内の圧力分布を確認すると、図 4 のように硬度が高いフッ素ゴムのほうが中心部分の面圧が低下してしまうことが分かりました。硬度 10 の違いも無視できないと、よい勉強になりました。

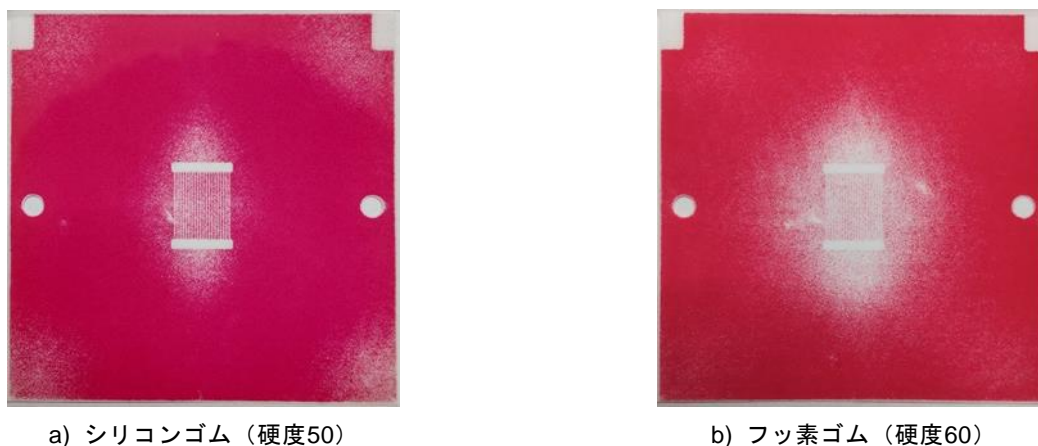


図4 絶縁シートの材質と面圧分布

（圧力が加わると赤く発色する感圧紙（プレスケール）を使用。フッ素ゴム（硬度60）は中心の面圧（赤色）が低下。）

また、初めてフッ素ゴムの絶縁シートをセルに組み込んで試験をしたときは、フッ素ゴムが金属板に固着して試験後にセルを分解するときに集電板と締付板が外れなくなり、いろいろな工具を使って悪戦苦闘しながら取り外したこともあります。現在はフッ素ゴムの片側に PTFE シートを組み合わせて、分解しやすくしています。

### (3) セル温度制御方法について

単セルの場合、発電にともなう発熱量が小さいため、設定温度を維持するためにヒータで加熱する必要があります。ヒータを選定するうえでは、面内の温度分布のばらつきを評価する必要があり、燃料極・空気極にそれぞれ熱電対を 10 本以上も取り付けて評価していました（図 5）。

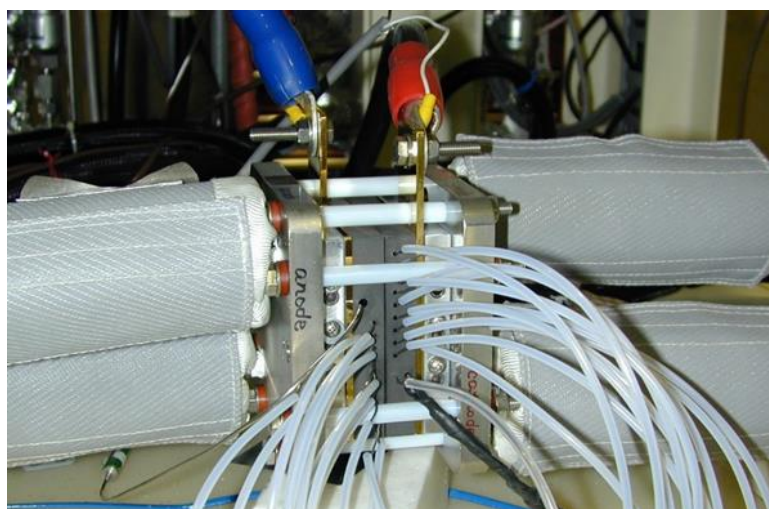


図5 セルの温度分布を測定するために、多くの熱電対を取り付けている様子

JARI 標準セルでは、取り付け、作業性が良く、セル面内の温度分布が小さいラバーヒータを締付板に貼り付けて温度を制御していました。ラバーヒータは、耐熱アルミテープで締付板に密着させていましたが、万が一の場合にヒータの密着性が下がって締付板からヒータが外れてしまうと、ヒータの熱が締付板に伝わらずにヒータが過熱して焦げる可能性が懸念されていました。このため、近年ではセル温度 120℃以上の高温化を見据え、プレートヒータに変更しました(図 6)。プレートヒータはラバーヒータより耐熱温度が高く、表面温度 300℃くらいまで使用可能です(ラバーヒータは耐熱温度 約 200℃)。プレートヒータを取り付ける際は、耐熱温度の高い液体ガスケットを使って締付板に密着させて、外側を耐熱アルミテープで固定することで、しっかりと密着させています。



図6 ラバーヒータ(左)とプレートヒータ(右)

#### おわりに

JARI 標準セル, JARI セル 2 は現在, 600 台以上の販売実績があり, 多くの研究開発で使用していただいています。燃料電池自動車が発売されてから約 10 年が経過しましたが, 現在も燃料電池の研究・開発が進められています。特に, 大型・商用モビリティへの拡大が期待され, 120℃程度までの高い温度領域での使用が想定されています。JARI 標準セル, JARI セル 2 は高温化に対応しながら, 今後, 新たに課題が発生した場合においても改善を進めて広くユーザーに使っていただけるよう努力したいと思います。

著者は, 大学進学から研究室, そして JARI に入ってから, 環境問題・温暖化の解決に向けて, 少しでも貢献できればと思いながら試験・研究に従事してきました。燃料電池の発展, その他にも新たな環境対策技術の開発など, 子どもたち, 将来の人々にとって少しでもプラスになることを願っております。

#### 謝辞

JARI 標準セルの開発は, 2000 年から 2004 年にかけて実施した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)の委託事業「自動車用固体高分子形燃料電池システム普及基盤整備事業」(P00021)の成果の一部です。

JARI セル 2 は, 2015 年から 2019 年にかけて実施した NEDO の委託事業「固体高分子形燃料電池利用高度化技術開発事業」(P15001)の成果を基に開発されたものです。また JARI セル 2 の開発においては, 技術研究組合 FC-Cubic 様にご助言を頂きました。

---

以下、本稿に関する文献を紹介します。

#### 参考文献

- 1) 橋正好行 ほか: 材料性能評価用JARI標準セルの開発(1), 自動車研究, Vol. 24, No. 10 (2002), <https://www.jari.or.jp/research-database/detail/?slug=44445>, (参照2024-07-25)
- 2) 橋正好行 ほか: 燃料電池材料性能評価用JARI標準セルの開発 –加熱制御方法とセル温度分布–, 自動車研究, Vol. 25, No. 12 (2003), <https://www.jari.or.jp/research-database/detail/?slug=44500>, (参照2024-07-25)
- 3) Y. Hashimasa, et al. : Study of Performance Reproducibility of JARI Standard Single Cell –Cell Performance Crosscheck between HNEI and JARI–, JARI Research Journal, Vol. 29, No. 1 (2007), <https://www.jari.or.jp/research-database/detail/?slug=33741>, (参照2024-07-25)
- 4) Y. Hashimasa et al. : Study of Fuel Cell Structure and Heating Method Development of JARI's Standard Single Cell, Journal of Power Sources, Vol. 155 (2006), [doi:10.1016/j.jpowsour.2005.02.090](https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2005.02.090)
- 5) 新エネルギー・産業技術総合開発機構: セル評価解析プロトコル, <https://www.nedo.go.jp/content/100537904.pdf>, (参照2024-07-25)
- 6) 新エネルギー・産業技術総合開発機構; NEDO PEFCセル評価解析プロトコル 2023年版, <https://www.nedo.go.jp/content/100963953.pdf>, (参照2024-07-25), (参照2024-07-25)
- 7) 今村大地: 研究開発用単セル (JARI標準セル, JARIセル2) の開発, 燃料電池, Vol. 24, No. 1 (2024)