# 燃料電池の技術動向調査と要素技術研究

三浦　一真*　　長谷川　直樹**　　栁　和彦**　　平田　康一***　　折笠　仁志***
山田　昭博***　本多　章作****

Technical trend investigation and component-engineering research of a fuel cell

MIURA Kazuma*,　HASEGAWA Naoki**,　YANAGI Kazuhiko**,　HIRATA Kouichi***,
ORIKASA Hitoshi***, YAMADA Akihiro***　and　HONDA Shousaku****

**抄　　録**

昨今注目を浴びている燃料電池を新潟県の産業とする可能性を検討するため、技術動向調査と要素技術について検討を行った。実用化目前といわれる燃料電池ではあるが、まだまだ解決すべき課題は多く残っていることがわかった。本県の技術特性などをふまえた上で、当所では燃料電池のコア部分であるセパレータの金属化、膜－電極接合体（MEA）製作手法の検討、および電極触媒評価手法についての検討を行った。セパレータは金属の切削加工により製作した。MEA では、当所で転写法による製作技術を確立した。そして、製作した MEA と金属セパレータを用いた発電試験により両者を評価できる体制を確立した。加えて電極触媒評価では、実際の電極触媒を電気化学的手法により評価することで、カーボンに担持された白金の効果を確認できた。以上より基本的な燃料電池開発の要素技術を検討できる技術を工技総研において確立した。

## 1　緒言

燃料電池は水素などの燃料から直接化学エネルギーを取り出して利用することができるため、燃焼などに比べて高い燃料利用効率が期待できる。加えて発生する熱を利用することで80%を超える総合効率を有し、二酸化炭素発生も少ない優れたシステムとなることから、エネルギー・環境対策として期待されている。燃料電池の基本原理を図１に示す。アノード側に供給された水素などの燃料が電極にある触媒によりプロトンと電子に分かれる。プロトンは電解質を通過してカソード側へと到達し、外部回路を通った電子とカソード側に供給される酸素が電極触媒の作用により結合し、水へと変換される。燃料電池は用いられる電解質の種類により５種類に分類されるが、低温での動作が可能であることなどから、電解質に固体高分子膜を用いた固体高分子形燃料電池（PEFC）が最も注目を浴びている。そこで、燃料電池関連産業群を新潟県において形成できないかを検討するため、先導的戦略研究調査事業にて技術動向調査と要素技術研究を行った。

＊　　県央技術支援センター
＊＊　　下越技術支援センター
＊＊＊　　研究開発センター
＊＊＊＊　上越技術支援センター

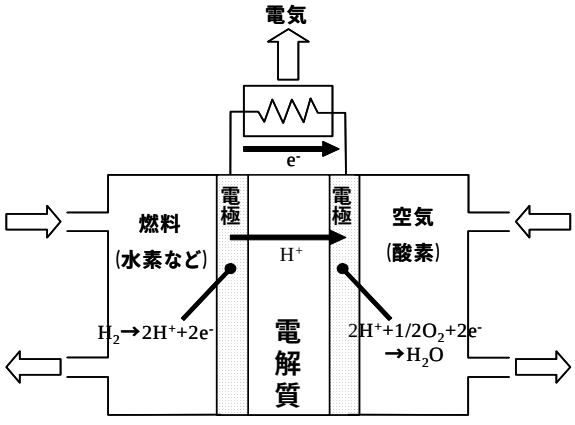


図１　燃料電池の基本原理

## ２　燃料電池の技術動向調査

国内で行われている各種セミナー、講演会等に参加し、燃料電池について現在の開発状況を調査した。実用化目前といわれている燃料電池ではあるが、実用化にはまだ多くの課題が残っていることがわかった。一例を以下に示す。

- 低加湿条件でも作動する膜の開発
- セパレータ材料・成形法開発
- セパレータ流路構造
- CO 被毒に強い電極触媒開発
- スタック化技術
- 多様な燃料に応じた改質触媒開発
- 低価格、低電力、かつ長期間稼働できる燃料電池補器類の開発
- システム全体としての耐久性

これらの現状をふまえ、当所においては特にコストダウンと耐久性の向上に向けた取り組みが必要と考え、固体高分子形燃料電池（PEFC）のコア部分であるセパレータ、膜－電極接合体（MEA）、電極触媒にターゲットを絞り、検討を行うこととした。

従来から用いられているセパレータはカーボンの切削加工による製作が主であり、コストダウンは難しい。現在、成型カーボンおよび金属セパレータが検討されているが、成型カーボンでは樹脂による固有抵抗が問題となり、金属セパレータでは腐食と酸化皮膜による抵抗が問題である。しかし県内には金属加工業者が多く存在している。この金属加工技術を活用するため、金属セパレータをターゲットとして試作･検討を行った。

MEA に関しては県内企業で手掛けている所はなく、県内で燃料電池製造を行うことを考えるとMEA の製作技術の確立が必要である。そこで、工技総研にて製作手法の検討を行った。

また、家庭用燃料電池などでは天然ガス、灯油などの燃料から改質により水素ガスを発生させる際に、混入する一酸化炭素（CO）ガスによる白金触媒の被毒が問題となっている。CO 被毒に強い触媒開発を目的にして、電極触媒自体の性能を評価する手法の検討を行った。

## ３　金属セパレータの検討

国内企業においてセパレータを金属化するための素材開発を行っていることから、金属を用いたセパレータ加工技術を検討した。量産化によるコストダウンをねらうためにはプレス加工による検討が必要となる。今回は当所で購入した JARI 標準セルを用いた燃料電池評価装置により評価を行うため、サーペンタイン流路を用いることとしたが、加工方法を検討する中で、本流路をプレスにより加工するためには精密プレス技術が必要であることがわかった。そのため金属セパレータの問題点を抽出するために、切削加工による製作を行った。また、腐食対策として金メッキ（約５μｍ厚）を行った。

図２に製作したセパレータの写真を示す。寸法は 50×50 mm、厚さは 10 mm と 6 mm を作製した。流路幅と深さは 1 mm であり、6 mm 厚の場合においても 1 mm の流路幅と深さに加工することができた。重量は厚さ 10 mm で約 480 g である。同じ厚さのカーボン切削セパレータの重量は約 120 g である。6 mm 厚のセパレータでは約 280 g であった。なお、平面度は 0.013～0.019、表面粗さは Ra：0.1～0.23 μm、Ry：2.3～5.3 μm の範囲であった。一般的に求められている平面度は 0.03 であることから、要件を満たしたセパレータを製作できた。製作した金属セパレータを燃料電池標準セルに組み込

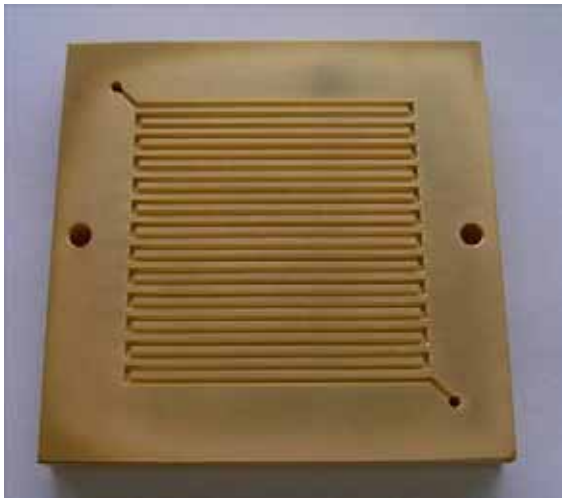

図２　製作した金属セパレータ

んで発電試験を行った結果については後述する。

## ４　膜－電極接合体（MEA）製作技術の検討とMEA およびセパレータの評価

燃料電池セルを製作するためには MEA の製作技術は必須である。そこで、当所において転写法による MEA 製作技術を検討した。

### ４．１　製作手法の検討

MEA 製造の概略を以下に示す。

Nafion-117 膜を硫酸処理などにより前処理を行った。別にテフロンシート上に電極触媒および Nafion 溶液を混合したものをスプレーにより吹き付け、触媒シートを調整した。これらをホットプレスにより成形し、MEA を作製した。今回の MEA にはアノード､カソードともに 20 wt% Pt/C を用い、触媒量は 0.5 mg-Pt/cm$^2$ を目標とした。

### ４．２　発電試験

燃料電池評価装置を用いて４．１にて作製した MEA および上記３にて製作したセパレータの評価を行った。MEA の評価には標準セル付属のカーボンセパレータを用い、セル付属の MEA（触媒量：アノード、カソードとも約 1 mg/cm$^2$）と発電性能を比較した。また､セパレータの評価には、４．１にて作製した MEA を用い、セル付属のカーボンセパレータと比較した。

発電試験条件は以下の通り。

供給ガス（ガス利用率）

アノード：水素（60%）

カソード：酸素（60%）

セル温度：80℃

アノード加湿温度：80℃

カソード加湿温度：70℃

発電試験の結果を図３に示す。製作した MEA では高電流側で電圧の低下が認められる。これは電極触媒量、Nafion 量、プレス条件などの不適合による IR ドロップではないかと考えられる。引き続き製作条件の検討を行い、最適化を行うことが必要である。また、金属セパレータの初期特性はカーボンセパレータとほぼ同等であった。

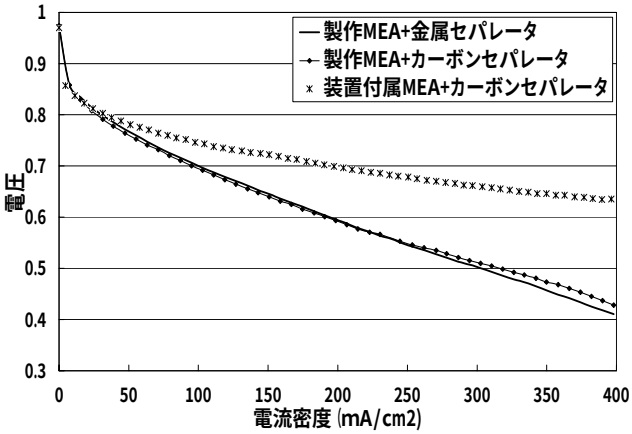


図３　燃料電池発電試験結果

## ５　電極触媒評価方法の検討

燃料電池の耐久性向上を目的とした触媒開発を検討するために、粉体である電極触媒自体を評価する手法の検討を行った。MEA とした際にも触媒の評価は可能であるが、MEA に伴う要素の変動も大きいため、長岡技術科学大学　梅田助教授らの開発したマイクロ電極を用いた電気化学的評価方法[1)]による検討を行うこととした。マイクロ電極は今回の粉体触媒のような微小物質や細胞内の電気化学測定が可能であるとともに、バッテリー活物質のような高抵抗物質の電気化学的測定やマイクロマニュピレーションなどへの適用も可能な技術である。

### ５．１　マイクロ電極の製作

マイクロ電極の電極先端部分の概要図を図４に示す。φ50 μm の金線をφ1.5 mm のガラスキャピラリー中に封入し、先端を研磨することで金線を露出させた。その後 1 N-HCl 溶液中でエッチングを行い、10~20 μm 程度の空隙を製作した。この空隙部分に粉体触媒を詰め込み、電気化学測定

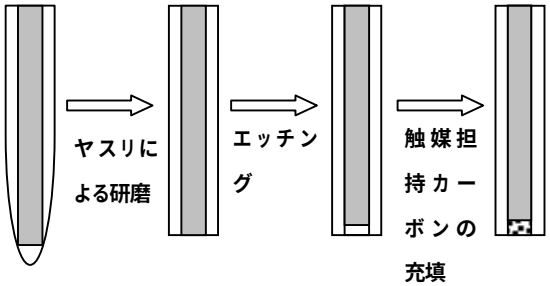


図４　マイクロ電極の概要図

の作用電極として使用した。

### ５．２　サイクリックボルタモグラムの測定

上記で作製したマイクロ電極を用いて、粉体触媒を評価できるかを検討するため、1 N-$H_2SO_4$中でのサイクリックボルタメトリーを行い、触媒中の白金による水素の吸脱着および酸化皮膜の生成、還元が認められるかどうか検討した。また、比較のためにφ50 μmの白金線を封入して作製したマイクロ電極を用いて同様に測定した。測定前には窒素ガスによるバブリングを行った。測定条件を以下に示す。

作用電極：φ50 μm Au with 50wt% Pt/C
　　φ50 μm Pt
参照電極：Ag/$Ag_2SO_4$（sat-$K_2SO_4$）
対照電極：Pt 箔
走査速度：10 mV/s

Pt 線を封入して作製したマイクロ電極により得られた測定結果を図５に、電極触媒を封入して測定した結果を図６に示す。これを見ると、どちらの測定結果においても水素の吸脱着反応および酸化皮膜の生成と還元反応が認められる。この結果、マイクロ電極を用いて実際の電極触媒を評価できることが明らかとなった。

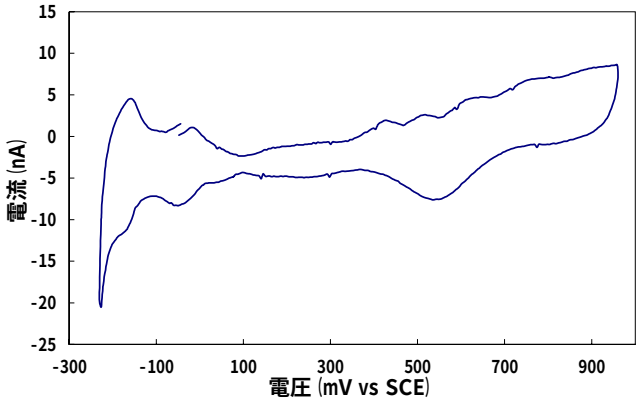


図５　φ50 μm Pt 線を封入したマイクロ電極によるボルタモグラム

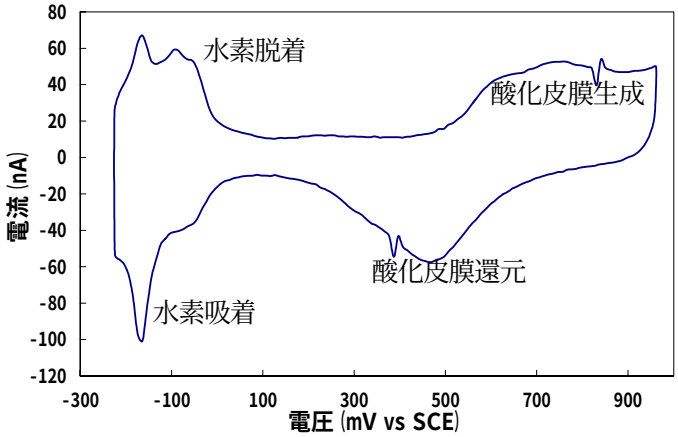


図６　50 wt% Pt/C を詰めたφ50 μm Au 線を封入したマイクロ電極によるボルタモグラム

### ６　結言

（１）燃料電池の現状調査を行い、実用化に向けてはまだ改善すべき点が多いことがわかった。
（２）金属セパレータの試作を行い、初期特性としてはカーボンセパレータと同等であることを確認した。
（３）転写法による MEA の製作技術を確立した。
（４）マイクロ電極を用い、電極触媒を評価する手法を確立した。
（５）今後、精密プレス技術を用いたセパレータ加工方法の検討、CO 被毒に強い触媒開発、耐久性のある MEA の製作を進める必要がある。

### 参考文献

1) Porous-microelectrode study on Pt/C catalysts for methanol electrooxidaion. M. Umeda et al., Electrocim. Acta 48 (2003) 1367-1374