

手作り燃料電池の取り組み

土田茂雄・寺尾裕二・高橋正則

1. はじめに

燃料電池は自動車のCO₂削減の有望な手段のひとつと考えられている。燃料電池自動車の時代が実現するかどうかは別としても、クリーンエネルギーである燃料電池について学ぶことは将来のために有益といえる。本学では燃料電池に関する教育を行っており、燃料電池に関する実習のひとつとして水素を燃料とした固体高分子型の単セル電池の製作を通じて、発電原理や構造を学ぶための一助としている。また教育に関連して、著者らは手作りの燃料電池スタックに取り組んでいる。ここでは教育用単セル電池と燃料電池スタックの製作に関する取り組みを紹介する。

2. 単セル電池

単セル電池はエンドプレート、パッキン、電極、膜電極接合体（MEA）などで構成される。実習教育で製作する単セル電池は、製作が簡単になるように、温度や湿度の制御、金属電極の耐酸処理、水素パージバルブの取り付けを行わず、発電の原理を理解するのに必要最小限の構造としている。この単セル電池および構成部品の外観を図1に示し、構成部品の概要を表1に示す。

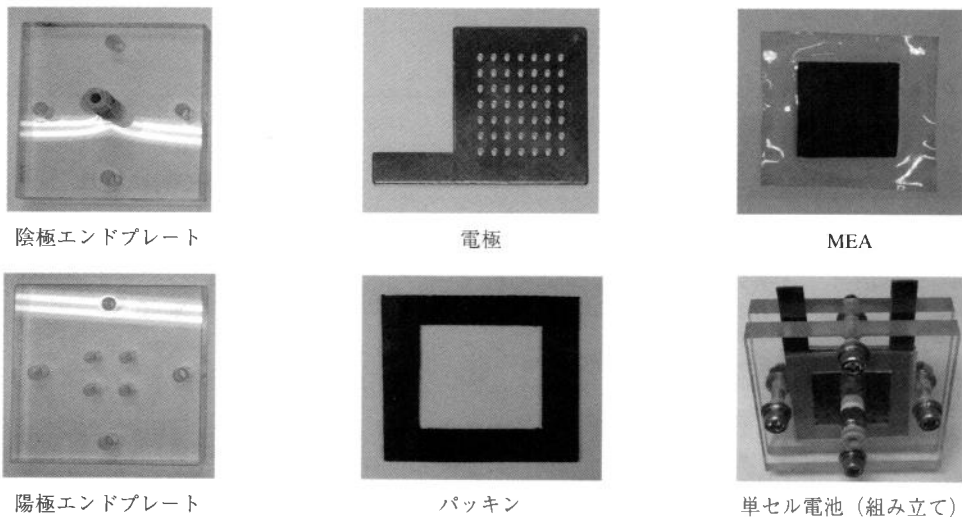


図1. 単セル電池（組み立て）と構成部品の外観

表1. 単セル電池の構成部品の概要

構成部品	サイズ(mm)	使用材料	加工の概要
① エンドプレート	80×80×10	アクリル板	陰極用は中央に水素供給用コネクターを取り付ける
			陽極用は空気供給用の穴(6φ)を中央に4箇所設ける
② 電極	50×50×2	銅パンチプレート	パンチ穴は2φで縁の10mmは穴なし(ガスシールのため)
③ パッキン	50×50×0.5	シリコンゴム	中央に30×30の穴
	50×50×0.2		
④ MEA	30×30×1	カーボンペーパー, ナフィオン, 白金担持触媒	カーボンペーパーに触媒ペーストをハケ塗りし, 加熱プレスしてナフィオン膜と接合

燃料電池の性能は MEA の良否, 加湿条件, 動作温度などに左右され, 特に MEA は重要である。MEA は以下の方法で作成している。

(1) 酢酸ブチルに白金担持触媒を加えてよく混ぜ, その中にイソプロピルアルコールとナフィオン分散液の混合液を加えて触媒ペーストを調製する。

(2) カーボンペーパーに触媒ペーストを塗布・乾燥し, ガス拡散電極(GDL)を作成する。

(3) ナフィオン膜(N-115)を GDL で両側から挟み, 125℃で5分間加熱プレスして接合する。

ここで, (1)における白金担持触媒, ナフィオン分散液, 溶媒の比率および(2)における触媒ペーストの塗布方法は性能に影響する重要な因子である。図2には触媒ペーストの組成と塗布方法を変えた, 表2に示すような2種類のMEA-AとMEA-Bの電流-電圧特性を示す。実習で作成するのはMEA-Aである。この触媒ペーストはハケ塗りしやすい粘度であるが出力は低い。出力を向上させるため現在, MEA-Bの組成と塗布方法の改善を行っている。

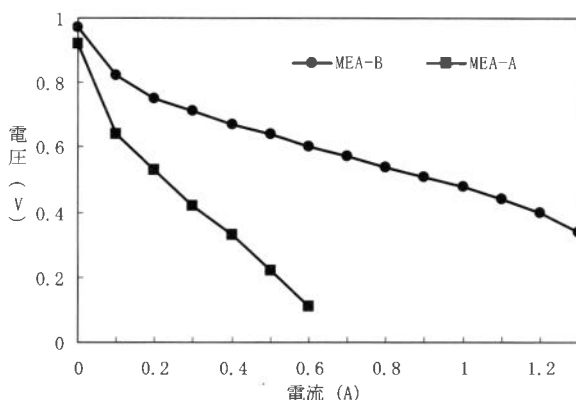


図2. 電流-電圧特性の比較

表2. 触媒ペーストの組成と塗布方法

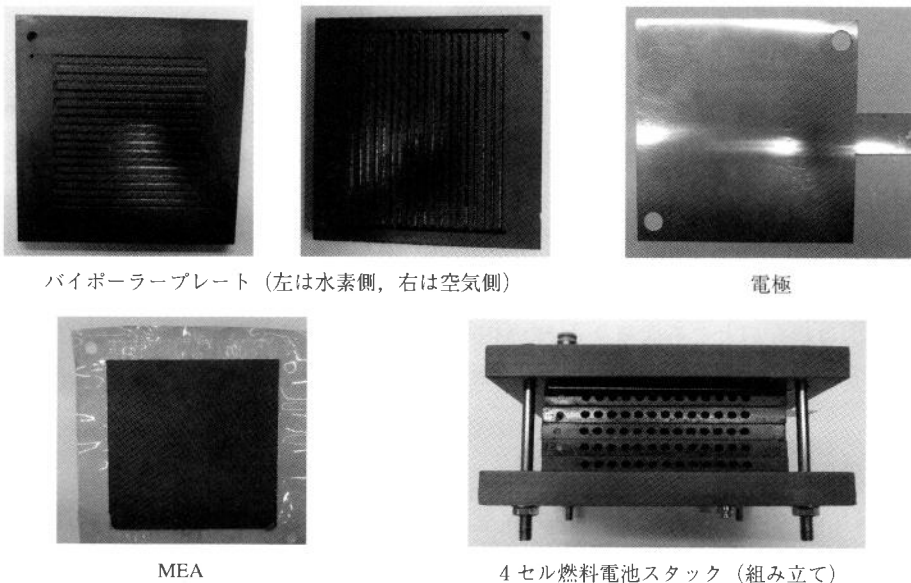
	触媒ペーストの組成	カーボンペーパーの種類	触媒ペーストの塗布方法
MEA-A	酢酸ブチル2.5ml 白金担持触媒0.1g(石福金属 IFPC-60) イソプロピルアルコール0.5ml ナフィオン分散液0.5ml (DE521)	東レ TGP-H-120	ハケ塗り
MEA-B	酢酸ブチル 4 ml 白金担持触媒0.1g(石福金属 IFPC-60) イソプロピルアルコール0.5ml ナフィオン分散液0.5ml (DE1020)	東レ TGP-H-120	吸引ろ過しながら, 触媒ペーストを霧吹きした後酢酸ブチルを霧吹きして吸引乾燥。その上にDE521を霧吹きする

3. 燃料電池スタック

燃料電池 1 セルあたりの実際的な電圧は最大でおおよそ0.9V と低いので、単セル電池を直列に接続した燃料電池スタックが実用に供される。

著者らは、MEA 面積が約64cm²でセル数が4セルの小型スタックの製作を試みている。その構造はグラファイト製セパレーター（バイポーラープレート）とMEAをガスシール用パッキンで挟んで交互に積層し、両端に陰極プレート、陽極プレート、電極およびエンドプレートを重ね、全体をボルトで締め付けて一体化したものである。MEAの作成は表2のMEA-Aと同様の方法で行い、バイポーラープレートは以下の方法で作成している。

- (1)グラファイト板（ル・カーボンマテリアル E+50）のコーナーに水素供給用貫通穴、表面に水素流路、側面に空気供給用穴を設け、裏面には直線状の空気流路を彫る。流路および穴の加工は卓上フライス盤で行う。
 - (2)フライス加工したグラファイト板にガス不透過処理を施すため、グラファイト板の片面にエポキシ樹脂溶液を注ぎ、液面上に0.15MPaの圧力を加え、裏面から真空ポンプで吸引してエポキシ樹脂溶液が裏面から浸み出るまで含浸させ、その後表面の樹脂をエポキシシンナーでふき取り、樹脂を乾燥硬化させる。
 - (3)ガス不透過処理を確実にするため、乾燥硬化したグラファイト板の水素流路および空気流路にシンナーで2倍に希釈したエポキシ樹脂溶液をハケ塗り浸透させ、再び乾燥硬化させる。
- 試作したスタックとその主要構成部品の外観を図3に示し、構成部品の概要を表3に示す。



MEA

4セル燃料電池スタック（組み立て）

図3. 燃料電池スタック（組み立て）とその主要構成部品の外観

表3. 燃料電池スタックの構成部品の概要

構成部品	サイズ (mm)	使用材料	加工の概要
① エンドプレート (2枚)	150×150×25	ナイロン板/ 鉄板	陰極用は水素供給用コネクタを取り付ける。
			陽極用は水素用パージバルブを取り付ける。
② 電極板 (2枚)	120×120×0.5	ステンレス板	
③ バイポーラプレート (3枚)	120×120×9	グラファイト板	片面に幅2mm、深さ0.5mmの水素ガス用溝を、その裏面には幅2mm深さ2mmの空気用溝を設け、樹脂含浸によりガス不透過処理を施す。
④ 陰極プレート			片面に幅2mm、深さ0.5mmの水素ガス用溝を設け、樹脂含浸によりガス不透過処理を施す。
⑤ 陽極プレート			片面に幅2mm、深さ2mmの空気用溝を設ける。
⑥ バッキン (各4枚)	120×120×0.5	シリコンゴム	中央に80mm×80mmの穴を設ける。
	120×120×0.2		
⑦ MEA (4枚)	80×80×1	カーボンペーパー、 ナフィオン、白金担持触媒	カーボンペーパーに触媒ペーストをハケ塗りし、加熱プレスしてナフィオン膜と接合。

グラファイト板のガス透過性は、スタックを水中に沈めて0.1MPaの水素で行ったところ、わずかの水素リークが認められたが、実用上問題ないレベルと判断された。樹脂含浸したグラファイト板の導電性を、バイポーラプレートと陰極、陽極プレートを積層して3A～5Aの電流を流したときの電圧降下から測定したところ、5枚のグラファイト板を積層したときの断面方向の抵抗は約0.08Ωであり、樹脂含浸後の電気抵抗は実用上問題ないレベルと判断された。

製作したスタックの出力試験をおこなったところ、最大電流は1.5Aで、そのときの電圧は2Vであった。現在、触媒ペーストの組成と塗布方法の改善を行い、出力向上の試験を行っている。

4. おわりに

本稿では燃料電池の製作に関する取り組みを紹介した。燃料電池の改良を継続して行っているが、現在の性能およびこれまでの実験から、出力向上に有効と思われる改善点を以下にまとめる。

(1) 単セル電池

単セル電池は温度制御、加湿、金属電極の耐酸処理、パージバルブの取り付け等を行っていないので、安価で製作が簡単であることから発電の原理を理解するための単セル電池には適している。最大出力は現在のところ面積9cm²のMEA-Bで0.47Wであるが、中空糸膜フィルターなどを使用した加湿、グラファイト電極板の使用、パージバルブの取り付け等によって向上できると考える。

(2) 4セル燃料電池スタック

MEA面積9cm²の単セル電池の出力0.47WをMEA面積64cm²の4セルスタックに換算すると約13Wになることから、MEA-Aのタイプ触媒ペーストをMEA-Bタイプに変更することにより、燃料電池スタックの現在の出力を向上させることができると考える。

土田茂雄・寺尾裕二・高橋正則：手作り燃料電池の取り組み

本研究のうち燃料電池スタックの製作は日本ライン会の研究助成金によって行った。また、フライス加工では、本学の遠山壽講師のご指導とご協力をいただいた。ご支援ご指導を頂いた皆様に謝意を表します。