

開発事例

PEFC用セパレーター板の 低コスト化技術

製造コストの低減が重要な課題になっている燃料電池だが、重量的にも金額的にもセパレーターの占める割合が非常に大きい。FJコンポジットは、炭素粉末と熱硬化性樹脂を圧縮成形するセパレーター製造技術を確立、従来材料に比べ、低コスト・高導電性を実現した。

(有)FJコンポジット 津島 栄樹*

前を走っているトラックの排気ガスに顔をしかめることもなく、きれいな空気を思いきり吸い込みながらオープンカーでドライブする。地球の温暖化問題も過去の話になる。そんな未来を実現する技術が燃料電池である。

昨年末にはトヨタとホンダから燃料電池自動車が発売された。そのリース料金は月額100万円前後と高く、広く普及するには製造コストの低減が重要な課題である。重量的にも金額的にも燃料電池の90%以上を現在占めているのがセパレーター板である。このセパレーター板を低価格で製造することができれば、バラ色の未来も夢ではない。FJコンポジットはそんな未来の実現のために設立されたベンチャー企業である。ここでは、セパレーター板の種類と特性、製造方法に関して簡単に

述べてみたい。

セパレーター板の要求特性

燃料電池はプロトン伝導性の高分子膜と、その前後に位置する白金触媒膜により発電が行われる。この発電単位を単セルと呼ぶ。単セルの起電力は1Vにも満たないため、セルを直列に配列して大きな起電力を得る必要がある。そこで、各セルを並べて、それを区切るための板が必要となる。その板がセパレーターである。

セパレーターの表面には溝加工が施されていて、その溝により燃料である水素ガスと空気が高分子膜に供給されている。すなわちセパレーターから見れば、片面には水素ガスが流れ、反対側には空気が流れている。このガスが混じり合わないために、セパレーターにはガスシール性が要求される。また、電気自動車の発電量は90kW (FCHV) と大きく、電圧400Vと仮定しても200アンペア以上の

*つしま えいき：代表取締役

〒410-0012 静岡県沼津市岡一色725-1

☎055-925-5110

表1 米・エネルギー省の目標値と開発品物性

	単位	DOE目標値	開発品 (PR719N)
電気抵抗	mΩcm	20以下	5
気密性	cm ³ /cm ² /s	2×10 ⁻⁶ 以下	1×10 ⁻⁸
密度	g/cc	—	1.95

表2 燃料電池の材料コスト比較 (日本自動車研究所)

部品/部材	現行単価 (円/kW)	目標値 (円/kW)
セパレーター	75,000	750
水素イオン交換膜	14,289	714
Pt系触媒	8,000	2,000

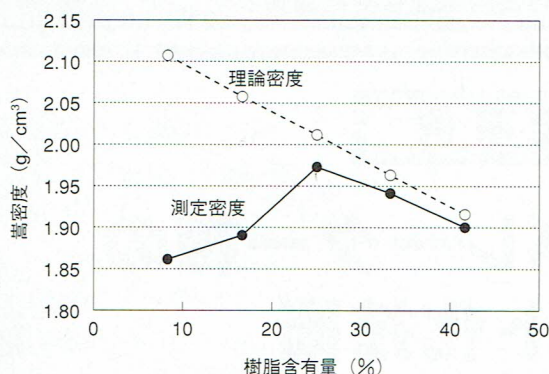


図1 樹脂混合割合によるセパレーター材の密度変化

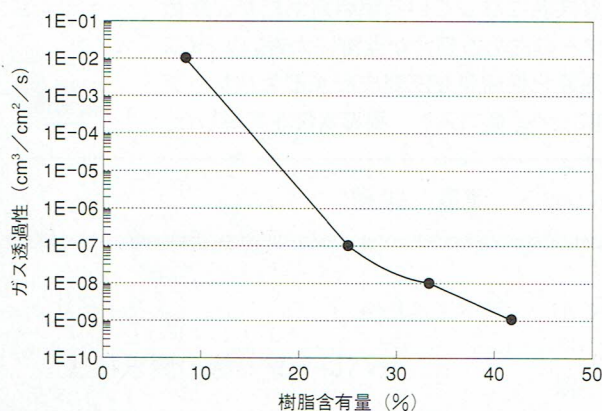


図2 樹脂混合割合とガス透過性の関係

電流が流れることになる。そのため、電気伝導性が良いことが必要となる。また、1台の車にはA4版サイズ（約300×200×1mm）のセパレーターが400枚も使用されることから、当然のこととして低コスト（200円/枚）が要求される。これらの要求特性を前頁の表1に、部材のコスト構成を前頁の表2に示した。

セパレーター板の製造方法

セパレーター板に金属を用いると、金属は腐食によりイオンとなって電解膜に到達し、起電力を低下させる。このため、一般に金属は使用できず、現在はカーボン系の材料で製作されている。

最初にセパレーターに使用された材料は、ガラス状カーボンと言われている。このカーボンは特殊な高分子を不活性ガス中で加熱して炭化させた材料で、リン酸型燃料電池に使用されていたものを、固体高分子型にも使用したものである。特徴

としては高いガスシール性があるが、電気抵抗が大きく、また製造に1カ月以上の時間を要するために高コストで、機械加工性も悪かった。この材料をここでは第1世代のセパレーターと呼ぶ。

第2世代として登場したのが、カーボンブロックに樹脂を含浸させた材料である。等方性カーボン（CIP材）などを板状に切り出し、カーボン材の空孔にフェノール樹脂などの樹脂を含浸させて気密性を付与した材料である。電気伝導性をカーボンで、気密性を樹脂でもたせた構造で、今日現在でも世の中に流通している。この材料は、第1世代に対してコストダウンがなされているが、溝を機械加工で作る必要があり、また原料のカーボン材自身もセパレーター板としては高価であり、将来の価格低減の可能性はなく、過渡的な材料である。

第3世代として、多くの企業や研究所が開発を行っているタイプが、炭素粉末と樹脂からなる複

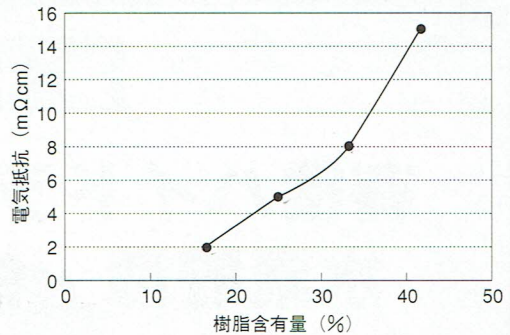
合材料である。炭素粉末はカーボンブロックの原料であり安価である。この炭素粉と樹脂を混合して成形した材料は、成形時に溝形状の付いた金型で成形できれば大幅なコストダウンが可能であり、最も期待されている製造方法である。

製造の方法としては2種類あり、樹脂に熱硬化型樹脂を用いて圧縮成形するタイプと、熱可塑樹脂を用いて射出成形するタイプである。成形時間は、熱硬化タイプが1枚を成形するのに10分程度必要であるが、熱可塑タイプでは1分程度が可能である。このため、多くの企業が熱可塑樹脂の射出成形を検討してきたが、この方法では電気抵抗を低くすることが困難であった。電気抵抗は使用する炭素粉末の量を増やせば低下し、逆に樹脂を増やすと増加する。射出成形で成形可能な混合範囲では、十分な通電性を確保することは現状では困難な状況にあるようだ。その結果、多くの企業が熱硬化性樹脂による圧縮成形を検討している状況である。当社でも、この方法により良好な物性のセパレーター板を製造することに成功した。その物性値を表1に付記した。

圧縮成形の利点は、炭素粉末と樹脂を比較的自由な割合で混合しても成形が可能なことである。実際に樹脂の割合を100～1%まで変化させても成形することができた。炭素の真密度は $2.1\text{g}/\text{cm}^3$ 程度であるが、粉末状にした場合の嵩密度の最も大きな値は、真密度に対して球体の最密充填率である76%程度である。使用する炭素粉は球体ではなく、また大きさもばらつきがあるため、多少のズレは生じるが、粒子を用いた複合材料の場合、76%の粒子と残りの空間を樹脂が満たす状態が、最も密度の高い状態の目安と考えられる。樹脂量を24%以下にすると、複合材料の内部に空孔が残された状態となり、気密性も低下して、密度も低くなる。

図1に樹脂量の割合と複合材料の密度の関係を示した。樹脂量25%以上の範囲では計算から求めた密度と実際の密度はほぼ一致しているが、25%以下では理論値よりも大幅に密度が低下している。これはサンプル中に空孔が残されていることを示している。また、図2の横軸は図1と同様に樹脂の混合割合を、縦軸は気密性の値を対数表示で示

図3 樹脂含有量と電気抵抗の関係



した。樹脂量が25%以上の範囲でDOEの目標値である $2 \times 10^{-6} \text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{s}$ を満足している。図3は、同様に樹脂の混合割合と電気抵抗の関係を示した。炭素は通電性があるが、樹脂は絶縁材である。このため、炭素同士のコンタクトが多いほど電気抵抗は小さくなる。測定したすべての範囲でDOEの目標値を満足していた。

今後の展望

第3世代の製造方法により燃料電池に必要な物性を満足する材料を製造することができた。しかしながら、この方法では1枚のセパレーターを製造するのに10分程度の時間が必要であり、2020年の政府の電気自動車導入目標である500万台（20億枚のセパレーター）を製造するには、製造ラインが2万ライン必要となる。これは事実上、困難な数字であり、この第3世代の製造方法においては将来の量産化は不可能である。すなわち、現在開発している第3世代も過渡的な製造方法に過ぎない。第3世代よりも高速でセパレーターを製造する技術、おそらく数秒で1枚のセパレーターを製造できなければ将来の量産化には対応できない。そのために、次の製造方法の出現が必要となる。

この新規の製造方法を第4世代と呼ぶことにする。第4世代の製造方法に関して、公表している企業は今のところない。当社では第4世代の製造方法に関して国際特許を出願し、開発を加速している。この開発が成功すれば、燃料電池が普及して、夢のような未来が現実のものとなるのも遠い先のことではなくなるかもしれない。