

## 燃料電池

①

新エネルギー & 再生可能エネルギー特集の第3弾として、5月号から「燃料電池」を連載します。燃料電池は発電効率が高く、大気汚染の原因となる窒素酸化物、硫黄酸化物、粒子状物質の排出量が少ない等、今後の二酸化炭素排出量削減を含めた地球環境問題の解決のために有力な手段となり得ます。そのため官民学が一体となって技術開発に取り組んでいるところです。

しかしながら、コスト的に高いとか、耐久性が十分でないとか欠点もあり、これまで商業化という面では、業務用分野ではやや後れを取ってきましたが、民生用の家庭用分野では大規模実証試験などを経て、実用化への道が拓けてきました。これまでの取り組みを踏まえ、最新の開発状況もお伝えします。

## 1. 燃料電池の原理

燃料電池の基本原理は、水の電気分解の逆反応、つまり水素と酸素を反応させて電気と水を発生させるというものです。

図1に代表的な例として、リン酸形燃料電池のセル反応を示します。アノード(燃料電池では負極)に入った水素ガスは電極反応により水素イオンと電子に分かれた後、水素イオンは電解質(リン酸)内を移動してカソード(燃料電池では正極)で酸素と反応し、水を生成します。この際、外部負荷中を電子が移動するため、電力を取り出すことができます。

図1 燃料電池の原理(リン酸形燃料電池の例)

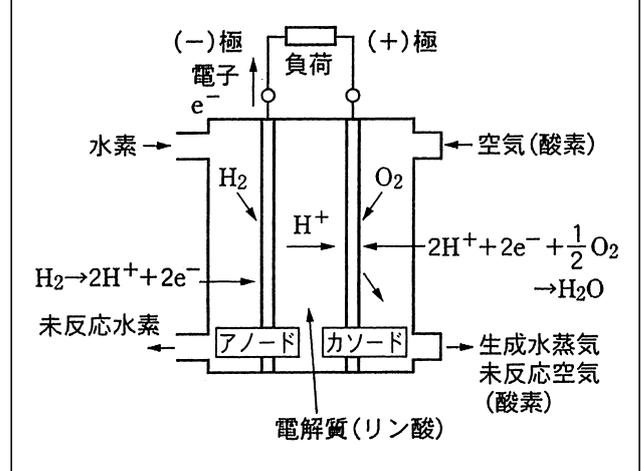
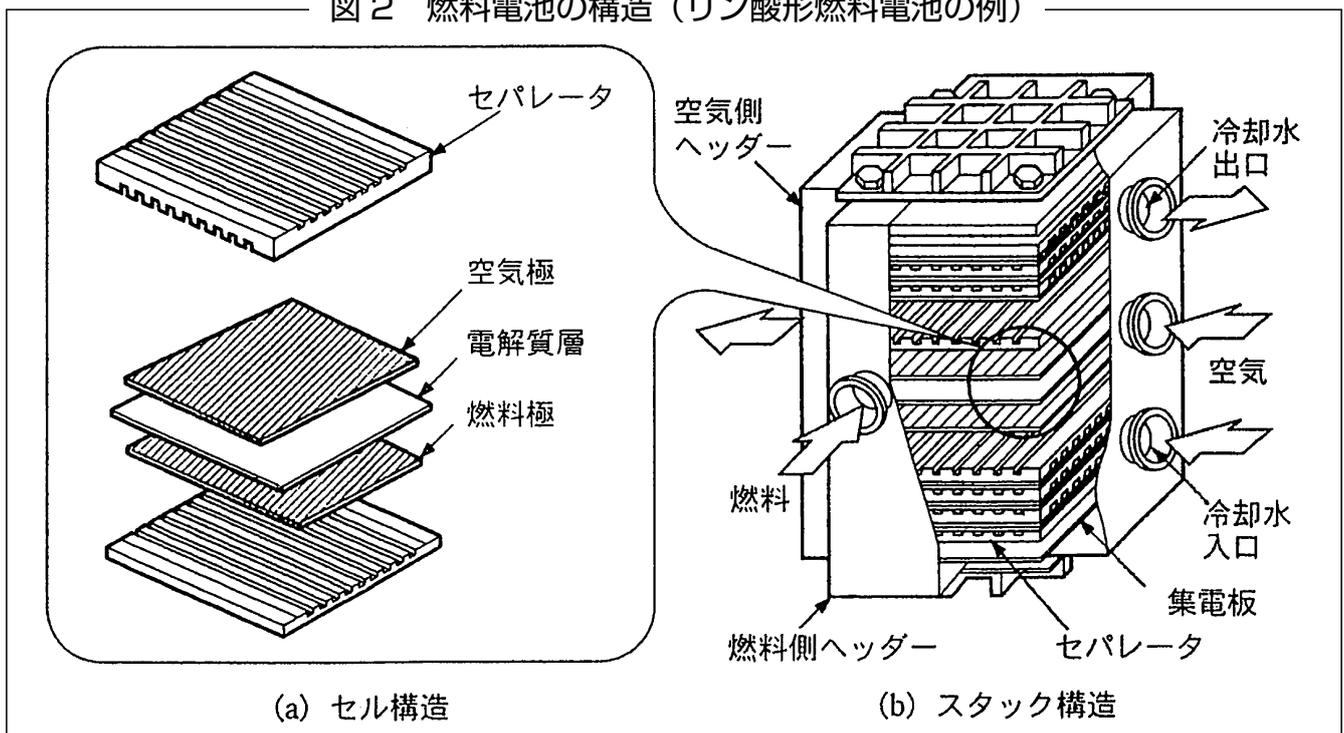


図2 燃料電池の構造(リン酸形燃料電池の例)



ここで、燃料の水素ガスには、都市ガスやLPガスを改質したもの、純水素そのものが使用されます。単セルの運転電圧は0.6~0.8V程度であるため、実際には複数のセルを直列に接続して電圧を高めて使用することになります(図2参照)。

## 2. 燃料電池の種類

燃料電池は使用する電解質の種類によって主に4種類の方式が研究されています(表1参照)。

表1では左から作動温度の低い順に並べてありますが、燃料電池は電解質の種類によりさまざまな特徴を有しているため、適用分野に関してはある程度のすみ分けがなされているとともに、開発状況もさまざまです。

### (1) 固体高分子形燃料電池 (PEFC)

フッ素系イオン交換膜を挟んで、正極に酸化剤を、負極に還元剤(燃料)を供給することにより発電します。水素を燃料に用いる場合では、触媒に高価な白金を使用して、30~40%程度の比較的低い発電効率で発電します。起動が早く、作動温度も70~90℃と低いのが特長です。

実用化が最も進んでいますが、発電効率が低いため、小型用途での発電使用が想定されています。触媒として使用される白金の使用量を減らすことと、電解質として使用されるフッ素系イオン交換樹脂の耐久性の向上とコスト削減が今後の課題です。

### (2) リン酸形燃料電池 (PAFC)

電解質としてリン酸水溶液をセパレーターに含浸させて用います。作動温度は200℃程度で、発電効率は約40%。固体高分子形(PEFC)と同様に白金を触媒としているため、燃料中に一酸化炭素が存在すると触媒の白金が劣化します。商用化も進んでおり、すでに出力50kW級、100kW級および200kW級のオンサイト用プラントが実用機として供給されています。多くのプラントが、開発目標寿命40,000時間を超えて運転を続けており、なかには60,000時間を超えて運転を続けているプラントも出てきています。

### (3) 溶融炭酸塩形燃料電池 (MCFC)

水素イオンの代わりに炭酸イオンを用い、溶融した炭酸塩(炭酸リチウム、炭酸カリウムなど)を電解質として、セパレーターに含浸させて用います。そのため、水素に限らず天然ガスや石炭ガスを燃料とすることが可能です。作動温度は650~700℃程度です。常温では固体の炭酸塩も作動温度近傍では溶融するため、電解質として用いることができます。

リン酸形(PAFC)に競合する選択肢として、出力250kW級パッケージが市場に投入されつつあります。白金触媒を用いないため固体高分子形(PEFC)やリン酸形(PAFC)と異なり、一酸化炭素による被毒の心配がなく、排熱の利用にも有利です。火力発電所の代替電源としての用途が期待されています。

表1 燃料電池の種類

	固体高分子形 (PEFC)	リン酸形 (PAFC)	溶融炭酸塩形 (MCFC)	固体酸化物形 (SOFC)
電解質	フッ素系高分子膜	リン酸水溶液	炭酸リチウム、 炭酸ナトリウム	安定化ジルコニア
作動温度	70~90℃	200℃	650~700℃	650~1000℃
発電効率	30~40%	35~45%	45~55%	45~55%
排熱温度	60~70℃温水	167℃蒸気 50~90℃温水	高温蒸気	高温蒸気
適用分野	移動用動力源 家庭電源	民生用コージェネ 産業用コージェネ	産業用コージェネ 大規模発電プラント	小型コージェネ 中規模発電プラント
開発状況	長期実証試験中で一部 は商品として実用化	製品として多数の実績 があるが、新規参入は 少ない	日本以外での実績があ り、拡大中	実証試験中

#### (4) 固体酸化物形燃料電池 (SOFC)

固体電解質形燃料電池とも呼ばれ、作動温度は650~1,000℃と高く、高耐熱性の材料が必要となります。また、起動・停止時間も長いという欠点があります。電解質として酸化物イオンの透過性が高いセラミックスであるジルコニアを用います。空気極で生成した酸化物イオンが電解質を透過し、燃料極で水素と反応することにより電気エネルギー

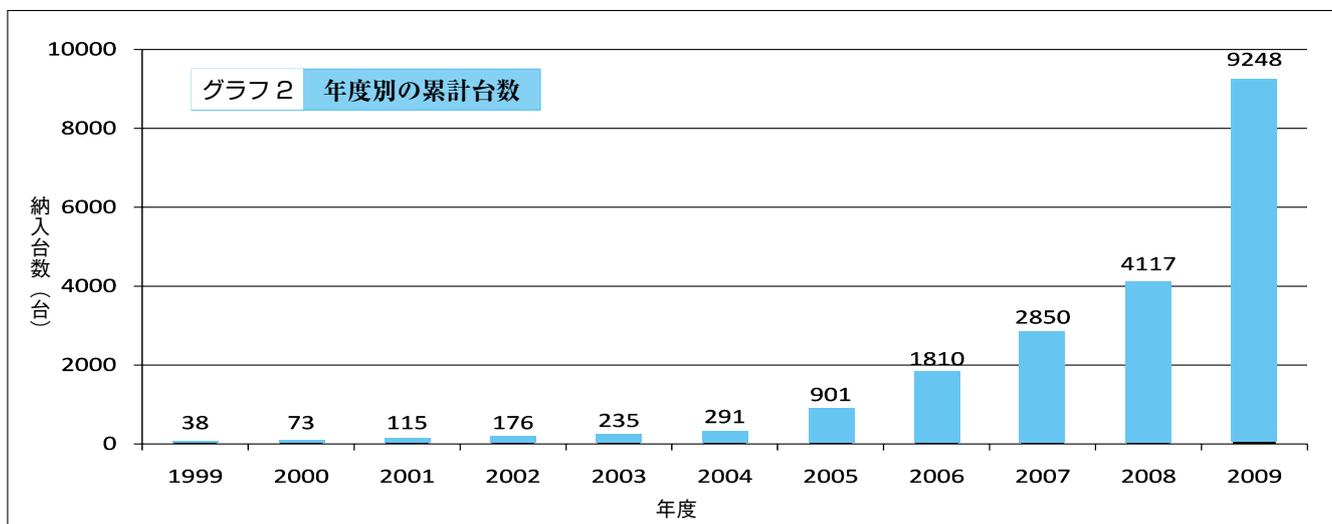
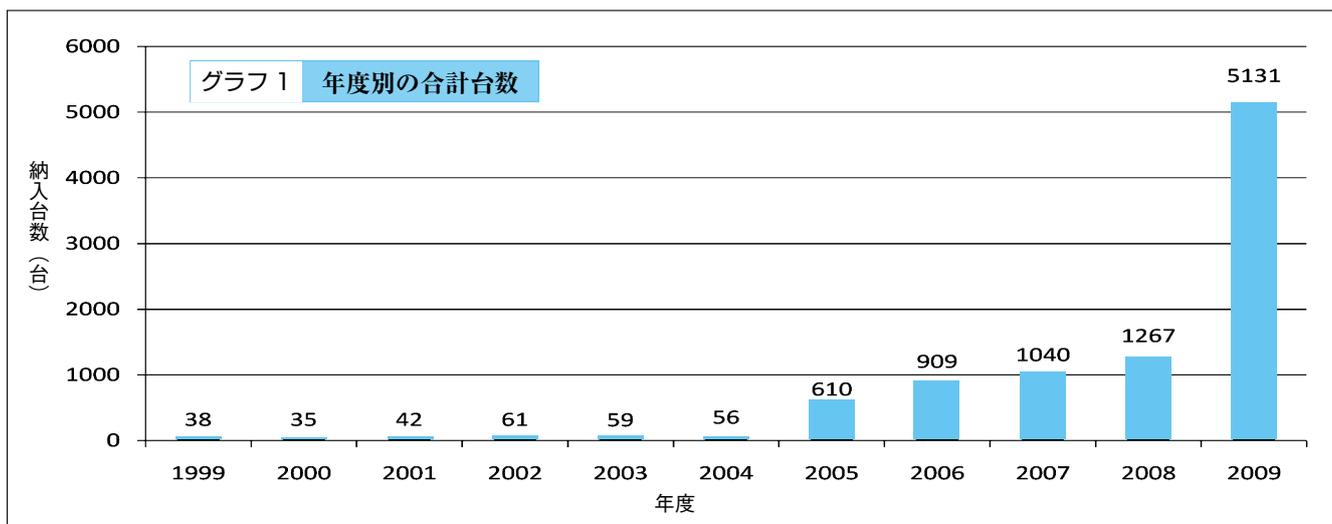
を発生させています。そのため、水素だけではなく、天然ガスや石炭ガスなども燃料として用いることが可能です。

固体酸化物形 (SOFC) は、溶融炭酸塩形 (MCFC) と同様、白金触媒を必要としないとともに、電池内で燃料改質を行うことによって、改質器を必要とせず発電効率も非常に高いといった特長を持っています。これも、火力発電所などの代替電源としての用途が期待されています。

### 参考 燃料電池の日本国内の納入台数

(単位：台)

年度	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	備考
固体高分子形 (PEFC)	29	25	37	56	50	44	602	889	1008	1229	5057	グラフ 1
リン酸形 (PAFC)	9	10	5	2	5	5	4	4	1	1	1	
溶融炭酸塩形 (MCFC)	0	0	0	3	4	4	1	8	0	0	0	
固体酸化物形 (SOFC)	0	0	0	0	0	3	3	8	31	37	73	
合計台数	38	35	42	61	59	56	610	909	1040	1267	5131	
累計台数	38	73	115	176	235	291	901	1810	2850	4117	9248	グラフ 2



(電機2010年10月号より)