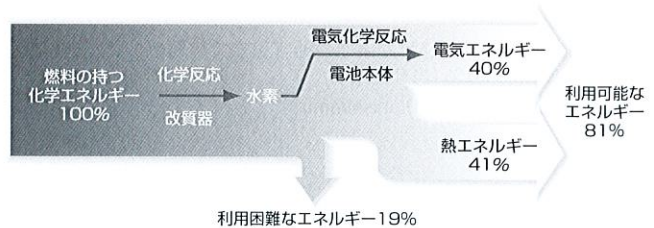


1. 燃料電池の原理と歴史

環境意識の高まりの中、燃料電池が世界の関心を集めています。

スペースシャトルでも使われているアルカリ型、日本でも100台以上の導入実績のあるりん酸型、自動車用や家庭用としてにわかに脚光をあびてきた固体高分子型など、広い範囲で将来への可能性が期待されています。

今回から燃料電池の概要と歴史、現状技術と将来への展望などを5回にわたり紹介します。



燃料電池の原理

普通電池とは違う燃料電池

燃料電池は、電池といっても乾電池(一次電池)や蓄電池(二次電池)のように蓄積された電気を徐々に使っていくものではありません。

水に電流を流すと電気分解によって水素と酸素が発生しますが、この逆方向の反応を利用したのが燃料電池です。

燃料電池は、水素と酸素との電気化学反応により化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する新しい発電システムであり、水素と酸素が供給されている限り発電が継続されます。

燃料電池の発電の仕組み

図1に示すように、燃料極に水素(H₂)を送り込むと、水素は触媒の作用で水素イオン(H⁺)に変わり、電子(e⁻)を放出します。このe⁻が空気極に向かって外部の回路を流れる際に直流電流が発生するのです。水素イオンは電解質(イオンの透過体)

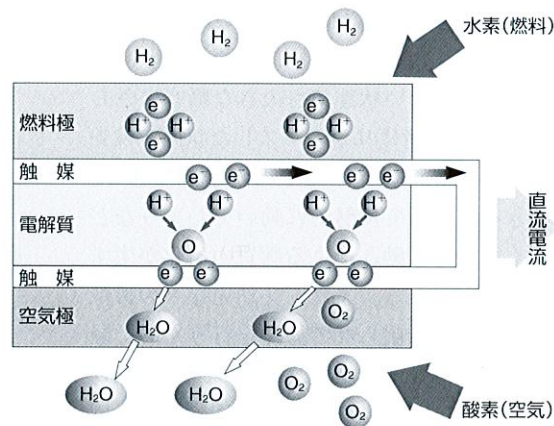


図1. 燃料電池の発電のしくみ 水素は触媒の作用で電子(e⁻)とイオンとに分かれ、電子の流れが直流電流となる。

の中を移動して空気極に至り、酸素(O₂)及び外部回路を経由して届いた電子と結びついて、副成物としての水(H₂O)が生成します。

炭化水素の改質で水素を作る

特殊な場合を除き、燃料電池の燃料に純水素を用いることは現実的ではありません。そこで一般的な燃料電池発電装置には、皆さんにもなじみの都市ガス(メタン)やプロパンガスなどを水素に転換する装置(改

質器)が組み込まれています。このようなガスは炭素原子(C)と水素原子(H)の結合体で、炭化水素と総称されます。改質器では、触媒と熱と水蒸気的作用によって炭化水素が分解し、多くの水素とわずかな二酸化炭素(CO₂)を含んだガス(水素リッチガス)に転換されます。改質器の触媒は硫黄(S)分を嫌うので、燃料電池発電装置には原燃料に含まれるS分をあらかじめ除去するための脱硫器も組み込まれています。

燃料電池の特長

燃料電池は、身近な高効率・省資源型クリーンエネルギーシステムであると言えます。その理由を考えてみましょう。

高い効率で作動する燃料電池

燃料電池の発電効率は、数百kW以下の小容量機でも約40%（低位発熱量基準）であり、これは大型火力発電所の効率に匹敵します。しかも発電の際に発生する熱を給湯や冷暖房などに利用できるコージェネレーション（電熱併給）設備なので、総合エネルギー効率は最大で約80%に達します。

地球に優しい燃料電池

先に述べた改質の解説からわかるように、原燃料に炭化水素を用いる場合には、燃料電池といえどもCO₂を排出します。しかし、燃料電池の発電効率自体が高いので、それだけ排出量の抑制効果が大きいわけです。数百kW級という同一容量の機種で比較しますと、燃料電池はディーゼルエンジンやガスエンジン、ガスタービンなどと比べ、20～40%のCO₂排出量削減効果が得られます。

内燃エンジン、ボイラ・タービン設備、ガスタービン設備などは高いエネルギーを得るために燃料の燃焼過程を伴います。燃料電池はそうした過程のない発電装置ですから、大気汚染物質の窒素酸化物（NOx）をほとんど排出しません。また、脱硫器が設けられているので、硫黄酸化物（SOx）の排出も無視できるほどのレベルです。

燃料電池は回転機による発電ではなく、静止型発電ですから騒音や振動が極めて少ないことも特長です。

表1. 燃料電池の分類

燃料電池の種類 (略称)	りん酸型 (PAFC)	固体高分子型 (PEFC又はPEM)	熔融炭酸塩型 (MCFC)	固体電解質型 (SOFC)	アルカリ水溶液型 (AFC)
電解質	りん酸水溶液	高分子イオン交換膜	炭酸リチウム炭酸カリウム	安定化ジルコニア	水酸化カリウム
移動イオン	H ⁺	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻	OH ⁻
作動温度	約200℃	約80℃	600～700℃	約1,000℃	50～150℃
発電効率 (LHV)	40～45%	35～45%	55～65%	60～65%	60% (電池単体)
開発状況	開発完了 商用化段階	自動車用に開発が 加速 2004年の実用化 が目標	パイロットプラ ント運転中(1MW 機で実証運転)	要素開発段階	実用化段階
適用市場、容量	民生用、産業用 に50～200kW機 が普及しつつあ る	自動車用：数十kW 家庭用：1kW～数kW 民生、産業用：数十 ～数百kW	容量は数百kW以上 分散型電源、石炭 ガス化ガス発電対 応。	今後の研究開発の 動向による	宇宙、軍用 (燃料に純水素を 用いる)

LHV：低位発熱量

燃料電池の種類

5種類の燃料電池

燃料電池は、電解質として用いる物質の種類によって五つに分類されます(表1)。

りん酸型は既に商用段階にあり、もっとも身近な燃料電池と言えます。民生用(業務用)や産業用(工場用)として50kW～200kW容量のプラントを中心に、日本でも100台以上が稼働中です。

固体高分子型は、最近開発が急速に加速しており、世界の注目を集めています。短時間での起動が可能で小型・軽量化も実現しやすいことから、自動車用や家庭用への適用を含めて実用化の期待が高まっています。

熔融炭酸塩型と固体電解質型は、高い発電効率が特長ですが、作動温度が高いだけに開発課題も多く、実用化には更に要素開発が必要です。

アルカリ水溶液型は、米国のスペースシャトルに搭載されるなど、特殊用途に使用されています。

燃料電池の歴史

発明は19世紀

燃料電池の発明は、1839年にさかのぼります。イギリスのグローブ卿は白金の電極を入れた管をピーカーに浸し、酸素と水素を反応させて電気を発生させました。

実用化は宇宙から

燃料電池が初めて活用されたのは米国の有人宇宙船ジェミニ5号への搭載でした。1965年のことです。このときは固体高分子型が採用されましたが、現在のスペースシャトルではアルカリ水溶液型が用いられており、船内の電源用途だけでなく、発電の副産物としてパイロットの飲料水が得られるという画期的な発電システムとして活躍しています。

宇宙で先陣を切った燃料電池を地上で民生用に実用化する開発は、約20年前から本格化してきました。

次号では、りん酸型燃料電池が商用化されていく過程を紹介するとともに、当社の200kW商用機について説明いたします。

木村 正

電力システム社 燃料電池事業推進部参事