

燃料電池自動車の 基礎とこれから



トヨタが開発した一世代前の燃料電池車FCHV-4。銀色のボックスは電気系統のコントロールラダーで、その下に搭載されている燃料電池(スタック)で発生した電気を直交変換したり電圧変換を行う。エンジンルーム右上には普通のバッテリーが見える。このバッテリーは、後部座席裏側に搭載されている補助動力用二次電池とは別で、前照灯やオーディオ類などのアクセサリ電源として使われる。

意外と古い歴史 をもつ燃料電池

「燃料電池 (Fuel Cell)」という言葉が最近雑誌やテレビで見聞きするようになりました。どうやら新しいエネルギー供給装置として注目されているようですが、「燃料電池」自体は200年前に発見された技術で、決して新しいものではありません。

では、なぜこれほどの技術が、今まで歴史の表舞台に立つことがなかったのでしょうか。

時は1801年、英国のデービー博士が燃料として固体の炭素を用いる燃料電池原理を発見したことから始まります。38年後の1839年、同じく英国の物理学者グローブ卿が水の電気分解の逆の現象を用いて水素と酸素から発電することを

発見、実験に成功したことで、燃料電池はこの世にその生を受けました。

しかし、当時すでに注目されていた蒸気機関やガソリンエンジンと比べ、この時の燃料電池が非効率的だったことから、普及することはありませんでした。

ところが、1959年にアメリカの物理学者ベーコンが制御式発電用酸素／酸素燃料電池の開発に成功したことから、アポロなど宇宙船用の電源装置として搭載され、一躍歴史の表舞台に姿を現すこととなりました。宇宙船内で電気を供給するだけでなく、発電の結果として作られる水が飲料水として利用できるなど、クリーンかつ効率的という燃料電池の特性が高く評価されたそうです。

これを契機に燃料電池技術の研究・実用化が加速し、現在の燃料電池自動車が生まれたのです。

ではなぜ、160年以上前の技術である燃料電池が今日再び注目されているのでしょうか。燃料電池の構造と特質、そして近い将来自動車整備業



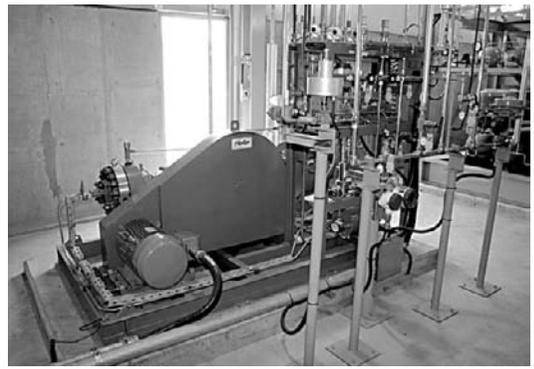
燃料電池車へ水素を注入するためのノズル。水素が漏洩しないよう、多くの工夫が施されている。空気中における水素の燃焼範囲(大気中で爆発する濃度)は4~75%と広く(ガソリンの燃焼範囲は1.4%~7.6%)、静電気でも着火してしまうため、取り扱いには注意が必要だ。なお、一般燃料と比較し水素が燃焼しても可視光線が少なく炎は目視し難い。



水素充填機(「ディスベンサー」と呼ばれる)



水素蓄圧器。簡単に言うならば、水素貯蔵庫。自動車に燃料を充填する水素ステーション側は、車載タンク圧力よりも高い圧力で水素ガスを貯蔵する必要があるため、約400気圧もの高い圧力に耐えられるように設計する必要がある。今後は、燃料電池自動車の1充填当りの走行距離を伸ばすため、車載タンクおよび水素ステーションの圧力はますます高圧化すると予測される。



水素圧縮器。水素製造設備で精製された水素をここで200気圧・400気圧と段階的に加圧し、蓄圧器へと送り込む。なお、約400気圧まで圧縮する理由は、貯蔵量の確保と、燃料電池車へ圧力差を利用した注入を行うため（燃料電池車の水素タンクの内圧は約350気圧）。

界が遭遇すると思われる燃料電池車の扱いについて迫っていきたいと思います。

燃料電池ってどんなモノ？

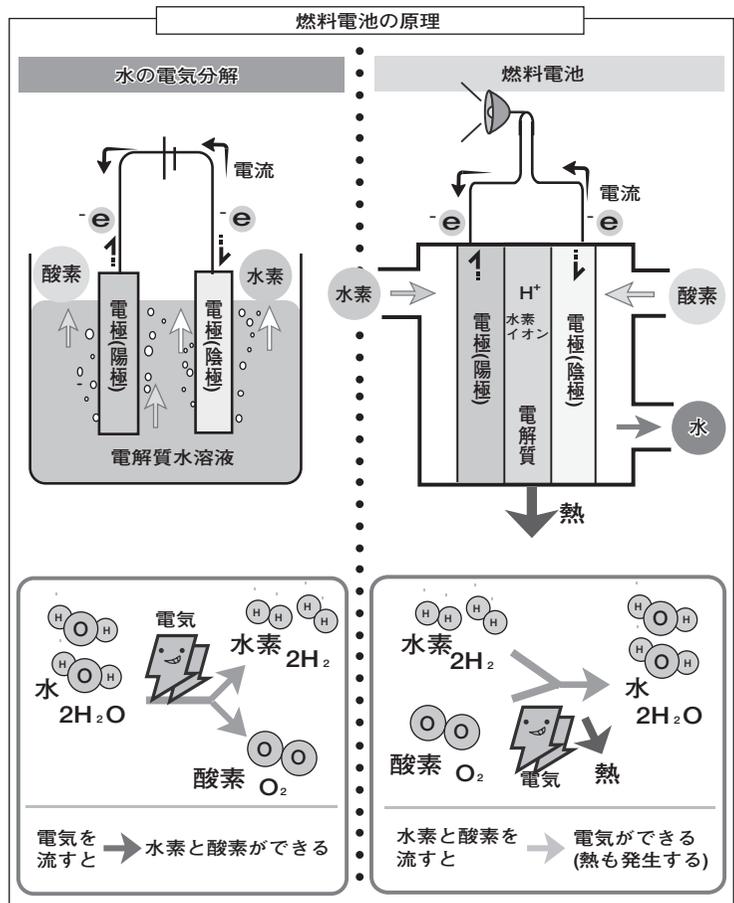
燃料電池とはどのようなものなのでしょうか。

簡単に言えば、「化学反応により水素と酸素から電気エネルギーを取り出す装置」です。「発電機」と言っても構わないでしょう。

20世紀末頃から、世界では地球温暖化に伴うCO₂排出量の低減や化石燃料の枯渇が騒がれ、画期的な電気の供給源が求められていました。そんな中、燃料電池は発電の結果得られる生成物が水のみであるために、極めてクリーンな発電装置として再び注目を浴びました。

では、どのような原理で燃料電池は水素と酸素から電気（と水）を生み出すのでしょうか。

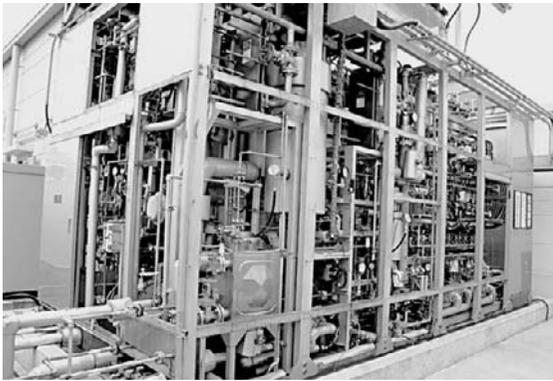
水を電気分解すると酸素と水素が発生しますが、燃料電池は逆に水素と酸素を電解質膜を通して反応させ、電気と水を発生



発電の仕組み

外部から供給された水素分子(H₂)は、マイナスの電極内にある触媒に吸着され活性な水素原子(H-H)となります。この水素原子は、水素イオン(2H⁺)となり2個の電子(2e⁻)を電極へ送り出します。この電子は外部回路を通して反対側のプラスの電極に電流として流れます。プラスの電極では、外部から供給された酸素分子(O₂)が外部回路から戻ってきた電子を受け取り酸素イオン(O₂⁻)となります。一方マイナス電極で電子を取られてプラスの電荷を帯びた水素イオン(2H⁺)は、電解質を伝ってプラスの電極に移動し、マイナスの電荷を帯びた酸素イオンと結合し水(H₂O)となります。

(参考：独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 資料)



水素製造設備。ここで脱硫ガソリンと純水を使い、水蒸気改質の製法により水素ガスを製造し、吸着法により水素を精製している。

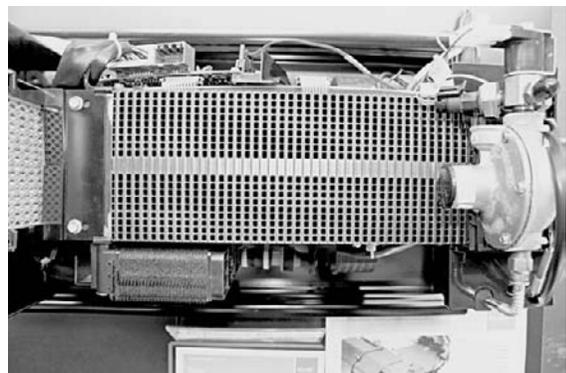
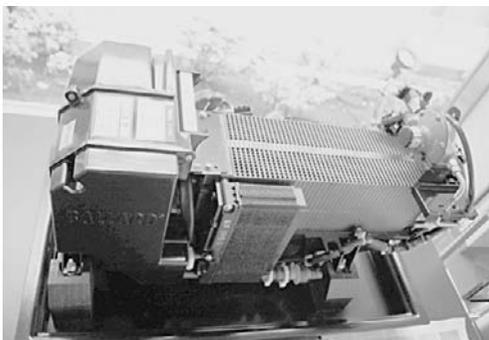
させます(前頁図参照)。燃料電池車はこの電気を利用してモーターを動かすのです。

● ● ● どうやって燃料を補給しよう…

現在、燃料電池車普及にあたって一番の障害になっているのが「インフラ整備」です。どんなに技術が優れていても、100キロ先のスタンドへ行かなくてはいけないようでは、誰も燃料電池車に乗らないでしょう。

燃料電池が発電するには、「酸素」と「水素」が必要です。酸素は大気(空気)からとりこむことができますが、水素は単独では自然界に存在しません。

「水素をどのようにして入手するか」は、燃料電池を活用する上で避けることのできない問



燃料電池。家庭用と自動車用は全く同じ構造をしているという。編み目のように見える一つ一つが「セル」と呼ばれる発電機構。「セル」はサンドイッチの様な構造をしており、空気極(プラスの電極)と燃料極(マイナスの電極)が電解質を挟んでおり、乾電池が平らになったイメージである。燃料電池はこのセルが積み重なってできていることから「スタック」とも呼ばれている。

題です。ここで「家庭用燃料電池」と「自動車用燃料電池」の2つを例に考えてみましょう(この2つは構造が同じモノだそうです)。

家庭用の燃料電池は電気と熱を同時に利用できる代表的なコジェネレーションシステムですが、このシステムでは都市ガスやLPガス等を小型の改質装置を通して水素を取り出す技術が開発されており、安定して水素を調達することができます。一方自動車では改質装置を搭載してガソリンから水素を得るのは構造上やシステム上の複雑さから現状では難しいようで、水素を充填できる水素ステーションを用意して自動車に充填する、という方法をとるのが一番現実的です。

現在、経済産業省の補助事業として行われているJHFCプロジェクト*では、12箇所(関東10箇所、愛知万博2箇所)の水素ステーションでそれぞれ異なった製造方法で水素が作られ、燃料電池自動車へ供給しながら走行テスト等の実証試験が行われています。燃料電池自動車の普及には、こういった水素ステーション等のインフラ整備が欠かせません。

JHFCプロジェクトでは、その活動を通じて燃料電池自動車や水素エネルギーの普及促進に努めていますが、まだまだ克服すべき技術課題も多く、またインフラ整備が必要なこともあり、一般ユーザーに普及浸透するにはまだかなり時間がかかりそうです。



水素ステーション全景。ディスペンサーと呼ばれる水素供給設備の後ろの建物内は全て水素製造・貯蔵設備となっている。ちなみに、水素スタンド1基の建設費用は、現時点では同規模ガソリンスタンドの3倍程度だという。

燃料電池自動車の基礎とこれから

クトのベース基地にある横浜・大黒水素ステーションにおける水素製造能力は時間当たり車1台相当ですが、将来的な普及段階では約その10倍程度の能力が必要とされ、実用化を目指しているそうです。

また、ガソリンスタンドよりも徹底した安全管理が求められます。ガソリンと比較してもヒューマンエラーが大きな事故に結びつきやすいと言われる水素を、いかに安全に扱うことができるかが重要な課題です。

水素スタンドってどんなもの？

水素スタンドとはどのようなものなのでしょうか。

上の写真をご覧になっていただくとわかるように、外観は既存のガソリンスタンドと大差はありません。ところが、その内側は全くの別物です。

まず、燃料自体をガソリンスタンドのように搬入する必要はありません。なぜかという、水素をスタンドの中で作ってしまうからです。スタンド内の水素製造装置で作られた水素は精製されたあと、圧縮されてボンベに溜められます。現在、実証試験設備としてJHFCプロジェ



燃料電池車に積まれる「水素タンク」。350気圧という高圧の水素ガスを安全に保管するため、数々の特殊技術が施されている。



ガソリンハイブリッド車や燃料電池車に使用されてきた補助動力用 ニッケル水素蓄電池。燃料電池車走行時に車輪回転から回収できるエネルギーを電気として蓄電する。

水素って危ないんじゃないの？

水素はすごくキケンなモノじゃないの？と考えてしまいがちですが、「水素自体は正しい取り扱いをしていれば危険な気体ではない」とされています。また、政府や事業者によって水素



日産の最新燃料電池車に補助動力用として搭載されている薄型ラミネート型セルを採用した「コンバクトリチウムイオンバッテリー」。従来の円筒形リチウムイオン電池に比べ重量・体積がそれぞれ約半分、パワーは1.5倍という高性能を誇るという。燃料電池車走行時に車輪回転から回収できるエネルギーを電気として蓄電する。



「キャパシター」と呼ばれる補助動力装置。燃料電池車走行時に回収できるエネルギーを電気として蓄電し、短時間に放出することでモーターの出力を高めるのに用いられる。一種のコンデンサーである。

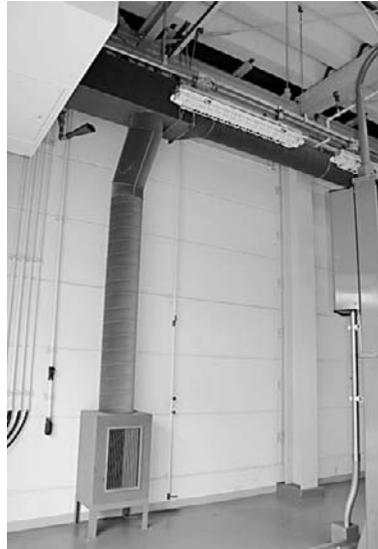


燃料電池自動車の整備室入り口。室内は今までの整備作業場とは異なり、万一の水素漏洩時に火災や爆発が起こらないよう、室内換気・空調を始め静電気対策や防爆型電気設備の採用など、徹底した防爆・火災対策が施されている。

を取り扱う際の技術指針、安全性に関わる基準が策定されており、それらに従ってさえいけば安全に取り扱うことができます。

しかし、既存の自動車燃料であるガソリンと比較すると、空気中における水素の爆発限界濃度幅は4～75%と広く、空気と混ざること爆発する可能性が高くなるなど、危険性は大きいと言えます。また、燃料電池自動車では水素が、350気圧の圧縮ボンベに入れられた状態で貯蔵されており、かなりの高圧となっていますから、その取り扱いにも注意が必要です。

しかし、しっかりした管理の下で行われているJHFCプロジェクトでは高圧水素が原因となるトラブルは起きていませんし、漏洩しても比重の軽い水素は大気中に拡散してしまうため、爆発する危険性はそれほど高いものではないようです。



整備室内の換気・空調設備。万一の水素漏洩時に室内の水素濃度を下げることによって火災や爆発が起こらないよう水素濃度に応じて換気量が自動的に変わる。また室内空気が静電気を帯びにくくするため25℃、湿度40%以上の空気による換気・空調が行われている。燃料電池車を整備する上で必要不可欠な設備の一つである。

どうやら水素は、その特性をしっかりと理解し、扱いを間違わなければガソリンと同じように安全に取り扱える燃料といえそうです。

●●● 水素を積んだ車が ●●● 整備工場に入庫したら…

では、燃料電池車を整備する作業場にはどのような設備が求められるのでしょうか。その回答として、JHFCでは独自に基準を設け、燃料電池車を整備する作業場を作りました。

安全性を重視し、徹底した検証によって作られたこの設備は、現在のレシプロエンジンの整備作業場とはかなり異なったものになっています。

例として、作業場の灯りやコンセント、リフ



整備室内天井にある「放風窓」。万が一爆発した際のエネルギーを逃すための設備。



整備室内に採用されている防爆型コンセント。通電時に火花が出ないように特殊コンセントを使用している。(写真左)



一見すると何でもない整備室の床。だが、静電気を逃がすための塗装が施されている。



整備室前面にある手動式ハロン消火設備起動装置。ハロン1301は、消火後に物が汚れたり傷ついたりすることが少なく、電気絶縁性が問題となる施設でも使用できるという長所をもっているほか、消火力に優れ、二酸化炭素に比べて少量で消火できるという特徴がある。

●リフターの奥に見えるのは警報装置。整備室内の水素濃度が危険領域に入ると警報を発し、室内電源の供給をカットするなど、段階を追って自動的に電源カット対応が行われる。

ター等の全ての電気設備が防爆仕様になっており、また床には静電気防止塗装が施され、着火源を徹底的になくす仕様になっています。そして水素センサーや熱センサーと連動した換気設備や消火設備、警報装置を備えていること、などが挙げられます。

なかでも目に付くのは「車から水素を抜き出す設備」です。燃料電池車は分解整備を行う前に必ず水素タンクを空にする必要があります。今までの分解整備とは手順も危険度も全く異なる、ということのようです。

今後、燃料電池車が普及し、整備工場で整備をする必要性が生まれてきた場合、整備工場の認証制度の中にこれらの設備仕様が含まれる可能性は高いかもしれません。

燃料電池のこれから…

現在、世界中の自動車メーカーが、燃料電池派と水素エンジン派（ガソリンの代わりに水素を燃焼させる）に分かれて開発競争を展開しているようです。その昔、ガソリンエンジンはその黎明期にも電気自動車とのシェア競争を繰り広げた過去があります。

当時、最終的にガソリンエンジンが勝利を取った理由は「当時は原油を精製する際に採れるガソリンを構成する成分には使い道がなく、廃棄されていたこと」だと言われていますが、一

度は決着したガソリンエンジン対モーターの争いが、水素をテーマに水素エンジン対燃料電池自動車という形で再燃しそうなことは、なにやら因縁めいていて面白い話です。

どちらが普及したとしても、自動車整備業はこれらの新技術対応を避けて通ることはできません。また、先述した「家庭用燃料電池」と「自動車用燃料電池」の構造が同じものであるということは、自動車整備事業者が家庭用の燃料電池を整備することが可能ではないでしょうか。

水素／燃料電池は次世代のクリーンなエネルギーの中核技術になり得る大きな可能性を持っています。

「これからの技術」という見地からも、燃料電池車から目を離すことができません。

経済産業省は2010年に5万台、2020年には500万台の燃料電池車導入を目標としています…。

取材協力：JHFCパーク

JHFCは「水素・燃料電池実証プロジェクト」の略称。経済産業省の補助事業として、(財)日本自動車研究所と(財)エンジニアリング振興協会が行っているプロジェクト。同プロジェクトが運営する「JHFCパーク」では、燃料電池車や水素についての技術説明が受けられ、また施設見学や燃料電池車の試乗などができます。(詳しくは電話：045-504-3933 または <http://www.jhfc.jp>)