

地水火風 27

燃料電池と安全性

牧野恒一

最近、各省庁の来年度予算の目玉として、各紙にしばしば燃料電池関係の記事が掲載され、耳目を集めている。燃料電池は次世代エネルギーの本命とされている。本稿では、この燃料電池とその安全性について考えてみよう。

[燃料電池とは]

燃料電池とは、化学反応によって発電する電池のうち、反応によって消費された物質を（「燃料」のように）補給することにより発電を継続するタイプの電池のことをいう。

乾電池や蓄電池も化学反応によって発電するが、「燃料」を補給するタイプではないので「燃料電池」の範疇には入らない。

「燃料」としては、化学反応によって電気を発生するものなら何でもよいので、なるべく発電効率が高く、かつ、安価で手に入りやすく環境負荷が少なく危険性が少ない燃料と触媒の組み合わせを求めて、世界中の専門家が探しまわっているが、まだ決定的な方法は見つかっていない。

[水素を利用した燃料電池]

水素と酸素を触媒などを介してうまく化学反応させると「水」が生成し、その際に電気が発生することはよく知られている。水素は自然界には利用可能な状態では存在しないので、何かから作り出す必要があるが、この原料として最も期待されるのは水である。水から水素を取り出し、これを燃料として水と電気を作り出せば、二酸化炭素も二酸化硫黄も発生しない究極のクリーンエネルギーである。

自然界には「エネルギー保存の法則」という大原則があるので、水から水素と酸素を取り出す「何らかの方法」に必要なエネルギーは、水素と酸素を反応させて水を作る際に取り出せる電気エネルギーよりも必ず大きい。このため、水素を作る時に石油エネルギーを使ったのでは、地球環境的に見るとかえってマイナスになってしまう。

石油エネルギーを使わずに（例えば太陽エネルギーを何らかの触媒を介して利用したり、酵素など生化学反応を利用したりして）水から水素を取り出す方法が確立して初めて、水素を用いた燃料電池が「究極のクリーンエネルギー」たり得るのである。残念ながら、世界中の専門家の努力にもかかわらず、実用的な方法はまだ発見されていない。

[都市ガス等を利用した燃料電池]

水素は有機物を構成する原子としてありふれたものだ。天然ガスやアルコールなどの有機物を触媒など何らかの方法を用いて分解し、水素を取り出して燃料電池に用いる方法も研究されている。取り出した水素を（水素の状態で置かずに）すぐに反応させることが出来れば、天然ガスなどを燃料として電気を発生させることが出来る。燃料が炭素と水素と酸素の化合物なら、この場合に生成されるのは水と二酸化炭素だけである。

これは、地球環境の収支上は火力発電と何も変わることはないのだが、都市ガスを用いて家庭内で発電すれば、副次的に発生する熱を給湯や冷暖房に用いることにより、トータルのエネルギー効率が見かけ上極めて高くなる可能性がある。

都市ガスを用いてエンジンを回し発電する家庭用のガス給湯発電機など、既に一部実用化されているものとメリットの面では似ているが、可動部分が少なく維持管理が容易になる可能性があること、開発途上なのでエネルギー効率がまだ大幅に改善される余地があることなどが注目されている所だろう。

[燃料電池の危険性]

都市ガスを用いた家庭用の燃料電池は、都市ガスそのものの危険性もあるし、反応によりある程度の高熱を発生するなどの危険性もあるが、既に家庭の中に入り込んでいる様々なガス器具と比較して特に危険性が大きくなるのであれば許容されるべきだろう。

これに対して、純粋な水素を用いた燃料電池の危険性は比較にならないくらい大きい。

水素と酸素が急激に反応すると「爆発」するが、その爆発力は極めて大きい。宇宙ロケットがガソリンでなく水素を燃料にしていることを考えるだけでもそのことがわかる。

水素ガスは空気と混合した場合の可燃範囲が極めて大きく（可燃範囲4%～74%）、希薄な状態でも、極めて濃い状態でも爆発する。ガソリン蒸気の可燃範囲が1.4%～7.6%、プロパンガスが2～10%、都市ガス（メタンガス）が5%～15%であり、限られた条件でしか爆発しないことを見ても、水素の危険性がわかるだろう。

また、水素分子は、自然界に普通に存在するものの中では最も小さい。このため、シールドすることが難しく、極めて漏れやすい。さらに、水素分子が小さいため、容器を構成する鉄などの分子と分子の隙間に入り込んでしまう。鉄製のボンベに水素を入れておくと、時間の経過とともに鉄の分子の間に水素分子が入り込み、鉄が脆くなる現象（水素脆化）が起こることが知られている。

このように水素は、ひとたび間違えると大爆発する上、その特性上極めて漏洩・爆発事故を起こしやすい厄介な性質を有している。化学工業の分野では、この厄介な特性を制御しながら水素を原料とした各種の製品を製造し、また様々な工程で水素を用いてきている。専門家の世界での安全対策やノウハウは一応蓄積されていると言えるだろう。それでも、水素添加脱硫装置の爆発事故などは石油コンビナートの大事故の定番になっているし、スペースシャトルなど宇宙ロケットの分野でも相当の確率で爆発事故が起こっている。プロの世界ですら、水素の安全対策は未だに完璧とは言えない状況にあるのである。

[燃料電池開発競争と安全対策]

報道によると、政府は燃料電池の3年以内の実用化に向けて、官民合同のプロジェクトを発足させるということだ。特に自動車向け燃料電池の開発、実用化は、ポストガソリン車の開発に向けて、世界中の自動車メーカーや石油会社を巻き込んだ大競争が始まっており、日本もその競争で世界のイニシアチブを取るべく産官学共同で研究開発に取り組むというのである。

大いに結構なことだが、気になるのは、車向けの燃料電池の燃料として、とりあえず水素が想定されていることだ。300気圧とか700気圧という高圧の水素ガスボンベを積んだ水素利用燃料電池を想定して、自動車の開発、水素生産・流通システムの開発、水素ガスステーションなど供給システムの開発などが行われるということだ。

水素を利用した燃料電池が究極のクリーンエネルギーの一つであることは間違いない。ただ、それは石油エネルギーを使わずに水素を水から取り出す技術が確立してからのことだ。現在進められている水素の生産システムは、化石燃料を原料にしている。地球環境への影響という点では、総合的に見て現在のガソリン車とあまり変わらないはずなのだ。

一方、水素の危険性はガソリンなどとは比べものにならないほど大きい。

プロの世界でさえ厄介とされる水素の取り扱い施設が至るところに建設される上、高圧の水素ボンベを積んだ車が路上を走り回ることになる。交通事故、走行中の水素ガス漏洩、ボンベ交換時等の漏洩、水素ステーションのトラブルなどが起こっても、水素ガスの爆発事故に容易につながらない安全対策が必要とされることは言うまでもない。

燃料電池の開発・実用化に向けた官民合同プロジェクトには大いに期待したいところだが、「水素利用の燃料電池自動車」については、慎重で着実な安全対策の研究の積み重ねが不可欠だと思う。