

発電への利用を見据えた水素普及の可能性

三井物産戦略研究所
グリーンイノベーション室
倉林靖夫

水素燃料電池自動車 (FCV) について2015年の市場投入を目指し、先進国の自動車メーカーが開発を競っている。しかし、原料となる水素を供給する体制、いわゆる水素インフラに関しては、いまださまざまな問題を抱えている。本稿では、FCV以外の用途も含め、二次エネルギーとしての水素利用の可能性について概説する。

水素の特性と優位性

世界で利用されているエネルギーは、自然界に存在している一次エネルギーと一次エネルギーを変換した二次エネルギーに区分される。石炭、石油、天然ガス等の化石燃料、核反応を利用する原子燃料、水力、太陽光、風力、地熱等の自然エネルギーは一次エネルギーだが、水素は電気と同じく二次エネルギーとして位置づけられている。水素は単体では自然界にほとんど存在せず、水や炭化水素など、化合物として存在しており、エネルギーを加えて水素ガスとして分離して取り出し、必要な時に酸素と反応させて水にするときにエネルギーを取り出すことができる。従って水素は、利用段階では温暖化ガスの排出がなく、クリーンなエネルギーである。天然ガスと比べても、質量当たりのエネルギー密度が2.6倍高く、より多くのエネルギーを蓄える性質を持つ。また、同じ二次エネルギーの電気と比べて水素の優位な点は、大規模かつ長期に貯蔵が可能で、長距離輸送する場合、電気のような送電ロスがないことである。効率的な水素利用システムが確立されれば、貯蔵ができ、クリーンで汎用性の高い「夢のエネルギー」として大きなポテンシャルを秘めている。

現在、水素は石油の脱硫・改質、アンモニア合成やメタノール合成といった化学品製造、半導体製造における材料ガス等に使用されている。これらは、製油所におけるナフサからの改質、あるいは、製鉄所のコークス炉および転炉からの排ガスや、電気分解による苛性ソーダの製造時に副生ガスとして産出され、主に産業用に年間約250億Nm³ (Nm³: 0 1気圧 (標準状態) の体積単位) 世界全体で約6,000億Nm³ (2010年) が使われている。しかし、これらは、ほとんどが製品製造プロセスに使用される中間原料としての水素である。

FCVへの利用

日本では、水素はFCVの燃料用途として、その普及に向けた議論が過去何度か進められてきた。2010年に(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が

発表した開発ロードマップでは、小売り段階での目標供給価格を、2010年の約120円/Nm³から、2015年に90円/Nm³、2020年に60円/Nm³、2030年に40~60円/Nm³としている。このロードマップに対して、FCVメーカー、ガス会社、石油元売り、水素販売会社の計13社が水素インフラ構築を目指す共同声明を2011年に発表した。

また、燃料電池実用化推進協議会(FCCJ)が取りまとめた日本のFCV普及ロードマップでは、市場投入10年後の2025年における累計普及台数は200万台と想定しているが、これに必要な水素供給は年間20万トン(=22.4億Nm³)程度と見込まれる。FCV普及に沿って年々段階的にしか増加しない水素需要に対して、採算を取る形で水素インフラを構築することの困難さが大きな壁となっている。

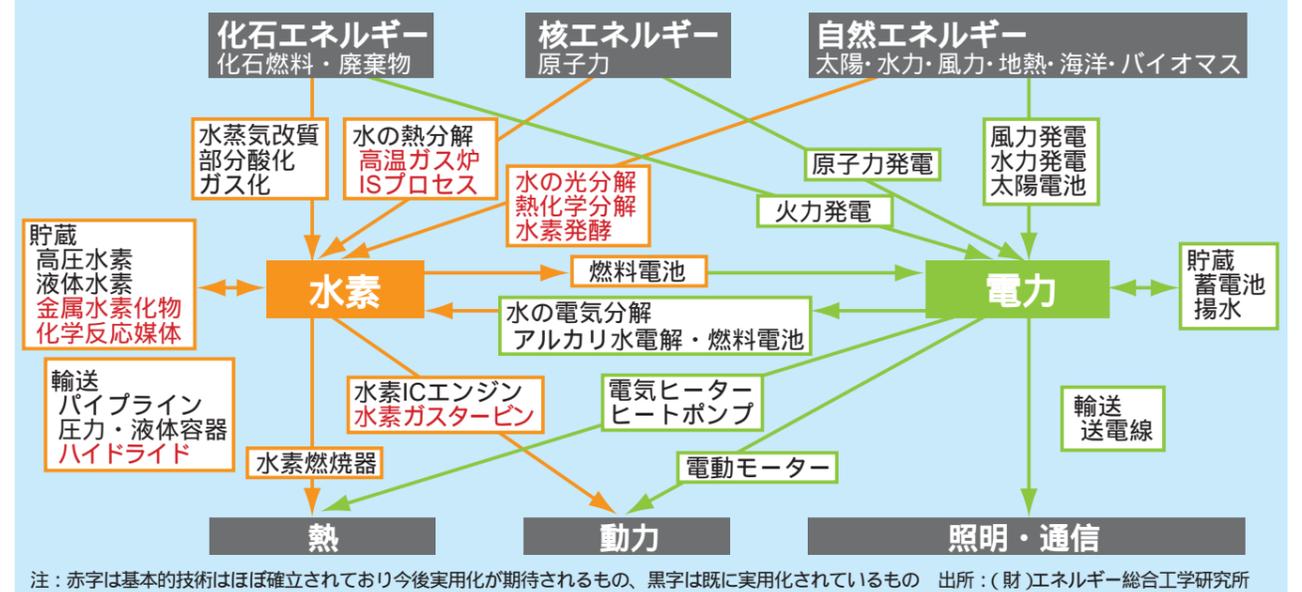
世界各国の水素エネルギーへの取り組み

FCV用途だけを想定しては、水素インフラの構築に向けたハードルは高いが、諸外国では、エネルギー貯蔵という観点から、電気エネルギーを水素に置き換えて貯蔵することで水素利用の幅広い活用を目指すさまざまな取り組みが開始されている。

イタリアの北東部ヴェネト州の hidroジェン・パークでは、周辺の石油化学産業から生産される年間4,500~5,000トンの副生水素を活用し、2010年から火力発電所の運転を開始している。通常はメタンガスや天然ガスなどに水素を混ぜて発電を行うのが一般的だが、このプロジェクトは小規模(12MW+4MWのコンバインドサイクル)ながら、世界初の水素ガス100%が可能な発電プラントである。

カナダのプリティッシュ・コロンビア州ベラクーラにある人口2,500人規模の地域は、幹線電力網とつながっておらず、その地域のみをカバーする独立した電力網となっている。ここで、「HARP (Hydrogen Assisted Renewable Power System)」プロジェクトが進められており、年間の雨量の変動に起因する水力発電の出力変動を平準化するため、余剰電力を用いて水を電気分解して水素にして貯蔵し、必要な時に燃料電池により電力を取り出して地域に供給している。系統電源となっていない隔地や離島では、コスト高なディーゼル発電に頼るのが通例だが、環境に配慮してクリーンな水力発電による電力を水素の形に変えて貯蔵し、必要な時にエネルギーとして取り出すという、再生可能エネルギー活用の先例となっている。この結果、同地区

図表1. 二次エネルギー水素と電力の関係



注: 赤字は基本的技術はほぼ確立されており今後実用化が期待されるもの、黒字は既に実用化されているもの 出所: (財)エネルギー総合工学研究所

のディーゼル燃料消費量が年間20万リットル削減され、二酸化炭素排出量も年間600トン削減されているという。

同様に再生可能エネルギーからの転換では、ドイツのブランデンブルク州プレントラウで、国策として導入が進んでいる風力発電の余剰分を水素に転換し活用している。電気分解によって得られた水素を一旦専用タンクに貯蔵し、バイオガスと混ぜた上で、コージェネレーションプラントに送り、電気と熱として利用している。水素製造能力は120Nm³/時あり、貯蔵された水素の余剰分はFCV用の燃料としてベルリンに搬送され使われている。過剰な再生可能エネルギーの導入により、余剰電力が発生する地域での解決策モデルの一つとなろう。

水素エネルギー利用に向けた課題

水素の本格普及に向けた最大の課題は水素コストの低減である。具体的には、原料としての水素の製造コストの低減に加え、その運搬・貯蔵・供給コストを削減することも必要となる。この動きを加速するには、水素の需要先を新たに創出し、スケールメリットを求めることが必要だ。その切り札の一つとして「水素燃焼ガスタービン発電」による大量消費が考えられている。水素燃焼ガスタービン発電とは、LNGを燃料とした天然ガスタービン発電と同種の発電方式で、燃料を天然ガス(メタン)と水素の混合気体、将来的には100%水素燃料に置き換えようとするものである。

では、供給サイドから見て安価で大量に水素を調達するにはどうすればよいかという問題に突き当たるが、一例として、中東の産油国や、天然ガスを産出する豪州、アジア等で水素を大量に製造し、液体水素、高圧水素、水素吸蔵合金、有機ハイドライド化といった形で輸入するという構想がある。

例えば、千代田化工建設は、中東で天然ガスの改質や石油残渣のガス化により生産された大量の水素を有機ハイドライド化してタンカーで日本へ輸送する方法を検討している。

有機ハイドライドとは有機化合物の一種で、水素を吸収したり放出したりできる性質を持つ液体のことで、液体水素のようにマイナス260度近くまで冷却する必要もなく、常温常圧の液体状態で運搬できるので、貯留・輸送時にコスト優位性があるといわれている。同社は、取り出した水素を燃料としてガスタービンで発電するコストを試算しているが、実用化される時期と想定した2010年代後半では16~18円/kWhと算出しており、これは石油火力発電コストに匹敵する。2030年代には年間1,000万トンの需要で10~12円/kWhに低減し、石炭やLNG火力と同レベルになると見込んでいる。すなわち、1,000万トンレベルの需要を開拓すれば、コスト的に十分採算が取れるということになる。例えば、東京電力の富津火力発電所第3系列(38kW x 4軸 = 152万kW)並みの発電所の水素需要は年間53万トン程度となり、全国で20基ほどを水素発電に切り替えれば、可能となる。この規模の水素需要と水素インフラが準備できれば、FCV需要の年間20万~50万トン程度の水素供給問題はクリアできるようになるだろう。

大規模水素インフラを構築することで、電気と水素の両方の二次エネルギーを最適に使用することが可能となる。例えば、交通や一般家庭は、クリーンなゼロ・エミッションの水素と電気を主に使用することで、日常生活において二酸化炭素や有害な窒素酸化物(NOx)、硫黄酸化物(SOx)を排出しない環境を整えることができる。また、発電や水素製造を行う工場レベルでの二次エネルギー創出については、技術改善・技術革新を進めつつ低炭素化を図る。そのために使用する一次エネルギーは、コストとマーケットでの入手可能性に応じてその時々最適なものを選択しつつ、可能な限り再生可能エネルギーへの切り替えを推進していく。このような形で一次エネルギーと二次エネルギーのそれぞれに効率的な活用を図ることで、ゼロ・エミッション社会に近づけていくことが可能となろう。