

JXTG エネルギー、 水素ビジネスをめぐる 国内外の動向と将来展望

JXTGエネルギー株式会社 水素事業推進部長

塩田 智夫



1. はじめに

パリ協定の発効を契機に世界のエネルギー政策の潮流が「脱炭素化」へと転換している今日、利用時にCO₂を排出しない「水素」への関心が各国で高まっている。

当社は、世界初となる量産型燃料電池自動車（Fuel Cell Vehicle、以下FCV）の国内販売開始に合わせて、2014年12月から水素ステーションの営業を開始し、2019年3月に開所した千葉幕張水素ステーションに至るまで、四大都市圏（首都圏、中京圏、関西圏、北部九州圏）に国内最多となる41カ所の水素ステーションを整備してきた。特に首都圏では、横浜市中区に水素製造出荷センターを設置し、水素の製造から販売までの一貫体制を築くことで、お客様への安定供給に努めている。

わが国が世界に先駆けて水素社会を実現するべく、2014年に策定された「水素・燃料電池戦略ロードマップ」では、2030年のFCVが80万台、水素ステーションが900カ所相当と改めて目標が明記され、それに向けた具体的なアクションプランが提示された。また、発電や産業プロセスでの利用などモビリティ以外の用途でも水素の利用拡大が見込まれている。本稿では、水素をめぐる国内外の動向や当社を含めた産業界の取り組みを紹介したうえで、今脚光を浴びているカーボンフリー水素をはじめ、新たな水素利用の検討状況など水素の将来展望について述べてみたい。

2. 水素の特徴とエネルギーとしての特性

水素は地球上で最も軽い無色無臭の気体であるが、自然界には分子つまり気体そのものの状態ではほとんど存在しておらず、水や炭化水素などの化合物の状態が存在している。そのため、水素は人工的に製造する必要があるが、石油などの化石燃料や廃材等のバイオマスのほか、水の電気分解を用いて太陽光や風力等の再生可能エネルギー由来の電気などから作れるため、

図1 横浜綱島水素ステーション



資源に乏しいわが国にとって、水素の利用はエネルギーセキュリティ向上につながる可能性を秘めている。また、水素をエネルギーとして利用する場合、化石燃料と同様に燃焼に使えるだけでなく、燃料電池を用いることで電気と熱を得ることもでき、その使用時にCO₂や大気汚染物質を排出しないため、環境負荷低減の観点からも将来の普及が期待される。

ただ、水素は体積当たりのエネルギー密度が低いという特徴がある。ガソリン1L（約750g）と同じエネルギーを得るために必要な水素は1m³（約90g）と大きいため、いかに効率的に高い密度を維持しながら輸送・貯蔵するかが課題である。その輸送方法としては、水素の製造および利用方法、供給地と需要地の距離などによって様々な方法が考えられている。高圧に圧縮したり、マイナス253度以下で液化させて体積を小さくする輸送手段が実用化されているが、新たな技術としてトルエンなどの有機化合物を媒体として水素を運ぶ有機ハイドライド輸送が実証されている。また、エリアによっては、水素パイプラインを敷設することも考えられる。将来的には、アンモニアやメタン化による輸送・貯蔵も検討されており、課題解決に向けた様々な取り組みが進められている。

また、水素をエネルギーとして広く普及させるためには、安全性への配慮も重要となる。水素は、「引火

しやすい「爆発するのでは」といったイメージをもたれやすいが、一般に使われているガソリンや都市ガスなどと同様に誤った使い方をすれば危険であるが、正しく使えば安全なエネルギーである。水素を安全に使ううえで重要なことは漏らさないこと。万が一漏れた場合でも、水素が滞留しないよう工夫する必要がある。水素は空気より軽く、拡散のスピードが非常に速いため、漏れても瞬時に上方に拡散し、引火の危険性は低い。当社の水素ステーションでも、こうした水素の特性を踏まえ、随所に漏洩ガス検知器を設置し、屋根には傾斜を設けて漏れても上空に拡散しやすい形状にするなど、安全対策に万全を期している。

3.現在の水素エネルギーの活用状況と将来の方向性

(1) わが国の官民による取組み

2017年12月、再生可能エネルギー・水素等関係閣僚会議において、「水素基本戦略」が策定された。これは、わが国が世界に先駆けて「水素社会」を実現する決意を内外に示した国家戦略と言え、水素を新たなエネルギーの選択肢としてとらえている点が特徴である。2030年前後の目標を踏まえつつ、2050年を視野に入れ、官民が共有すべき大きな方向性とビジョンを示した点でも意義深い。

その基本戦略の工程表とも言える「水素・燃料電池戦略ロードマップ」では、FCVの普及目標として、2020年に4万台、2025年に20万台、2030年に80万台を掲げており、水素ステーションについては、2020年に160カ所、2025年に320カ所、2030年に900カ所相当を整備し、2025年以降に水素ステーション事業の自立的な展開が進むことを目指している。また、水素の利用領域として、FCVなどのモビリティ分野のほか、電力分野での利用が明示されている。水素発電は、LNG火力発電などと同様、再生可能エネルギーの導入拡大時に必要となる調整電源やバックアップ電源としての役割が期待されており、水素を安定的かつ大量に消費する点でも有益である。水素発電は2030年頃の商用化を目指しており、発電コストは17円/kWh、水素調達量は原発1基分相当（発電容量：100万kW）として年間30万トンである。将来的には、既存のLNG火力発電と同等のコスト競争力を目指しており、その段階での水素需要は、年間500万～1000万トン程度としている。

さらに、2018年7月に閣議決定された「第5次エネルギー基本計画」では、水素を再生可能エネルギーと並ぶ新たなエネルギーの選択肢とするため、環境価値

を含めた水素の供給コストを従来エネルギーと遜色のない水準まで低減させていくことなど、今後のエネルギー政策における水素の目指すべき方向性が盛り込まれた。

このように水素がエネルギー政策の中でクローズアップされる中、わが国では、現在、主にFCV向けの水素利用が進んでおり、今後、FCバスやFCフォークリフトなどへの利用拡大が見込まれている。具体的には、足元のFCV普及台数は、2014年12月の発売以来3057台（2019年3月末時点）まで増え、水素ステーションは113カ所（建設中を含む2019年3月末時点）が四大都市圏を中心に全国27都道府県に広がっている。しかし、国の戦略ロードマップの2020年目標と現時点の台数・箇所数を比較すると、特にFCVの普及台数の目標との乖離が大きいのも事実である。FCVの普及のためには、当社のようなインフラ事業者は、FCVユーザーの利便性が向上するよう、引き続き水素ステーションを戦略的に整備するとともに、自動車メーカーには車両価格の引き下げを含めて、お客様が求める多様で魅力的なFCVを市場投入することが求められる。

こうして水素利用が先行するモビリティ分野以外にも、政府の「水素基本戦略」に沿った取組みが活発化してきた。その代表例がカーボンフリー水素の開発に向けた動きである。現在は、化石燃料由来の水素が主流であるが、その製造段階でCO₂が発生してしまうため、将来的には水素源の脱炭素化を図る必要がある。その解決策として、化石燃料による水素製造とそこで発生するCO₂を回収・貯留するCCSを組み合わせたプロジェクトが動き出している。例えば、川崎重工業などが参画する「技術研究組合CO₂フリー水素サプライチェーン推進機構（HySTRA）」では、豪州の低廉な褐炭を原料に水素を製造し、発生するCO₂をCCSで固定化する実証試験が進んでいる。製造した水素は、液化水素により豪州から日本に運ぶ。また、千代田化工建設などで構成される「次世代水素エネルギーチェーン技術研究組合（AHEAD）」では、ブルネイにある天然ガスの液化プラントのオフガスを原料に水素を製造し、有機ハイドライドの形態で日本に運び、脱水素の工程を経て水素を取り出す検討が進められている。さらに、直近では、水素キャリアとしてのアンモニアに着目した、「グリーンアンモニアコンソーシアム」も設立されている。

また、国内では太陽光や風力等の再生可能エネルギー由来の電気から水素を製造する水電解システムを活用したプロジェクトも立ち上がっている。福島県浪江町において1万kW級となる世界最大級の電解システムを設置するもので、2019年10月までには水素製造プ

ラントの建設を完了させ、2020年7月には本格運用がスタートする計画である。浪江町で作られた水素を福島県内はもとより、2020年に開催される東京2020オリンピック・パラリンピックの際に活用することを目指している。今後、再生可能エネルギーの普及が進むと、2018年の夏に九州電力管内で発生したような出力抑制が各地で起きる可能性がある。昨年、政府が打ち出した「再生可能エネルギーの主力電源化」のためには、気象状況等による出力変動の調整が不可欠となるが、蓄電池を増設する以外にも、電気を電解装置によって水素に転換して水素の形態で蓄えておく方法も考えられる。水素であれば、大規模な電力を長期にわたって貯蔵可能なので、将来導入が進む可能性がある。

(2) 当社の取組み

このような状況のもと、当社は、現在、国内最多となる41カ所の水素ステーションを四大都市圏において展開している。また、2020年度初めを目途にJERAが運営する大井火力発電所の一部敷地において、大規模な水素ステーションを建設し、FCVに加えてFCバスへの水素供給拠点とする計画を進めている。

当社における水素ステーションは、立地や周辺需要に応じて幾つかのラインアップがある。まず、設置・運営方法としては、「ガソリンスタンド併設型」と「水素ステーション単独型」、さらに水素供給設備を搭載した大型トレーラーに水素を積み込み販売拠点まで移動する「移動式ステーション」を展開している。なかでもガソリンスタンド併設型は、当社のコアビジネスである石油事業が展開する国内最大の約1万3000カ所のガソリンスタンド・ネットワークが活用できるほか、洗車やタイヤ交換、安全点検などお客様のカーライフをトータルでサポートできることから、当社に最も適したタイプと考えている。また、水素の供給方法につ

いては、水素を水素ステーション敷地外の水素製造拠点から水素トレーラーを使って水素ステーションまで輸送する「オフサイト方式」と水素ステーション敷地内で水素を製造する「オンサイト方式」を棲み分けている。需要地である首都圏の水素ステーションでは、主にオフサイト方式を採用し、横浜市中区にある水素製造出荷センターで集中的に水素を製造・出荷することで安定供給と効率性を確保している。また、首都圏以外の地域では、オンサイト方式水素ステーションで製造された水素を近傍のオフサイト方式水素ステーションへ供給する「マザー＆ドーター方式」を導入するなど供給効率の向上を目指している。

また、今後、水素を広く普及させるためには、一般の方々に水素の特性や安全性などを正しく理解いただく取組みも重要と考えており、その啓発活動の一環として、横浜綱島水素ステーションに併設する水素情報発信拠点「スイソテラス」を展開している。中にあるシアターでは水素に関する様々な情報を提供するとともに、水素の模擬充填コーナーも備えるなど、水素を身近に感じていただける工夫を凝らしている。2017年3月開所以来、周辺住民や政府・自治体・企業の関係者など多くの方々にお越しいただいており、最近では中国や韓国など海外からの来訪者も多く、世界的に水素への期待が高まっていることを感じている。

さらに、当社の研究開発の取組みとして、将来的なカーボンフリー水素の利活用を見据え、再生可能エネルギー由来の水素を低コストで製造する世界初の技術実証に成功した。具体的には、再生可能エネルギーを使って水とトルエンから水素キャリアである有機ハイドライドを直接製造する技術で、製造時にCO₂を排出しないという特徴がある。今後、本技術の社会実装に向けた開発を目指していきたい。

(3) 海外の取組み状況

ここで世界の動きに目を転じると、水素の国際連携に向けた動きが官民双方において、急速に進展している。2017年12月、わが国が世界で初めて「水素基本戦略」を発表したが、その後、2018年にはEUとフランスが、2019年には韓国が国・地域として水素に関わる国家戦略を発表するなど、各国で水素を戦略的に推進する姿勢が明確にされつつある。また産業界を中心とする動きとしては、2017年1月に、水素関連技術の普及に向けた広範なビジョンの共有を目的とする民間トップによるグローバルな活動団体である水素協議会(Hydrogen Council)が、エネルギー・自動車などの世界的企業13社により発足し、2019年1月時点には、

図2 水素ステーションの分類

①設置方法	固定式 	移動式 
②運営方法	ガソリンスタンド併設型 	単独型 
③供給方法	オンサイト式 水素製造装置をステーション内に有する 	オフサイト式 水素製造装置をステーション内に有さない 

当社を含めて54社にまで輪が広がった。

こうした各国政府の後押しや産業界の取組みの結果、2018年12月時点において、世界全体で約1万台のFCVが走行し、約300カ所の水素ステーションが運営されている。さらに、電力を水素に変換して活用するPower-to-Gasの大規模実証やパイプラインへの水素注入など、水素の利用拡大に向けた新たな取組みが各国で広がりつつある。特に最近では、中国と欧州の動きが活発化しているため、その具体的な状況を紹介したい。

①中国の取組み

中国では、これまで国を挙げて電気自動車関連産業の育成を図ってきたが、2018年5月に李克強首相によるトヨタの製造工場視察を契機にFCVについても普及拡大と産業育成に向けた動きを加速している。中央政府では「エネルギー技術革新行動計画（2016～2030年）」、「中国製造2025重点領域技術ロードマップ」といった中長期の方針において、水素・燃料電池産業で世界を牽引することを国家目標に掲げている。導入目標として、FCVを2020年に5000台、2030年までに100万台とし、水素ステーションは2020年に100カ所、2030年には1000カ所としており、いずれも日本の目標を凌駕する野心的なものだが、展開車種としてはバスやトラック等の大型車両に重点を置いており、その導入台数はすでにわが国のFCV普及台数を上回るなど、そのスピード感には目を見張るものがある。また、地方政府の動きも活発化しており、江蘇省や上海を中心とする長江デルタエリア、広東省を中心とする珠海デルタエリア、河北省や北京市を中心とする京津冀エリアにおいて、水素エネルギー・燃料電池産業の集積化と育成を目指した経済開発特区や産業パーク等のインフラ整備への投資を積極的に拡大している。

こうした動きに呼応する形で、当社も中国の大手石油会社である中国石油化工集团公司（SINOPEC）とMOUを締結し、中国国内および第三国における水素ステーション整備等の協業機会の創出に向けて検討を開始したところである。

②欧州の取組み

欧州の取組みの特徴は、様々な分野で水素の利活用が広がっていることである。分野ごとに見ると、まずモビリティ分野では、欧州域内でFCV、FCバス、FCフォークリフトの普及が進んでいるが、ドイツでは世界初のFC鉄道が2018年9月から運行されている。このFC鉄道には、現在、移動式水素ステーションにより水素を充填しているが、車両数が増える2021年には、

固定式水素ステーションを設置する予定である。

また、大量の水素需要が見込まれる発電分野の取組みも進んでいる。オランダのヌオン・マグナム発電所では、既存の天然ガス火力発電所において、2023年までに燃料を水素に変えることを発表した。44万kWの発電設備3基のうち1基を水素専焼型に変更するので、これにより年間130万トンのCO₂削減につなげる計画である。その水素源としては、ノルウェーで産出された天然ガスを水素とCO₂に転換し、CO₂はノルウェー沖の海底に固定化する計画である。

その他の産業分野においても産業プロセスを低炭素化するための方策として水素の活用が期待されており、製鉄プロセスの低炭素化を図るため、再生可能エネルギー由来の水素を還元剤とすることを目指すHYBRITプロジェクト（スウェーデン）やH2FUTUREプロジェクト（オーストリア）が実施されている。また、ドイツ最大のラインラント製油所では、送電網から再生可能エネルギー由来の電気を購入し、電解装置で製造した水素を2020年から製油所内で使用すると発表した。製油所における水素の年間使用量（18万トン）の0.7%にあたる1300トンを生産し、脱硫装置などで使う計画である。これにより電力グリッドの安定化と再生可能エネルギーの利用促進を両立するメリットがあるという。

さらに、民生分野として、イギリスのリーズ市などでは、既存の都市ガス配管網に替えて、水素配管網を整備する計画を発表している。これは天然ガスを改質して得られた水素を利用するもので、改質時に発生するCO₂はCCSで固定化する計画である。

こうした欧州の幅広い分野での取組みをしっかりと把握し、歩調を合わせながらも、わが国が水素社会実現に向けて世界をリードしていくことが求められる。

4. おわりに

新時代のエネルギーを考えたときに、水素は「第5次エネルギー基本計画」で示されたとおり、エネルギー供給の新しいオプションになり得る大きなポテンシャルをもっている。将来の水素大量消費社会を見据えて、環境価値を含めた水素の供給コストを化石燃料等の在来型エネルギーと遜色ない水準まで低減させること、また社会全体で水素を安心して利用できるよう、水素に関する正確な情報の発信や普及啓発活動を継続することが重要である。水素ビジネスに携わる者として、安心して快適に暮らせる未来社会の構築に向けて、エネルギー供給者の立場から貢献していきたいと考えている。

