

視点

## 水素技術の現状と課題

おおさわ しゅいち  
大澤 秀一

大和総研 経済環境調査部

## 1. 水素社会への足がかり

我が国の水素技術への取組みは、第一次石油ショック（1973年）を契機に策定された、石油依存の低減や省エネによる資源の有効活用等を目的とするサンシャイン計画等の国家戦略から始まった。それから30年以上の年月を経て、2009年に家庭用燃料電池コージェネレーション（熱電併給）システム（以下、エネファーム）が、また、2014年に燃料電池自動車（以下、FCV：Fuel Cell Vehicle）がそれぞれ上市された。

エネファームとFCVの事業者が、技術リスクや規制リスク等を乗り越えて量産化を実現し、水素社会への足がかりを築いたことは高く評価されている。しかし、国や自治体の支援措置（導入費用の一部補助）を受けた市場は独り立ちしているとは言えず、また、これらの水素利用が消費（発電）する水素量（電力量）が未だ限定的であることを考えると、水素を日常生活や産業活動で利活用する社会（水素社会）の実現はまだ先のことといえよう。

水素社会への関心が高まるにつれて、水素・燃料電池を最先端の環境エネルギー技術として好意的にとらえる人は増えていると推察できるが、一方で、ライフサイクル

評価による環境性能<sup>1)</sup>や、他のエネルギーとの価格競争力に関して懐疑的な意見も散見されることは事実である。そのため、今後、一段と技術開発を推し進めるためには、水素・燃料電池技術の社会的意義を明確にするとともに、社会インフラとして機能するための課題を整理したうえで、戦略的に取り組んでいくことが重要となる。

## 2. 水素が必要とされる社会的背景

水素が必要とされる社会的背景の一つとして、エネルギー安全保障・安定供給の向上に寄与する可能性を有していることが挙げられる。我が国は化石燃料に乏しく、一次エネルギー供給量の94%（2013年）<sup>2)</sup>を海外からの燃料に頼るという安全保障上、根本的な脆弱性を抱えている。

水素は多様なエネルギー源から製造可能な二次エネルギー（石油や天然ガス等の一次エネルギーを加工して、利用しやすい状態にしたガソリン、電気、熱、都市ガス等のこと）であり、エネルギー安全保障・安定供給上の調達リスクの分散に役立つ（図1）。幅広いエネルギーポートフォリオを常に保持することが求められている我が国において、水素・燃料電池技術は有望な

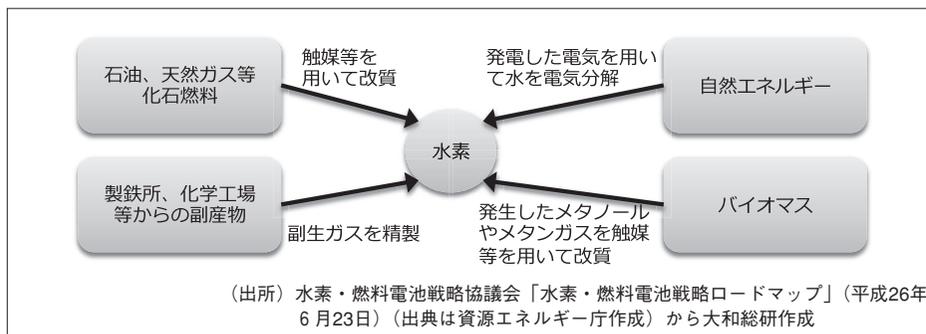


図1 水素の様々な製造方法

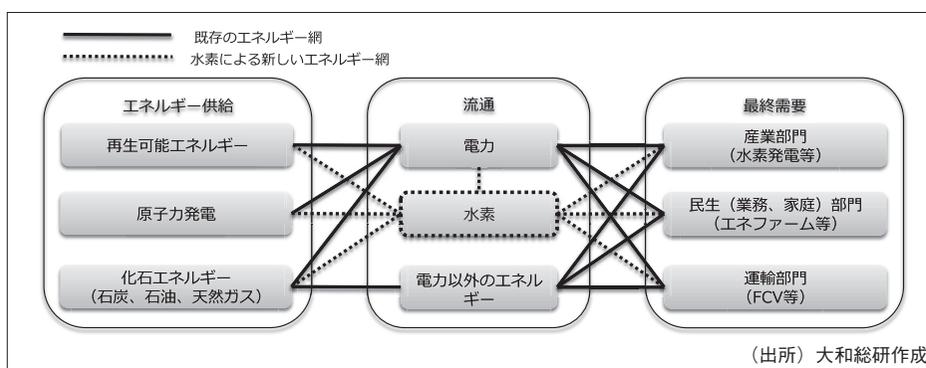


図2 水素社会のエネルギーシステム

選択肢の一つとされている。

二つ目は、再生可能エネルギーを活用した水素製造が可能となれば、水素利用（燃料電池発電）では水のみ排出されるので、地球温暖化対策になることが挙げられる。現時点では、製造コスト面等の理由から、工業利用向けの化石燃料改質（ガソリンや都市ガスを高温下で水蒸気と反応させることで水素を発生させる製法）による大規模な水素製造が主流だが、太陽光エネルギー、風力、水力、バイオマス等によるCO<sub>2</sub>フリー水素の製造が本格化すれば、クリーンエネルギーとしての特質が発揮され、低炭素社会の構築に資することになる。

### 3. 社会インフラとして機能するための中長期的な課題

ここで、改めて水素技術の位置づけを確

認し、社会インフラとして機能するための課題を整理してみたい。『環境エネルギー技術革新計画』（総合科学技術会議決定、2013年9月改訂）では、水素（製造、輸送、貯蔵）および燃料電池は、横断的技術として流通・需給統合技術に分類されている。

つまり、単独で効果を発揮するものではなく、エネルギー供給と最終需要の間に入り、柔軟で効率的なエネルギーシステムを支える要素技術の一つに位置付けられていると解釈することができる（図2）。特に、従来の電力網では困難だった、大量の電気を長期間、保持できる蓄電機能は、電力の有効活用と過剰な発電設備の回避につながると期待されている。

水素のエネルギーシステムは、「製造」「輸送・貯蔵」「水素利用」のサプライチェーンの3つの構成要素に分けて論じられることが多く、環境エネルギー技術革新計画の

中でも同様に扱われている。以下に、構成要素ごとの技術課題を整理した。

#### (1) 製造技術の課題

高圧水素や液体水素の基礎物性の解明に関する研究等が進められており、2020年代後半に想定される普及拡大期（急激に水素需要が増大する時期）における水素製造方法が、課題の一つに挙げられている。

現在（導入期）は、工業利用向けの化石燃料改質や既存施設の副生水素を活用しているが、安価な石炭（海外の未利用褐炭等）や重質油等によるCO<sub>2</sub>回収を前提としたオフサイト製造や、夜間電力を利用した水電解等による製造が検討されている。再生可能エネルギーを利用した水素製造も技術開発が進められており、製造コストの制約から、本格生産は2040年頃の実現が見込まれている。

#### (2) 輸送・貯蔵技術の課題

輸送技術は、パイプライン輸送、高圧水素輸送、液体水素輸送、有機ハイドライド輸送、アンモニア合成輸送等が、また貯蔵技術は、超高压容器、液体水素容器、水素貯蔵材料等が技術開発されている。それぞれ輸送・貯蔵可能な容量および運搬距離の特徴が異なるため、製造と水素利用の地理的な局面に応じて使い分けられることになる。水素ステーションは既に商用運用が始まっているが、コミュニティレベルで輸送・貯蔵が可能な水素供給システムは2030年頃の、また全国規模では2040年頃の導入が想定されている。

水素（可燃性ガス）を市街地で利用するには、利便性や事業性に加え、社会受容性等を検証する必要がある、同時に規制見直しも課題に挙げられている。

#### (3) 水素利用技術の課題

水素利用のコア技術は燃料電池技術であ

る。燃料電池には、電解質に高分子膜を用いる常温作動の固体高分子形や、セラミックスを用いて高温作動する固体酸化物形等の種類がある。課題は低コスト化に向けた触媒使用量の低減や代替材料の開発、発電効率の向上、材料の高耐久化、機器の高信頼化、発電の大容量化等が挙げられており、既存製品の普及や適用分野の拡大に向けた技術開発が進められている。

さらに、安定・安価・低環境負荷な水素供給が前提となるが、ガスタービンの燃料として大量の水素を利用する水素発電についても、2030年以降の導入開始を目指して検討が始まっている。

## 4. 製品事例から見た事業化の鍵

これまでの製品事例から、水素・燃料電池技術の事業化は、流通・需給統合の視点、つまり製造・輸送・貯蔵、水素利用の3つの構成要素が強固に連携し、一体となったビジネスモデルを構築することが重要だと考えられる。

例えば、累計販売台数が12万台（2015年5月末時点<sup>3)</sup>を超えたエネファームは、既存の都市ガス網やLPガス流通網を活用したサプライチェーンが構築されている。課題は、戸建住宅に偏っているユーザーを集合住宅や業務用途等に拡大することである。現状では、設置可能スペースに合わせた小型化技術や、多様な世帯構成の利用パターンに応じたラインナップの拡充等への取り組みにとどまっている。ただし、高出力化・高効率化を進めた業務・産業用の燃料電池の市場投入が見込まれており、既存の流通網を活かして販路拡大に本格的に取り組む準備が整うことになる。

また、セダンタイプのFCVは、一般ユーザーからの想定を上回る受注を背景に納期が3年以上に延びている。一方で、普及に不可欠な水素ステーションは、2015年度内

に100カ所程度、整備するとしていたが、現時点で81カ所（開所済み32カ所、計画中49カ所）にとどまっている<sup>4)</sup>。給油所の数倍にもなる整備費用が支障になっている模様だが、想定される低稼働率に加えて、水素の販売価格を「2020年頃にハイブリッド車の燃料代と同等以下となる」という政府目標<sup>5)</sup>を5年先取りした水準（1,000～1,100円/kg、消費税抜き）<sup>6)</sup>に設定していることから、収益性も当面、見込めない状況にある。この状況を水素製造・供給業者があらかじめ想定していたかは不明だが、FCV事業者との連携不足を指摘されても致し方ないであろう。

しかしながら、これをもって水素社会そのものの経済性を疑うのは早計であろう。FCV市場では、早ければ2017年頃に日本の三大自動車メーカーが揃い踏みする。また、2016年度以降は、トラック・バス業界最大手が燃料電池バスを、フォークリフト世界最大手が燃料電池フォークリフトを市場投入すると伝えられている。一方、水素製造・供給業者は一層安価な水素製造に取り組むとともに、設備・運営費用の低減に向けた技術開発や、既存ガススタンドとの併設、セルフ充填等を模索している。加えて、国と自治体も「燃料電池自動車等の普及促進に係る自治体連携会議」（2015年2月24日設置）を組織して支援に乗り出している。

しばらくは事業者にとって経済的に困難な状況が続くと思われるが、今後、車両メーカーによる新たな製品投入が見込まれる中、サプライチェーンの一体整備に向けた動きは着実に進むと考えられる。

## 5. 求められる中長期な視点

一般に、社会インフラとして機能する環境エネルギー技術の事業化には、数十年以上の年月が必要とされる。水素・燃料電池

技術の場合も例外ではない。価格競争力の獲得もこれからだが、CO<sub>2</sub>フリー水素として高い環境性能を得た水素が日常生活や産業活動で利活用されるのは2040年頃と予測されている。

社会インフラとしての最初のマイルストーン（里程標）は、2020年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会になる<sup>7)</sup>。首都圏に水素製造、輸送・貯蔵、水素利用のサプライチェーンを整備して、会場への輸送や選手村等で水素・燃料電池を利活用する環境整備が進められる見込みで、国内外へ水素社会実現への道筋を示せるかが評価されることになる。水素社会の実現はまだ先になると考えられているが、着実な一歩となることに期待したい。

### 注釈・参考資料

- 1) 水素・燃料電池製品の原料調達から製造、流通、使用、廃棄、リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通してのCO<sub>2</sub>排出量を指すことが多い。
- 2) 東日本大震災による原発停止の影響がない2010年の自給率も19.9%と低水準で、OECD（経済協力開発機構）諸国34カ国中、29位。（出所）“Energy Balances of OECD Countries - 2015 Edition”
- 3) 水素・燃料電池戦略協議会（第4回）配布資料「資料1 ロードマップの進捗状況」（平成27年6月11日）
- 4) 燃料電池実用化推進協議会調べ（2015年12月3日時点）。
- 5) 水素・燃料電池戦略協議会「水素・燃料電池戦略ロードマップ」（2014年6月23日）
- 6) 岩谷産業株式会社ニュースリリース「燃料電池自動車向け水素の販売価格を決定」（2014年11月14日）、JX日鉱日石エネルギー株式会社ニュースリリース「当社商用水素ステーション1号店の開所および水素販売価格の決定について」（2014年12月25日）、東京ガス株式会社プレスリリース「燃料電池自動車向け水素販売価格の決定について」（平成27年1月8日）など。
- 7) 東京都「水素社会の実現に向けた東京戦略会議」（平成26年5月16日設置）