

脱炭素社会構築に不可欠な 水素エネルギー導入に向けた開発と実証

原田 英一

執行役員 技術開発本部 副本部長



まえがき

当社は、水素を「つくる」「はこぶ」「ためる」「つかう」ためのサプライチェーンの上流から下流に至るまでのコア技術を一社で保有する世界唯一の企業である。また、そのコア技術の歴史はLNGに端を発しており、半世紀におよぶ多くの実績を持つ。

この総合重工ならではの技術が、地球環境と人類の未来のために大きく役立つ機運とニーズが急速に高まっている。水素は使用時にCO₂を一切出さないクリーンエネルギーであり、CO₂の排出を今世紀中に実質ゼロとするパリ協定の目標を達成する上で不可欠となることが認識された。これを受け、多くの国が水素の利用・供給を政策に組み込み始めた。

当社は2010年度より水素サプライチェーンの構築に向けた研究開発に取り組み、2020年度にはいよいよ世界初となる実証が運用フェーズに入る。さらには、2030年代初頭の商用化実現に向けた技術開発および事業体の形成に取り組んでいる。

1 環境変化と社会変化

2005年に「低炭素社会」の実現を目指して京都議定書が発効された。2015年にはパリ協定が採択され、それ以降「脱炭素社会」達成への目標を世界187の国と地域が提出した。しかしながら、このような社会環境の変革よりも速く地球環境の変化が進んでおり、今やCO₂削減は環境問題から待ったなしの社会問題に発展している。

パリ協定に署名した国々はCO₂の削減目標を掲げており、ノルウェー・スウェーデン・フランス・英国ほかは2050年までに実質排出量ゼロを法制化した。日本は2050年までに80%削減し、その後すみやかにゼロを目指すとしている。この目標達成は省エネのみでは不可能なことは自明であり、再生可能エネルギーの導入促進が必須となる。

しかし、日本は再生可能エネルギー導入密度ではすでに世界トップとなっており、一層の導入には立地やコスト低減の課題がある。図1は再生可能エネルギーの発電量を国土面積から森林面積を差し引いた可住面積で除した再生可

能エネルギー密度を示しており、日本は再生可能エネルギーの導入が進んでいると言われてきたドイツよりも高く、世界一のレベルにある。また、図2に示すエネルギー消費密度も日本は世界のトップクラスであり、限られた国土に再生可能エネルギーを大きく導入・拡大してこれだけのエネルギーを賄うには制約が大きい。

このような背景から、将来のエネルギーの選択基準と言われる、エネルギー安全保障・経済性・環境性および安全性(3E+S)を満たしつつ、脱炭素社会を実現するための、安価で大量に導入可能な新しいゼロエミッションエネルギー

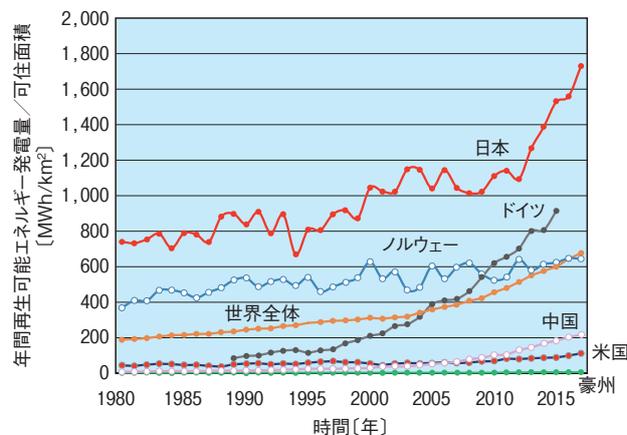


図1 再生可能エネルギー密度*

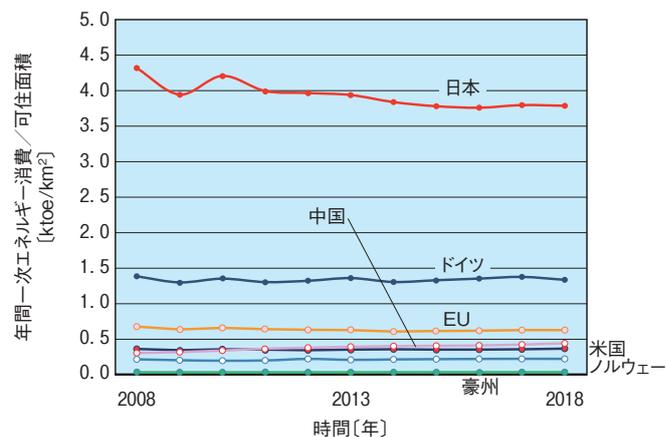


図2 エネルギー消費密度*

ーが求められてきた。そこで注目されたのが、海外の安価な未利用資源や再生可能エネルギーを水素に変換して日本に輸入し、利活用するコンセプトである。

2 日本の水素戦略

水素・燃料電池戦略協議会が、経済産業省の声掛けにより産官学の専門家を集めて2013年12月に設置された。協議会の成果は、「水素・燃料電池戦略ロードマップ」として2014年6月に公開された。その後、ロードマップは2016年および2019年に改訂され、後者では水素・燃料電池を社会実装するための水素のコストおよび主要機器・システムの性能目標が明記されるとともに、目標達成のためのアクションプランが示された。

日本のエネルギー政策の根幹を成す「エネルギー基本計画」においては、2014年4月の第四次から水素が取り上げられている。このように水素は国の政策に組み込まれ、2017年12月には「水素基本戦略」が省庁連携で策定・公開された。その中で、2030年代初頭の水素発電と水素サプライチェーンの商用化を目指し、将来の水素発電容量が30GWに達するとのビジョンが示された。

このように、日本は世界に先駆けて水素政策を推進しており、2018年および2019年の9月の2回にわたって各国の関係閣僚を東京に集めて、水素閣僚会議が開催された。

3 世界の水素利用への動き

水素エネルギー利用を目指す動きは日本が世界をリードしてきたが、近年は洋の東西を問わず一斉に水素利用を目指し始めた。そのきっかけが、Hydrogen Council（水素協議会）である。このHydrogen Councilは、脱炭素社会に向けた水素利用を促進するために、エネルギー・資源、プラント、産業ガス、輸送機器など、各国の大手民間企業13社が集まり、2017年1月に設立されたものである。当社は設立当初からのメンバーとして参加しており、2020年7月末では、燃料電池、商社、銀行などの企業も加わり92社に規模を拡大している。

Hydrogen Councilが2017年11月に発行したレポート「Hydrogen Scaling Up」では、水素がCO₂削減の面で担う7つの役割を以下の通り定義している

- ① 再生可能エネルギーの大規模導入と水素発電を可能にする
- ② セクター間・地域間のエネルギー融通/輸送
- ③ バッファとしてエネルギーシステムの柔軟性を高める
- ④ 輸送の低炭素化
- ⑤ 産業用エネルギーの低炭素化
- ⑥ 建物の熱・電力の低炭素化
- ⑦ 低炭素な産業用原料の供給

ここで重要なことは、水素は二次電池と比較して貯蔵規模・期間や輸送距離およびセクター間の融通性において優位であること、供給・利用などビジネスに関与できるプレーヤーが圧倒的に多いことである。このように、水素固有の特性はエネルギー移行を進める強力な推進力となり、エネルギーシステムと最終利用の双方においてメリットをもたらす。レポートでは、2050年における水素の経済効果は2.5兆ドル、3千万人（現在の自動車産業規模）の雇用を生むとしている。また各国に対して、日本の「水素・燃料電池戦略ロードマップ」に倣い、国状に合わせたロードマップの策定を推奨している。その結果、米国、EU、豪州、ニュージーランド、フランス、ドイツ、オランダ、ノルウェー、サウジアラビア、UAE、中国、韓国などがロードマップを公開あるいは策定中である。

このような世界各国の動きにより、水素社会は従来の予想よりも早く実現されるとの予測が出ている。

4 水素サプライチェーンの構築

水素エネルギー導入の最大の課題は、コストと安全性と言われている。コスト低減には安価な原料から大量調達することが有効かつ必要なことから、豪州に大量にある未利用資源の褐炭に着目した。海外取引のないこの安価な資源は、現地での発電のみに使われており、コストは石炭よりも一桁低い。

この褐炭からガス化技術で大量・安価・安定に水素を製造し、副生するCO₂は分離・回収して現地で地中に貯留する（CCS: CO₂ Capture Storage）。これにより、大規模水素供給インフラの導入が可能となる。将来は、安価な海外の再生可能エネルギー由来水素に切り替えていくことで、持続可能なエネルギー社会への転換も可能である。

海外から日本へは、液化水素として長距離大量輸送を行う。液化水素は産業用およびロケット燃料として半世紀以上にわたって利活用されてきた実績があり、毒性・臭気・温暖化効果の無い持続可能社会の要件に則したエネルギーキャリアである。この点で液化水素は、同じく水素キャリアとして検討されている劇物のアンモニアや水素を取り出す際にエネルギーを消費する有機ハイドライドに比べて持続可能性に優れると考えている。

水素導入のもう一つの課題である安全確保については、これまでH₂ロケット・産業利用・燃料電池自動車・水素ステーション・家庭用燃料電池などで長年かつ多数の安全運用実績があるように、水素の特性を理解して適切に運用すれば既存の燃料と同様に安全に使うことができる。さらに万全を期すべく、実証事業を通して大量利用に向けた実績を構築して、水素が身近に安全に使えるものであることを実証していく。

商用化への入り口として、図3に示す実証のための一気

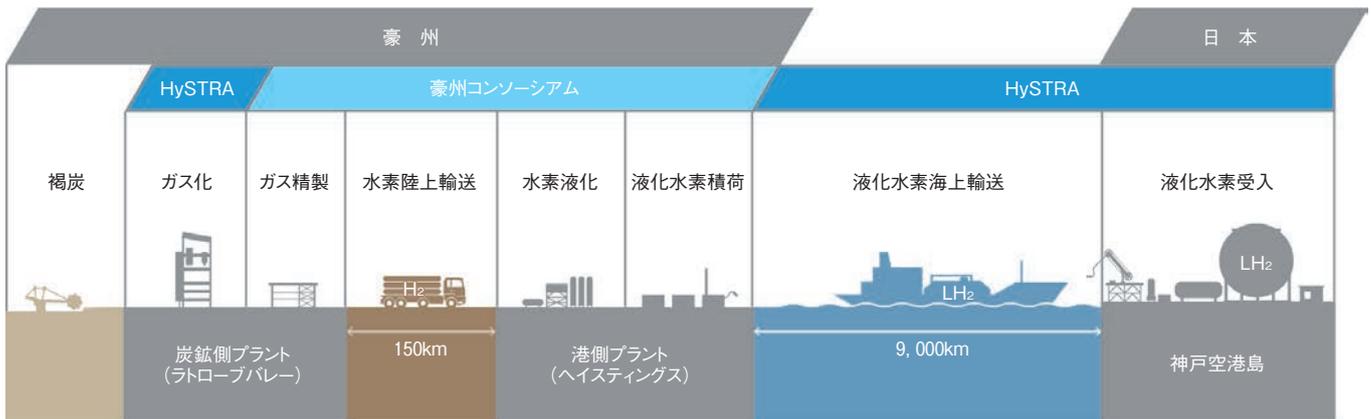


図3 日豪パイロットチェーンの実証構成

通貫の日豪パイロットチェーンの構築に取り組んでいる。当社は、2016年に岩谷産業(株)、シェルジャパン(株)、電源開発(株)と、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を結成し（その後、丸紅(株)、ENEOS(株)および川崎汽船(株)が加入）、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の支援（助成事業「未利用褐炭由来水素大規模海上輸送サプライチェーン構築実証事業」）の下、経済的かつ安定的に大量の水素を調達するための水素サプライチェーンの構築に向けた技術開発を進めてきた。現在、液化水素運搬船のほか、液化水素の受入基地を神戸市に、褐炭ガス化設備を豪州に建設している。

また2018年から、当社、岩谷産業(株)、電源開発(株)、丸紅(株)、AGL Loy Yang Pty Ltdでコンソーシアムを組み、豪州連邦政府およびヴィクトリア州政府より補助を受けてガス精製設備および水素液化・積荷基地を建設している。

これまで液化水素運搬船の建造および各サイトの建設は順調に進んでいる。液化水素運搬船については2019年12月

に命名・進水式を執り行い（図4）、4,000名の来賓の下「すいそふろんていあ」と名づけられた。

日豪両政府は協力して褐炭由来水素のサプライチェーン構築を支援しており、年末年始に例年開催される日豪両首脳会談では公式文書に本件に対する協力が表明されている。豪州連邦政府およびヴィクトリア州政府からの当コンソーシアムへの大きな支援もこの一環である。2018年4月には当プロジェクトの補助事業決定式典が褐炭炭田のあるラトロープバレーで開催され、豪州でも建設工事が進められている。これらの日豪パイロット実証は、2020年度から運用フェーズに入っている。

これに先んじて2018年度に当社は、NEDO助成事業「水素CGS活用スマートコミュニティ技術開発事業」として、大林組とりまとめの下、神戸市、関西電力(株)、岩谷産業(株)ほかと協力して、水素利用の要となるガスタービンコージェネレーションの市街地における技術実証に成功している。図5に示す当社製1MW級ガスタービンを神戸市ポー



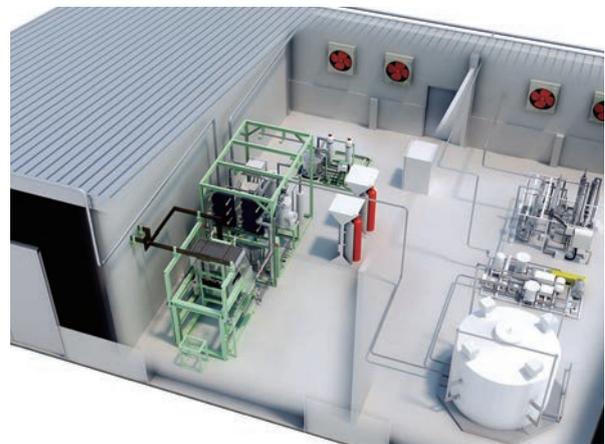
図4 液化水素運搬船「すいそふろんていあ」進水式



図5 水素ガスタービンコージェネレーション実証設備（神戸市）



(a) 外観



(b) 機器レイアウト

図6 風力由来水素製造実証設備（2018年 北海道 苫前町）

トアイランドに設置し、近隣の公共設備に熱と電気を供給した。市街地での純水素を燃料としたガスタービンの利用では世界初の実績である。

将来、再生可能エネルギー比率が高まるにつれ、変動電源であるための不安定性や供給と需要のミスマッチが顕在化する。このミスマッチを解消する方法として、再生可能エネルギー余剰時の電力を水の電解槽に供給して水素を製造・貯蔵し、エネルギーとして有効利用する発案がPower to Gasである。

豊田通商㈱とりまとめの下、当社は、NEDOの委託事業「北海道に於ける再生可能エネルギー由来不安定電力の水素変換等による安定化・貯蔵・利用技術の研究開発」によりPower to Gasの実証として、2018年に北海道 苫前町の風力発電設備に電解槽を接続し、水素製造に成功した。図6にその設備を示す。このような、再生可能エネルギー由来の水素は、持続可能なエネルギー社会の構築に不可欠な存在であり、エネルギー自給率の観点からも一定量必要であ

る。また、将来、海外の安価な再生可能エネルギーから水素を製造する際にも重要な技術であり、大きな市場が期待できる。

あ と が き

当社は、持続可能な開発目標（SDGs）の取組みとして、水素社会の実現に向けた「つくる」「はこぶ」「ためる」「つかう」のすべてのフェーズで開発プロジェクトを進めている。褐炭由来の経済的な水素でインフラを導入し、これに将来はコストが下がり生産量も増える再生可能エネルギー由来の水素を導入して切り替えていくことで、持続可能なエネルギー社会への転換が可能となる。

商用化に向けて、安全かつ着実に実証を進めることで当社グループの技術シナジーを生かした、「カワ重、サキへ。」を体現すべき水素関連製品の開発と事業化を推進して「水素のトップメーカー」を目指していく。