

姿を見せ始めた水素サプライチェーン “Hydrogen Road”

川崎重工業(株)技術開発本部水素チェーン開発センター長 西村 元彦

究極の環境エネルギーといわれ続けて久しい「水素」。その社会実装に向けて川崎重工業にて「つくる」「はこぶ」「ためる」「つかう」という全ての局面に深くかかわってきた西村元彦・水素チェーン開発センター長にこれまでの経験を踏まえた今後の水素事業の展開について海外投資情報財団（JOI）の日塔貴昭専務理事が聞きました（文責：JOI）。

機運が高まる水素エネルギー

■日塔 本日はよろしくお願いします。水素の社会実装については、次第に大きなうねりとなりつつある一方で本格化には少し距離感があるように思えます。まずはこの辺の現状について教えてもらえますか。

■西村 日本政府は、2017年末に水素基本戦略を纏め、昨年には詳細な水素社会実現へのロードマップを改訂し、2030年度の商用化・大量利用に向けた数値目標を細かく定めました。近年では欧米、豪州、中国、韓国などでも同様のロードマップを策定してきていますが、政策の充実ぶりでは世界でも日本が頭一つ抜けていると思います。

2018年7月に纏められた第5次エネルギー基本計画ではCO₂フリー電源構成を2030年度に44%に引き上げる計画となっています。またその後の閣議決定で、2050年にはCO₂の排出を80%削減する目標が掲げられています。その実現のためには天然ガスに代わるベ-

スロード電源としてだけでなく、太陽光・風力といった変動電源の調整手段として水素のガスタービン発電を強化していくことは重要なポイントとなると考えています。

また民間レベルでも2017年のダボス会議のタイミングにあわせて、当社も含めて水素にかかわる上流から下流の企業や商社など世界的なリーディングカンパニーが足並みを揃えて水素へのエネルギー移行に向けたビジョンを発信すべくHydrogen Councilが立ち上がりました。最近ではサウジアラムコも加入し、現在では81社が参加しています。ここでは2017年に“Hydrogen, Scaling Up”というレポートを発表し、2050年のビジョンとして、水素は世界のエネルギー需要の18%、関連市場は2兆5000億ドル、発電量は1500TWh/年（日本の総発電量の1.5倍）に達し、世界で3000万人の雇用を創出すると見積りを提示しました。この雇用規模は現在の自動車産業に匹敵する規模で、水素産業のもたらす経済・雇用のインパクトの大きさがみて取れます。ここでのポイントは、水素発電

について相当量の数値を出したことです。水素というと特に環境面からみると燃料電池での利用が思い浮かび、実際の議論でもその点を重視する人が多いのですが、水素需要へのインパクトを考えるとタービンを用いた大規模発電に水素を用いることは重要であるとの議論が受け入れられたものと考えています。



西村水素チェーン開発センター長（右）、日塔専務理事（左）

姿を見せ始めた “Hydrogen Road”

■日塔 日本政府の水素ロードマップでは2030年の水素発電の商用化に向

けて2020年代に実証を進めていくことになっていますが、この点についての御社の取り組みについて教えてくださいませんか。

■西村 当社では2014年からHydrogen Roadというコンセプトで「つくる」「はこぶ」「ためる」「つかう」という水素サプライチェーン構築の上流から下流までトータルでの取り組みを行っていることをアピールしています。

「ためる」について、水素を貯蔵する極低温技術は従来から当社に実績がありました。1980年代より種子島の宇宙センターにロケット燃料の液化水素タンクを納めてきており、さらに2013年に播磨工場に水素液化プラントを立ち上げています。

さらに「つかう」に関しても、2017年には神戸ポートアイランドにてNEDOの支援のもと、大林組と一緒に1MW級の天然ガスと水素を燃焼できるガスタービン発電機を用いて近隣の施設に電気と熱の供給を行うコージェネレーションシステムを建設し、2018年には水素100%燃料での安定的な発電に成功しています。このガスタービンは燃焼器の部分だけが特殊で残り全体は既存のガスタービンと同じであり、既存設備を利用できるところがポイントになっています。

こうして水素を「ためる」「つかう」というところの技術を磨いてきたのですが、現在、これらの取り組みに加えて、「つくる」「はこぶ」の部分も加えて水素利用のための世界初の液化水素サプライチェーン構築のピースを更に埋めるべく、NEDOの支援のもと、関連する6社と協働してCO₂フリー水素サプライチェーン推進機構（HySTRA）という技術研究組合を結成してプロジェクトを進めています。

このなかで「つくる」に関しては、未利用資源である豪州の褐炭をガス化して水素を製造する取り組みを、豪州政府の協力も得て始めています。

さらに「はこぶ」については、水素の液化設備を豪州に

建設し、液化水素運搬船を建造し、これを神戸にて陸揚げして液化水素のまま陸上タンクに取り込む実証を行います。

■日塔 それぞれ面白そうですが、まずは褐炭利用水素についてもう少し教えてくださいませんか。

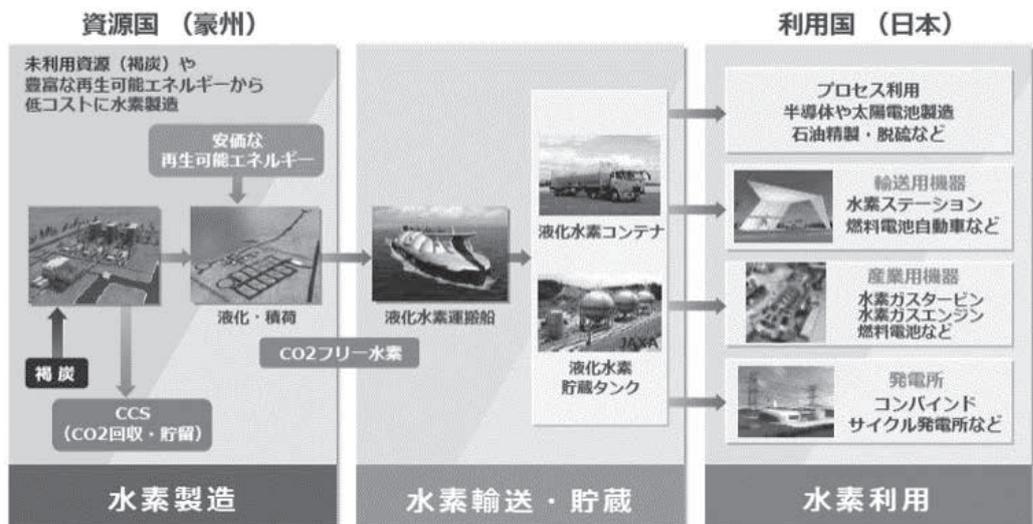
■西村 褐炭利用水素は、ガス化技術をもっているJ-Powerが主に取り組んでいます。豪州南東部のラトロフバレーには、日本の総発電量の240年分を賄えるだけの褐炭層があります。褐炭は地層の浅いところに豊富にあるので掘削コストが非常に安いのですが、乾燥して発火しやすいため長距離輸送に向かず隣接発電所の燃料にしか使っていない状況でした。商用時には、褐炭をガス化して水素を製造するだけでなく、副産物のCO₂を帯水層が豊富にある近隣の海底油田・ガス田鉦区に全て貯留するのでCO₂をほとんど出しません。油田・ガス田の所在している場所は断層が無く地層が安定しているので、今後中東にもこうした技術を応用できると考えています。

■日塔 「はこぶ」取り組みはいかがですか。

■西村 輸送については、2019年12月に「すいそふろんていあ」という世界初の液化水素運搬船の進水式を約4000人の関係者を招いて行いました。今後船体に容量1250m³の液化水素タンクを据え付けて、2021年初頭にも豪州に向けて初航海を予定しています。本当は船の推進燃料に水素を使いたかったのですが、そちらも未経験なことをやると搭乗員のオペレーションが複雑になるのでディーゼル発電でモーターを

CO₂フリー水素チェーンのコンセプト

CO₂の排出を抑制しながらエネルギーを安定供給



出所：川崎重工業株式会社

回して推進する仕組みにしています。

さらに神戸空港島の一角に1haの土地を神戸市から貸与頂き、液化水素受け入れ設備の建設にも着手しています。2500m³、直径19mの水素タンクを設置し、ここでは水素を液化状態でタンクに注入するためのローディングアームを使用します。この主要部品については、1万回の曲げ耐久試験を行うなど、すぐに実用に耐えうるレベルでのスペックでの供用を予定しています。

ルールに影響力を与えるには全てを握ることが大事

■日塔 HySTRAでは、ほかの各社とも一緒にやっていますが、御社がサプライチェーンのすべてにかかわる意味というのはどの辺にありますか。

■西村 もちろん1社ではすべてはできません。他方でなぜ全部に当社がかかわるのか、というサプライチェーンの主要機器の抜け落ちがあると、その前後の機器のスペックは安全面や性能などマージンが過剰になることが多くなり、結局コストに跳ね返ります。

また水素は社会実装がこれからのので、それを扱う社会的なルールづくりも多くはこれからです。そうした場合、技術をぶつ切りに押さえるのでは影響力を発揮しづらく、トータルに取り組んでいることが強みになります。

日本は昔から「技術に勝って、ビジネスに負ける」と言われてきましたが、水素については後発からの追従を許さないためにも、こうした世界初の実証で確立した技術をルールに落とし込む際に、上流から下流までにかかわってトータルの知見を持つこと、そして広範囲のステークホルダーを巻き込んでおくことは非常に大事になります。

■日塔 「ルールに影響力を与えるには全てを握る」ことが大事ということですね。

■西村 そうです。全体を理解することで、合理的な提案を行い、規格の主導権争いにみられるような非合理的なルール形成を防止する意義は大きいと思います。そのルールに影響を与えるには、トータルでの技術を把握していることと、あともうひとつはユーザーを巻き込んでいることが重要です。ユーザーの声はルールメーカーにとって非常に大きな影響力をもちます。

たとえば、今回の液化水素運搬船に関しては、ロンドンに本部がある国際海事機関（IMO）で2016年秋に日本が基準を提案して、ほぼ原案通り採択されまし

た。その際には断熱性能をLNGの10倍に高めるなどの技術そのものの妥当性もさることながら、安全対策の議論においては水素ユーザーとなる業界（船主協会）の声も大きな影響があったと認識しています。

■日塔 そのほか水素サプライチェーン実現に向けての取り組みはどんなことがありますか。

■西村 当社の取り組みとしては、陸上タンクを大型化することや、お客様が陸送のトレーラーで堺から種子島まで液化水素を運ぶためのコンテナの開発・納入、および液化水素だけでなく圧縮水素のトレーラーについても納入してきました。

またタービンについては、水素の燃焼効率をさらに上げる取り組みを行っています。これまで、水素燃焼時のNOx（窒素酸化物）の発生を低減させるために水を噴射してきましたが、水を入れると当然燃焼効率が落ちます。大規模発電で水素を使う場合、この差が運用コストに大きく影響してしまいます。これを改善するために、水噴射なしでもNOxの発生を抑制できるドライ低NOx燃焼技術を開発し、2020年度に実証する予定です。

水素の使用量を増やしてコストを安くするには既存のインフラに混ぜて使い始めて段々水素の使用量を増やすように軸足をシフトしていくという絵姿が現実的と考えています。たとえば、非化石価値取引市場（CO₂フリー電力の卸売市場）での電力単価等の環境価値に見合うようにLNG価格と水素価格から発電時の燃料の混合比率を調整していくといったイメージです。そうした現実的な取り組みこそがSDGsの趣旨にも合致すると思います。

エネルギー転換の時間軸

■日塔 ここで改めてお聞きしたいのですが、御社として「水素」事業にここまでアクセルを踏むようになった経緯はどういったことだったのでしょうか。

■西村 2005年の京都議定書発効のころから「低炭素社会」というキーワードが世の中で広がりを見せていました。そんななか、社内でもガスタービン発電の燃料に水素を使えないかという提案を経営陣にしました。2008年ごろだったと思います。その時に、では大量の水素をどうやって供給するのだ、サプライチェーンも含めて議論すべしという話になりそこで褐炭でやってみようというアイデアに行きついたので。

■日塔 ということは、西村さんはもともと技術関係の仕事をされていたのですか。

■西村 ご明察のとおりです。私はもともと機械屋でして、熱流体技術の分野でバイクのスーパーチャージャー（過給器）やエンジンなどを担当していました。2008年当時の私の上司が現在のHySTRAの原田理事長（川崎重工 執行役員）で、褐炭水素プロジェクトの発案者です。色々と課題はあるものの、水素は川崎重工が長期的に取り組む事業として親和性があるということで2009年11月に技術開発本部のもとに水素プロジェクト部が発足しました。当時は、原田以下わずか5人でしたが、2010年の当社中期経営計画の中に初めて水素の話が載りました。

それから播磨工場に水素の液化設備をつくるなどサプライチェーンを意識した実証が始まりました。ただ2011年に東日本大震災もあり、「未来どころか明日の電気をどうするんだ」という状況で、なかなか盛り上がりなかったのが実態でした。

それでも2013年に自民党に水素議連が立ち上がり、また官庁でも2013年12月に産官学連携の水素・燃料電池戦略協議会を立ち上げるなど立て直しの機運が高まりました。当時は「なぜ今水素なんですか？」という質問が多かったですが、それに対して産業界からは、エネルギー転換には20年スパンで時間がかかること、温暖化削減目標を達成するにはすぐに手を打たなければならないこと、海外が技術やルールで先行して日本がライセンス料を払う立場になると巻き返しが図れず手遅れになること、などを訴えてきました。

新たなエネルギーの需要を広げるためには国としての踏ん切りも大事であることは、たとえばLNGの普及の歴史でもわかります。LNGは1969年のアラスカのプロジェクトから始まりました。最初の時点で原油の7割程度高かったといわれるLNGが普及したのは国の政策である総括原価方式のおかげです。このおかげで大口需要家である東京電力と東京ガスがLNGを入れることができ、天然ガス利用が広まり

コストも一気に下がり、加えてその後の石油危機を乗り切る助けにもなりました。

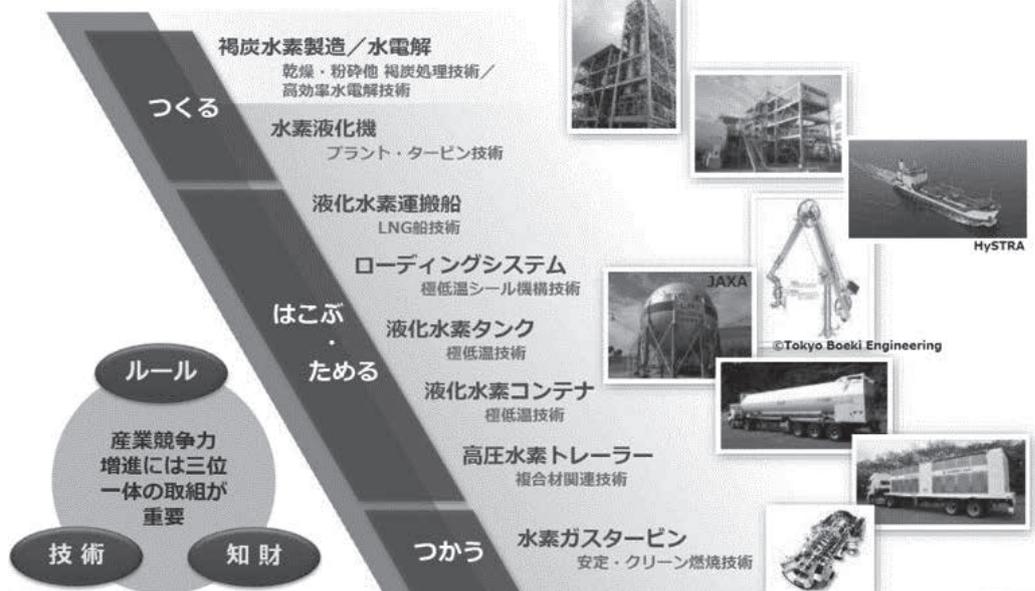
■日塔 御社も様々な事業部門があるなか、水素で東ねるのは大変だったのではないのでしょうか。

■西村 確かに関係者一同、大変なところはありましたが、常に経営トップが推進姿勢を示したことが社内の求心力を生み出し大きな励みになりました。水素サプライチェーンは、当社が持つ技術のみならず事業のシナジーを出しやすい分野であり、世の中が水素で盛り上がるにつれて社内の団結力は強まり関係者の士気も高揚して、これまで数々の難関を一丸となって乗り越えてきました。世界中で当社のような事業ポートフォリオを持っている企業はないわけで、現在の水素に関する世界からのコンタクトの多さを考えると、コングロマリット・レバレッジを働かせられる領域と思います。

■日塔 最近の株式マーケットではコングロマリット・ディスカウントという言葉が多く聞かれますが、水素はコングロマリット・プレミアムが働く世界ということですね。

■西村 そうです。ぶつ切りの技術では今の当社の取り組みは考えられません。2017年にHydrogen Councilが立ち上がって以降、当社には世界の様々な企業から水素に関して問い合わせが来ている状況です。

水素インフラ技術展開



出所：川崎重工業株式会社

海外でも加速する水素ビジネス

■日塔 日本は実証の世界では「世界で初めて」という言葉が多いですが、今後もトップランナーとしてやっていくにあたっての展望はいかがですか。

■西村 たとえば再エネ電力で水を電気分解して水素をつくるということは技術的には難しくはなく、またガス改質による水素製造も国内外ですでに取り組みられています。また欧州はガス・パイプライン網が充実していて、たとえばオランダでは、低カロリー用と高カロリー用の2系統のパイプラインが整備されており、このうち低カロリー用は水素専用にするといわれています。同国では98%の建物にガスのアクセスがあり、ガス改質でつくった水素だと今のコストの3割アップ程度で供給出来てしまうため、一気に水素利用が進むインフラが整っています。

また中国についても2017年度、2018年度と各年の水素関連の補助金が1兆8000億円規模と日本とは桁違いに大きく、国情を考えてもひとたび「やる」となったらすぐに事業化規模に普及が進む可能性があります。

水素関連ビジネスが世界各地で急速に動き出してくるなか、当社のコアの競争力は、「いかに効率的かつクリーンに水素を運び込むか」ということになると思います。特に水素の長距離大量輸送の技術は競争力の核になります。

■日塔 そうして聞いているとLNGの普及の経緯と似た構図がありますね。パイプライン利用は欧州、液化はアジアというか。

■西村 そうですね。欧州特にドイツは概ね人口が分散していてエネルギーの地産地消に向いているといわれていますが、アジアの都市部は人口が密集しているので域外から相当量のエネルギーをもってこないとなれません。アジアの国はどこもLNGを始めていますが、当然「次是水素」ということになると思います。

ただし水素を船で運ぶ点については、日本だけでなく欧州でも必要性が認識されています。先に述べたドイツですら、2050年の二酸化炭素削減目標を達成するには、9割の水素を輸入しなければならないといわれており、すでに研究機関において、衛星データを使って南米やアフリカを中心に世界中の土地の再エネ利用可能箇所を調査して、何処で電気をどのくらい発生できてそれを水素にしてもってきたらコストはどのくらい、という研究を進めています。

■日塔 ということは2016年にIMOで液化して海上輸送する暫定ルールの承認をとったということは強み

になるわけですね。

■西村 そうです。技術と知財・ルールを三位一体で進めていくことは重要です。今回は日豪間の水素輸送プロジェクトについては、2国の承認でもできたのですが、あえてIMOという国際機関を通してやったというのは大きな意味があり、今のところ液化水素運搬船への暫定ルールの適用承認を受けているのは日豪プロジェクトの船舶だけです。

水素社会実現に向けて必要なこと

■日塔 しかし日本の状況を見渡すと、本格普及にはもう一歩というところだと思います。そここのところの課題は何だと思いますか。

■西村 まずは運用性と安全性を実証することが課題です。これはHySTRAプロジェクトでも進めていきます。そしてもうひとつはやはりコストです。コストを下げるには何よりも規模が大事ですが、規模を追求するためには大量需要が必要です。全部のエネルギーをいきなり水素で賄うのは大きなリスクになります。現実的に需要家を巻き込むには、当初は新設設備投資(CAPEX)に補助を注入するところから始めて、段々水素の使用量が増えていってコストが下がり、運用費(OPEX)だけでなくCAPEXも回収できるというようにもっていくという道行きが必要になると思います。

発電の場合、世界的にも価格競争が厳しい状況にあります。さらに日本は、電力市場の自由化が進んでいて総括原価方式のような考え方が厳しい状況になっていますが、環境価値に着目したエネルギーへの転換という大きな文脈で考えると、通常発電とのコスト差を埋めるような政策が必要だと思います。またこれも最近の時流とは反しますが長期契約のような形も事業として取り組みやすくする工夫になると思います。

昨今の地球温暖化に対する世界的な議論をみると天然ガスの次を見据えて、早急に水素の社会需要規模を大きくすることは重要で、制度による後押しという選択肢はあるべきだと思います。

■日塔 水素普及のスピードという日本政府の2030年度の水素発電商用化という目標自体についてはどう思いますか。さらに早める余地というのはありそうですか。

■西村 2050年のCO₂の80%削減目標を達成するには、それまでの設備の更新需要を考えると2030年には商用化できてないといけません。

さらに早めるには、というと、リスク評価をクリア

しながらプロジェクトを進める現代的手法においては、かなり困難です。ただエネルギー転換の歴史をみると、原発にしてもLNGにしても制度上の応援がありました。まだそこまではなっていないと思います。一方、欧州や中国をみていると国の取り組みも相まって相当加速しています。

まずは発電にしても工場の熱需要にしてもどれだけ早く水素利用に切り替えていけるか、ということが水素需要の拡大にはインパクトが大きいです。

■日塔 需要量ということでは水素発電ほどではないにしても燃料電池の普及ということも社会実装という意味では重要ですね。

■西村 水素に本格的にかかわるプレーヤーを増やすということでは重要です。たとえば日本の地方では分散型電源としての水素は有用です。地方の鉄道やバスなどの公共交通用燃料として駅などに水素ターミナルがあって、自動車やトラックにも水素を補給できる。さらに災害の際にはこの水素タンクから水素バス・自動車の燃料を供給して近隣地域の電気を賄うといった社会もみえてきます。そうやって水素が身近に入り込んでくることも重要だと思います。

■日塔 水素の利用ということに関して、日本以外ではどんな地域に注目していますか。

■西村 まずはHySTRAのプロジェクトで縁のできた豪州が挙げられます。今回のプロジェクト自身も同国にとって褐炭をクリーン水素として輸出するという



西村水素チェーン開発センター長

戦略的な取り組みですが、同国も国内での水素の利用戦略を策定しています。同国の人口密集地である東海岸ではガス価格が高騰しており、褐炭由来の低コストの水素を使えないかと言いはじめています。

CO₂地下貯留と組み合わせた水素製造の事業展開としては、ノルウェーや中東地域も有力と考えています。

このほか、欧州にはCO₂削減のための水素発電のプロジェクトが動き始めており、当社の水素ガスタービンを販売していくマーケットとなっていくことが期待されます。

■日塔 海外の動きが加速している話がありましたが、こうした状況を踏まえて日本の産業界の動きをどうみていますか。

■西村 Hydrogen Councilには相当数の日本企業も参加していますが、たとえば金融機関は現状三井住友銀行だけです。そうしたところをみるとまだまだ日本企業は慎重派が多いと感じています。特に水素をつくる上流の権益である褐炭権益だけでなく、再エネをやるにも土地は相手国などから借りる必要があります。ほかのエネルギーがそうであるように、水素も収益の相当程度は上流部分の権益に落ちます。上流の投資は「早い者勝ち」の世界で既に太陽光発電の適用地は取り合いになっているくらいがあります。

■日塔 ルールづくりに対する貢献に関しても、ユーザーであるユーティリティ企業や水素輸送である海運会社を巻き込むことも大事になってきますね。

■西村 そうです。ルールづくりで大事な実績をつくるためのoutgoingなところは、欧米のスピードを見習うべきです。産学官が一致団結して急がなくてはいけません。少なくとも「様子を見る」というのはもうやめたほうがいいと思います。まずは手を染めてやってみる、上手いかなければ引き上げる、という欧州や中国の企業の行動を強く意識する必要があります。水素の取り合いになってからでは遅いということです。

他方で、市場をつくるのが大事です。需要があったのでそこがいちばん大事です。オランダでは2025年の商用水素発電に向けて様々な企業の協体制度が敷かれています。それはCO₂削減への強い義務感がそうさせているのだと思います。

当社には、その他海外プロジェクトへの協力の余地が大いにあると思います。ただし技術や情報面でクリームスキミングをされないように留意したい次第です。(笑)

■日塔 今日は水素サプライチェーンの話だけでなく日本のプレーヤーに向けたメッセージも含めて大変ありがとうございました。