

液化水素を核とした 当社の水素事業への取り組みと将来展望

岩谷産業株式会社 産業ガス・機械事業本部
水素ガス部長 上田 恭久氏

特 集

●はじめに

本日は水素ガスを実際に提供するビジネス部門の責任者として、水素をどのような形で水素ステーションや家庭に提供できるのかを主にお話したいと思います。液化水素事業を手がけている私共は、いま液化水素が最適な供給方法ではないかと約10年間の経験から確信しています。具体的には、①当社の液化水素の取り組みの現状、②顧客が認識している素晴らしさ、③来るべき2015年の燃料電池自動車元年の重要テーマ「水素ステーション」に関して、海外の事例を含めてその課題などをお話いたします。

●当社と水素の関わりと主な取り組み

この年表は水素と当社の関わりを示したもので、その関わりは55年にさかのぼります。この間に7カ所の水素ステーションの実証に参加しました。我々の主な取り組みをピックアップすると、まず1958年に水素製造会社（尼崎市）を立ち上げました。1978年にはロケット試験用の液化水素の供給を開始、現在までユーザーでの大きな事故もなく、タンクローリーやコンテナで鹿児島県・種子島や秋田県・田代にいたる広範囲に供給を続けております。2002年には日本初の水素ステーションを大阪に設置。その後、水素燃料電池実証プロジェクトに関わる6カ所の実証ステーションを展開中です。2006年4月に関西電力と共同で堺市に日本初の大型液化水素製造プラント「ハイドロエッジ」を稼動。これが本当の液化水素元年になります。さらに2009年には、千葉県に2番目のプラントも立ち上げ、今年（2013年）は山口県周南市に3番目の液化水素製造プラントを稼動しました。

●液化水素の特徴

液化水素は大量輸送、大量貯蔵が可能となります。圧縮水素のトレーラーと比べると1回で10倍のものが運べます。当然ながら水素の貯蔵スペースも小

さくて済みます。特に遠隔地や大量に水素を必要とする顧客には、最適な供給方法と高い評価を得ております。マイナス253℃という非常に低温で精製されているため、自然と高純度になり、エレクトロニクスなどの高純度の水素を利用する顧客にも好評を得ております。今後は、マイナス253℃という低温を生かしたアプリケーションを開発していきたいと思っております。液化水素はステーションで今後大量に供給される場面で、1回の配送で最大量が運べ、貯蔵スペースも最小化して、更に水素を圧縮充填する場合の圧縮熱をとるためには、液化水素の低温特性を生かした展開を図っていきたいと考えています。

●液化水素製造プラント「ハイドロエッジ」

これが堺市の液化水素プラント「ハイドロエッジ」の全景です。研究設備ではなく利益を目的とした株式会社です。2006年4月に創業してから丸8年。百数十億円かかりましたが、投資費用もだいたい回収できるようになりました。これはハイドロエッジのフロー図です。特筆すべきことは、液化天然ガスを気化させる熱をまず液化窒素にコンバートし、その後液化窒素を液化水素でコンバートする。つまり



講師 上田 恭久氏

天然ガスの冷熱が液化水素まで伝わっているということ。この工程は世界でもここにしかありません。また、この写真は千葉県市原市にある液化水素の2号プラントです。この写真は今年6月に稼働した山口市キッドハイドロジェンの液化水素プラントです。

●液化水素事業の展開

産業用を主体としていた水素ビジネスは、2006年から顧客ゼロの状態です。スタートしましたが、2013年までに60件のユーザーに液化水素を供給できるようになりました。この実績が、今後も液化水素をベースに水素社会を築いていくという、我々の決意の背景と自信になっています。これは日本国内の外販水素マーケットのグラフで、左側が圧縮水素の推移、右側が液化水素の推移。液化水素の量が飛躍的に伸びていることが分かります。

●米国の水素マーケット

米国では2,300億 m^3 の水素が流通しているといわれます。ちなみに日本では180億 m^3 。米国では、輸送車で運ぶ外販用の水素が10億 m^3 あり、そのうちの90%がすでに液化水素で流通しているそうです。日本の20倍の液化水素が米国では流通しているのが現実です。世界で米国がダントツの実績を持っていますが、ヨーロッパでも液化水素のプラントはあるものの、日本のプラント能力の半分程度しかなく実績も少ないので、日本は米国に次ぐ第2位の液化水素の供給拠点といえます。

●日本における水素需要

このイラストが示すとおり様々な分野で水素が使用されており、年間180億 Nm^3 の需要があります。現在はその約1%だけが外販用、運んでいく分野のマーケットで1.4億 Nm^3 です。この中から主なものだけを紹介させていただきます。

●水素の用途①宇宙

まずはロケット用の需要です。私共は、過去から唯一のロケット用液化水素サプライヤーとして、長年にわたりこの事業に携ってきました。近年のH-IIAやH-IIBロケットの打ち上げ、ロケットエンジンのテストについて協力を続けております。大



阪、千葉、山口のプラントから出たものが、陸路と海路を経て種子島まで運ばれています。

●水素の用途②ガラス

2つ目はガラスの製造に使われるものがあります。フロート法という板ガラスを製造するもので、液晶テレビや自動車用ガラスなどになります。フロートバスという所で、溶融した錫の上に溶融したガラスを流し成型するために水素を使います。

●水素の用途③ファイバー

これは光ファイバー用棒で、原料を酸素と水素の炎で溶かして、回転させながら引き上げて石英棒をつくります。酸素と水素の炎は非常に純粋であり、気泡の少ない石英棒を製造することができます。

●水素の用途④半導体

これは半導体のほんの1例なのですが、半導体ウェハーの表面上に成膜する際に水素を使用します。還元水素雰囲気です。三塩化シランによる成膜の1例です。三塩化シランによりシリコン原子をウェハーに吸着させて、シリコンの膜を形成していきませんが、原料となる三塩化シランのうちシリコンだけが表面に付いて、塩素は塩化水素としてプロセス外に排出されます。ここで水素が反応することになります。

●水素ステーションでの水素需要

これが本日のテーマでもある期待の星なのですが、燃料電池自動車向けの用途、当社の水素ステーションへの取り組みについてお話をさせていただきます。FCCJの資料によれば、2025年にはFCVの台数、

水素ステーションの数、水素需要がこのように伸びていきます。水素需要は24億 m^3 になるということです。先ほど触れた外販マーケットでは1.4億 m^3 ですので、20倍弱の需要が新たに生まれます。これはあくまでも200万台が2025年に走っていて、ステーションが約700カ所ある前提です。ただ2020年の段階でも4.8億 m^3 となりますと、私共が扱っている外販マーケットの約3倍ということになり、非常に大きな需要だと思えます。

●水素ステーションでの水素ビジネス

今後の水素ステーションへの供給方法について1例を挙げたいと思います。私共は液化水素を進めていきたいと考えておりますが、とりあえず過渡期においては、圧縮水素やオンサイト・パイピング供給方法も並行して進んでいくのではないかと考えています。

●水素ステーション先行整備の概要

2015年に向けて100カ所の水素ステーションをつくる計画の中で、当社としてはそのうち20カ所を手掛けたいと考えています。燃料電池車の普及に絶対大事なインフラがステーションですが、課題としてはステーションの建設コストが非常に高いこと。ちなみに土地代を除いて現在、1カ所で4～5億円もかかってしまう。これではなかなか普及しないと我々も危惧しています。

●現在の水素ステーションによる技術・社会実証

現在の実証水素ステーションは、建設中のものを含めて19カ所あります。あくまで実証のもので、

現在の水素ステーションによる技術・社会実証



※1 2013年3月末で休止。13年(注)にNEEDOプロピレンプレッサーの解凍試験を実施予定
 ※2 移動式ステーションであり、2013年2月に注1のプレッサーと、北海道・苫小牧市に移動

今後は商用の方向に変わっていきます。今年から補助の予算も付き、商用ステーションがつくられようとしています。具体的になっているのは19カ所で、このうち5カ所程度は我々がやろうと考えています。

●当社が建設した水素ステーション例

当社が手掛けたステーションについて触れさせていただきます。まずこれは有明ステーションで、液化水素貯蔵の日本唯一のステーションです。液化水素タンクがあってポンプがある。ガスにする前の液のままポンプで昇圧する、国内唯一の仕組みです。車に70MPaくらいで水素をつめるのですが、その場合に熱が伴う。そういったものも液化水素なら一気につめられる。プレカールの工程を省けるということで実証を続けています。また、同ステーションは利便性の良い場所に立地しています。

これは関西空港水素ステーションです。ここは必要最低限の設備構成として、簡易型水素ステーションの原型になっていて、低コスト・省スペースを実現しています。あとで説明しますが、関西空港では新たなモデルケースになるような素晴らしい計画があります。このイラストは最近完成した、とよたエコフルタウン水素ステーションです。バスへの充填が可能な大型の圧縮機を備えたステーションで、主要設備のコンプレッサーはドイツ製のイオニックコンプレッサーを備えています。

●中央研究所水素ステーション

当社は今年4月、新たに尼崎市に中央研究所をつくりました。ここには液化水素の極低温から圧縮水素の超高压にいたる水素関連研究設備を備えていて、いろんな方々と研究を進めていきたいと思っていますので、ぜひお声掛けをお願いしたいと思っています。この中にも水素ステーションをつくる計画があって、キャンピーはできていますが、いま装置を建設中です。ここには研究用の液化水素タンクがあるので、そこから水素を引っ張ってきて、水素自動車にも充填しようという仕組みになっています。

●ベルリンのシェル・ハイパーステーション

当社のパートナーであるドイツ・リンデ社のステーションについて紹介します。これはベルリンのシェル・ハイパーステーションです。一般のガソリン

スタンドに組み込まれていて、ガソリンのディスペンサーの真横に水素のディスペンサーがあり、非常に自然な形で水素スタンドが成立しています。また、地下に液化水素タンクがあって、液化水素がポンプで直接そのまま入れられるという仕組みが実現されています。2011年から稼動しており、地下にタンクを置くことでコンパクトな敷地でも設置でき、ブレイクもいらない近代的なステーションといえます。もっと簡単にしたイメージがこの写真の形ですが、我々も日本でこうした合理的なものを広げたいと考えています。

●ハンブルグのトータル・ステーション

もうひとつの事例はハンブルグのステーションです。この供給設備の特徴は、わずか10フィートのコンテナに水素充填装置が全て収まっていることです。我々もこれを日本にも導入していくことを計画しています。ここでも水素のディスペンサーはガソリンのディスペンサーの間に挟まっていて、自然な構成になっています。

●ドイツと日本の比較

これはドイツと日本との比較を分かりやすく示したものです。左側が先ほどお話した10フィートコンテナ(3m×3m×3m)の中に全て納まっているドイツの例です。右側(国内導入機での仕様変更)になると、それが2倍、3倍の大きさになってしまいます。日本の法規に適合させるためには場所もそうですが、値段もすぐに3倍くらいになって、先ほ

ど触れたように4億円、5億円もかかってしまうことが問題です。具体的には、日本の法規適合のために圧縮機の変更、熱交換器の変更、配管弁類の変更、他にもあるのですが、こうした問題があるわけです。リンデ社は欧州仕様と米国仕様を共通化する運びです。ここに日本も入って、世界仕様として日本に伝わることを我々は切望しています。これができなければ、携帯電話の例(ガラケー)に次ぐ、ガラパゴス・ステーションになってしまうのではないかと危惧しています。

●海外水素ステーションの国内導入に向けた課題

国内導入に向けた課題についてまとめてみました。1つは欧州標準仕様との整合の問題で、材料の問題、設計係数の問題、蓄圧器の材料も日本では樹脂ではだめだということなど、世界で当たり前に使われているものが使えないのが現状です。もう1つは、リンデ社のステーションにあったように、水素をスタンドに標準的に装備するといった基準・法律も、日本では整備されていません。こうしたことへの対応が早急に望まれます。

●政府も取り組みを強化

ただし政府も随分協力していただき、液化水素スタンドの導入に向けた規制・基準に関する概要と目標をつくっていただくことになりました。概要は「液化水素による水素スタンドの技術基準を整備し、市街地に建設できるようにするとともに、ガソリンスタンドとの併設を可能とする」としています。目標

ハンブルグ TOTAL ステーション



液化水素貯蔵水素ステーションのイメージ



※リンデ社水素ステーション

政府も取り組みを強化
日本再興戦略(2013/6/14閣議決定)より抜粋

●水素供給インフラ導入支援
燃料電池自動車・水素インフラに係る規制の見直し

○水素供給インフラ導入支援、燃料電池自動車・水素インフラに係る規制の見直し
・2015年の燃料電池自動車の有償導入に向けて、燃料電池自動車や水素インフラに係る規制を見直すとともに、水素ステーションの整備を支援することにより、世界最先端の普及を目指す。

●燃料電池技術開発・低コスト化
— 2030年には家庭用燃料電池530万台を市場導入 —

○燃料電池技術開発・低コスト化
・世界に先駆けて我が国の市場に燃料電池を積極的に導入するために、先駆的実証事業を推進するとともに、激進的な標準化も進めながら低コスト化を図り、2030年には家庭用燃料電池（エネファーム）230万台（日本企業製の約1割に相当）を市場に導入する。

詳細は、日本再興戦略関連HPにて <http://www.kantei.go.jp/p/singi/foctaisaisei>

は2013年度に前倒しし、検討・結論を出すという内容です。これは今年（2013年）6月14日に閣議決定され、それに加え規制改革会議で、「液化水素スタンドを市街地にも建設できるよう、ドイツ、米国等諸外国の事例を踏まえ、関係省庁、高压ガス保安協会および事業者による検討会において検討し、一般高压ガス保安規則に液化水素スタンドに係る技術上の基準を整備すること」が明記されました。それを2013年度に結論を出し、施行するようになっています。要するに液化水素スタンドを市街地に建設しなさいと宣言していただいたわけです。

ここで私が危惧していることは、「ドイツ、米国等諸外国の事例を踏まえて…」の部分で、本当にそうなるのかという問題です。しかし、我々としては大いに協力して、液化水素に関する基準をつくることに邁進したいと考えています。

●「ガス屋」の水素ステーション

民間にどのように広めていくかのアイデアについて説明したいと思います。今は黎明期にある水素ステーションが、どうしたら経済的に成り立つのかを必死に考えてきて、その中に次のようなアイデアが出てきました。これは水素ステーションを核とした、小規模コミュニティの例です。FCVへの充填ができる水素ステーションにおいて、高压容器への充填を行い、近隣に今後増大する燃料電池アプリケーション、例えばフォークリフトなどに容器充填による水素を供給します。水素ステーションの周辺には配管で供給し、一般家庭や集合住宅への供給もしていくことを想定しています。

もう1つのパターンは、我々はLPガスの供給業

者でもあるので、家庭用への対応を考えたものです。家庭用水素のエネルギーは業者が配送供給するのではなく、消費者自身が購入して持ち帰るようなイメージを考えてみました。これにはFCVを活用し、水素ステーションで水素を満タンにして、例えば自宅に設置した水素タンクや容器に移し替えて使っていく。FCVはいわゆる水素エネルギーキャリアとなって、自宅に持ち帰る役割を果たすわけです。地震災害に伴う現在のネットワーク型エネルギー供給システムの遮断を心配する必要性も少なくなり、環境問題をも考えた上でこうしたネットワークが構築できるのではないかと考えてみました。我々はガス屋の立場として、遠隔監視や保安面を含めた多様なサービスをしていきたい。そして水素社会、CO₂フリー社会実現に向けて、このように展開していければと思っています。

●世界初「水素の街」プロジェクト

これは「北九州水素タウン」というスペースワールド周辺のプロジェクトです。福岡水素戦略の一環として実施するもので、当社も参加しています。水素ステーションを核として約2kmの水素ガス埋設配管を敷設し、各施設内の水素燃料電池および7軒の住宅の家庭用水素燃料電池に水素を供給しております。2011年1月に実証を開始し、3年足らずで1万人の来訪者があるなど、非常に注目を集めているプロジェクトです。

●次世代エネルギー・社会システム実証事業

この図は水素を中心としたスマートエネルギーシステムの概念図です。将来は水素によって電力、熱、移動体燃料を支えるコミュニティが形成されることを期待しています。北九州スマートコミュニティ創造事業として、エネルギーの社会システム実証事業が始まりました。水電気分解によって製造した水素を貯蔵し、燃料電池に供給するというもので、我々も参加して電力貯蔵システムの実証を今年（2013年）からスタートしました。

●関西空港スマート愛ランド構想への協力

関西空港では、運営中の水素ステーションを発展させる「関西空港スマート愛ランド構想」があります。クリーンエネルギーや再生可能エネルギーの利

用を推進し、環境をテーマとしてスマートグリッドを築こうという構想です。例えば水素特区を申請し、法的規制にあまり影響されないレベルで、液化水素を活用した日本における空港内水素ステーションのモデルケースに仕上げたいと考えています。

●関空水素グリッドの導入

もう少し詳しく説明すると、空港内の燃料電池バスやフォークリフトなど車のほかに、様々な燃料電池を活用したコミュニケーションツールの導入を目指していて、分散型電源、地上用電源、水素ステーションといった水素グリッドも導入していこうと考えております。将来は伊丹空港へと点から面への展開を考えたいと思います。

●2050年水素社会

来るべき水素の大量供給時代について説明します。このイラストのように液化水素を海外生産地からタンカーで運び、タンクローリーに載せて国内で供給する。最終的には車載タンクに液化水素を充填することが合理的だと思っています。日本型の水素供給システムはこうしたものだと思いますが、2050年頃には拡大した用途を実現し、このイラストのようなことを想像しています。

●エネルギーとしての水素需要創出

エネルギー総合工学研究所の試算によると、今後のエネルギーとして水素需要は2050年頃に3,400億Nm³になることが想定されています。この数字は仮に水電気分解でつくると1.7兆kWhの電力になり、これは日本の現在の電力の2倍。これを全て国内でつくることが不可能です。再生可能エネルギーで補ったとしても困難です。となると海外で水素ガスを大量に製造して輸入することが現実的だろうと思います。

●当社がめざす水素社会の道のり

この図が示すとおり2050年頃には低炭素社会の次のCO₂フリー社会を目指す必要があると思います。エネルギーセキュリティの観点からもエネルギー内製化や多様化が課題であり、水素が重要なアイテムであると考えています。コストも含めて、海外で水素を大量製造し、液化水素として大量輸入すること

が1つの策になるのではないかと考えます。当社はすでにLNGの輸入や産業用液化水素のハンドリングの基盤がありますので、その延長線上で水素社会の構築ができるのではないかと考えています。

このように液化水素の海外生産からタンカー輸送、国内受け入れ・貯蔵、タンクローリー供給という一貫した流れをつくることができれば、最終的には液化水素のまま車につめたりすると、非常に無駄のない日本型供給システムになると思っています。2050年頃には、大型タンカーからの陸揚げ作業が各地で展開されるといったことを想定しています。

●キーポイント

本日の話をまとめると3点になると思います。1つ目は産業用で多くの顧客に液化水素を供給している中で、液化水素の素晴らしさについて多くの方から評価をいただいています。この経験から得た自信を持って、この動きを活性化させて、さらに多くの方々に液化水素の素晴らしさを認識していただきたいと思っています。2つ目はガス屋として保安の確保と安心の提供を含め、水素を皆様にもっと活用していただけるようにインフラの提供に頑張っていきたい。「ガス屋の水素ステーション」という考え方、特に黎明期の水素ステーションの運営にはそのような知恵が必要ではないかと考えています。3つ目がFCVは新しいエネルギーキャリアであるということ。FCVは素晴らしい次世代の自動車ですが、同時に移動式発電所にもなり得るという特徴があります。FCVは水素というエネルギーキャリアであるということです。スタンドに立ち寄るだけで生活に必要なエネルギー、それも環境に最高に貢献できる水素というエネルギーが使えるようになる。水素ガス単体を家庭まで配管で供給することには、ハードルが高いと思っています。そうしたことを踏まえて分散型の水素供給を提案させていただきました。1つは小規模ネットワーク、1つは水素をFCVによりキャリアするという発想です。2050年頃に果たしていくつの水素ステーションができるかと考えてみると、6,000カ所になるのか、または、ガソリンスタンド並みの3万カ所になるのかわかりません。いずれにしても水素が身近に手に入るような水素社会の早期実現に向けて、積極的に貢献していきたいと思っています。