

水素プロジェクトの今とこれから — 究極のクリーンエネルギーで実現する新しい未来 —



エネルギーの安定的確保と地球環境保全。
この2つの課題を解決するのが「水素エネルギー」です。
「究極のクリーンエネルギー」と言われる水素を
一般エネルギーとして用いるためのサプライチェーンの確立。
産業界や政府が水素社会に向けて大きく舵を切る中、
川崎重工にしかできないチャレンジが始まっています。

官民挙げて実現を目指す水素社会 川崎重工は従来技術との高い親和性で大きくリード

西村：川崎重工が取り組むCO₂フリー水素プロジェクトの背景には、確かな社会的要請があります。日本のエネルギー事情を考えた時、原子力発電所の増設が困難な社会情勢の下、今後CO₂削減についても責任を果たしていかなければならない中で、「究極のクリーンエネルギー」と言われる水素の活用は、エネルギーセキュリティの確保とCO₂削減の両方の観点から非常に有効な手立てと言えます。

そもそも技術立国の日本は、家庭用燃料電池を世界で初めて商品化したほか、燃料電池車の開発においても世界をリードするなど、世界一の水素利用技術を保有しています。特にここ1～2年は、そうした技術を活かして水素の本格利用に道を開こうとする産業界の動きが活発



西村 元彦
Motohiko Nishimura
技術開発本部
技術企画推進センター
水素プロジェクト部
部長
理事
工学博士

カンパニー所属時から、エネルギー分野の研究に従事。現在、水素プロジェクトをけん引。

化しています。その契機となったのが、自動車メーカーがいわば「燃料電池車量産宣言」をした2013年の東京モーターショーです。実際、トヨタ自動車(株)はその後、2015年度の予定を2014年に前倒しして燃料電池車の市販を開始しました。

一方で政府も、2014年4月11日に採択された「エネルギー基本計画」の中で、今後のエネルギー政策をにらんで水素の利活用推進を明記しています。2020年開催予定の東京オリンピックでは、政府と東京都が「水素オリンピック」として日本の水素利用の先進性を広く訴求する方針で、東京都はそれに向けてさまざまな実証をしているとすでに動き出しています。

このように官民挙げて、来る水素社会をどう実現していくかについて真剣に考え始めているのが現状です。ただし、社内で水素に関する事業構想がスタートしたのは、ずっと以前の2008年頃のことです。当時、CO₂削減にどう取り組んでいくかが盛んに議論されていました。

東：確か、一つは「電動化」の流れで、もう一つが「水素」でしたね。

西村：その通りです。そこで当社の技術的なバックグラウンドを考えた時、水素エネルギーの活用の方が有益であろうという判断から、2009年11月に正式に水素プロジェクトを発足させ、水素社会の実現に向けた水素インフラの確立を目指して現在技術開発を進めているところです。水素を選択した理由としては、当社の保有技術と親和性が高かったことが挙げられます。水素の輸送・貯蔵については天然ガスと同じく液化が有望視されていますが、当社はアジア地域で最初にLNGタンカーを建造した実績を持つとともに、陸上においても現在、世界

神谷 祥二 Shoji Kamiya

技術開発本部
技術企画推進センター
水素プロジェクト部
エネルギー・
環境プロジェクト室
プロシニア
工学博士
技術士（機械部門）



入社以来、一貫して極低温技術の開発に従事し、その分野の第一人者。

最大のLNGタンクを建設中です。ここで培ってきたLNG貯蔵輸送技術を応用して進化させることで、水素貯蔵輸送技術も開発していけると考えました。鍵を握るのは極低温を扱う技術ですが、これについては、神谷さんお願いします。

神谷：天然ガスを液化するには-162度の極低温にする必要があります。私は入社以来一貫してこの極低温技術の研究開発に携わってきました。水素はさらに低温の-253度を扱う技術が求められますが、当社は、すでに水素分野での極低温技術開発の実績を持っています。鹿児島県の種子島に、皆さんよくご存じのH-IIロケットの発射場がありますが、ここにある液化水素の地上設備を川崎重工が手がけているのです。1970年代後半、灯油系から液化水素へのロケット燃料切り替え構想に伴い、当時LNG



の極低温技術で実績のあった当社がその立ち上げを担うこととなりました。それが当社の、液化水素の輸送・貯蔵に関する研究開発の始まりです。ですから、もうかれこれ30年に及ぶ年月の中で、水素プロジェクトのキーテクノロジーとなる極低温技術のノウハウを蓄積してきたと言えます。

「つくる」から「つかう」まで 川崎重工ならではの技術を活用

西村:川崎重工が進める水素プロジェクトの最大の特徴は、「製造～輸送～貯蔵～活用」という社会インフラとしての水素サプライチェーンを、上流から下流まで一貫して構築しようとしている点にあります。このうち特定分野について技術を有する企業はあるでしょうが、サプライチェーン全体を手がけることができるのは、高いLNG貯蔵輸送技術が活かせる当社だからこそと自負しています。

個々の取り組みをご紹介しますと、まず「製造」については、水素は自然界に単体では存在しないため、原料となる物質から水素だけを取り出す必要があります。その方法は非常に多種多様ですが、その中で私たちが着目したのが、オーストラリアの褐炭を用いる方法です。社会インフラとしての確立を目指す以上、低コストで安定した大量の水素製造が求められます。その点、褐炭は化石燃料で現地に大量に存在するため、安定供給が可能です。また、それだけ豊富な資源でありながら、輸送に適さない性質を持っているため、現地の火力発電燃料としてわ

ずかに使用されているだけで、海外取引の一切ない未利用資源なのです。安価な原料から現地生産するため、コストも低く抑えられます。唯一の問題点は、水素を取り出す際に副生物としてCO₂が発生してしまうことですが、これも、発生したCO₂を回収して地中に埋める「Carbon dioxide Capture and Storage (CCS)」の技術を用いればクリアできます。

新郷:CCSについてはオーストラリア側で引き受けるなど、オーストラリア政府もこのプロジェクトには非常に協力的ですよ。

西村:彼らからは「Exciting Project」と評されていて、褐炭炭田のあるヴィクトリア州政府と連邦政府、どちらからも非常に歓迎されています。もともと輸出できなかった資源を付加価値の高いクリーンエネルギーに変えて輸出できる上、高度な技術に携わる質の高い雇用を現地で大量に生み出すとあって、大きなメリットを認めています。

ともあれ、こうして作り出したガス状態の水素をパイプラインで港へ送り、積み出し港の液化設備で液化することによって体積を800分の1にした後、液化水素輸送船に積んで日本へ運ぶ構想です。日本に到着した液化水素は、専用のトレーラーやローリーで輸送され、半導体製造などの工場や、水素ステーション、あるいは水素ガスタービンなどのエネルギー機器、発電所などで用いられるという仕組みです。

この一連のサプライチェーンにおいて、唯一、確立されていないのが船舶による「輸送」技術です。今は、当社が製造する小型の液化水素輸送船を試験的に航行させ



液化水素運搬船 (イメージ)

て、技術立証しようと試みているところです。2013年12月にはタンクの基本構造について基本認証を得るなど、着々と進めています。このように、世界初となる大型液化水素輸送船の開発に取り組んでいます。陸上の液化水素タンクを造る技術、そして大型LNG船を造る技術、その両方を保有しているのは世界でも当社くらいだと思いますので、ぜひその技術力を活用してかたちにしたいと考えています。

神谷：水素の輸送に関しては、液化の他に圧縮などいくつか方法がありますが、大量輸送を前提にすると体積をわずかに800分の1にできる液化が有効だと考えています。単に液化水素の輸送ということ言えば、私たちはすでに種子島案件で実績があります。ただし、それはあくまでもロケット用燃料としての輸送で、一般のエネルギーとしての輸送とは事情が異なります。それに対して本プロジェクトで求められているのは、大量に、安全に、しかも安く運ぶためのエンジニアリング技術です。基本技術はあるものの、それをエンジニアリングレベルまで引き上げていくには、まだ乗り越えなければならない技術課題がいくつもあります。その解決に向けて今、ここにいる2人を含めた若い技術者たちが奮闘しているところです。

長年培ってきた極低温技術をベースに挑む 水素インフラのエンジニアリング技術

新郷：私は主に、 -253 度の液化水素を貯めたり運んだりする際に用いる容器の、断熱構造技術に係る研究開発を担当しています。

-162 度のLNGと -253 度の液化水素では、温度が100度違うだけで同じ極低温技術のように見られがちです

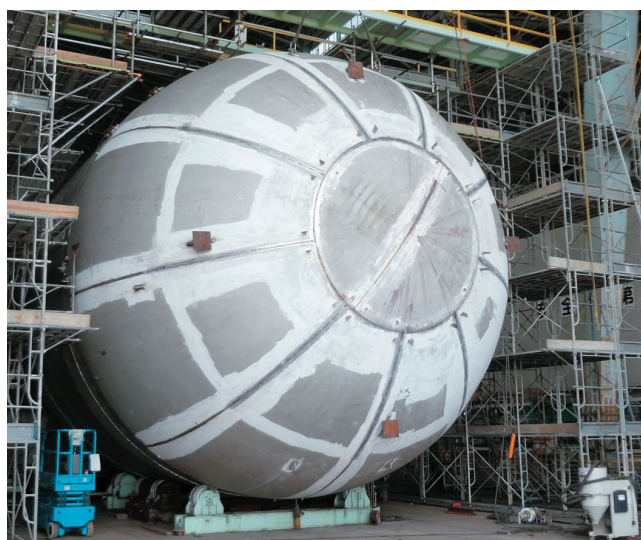
新郷 正志 Masashi Shingo

技術開発本部
技術研究所
環境システム研究部
研究一課
基幹職



長年、断熱構造技術の開発に従事しており、設計から評価までを担当。

が、実は空気が液化する -200 度という温度をまたぐ点
が大きな違いで、それが取り扱い技術に高度化が求められる要因です。LNGの場合、輸送タンクの周囲をウレタンなどの断熱材で覆い、そこに不活性ガスを含ませておけば断熱が可能です。しかし液化水素の場合は -200 度よりも低い温度なので、LNGタンクと同様の断熱方法では、ウレタン中の不活性ガスが液化して断熱材として機能しなくなります。そこで用いるのが、真空断熱です。タンクを魔法瓶のような二重構造にし、内側容器と外側容器の間を真空にして内側へ熱を通さないようにする考え方です。熱は温度の高い方から低い方へ伝わりますが、その伝わり方には「伝導、対流、放射」の3つがあります。真空にすることにより、気体を通して伝わる「伝導、対流」は抑えられます。しかし「放射」は残るため、当社が種子島案件を通して開発した極低温用の真空断熱技術を用いて遮断しようと考えました。これなら



陸上用の液化水素タンク



東 誠
Makoto Azuma

技術開発本部
技術研究所
材料研究部
研究二課
課長

材料技術をベースに、極低温機器、高圧ガス機器の技術開発に従事。

3つすべての伝熱をカットした断熱構造を実現できます。

こうした研究開発においても、これまで神谷さんたちが何十年かけて蓄積してきた技術を大いに活用しています。液化ガスを大量に運ぶ技術、そして水素をハンドリングする技術、その両方を持っているのは世界でも当社だけです。この組み合わせによるオンリーワン技術を活用すれば、水素インフラのためのエンジニアリング技術も必ず確立できると考えています。

東：私は、二重容器の内側容器の支持構造の開発に携わっています。この部材は液化水素が入っている内側容器が、室温の外容器と接さざるを得ないため、そこから「伝導」で熱が伝わってしまいます。そこで、金属よりも熱が伝わりにくいFRPのような特殊樹脂材料を用いる検討を進めています。しかし、極低温領域では樹脂材料が構造的に縮んだり硬化したりといった特性変化を来したり、真空度を悪くする反応を起こしたりといった問題があるため、現在、-253度の環境を作って材料特性変化について

調査しているところです。

一方で、水素圧縮ガスを運ぶための高圧水素ガストレーラーの開発も担当しています。このトレーラーは、各所に設けられた水素ステーションへのデリバリー用で、水素を450気圧に圧縮して運びます。タンクには、金属製のタンクに炭素繊維の複合材を組み合わせたものを用いています。高圧水素ガストレーラーの開発は国内初の取り組みだったため、高圧ガス保安法、道路三法など、さまざまな関連法のうち何がどう適用されるのかを有識者とともに検討しながら開発を進めてきました。現在すでに、350気圧仕様と450気圧仕様の2台が製造完了し、実際に国内を輸送走行しています。これで、液化と圧縮両方の輸送技術を確立する考えです。

西村：ちなみに水素ステーションへのデリバリーについては、当初は需要も限られているので高圧水素ガストレーラーでサポートし、燃料電池車が普及期を迎えた時は液化水素輸送ローリーによって大量輸送に寄与するというビジネスモデルを構想しています。

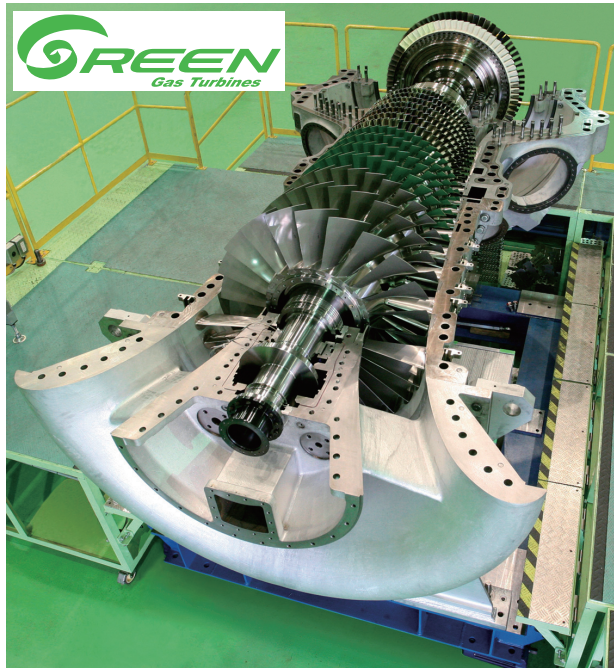
また、輸送後の「活用」分野への取り組みとしては、水素を燃料とするガスタービンの開発を進めています。これは産業用だけでなく、地域マンション向けにも活用することで、平常時だけでなく非常時におけるエネルギー供給設備として、「Business and Living Continuity Plan (BLCP)」にも貢献できると考えています。

神谷：そして重要な点は、やはり「安全」面です。かつてない新しいエネルギーだけに、安全管理に関する基準や法規制もまだ整備されていません。大切なのは、正しく理解してもらうことです。そこで私は技術者の立場から、関係監督省庁との折衝に携わるほか、水素貯蔵輸送技術に関する学会活動も積極的に推進するなどして、環境整備に努めています。

西村：神谷さんの言うように、水素インフラを確立する上



高圧水素ガストレーラー



水素専焼ガスタービンの開発

で安全性の担保は極めて重要です。ただ、当社はすでに種子島のロケット基地における液化水素のタンクや1 kmに及ぶ真空配管の運用で、30年を超える無事故実績を持っており、安全性については十分確保できると確信しています。これから本格的に活用するにあたり、日本初・世界初となる取り組みを多く手がけている当社が、レギュレーション作りにも参画しながらしっかりリードし、安心して水素社会を迎えられるよう貢献していきたいと考えています。

目指すは再生可能エネルギー由来の水素活用 世界をリードする技術立国・日本の使命

西村：それでは最後に、水素プロジェクトのこれからの見据えて、一人ずつ抱負や夢を語って終わりましょうか。

新郷：では私から。水素は水と電気さえあればどこでも作ることができます。エネルギー資源のない国と言われる日本でも、水素を作ることができれば世界にエネルギーを輸出できるのです。実用初期は褐炭からの水素製造を構想していますが、将来的には自然エネルギー由来の水素を製造し、エネルギーを生み出す国にしていくのが夢です。

東：高圧水素ガストレーラーは現在、国内に2台しか存在しません。しかし、2014年の燃料電池車の市販スタートに伴い、これからどんどん水素の需要は高まり、水素ステーションも増えていくに違いありません。そうなった時、私の開発した高圧水素ガストレーラーが、街中を走

る姿を一般の皆さまにも目にしてもらえるくらい普及すれば技術者としてうれしく思います。

神谷：私が水素に携わり始めた1970年代から長らく、水素は注目されてきませんでした。ところが、今から20年ほど前の1993年、海外から水素を持って来ようというプロジェクトがあり、その時に私自身は「いずれ水素社会が訪れて、液化水素を大量輸送する時代がくる」と確信していました。果たして、これまで何十年かけて積み重ねてきた技術をついに花開かせるチャンスがやってきた今、大きな喜びとやりがいを感じずにはおれません。ぜひメンバーと一丸となってこの技術を結実させ、液化水素輸送船が建造されていくのをこの目で確かめたいですね。そして、日本が世界をリードするかたちで社会貢献できる喜びをかみしめたいと思っています。

西村：当社が掲げる理想としては、再生可能エネルギーから作った水素の活用です。ぜひここを目指したいと考えています。それに向けて、国内外の水力発電や地熱発電などを用いた場合の事業成立性について、すでに机上検討を始めています。一方で、今後は自国のインフラ整備にとどまらず、新興国に向けた水素インフラの輸出というビジネスも出てくるでしょう。その時、川崎重工は「つくる」から「つかう」までのサプライチェーン全体をパッケージとして提供できる存在でありたいと考えています。そのためには、何としても最初に世界標準を獲得しなければなりません。そうして、技術で勝ち、ビジネスでも勝つ。これこそ、川崎重工が、ひいては日本がやるべきことだと考えています。