

## 環境にやさしい「水素社会」に向けて、インフラ整備に貢献

水素は、文字通り水の素であり、酸化( 燃焼 )すると水になります。人と自然にとって最もやさしいエネルギーの一つです。環境負荷物質の排出が避けられない化石燃料を水素で代替し、クリーンな「水素社会」をもたらすことは、21世紀の人類の夢の一つとさえ言えます。

H- ロケット用液化水素貯蔵供給所をはじめ、数多くのプロジェクトを実現してきた当社の超低温技術は、水素社会の基盤となる技術です。近年の関連技術開発をご紹介します。

H- ロケット「液化水素貯蔵供給所」



### 国内初、液体水素コンテナの開発

水素は液体にすると気体の1/800の体積になり、貯蔵・運搬に有利です。燃料電池自動車の普及が進むにつれ、水素をガソリンのように各地で供給するために「水素ステーション」が必要になります。そのステーションへの水素の供給方法としては、当社の開発した「液体水素コンテナ」が脚光を浴びることになります。

2005年1月、当社は、液体水素コンテナの尼崎～東京間の長距離公道走行試験に成功。今後はさらなる高性能化の研究を継続し、早期実用化を目指します。

#### 宇宙開発等での超低温技術の蓄積を生かす

液体水素コンテナとは、コンテナとしての規格を満たした液体水素専用の運搬・貯蔵装置です。国内では現在、液体水素の運搬には主にタンクローリーが用いられていますが、コンテナ形式にすることで輸送方法の自由度が増し、輸送費の低減が期待でき、さらにより高い断熱性を実現することで、長時間・長距離の輸送が可能になります。また、貯蔵設備としても利用できます。そこで国家プロジェクトである「水素安全利用等基盤技術開発」の一環である液体水素コンテナの高度化要素研究の中で、当社が新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から委託を受けて開発に取り組んできました。

水素は、液体になると気体の1/800の体積になり、貯蔵・運搬に有利です。しかし、その温度は-253 という超低温で、容器の製作には高度な技術が必要です。当社では、LPG(-45)、LNG(-162)をはじめ、-269の液体ヘリウムの貯蔵タンクを開発・製作してきました。国産のHロケットの燃料には液体水素が使用されていますが、その発射設備の貯蔵タンクの建設・保守も行っています。液体水素コンテナには、こうした実績から得た超低温技術の蓄積が生かされています。

#### 水素燃料電池の普及をにらんで

「ポストLNG」とされる水素ですが、大量に扱うとなると、製造、貯蔵・輸送、利用のいずれの段階も開発途上のエネルギーです。製造コストはもちろん輸送効率・コストにも課題があります。技術的な課題に見通しがつき、石油やLNGのように水素が利用できるようになるのは、十数年先になるでしょう。しかし、環境問題の深刻化や石油資源の枯渇が時間の問題であることを考えると、課題を一つひとつ乗り越え、ぜひとも実現しなければならないと思います。

少しずつでも水素の利用が増えていけば、技術開発は加速度的に速くなり、一般への普及は意外に早くなるかもしれません。製造や液化には余剰電力を使い、容積効率のよい液体で貯蔵・運搬し、定置タイプの燃料電池で利用するという方法が最も早く実現すると思われませんが、液体水素コンテナはそういう仕組みを実現するのにぜひとも必要な基盤技術です。

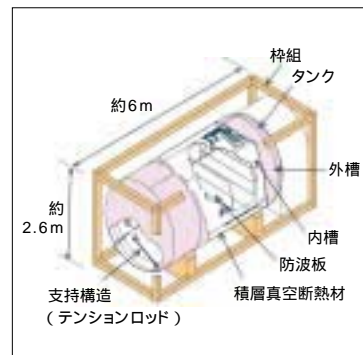


鉄構ビジネスセンター  
装置グループ 主事  
木村 由史

#### 狭い真空空間に配置する支持材、断熱材に工夫

液体水素コンテナの構造を下図に示します。容器本体は超低温を維持するために魔法瓶のような真空二重構造です。開発の主な課題は、コンテナという大きさの制約の中で、ローリー等の既存の液体水素容器よりも高い断熱性を確保しながら、より多くの液体水素を運ぶことでした。そのため内槽をできる限り大きくし、外槽との間の真空空間は極力狭くしています。この真空空間には放射熱を防ぐアルミ蒸着フィルムのほか、液体水素を通すパイプや内槽を支える支持材が配置されますが、狭い空間で断熱性を確保しながら配置するために、従来技術に加え、独自の工夫をしています。例えば、内槽を支える方法はH- ロケット射点の貯蔵タンクと同じ「吊り構造」ですが、輸送時の揺れ対策や低温時の収縮対策が加えられています。

また、輸送時における液体水素の動揺を極力抑制するために、法規で防波板が必要とされていますが、その大きさ、位置、間隔等を液動揺シミュレーションを行い最適化しています。



液体水素コンテナ構造



断熱材の施工

## 尼崎～東京間の公道走行試験で高性能を実証

液体水素コンテナは、2003年8月に、固定状態で液体窒素(-196)充填試験を行い、2004年1月に液体水素充填試験、さらに工場内で液体水素を充填した走行試験を行い、蒸発量等を確認し、2005年1月から公道走行試験を行いました。

2005年1月の最初の公道走行試験は、兵庫県尼崎市の水素液化基地から東京都江東区の燃料電池車用水素ステーションまで約600kmの行程を、液体水素を半載量の約6klを運搬し、蒸発性能は0.7%/日と高性能を実証しました。

液体水素コンテナ



今後は、さらなる軽量化と高断熱性能化を行うとともにコストダウンを図る予定です。また、鉄道用や船舶用の大型コンテナの開発も行いたいと考えています。

## 液体水素タンカーの技術課題を抽出

水素の製造・液化には膨大な電力が必要なことから、水資源大国カナダの水力や、砂漠地帯の太陽光、また風力等の利用が考えられています。そして生産地から消費地への輸送には「液体水素タンカー」が有望です。当社は、WE-NETに参画し、液体水素タンカー実現に向けて、どのような技術開発が必要となるかを検討してきました。

WE-NET:World Energy Network;水素利用国際クリーンエネルギー技術研究開発

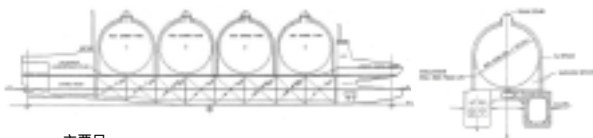
### 技術的には実現は可能

WE-NETは、水素の製造から利用まで全ての段階での技術的な検証や開発を行う国家プロジェクトです。液体水素タンカーもその一つで、当社では平成5年～10年に技術課題の検討を行いました。

液体水素タンカー実用化の最大の課題は、液体水素の沸点である-253を維持する断熱方法です。仮に、LNGタンカーと同じ断熱材を使った場合、1,000ミリ近くの厚さが必要になると試算されますが、現在、そのような厚さの断熱材の製造法や施工法は確立されていません。また、タンクを二重殻とし、その間を真空に保つ方法も考えられますが、洋上での動揺を考慮した十分な強度を確保しようとする、従来技術の熱伝導の少ない細い支持材による「吊り構造」は適用できず、強度と断熱性を両立させた、タンクを支える支持方法や支持材そのものの新たな開発が必要となります。

また非常に小さな分子である水素は、LNG等が通り抜けられない微細な孔からでも漏れ出る可能性があるため、部材の溶接接合は従来とは比較にならないほど念を入れた施工が求められます。

しかし、課題を洗い出すことによって、液体水素タンカーは、技術的には決して不可能ではないことがわかりました。



主要目

タンク	二重構造球形タンク
船型	細長型双胴高速船
貨物容量	200,000m <sup>3</sup> (-253, 0.071t/m <sup>3</sup> )
全長	約345.00m
幅(型)	64.00m
深さ(型)	26.00m
喫水(型)	14.00m
主機	水素燃焼ボイラ+スチームタービン
出力(MCR)	2×約40,000PS(29,400kW)
推進システム	4×約20,000PS(14,700kW)ウォータージェットポンプ
船速	約25ノット
ボイルオフ・レイト	約0.4%/日

### 実用化には10年以上の開発期間が必要

陸上ではH- ロケット用液体水素貯蔵タンクの実績があり、洋上では日本で初めてLNGタンカーを建造した当社ですが、液体水素タンカーを実現するためには、相当の開発期間が必要とわかりました。水素は分子が小さく、軽い、液体は超低温といったことから、タンク、断熱、カーゴ艙装、推進装置、船型・構造のどれをとってみても非常に手間と高度な技術を要する仕事になります。建造コストを下げ、同時に安全を確保できる設計と施工方法が今後の課題になるでしょう。

液体水素タンカーのみならず、水素に関する技術開発は、今後、できれば日本が主導して国際的な協力のもとで取り組んでいくべきだと思いますが、水素社会の実現に向けて、当社が蓄積してきた超低温技術や大型高速船技術が生かされるはずで。

近年、燃料電池等の水素利用面の技術開発が急速に進んでいます。一方で、石油価格は高騰しており、近い将来、液体水素タンカーが水素の生産地と消費地を結んで大洋を行き交う姿がきっと見られることでしょう。



株式会社川崎造船  
技術本部 基本設計部 部長  
中村 容透