

水素社会実現に向けた液化水素技術の取り組み



企業レポート

辻上 博 司*

Efforts in liquefied hydrogen-related technologies towards the realization of a hydrogen society

Key Words: Liquefied hydrogen, Liquefied hydrogen plant, Liquefied hydrogen pump

はじめに

世界的に脱炭素化が進む中、水素の役割が重要になっている。我が国の「第6次エネルギー基本計画」では、2030年の電源構成で水素・アンモニアが1%を賄うことが目標に明記され¹⁾、「第7次エネルギー基本計画」でも水素活用が明記されており、カーボンニュートラル化に向けては欠かせないエネルギーとして認識されている。今後、水素発電の導入などにより大量の水素が必要となることを見越し、海外で製造した安価な水素を大量に輸入することが想定されている。その際の水素キャリアとしては、有機ハイドライド、アンモニアの他に液化水素も有望視されている。

国内での水素の輸送は、圧縮水素や液化水素、天然ガス改質などの水素製造装置による供給が行われている。液化水素は極低温ではあるが、輸送効率が高く、超高純度であり、水素ガス化の際には外部からのエネルギーが不要であることから、多くのユーザーに利用されている。またロケット向けの供給を通じて、長距離の陸上輸送技術も確立されている。さらに、最近では海外で製造した大量の液化水素を輸入するために、液化水素輸送船が開発され、海上輸送の実証試験も進められている。本稿では、1970年代から液化水素を取り扱ってきた当社の取り組みについて述べる。

液化水素について

液化水素は沸点が -253°C （大気圧）の極低温の液体である。水素は常温では液化しないため、工業プロセスでは液化窒素や断熱膨張により冷却した水素を寒冷材として、製品水素を逆転温度（ -80°C ）以下に冷却した後に、ジュール・トムソン膨張により液化させる。寒冷材としてヘリウムが使われることもあるが、水素が主流である。

液化水素の研究及び需要は1960年前後から宇宙関連技術の発展と共に増大してきた。H₂ロケット燃料としても使用されている液化水素は、極低温液体であり、真空断熱容器等の中で貯蔵される。体積も常温常圧の水素の約1/800程度となり、大量の水素をコンパクトに貯蔵することができる。さらに液化水素は超高純度（99.9999%以上）であるため、純度が要求される半導体、光ファイバー分野への供給も増加傾向にある。また、極低温の流体であることから、超電導分野にて液化ヘリウムの代替冷媒としての利用も検討されている。

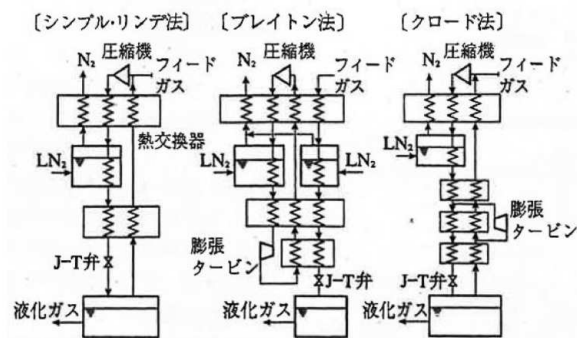


図1 主な水素液化サイクル²⁾

液化水素技術に関する取り組み

当社は1974年に始まった通産省「サンシャイン計画」にて、液化水素に関する試験を行った。液化水素が限定的にしか使用されていなかった当時、大量輸送を見越し液化水素の安全性の検証のため、



* Hiroshi TSUJIGAMI

1975年3月生まれ
 京都大学大学院 エネルギー科学研究科
 エネルギー応用科学専攻 修士課程修了
 (2000年)
 現在、岩谷産業株式会社 岩谷水素技術
 研究所 部長 (水素技術研究開発担当)
 TEL : 06-7632-1181
 FAX : 06-7632-1133
 E-mail: tsujigami@iwatani.co.jp

滋賀県甲賀郡にあった当社の敷地にて、液化水素の拡散・燃焼実験を実施した(図2)。組み上げた架台に水素検知器を設置し、拡散の状況を観察した。試験に使用した液化水素は、岩谷瓦斯(株)の前身である大阪水素工業(株)の尼崎工場(兵庫県)内に設置した当社初の水素液化設備で製造したものである(図3)。

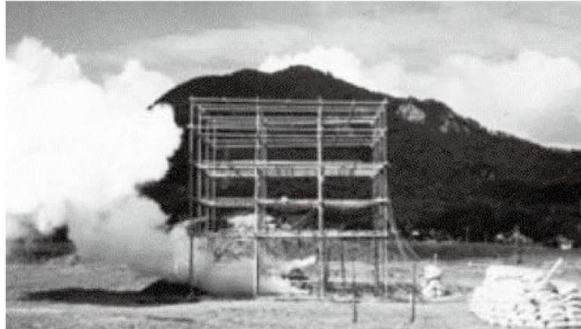


図2 液化水素拡散実験の様子³⁾
(1976年 滋賀県甲賀郡の当社敷地内にて)



図3 当社初の水素液化設備

2002年から始まったNEDO事業「水素安全利用等基盤技術開発」にて、当社は液化水素供給設備の安全性評価を行い、液化水素輸送効率の向上や設備安全対策のためのデータを蓄積した。さらに、商用ステーションが設置される前に、高圧ガス保安法一般則7条の3で、70MPa型水素ステーション(圧縮水素スタンド)の基準が整備された。最初は、液化水素に関する基準がなかったため、(一社)日本産業・医療ガス協会や(国研)宇宙航空研究開発機構(JAXA)と共に、液化水素貯蔵・液化水素昇圧型圧縮水素スタンドの技術基準を整備していくことになった。JAXAとの共同実施では、液化水素昇圧型ポンプの基準化のため、82MPaの超高压液化水

素の漏洩・着火試験を実施し(図4)、火気設備との離隔距離などを策定した⁴⁾。また、(国研)物質・材料研究機構の協力を得て、候補材であったXM19とSUH660について超高压・極低温下での水素適合性評価やその他材料試験を実施し、問題がないことを確認した⁵⁾。これらのデータをもとに、液化水素ポンプに関する技術基準を策定した。その結果、当社の有明、葛西、羽田空港の各ステーションには液化水素ポンプを設置することができた。現在、これらのステーションは主に燃料電池バス充填向けに運用している。有明の水素ステーションを図5に示す。

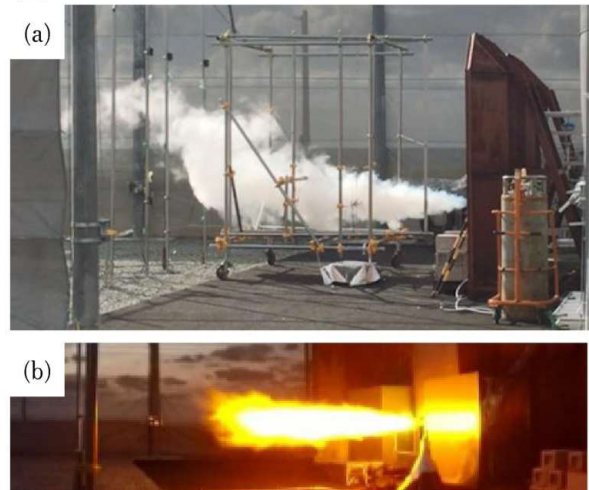


図4 超高压液化水素の漏洩拡散・着火試験
(a) 漏洩拡散試験 (b) 着火試験



図5 イワタニ水素ステーション有明⁶⁾
(液化水素昇圧ポンプを設置)

当社の液化水素プラント

当社は、1978年に前述の大阪水素工業(株)(現岩谷瓦斯(株))の敷地内に、日本で初めての商用液化水素プラントを建設した。当初、製造した液化水素のほとんどはロケット燃料向けであり、尼崎か

ら種子島の宇宙センターや秋田県能代市のロケット実験場まで液化水素ローリーによる陸上輸送を行っていた。原料水素には、近隣の苛性ソーダ工場で副生される水素を用いて、液化水素の製造を行っていた。

1990年代後半から燃料電池自動車の開発や水素ステーションの実証事業が活発化したため、今後の水素需要増を見込んで、2006年には大阪府堺市に液化製造プラント「ハイドロエッジ」の建設・稼働を開始した。

(株)ハイドロエッジの液化水素プラントにおける水素原料は液化天然ガス(LNG)であり、水蒸気改質により水素が製造され、液化させる。プラント内ではLNGの冷熱を空気分離に利用して液化窒素を製造し、その液化窒素の一部は水素の液化プロセスにて、水素の寒冷材として使用される。製造された液化水素は真空断熱貯槽に貯められ、ローリー等へ充填・輸送される。LNGの冷熱を液化水素の製造に活用した省エネルギー工場でもある。



図6 (株)ハイドロエッジの液化水素プラント⁶⁾

当社の液化水素技術開発拠点

当社の水素関連の技術開発は、兵庫県尼崎市にある岩谷水素技術研究所が中心となって実施している。大型モビリティへの液化水素の搭載を見越して、高効率な液化水素充填技術の開発や液化水素冷熱回収技術、材料評価などに取り組んでいる。岩谷水素技術研究所の外観を図7に示す。



図7 岩谷水素技術研究所の外観
(当社中央研究所と併設)

当社の液化水素実験室を図8に示す。室内で液化水素を扱える、国内では数少ない実験室である。液化水素の流通試験や浸漬試験が中心であり、機器メーカーや大学等と共に、液化水素向けの製品開発や極低温下での評価試験も実施している。



図8 岩谷水素技術研究所の液化水素実験室

おわりに

水素キャリアの一つとして期待される液化水素は、極低温であるがゆえの課題もある一方で、貯蔵・輸送効率の良さや冷熱の利用ができるといった、他の水素キャリアにはない特徴も有している。液化水素の冷熱を活用した超電導技術の開発⁷⁾や、月面探査計画における月面軟着陸機の燃料としての液化水素利用も検討されている。さらに、建機や鉱山機械、航空機など大型移動体への水素搭載では、圧縮水素では搭載量が不足するため、液化水素の採用も検討され始めている。液化水素を充填する際には、ボイロフガスの低減技術や流量測定技術の確立が不可欠である。これらを含め、移動体や民生向けへの展開に向けた、さらなる技術開発を行っていく。

参考文献

1. 経済産業省，“第6次エネルギー基本計画”(2020)
2. 矢田部勝，“エネルギーとしての液化水素製造・供給技術”，化学装置 Vol.45, No.4, 2003.
3. 岩谷産業，“水素の保安技術の研究”，昭和51年度サンシャイン計画委託研究開発成果報告書,1977
4. 平成25～29年度 NEDO事業「水素利用技術研究開発事業/燃料電池自動車及び水素供給インフラの国内規制適正化/国際基準調和・国際標準化に関する研究開発/水素ステーションの設置・運用等における規制の適正化に関する研究開発」成果報告書

5. 辻上博司 他, “液化水素ポンプ昇圧型水素ステーション用高強度材料の水素適合性・低温韌性評価”, 圧力技術, Vol.55, No.6, 2017
6. 当社 HP <https://www.iwatani.co.jp/>
7. 白井康之, “液体水素冷却超電導応用エネルギー機器の開発”, 低温工学, Vol.55, No.1, pp.44-52, 2020

