

わが国の液体水素の発展とその背景 (I) : 初めての液化から現在まで

花田卓爾

テクノグランパ

〒113-0021 東京都文京区本駒込 2-14-6

The Developments of Liquid Hydrogen and its background in Japan From the first liquefaction to today

Takuji.Hanada

Technogranpa

2-14-6 Honkomagome, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0021

Today, the total producing capacity of liquid hydrogen is about 17 T/day (metric) in Japan. This chapter describes the development trace of the liquid hydrogen.

Keywords: liquid hydrogen, liquefier, handling manual, bubble chamber, space developments

1. はじめに

1898年5月10日、イギリスのJ. Dewarがキップの装置を

使って水素を造り、液体酸素(液体空気?)を冷媒として、Simple Linde Cycle方式で初めて20cm³の液体水素を得ることに成功して、今年で113年になる。

表1. 日本で稼働した水素液化装置

現有 ○×	No.	設置場所	設置年	能力		液化機メーカー	備 考
				L/hr	T/日		
×	1	宮城県 仙台市 東北大学	1931	6		ドイツ Hiland	
×	2	東京都 理工学研究所	1957	6		日本酸素	資料 [6] では1L/hrと8L/hr2基の報告がある
×	3	工業技術院計量研究所	1958	2		日本酸素	
×	4	兵庫県 尼崎市 帝国酸素(株) 尼崎工場	1963	14		フランス TBT	ノーマル水素。He液化用冷媒として使用
×	5	東京都 田無市 東京大学原子核研究所	1964	10		三菱電機	
×	6	東京都 田無市 東京大学原子核研究所	1965	1		住友重機械工業	
×	7	京都府 京都市 京都大学理学部	1965	10		三菱電機	
×	8	東京都 文京区 東京大学低温センター	1967	4		住友重機械工業	
×	9	工業技術院計量研究所	1968	12		日本酸素	
×	10	北海道 札幌市 北海道大学理学部	1969	6		Philips-日本酸素	
×	11	神奈川県横須賀市 防衛大学校	1969	1		住友重機械工業	
×	12	大阪府 吹田市 大阪大学低温センター	1969	10		三菱電機	
×	13	兵庫県 伊丹市 住友電気工業	1970	5		住友重機械工業	
×	14	東京都 田無市 東京大学原子核研	1971	60		日本酸素	ノーマル水素。水素泡箱用として使用
×	14	茨城県 つくば市 高エネルギー研究所	1974	"			KEKへ移設(1973・10~1974・1) 1981・7運転完了
×	15	宮城県 仙台市 東北大学金属材料研究所	1972	6		Philips-日本酸素	
×	16	大阪府 豊中市 大阪大学低温センター	1973	10		Philips-大阪酸素	
×	17	長崎県 長崎市 三菱重工(株)	1975	20		日本酸素	
×	18	宮城県 角田市 航空宇宙技術研究所	1976	40		Air Liquide+帝国酸素	Helium Brayton Cycle。静圧膨張タービン採用
×	19	兵庫県 尼崎市 大阪水素工業(株)	1976	10		日立製作所	液体窒素冷媒Simple Linde Cycle
×	20	兵庫県 相生市 石川島播磨重工業(株)	1976	10		Philips-大阪酸素	
×	21	秋田県 能代市 東京大学	1977	30		住友重機械工業	
×	22	兵庫県 明石市 川崎重工業(株)	1978	10		B. O. C-小池酸素	Helium液化機と併設
×	23	兵庫県 尼崎市 大阪水素工業(株)	1978	730	1.244	帝国酸素	Helium Brayton Cycle。2007年停止
×	24	神奈川県平塚市 住友重機械工業(株)	1978	15		住友重機械工業	LHeと熱交換
×	25	秋田県 田代市 日本液体水素(株)	1985	350	0.596	日本酸素	Helium Brayton Cycle。1995年停止・廃棄
○	26	大分県 大分市 太平洋液化水素(株)	1987	850	1.448	テイサン	Claude Cycle。制圧水素膨張タービン2台採用
×	27	鹿児島県熊毛郡 日本液体水素(株)	1987	650*2基	2.215	日本酸素	Helium Brayton Cycle。1995年停止・廃棄
△	28	大阪府 泉南郡 京都大学原子炉実験所	1987	22K・440W		日本酸素	冷中性子用 休止中
×	29	茨城県 那珂郡 日本原子力研究所	1989	15K・1400W		テイサン	冷中性子用 震災後の復旧準備中2012-1月復旧見込
○	30	千葉県 君津市 新日本製鐵(株)	2004	100		Linde	2009年3月廃棄
○	31	大阪府 堺市 ハイドロエッジ(株)	2007	3000*2基	10.224	Linde	一部LNG冷熱利用
○	32	茨城県 那珂郡 日本原子力開発研究機構	2007	15K・6KW		大陽日酸	冷中性子用 震災後の復旧準備中2012-1月復旧見込
○	33	千葉県 市原市 ハイドロエッジ(株)	2009	3000	5.112	Linde	
2011年7月現在の液体水素供給可能全量					16.784T/日		参考文献[1][2][3][4][5][28][29][30][31]

2011年7月現在、わが国の液体水素供給可能量は、約17 T/D (metric) 近くまでになった。これまでわが国で稼働した水素液化装置と、液体水素に関連した設備を表1に示した。

この表からも判るように、1978年に尼崎に730 L/hr (1.244 T/D) の工業規模の水素液化装置ができるまでは、1~40 L/hrの小型の装置が多く据え付けられ使用されてきた。これらは主として、低温水素の物性や流動特性の測定、低温における材料の性質、等の基礎データの収集に役立てられた。尚、表中の冷中性子用とは、加速器内で生成した高エネルギー陽子ビームをターゲット物質に照射し、パルス状中性子源とし、液体水素中を通して減速させて冷中性子に変換し、ビーム孔より炉外に取り出して、中性子散乱や物質内の原子や分子の挙動を観察するのに使われる。原子炉内で冷凍機によって水素(重水素)を液化するため、冷凍機が原子炉運転中に停止すると、核加熱による容器の溶解が懸念されるため、運転管理が重要である。初期にフランスで建設された冷中性子用の圧縮機は、瞬間停電で停止しないように大きなフライホイールを付けて運転していた。日本には、冷中性子設備は、3基設置されている。

1978年以降の液体水素は、主に宇宙開発用に消費され、宇宙開発が一段落した後は、高純度を要求する半導体工業への供給が始まり、更に、ガス水素に比べて輸送効率の高い液体水素は、現在では一般工業用として多くの分野で使われるまでになった。

このようなわが国の液体水素の発展には、欧米の大型プロジェクトによる設備の建設が牽引したばかりでなく、開示された設計方法、使用材料、取扱いマニュアル、実証・実験データ、各種の基準・規程、等に負うところも多い。これらの資料がわが国の液体水素の発展に、どのように関わったか、液体水素に関連する研究や検討がいかに行われたかについて報告する。

尚、水素の液化は、低温液化技術としてヘリウムの液化とも関連するが、本稿では、液体水素(重水素やスラッシュ水素を含む)についてのみ記述し、液体ヘリウムやガス水素についての記述や参考文献についてはふれない。また、企業名等は当時のままとし、年代は西暦表示のみとした。

2. 日本初の水素液化装置

わが国で初めて液体水素が製造されたのは、1931年に東北大学でドイツHiland社製の6 L/hrの液化装置による[1,2]。

水電解装置から得られた水素を170気圧に圧縮し、液体窒素で冷却するSimple Linde Cycle方式の装置であった。水素の液化ばかりでなく、この装置を使って水素を減圧し、平衡水素の三重点(13.8033 K)の温度を得たり、スラッシュ水素を生成させたり、酸素や水素の凝縮状態の物性の研究が1946年まで行われた。この他、6 Kの低温を得たり、液体水素と固体フッ素との過激な爆発実験も行われた。水素の液化には、水素液化装置が据え付けられる数カ月前に、フランスL'Air Liquide社から輸入された空気分離装置(酸素ガス40 m³/h、液体酸素7 L/hr、液体窒素20 L/hr)の冷媒を使って行われた(注:この空気分離装置を輸入した記録は[3]にはない)。

また、この水素液化装置を使って、空気分離装置の中圧精留塔頂部のオフガスに含まれるNe+Heの混合ガスからNeを凝縮捕集したり、水素ガスを液化精留して重水素を採取することなども試みられている。この水素液化装置は、後に同一圧縮機を使って、独自の技術で水素の精製、オルソパラ変換、熱遮蔽、断熱膨張機の設置、等に工夫改造を加え、オリジナルの4倍の25 L/hrに改造された。

輸入の水素液化装置とはいえ、先人達のご苦勞の積み重ねが、今日の規模を実現させたことになる。門奈五兵氏は、「日本で最初に液体水素を作った人は私である」と言って居られる[2]。

また、国産水素液化機は、東京大学理工学研究所で製作された水素液化機で、1956年12月29日に8 L/hrの液体水素の製造に成功した[4](文献[5]ではこの前に1 L/hrの製作が報告されている)。

3. 水素泡箱

高エネルギー加速器での素粒子の研究で、その検出測定器として、1952年に米国のD. A. Glaserによって発明された泡箱は、superheatした液体中に荷電粒子を通すと、その軌跡に沿って泡の発生で検出が可能となるもので、液体水素が陽子の検出には適しているため、使用されることが多い。

1959年にカリフォルニアのLawrence Berkley国立研究所に72"の大型液体水素泡箱が建設されてから1969年

までに、米国で改造を含めて13基が建設されている。冷凍能力が泡箱の大きさと比例するとは言えないが、1969年にArgonne国立研究所に建設された水素泡箱は、19 kWの冷凍能力で20,000 Lの容量を持っていた。

また、欧州では1959年から1969年にかけて6基が建設されている[6]。

これらの中には、水素液化装置を持たずに外部から液体水素の供給を受ける型のももあった。

1980年に入ると大がかりなコンピュータ・オンラインによる測定装置に代えられて、液体水素泡箱は使われなくなった。

3. 1. 日本の液体水素泡箱

1962年日本学術会議の大型陽子加速器建設勧告から多くの議論を経て、1971年に「高エネルギー物理学研究所」が発足した。

当時、田無にあった東京大学原子核研究所内に実験室を置いて、75 cmの泡箱の建設準備がすすめられ、1972年10月には電子シンクロトンビームによる写真撮影に成功した。1973年8~9月に総合運転に成功し、多くの基礎データを得た。1970年から始められた筑波での建設も、1974年1月には、水素液化装置と水素泡箱は共に筑波へ移転を果たした。

1975年11月には、建設中であった1 mの泡箱で宇宙線による写真撮影に成功し、およそ500万枚の写真撮影を行い、1981年7月に運転を完了している。

この泡箱に液体水素を供給する水素液化装置は、日本酸素㈱が担当し、当時としては幾つかの困難な課題を克服して建設された。

冷凍系は、液化能力60 L/hr (ノルマル水素)、泡箱の容量430 L、レザーバータンク2000 L、冷却システムとしてNeck cooler、Gas cooler、Piston coolerの3システムを持っている。

冷凍機には加速器のutility的な役目として、一端止めると加温・パージ・冷却に時間を取られるため、6~12カ月におよぶ長期の連続運転が求められる。このため外国の泡箱と同様に低温駆動部の少ないSimple Linde Cycle方式が採用され、圧縮機、精製器、は2系列設置されている。更に、低温部には液体窒素温度での不純物吸着器を備え万全を期している。液体水素をsuperheat状態にするための加圧システムや、液体水素の対流を防ぎ温度を25~27 Kの間で±0.02°Cで精密な制御も行われている。加えて、高圧ガス取締法(当時)で認められてい

ないガラスを窓の材料として使用するための法への対応や、ガラスの冷却速度の設定、シール部の構造など、多くの課題が解決されて実現した。この泡箱の成功は、日本における1970年代の液体水素設備として、安全で長期の連続運転を可能にし、制御方法を含めて低温設備全般に亘って大きな実績と足跡を残したと言える [7 - 13]。

因みに、この1 m泡箱は、上野の国立科学博物館地下3階に、現在も展示されている。

4. 宇宙開発

泡箱建設とほぼ同時代に始まった宇宙開発は、液体水素がロケットの推進剤として採用されることで設備の大型化ばかりでなく、低温技術や大量の可燃性液化ガス取り扱い等の飛躍的な進歩をもたらした。

発展の牽引となった液体水素の供給能力の推移を、米国・カナダ、欧州、日本を図1.に示した。尚、Kourouの液化設備は、アリアンロケット打ち上げ専用のため加えていない(米国の資料は、short ton/Dであるがmetric ton/Dに直してある)。また、現在稼働中の世界の水素液化装置(日本は表1.に含む)を表2.に示した。

尚、ロシアが1987年に打ち上げたロケット「エネルギー」のメインエンジン4基と、中国が1984年に初めて打ち上げた長征3号の3段目には、それぞれ液体酸素/液体水素を燃料とするエンジンが搭載されているが、ロシア、中国の状況を示す資料を持たないので割愛する[14]。

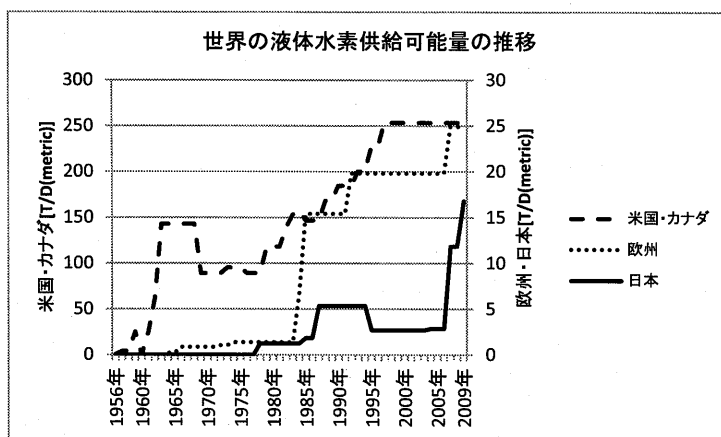


図1. 世界の液体水素供給能力の推移

4. 1. 米国の宇宙開発

1957年10月4日、ソ連はスプートニク1号で初の人工衛星を打ち上げ、米国は1958年1月31日に、エクスプロー

表2. 世界の液体水素供給プラント (日本は表1.)

NO.	Owner	Location	Size			Onstream	Remarks
			L/hr	T/D (Metric)	T/D (Short)		
米国							
1	APCI	Sacramento, CA		5.44	6	1986	
2	APCI	Pace, FL		27.22	30	1994	*3 2003年夏に停止?
3	APCI	New Orleans, LA		31.75	35	1977	
4	APCI	New Orleans, LA		31.75	35	1978	
5	Praxair	East Chicago, IN		27.22	30	1997	
6	Praxair	Ontario, CA		22.68	25	1962	*2
7	Praxair	Mcintosh, AL		26.31	29	1995	
8	Praxair	Niagara Falls, NY		36.29	40	1982	
カナダ							
9	APCI	Sarnia Ontario,		27.22	30	1982	
10	BOC	Magog, Quebec		13.61	15	1989	
11	Air Liquide	Becancour Quebec		9.92	11	1988	
欧州							
12	Air Liquide	Waizers, France		10	11.02	1988	
13	APCI	Rosenburg, Holland		5.4	6	1990	
14	Linde	Ingstadt, Germany		4.4	4.85	1992	
15	Air Liquide	Kourou, Guiana		2.6	2.87	1990	*1
16	Linde	Leuna, Germany		5.1	5.62	2007	
インド							
17	Linde	Machendragiri	300	0.51	0.56	1995	
18	Linde	Saggonda	300	0.51	0.56	1995	
中国							
19	Air Liquide	Beijin	300	0.51	0.56	2007	

*1 欧州のロケット打ち上げ用のため欧州側に書いた。

*2 オリジナル液化機は30T/Dだが、現在は25T/D。精製器は1984年にPSAにしている。

注)ロシア、中国、インドの詳細不明。参考文献[32][33][34][35][36]により作成。

ラー1号で人工衛星を打ち上げ、両国の宇宙開発競争が始まった。1961年4月12日ソ連のヴォストーク1号での有人宇宙飛行の成功を受けて、1961年5月25日ケネディ大統領は、60年代に人間を月に送ると宣言し、アポロ計画をスタートさせた[15]。1969年7月20日にはアポロ11号が月に着陸し、合計4回月に着陸を果たしている。2・3段エンジンには、液体酸素/液体水素のJ-2 エンジンが使われ、このために、液体水素の製造装置は、大型化して設置されたが、1972年にアポロ計画は終了し、スカイラブ計画に引き継がれたが、翌年の1973年にこれも終わった(日時は米国東部時間)。これに伴って液体水素供給可能量は一時減少した。

しかし、この技術と設備の大半は、1981年から始まったスペースシャトル計画に引き継がれ、135回の飛行を試み、本年7月22日最後のアトランテスの帰還でこの幕を閉じた。

余談になるが、NASAは、現在、次世代の宇宙船として「商業有人宇宙輸送開発」(CCDev)の「CST100」計画のため、開発5社を選定し、その中の1社のボーイング社は、2010年7月にイギリスFamboroughで開かれたエアショーで、7名が搭乗できる宇宙船写真-1を発表し、2016年の打ち上げを目指すと発表している[16]。

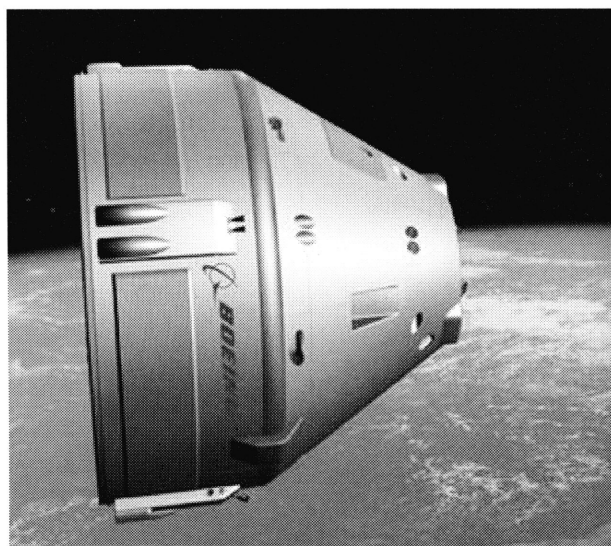


写真1. 次世代宇宙船「CST-100」(ボーイング社案)

4. 2. 欧州の宇宙開発

欧州の宇宙開発は、米国に10年程遅れて1970年代初頭に始まった。当初は米国のデルタロケットに打ち上げを依存していた。1980年に商業衛星の打ち上げを目的とするアリアンスペース社を発足させ、主目的に静止衛星の打ち上げを目指した。衛星の軌道が赤道の平面内にあって、高度35,786 kmの円軌道上にある衛星は、地球上からは同一地点にある。アリアンロケットを打ち上げるギ

アナの打ち上げ基地kourouは、北緯約5° とほぼ赤道上にあって、打ち上げ技術やロケットの設備、複雑な軌道操作がなくなる利点がある。この利点を背景に、これまでに多くのロケットを打ち上げてきた。因みに米国のケープ・カナベラルは北緯約27°、種子島は北緯約30°である。

アリアン1~4までは、3段目に液体酸素/液体水素のHM-7エンジンを搭載していたが、大型衛星2基を同時に打ち上げるためにアリアン5が新たに開発され1996年に打ち上げられた。この1段目は液体酸素/液体水素のヴァルカンエンジンで、2段目の型式がECA型とECB型は液体酸素/液体水素を燃料とするHM-7改良型で、G型、G+型、GS型、ES型はヒドラジンである。アリアン4の打ち上げ成功率は95.5%、アリアン5の目標を98.5%に置いて多くの実績を積み重ねている[17]。

4. 3. 日本の宇宙開発

日本では、1969年に宇宙開発事業団が発足し、欧米からの遅れを取り戻すため米国のデルタロケットによる輸入・一部ライセンス生産での打ち上げを目指した。まず、N-Iロケットは、1975~1982年までに7機を打ち上げ6回成功させた。更に大型衛星の打ち上げを可能にするため、N-IIロケットの開発に着手し、N-Iと同様にデルタロケットの技術に頼って、1981年から1987年までに8基を打ち上げ、全てを成功させた。

しかし、酸化剤に液体酸素を使用しているものの、液体水素は使用されていないため衛星重量も350 kgが限度だった。衛星の更なる大型化を実現するため、比推力の大きい第2段エンジンを液体酸素/液体水素とするH-Iロケットの開発が進められ、独自の技術でLE-5エンジンが開発され、静止衛星で550 kgの打ち上げが可能となった。このエンジンの開発は、1986年度の日本機械学会技術賞を受賞した。ただ、第1段エンジンは、N-IIエンジンと同じ米国製だった。

静止衛星2 ton 級を打ち上げる純国産ロケットを開発するため、H-IIロケットの開発研究が1984年から始められ、第1段エンジンLE-7が完成し、1994年2月4日第1段LE-7、第2段LE-5共液体酸素/液体水素エンジンによる打ち上げに成功した[18]。

その後、諸々の改造がなされ、宇宙開発もH-IIA、H-IIBと改められ、2009年からは国際宇宙ステーション (ISS) への物資の輸送を担うまでになっている。

5. 石油危機 (第一次、第二次オイルショック)

1973年10月6日、第四次中東戦争が勃発し、ペルシヤ湾岸の産油国が原油公示価格を\$3.01→\$5.12/barrelに引き上げ、翌日にはOPECが原油生産を段階的に削減することを決定した。更に、12月23日には1974年1月より原油価格を\$11.65/Barrelに引き上げると決定した。これが第一次オイルショックと言われている。また、1979年には、イラン革命で石油の産出が減り、石油の高騰をもたらした結果を第二次オイルショックと呼んでいる。

これは日本の高度経済成長を終わらせただけでなく、液体水素にも大きな影響を与えた。石油を大量に消費する航空業界は、液体水素を燃料とする航空機の開発案を数多く発表し、日本では石油に頼らないエネルギー多様化を目指して1974年7月から「サンシャイン計画」をスタートさせた。これには水素エネルギーの利用が含まれていて、更に「ムーンライト計画」→「WE-NET計画」と水素を一つの核としたプロジェクトが継続されていく。

6. 液体水素の取扱いマニュアルと実証試験

記述が前後するが、1975年にN-Iロケットを打ち上げたもののデルタロケットに依存した運用は、多くの制約で自由にならなかった。国産ロケットの開発を関係者は夢見て、大きい比推力の得られる液体水素を燃料とすることを念頭に置いて「取扱い説明書」や「実証試験データ」「規格・基準」「事故例」の収集を1973年から宇宙開発事業団を中心として始めていた。これはサンシャイン計画とも重なって、貴重な資料を多く手にすることができた。これらのマニュアルの一部は邦訳されて、取扱者のマニュアル作成に役立てられた。マニュアルと実証試験について2、3紹介する。

・イギリス低温工学協会「低温装置の保安マニュアル」について

1970年3月British Cryogenics Councilが発行した「Cryogenics Safety Manual」を入手された(株)鈴木商館の福井正道氏がこの概要を紹介され、(社)低温工学協会が版權を買って翻訳し、1975年に出版した。液体水素に関しては、「第4章の水素分離プラントの特別保安事項」に僅かな記述があるのみだが、工業ガス・低温機器・装置に関するマニュアルとして販売されたのは、日本で初

初めての出版物であろう。第1章の一般保安事項などは、多くのマニュアル作成者が参考にしたと思われる[19]。

・ NASA TM X 52454 「Hydrogen Safety Manual」 について

液体水素の準備を始めた頃の宇宙開発事業団の安全管理室では、このマニュアルを中心に安全基準の準備をされた。数人で手分けして邦訳したものが取扱いマニュアルの基となった[20]。

・ AD.L(社) (Arthur D Little) 作成の液体水素に関する各種実験16 mmフィルムについて

1960年頃に作成されたものと思われるが、大量の液体水素を大気に放出したり、魔法瓶に入れた液体酸素と液体水素を同時に放出して着火させたりする映像を作成していた。当時はこのような大掛かりな実験を行うことは、日本では不可能であり、音声を何度も聴き直して、三菱重工(株)長崎研究所の嶋北正俊氏が苦心して翻訳されていた。しかし、この最終報告書「On an investigation of hazards associated with the storage and handling of Liquid Hydrogen」(1960)を、後に入手してあの時の苦労は・・・となった。余談だが当時16 mmの映写には映写技師の資格が必要で有資格者を探す苦労もあった[21]。

・ Air Liquide社の16mm映画「Cryogenics」 について

1967年リスボンで開催された「第8回国際フィルムフェスティバル」でグランプリを受賞したこのフィルムには、試作したアリアンロケットの飛翔体タンクに、液体水素を充填した状態で加圧破壊する映像や、板厚が1 mm以下のアルミ合金 (AZ5G) の飛翔体タンクの加工過程の映像があり、日本の関係者の参考となった[22]。

・ 日本での液体水素拡散・燃焼実験について

実証テストは、全て外国で行われたデータを集めたものばかりではない。1976年9月サンシャイン計画の一環として滋賀県甲賀郡で岩谷産業(株)が行った液体水素拡散・燃焼実験がある。筆者も参観したが、記録を見ると1.2 m/sの横風の中で、1 mの高さのから魔法瓶に入れた10 Lの液体水素を瞬間的に放出したが、極短時間で蒸発し水蒸気雲も10秒程で消えた。こぼれ面を土、コンクリート、水と変えて行われ、その後行われた燃焼試験では、50 Lの液体水素を11分かけて放出し点火を試みたが着火したのは放出開始後37秒後であった。

日本でもこのような経過を経て、液体水素の資料やデータが集められ参考にされた。

・ Pocket Data Handbook について

米国の低温機器メーカーが配布しているポケット・データ・ブックがある。

AIRCO Cryogenics:

Vest pocket handbook Reliability in cryogenic machinery [23]

PRAXAIR:

Your Guide To Industrial Gases And Cryogenic Fluids [24]

MVE Cryogenics:

Data Book for Industrial gases Conversion Factors [25]

のいずれも米国で使用しているヤード・ポンド法をSI単位に換算するにも便利だし、液体水素に関する物性等も記載されていて重宝に使える。

・ 地震、津波、等の自然災害に対する記述について

2011年3月11日に発生した東日本大震災を受けて、米国で液体水素を陸上輸送する運転者が携行している「Emergency Response General Manual」[26]に目を通したが自然災害への記述はなかった。国内のマニュアルでは、1987年に大型タンクローリーでの長距離輸送開始に先立って、「保安教育計画書」を作成した中の第6章対象者別の教育内容の中に「地震、台風等の天災に対する教育訓練」をあげている。残念ながら、この完成した保安教育書は手元にないため、どのような記述となっているかは判らないが、これまで使われてきたマニュアルの自然災害に対する見直し、加筆は必要となろう。

7. 水素エネルギー協会と液体水素

1974年3月に米国で、初めての「水素エネルギーに関する国際会議 (THEME)」が開催されることが決まっていた。この国際会議に日本を代表して出席するような団体がいないことから、1973年7月に「水素エネルギー・システム研究会」英文名「Hydrogen Energy Systems Society」を設立し、当時東北大学の名誉教授だった神田英蔵先生を初代会長にお願いして発足した。この研究会の幹事役をしておられた横浜国立大学の太田時男先生が、主に設立の準備を進められたが、この会議で「Plan of Ocean Raft System for Hydrogen Economy」(PORSHE) ポルシェ計画を提唱されて、内外の反響を呼んだが、発表は、協会としてではなく太田先生個人としての発表だったと記憶している。しかし、第一次オイルショック(本稿5章参照)直後だったこともあり、注目され、1978年9

月に協会とは別に「ポルシェコンビナート研究会」が太田先生の発案で任意団体として発足し、1979年の第二次オイルショックの影響もあって、「太陽エネルギーを利用」「海洋を利用」「クリーンな水素を作る」「この建設による多くの利点(省略)」等がクローズアップされた[27]。

計画は、海洋浮遊体の上で水素を作り(製法等は省略)、12 T/Dの液体水素を製造し、輸送する計画であった。化学会の大御所の赤松秀雄先生や物理学者の伏見康治先生を協会会長にお願いしたのは、太田幹事長の努力によるものである。研究会が「水素エネルギー協会」となった日時は明確に知らないが、発足後間もない頃と思う。協会活動とポルシェの活動の線引きも当時ははっきりしなかった。ここで行われた研究成果の一部は、1993年～1999年の第I期WE-NET計画や1999年～2002年の第II期計画に生かされている。

参考文献

- [1] 神田英蔵：「低温工学と水素」低温工学Vol.8 NO.5 (1973)
- [2] 門奈五兵：「低温と40年」さんそとわたし 酸素協会 (1993)
- [3] 帝国酸素の歩み：(1981 - 3)
- [4] 永野弘：私家版「低温工学・液化・冷凍プロセスと装置」(1985-10)
- [5] 「東京大学理工学研究所の水素液化機」東大理工研報告書 12巻8号 (1958)
- [6] 平林洋美：「泡箱と冷凍機」低温工学Vol.4 NO.1 (1969)
- [7] 高橋嘉右：「物理研究系史」10年の歩み KEK (1981)
- [8] 高橋嘉右：「KEK12 GeV-PS35年の軌跡」KEK12-GeV 陽子シンクロトロン (2006)
- [9] K.TAKAHASHI他：KEKレポート77-25 「THE 1m HYDROGEN BUBBLE CHAMBER」 (1978)
- [10] K.TAKAHASHI他：KEKレポート78-24 「KEK 1-m liquid hydrogen babble chamber」
- [11] KEK Annual Report 1981 「Bubble Chamber and Film Analysis」
- [12] N.ISHIHARA 他：KEKレポート 82-9 「COMPUTER CONTROL SYSTEM FOR THE KEK 1-M HYDROGEN BUBBLE CHAMBER」
- [13] 喜多勲：「75cm水素泡箱の低温装置」低温工学Vol.3 NO.3 (1968)
- [14] 北京周報 NO.34 (1986-8)
- [15] 1961年5月27日付新聞記事
- [16] ボーイング社ホームページ
- [17] アリアンスペース社内部資料「アリアンロケットの歩み」
- [18] 藤田敏彦：「宇宙開発における水素の利用」第33回安全工学講習会資料 安全工学協会
- [19] Cryogenic Safety Manual British Cryogenic Council (1970) 翻訳版「低温装置の保安マニュアル」低温工学協会 (1975)
- [20] Hydrogen Safety Manual TM-X52454 NASA
- [21] Final Report on an investigation of hazards associated with the storage and handling of liquid hydrogen Arthur D. Little CO. (1960)
- [22] 「Cryogenics」 Air Liquide DVD
- [23] Vest pocket handbook Airco Cryogenics
- [24] Data Source PRAXAIR
- [25] DATA BOOK MVE Cryogenics
- [26] EMERGENCY RESPONSE Liquid Air
- [27] ポルシェコンビナート計画 アイピーシー (1981)
- [28] 花田卓爾：「液体水素関連技術の将来と安全」第33回安全工学講習会資料 安全工学協会
- [29] 肥後盛長、深野隆：日本酸素技報 NO.7 (1988)
- [30] 「日本における低温工学歴史的展望と現状」ICEC9-ICMC 展示委員会資料
- [31] 日本原子力研究所委託調査 報告書 (2003)
- [32] 花田卓爾：「液体水素」エネルギー・資源 (2009)
- [33] CEH Marketing Research Report 「HYDROGEN」1985年版、1995年版および2004年版
- [34] 安永義博：日立評論 Vol.53 NO.8 (1971)
- [35] James Evans：The Economics of Small to Medium Liquid Hydrogen Facilities CryoGas International (2003)
- [36] G.E.Kinard：The Commercial Use of Liquid Hydrogen over the Last 40 years Presented ICEC

(次号(副題：液体水素に関する種々の計画等)へ続く)