

水素スタンドにおける事故の注意事項について

高圧ガス保安協会

1. 目的

圧縮水素スタンドは、「水素・燃料電池戦略ロードマップ(平成 28 年 3 月 22 日改定)」にて平成 28 年度内に 100 力所、平成 32 年度内に 160 力所、平成 37 年度内に 320 力所の設置を目標としている。

しかしながら、圧縮水素スタンドは、これまで経験したことのない常用圧力 82MPa の超高压水素を用い、市街地に設置されることが想定されており、これまで設置されてきた液化石油ガススタンド(常用圧力約 2MPa)及び圧縮天然ガススタンド(常用圧力約 25MPa)と比べてもその圧力が著しく高く、ひとたび災害が発生した場合には、周囲に著しい災害を及ぼす恐れがある。

このため、圧縮水素スタンドにおける高圧ガス事故の統計と解析の結果を示し、圧縮水素スタンドにおける高圧ガス事故の未然防止に向けて問題点を抽出し、今後の対策を図るための注意事項をとりまとめた。

2. 事故の抽出

2.1 事故の抽出方法

高圧ガス事故データベースを用いて、平成 23 年から平成 28 年までの 6 年間で発生した高圧ガス事故(以下、「事故」という。)(2615 件)のうち、圧縮水素スタンド(以下、「水素スタンド」という。)に係る事故を抽出した。水素スタンドの事故の統計を表 1 に示す。表 1 には比較のために、水素スタンドの設置数(その年までの増減累積数)の推移も示す(水素スタンドは一般公開されていない研究用設備も含む。)

表 1 の縦軸の分野は、高圧ガス事故データベースの事故区分の分類である。製造事業所はさらに、一般高圧ガス保安規則適用(以下、「一般則」という)、コンビナート等保安規則適用(以下、「コンビ則」という)に細分化している。

平成 23 年から平成 27 年の 5 年間の事故件数の合計が 28 件(年間平均事故件数 5.6 件)であったが、平成 27 年の事故件数が 11 件と急増し、平成 28 年の事故件数が 26 件と過去 5 年間の平均件数から約 4.6 倍の増加となっている。事故件数の水素スタンド設置数に対する比は 0.2~0.3 であり、事故件数は水素スタンド設置数の増大に伴い増加している。

表 1 6 年間の水素スタンドの高圧ガス事故の統計(平成 23 年~平成 28 年)

分野	平成 23 年	平成 24 年	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	平成 28 年	合計
製造事業所(一般則)	1	6	5	4	11	26	53
製造事業所(コンビ則)	0	0	1	0	0	0	1
合計	1	6	6	4	11	26	54
水素スタンド設置数 (累積数)	21	20	20	22	50	116	
水素スタンド 1 件当 りの事故件数	0.05	0.3	0.3	0.18	0.22	0.22	

2.2 事象の内訳

水素スタンドの事故の内訳を、事象と分野で分類して表2に示す。

水素スタンドの事故(54件)のうち、漏えい事象が事故件数の100%を占める。

漏えい事象の内訳は、漏えい②(85%)が大半を占め、漏えい①(5%)と漏えい③(9%)がこれに続く。なお、これらのうち、1次事象が漏えいで、2次事象が火災となった場合が1件発生している。

表2 事象と分野で分類した水素スタンドの事故の統計(平成23年～平成28年)

分野	漏えい			火災	破裂・破損	件数	備考		
	漏えい①	漏えい②	漏えい③				漏えい→爆発	漏えい→火災	
製造事業所(一般則)	53	3	46	4	0	0	53	0	1
製造事業所(コンビ則)	1	0	0	1	0	0	1	0	0
合計	54	3	46	5	0	0	54	0	1

2.3 設備区分の内訳

水素スタンドの事故の内訳を、設備区分で分類して表3に示す。

水素スタンドの事故(54件)のうち、設備区分はディスペンサー(52%)が最も多く、圧縮機(28%)、蓄圧器(13%)がこれに続く。

表3 設備区分で分類した水素スタンドの高圧ガス事故の統計(平成23年～平成28年)

設備区分	件数	(%)
ディスペンサー(ホース、緊急離脱カプラ、遮断弁、充填ノズルを含む。)	28	52
圧縮機(クーラ、吸入・吐き出し部に係る継手等を含む。)	15	28
蓄圧器(蓄圧器付近の継手等を含む。)	7	13
その他継手	4	7
合計	54	100

2.4 漏えいの部位の内訳

水素スタンドの事故は、1次事象がすべて漏えいである。漏えいの内訳を、漏えいの部位で分類して表4に示す。

水素スタンドの事故(54件)のうち、締結部(63%)が最も多く、開閉部(22%)、可動シール部(6%)、母材(ホース)(4%)がこれに続く。

また、漏えい部位の事故原因の内訳を表5に示す。

漏えい部位の事故原因のうち、締結部の締結管理不良(31%)が最も多く、開閉部のシール管理不良(14%)、締結部のシール管理不良(9%)がこれに続く。

表4 漏えいの部位で分類した水素スタンドの事故の統計(平成23年～平成28年)

漏えいの部位	件数	(%)
締結部	34	63
開閉部	12	22
可動シール部	3	5
母材(ホース)	2	4
母材(蓄圧器)	1	2
その他	2	4
合計	54	100

表5 漏えい部位の事故原因(平成23年～平成28年)

漏えい 部位内訳	事故原因										件 数
	締結管理 不良 (%)	シール管理 不良 (%)	検査管理 不良 (%)	製作 不良 (%)	操 作 基 準 等 の 不備 (%)	誤操作、 誤判断 (%)	設計 不良 (%)	施工 管理不良 (%)	点検 不良 (%)	その他 (%)	
締結部	17(31)	5(9)	1(2)	2(4)	1(2)	0	4(7)	3(5)	0	1(2)	34
可動シール部	1(2)	1(2)	0	0	0	0	0	0	0	1(2)	3
開閉部	2(4)	8(14)	0	0	0	2(4)	0	0	0	0	12
母材(ホース)	0	0	0	0	0	0	1(2)	0	0	1(2)	2
母材(蓄圧器)	0	0	0	0	0	0	0	1(2)	0	0	1
その他	0	1(2)	0	0	0	0	0	0	1(2)	0	2
合計(%)	20(37)	15(27)	1(2)	2(4)	1(2)	2(4)	5(9)	4(7)	1(2)	3(6)	54

2.5 燃料電池車保有台数と水素スタンドの事故件数

平成23年から平成28年の6年間について、燃料電池車保有台数の推移を表6に示す。

燃料電池車については、平成26年12月15日にトヨタ自動車から燃料電池車ミライが世界で初めて一般販売された。表6より平成26年度から、燃料電池車の全国の保有台数が急激に増えていることがわかる。

平成25年度末(平成26年3月31日)現在の燃料電池車の保有台数が47台であったのに対して、平成28年度末(平成29年3月31日)現在では1181台と約25.1倍の台数に増加している。表1を参照して、水素スタンド設置数も平成26年の22スタンドから、平成27年度は50スタンドで2倍、平成28年は116スタンドで5倍に増加している。

事故件数については、表1を参照して平成25年が6件に対して平成28年が26件と、約4.3倍の件数の増加に留まっている。したがって、事故件数の増大は、燃料電池車の保有台数の増大ではなく、水素スタンド設置数の増大に起因している。

表6 6年間の燃料電池車保有台数の統計

	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度
※燃料電池自動車保有台数(累積数)	48	45	47	155	633	1181

※出典:九州運輸局ホームページ

2.6 平成28年の水素スタンドの事故概要

平成28年の26件の事故について、概要を表7にまとめた。

漏えいの部位については、締結部が16件で最も多く、開閉部が10件でこれに続く。これらの二つの部位で26件となり、漏えい部位の100%を占める。

設備区分としては、継手が13件で最も多く、遮断弁が9件とこれに続く。また、水素スタンドで使用される継手の大半は、ねじ込み式継手である。

表7 平成28年の水素スタンドの事故の概要

No	発生都道府県名	事故発生月日	噴出・漏えいの部位	設備区分	事故原因(主原因)	漏えい検知作動有無	漏えい程度
1	福岡県	1月13日	開閉部	遮断弁	シール管理不良	有	微量
2	東京都	1月4日	開閉部	遮断弁	シール管理不良	有	不明
3	埼玉県	1月4日	開閉部	遮断弁	シール管理不良	有	不明
4	愛知県	1月25日	締結部	継手	シール管理不良	有	4m ³
5	埼玉県	3月8日	開閉部	安全弁	組織運営不良	不明	48m ³
6	福岡県	4月15日	締結部	継手	締結管理不良	有	微量
7	愛知県	4月25日	締結部	遮断弁	締結管理不良	有	0.4m ³
8	京都府	5月6日	締結部	継手	シール管理不良	有	4.5m ³
9	愛知県	5月18日	締結部	継手	締結管理不良	有	200~400ppm
10	福岡県	5月23日	締結部	継手	締結管理不良	有	微量
11	福岡県	6月1日	締結部	遮断弁	シール管理不良	有	微量
12	愛知県	6月8日	締結部	継手	締結管理不良	有	0.01m ³
13	佐賀県	6月10日	締結部	継手	締結管理不良	有	微量
14	愛知県	6月30日	締結部	継手	締結管理不良	-	不明
15	愛知県	7月5日	締結部	継手	誤操作、誤判断	-	不明
16	神奈川県	7月19日	締結部	継手	締結管理不良	不明	微量
17	愛知県	8月1日	締結部	継手	締結管理不良	有	0.045m ³
18	埼玉県	8月28日	開閉部	減圧弁	シール管理不良	有	0.5kg
19	京都府	9月1日	開閉部	遮断弁	シール管理不良	有	微量
20	京都府	9月5日	締結部	継手	シール管理不良	有	微量
21	京都府	10月13日	開閉部	遮断弁	シール管理不良	有	微量
22	愛知県	11月2日	開閉部	遮断弁	締結管理不良	有	0.01m ³
23	三重県	11月29日	締結部	継手	締結管理不良	有	0.005Nm ³
24	大阪府	11月5日	締結部	緊急離脱	シール管理不良	有	微量

				カプラ			
25	愛知県	11月21日	開閉部	遮断弁	締結管理不良	有	不明
26	愛知県	11月30日	開閉部	切換弁	締結管理不良	有	不明

2.7 抽出のまとめ

平成23年から平成28年までの6年間で発生した高圧ガス事故のうち、水素スタンドに係る事故を抽出した。その結果を以下に示す。

- ① 水素スタンドの事故(54件)のうち、漏えい事象が事故件数の100%を占める。
- ② 設備区分はディスペンサー(52%)が最も多く、圧縮機(28%)、蓄圧器(13%)がこれに続く。
- ③ 漏えい部位の内訳では、締結部(63%)が最も多く、開閉部(22%)、可動シール部(6%)、母材(ホース)(4%)がこれに続く。
- ④ 漏えい部位の事故原因のうち、締結部の締結管理不良(31%)が最も多く、開閉部のシール管理不良(14%)、締結部のシール管理不良(9%)がこれに続く。
- ⑤ 事故件数の増大は、燃料電池車の保有台数の増大ではなく、水素スタンド設置数の増大に起因している。

3. 注意事項

(1) ディスペンサー及び圧縮機

この二つの設備の特徴としては、圧力変化と温度変化が激しいことである。特に、ディスペンサーは、充填と脱圧を繰り返すために、圧力が0~70(MPa)超で変動する。また、充填に際しては、プレクール設備を介して水素を充填するために、温度も常温~-40(°C)の範囲の変動を繰り返す。したがって、締結部も膨張収縮を繰り返し、締結力が低下しやすくなり、シール性能の低下が想定される。水素スタンドにおいて、特に使用環境の厳しいディスペンサー及び圧縮機の締結部は、使用開始時のみならず使用中にも、他の設備以上に特段の締結管理とシール管理を行う必要がある。

(2) 締結部と締結管理

締結部では、圧縮機の振動、パッキンとOリングの初期応力緩和、圧力変動、ディスペンサーの温度変動などによって運転中に締結力の低下が想定される。このため、締結力の低下を考慮して初期締結力を設定し、また運転中の締結力を確認することが重要である。

水素スタンドでは一般的に、ねじ込み式継手が比較的低压で小口径の機器に使用され、現場加工と作業が容易で、ボルトが不要で安価であることが、多く使用される要因であると考えられる。

今後は、高圧環境での使用と、メンテナンスに配慮した継手の選定が必要となる。

(3) シール管理

水素スタンドにおいては、使用する流体が水素であるため分子の大きさが小さいこと、また圧力が高いこと、ディスペンサー廻りについていけば、プレクールにより設備の温度変化が激しいことを考慮すると、締結管理に加えてシール管理についても特段の注意が必要である。