

# 水素スタンドにおける圧縮機の高圧ガス事故の注意事項

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 26 年 6 月 23 日策定、平成 28 年 3 月 22 日改定)」で 2020 年度までに 160 カ所程度、2025 年度までに 320 カ所程度の設置を目標とされており、その目標を達成するための取組みが進められてきた。また「水素・燃料電池戦略ロードマップ」は、水素基本戦略(平成 29 年 12 月)、第 5 次エネルギー基本計画(平成 30 年 7 月)及び Tokyo Statement(東京宣言)(平成 30 年 10 月)が策定、発表されたことを踏まえ、その内容の大幅な改訂が行われ、平成 31 年 3 月 31 日には新たな「水素・燃料電池戦略ロードマップ」が策定され、その目標達成に向けた取組みが加速している。

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)および圧縮天然ガススタンド(常用圧力約 25MPa)と比べても圧力が著しく高く、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。また、水素は、分子が小さく、外部へ漏えいしやすい特徴がある。さらに、水素は、空気中の爆発範囲(4vol%~75vol%)が広く、最小発火エネルギー(0.02mJ 程度)も低いので、他のガスと比較して漏えい後に爆発、火災が発生しやすいことが懸念される。

このために、過去数年間にわたり継続して、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。本年度は圧縮水素スタンドで使用される圧縮機に係る事故に焦点を当て、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る。

## 2. 事故の抽出

平成 14 年度から、水素燃料電池実証プロジェクト(JHFC)が燃料電池自動車(以下「FCV」という。)と水素ステーションの実証を開始したことを踏まえ、高圧ガス事故データベースを用いて、平成 14 年から令和元年までの 18 年間で発生した喪失、盗難を除いた高圧ガス事故(以下「事故」という。)6,831 件のうち、水素スタンドの事故 134 件を抽出した。

ここでいう水素スタンドとは、次のいずれかに該当するものをいい、商用に限定せず、自家用、研究設備等も含む。

- 平成 17 年 3 月 24 日公布(平成 17 年 3 月 31 日施行)の省令で定義された「特定圧縮水素スタンド」
- 平成 24 年 11 月 26 日公布、同日施行の省令で定義された「圧縮水素スタンド」
- 平成 28 年 2 月 26 日公布、同日施行の省令で定義された「移動式圧縮水素スタンド」
- 「特定圧縮水素スタンド」または「圧縮水素スタンド」に類似する製造施設

また、事故概要を確認し、事故が発生した設備が圧縮機である事故 37 件を抽出した。

ここでいう圧縮機とは、水素圧縮機本体の他、熱交換器(クーラー)などの付帯設備、配管系(バルブと配管)などを含むが、付属冷凍設備を除いている。

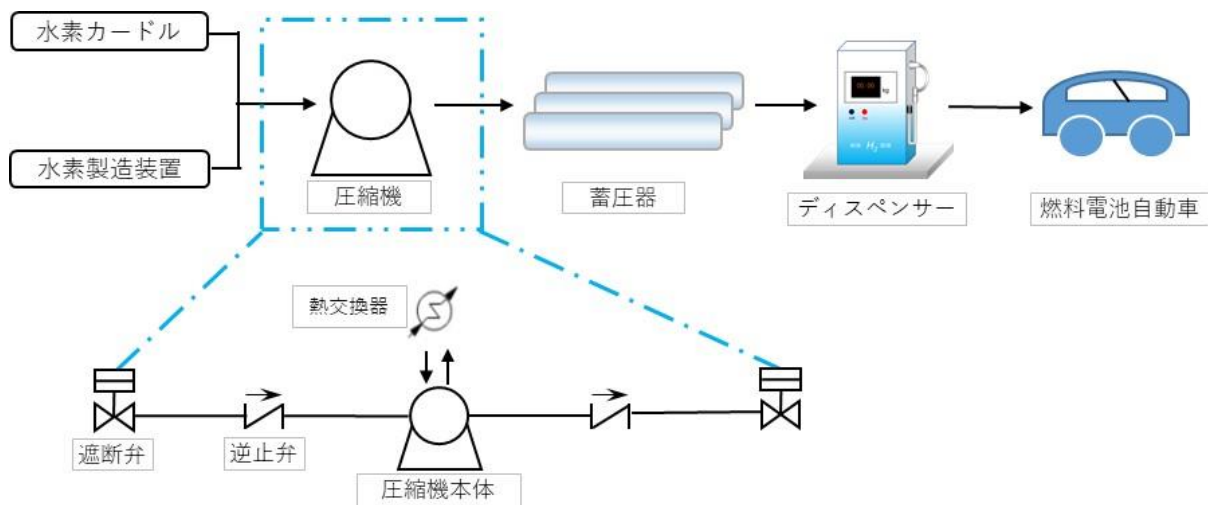


図1 本調査の対象とする圧縮機の範囲  
(機器の構成はメーカーとユーザにより仕様が異なる)

### 3. 統計と解析

#### 1) 水素スタンドの事故(全体)の統計と解析

平成14年から令和元年まで18年間の水素スタンドにおける事故件数と水素スタンド設置数を、表1に示す。

水素スタンドの設置数は、平成26年の50施設から、平成29年の153施設までの3年間で約3倍に増加し、令和元年では187施設に達した。スタンド設置数の増加に伴い、事故件数も平成26年の4件から平成29年の26件に増加しており、スタンド数の増加と事故件数の増加は、相関がある。一方で、平成30年の事故件数は24件であったが、令和元年(平成31年)の事故件数は15件であり、9件減少した。これは、高圧ガス・石油コンビナート事故対応要領に規定される事故の定義が、平成30年12月21日に改正(平成31年1月1日から施行)され、漏えいの部位が締結部等の一定の部位からの可燃性ガスの微量の漏えいが、事故の定義から除外されたことによると推察される。

表1 平成14年から令和元年までの水素スタンドにおける事故件数と水素スタンド設置数

和暦	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31/ R1
年間事故 発生件数 i)	0	0	0	3	2	2	0	0	2	2	6	6	4	11	31	26	24	15
スタンド 設置数 (累計) ii)	5	7	11	11	16	19	19	19	23	28	28	33	50	107	134	153	171	187

i) 水素スタンドで1年間に発生した事故件数。

ii) 自家用、研究用、第2種製造、移動式製造設備も含まれる。この水素スタンド設置数は、第一種製造者にあつては完成検査を受けた件数、第二種製造者にあつては届出が出された件数を前年の件数に加算し、廃止の届出を受けた件数を翌年の件数から減算した。

次に、水素スタンドにおける事故の設備区分ごとの統計を、表 2 に示す。平成 17 年(平成 14 年、15 年、16 年は事故はない。)から令和元年までの水素スタンドにおける事故のうち、圧縮機が 37 件で最も多く、次に充てんホースが 31 件、ディスペンサー(充てんホースを除く)が 29 件、蓄圧器が 25 件であった。

表 2 水素スタンドにおける事故の設備区分ごとの事故件数

和暦	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31/R1	合計
年間事故発生件数 <sup>i)</sup>	3	2	2	0	0	2	2	6	6	4	11	31	26	24	15	134
圧縮機 <sup>ii)</sup>	0	1	0	0	0	1	0	2	1	2	4	8	4	11	3	37
充てんホース <sup>iii)</sup>	2	0	1	0	0	1	0	1	1	1	2	5	8	6	3	31
ディスペンサー <sup>iv)</sup>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	14	8	1	1	29
蓄圧器ユニット <sup>v)</sup>	0	1	1	0	0	0	1	1	3	0	1	4	6	4	3	25
その他	1	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	1	0	2	5	13

※事故 1 件のうちに複数箇所からの漏えいの場合があり、それぞれの区分の合計が年間事故発生件数と整合しない場合がある。

- i) 水素スタンドで 1 年間に発生した事故件数。
- ii) 圧縮機本体及び逆止弁、遮断弁、配管、クーラーを含む。
- iii) 充てんホース、緊急離脱カプラー及び充てんノズルを含む。
- iv) ディスペンサー筐体内の配管、弁類、流量計等で、充てんホース、緊急離脱カプラー、充てんノズルを除く。
- v) 蓄圧器及びその周辺の配管、弁類等を含む。

## 2) 水素スタンドにおける圧縮機の事故の統計と解析

### (1) 事故の事象による解析

抽出した圧縮機の事故 37 件について、事象ごとに分類した結果を表 3 に示す。全 37 件のうち、36 件が漏えいであり、圧縮機の事故の 97% を占める。漏えい事象の内訳は、漏えい②が 28 件(76%)と大半を占め、漏えい①が 6 件(16%)であった。

なお、37 件のうち、36 件は 1 次事象が漏えいで、1 件は 1 次事象が破裂破損である。1 次事象が爆発、火災の事故はない。また、2 次事象が爆発、火災の事故もない。

表 3 水素スタンドにおける圧縮機の事故の事象ごとの事故件数(1 次事象)

和暦	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31/R1	合計
爆 発	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火 災	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
漏えい	漏えい①	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	1	1	3	1	6
	漏えい②	—	—	—	—	—	—	2	1	2	4	7	3	8	1	28
	漏えい③	—	—	—	—	—	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	その他	0	1	0	0	0	1	0	—	—	—	—	—	—	—	2
破裂・破損	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
合 計	0	1	0	0	0	1	0	2	1	2	4	8	4	11	3	37

※漏えい①、漏えい②、漏えい③の区分は「高圧ガス保安法事故措置マニュアル(21020919 商局第 44 号)」が施行された平成 24 年 9 月 19 日から分類が開始。施行前の漏えい事象は「その他」に分類した。

## (2) 事故の漏えい部位による解析

抽出した圧縮機の事故 37 件について、1 件ごとに事故概要等を確認し、漏えい部位ごとに分類した結果を表 4 に示す。

37 件のうち、漏えい部位の数は合計 44 箇所であった(事故 1 件について漏えい部位が複数ある場合がある)。44 箇所のうち、27 箇所が配管と機器の継手、配管と配管の継手等の締結部(バルブ本体のグランド締結部及び圧縮機本体の締結部を除く。)で最も多く、61%を占める。

44 箇所のうち、計 12 箇所が圧縮機本体である。その内訳はピストンシリンダが 8 箇所、弁が 4 箇所である。ピストンシリンダの事故は、すべてシリンダの締結部であり、かつ、すべて O リングの破損又はねじれによる漏えいであった。弁の事故のうち、3 箇所は弁に付属している O リングの破損又はねじれによる漏えいであった。

44 箇所のうち、3 箇所が圧縮機本体以外のバルブグランド締結部である。その内訳はグランドの緩みが 2 箇所、グランドパッキンの摩耗が 1 箇所である。

表 4 水素スタンドにおける圧縮機の事故の漏えい部位ごとの数

年	漏えい部位の数	圧縮機本体		バルブ(遮断弁、逆止弁等) i)	熱交換器(クーラー)	配管	締結部 ii)
		ピストンシリンダ	弁				
H17	0	0	0	0	0	0	0
H18	1	0	0	0	0	0	1
H19	0	0	0	0	0	0	0
H20	0	0	0	0	0	0	0
H21	0	0	0	0	0	0	0
H22	1	0	1	0	0	0	0
H23	0	0	0	0	0	0	0
H24	2	0	0	1	0	0	1
H25	1	0	1	0	0	0	0
H26	2	0	0	1	0	0	1
H27	4	0	0	1	0	0	3
H28	9	0	1	0	0	0	8
H29	8	1	0	0	0	0	7
H30	12	7	0	0	1	0	4
H31/R1	4	0	1	0	0	1	2
合計	44	8	4	3	1	1	27

※事故 1 件のうちに漏えい部位が複数あり、事故件数と漏えい部位数は一致しない場合がある。

i) 圧縮機本体に付属している弁を除く。バルブと配管の締結部は含まない。

ii) 配管と機器の継手、配管と配管の継手等の締結部で、バルブ本体のグランド締結部及び圧縮機本体の締結部を除く。

## 4. ヒアリング調査

水素スタンドにおける圧縮機の事故の解析にあたって、圧縮機メーカー及び圧縮機ユーザの計 3 社に、圧縮機のトラブルに関してヒアリングを行った。事故に関係する内容について、ヒアリング結果を以下に示す。

## 1) トラブルの多い事例

- 継手部と部品の合わせ面からの微小漏えい
- 自動弁からの漏えい
- シリンダからの漏えい

## 2) 事例の原因

- 圧縮機の振動により、継手部からの漏えいについては日常的に起こりえる。ステーションの立ち上げの際に、締結部のチェックを行っている。継手の管理は、水素ステーション運営側にしてもらいたい。
- 圧縮機は起動停止を繰り返しているため、弁の動作回数が多く、トラブルになりやすい。
- 圧縮機周りの継手からの漏えいの原因は、振動と温度差ではないか。また、現地配管のオスねじ加工の加工粗さが粗い場合には、漏えいしやすいと考えている。配管ねじ加工方法に一定の決まりを設ければ、そういった事例はなくなるのではないか。コーン&スレッド継手であれば、芯のずれが原因ではないか。例えばL字配管があり、寸法にずれが出た場合、コーン&スレッド継手の芯がずれてくる。
- 締結部は、圧縮機を搬入するまでに搬送中に振動を受けるため、締結部が緩むことがある。締結部からの漏えいがないように、ステーションの試運転時に締結部のチェックを行っている。
- 圧縮機のシリンダの水素ガスが圧縮される部分は温度が高いため、Oリングにき裂が生じるブリストアの事例が多い。

## 5. 注意事項

以上の結果から、水素スタンドにおける圧縮機の高圧ガス事故について、注意事項を次に示す。

- 圧縮機周辺は振動と温度変化によって締結部が緩みやすいため、水素ステーションの管理者による日常的な締結部の管理と漏えいの有無の確認が重要である。ポータブル検知器を活用するなどの監視体制を強化し、微小な漏えいを検知した場合に適切に対応することが重要である。
- 圧縮機の振動の影響の大小は、圧縮機の稼働時間に依存する。燃料電池自動車の普及に伴い、圧縮機の稼働時間が長時間になることが想定されるため、水素スタンドごとに圧縮機の稼働時間を考慮して、締結部の管理をしていくことが望まれる。
- 圧縮水素スタンドで使用される圧縮機のシール材(Oリング)は、まだ開発途上である。そのことを認識したうえで、メーカーは設計、製作を、ユーザは運転、設備管理を行う必要がある。また、常に最新の情報を入手し、活用するように努める必要があり、特に事故と不具合の情報は、事故と不具合を経験した者に限らず、広く圧縮水素スタンドに関係する者で共有し、事故の未然防止に資することに活用する必要がある。
- 圧縮水素スタンドで発生する事故と不具合は、技術的に容易に解決できない原因を含むことが多い。そのため、すぐに恒久対策を立てられない場合もあり、かつ検討している恒久対策が有効であるかを検証するために時間を要する場合もある。そのため、恒久対策を立てるまでは、応急対策を行うとともに、メーカーとユーザが協力して、監視体制の強化などの現場で行える対応を行うことが重要である。