

高圧ガス設備における安全弁作動の高圧ガス事故の注意事項

高圧ガス保安協会

1. 目的

高圧ガス設備は、常用の圧力、常用の温度において十分な強度を有しているが、設備内の圧力と温度が常用を超えて上昇した場合、破裂する危険性がある。そのため、高圧ガス設備は、設備内の圧力が許容圧力を超えた場合、直ちに圧力を許容圧力以下に戻すことができる安全装置(安全弁、破裂板、自動圧力制御装置など)を設けることが定められている。

安全装置のうち、安全弁または破裂板が作動した場合は、高圧ガスが外部へ漏えいするため、都道府県知事、政令指定都市の長(以下「都道府県知事等」という)または警察官に事故を届け出る必要がある。しかし、安全弁(破裂板を含む)が作動することは正常であり、事故届は不要ではないかという意見がある。このような意見は、安全弁(破裂板を含む)に求められる機能を正しく理解していないことに一因がある。

そこで、高圧ガス設備に設けられた安全装置のうち、安全弁(破裂板を含む)が作動した高圧ガス事故を対象として、広く高圧ガスの関係者が安全弁(破裂板を含む)に求められる機能と作動した場合の事故届の必要性を正しく理解する情報を整理するとともに、安全弁(破裂板を含む)が作動する高圧ガス事故の未然防止、再発防止などに役立つ注意事項をまとめた。

なお、安全弁(破裂板を含む)が作動せず、事故事象が爆発、破裂、破損などに至った高圧ガス事故は、対象としていない。

2. 安全装置の法的要求事項

(1) 安全装置の設置

高圧ガス保安法の一般高圧ガス保安規則(以下「一般則」という)の適用を受ける定置式製造設備を例に説明する。

一般則第6条で定める定置式製造設備に係る技術上の基準では、安全装置の設置について、次のとおり規定されている(同条第1項第19号)。

- ・ 高圧ガス設備には、経済産業大臣が定めるところにより、圧力計を設け、かつ、当該設備内の圧力が許容圧力を超えた場合に直ちにその圧力を許容圧力以下に戻すことができる安全装置を設けること。

この規定により、安全装置の設定圧力は、許容圧力(一般に、設計圧力を上限として設定)以下となる。なお、定置式製造設備の設置時に都道府県知事等へ申請される高圧ガス設備の常用の圧力は、通常の使用状態において設備に作用する圧力であり、設定圧力以下(一般に、未満)となる。

また、一般則第6条第1項第19号で定める機能性基準に適合する例示として、一般高圧ガス保安規則の機能性基準の運用について(以下「一般則例示基準」という)第13節では、高圧ガス設備に設ける安全装置の基準が示されている。

① 次の場合に応じて、適切な安全装置を設ける。

- ・ 気体の圧力の上昇を防止する場合(反応生成物の性状などによりバネ式安全弁を設けることが不適当な場合を除く)は、バネ式安全弁または自動圧力制御装置
- ・ 急激な圧力の上昇の恐れがある場合または反応生成物の性状などによりバネ式安全弁を

- 設けることが不適当な場合は、破裂板または自動圧力制御装置
- ・ ポンプおよび配管における液体の圧力の上昇を防止する場合は、逃し弁、バネ式安全弁または自動圧力制御装置
- ② 安全装置は、設備内にある高圧ガスの圧力、温度および高圧ガスによる腐食に耐え得る構造、材質であること。
 - ③ バネ式安全弁、破裂板、逃し弁の規定吹出し量または流出量は、所要吹出し量以上であること。
 - ④ バネ式安全弁、破裂板、逃し弁の所要吹出し量は、掲示した算式または定めによりこと。
 - ⑤ バネ式安全弁、破裂板、逃し弁の規定吹出し量または流出量は、掲示した算式により計算すること。
 - ⑥ バネ式安全弁、破裂板の規定吹出し量または流出量を計算する場合に用いる吹出し量決定圧力は、次に適合すること。
 - ・ 圧縮ガスの設備に設けるバネ式安全弁の場合は、許容圧力の 1.1 倍以下の圧力
 - ・ 液化ガスの設備に設けるバネ式安全弁の場合は、許容圧力の 1.2 倍以下の圧力
 - ・ 破裂板の場合は、許容圧力の 1.1 倍以下の圧力
 - ⑦ 液化ガスの設備に設けるバネ式安全弁は、常用の温度における設備内の液化ガスの常用の体積が、設備の内容積の 98%に膨張する場合の温度に対応する設備内の圧力で作動すること。

(2) 安全装置の保安検査の期間

高圧ガス保安法第 35 条は、高圧ガスの爆発その他災害が発生するおそれがある製造のための施設(以下「特定施設」という)に対し、都道府県知事等、高圧ガス保安協会または指定保安検査機関が行う保安検査を受け、もしくは認定保安検査実施者が自ら行うことを規定している。

保安検査は、原則 1 年に 1 回受け、または行わなければならない。しかし、バネ式安全弁であって、型式、寸法などの要件を満たせば、製造施設の位置、構造及び設備並びに製造の方法等に関する技術基準の細目を定める告示(以下「製造細目告示」という)第 14 条で、保安検査の期間を 2 年または 4 年とすることが認められている。過去には、認定保安検査実施者などが、安全弁の保安検査の期間を誤認した事案が複数発生しており、製造細目告示で定める JIS B 8210 (1994)の適用範囲を正しく理解する必要がある。

3. 安全弁と破裂板の構造と機能

(1) 安全弁の構造と機能

JIS B 8210(2017)は、安全弁の定義を次のとおりに規定している。

- ・ 使用する流体の圧力以外のいかなる動力の補助もなしで、あらかじめ設定した安全な圧力を超えることを防止するため、自動的に所定量の流体を放出し、正常な使用圧力状態に回復した後、再び閉止して、それ以上の流体を放出しないように設計した弁。

安全弁(バネ式安全弁)の構造例を、図 1 に示す。安全弁は、ばねにより弁体(ディスク)を弁座に押し付け、安全弁の入口側の圧力が上昇してばねの力より大きくなると弁体が上がって内部流体を放出し、圧力を降下させる。圧力が降下するとばねの力の方が大きくなり、弁体を下げて弁座に押し付け、閉じる機能になっている。

安全弁が作動する圧力を設定圧力という。設定圧力は、動作条件下にある安全弁が開き始める圧力として、あらかじめ設定されている圧力である。

安全弁上部にある調整ねじにより、設定圧力を調整できる。調整ねじのロックナットを緩め、調整ねじをねじ込むと設定圧力が高くなり、逆に調整ねじを緩めると設定圧力が低くなる。

安全弁は、流体の流路の構造によって、揚程式と全量式に分けられる。安全弁の流体の流路の構造例を、図 2 に示す。JIS B 8210(2017)は、揚程式安全弁と全量式安全弁の定義を次のとおり規定している。

- ・ 揚程式安全弁とは、安全弁のリフトが弁座口の径の 1/40 以上 1/4 未満で、弁体が開いたときの流路面積の中で弁座流路面積(カーテン面積)が最小となる安全弁である。
- ・ 全量式安全弁とは、弁座流路面積が、のど部の面積より十分大きなものとなるようなリフトが得られる安全弁である。

揚程式はリフト量が小さく、弁座と弁体のすき間が最小面積なので、流量は弁座流路面積に依存する。全量式はリフト量が大きく、流量はのど部の面積に依存する。

なお、その他の用語は次のとおり規定されている。

- ・ リフトとは、閉位置から弁体が実際に移動した距離である。
- ・ 弁座口の径とは、弁体と弁座の当たり面の内径である。
- ・ のど部の径とは、流体取入口から弁座面に至る流路の最狭部分の内径である。
- ・ 弁座流路面積(カーテン面積)とは、弁体のリフトによって得られる弁体と弁座面の間の円筒状又は円すい状開口部の流路面積である。
- ・ のど部の面積とは、のど部の径によって算出する流路面積である。

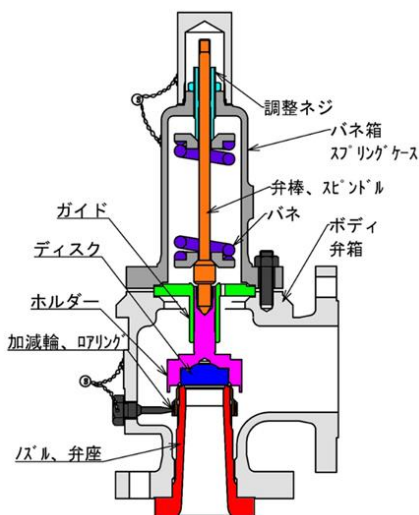


図 1 バネ式安全弁の構造例

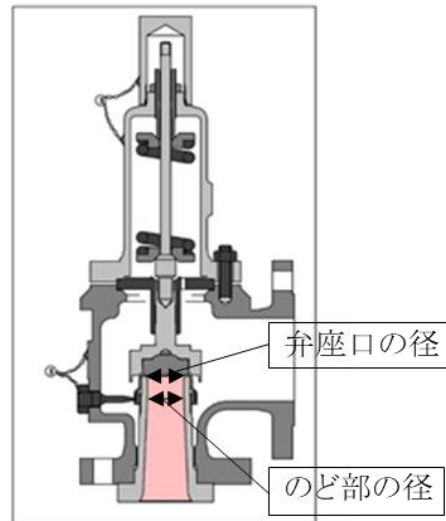


図 2 バネ式安全弁の流体の流路の構造例

(2) 破裂板の構造と機能

JIS B 8226-1(2011)は、破裂板式安全装置の名称で、定義を次のとおり規定している。

- ・ 差圧によって作動、破裂板の破裂によって機能するように設計した非再開止圧力逃し装置。組立品にホルダがあればそれも含める。

破裂板は、圧力容器、配管系、ダクトなどの密閉された設備が、過剰圧力または負圧により破損することを防止するために設ける。破裂板には、金属製またはグラファイト製があり、これをホルダで固定し、気密を保持するように設置されている。

破裂板の特徴を、安全弁の場合と比較して次に示す。

- ① 構造が単純で、吹き出し抵抗が小さい。
- ② 内部圧力が破裂圧力以上に上昇すると薄板が破裂し、内部圧力を降下させるまでの時間が極めて短時間であることから、圧力の上昇速度が速い場合に効果的である。

- ③ 取扱い、点検が用意であり、弁座漏れがない。
- ④ 高粘性または固着性の流体に適している。
- ⑤ プラスチックまたは金属ライニングなどの防食処理が容易であるため、腐食性流体に適している。
- ⑥ 一度作動すると設備内部の圧力が低下しても吹き止まることがないので、運転を停止し、新しい破裂板と取り換える必要がある。
- ⑦ 定期的に破裂板を交換する必要がある。その交換頻度には、形状、破裂板の材料、雰囲気、腐食性、運転温度、圧力と背圧の変動、作動圧力に対する運転圧力の比率、耐クリープ性、耐疲労性およびその他の運転状態を考慮する。

4. 高圧ガス事故の抽出

高圧ガス事故事例データベース¹⁾を用いて、高圧ガス設備の安全弁(破裂板を含む)作動の高圧ガス事故 68 件を抽出した。

抽出の条件は、次である。

- ① 平成 29 年(2017 年)から令和 3 年(2021 年)までの 5 年間の高圧ガス事故 3,128 件のうち、冷凍の事故 1,414 件を除く、1,714 件を対象とした。
- ② ①から漏えいの分類が、「漏えい③(その他:安全弁作動)」の高圧ガス事故 140 件を抽出した。そのうち、容器の安全弁作動を除く、高圧ガス設備の安全弁(破裂板を含む)作動の高圧ガス事故 62 件を抽出した。
- ③ ①から漏えいの分類が、「漏えい③(その他:安全弁作動)」以外の高圧ガス事故のうち、事故概要にキーワード「安全弁」、「破裂板」を含む高圧ガス事故 69 件を抽出した。そのうち、安全弁(破裂板を含む)作動の高圧ガス事故 6 件を抽出した。

なお、抽出にあたっては、高圧ガス事故事例データベースの内容をそのまま使用するのではなく、精査して、必要に応じて見直した²⁾。

5. 高圧ガス事故の統計と解析

(1) 分野(規制対象)別の統計と解析

安全弁(破裂板を含む)作動の高圧ガス事故件数 68 件を、分野(規制対象)別で区分して表 1 に示す。分野(規制対象)は、製造事業所、移動、消費、その他に区分している。製造事業所はさらに、一般高圧ガス保安規則適用製造事業所(以下「製造事業所(一般)」という)、液化石油ガス保安規則適用製造事業所(以下「製造事業所(LP)」という)、コンビナート等保安規則適用製造事業所(以下「製造事業所(コンビ)」という)に区分している。

製造事業所(一般)の分野が最も多く 46 件、次いで製造事業所(コンビ)が多く 16 件、消費が 4 件、製造事業所(LP)が 2 件と続く。

表 1 分野(規制対象)別の事故件数

分野(規制対象)	件数
製造事業所(一般)	46
製造事業所(コンビ)	16
製造事業所(LP)	2
移動	0
消費	4
その他	0

(2) 事故事象の統計と解析

安全弁(破裂板を含む)作動の高圧ガス事故を、事象別で分類して表2に示す。

1次事象が漏えい事象の事故件数は67件、そのうち2次事象が火災事象となった事故件数が3件であった。1次事象が火災事象の事故件数は1件であった。

2次事象が火災事象の事故3件のうち1件は、ポリエチレン製造設備の配管内で、デコンポジション(エチレンの自己分解反応)が起きて、配管の破裂板が作動した。破裂板作動時に下流の放出管の水抜き穴からエチレンガスが噴出したことにより、高圧分離器上部周辺で着火し、火災に至った。

その他の2件は、アセチレン溶断中に逆火が発生し、それぞれ安全弁、破裂板が作動して火災に至った。

1次事象が火災の事故は、オートクレーブ内のクーラーフィンが異物により目詰まりを起こし、ヒーターが加熱されて異物が発火し、異物がオートクレーブ内を移動して延焼し、安全弁が作動した。

表2 事象別の事故件数

事故事象		件数
1次事象	2次事象	
漏えい	—	64
漏えい	火災	3
火災	—	1

(3) 事故原因の統計と解析

安全弁(破裂板を含む)作動の高圧ガス事故件数を、事故原因別で分類して表3に示す。

誤操作などが最も多く19件、検査管理不良が次いで多く11件、操作基準等の不備が10件、その他(機器故障)が7件、組織運営不良が5件、施工不良が3件と続く。

表3 事故原因別の事故件数

事故原因	件数
誤操作など	19
検査管理不良	11
操作基準等の不備	10
その他(機器故障)	7
組織運営不良	5
施工管理不良	3
点検不良	2
締結管理不良	1
腐食管理不良	1
設計不良	1
その他(不明、調査中)	8

(4) 設備区分別の統計と解析

安全弁(破裂板を含む)作動の高圧ガス事故を、安全弁が設置された設備区分別で分類して

表 4 に示す。

配管が最も多く 30 件、コールド・エバポレータが次いで多く 11 件、圧縮機が 5 件、反応器が 5 件、貯槽が 2 件、溶接、溶断機器が 2 件と続く。

表 4 安全弁が設置された設備区分別の事故件数

設備区分	件数
配管	30
コールド・エバポレータ	11
圧縮機	5
反応器	5
貯槽	2
溶接、溶断機器	2
低温貯槽	1
蓄圧器	1
ポンプ	1
蒸留器	1
液化石油ガス脱湿器	1
エアタンク	1
レシーバータンク	1
窒素発生装置分離器	1
熱交換器	1
HIP	1
その他	2

(5) 人的被害の有無の統計と解析

安全弁(破裂板を含む)作動の高圧ガス事故のうち、人的被害が発生した事故は 2 件であった。

1 件は、塩化ビニルモノマー製造施設において塩化ビニルモノマー蒸留塔に塩化水素を含んだ塩化ビニルモノマーを送液したことにより、低沸点物の塩化水素がガス化し、安全弁が作動した。安全弁が作動した結果、地上 50m のベントスタックから塩化ビニルモノマーと塩化水素が放出され、近隣事業所の作業員 12 名が軽傷を負った。

もう 1 件は、アセチレン溶断中の逆火により安全弁が作動し、1 名が重傷、1 名が軽傷を負った。

6. 高圧ガス事故の事故原因の詳細解析

安全弁(破裂板を含む)作動の事故 68 件について、事故原因の詳細解析を行った。安全弁(破裂板を含む)作動の事故は、大きく 2 つの場合に分類される。1 つは、設備が通常の使用状態を逸脱し、設備内の圧力が上昇して、安全弁(破裂板を含む)が設定圧力を超えて作動する場合である。もう 1 つは、設備が通常の使用状態にもかかわらず、安全弁が設定圧力未満で作動する場合である。それぞれの場合の詳細を、以下に示す。

上記 2 つの場合の外に、安全弁が背圧の影響により作動する場合がある。また、安全弁(破裂板を含む)作動の事故ではないが、メンテナンスに係る安全弁の取外し、取付け時の事故の場合

合がある。これらは別に取り上げる。

(1) 安全弁(破裂板を含む)が設定圧力を超えて作動する場合の解析

安全弁(破裂板を含む)が設定圧力を超えて作動する場合、表 3 に示した事故原因別に分類し、詳細解析を行った。主な事故原因の事例を次の①～③に示す。

① 誤操作など(11 件)

安全弁が作動し、塩化ビニルモノマーが放出された事故が 4 件あった³⁾。4 件のうち 2 件は、重合反応が通常の状態を逸脱し、未反応の塩化ビニルモノマーの回収工程中に反応器内の圧力が上昇し、安全弁が作動した。1 件は、塩化ビニルモノマー蒸留塔に塩化水素を含んだ塩化ビニルモノマーを送液したことにより、低沸点物の塩化水素がガス化し、安全弁が作動した。もう 1 件は、塩化ビニルモノマーをタンクローリから貯槽へ受入時、貯槽の元弁が閉止状態であったため充填配管の安全弁が作動した。

また、タンクローリから CE への受入時に、安全弁が作動した事故が 5 件あった。1 件は、CE の下部充填弁からの充填量が多く、CE の気相部の圧力が上昇し、安全弁が作動した。他の 4 件は、充填ホースおよび配管の予冷不足、受入れ配管の脱圧操作の誤操作などにより、安全弁が作動した。

その他、圧縮機の起動中での吐出弁の閉止、スタートアップ時に緊急遮断弁が閉止状態でのポンプの起動などにより、安全弁が作動した。

② 操作基準の不備(5 件)

製造施設の休止中に CE の圧力が上昇し、安全弁が作動した事故が 4 件あった。その他、タンクローリから CE へ受入時に、液封となり、安全弁が作動した。

③ 検査管理不良(3 件)

減圧弁の調圧不良により下流側の圧力が上昇し、安全弁が作動した事故が 2 件あった。その他、CE の下部充填弁の弁棒の変形および偏心により、受入れ配管側に液化窒素がリークしたことで液封となり、安全弁が作動した。

(2) 安全弁(破裂板を含む)が設定圧力未満で作動する場合の解析

安全弁(破裂板を含む)が設定圧力未満で作動する場合を、表 3 に示した事故原因別に分類し、詳細解析を行った。主な事故原因を、次の①～③に示す。

① 検査管理不良(3 件)

CE への充填配管に設置された安全弁の弁座シートが急激な温度変化により収縮し、漏えいした事故があった。この安全弁は、設置後 28 年を経過していた。その他、安全弁が設定圧力未満で作動した事故が 2 件あった。そのうち 1 件は、塩化メチル貯槽の安全弁のスピンドルおよび調整ねじ部が発錆し、弁体にかかる力がずれ、メタルシート部に所定のバネの力がかからず、設定圧力未満で作動した。

② 締結管理不良(1 件)

破裂板のホルダの締付けトルクが規定値より低かったため、破裂圧力未満で作動した事故があった。

③ 組織管理不良(1 件)

破裂板の交換時に、正規品より低い破裂圧力の破裂板を装置したことにより、稼働時に破裂板が作動した事故があった。

(3) 安全弁が背圧の影響により作動する場合の解析

平成 28 年(2016 年)の高圧ガス事故のため、4.①の事故件数(1,714 件)の対象ではないが、安全弁が背圧の影響により作動した事故を 1 件抽出した。圧縮水素スタンドにおいて、容器充填用ディスペンサー廻りの脱圧操作を実施中にディスペンサー安全弁および蓄圧器安全弁が

作動した。脱圧ラインは、安全弁放出ラインと同一の系統に接続されており、充填用ディスペンサーの安全弁の二次側に背圧がかかり、安全弁が作動した。その後、蓄圧器の安全弁の二次側に背圧がかかり、安全弁が作動した⁴⁾。

(4) 安全弁の取外し、取付け時の場合の解析

安全弁作動の事故ではないが、メンテナンスのために安全弁を取外し、取付け時に事故が発生している。4.①の事故件数(1,714件)を対象として、安全弁を取外し、取付け時の事故を5件抽出した。

4件は、安全弁の取外し時の事故であった。そのうち、3件は安全弁元弁を閉止していない状態で安全弁を取外したことで漏えいした。1件は、誤って安全弁の元弁を取外したことで漏えいした。

もう1件は、安全弁の取付け時の事故であった。安全弁の取付け後に、酸素で気密試験を行い、安全弁の取付け部から漏えいが確認された。取付け部の異物を除去後、再び安全弁を取付け、酸素で気密試験を実施したところ、断熱圧縮が起き、火災に至った⁵⁾。

7. 事故届の必要性

高圧ガス設備の安全弁(破裂板を含む)が作動した場合の事故届の必要性を、次に示す。

- (1) 高圧ガス保安法は、高圧ガスによる災害を防止することを目的としており、災害に係る事故報告を求められた場合、事故に至った経緯、事故原因などについて、より正確かつ克明に報告する必要がある。また、事故届は法令改正、技術開発などにより、事故再発防止を図るための資料として必要である⁶⁾。
- (2) 上記(1)とは別に、高圧ガスの製造施設、充填容器などが、危険な状態となった場合、所有者または占有者は、直ちに、災害の発生を防止するため応急の措置を講じることを規定している。また、危険な状態を発見した者は、直ちに、都道府県知事等、警察官、消防吏員などに通報することを規定している⁶⁾。
- (3) 安全弁(破裂板を含む)が作動した場合は、高圧ガスが外部(事業所外にも)へ漏えいするため、高圧ガス事故における漏えい事象に該当する。
- (4) 安全弁(破裂板を含む)が作動する場合は、事故原因として次がある。
 - ① 安全弁(破裂板を含む)が設定圧力を超えて作動する場合は、誤操作などにより、設備が通常の使用状態を逸脱していることが、事故原因である。
 - ② 安全弁(破裂板を含む)が設定圧力未満で作動する場合は、検査管理不良などにより設定圧力が維持されていないことが、事故原因である。
- (5) 上記(4)の事故原因に基づく高圧ガス事故は、安全弁(破裂板を含む)の作動という結果の有無に関係なく、事故届を必要とする。

8. 注意事項

高圧ガス設備の安全弁(破裂板を含む)が作動した高圧ガス事故について、注意事項を示す。

- ① 高圧ガス保安法では、高圧ガス設備が許容圧力を超えた場合、ただちに許容圧力以下となるよう安全装置を設置することが定められている。安全弁(破裂板を含む)が作動した場合、高圧ガスの漏えい事象となることから、都道府県知事等または警察官に事故を届け出る必要がある。
- ② 安全弁(破裂板を含む)が作動する場合、設備は通常の使用状態を逸脱した状態となっていることを理解し、高圧ガス事故と認識することが重要である。
- ③ 安全弁(破裂板を含む)が設定圧力を超えて作動する場合、多くはバルブの誤開閉、開閉

忘れ、誤操作などまたは操作基準等の不備が事故原因である。高圧ガス設備の操作基準を整備し、バルブの操作時に、確認を怠らないことが重要である。

- ④ 安全弁(破裂板を含む)が設定圧力未満で作動する場合、安全弁の腐食管理不良、破裂板の締結管理不良などが事故原因である。定期的に目視検査、作動試験を行い、設定圧力の維持を確認することが重要である。
- ⑤ 作動圧力が高い安全弁であっても、瞬間的に背圧がかかった場合は、作動圧力よりも低いわずかな圧力で安全弁が作動することがある。安全弁の先に設置する配管は、背圧の発生も考慮に入れて径を選定する必要がある。
- ⑥ メンテナンス時に安全弁を取外す場合、元弁閉止の誤判断、認知確認ミスにより、漏えい事故が起きている。取外し時は、元弁閉止の確認を怠らないことが重要である。

上記の注意事項に加え、安全弁に関する一般的な注意事項を次に示す。

- ① 安全弁が作動した場合、シート面へのごみ噛み込み、きずの発生などにより、シート漏れの可能性があるため、その都度メンテナンスを行うことが重要である。
- ② 作動試験時に確認した安全弁の作動圧力が、設定圧力の許容範囲の下限に近い値の場合、仮に弁座気密性検査を合格しても、運転圧力との差が小さくなり、安全弁が作動しやすくなるため注意が必要である。
- ③ 作動試験時に吹始め圧力の確認のみを行った場合、シート面にきずがあるとき、または吹始め圧力をより正確に測定しようとして極端に昇圧速度を遅くしたときなどに、弁座漏れを吹始め圧力と誤認する場合がある。吹始め圧力の誤認により調整ねじを締めすぎ、設定圧力に対して高い圧力で調整してしまう可能性があるため、吹出し圧力まで確認することが望ましい。

参考文献

- 1) 令和3年度 高圧ガス事故事例データベース、
- 2) 藤井亮、小林英男、山田敏弘、高圧ガス事故の統計と解析(全体)、高圧ガス、vol.59、No.11、p.833-839(2022)
- 3) 塩ビペースト研究設備の内圧上昇による安全弁作動、
<https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/jikogaiyouhoukoku/02-03_2018-498.pdf>、
塩化ビニルモノマー及び塩化水素漏えい事故、
<<https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/jikogaiyouhoukoku/2019-067.pdf>>、
重合用 VCM 貯槽送液配管の安全弁から VCM 液漏えい、
<<https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/jikogaiyouhoukoku/2019-587.pdf>>、
塩化ビニル製造施設 安全弁作動による塩化ビニルモノマー放出事故、
<<https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/jikogaiyouhoukoku/2020-416.pdf>>
- 4) 圧縮水素スタンドの水素漏えい
<https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/ippan_soku/2016-082.pdf>
- 5) 酸素充填設備の安全弁の破損、
<https://www.khk.or.jp/Portals/0/khk/hpg/accident/jikogaiyouhoukoku/02-09_2018-113.pdf>
- 6) 高圧ガスの安全規制の解説、高圧ガス保安協会、平成31年1月