

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2018-113		事故の呼称 酸素充填設備の安全弁の破損		
事故発生日時 2018年4月5日(木) 14時30分		事故発生場所 三重県	事故発生事象 1次)火災 2次)	事故発生原因 主)誤操作など 副)
施設名称 酸素充填設備	機器 安全弁	材質 弁体 SUS304 ケーシング CAC406(BC6) 弁体(シート材) ポリアミドイミド ばね箱 CAC406(BC6)		概略の寸法 呼び径 6mm 弁座口径 8mm
ガスの種類および名称 支燃性ガス(酸素)		高圧ガス製造能力 83,268.9 m <sup>3</sup> /日(事業所) 24,733.9 m <sup>3</sup> /日(施設)	常用圧力 19.6 MPa	常用温度 35 °C
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害:軽傷1名 物的被害:約1,500,000円(安全弁、安全弁の元弁などの破損 他)				
事故の概要 酸素充填設備の定期自主検査で、酸素を使用した気密試験中に、断熱圧縮により安全弁内部が高温になり、弁体のシート材が溶融または燃焼したため、酸素が弁体部分から高速で漏れ出し、その際に火災が生じた。安全弁内部で生じたこの火災によって安全弁が加熱されて貫通孔が開き、破損した。このとき、この安全弁に放出配管の取付け作業をしていた検査員1名が火傷を負った。  以下、事故の概要を時系列で記す。 4月4日 協力会社の検査員(以下「検査員」という。)は、酸素充填設備の配管に設けた安全弁の作動検査を実施し、作動試験に合格した後、所定の位置に取付けた。  4月5日 13時30分頃 検査員は、主配管の気密試験を開始した。試験に使用する気体は、酸素を用いた。試験圧力は、主配管の常用の圧力である19.6MPaとした。 14時15分頃 検査員は、安全弁の取付け部から、漏れいがあることを認めたため、安全弁の元弁を閉めて、安全弁を取外し、目視で確認したところ、取付け部の底部に異物を確認した。 検査員は、有機溶剤(浸透探傷試験に用いる洗浄剤。成分はn-ヘプタンとメチルシクロヘキサンの混合物。)を染み込ませたウエスで異物を除去した後、乾いたウエスで有機溶剤を除去した。 14時25分頃 検査員は、安全弁を取付けた後、安全弁の元弁を開け、安全弁の取付け部から漏れいがないことを確認した後、安全弁の放出口に放出配管を取付ける作業に取掛かった。 放出配管を取付ける作業中に、検査員は安全弁の放出口上部のケーシングが、赤く光っていることに気が付いた。その直後、安全弁が破損した。その際に検査員は、右の掌に火傷を負った。 安全弁の元弁を開いてから安全弁が破損するまでの時間は、検査員の感覚と安全弁の元弁を開いた後の作業状況から、1分以上が経過していた。				

## 事故発生原因の詳細

事故後の安全弁の破損状態は下記のとおりであり、写真を図 1 に示す。

- (1) 安全弁の弁体(SUS304)は、破損が見られなかった。
- (2) 安全弁のケーシング(CAC406(BC6))は、放出口上部に貫通孔が生じていた。
- (3) 安全弁のばね箱(CAC406(BC6))は、下方(ケーシングに近い側)で破断していた。
- (4) 安全弁の弁体のシート材(ポリアミドイミド)は、焼失していた。

また、材料の融点は、SUS304 が 1,500°C程度、CAC406(BC6)が 1,010°C程度、ポリアミドイミドが 300°C程度である。

事故が発生した安全弁周辺について、放出配管、安全弁、安全弁の元弁などの位置関係を、図 2 に示す。安全弁の破損状態から、事故発生までの流れは、次のように推定される。

1. 検査員は、安全弁の取付け部から漏えいしているとわかったときに、安全弁の元弁を閉め、安全弁を取外し、異物の確認と除去を行った後、この安全弁を再度取付けた。このとき、検査員は事業所に漏えいがあったことを報告しなかった。
2. 検査員は、安全弁を取付けた後、検査手順としてルールになっていた主配管の脱圧を事業所に行わせることなく、安全弁の元弁を開けた。安全弁と安全弁の元弁の間には、継手しかないため、安全弁の元弁を開けることにより、主配管内の高圧酸素(圧力 19.6MPa)が、元弁上部の継手部分及び安全弁の弁体内部という小さい空間(1.6mL程度)に流れ込んだ。この空間の圧力が大気圧から 19.6Ma まで急激に圧力が上昇したため、断熱圧縮が起こり、安全弁の弁体内部が温度上昇した。
3. 断熱圧縮による温度上昇のため、安全弁の弁体のシート材(材質はポリアミドイミド)が溶融または燃焼して、弁体から微小漏えいが発生し、その漏えいは経時的に拡大した。なお、検査員が異物の除去に使用した有機溶剤が残留していた場合は、その有機溶剤が先に燃焼し、弁体のシート材の溶融または燃焼を促進した可能性がある。
4. 弁体から漏えいした酸素ガスが高速で流れ、弁体付近がさらに高温となって火炎が発生し、その火炎が漏えいした酸素とともに安全弁の放出口上部を内部から加熱し、ケーシングに貫通孔を生じさせた。
5. 上記 4. と並行し、安全弁のばね箱下部も内部から加熱され、弁体付近で発生していた火炎がばね箱下部を加熱し、溶融によりばね箱下部が減肉した。
6. 弁体部分から噴き出していた酸素の圧力が減肉したばね箱下部を破断させ、結果的に安全弁を破損させた。

事業者は、安全弁、安全弁放出配管、主配管について、分析、観察を行い、次のことを確認した。

- (1) 安全弁のばね箱の破断部の約 3/4 周範囲は溶融して減肉していた。残りの約 1/4 周範囲には破面がみられる(図 3)。
- (2) 安全弁のばね箱について、マクロ破面とマイクロ破面の観察を行った結果を、図 4 に示す。マクロ破面には全体的に凹凸が見られた。マイクロ破面観察では、破面の全域が滑らかなであり、破面が溶融していると見られる。
- (3) 主配管について、残留油分の分析を行ったが、油分は検出されなかった。
- (4) 主配管と放出配管について、内視鏡を用いた内面の観察を行ったが、健全な配管の内部と比べて、特に異常は確認されなかった。

以上のことから、事故発生原因として、次の2つが挙げられる。

- ① 事業所が、気密試験に係る協力会社の現場作業を、適切に監督していなかった。
- ② 協力会社の検査員が、漏えいを確認したときに行う必要があった事業所への報告を行わず、かつ、検査手順上で必要な主配管の脱圧を行わず、安全弁の検査を行った。

#### 事業所側で講じた対策(再発防止対策)

- (1) 事業所は検査を協力会社に任せていた部分が多く、報告、連絡が十分ではなかった。再発防止対策として、事業所は検査の監督を強化し、協力会社との指示命令系統および連絡体制を明確化した。特に気密検査を実施する際は、事業所の立会を必須とした。
- (2) 気密検査時に漏えいを確認したときは、必要な個所の脱圧(例えば、今回の漏えい個所であれば、主配管の脱圧)を行い、その後に漏えいした個所の措置を行うことを徹底した。
- (3) 事業所は、安全弁の内部が高温になったときの再発防止対策として、高圧酸素の配管に設置する安全弁の弁体は、樹脂を含まない金属製の弁体に変更した。

#### 教訓(事故調査解析委員会作成)

- バルブ操作をゆっくり行うことは、高圧ガスの関係者であれば広く一般知識として知られている。しかし、高い圧力を保持しているバルブを開いた先の空間が狭いと、どれだけゆっくりとバルブ操作を行っても、急激な圧力上昇が避けられないため、ガスの断熱圧縮による温度上昇の危険性があることを認識する必要がある。
- 酸素などの支燃性ガスが断熱圧縮する危険性がある箇所に、樹脂などの耐熱温度が低い部品が存在すると、断熱圧縮による温度上昇で耐熱温度の低い部品が発火する危険性があることを認識する必要がある。
- 気密試験は、空気などの危険性のない気体によって行うことが原則である。検査の状況によって危険性がないと判断される場合は、当該の高圧ガス設備に貯蔵または処理されているガスを使用して行うことができる。しかし、この場合は、使用するガスの特性を踏まえ、特に安全に配慮して実施する必要がある。
- 発熱、燃焼の恐れがあるため、酸素が通る配管や弁、設備には油や有機溶剤などの発火性の物質を用いてはならない。

#### 事業所の事故調査委員会

- 4月6日 関係者を招集し、事故の検証、事故届のとりまとめ、今後の方針を決定。  
4月10日 事故原因究明チームを立ち上げ、第1回会議を開催。  
5月24日 第2回会議を開催。  
7月3日 第3回会議を開催。

#### 備考

—

#### キーワード

充てん所、酸素、安全弁、バルブ操作、シート材、断熱圧縮、温度上昇、燃焼、破損

#### 関係図面(特記事項以外は事業所提供)

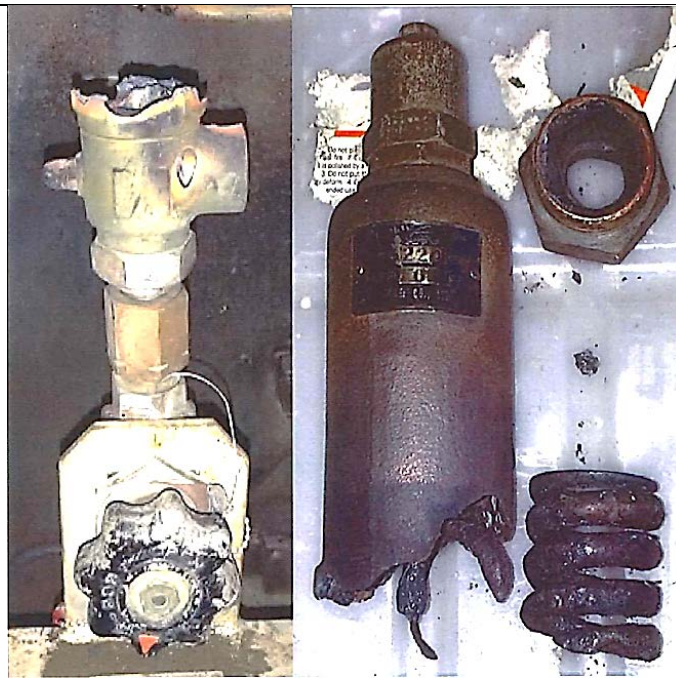


図1 事故後の安全弁の破損状況  
(左:安全弁下部および安全弁元弁、右:安全弁上部)

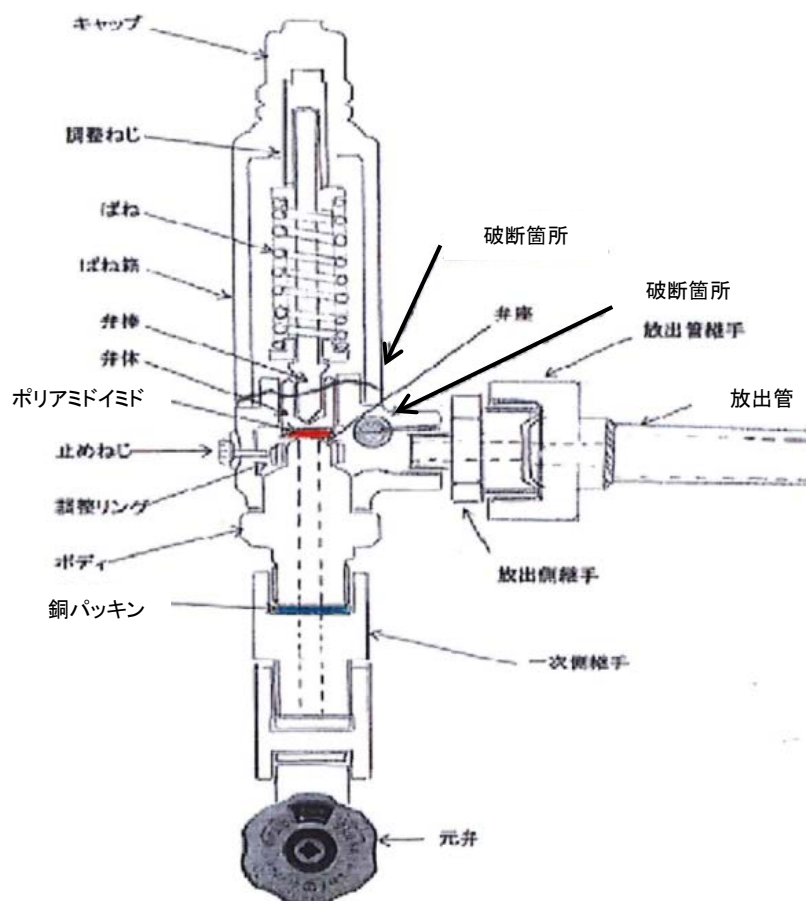


図2 放出配管、安全弁、安全弁の元弁などの位置関係

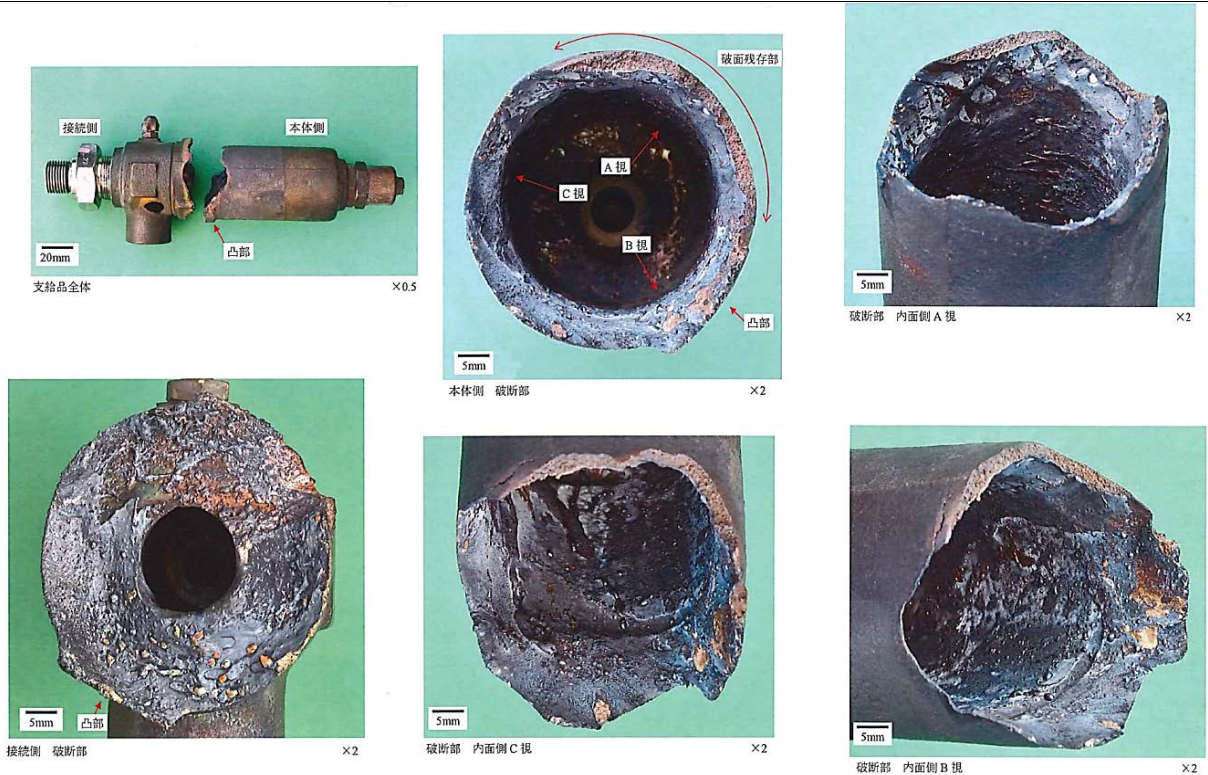


図 3 安全弁ばね箱の破面観察結果

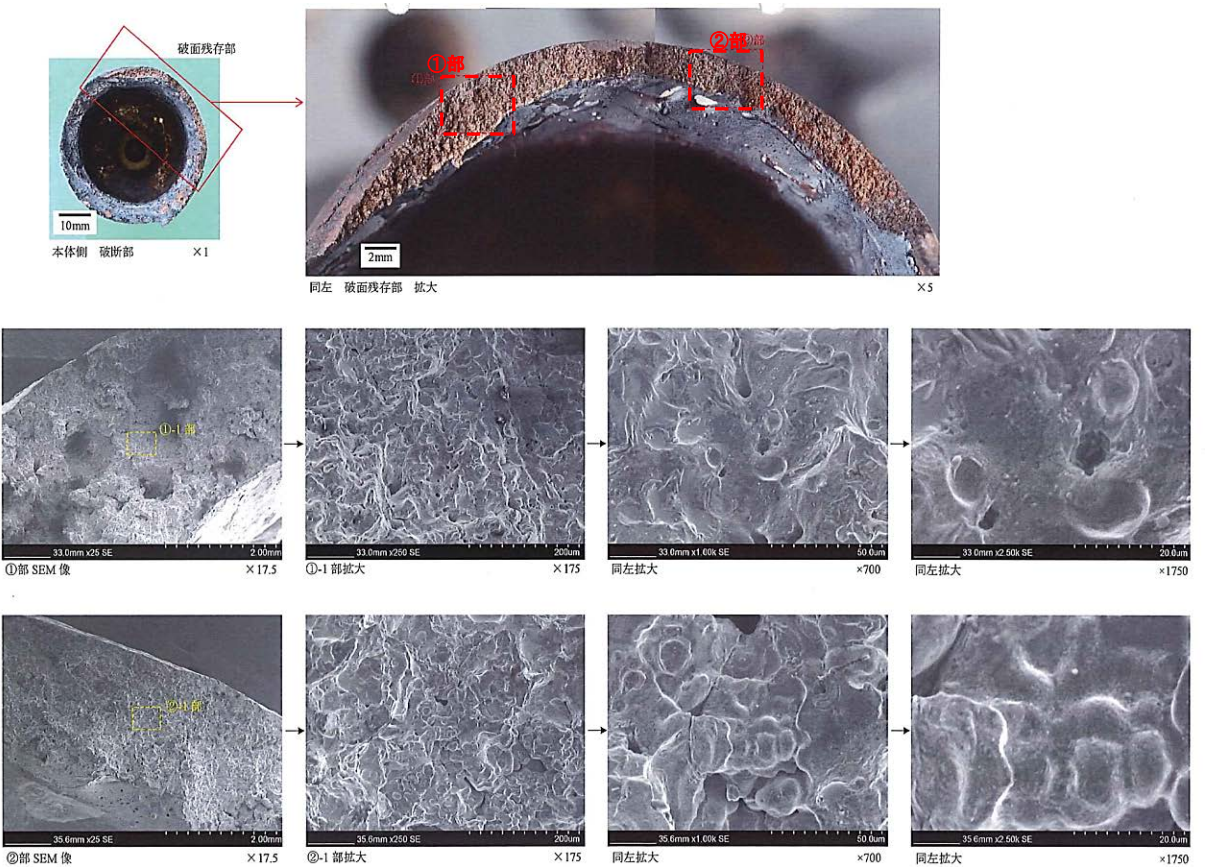


図 4 安全弁ばね箱の破面観察結果(ミクロ)