

高圧ガス事故概要報告

整理番号 2021-386	事故の呼称 製油所における火災事故		
事故発生日時 2021年9月6日(月) 22時40分	事故発生場所 茨城県 神栖市	事故発生事象 1次)漏えい② 2次)火災	事故発生原因 主)シール管理不良 副)
施設名称 アロマ製造装置 パラキシレン製造装置	機器 ポンプ	材質 ケーシング SCPH2 サクシオンヘッド SCPH2	概略の寸法 吐出量 39,624 m ³ /日
ガスの種類および名称 可燃性ガス (パラジエチルベンゼン)	高圧ガス製造能力 247,632,124.3 m ³ /日(事業所) 109,373,784.4 m ³ /日(施設)	常用圧力 2.95MPa	常用温度 190℃
被害状況(人的被害、物的被害) 人的被害: なし 物的被害: 約 50 百万円(周辺配管、ポンプ、電気設備、計装設備、鉄骨架台)			
<p>事故の概要</p> <p>アロマ製造装置内のパラキシレン製造装置で、定常運転中、ポンプのメカニカルシールからガスが漏えいし、静電気火花により着火し、火災に至った(図 1、図 2、図 3 参照)。</p> <p>以下、事故の概要を時系列で記す。</p> <p>9月6日(月)</p> <p>22時00分頃 運転部門員(フィールド担当)は、パラキシレン製造装置の巡回点検をしたが、異常は認められなかった。</p> <p>22時40分頃 パラキシレン製造装置のポンプ付近に設けた定置式ガス検知器が漏えいを検知し、計器室のアラームが発報した。</p> <p>22時42分頃 計器室にいた運転部門員(ボード担当)は、アラームの発報を確認し、監視モニターをパラキシレン製造装置のポンプ付近に向けたところ、火災を覚知した。</p> <p>22時45分頃 運転部門は、アロマ製造装置の緊急停止を開始した。計器室にいた運転部門員(班長)は、構内 199 番通報(所内緊急通報)をした。</p> <p>22時52分頃 構内 199 番通報(所内緊急通報)を受けた宿直者は、119 番通報をした。</p> <p>23時05分 事業所は、防災本部を立ち上げ、現地指揮所を設置した。</p> <p>23時23分 公設消防は、現場に到着した。</p> <p>23時32分 自衛消防は、泡放射を開始した。</p> <p>23時40分頃 自衛消防は、火災場所の周辺機器に散水を開始した。</p> <p>23時50分 事業所は、公設消防に指揮権を委譲した。</p> <p>9月7日(火)</p> <p>00時11分 公設消防は、鎮圧を宣言した。自衛消防は、泡放射を停止した。</p> <p>00時15分頃 公設消防と自衛消防は、ポンプ周りで液体の漏えいを覚知した。</p> <p>00時34分頃 自衛消防は、ポンプ周辺に霧状放水を開始した。</p> <p>01時02分頃 自衛消防は、霧状放水を停止した。</p>			

01 時 10 分頃	公設消防と自衛消防は、ポンプ周りで液体の漏えいが継続していることを確認した。
01 時 13 分頃	自衛消防は、ポンプ周辺に噴霧放水を開始した。
03 時 05 分頃	自衛消防は、漏えいしている液体が、冷却水※であることを確認し、冷却水の元弁を閉止した。 ※ 火災により、サイトグラスが破損し、フラッシングクーラーの冷却水が漏えいしていた。
03 時 26 分頃	公設消防は、ポンプ周辺でガス検知を実施し、可燃性ガスの漏えいがないことを確認した。
03 時 29 分	公設消防は、鎮火を確認した。

事故発生原因の詳細

(1) 漏えいの原因

① ポンプ、周辺配管の気密試験結果

窒素を用いた気密試験(試験圧力 0.1MPa)を実施し、ポンプの反カップリング側のメカニカルシールと周辺配管のフランジ継手(2箇所)の合計3箇所で、漏えいを確認した。

② メカニカルシールの構造

ポンプのメカニカルシールは、シールリング(図4の6.)のカーボン(固定側)と回転環(図4の7.)のSiC(回転側)の当たり面で、内部の流体をシールしている構造となっている(シールリングが固定側、回転環が回転側)。なお、シールリングは、カーボンとチタンを組み合わせで構成されている部品である。

ここで、回転環と一体となったメカニカルスリーブとシャフトを固定するため、セットスクリーを用いている。

セットスクリーは、図3の左図に示すとおり、ストッパーリング(図3の3.)とシャフト、ストッパーリングとメカニカルスリーブの両方を固定している。セットスクリーをシャフトに対して垂直方向に締め付けることで、シャフトまたはメカニカルスリーブに押し付け、摩擦によって固定している。これにより、メカニカルスリーブとシャフトが固定される。

③ ポンプの分解点検結果

- ポンプの分解点検を実施し、反カップリング側のメカニカルシールで、次の損傷を確認した(図4、図5参照)。メカニカルスリーブを固定するセットスクリー①(図4の1.)は、全6本のうち、5本が緩み、1本が外れていた。外れていた1本は、紛失していた。
- メカニカルスリーブを固定するセットスクリー②(図4の2.)は、全3本のうち、2本が緩み、1本が外れていた。外れていた1本は、紛失していた。
- メカニカルスリーブ(図4の4.)は、大気側に17mm移動していた。
- シールリングは、カーボンが消失していた(図5の①と②参照)
- 回転環は、SiC(炭化けい素)が割れていた(図5の③参照)。

なお、カップリング側のメカニカルシールは、損傷がなかった。

④ 周辺配管の分解点検

漏えいを確認したフランジ継手(2箇所)を開放し、ガスケットの目視検査を実施し、損傷がないことを確認した。

⑤ まとめ

上記①、③および④の結果から、ポンプの反カップリング側のメカニカルシールに

において、セットスクリューが緩み、漏えいしたと推定する。なお、周辺配管のフランジ継手は、火災の熱影響により、ボルト締結力が低下し、漏えいしたと推定する。

(2) セットスクリューの緩みの原因

① 2020年にメカニカルシールの整備を実施したとき、セットスクリューの締結ルールがなく、作業員の経験で締結を実施した。そのため、締結力の不足または不均一があったと推定する。

(3) 漏えいのプロセス

① セットスクリュー①と②が緩むことで、メカニカルスリーブとシャフトの固定が緩み、メカニカルスリーブが内部流体の圧力により大気側(図3では左側)に移動した。

② シールリングと回転環の間に過大な面圧が生じ、シールリングのうち硬度の低いカーボンが摩耗し、消失した。

③ シールリングのカーボンの消失に伴い、チタンが回転環(SiC)に接触し、回転環(SiC)が割れた。

④ 回転環(SiC)の割れにより、メカニカルシールのシール性能は失われ、漏えいに至った。

(4) 着火の原因

① 裸火、高温物体などの着火源は、ポンプの周囲になかった。

② 運転温度(175℃)は、内部流体の自然発火温度(430℃)より低かった。

③ 消去法により、内部流体が気液混相ミストとして噴出して帯電し、噴出流体間で放電現象が発生した(静電気火花)と推定した。

事業所側で講じた対策(再発防止対策)

(1) メカニカルシールのセットスクリューの締結管理

① メカニカルシールのメーカーから、セットスクリューの全周均一な締付けのための具体例を示した締結手順に関する資料を個別に受け取った。

② 設備保全部門を対象に、締結手順の教育を行い、運用を開始した。

③ 締結手順の内容を、年度内に事業所の規程類に反映した。

(2) 類似ポンプの点検

① 同型構造のメカニカルシールを有する事業所内のポンプ236基について、メカニカルスリーブとストッパーリングの変位の有無を、目視試験により確認した。

② 停止中の170基について、セットスクリューの緩みの有無を確認し、メカニカルシールのメーカーの締結手順に関する資料を参考に、トルク管理をして、締結した。運転中のポンプ66基は、停止したときに同様の締結を実施する。

③ 1基について、ストッパーリングの変位とセットスクリューの緩みを認めたため、分解点検を実施した。

教訓(事故調査解析委員会作成)

① 配管、弁類、熱交換器などの締結体として用いられるボルト締めフランジ継手は、締結管理を行うべき対象として一般的である。本事例のメカニカルシール機構は、押付けの摩擦力によって固定することで、シール性能を確保している。このような箇所も、締結管理を行う必要があることを認識すべきである。

② メカニカルシール機構の締結管理は、メーカーが例示する締結方法を参考とし、全周均一な締付けとなるように適切な締結方法を検討する必要がある。

事業所の事故調査委員会

—

備考

—

キーワード

アロマ製造装置、パラキシレン製造装置、可燃性ガス、漏えい、火災、ポンプ、メカニカルシール、締結管理、摩擦力による締結

関係図面(特記事項以外は事業所提供)



図1 事故発生後のパラキシレン製造装置のポンプ付近
(矢印は、漏えい箇所を示す)

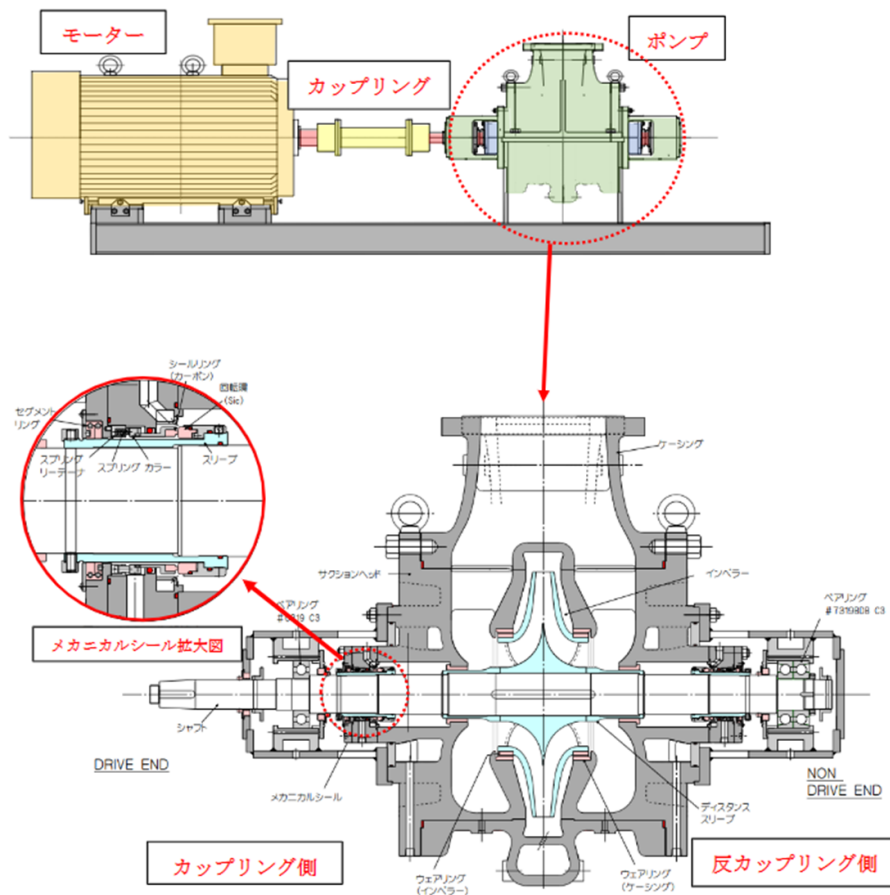


図2 ポンプの概略図、断面図

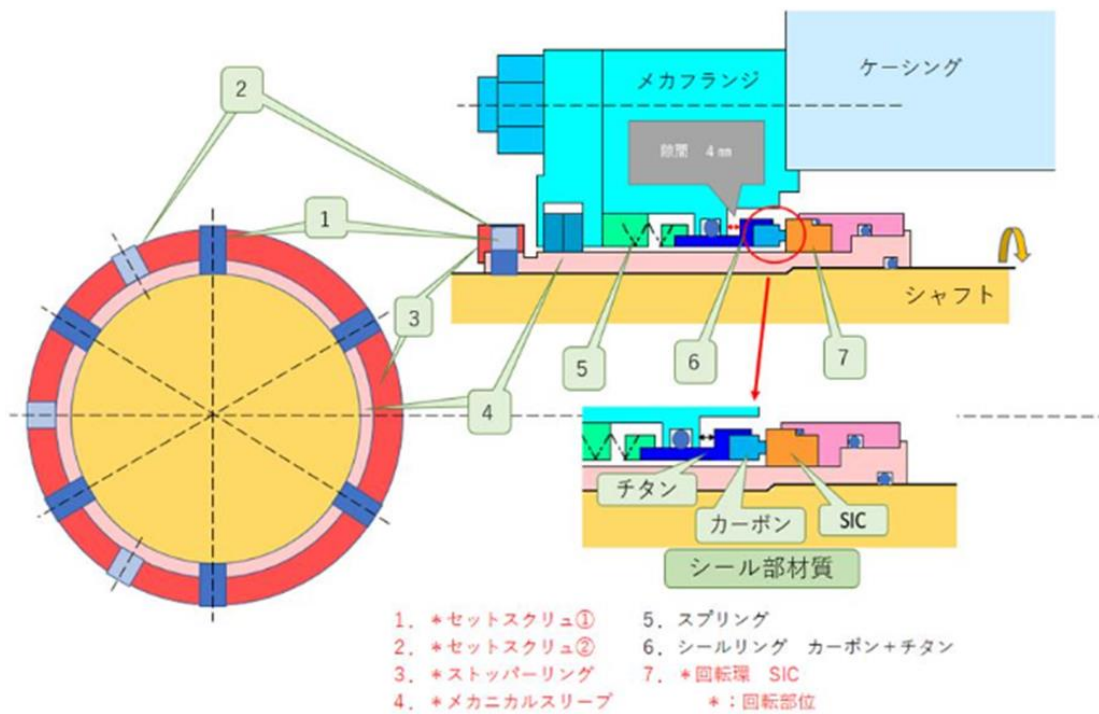


図3 メカニカルシールの概略図

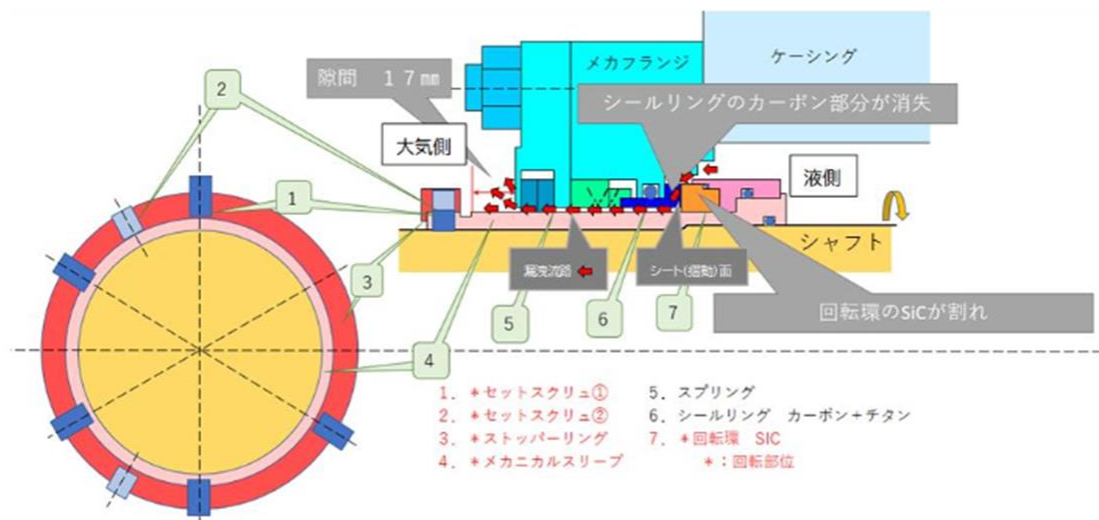
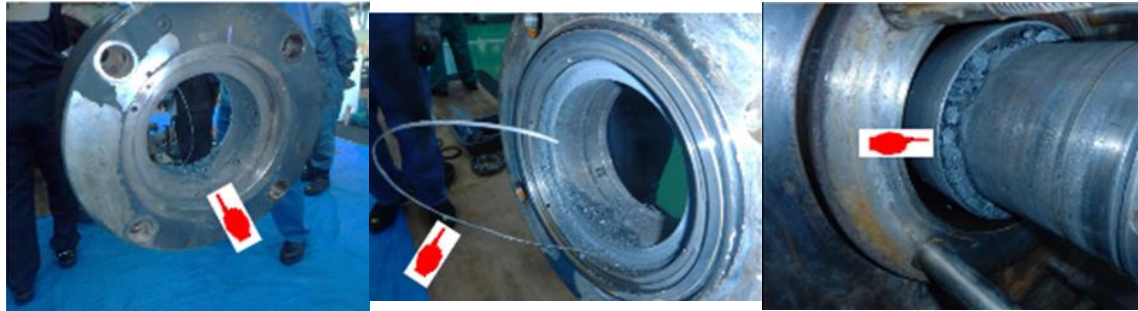


図4 事故発生時のメカニカルシール状態



- ① メカニカルシールフランジの内周面に砕けたシールリング(カーボン)が堆積していた。 ② メカニカルシールフランジの背面にシールリング(チタン)が巻かれていた。 ③ 回転環の SiC(炭化けい素)が割れていた。

図 5 ポンプの分解点検で確認したメカニカルシール(反カップリング側)の状態