

1. 目的

高圧ガス設備において、動機器は高圧ガスを加圧、移送する重要な機器である。動機器の漏えい防止装置として軸封装置がある。軸封装置の事故は、平成19年から平成25年の7年間で83件が継続的に発生している。このため、軸封装置の事故の再発防止、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まとめた。

2. 軸封装置と事故の抽出方法

(1) 軸封装置

動機器には、往復式圧縮機、遠心式圧縮機、往復式ポンプ、遠心式ポンプがある。往復式圧縮機の軸封装置にはピストンロッドパッキン及びラビリンスシール、遠心式圧縮機の軸封装置にはラビリンスシール、カーボンリングシール、メカニカルシール及びドライガスシール、往復式ポンプの軸封装置にはピストンロッドパッキン(グランドパッキンあり)及びラビリンスシール、遠心式ポンプの軸封装置にはグランドパッキン及びメカニカルシールがある¹⁾。

メカニカルシールの原理を、図1に示す。

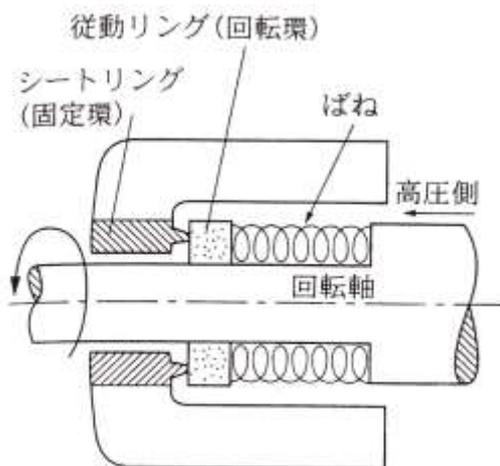


図1 メカニカルシールの原理

メカニカルシールとは、端面密封方式で軸に直角にセットされている精密な部品で、漏えいをほぼ完全に止めることができ、可燃性、毒性の流体に使用される。しかし、振動に弱いいため、取扱いは慎重に行い、漏れ出したら止めることはできないので、運転管理、設備管理には十分な注意が必要である。

(2) 事故の抽出方法

軸封装置の事故の抽出方法は、高圧ガス事故データベースの設備区分を「圧縮機、ポンプ」で検索し、事故概要から「メカニカルシール、軸封」をキーワードとして93件を抽出し、更に内容を見て精査し83件に絞り込んだ。

3. 事故の解析

平成 19 年から平成 25 年の 7 年間の高圧ガス設備における動機器の軸封装置の事故（以下、「軸封事故」という）について、事故件数の推移を図 2 に示す。軸封事故は、平成 20 年から平成 23 年が年間 15 件以上の高い水準で発生しており、特に平成 21 年には 19 件のピークを示している。

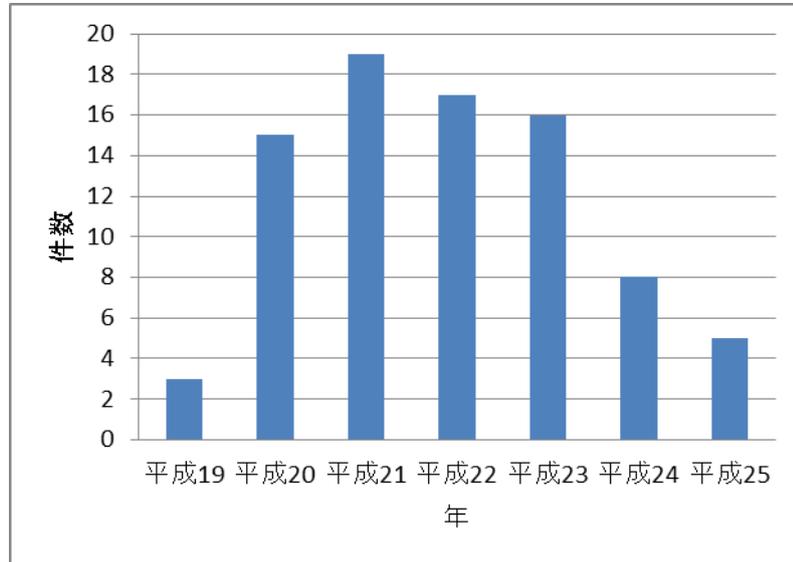


図 2 軸封事故の事故件数の推移

分野ごとでは、製造事業所が 100%で、消費と移動は発生していなかった。

製造事業所分類の内訳では、コンビナート等保安規則適用製造事業所（以下、「製造(コンビ)」という）が 67%、冷凍保安規則適用製造事業所（以下、「製造(冷凍)」という）が 29%、一般高圧ガス保安規則適用製造事業所（以下、「製造(一般)」という）が 3%、液化石油ガス保安規則適用製造事業所（以下、「製造(LP)」という）が 1%であった。

物質ごとに見ると総数 83 件のうちで、液化石油ガスが 32 件(39%)、炭化水素が 20 件(25%)、アンモニアが 14 件(17%)、フルオロカーボンが 11 件(13%)、以下順に、キシレン、酸素、天然ガス、原油が 2 件以下(2%以下)であった。

軸封事故の総数 83 件のすべて(100%)が、漏えい事象である。そのうちで、漏えいから火災に至った事象は 3 件で、漏えいから爆発、破裂・破損に至った事象はなかった。

そもそも軸封事故は、漏えい事象のうちで、「漏えい②」(フランジなどの締結部、バルブなどの開閉部と取付部、可動シール部からの漏えい)に分類されている²⁾。軸封事故の事象分類の結果を、図 3 に示す。図 3 において、事故件数、漏えい事象の件数、「漏えい②」の件数は等しく、そのうちで 3 件(4%)が火災に至った事象である。

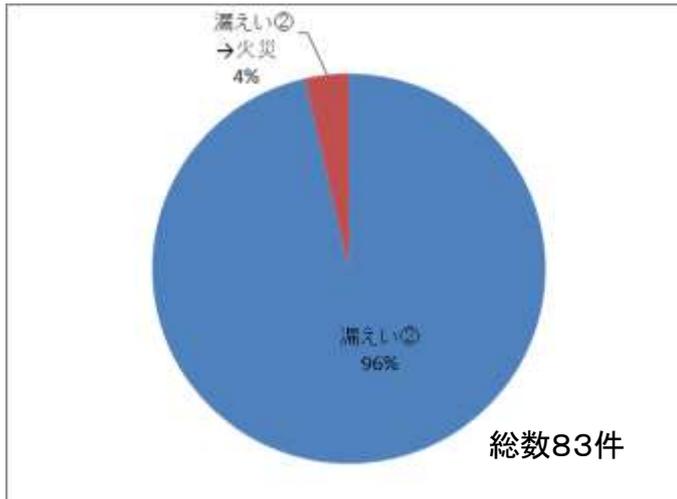


図3 軸封事故の事象分類

軸封事故の原因分類を図4に示す。従来、軸封事故の原因の多くは「シール管理不良」と判断してきたが³⁾、詳細に検討してみると「シール管理不良」以外の原因がある。その分類は、「シール管理不良」が82%、「誤操作、誤判断、認知確認ミス(以下、誤操作などという)」が7%、「設計不良」および「自然災害」がそれぞれ1%、その他が9%となっている。

「シール管理不良」では、締め付け不良、シールのための給油不足、シール材料の寿命による漏えいが多く、点検などで発見している。起動時の漏えいもあり、増し締め、予備機への切り替えなどの早期処置をしている場合が多い。また、少量漏えいの場合が多いため、シール材料の劣化とだけ記載しており、原因分類が不明な場合が多い。「シール管理不良」(100%)の製造事業所分類の比率は、「製造(コンビ)」が78%、「製造(冷凍)」が20%、「製造(一般)」および「製造(LP)」がそれぞれ1%である。

「誤操作など」では、操作を誤って漏えいを発生または拡大させた例が多く、冷媒の入れ過ぎによる油膜切れ、停止中の油膜切れ、暖機運転不足がある。

その他は、調査中と原因不明である。

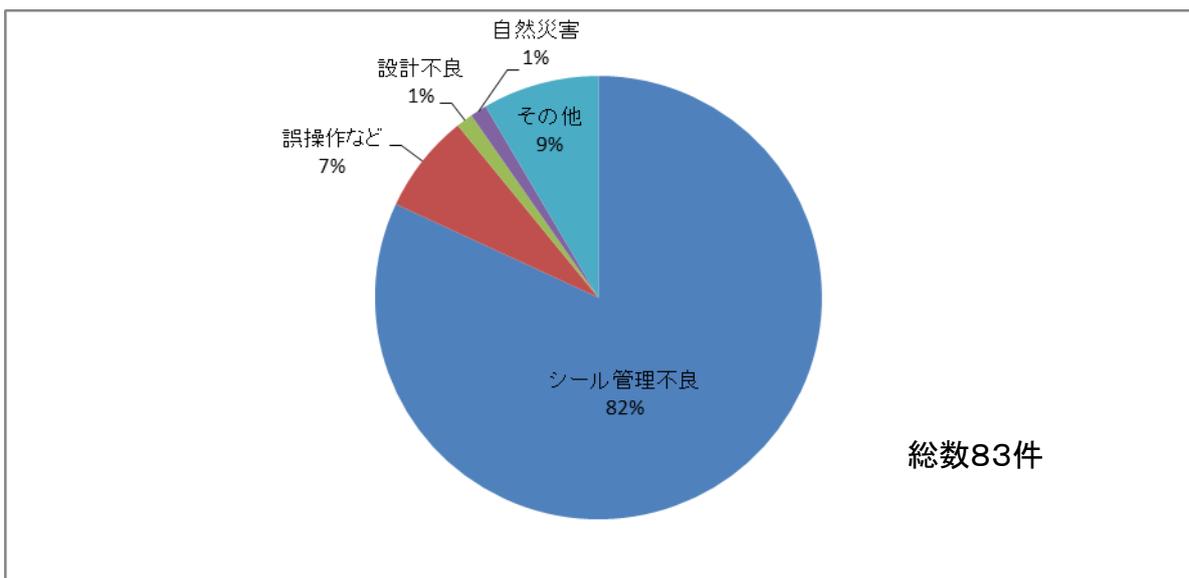


図4 軸封事故の原因分類

軸封事故の動機器の種類分類を、図 5 に示す。動機器の種類分類は、ポンプが 70%、圧縮機が 29%、攪拌機が 1% である。ポンプ(100%)の 93%が「製造(コンビ)」であることと、圧縮機(100%)の 92%が「製造(冷凍)」であることは、注目する必要がある。

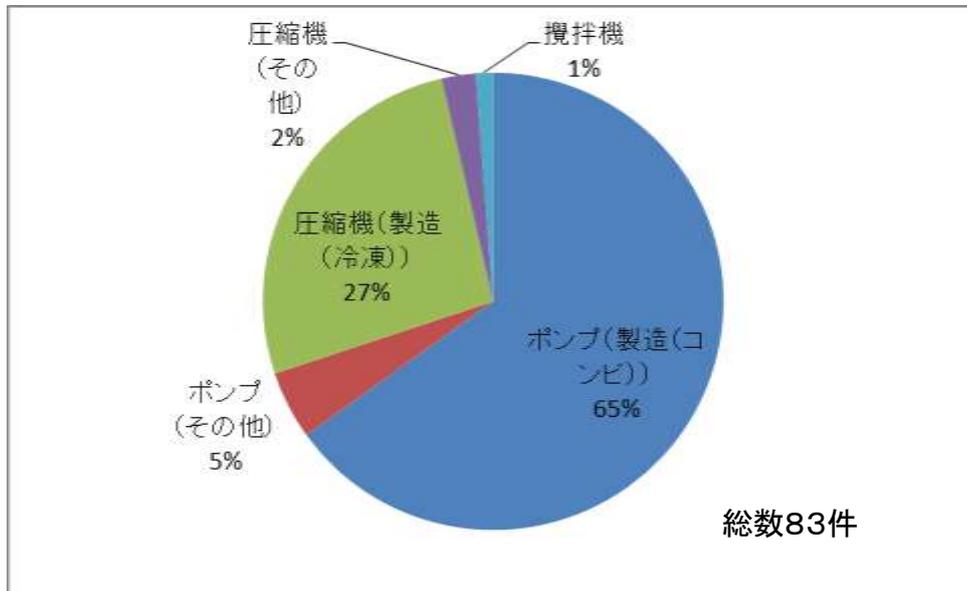


図 5 軸封事故の動機器の種類分類

軸封事故の総数 83 件の発見状況としては、運転中で点検時の発見が 48%、運転中で漏えい警報による発見が 27%、切り替え時の発見が 12%、起動時の発見が 8%、停止時の発見が 7% である。起動時、切り替え時は運転員が付いており、早期に処置ができる場合が多い。また、点検時も少量漏えいを早期発見している場合が多い。

なお、例えば 50kg 以上漏えいしたのは 15 件で、製造事業所分類では、「製造(冷凍)」が 12 件、「製造(コンビ)」が 2 件、「製造(一般)」が 1 件、「製造(LP)」はなかった。また、運転分類では、起動時が 2 件、点検時が 2 件、停止時が 1 件で、残りの 10 件は運転中に発生し、放置していた例が多い。

4. 事故防止の注意事項

動機器の軸封事故防止の注意事項を以下に示す。

(1) 維持管理

- ① 高圧ガス保安法では、製造する高圧ガスの種類、製造設備の態様に応じ、一日に一回以上当該設備の属する製造施設の異常の有無を点検し(冷凍保安規則第9条第2項、他省略)、と定められている。軸封装置は、装置に適した周期(直ごと、毎日など)で点検し、早期漏えい発見に全力を尽くす。点検においては、少量漏えい、異常な圧力、異音、発熱、振動、臭気、冷却水の温度、油量、油流などをよく確認する。停止後の漏えいも発生しているので、停止後の漏えい防止にも気を配る。
- ② 軸封装置には寿命があるので、交換周期を適正に管理し、交換する。また、機器の特性によっては寿命が短くなることがあるので、状況を把握する。
- ③ 検査内容について、パッキンの接触面の摩耗と傷、シャフトとスリーブの嵌合い、機器寸法の精度が許容値内であることを確認する。

(2)装置

- ①重要な機器の軸封装置の周辺にはガス検知器を設置するなど、早期漏えい発見に努める。
- ②軸封装置の採用に当たっては、危険性(毒性ガス、可燃性ガス)による軸封方式の選定(例:ダブルメカニカル方式、ノンシールポンプ)、シール材質の選定などについて、十分検討する。

(3)知識

高圧ガス設備、特に「製造(冷凍)」を維持管理する者は、軸封装置について十分な知識を事前に修得する。

5. 提言

- ①漏えい②の場合、継手とバルブについては事故扱いしない微量漏えいが明確に定義されている。軸封装置については、この定義がない。
- ②しかし、軸封装置は微量漏えいすることを前提として、漏えい防止機能を維持している。
- ③現状の事故件数は多くないけれども(7年間で83件)、微量漏えいの定義の解釈次第で、事故件数は増加する。
- ④現状の事故も、大半は漏えいのみにより留まり、漏えいから火災に至る事故は少なく(4%)、漏えいから爆発、破裂に至る事故はない。
- ⑤したがって、軸封装置の微量漏えいについて、定義を明確にし、条件を具体的に設定することが望ましい。一例を、以下に示す。
 - ・微量漏えいの検知方法と定義の明確化
(例えば、可燃性ガスの場合、ガス検知器による爆発下限濃度の1/4以下を微量漏えいとする。)
 - ・ダブルメカニカル方式などの内部少量漏えいは、微量漏えいとみなす。
 - ・予備系統への早期切り替えによる少量漏えいは、微量漏えいとみなす。
- ⑥なお、微量漏えいが結果として多量漏えい、漏えいの継続、火災、人身災害となった場合は、事故扱いとする。
- ⑦毒性ガスの微量漏えいを含む漏えいは、事故扱いとする。

[参考文献]

- 1) 高圧ガス保安協会編、高圧ガス保安技術、I 学識、11 高圧設備、11. 6 流体の漏えい防止、pp.326～333、高圧ガス保安協会、平成 25 年
- 2) 小林英男編著、高圧ガス事故の統計と解析、2章高圧ガス事故の分類と基礎知識、3. 2 漏えい②、pp.23～27、高圧ガス保安協会、2014 年
- 3) 小林英男編著、高圧ガス事故の統計と解析、2章高圧ガス事故の分類と基礎知識、3. 2 漏えい②、(3) 可動シール部、pp.25～27、高圧ガス保安協会、2014 年