

可とう管の事故の注意事項について

高圧ガス保安協会

1. 目的

高圧ガス設備において金属製可とう管(フレキシブルチューブ)は、設備と管の間の管軸方向、管軸直角方向および管軸曲げなどの変位を吸収することを目的に用いられている。また、スタンド、高圧ガスタンクローリーなどの充てん設備の充てんホースとしても多く用いられている。金属製可とう管の名称は、フレキシブル管、フレキシブルチューブ、スパイラル管、スパイラルチューブなどがある。材料は、スパイラル形状に冷間加工したオーステナイト系ステンレス鋼である。管の端面を管軸と垂直にするために、端部をかしめている。また、ゴム製ホースの名称は、フレキシブルホースなどがある。ゴム製ホースは、ステンレス鋼の線材を編み込んだブレード(平織ひも)で被覆することがある。しかし、両者はチューブとホースという相違があるにもかかわらず、厳密に区別されていないので、以下は可とう管と総称する。可とう管は、毎年、10 件程度の高圧ガス事故報告がなされており、対策が課題となっている。このため、可とう管での事故の再発防止、未然防止に向け問題点を抽出し、今後の対策を図るための注意事項をとりまとめた。

なお、圧力容器の伸縮継手(ベローズ形伸縮継手と成形シェル形伸縮継手)は JIS B 8277:2008 に、ベローズ形伸縮管継手は JIS B 2352:2005 に規定がある。可とう管は本来、上記の JIS の適用範囲外の金属スパイラルチューブとゴム製ホースであるが、ベローズ形伸縮継手とも厳密に区別されていない。すなわち、以下で取り上げる可とう管には、ベローズ形(スパイラル形ではない波型)も含まれている。

2. 可とう管の事故統計

平成 19 年から平成 24 年までの 6 年間で、高圧ガス設備における可とう管の事故(以下「可とう管事故」という)件数の推移を図 1 に示す。過去 6 年間で、可とう管事故は 61 件発生しており、平均すると年間 10 件を超える高い水準で推移している。うち、充てん所(スタンドを含む)が 21 件、運送が 13 件であり、両者を合計すると全事故の 50%を超える。

規制対象ごとでは、42 件が高圧ガス製造事業所の事故、13 件が移動中の事故、6 件が消費中の事故である。さらに、高圧ガス製造事業所の事故では、一般高圧ガス保安規則適用事業所における事故が最も多く、全体の事故件数の 40%(27/61)を超える。ガス種別の事故件数を表 1 にしめす。17 件が LP ガスで最も多く、次に 11 件が天然ガスと窒素である。

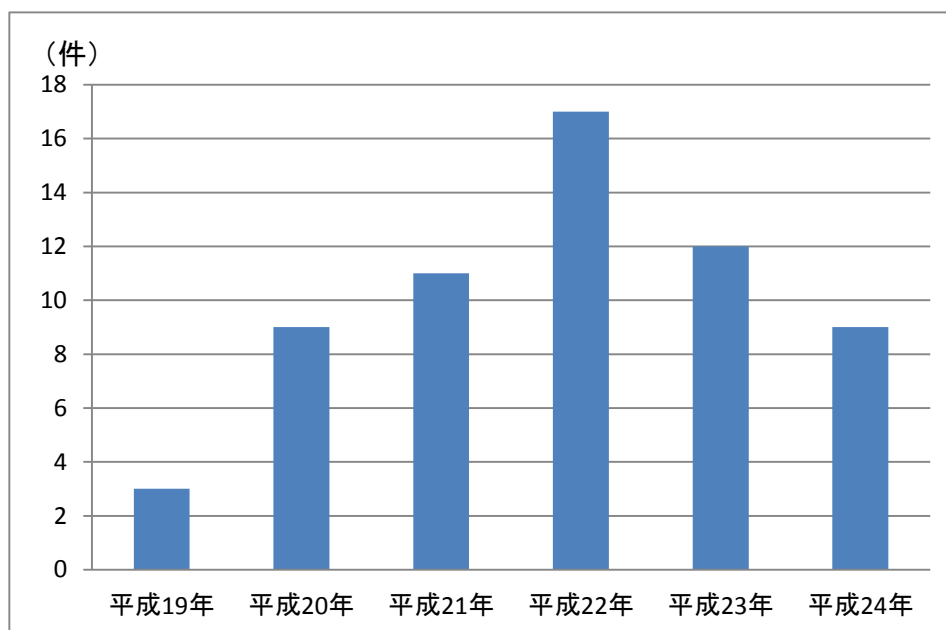


図1 可とう管事故件数の推移

表1 ガス種別の可とう管事故件数

液化石油ガス	17
窒素	11
天然ガス	11
酸素	5
炭酸ガス	5
フルオロカーボン22	4
水素	3
アルゴン	1
ヘリウム	1
炭化水素	1
混合ガス(水素、空気)	1
混合ガス(水素、硫化水素)	1

次に、可とう管事故を事象ごとに分類した結果を、図2に示す。漏えい①は、機器、配管などの本体(溶接部を含む)の損傷、破壊(疲労、腐食など)による漏えいである。漏えい②は、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比較的微少な漏えい(パッキンなどの劣化を含む)である。漏えい③は、漏えい①と漏えい②以外のバルブの誤開閉、開閉忘れ、液封、外部衝撃などによる破裂、破損、変形、その他の比較的大規模な漏えいである。図2において、漏えい事象が事故件数の97%(59/61)を占めている。また、漏えいなしの爆発が2件、漏えいが先行する火災が1件となっている。

漏えい事象(100%)では、漏えい①が74%(45件)、漏えい②が13%(8件)、漏えい③が10%(6件)であり、漏えい①が大半を占める。漏えい②では、8件中7件が締結部からの漏

えいであり、事故原因は締結管理不良が3件、点検不良が2件となっている。漏えい③の6件の事象は液封、ローリの誤発進、外部衝撃などの多岐にわたるが、原因は全て誤操作など(誤操作、誤判断、認知確認ミス)である。

件数が最も多い漏えい①の事象をメカニズムで細分化分類した結果を、図3に示す。漏えい①では、疲労事故が77%(35件)であり、続いて摩耗事故が10%(4件)、外面腐食が7%(3件)となっている。漏えい①の疲労の要因は、振動が67%(30件)と最も多く、可とう管事故全体に対しても約50%(30/61)を占める。

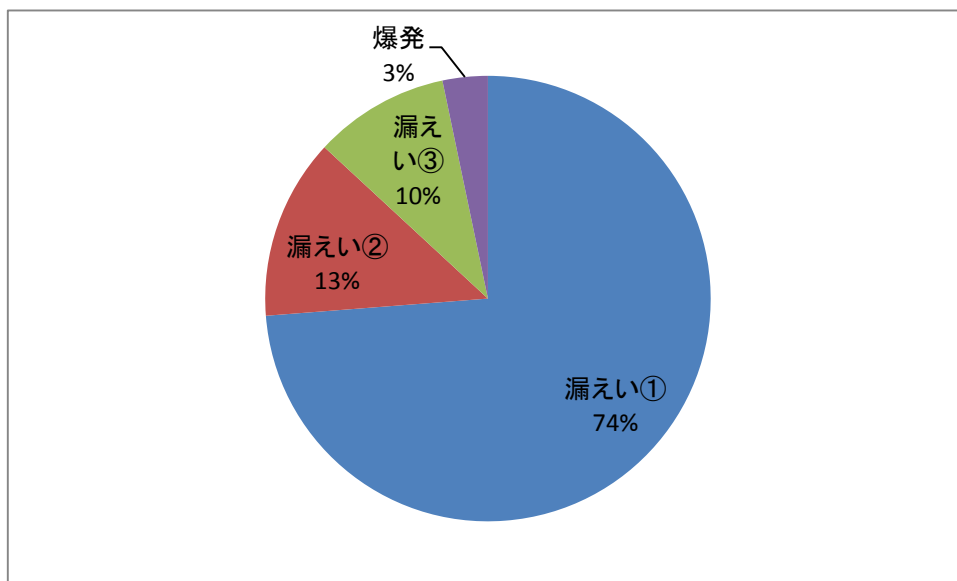


図2 可とう管事故の事象ごとの分類

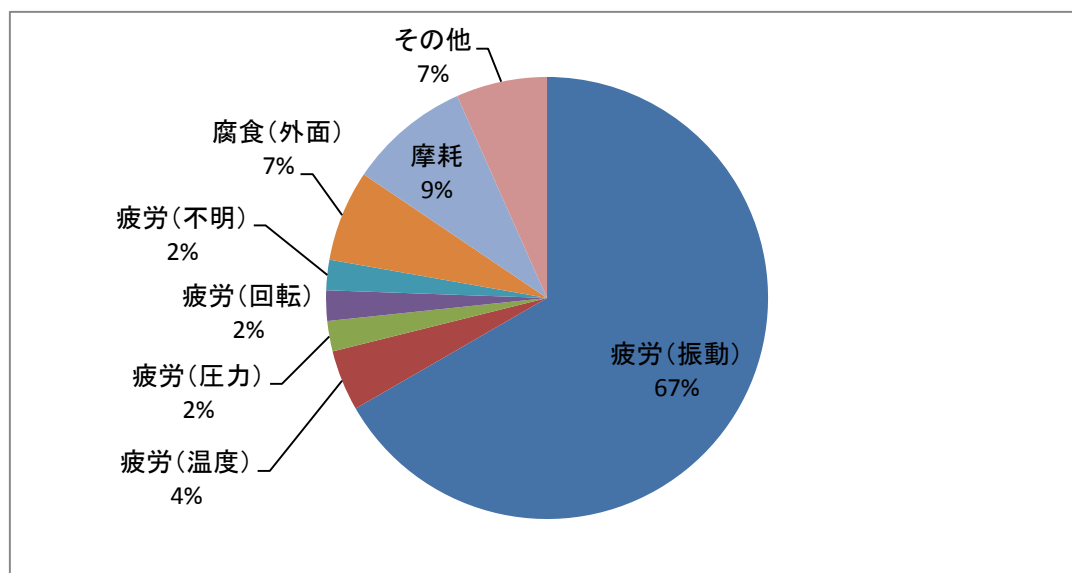


図3 漏えい①の事象のメカニズムによる細分化

可とう管事故全体の事故原因を分類した結果を図4に、疲労に注目した事故原因を分類した結果を図5に示す。図4から、設計不良が可とう管事故の事故原因の50%(34/61)以上

を占める。また、図5の疲労に注目した場合には、設計不良は事故原因が約90%(31/35)を占める。

設計不良は、変位の吸収を目的としている可とう管に対して、振動、圧力および温度に起因する繰返しの負荷を考慮していないことが原因である。特に、振動に起因する疲労事故は、可とう管の疲労事故の85%(30/35)を占めている。疲労事故は、定期検査だけで対処することが困難である。可とう管を高圧ガス設備に用いる場合には、振動に最も注意が必要である。

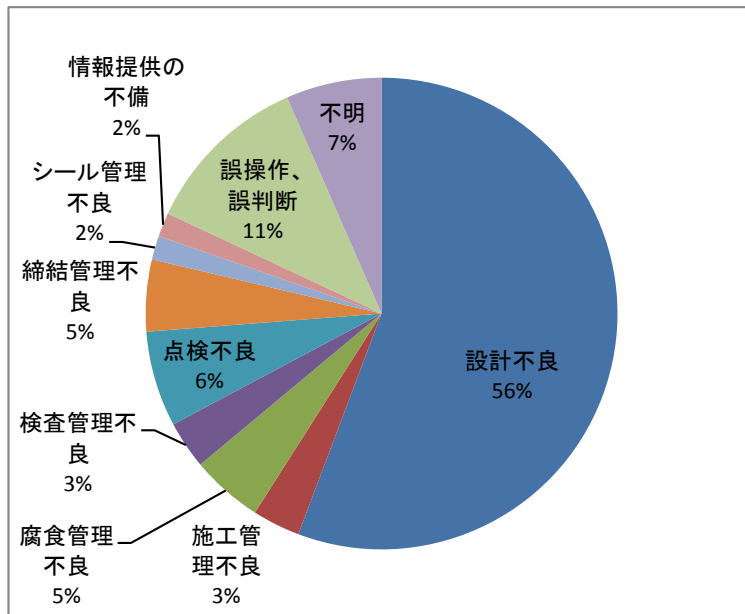


図4 可とう管事故全体の事故原因の分類

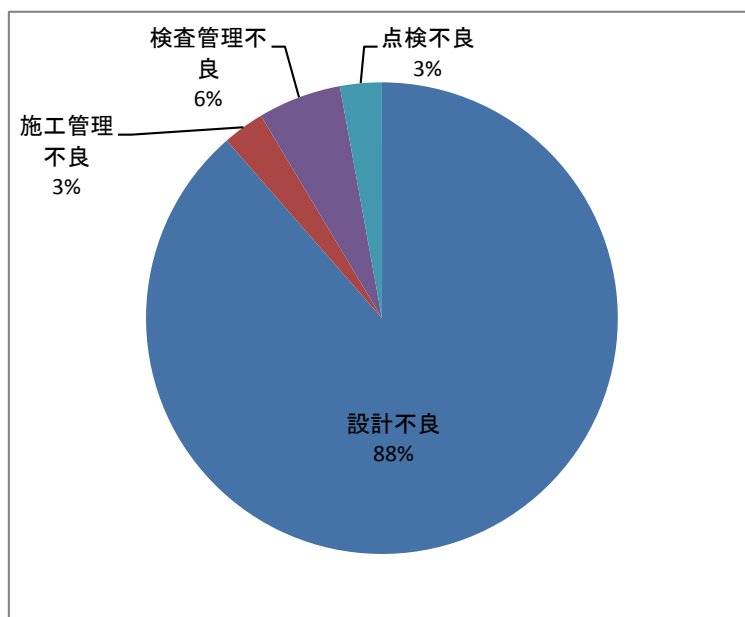


図5 疲労に注目した事故原因の分類

3. 可とう管の対策の注意事項

(1) 疲労事故について

事故件数の最も多い振動に起因する疲労事故を中心に、代表的な事故事例と注意対策を以下に示す。事故原因は全て設計不良となっている。

事例①の金属製可とう管は取付け間隔より長く、たわんだ状態で設置されており、圧縮機の振動により疲労破壊したと推定される。事前に施工箇所に必要な管の長さを確認し、適切な長さの可とう管を設置することが重要である。長すぎるとたわみにより曲げ応力が作用し、短すぎると引張応力が作用し、この平均応力に振動の応力振幅が作用して早期に疲労破壊に至る場合があるので、可とう管は指定長さよりも伸縮して取り付けてはならない。

事故後のメーカーによる振動結果報告書によれば、適切な長さ(極力真っ直ぐ)の可とう管をサポート(事故前は無し)とともに設置後、圧縮機の発停時と定常運転時の振動を比較したところ、発停時は定常運転時の4倍の変位幅となることが分かった。このため、発停時の振動を軽減させることは、疲労破壊防止に有効である。具体的な低減策としては、装置側では、圧縮機を防振架台上に設置する。配管側では、配管サポートも有効である。しかし、配管サポートは、サポート自体が曲げ振動の支点とならないように、加振方向、振動の大きさ、取り付け位置に対する適切な検討が必要である。

事例②の金属製可とう管は LP ガススタンドのディスペンサー内に設置されており、液相ポンプの発停時の振動により疲労破壊したと推定される。液相ポンプの振動対策として、リリーフバルブを設けることが有効である。容器の残液量が少なくなると、液相ポンプがベーパーロックを起こして振動が大きくなるため、残液量にも注意が必要である。

事例③の金属製可とう管は冷凍機の冷媒配管として使用されており、圧縮機の振動により疲労破壊したと推定される。

可とう管は変位を吸収することを目的に用いられているが、過大な変位は吸収できない可とう管は、設計で定められている長さに対する許容変位量以下に変位を抑えて、設置しなければならない。また、可とう管は許容曲げ半径以下の鋭く曲げた状態で設置すると、短時間で疲労破壊を生じるため、鋭い曲げを避けて設置しなければならない。通常の配管に比べねじれも生じやすいため、設置時のねじれが生じないように注意しなければならない。

振動以外では、温度、圧力および回転によって5件の疲労事故がある。事故原因は、設計不良が4件、施工管理不良が1件となっている。可とう管の疲労事故は、設計時に疲労が考慮されていないことが原因である。

疲労事故35件のうち、漏えい箇所が判別できた18件は、全て可とう管を構成する継手またはホースの接続部近傍で漏えいが生じている。接続部に応力集中が生じ、疲労が起こりやすくなっている。また、可とう管がオーステナイト系ステンレス鋼の場合は、接続部が溶接による熱の影響を受け強度が低下することに注意が必要である。

前述したように、可とう管は、用語の定義が統一されていない。疲労事故35件のうち、ホースが25件、管(チューブ)が10件であった。しかし、ホースの25件のうち半数の13件が、配管として使われていることが判明した。可とう管は、製作メーカーのカタログから選んで設備に使用する場合がほとんどである。このため、適切な可とう管の選定には、使用目的を正しく表す用語の定義が必要である。スタンド、高圧ガスタンクローリーなど充てん設備で、脱着を繰り返す充てん用のフレキシブルホースと、設備間の高圧ガスの輸送を行う配管系

の一部である可とう管がフレキシブル管(チューブ)を区別することが重要である。

表 可とう管の振動による疲労事故事例

事例	年月日	物質名	業種	事故概要
①	2011/7/11	炭酸ガス	食品	事業所内の炭酸ガス製造設備で、日常点検の際に、No.1コンプレッサー出口の可とう管から、炭酸ガス漏えい音が発生していることを感知した。調査の結果、可とう管のフランジかしめ接続部からの漏えいを発見した。原因は、面間より長い可とう管をたわませることを目的に、押し付けた状態で取り付けたため、その応力と圧縮機の振動が合わさったためと推定される。
②	2011/9/16	LP	スタンド	LP ガススタンドで、10 時 55 分、ガス漏れ警報器が作動したため、事務所にいた保安係員が現場に急行し確認を行ったところ、ディスペンサー内部の可とう管のかしめ箇所の溶接部から LP ガスが漏えいしていることを確認した。なお、漏えいは微量であり、石けん水をかけると泡が連続して発生する程度であった。その後、漏えい箇所の直近のバルブを閉めることにより、漏えいを止めた。原因は、今回破損した可とう管は、設置後 14 年経過しており、設備の運転時に発生する液相ポンプの振動による疲労が蓄積したためと推定される。今後は、液送ポンプの差圧を 0.3～0.4MPa 程度に抑える等の振動防止対策を実施する。
③	2011/12/28	冷媒	研究所	事業所内の冷凍設備で、巡視点検中にシューツというガス漏れ音がした。調査したところ、冷凍機の冷媒配管(可とう管 20A)より冷媒(フルオロカーボン 22)が漏えいしており、直ちに近傍のバルブの閉操作及び閉止蓋の取り付けで、応急措置を行い、配管交換まで使用中止とした。なお、フルオロカーボン 22 の漏えい量は 100kg であった。
④	2012/5/10	LP	スタンド	スタンドで、定期自主検査を行っている際、ディスペンサー周囲でガス臭がしたため漏えい検査を行ったところ、ディスペンサー接続の可とう管からの漏えいを発見した。
⑤	2012/6/12	LP	スタンド	オートガス充てん設備のディスペンサーで、充てん作業中に異音が生じたため確認したところ、ディスペンサー内部の可とう管からガスが漏えいしていた。漏えい確認後、元弁を閉止しガスの漏えい停止を確認し、さらにディスペンサー内部のガスを放出管から抜き取った。なお、ディスペンサー直近のガス漏えい検知装置は作動していない。原因は、ポンプ稼働時の振動、または設置から 15 年経過により劣化したためと推定される。

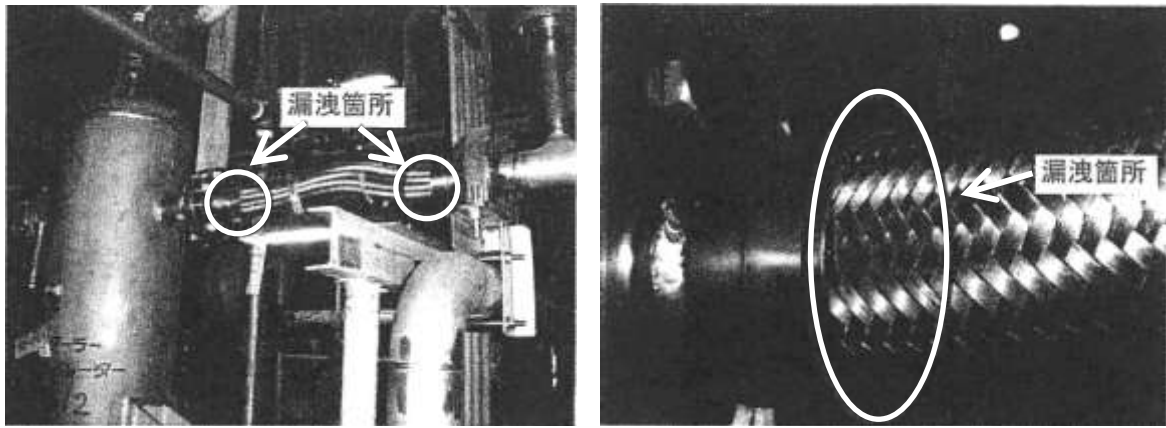


写真1 圧縮機出口の可とう管(事例①)



写真2 ディスペンサー内部の可とう管(事例②)

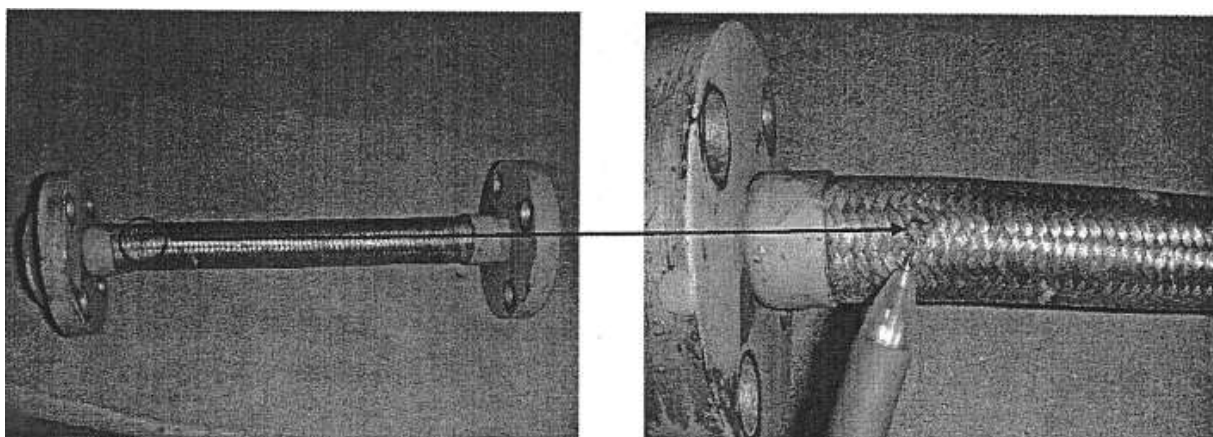


写真3 冷凍機の可とう管(事例③)

(2) 疲労以外の事故について

可とう管の漏えい①において疲労事故の次に多いのが、摩耗(4件)と外面腐食(3件)である。可とう管は、内圧による伸び、曲げ振動などでたわみを生じることがある。このたわんだ部分が、フランジ、ボルトなどの張り出した箇所に接触を繰り返し、摩耗で可とう管に穴が開いて漏えいが生じる。可とう管を設置する場合には、周囲に接触物がないことを確認する必要がある。

可とう管の外周は、加圧による伸びの防止と外部環境からの保護を目的としたブレードで被覆することがある。ブレードは、ステンレス鋼の線材または帯材を編み込んだものであるため、腐食性の液体が付着した場合に隙間に留まりやすく、可とう管の腐食の原因となる。また、ブレードで覆われている可とう管は、目視検査が困難なため腐食の発見が遅れてしまう。ブレードに腐食液が付着した場合は、水で洗い流すなどの適切な方法で腐食液を除去することが必要である。