

管継手（エルボ）の高圧ガス事故の注意事項

特別民間法人高圧ガス保安協会

1. 目的

配管は、装置、機器を連結して流体を輸送することを目的とし、管、管継手、バルブなどの部品との組合せにより配管系を構成している。このうち、管継手には、エルボ、T、レジューサ、キャップなどの規格標準品があり、用途（流体の方向転換、分岐、集合または配管の末端の閉鎖など）に応じて、幅広く使用されている。

管継手の中でもエルボは、配管の直管部と比較したとき、減肉速度を正確に把握することが難しく、過去の高圧ガス事故概要報告では、定点の肉厚測定を行っていたにもかかわらず腐食減肉により開口し、漏えい、火災に至る事例が報告されている^{1) 2)}。

そこで、本年度は管継手(エルボ)の高圧ガス事故の統計と解析を行い、管継手(エルボ)の高圧ガス事故の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とりまとめる。

2. 管継手（エルボ）

管継手(エルボ)は、互いにある角度をなす二つの管の接続に用い、曲率半径が比較的小さい管継手である。対応英語(和訳)は、elbow(腕の肘)である。

管継手(エルボ)は、その形状により、大分類として、45° エルボ、90° エルボ、180° エルボ、小分類としてロング、ショート、同径、径違いなどの区分がある(図1)³⁾。

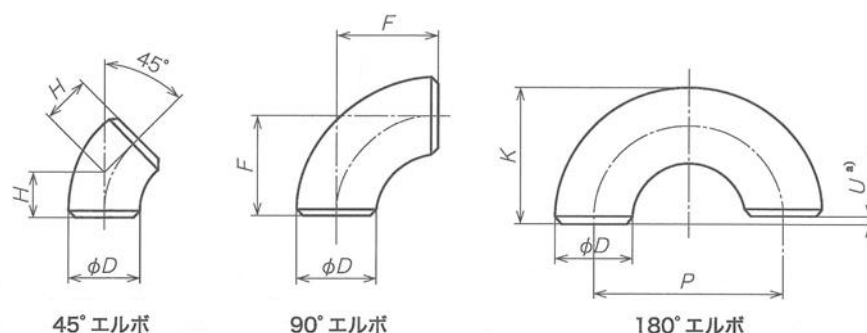


図1 45° エルボ、90° エルボ、180° エルボ

3. 管継手（エルボ）の事故の抽出

高圧ガス事故データベース⁴⁾を用いて、平成25年から令和4年までの10年間で発生した喪失、盗難を除いた高圧ガス事故(以下「事故」という)5,704件のうち、管継手(エルボ)の事故75件を抽出した。

抽出条件は、次である。

- ① 平成25年(2013年)から令和4年(2022年)までの10年間の高圧ガス事故5,704件を対象とした。
- ② ①から次のキーワードで82件を抽出した。
 - ・ エルボ
 - ・ ベンド

- ・ 曲げ管
- ・ L 管
- ・ L 継手

③ ②の事故の内容を精査した結果、管継手(エルボ)を対象とした事故ではなかった 8 件を除き、74 件を抽出した。

④ 過去に作成した高圧ガス事故概要報告より、③の 74 件と重複しない 1 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⁵⁾。

4. 管継手（エルボ）の事故の統計と解析

(1) 事故件数の推移

管継手(エルボ)の高圧ガス事故件数の推移を、図 2 に示す。事故件数の推移は年によって増減があるが、調査対象期間の年平均では 7.5 件であり、最多は、平成 31 年(令和元年)の 15 件である。また、調査対象期間で件数がゼロとなった年はなく、毎年 2 件以上の事故が起きている。

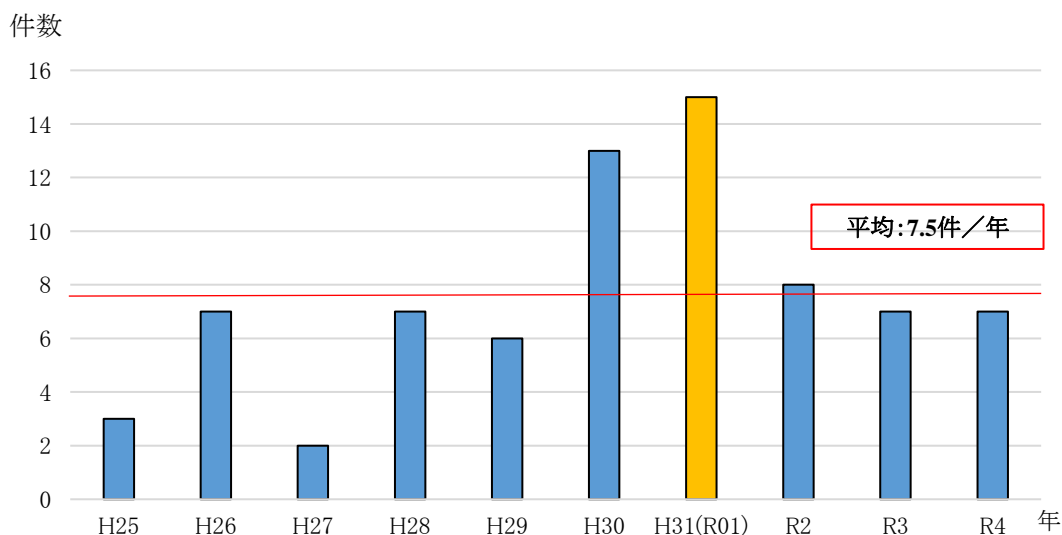


図 2 管継手(エルボ)の高圧ガス事故件数の推移

(2) 事象分類の統計

管継手(エルボ)の高圧ガス事故件数 75 件を、1 次事象(漏えい、爆発、火災など)で分類して、事故件数の推移と統計を表1に示す。また、1 次事象の後に 2 次事象がある場合(たとえば、漏えいが先行して、火災に至る場合)の事故件数も表 1 の右端に示す。

事故件数を事象ごとにみると、75 件すべてが漏えいである。また、漏えいから火災に至った事故件数は 2 件である。

漏えい事象の内訳は、漏えい①が 72 件で、大半を占める。漏えい②がなく、漏えい③が少ないのは(2 件)、当然の結果である。

表1 事象分類の統計

年	事故 件数	漏えい					爆発、 火災	破裂 ・ 破損	その他	漏えい → 火災 など
		漏えい①	漏えい②	漏えい③	不明、 調査中					
H25	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0
H26	7	7	6	0	1	0	0	0	0	0
H27	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
H28	7	7	5	0	1	1	0	0	0	0
H29	6	6	6	0	0	0	0	0	0	0
H30	13	13	13	0	0	0	0	0	0	0
H31 (R01)	15	15	15	0	0	0	0	0	0	2
R02	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0
R03	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0
R04	7	7	7	0	0	0	0	0	0	0
合計	75	75	72	0	2	1	0	0	0	2
(%)※	(100%)	(100%)	(96%)	(0%)	(3%)	(1%)	(0%)	(0%)	(0%)	(3%)

※ パーセントは、小数点第1位の値を四捨五入して、整数表示としている。(以下、同じで※印は省略。)

(3) 事象と分野の統計

管継手(エルボ)の高圧ガス事故件数 75 件を、事象と分野(規制対象)で分類して表 2 に示す。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)、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)、冷凍保安規則適用製造事業所(以下「製造事業所(冷凍)」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)に区分している。

製造事業所(コンビ)の分野が最も多く25件、次いで製造事業所(冷凍)が23件、製造事業所(一般)が22件、消費が3件、製造事業所(LP)および移動が1件ずつと続く。

表2 事象と分野の統計

分野	事故件数	漏えい					爆発、 火災	破裂 ・ 破損	その他	漏えい → 火災 など
		漏えい①	漏えい②	漏えい③	不明、 調査中					
製造事業所	71	71	69	0	1	1	0	0	0	2
一般	22	22	22	0	0	0	0	0	0	0
冷凍	23	23	21	0	1	1	0	0	0	0
コンビ	25	25	25	0	0	0	0	0	0	2
LP	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
移動	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
消費	3	3	2	0	1	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	75	75	72	0	2	1	0	0	0	2
(%)	(100%)	(100%)	(96%)	(0%)	(3%)	(1%)	(0%)	(0%)	(0%)	(3%)

(4) 事故原因と分野の統計

管継手(エルボ)の高圧ガス事故件数 75 件を、事故原因(設計不良、腐食管理不良など)と分野(規制対象)で分類して表 3 に示す。腐食管理不良が最も多く 33 件、設計不良が次いで多く 31 件、製作不良が 3 件、検査管理不良が 2 件と続く。

表 3 事故原因と分野の統計

分野	事故 件数	事故原因							
		設計不良	腐食管理 不良	製作不良	検査管理 不良	誤操作な ど	交通事故 (他損)	施工管理 不良	その他 (不明、調 査中)
製造事業所	71	29	32	3	2	1	0	1	3
一般	22	16	4	0	1	0	0	0	1
冷凍	23	10	6	3	0	1	0	1	2
コンビ	25	3	21	0	1	0	0	0	0
LP	1	0	1	0	0	0	0	0	0
移動	1	1	0	0	0	0	0	0	0
消費	3	1	1	0	0	0	1	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	75	31	33	3	2	1	1	1	3
(%)	(100%)	(41%)	(44%)	(4%)	(3%)	(1%)	(1%)	(1%)	(4%)

(5) 損傷メカニズムと分野の統計

漏えい①の 72 件における損傷メカニズムを細分化し[腐食、疲労、エロージョン/コロージョン(以下、「E/C」という)、応力腐食割れ(以下、「SCC」という)など]、損傷メカニズムと分野(規制対象)で分類して表 4 に示す。漏えい①の損傷メカニズムでは、腐食と疲労が大半を占める。腐食は、製造事業所(コンビ)の分野が最も多く、次いで製造事業所(冷凍)の分野が多い。疲労は、製造事業所(一般)の分野が最も多く、次いで製造事業所(冷凍)の分野が多い。

表 4 漏えい①の損傷メカニズムと分野の統計

分野	漏えい① 件数	損傷メカニズム							
		腐食	疲労	E/C	SCC	クリープ	摩耗	その他	不明
製造事業所	69	24	28	4	5	0	2	4	2
一般	22	4	16	0	0	0	0	1	1
冷凍	21	6	9	0	0	0	2	3	1
コンビ	25	14	3	4	4	0	0	0	0
LP	1	0	0	0	1	0	0	0	0
移動	1	0	1	0	0	0	0	0	0
消費	2	1	1	0	0	0	0	0	0
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	72	25	30	4	5	0	2	4	2
(%)	(100%)	(35%)	(42%)	(6%)	(7%)	(0%)	(3%)	(6%)	(3%)

(6) 漏えい①(疲労)と分野の統計

漏えい①(疲労)の詳細と分野(規制対象)の分類を表5に示す。

疲労 30 件(100%)の詳細を見ると、温度変動が 18 件(60%)で過半数を占めている。次いで振動が 11 件(37%)、圧力変動が 1 件(3%)である。

製造事業所(一般)16 件(100%)のうち、温度変動が 13 件(81%)で大半を占めている。これに対して、製造事業所(冷凍)9 件(100%)のうち、振動が 6 件(67%)で過半数を占めている。

表5 漏えい①(疲労)と分野の統計

分野	疲労 件数	疲労の詳細		
		温度変動	振動	圧力変動
製造事業所(一般)	16	13	3	0
製造事業所(冷凍)	9	3	6	0
製造事業所(コンビ)	3	2	1	0
移動	1	0	1	0
消費	1	0	0	1
合計	30	18	11	1
(%)	(100%)	(60%)	(37%)	(3%)

製造事業所(一般)における漏えい①(疲労)の詳細(温度変動、振動)と設備区分の分類を表6に示す。漏えい①(疲労:温度変動)13 件のうち、コールド・エバポレータ(以下「CE」という)が 8 件で大半を占めている。次いで蒸発器(CE 以外)が 3 件である。漏えい①(疲労:振動)は 3 件すべてが、付属冷凍である。

製造事業所(冷凍)における漏えい①(疲労)の詳細(温度変動、振動)と設備区分の分類を表7に示す。漏えい①(疲労:温度変動)3 件および漏えい①(疲労:振動)6 件すべてが、冷凍設備である。

製造事業所(コンビ)における漏えい①(疲労)の詳細(温度変動、振動)と設備区分の分類を表8に示す。漏えい①(疲労:温度変動)2 件および漏えい①(疲労:振動)1 件のすべてが、CE である。

表6 製造事業所(一般)における漏えい①(疲労の詳細)と設備区分の統計

設備区分	疲労の詳細	
	温度変動	振動
コールド・エバポレータ(CE)	8	-
蒸発器(CE 以外)	3	-
付属冷凍	1	3
不明	1	-
合計	13	3

表7 製造事業所(冷凍)における漏えい①(疲労の詳細)と設備区分の統計

設備区分	疲労の詳細	
	温度変動	振動
冷凍設備	3	6

表8 製造事業所(コンビ)における漏えい①(疲労の詳細)と設備区分の統計

設備区分	疲労の詳細	
	温度変動	振動
コールド・エバポレータ(CE)	2	1

(7) 漏えい①(腐食)と分野の統計

漏えい①(腐食)の詳細(保温材なし、保温材あり、不明)と分野(規制対象)の分類を表9に示す。漏えい①(腐食)25件(100%)の詳細を見ると、保温材なしが12件(48%)で約半数を占めている。次いで保温材ありが9件(36%)、不明が4件(16%)である。ただし、製造事業所(コンビ)の場合、14件のうちの過半数8件が保温材ありである。

表9 漏えい①(腐食)と分野の統計

分野	腐食 件数	腐食の詳細		
		保温材なし	保温材あり	不明
製造事業所(一般)	4	3	1	0
製造事業所(冷凍)	6	4	0	2
製造事業所(コンビ)	14	4	8	2
消費	1	1	0	0
合計	25	12	9	4
(%)	(100%)	(48%)	(36%)	(16%)

(8) 漏えい①(E/C、SCC)と分野の統計

漏えい①(E/C、SCC)の詳細と分野の分類を表10に示す。合計9件の内訳は、E/Cが4件、SCCが5件である。9件のうち8件が製造事業所(コンビ)で、それ以外は製造事業所(LP)のSCCが1件だけである。

漏えい①(E/C)4件の材料を見ると、炭素鋼が3件、特殊な耐熱鋼が1件である。また、漏えい①(SCC)5件の材料を見ると、5件すべてがオーステナイト系ステンレス鋼である。

表10 漏えい①(E/C、SCC)と分野の統計

分野	E/C	SCC
製造事業所(コンビ)	4	4
製造事業所(LP)	0	1
合計	4	5

5. 注意事項

管継手(エルボ)の事故について、注意事項を示す。

- (1) 管継手(エルボ)の事故のまとめ
 - ① 管継手(エルボ)の事故は、毎年継続して起きていることを認識する必要がある。
 - ② 管継手(エルボ)の事故を事象ごとに見ると、全てが漏えいであり、漏えい①が大半を占める。また、漏えいから火災に至る事故も少ないがある。
 - ③ 管継手(エルボ)の事故を分野(規制対象別)ごとに見ると、製造事業所における事故が大半を占める。製造事業所の内訳は、一般、冷凍、コンビがほぼ同数で、LPは少ない。
 - ④ 管継手(エルボ)の事故を漏えい①の損傷メカニズムを見ると、疲労が最も多い。疲労の詳細を見ると、温度変動と振動が大半を占める。また、温度変動はCE、冷凍設備における事故が多く、振動は冷凍、付属冷凍における事故が多い。
 - ⑤ 漏えい①の疲労に次いで腐食の事故が多い。腐食の詳細を見ると、保温材の有無に関わらず事故が起きている。
 - ⑥ 漏えい①のE/CおよびSCCは、少ないがある。その詳細を見ると、炭素鋼配管にはE/Cがあり、オーステナイト系ステンレス鋼配管にはSCCがあるという学識が、管継手(エルボ)にも当てはまることがわかる。
- (2) 管継手(エルボ)の機能とハザード
 - ① 管継手(エルボ)は、配管系を構成する部品である。したがって、配管と同様に、配管系の温度変動と振動により疲労する。管継手(エルボ)は、配管の変位を拘束し、拘束による応力が発生すること、また曲げ加工による残留応力があることに、注意する必要がある。
 - ② 管継手(エルボ)の材料は、配管の材料と同一である。したがって、腐食管理は配管系を対象として行う必要がある。
 - ③ 管継手(エルボ)は、流路の方向転換という機能を発揮するために、形状変化がある。この形状変化が、流速変化、流れの乱れ、管壁への衝突などをもたらす、E/Cの原因となる。これを設計で考慮するとともに、適切な減肉管理位置の設定が重要である。
 - ④ 配管はE/Cへの対策として、炭素鋼からオーステナイト系ステンレス鋼への材料変更がなされる。管継手(エルボ)も同様である。しかし、オーステナイト系ステンレス鋼の不動態皮膜が、流体の流れにより削られる場合がある。また、管継手(エルボ)には、曲げ加工による引張残留応力がある。したがって、オーステナイト系ステンレス鋼のSCCにも、注意する必要がある。
 - ⑤ 以上に示したように、物的ハザードとして見た場合に、管継手(エルボ)はハザードとなる。この物的ハザードの管継手(エルボ)は、人的ハザード(学識)の腐食、疲労とペアを組み、複数ハザードとなる場合が多いことを認識し、注意する必要がある。

引用、参考文献

- 1) 高圧ガス事故概要報告 2013-197(熱交換器出口配管からの硫化水素漏えい)
- 2) 高圧ガス事故概要報告 2019-175(メチルエチルケトン製造装置 配管漏えい事故)
- 3) 一般財団法人日本規格協、JIS ハンドブック 6-2 配管Ⅱ(製品)、p1157、B2312:2015 表10(2020)
- 4) 令和4年度 高圧ガス事故事例データベース
- 5) 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.60、No.11、p.905-912(2023)