

高圧ガスの受け入れ作業における高圧ガス事故の注意事項

高圧ガス保安協会

1. 目的

高圧ガスの製造または消費をするために、高圧ガスの貯槽を設置している事業所では、タンクローリーから高圧ガスを受け入れることが多い。このタンクローリーから貯槽への高圧ガスの充填作業(以下「受け入れ作業」という。)は、種々の場所で、かつ高い頻度で行われるので、受け入れ作業における高圧ガス事故(災害)(以下「高圧ガス事故」という。)は、継続して発生している。

受け入れ作業は、高圧ガスの貯槽を設置している事業所の保安監督者、その指示を受けた者などの立会い、監督指導のもと、タンクローリーの作業者が行っている。一方で、コールド・エバポレータ(以下「CE」という。)の受け入れ作業については、一般社団法人日本産業・医療ガス協会が、単独荷卸し(CEを設置している事業所の保安監督者、その指示を受けた者などの立会い、監督指導は不要)の自主基準案を経済産業省に提案している。

本稿は、高圧ガスの貯槽を設置し、高圧ガスを受け入れる側(以下「受入側」という。)とタンクローリーにより高圧ガスを移動し、貯槽に充填する側(以下「払出側」という。)の両者を対象とした調査を実施し、受け入れ作業における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. 本調査の対象とする事故

本調査の対象とする事故は、受け入れ作業における受入側の高圧ガス事故と、タンクローリーから貯槽に高圧ガスを充填する作業における払出側の高圧ガス事故の両者である。

なお、貯槽からタンクローリーに充填する作業における高圧ガス事故は、本調査の対象にしない。また、受け入れ作業に使用する高圧ガス設備において、受け入れ作業以外の作業における高圧ガス事故は、本調査の対象としない。

3. 事故の抽出

高圧ガス事故データベースを用いて、最近10年間(平成21年から平成30年まで)に発生した高圧ガス事故4,725件から、本調査の対象となる受け入れ作業における高圧ガス事故84件を、次の手順により抽出した。

- ① キーワード「受入」又は「受け入れ」で抽出した(187件)。
- ② 事故概要を精査し、2.の対象に該当しない高圧ガス事故103件を除いた(84件)。

なお、上記②で除いた高圧ガス事故103件の代表的な例を次に示す。

- 高圧ガスを輸送する船舶から、貯槽が供給を受けている際に発生した高圧ガス事故
- 貯槽に付帯した設備(例えば、バルブなど)で、日常点検時に漏えいを検知した高圧ガス事故
- 貯槽が設置された事業所に向けてタンクローリーが出発する前の点検時に漏えいを検知した高圧ガス事故
- 貯槽が設置された事業所に向けてタンクローリーが移動中に発生した高圧ガス事故

4. 事故の統計

4.1 10年間の傾向

最近 10 年間の高圧ガス事故(全数)と受け入れ作業における高圧ガス事故を比較して、統計を表 1 に示す。

受け入れ作業における高圧ガス事故 84 件の 10 年間の推移をみると、件数の増減はあるが、毎年継続して発生している。高圧ガス事故の件数の増大との相関は認められない。最近 10 年間で最も件数が多かったのは、平成 27 年の 16 件である。直近の平成 30 年も 12 件であり、2 番目に多い件数となっている。

表 1 高圧ガス事故と受け入れ作業における事故の統計

	平成 21 年	平成 22 年	平成 23 年	平成 24 年	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	平成 28 年	平成 29 年	平成 30 年	合計
高圧ガス 事故件数	327	406	490	429	395	389	463	579	568	679	4,725
受け入れ 作業における 事故件数	6	6	10	6	3	9	16	8	8	12	84

4.2 事故の分類

(1) 事故の分類

受け入れ作業における高圧ガス事故全数 84 件について、事故の分類の統計を、表 2 に示す。

事故の分類は、噴出・漏えい(以下「漏えい」という。)および破裂・破損の 2 つだけである。漏えいの事故は 80 件(95%)であり、全数の大半を占める。破裂・破損の事故は 4 件(5%)である。

表 2 事故の分類の統計

事故の分類	平成 21 年	平成 22 年	平成 23 年	平成 24 年	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	平成 28 年	平成 29 年	平成 30 年	合計
爆発	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火災	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
噴出・漏えい	6	6	10	5	2	9	14	8	8	12	80
破裂・破損	0	0	0	1	1	0	2	0	0	0	4
その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
合計	6	6	10	6	3	9	16	8	8	12	84

(2) 漏えいの分類

漏えいの事故 80 件について、分類(漏えい①、漏えい②、漏えい③)の統計を、表 3 に示す。

漏えいの分類をみると、漏えい①が 43 件(54%)であり、過半数を占めている。次いで漏えい②が 25 件(31%)、漏えい③が 12 件(15%)である。

事故件数の推移をみると、漏えい①、漏えい②および漏えい③が継続して発生しており、特に傾向は認められない。

表 3 漏えいの分類の統計

漏えいの分類	平成 21 年	平成 22 年	平成 23 年	平成 24 年	平成 25 年	平成 26 年	平成 27 年	平成 28 年	平成 29 年	平成 30 年	合計
漏えい①	5	3	5	4	1	6	8	7	2	2	43
漏えい②	1	1	3	1	0	2	4	1	4	8	25
漏えい③	0	2	2	0	1	1	2	0	2	2	12
合計	6	6	10	5	2	9	14	8	8	12	80

(3) 漏えいの分類(細分化)

漏えい①の 43 件について、損傷メカニズムによる細分化の統計を、表 4 に示す。

損傷メカニズムをみると、疲労が 36 件(84%)であり、大半を占めている。次いで、腐食が 5 件(12%)である。受け入れ作業では、振動の発生源となりうるポンプを使用することが多く、また低温の液化ガスの場合は温度変動もあることから、疲労には注意することが重要である。

表 4 漏えい①(損傷メカニズム細分化)の統計

損傷メカニズム	合計
腐食	5
疲労	36
エロージョン/コロージョン	0
応力腐食割れ	0
クリープ	0
その他	2
合計	43

漏えい②の 25 件について、部位による細分化の統計を、表 5 に示す。

部位をみると、開閉部が 14 件 (56%) であり、過半数を占めている。次いで、可動シール部が 6 件 (24%)、締結部が 5 件 (20%) である。受け入れ作業では、バルブの開閉作業を伴うため、適切な開閉作業を行うとともに、開閉部の機能 (例えば、弁シート、グランドパッキンのシール機能など) の維持を確実にすることが重要である。

表 5 漏えい②(部位細分化)の統計

部位	合計
締結部	5
開閉部	14
可動シール部	6
合計	25

漏えい③の 12 件について、人的行為などによる細分化の統計を、表 6 に示す。

人的行為をみると液封、外部衝撃などによる破裂、破損、変形 (以下「破裂など」という。) が 7 件 (58%) であり、過半数を占めている。この 7 件の中には、受け入れ作業が終了した後、タンクローリにローディングアームが取り付けられたまま、タンクローリが発車して、ローディングアームを破損し、高圧ガスが漏えいした事故がある。破損・破裂の分類でも、同様の事故が 1 件ある。ただし、漏えいはないので、破裂・破損の分類となった。こうした事故をなくすため、受け入れ作業終了後は、慌てることなく、縁切り作業まで確実に終わっていることを受入側と払出側の両方で確認した後、発車することが重要である。

表 6 漏えい③(人的行為など細分化)の統計

人的行為など	合計
誤開閉	2
開閉忘れ	0
破裂など	7
ドレン抜きミス	0
点火ミスなど	0
その他	3
合計	12

4.3 ガス種類および名称

受け入れ作業における高圧ガス事故全件84件について、ガスの種類および名称の統計を、表7に示す。

ガスの種類と名称をみると、可燃性ガス、支燃性ガスおよび不活性ガスの事故は、複数のガスで発生しており、全て液化ガスの事故である。事故件数をみると、液化窒素の事故が28件(33%)と最も多く、継続して発生している。次に可燃性の液化石油ガスと液化アンモニアの事故がそれぞれ12件(14%)と多い。また、支燃性の液化酸素の事故は、7件発生しており、最近の4年間(平成27年から平成30年まで)は継続して発生している。毒性ガスでは、液化アンモニアに次いで液化塩素の事故が4件発生している。

表7 ガスの種類および名称の統計

ガスの種類※1	ガスの名称	合計
可燃性ガス	LPG	12
	LNG	9
	液化水素	4
	ブテン	1
毒性ガス	液化塩素※2	4
可燃性毒性ガス	液化アンモニア	12
支燃性ガス	液化酸素	7
不活性ガス	液化窒素	28
	液化アルゴン	3
	液化炭酸ガス	3
	フルオロカーボン 134a	1
その他	—	0
合計		84

※1 ガスの種類は、高圧ガス・石油コンビナート事故対応要領による。

※2 塩素は、燃焼性による分類では、支燃性ガスである。

4.4 事故発生原因

受け入れ作業における高圧ガス事故全数 84 件について、事故発生原因の統計を、表 8 に示す。

事故発生原因の件数をみると、設計不良と劣化が 28 件(33%)であり、最も多い。ここでいう設計不良と劣化のほとんどは、振動または温度変動による疲労である。次いで、検査管理不良が 11 件(13%)、締結管理不良、および誤操作、誤判断が 9 件(11%)と続いている。

なお、移動中に発生した高圧ガス事故は、本調査の対象から除外しているが、交通事故が原因の事故が1件ある。これは、タンクローリが、受入側の事業所に入構後、受け入れ作業を行う場所に停車しようとした際、ギア操作を誤って受入側の事業所の設備を破損した事故である。

表 8 事故発生原因の統計

事故発生原因		合計
設備の設計、製作の不良	設計不良	21
	製作不良	2
	施工管理不良	6
設備の維持管理不良	腐食管理不良	5
	検査管理不良	11
	点検不良	4
	締結管理不良	9
	シール管理不良	3
	容器管理不良	0
	劣化	7
組織体制の不良	組織運営不良	0
	操作基準等の不備	4
	情報伝達の不備	0
ヒューマンファクタ	誤操作、誤判断	9
	不良行為	0
その他	自然災害	0
	交通事故	1
	その他	2
合計		84

4.5 設備区分

受け入れ作業における高圧ガス事故全件 84 件について、設備区分(受入側、接合部、払出側)の統計を、表9に示す。

設備区分をみると、受入側の設備の事故が 75 件(89%)であり、全数の大半を占め、継続して発生している。次いで、払出側の設備の事故が 7 件(8%)、接続部の事故が 2 件(2%)である。

表 9 設備区分の統計

設備区分	合計
受入側	75
接続部	2
払出側	7
合計	84

4.6 人的被害

人的被害のあった事故は3件で、件数は多くない。直近の平成30年にも1件発生している。

人的被害のあった事故3件について、事故の概要を、表10に示す。

3件はいずれも、軽傷1名である。

不活性ガスの事故2件は、払出側の作業員が、漏えいした高圧ガスを被液して軽傷を負った事故である。毒性ガスの事故1件は、払出側の作業員が、漏えいした毒性ガスを吸引して軽傷を負った事故である。

払出側の作業員は、事故が発生した場合、最も近くにいる可能性が高いことから、通常時の作業はもちろん、異常時の措置にも対応できる力量を有し、それを維持することが重要である。

表10 人的被害のあった受け入れ作業における事故の概要

事故発生年	死者	重傷	軽傷	事故の分類	漏えいの分類	事故発生原因	ガスの種類	ガスの名称	設備区分
平成23年	0	0	1	漏えい	漏えい②	締結管理不良	不活性ガス	液化窒素	接続部
平成27年	0	0	1	漏えい	漏えい③	誤操作、誤判断	毒性ガス	液化塩素	受入側
平成30年	0	0	1	漏えい	漏えい②	検査管理不良	不活性ガス	液化炭酸ガス	受入側

5. 注意事項

高圧ガス事故データベースを用いて、最近10年間(平成21年から平成30年まで)に発生した本調査の対象となる受け入れ作業時の高圧ガス事故を調査し、注意事項をとりまとめた。

本調査は、受入側と払出側の両者を対象として実施したため、注意事項は共通、受入側、払出側の3つに分けて記載する。

(1) 共通

- 受け入れ作業における高圧ガス事故は、毎年継続して発生していることを認識する必要がある。また、その結果、人的被害が発生する場合があることも認識する必要がある。
- 受け入れ作業における高圧ガス事故の分類をみると、漏えいが大半を占め、漏えいの大半を漏えい①が占め、漏えい①の損傷メカニズムの大半が疲労である。
- 受け入れ作業の高圧ガス事故のガスの種類をみると、全てが液化ガスの事故であるが、ガスの種類にかかわらず、高圧ガス事故が発生していることを認識する必要がある。
- 受け入れ作業の対象である高圧ガスについて、その性質、取り扱いの注意事項などを把握する必要がある。
- 万が一の事態に備え、異常時の措置について、訓練を行うことが重要である。

(2) 受入側（貯蔵を設置して高圧ガスを受け入れる側）

- 事故の分類では、振動または温度変動による疲労が大半である。疲労の事故の発生原因は、設計不良である。受入れ設備を設置する際には、振動および温度変動を十分考慮した設計が必要である。
- 事故発生原因で2番目に多いのが検査管理不良である。受け入れ作業においてはフレキシブルチューブ、ローディングアームおよび脱着に必要な治具と部品についての使用頻度に応じたメンテナンスが重要であり、各部品の適切な交換基準を作成し、同基準に基づいた検査管理が必要である。

- 受け入れ作業時の高圧ガス事故は、受入側の設備で多く発生しており、特に塩素の受け入れ作業において除害関連設備故障に伴う事故も発生している。受け入れ作業に関連する除害関連設備についても、常日頃から検査と点検を適切に行い、受け入れ設備と同様の維持管理が必要である。
- 受け入れ作業を行うときは保安監督者、その指示を受けた者が立会い、監督指導を適切に行う必要がある。特に、ローリ側の条件変更に対応できず塩素が加圧空気ラインに逆流する事故も発生した。保安監督者は受け入れ作業基準に準じて、払出側作業員からローリ側の情報も的確に把握し、受け入れ作業の開始、継続の可否を適切に判断し、払い出し側作業員に誤操作を行わないように確実に指示する必要がある。
- 受入側は払出側に事業所内のルールは元より、受入設備に設備変更など、受け入れ作業に必要な情報を適切に伝達することが重要である。

(3) 払出側(タンクローリにより高圧ガスを移動し、貯槽に充填する側)

- 払出側は、ローリ側の状況を適切に受入側の保安監督者等と情報共有した上で、保安監督者等の指示に従って、適切に作業を行うことが重要である。特に受入側の設備の異常を発見したときは、速やかに、受入側にその旨を伝える必要がある。
- 受入側と同様に、受け入れ作業において重要なフレキシブルチューブ、脱着に必要な治具および部品について、各部品の適切な交換基準に基づいた検査管理が必要である。
- 払出側は、運搬の経路、交通事情、自然条件、受入側ごとに必要な作業時間などを勘案し、作業員が適切な時間で、焦らずに作業ができるような運搬計画を立てる必要がある。
- 払出側作業員の誤操作、誤判断による事故も多く発生しているため、作業員に対して適切な教育と訓練を行い、その力量を向上させるとともに、例えば定期的にその力量を確認するなど、力量が維持されていることを確実にする必要がある。