

高圧ガスタンクローリーの事故防止について

高圧ガス保安協会

1. 目的

高圧ガスタンクローリーは、液化石油ガス、液化酸素、液化天然ガスなど、社会生活、産業活動に必要な様々な高圧ガスを目的地まで安全に移送することが求められている。

高圧ガスを移動、移送する一般的な手段は、①高圧ガス容器を車両に積載（ばら積み、トレーラー積みなど）、②高圧ガスタンクローリー、③その他（人力、導管など）がある。なかでも、高圧ガスタンクローリーは、全国広範囲に走行しており、社会生活に欠くことができない存在であり、高圧ガスの漏洩、爆発など災害発生防止は重要課題である。

本資料は、高圧ガスタンクローリーの事故統計から得られた知見に基づき、事故の未然防止、再発防止を図るための注意事項をとりまとめた。

2. 事故の分析結果

高圧ガスタンクローリーは、平成 19（2007）年から平成 23 年（2011）までの 5 年間で、76 件の事故が発生している（「事故事例データベース」（経済産業省の委託事業）より）。うち、28 件が液化石油ガス（LP ガス）、1 件が酸化エチレン、21 件が液化窒素、12 件が液化酸素、5 件が液化炭酸ガス（二酸化炭素）、及び液化アルゴン、4 件が液化天然ガスのタンクローリーであった（表 1 参照）。

ちなみに、この 5 年間で、99 件の車両積載（高圧ガス容器のバラ積み、カードル積みなど）による移動中の事故が発生している。なお、「車両による高圧ガス容器移動中の事故防止の注意事項」については、平成 23 年 2 月、高圧ガス保安協会ホームページに公表している

（http://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/idou_ruikei_r2.pdf）。

表 1 高圧ガスタンクローリーの事故件数

ガス種	事故件数	交通事故件数(内数)	
LPガス	28	4	
酸化エチレン	1	1	
低温	液化窒素	21	-
	液化酸素	12	2
	液化炭酸ガス	5	3
	液化アルゴン	5	-
	液化天然ガス	4	1
合計	76	11	

高圧ガスタンクローリーの事故は、11 件が交通事故、24 件が LP ガスタンクローリー（交通事故を除く）、41 件が液化窒素、液化酸素、液化アルゴンなど低温仕様のタンクローリー（交通事故を除く）となっている。

交通事故は、2 件の自損事故と 9 件の他損事故が発生している（表 2 参照）。交通事故を除いて、LP ガスタンクローリーでは、ヒューマンエラー、移動中の車両の振動に起因する接続部の緩み、フレキホースの疲労損傷などに起因する事故が発生している。また、低温仕様の高圧ガスタンクローリーでは、温度変化に起因する疲労損傷、ヒューマンエラー、塩化物による外面腐食などが発生している。

以下、交通事故、LP ガスタンクローリー及び低温仕様の高圧ガスタンクローリーに分けて記述する。

3. 交通事故

表 2 高圧ガスタンクローリーの交通事故件数

ガス種	事故原因	事故件数	負傷者数(人)
LPガス	自損事故(漏洩なし)	1	-
	他損事故(漏洩2件)	3	1
液化炭酸ガス	他損事故(漏洩3件)	3	1
液化酸素	他損事故(漏洩2件)	2	-
液化天然ガス	自損事故(漏洩1件)	1	-
酸化エチレン	他損事故(漏洩なし)	1	-
合計	(漏洩8件)	11	2

高圧ガスタンクローリーは、一般道、高速道など、全国各地の道路（一部の長大トンネル、海底トンネルを除く）を走行しており、平成 19 年から平成 23 年までの 5 年間で、11 件の交通事故が発生している。うち、自損事故 2 件、他損事故 9 件、漏洩 8 件であり、交通事故に伴い 2 人が負傷している。

このため、高圧ガスタンクローリーの運転者は、移動中の交通事故防止、特に自ら交通事故を起こすことがないように、交通ルールの遵守とともに高圧ガスを背負って運転している自覚のもとになお一層の安全運転、交通事故防止に努める必要がある。

表 3 事件事例（交通事故）

事故名称	年月日	物質名	業種	事故概要
LNGタンクローリーの運転ミスによるガス漏えい	2009/12/2	天然ガス	運送	事業所内で、タンクローリーにLNGを充てん後、車両を移動させる際に、運転操作を誤りコンクリート防護壁に接触し、ローリー右側サイドガードおよび加圧蒸発器を破損し、蒸発器内のガスが漏えいした。
LPガスタンクローリーの移動中の交通事故	2010/1/26	液化石油ガス	運送	配送員がLPガスタンクローリーで移動中、橋上の路面が凍結しており、減速が不十分であったためスリップした。車両は反対車線のガードレール等を破損させ、タンクローリーが道路からはみ出し下方に落ちかかって路肩の途中で止まった。原因は、路面凍結の可能性のある場所において、減速が不十分であったためと推定された。今後は、従業員に対して安全教育を実施し、事故発生時の連絡先表をタンクローリーに搭載した。

4. LP ガスタンクローリー

高圧ガスタンクローリーで発生した事故 76 件のうち、24 件が LP ガスタンクローリーの事故であった（交通事故を除く。表 4 参照）。

事故が発生した場所は、9 件がタンクローリーへの充填所、8 件がタンクローリーからの受け入れ事業所、2 件が道路上、5 件が検査、点検などを行っていた事業所であった。

表 4 LP ガスタンクローリーの事故原因と負傷者数（交通事故を除く）

事故原因	事故件数	負傷者数(人)
誤発進	8	
弁誤開閉	4	2人×1回 1人×2回
誤操作(スリップチューブ、ホース)	2	
フレキ管、フレキホース(疲労)	3	
フレキ管(腐食)	1	
溶接部ピンホール	2	
接続部(振動)	2	
津波(漏洩なし)	1	
津波(火災)	1	
合計	24	4

24 件の LP ガスタンクローリーの事故原因は、8 件が誤発進（受け入れ充填所 6、払い出し事業所 2）、4 件が弁の誤開閉、2 件が誤操作（スリップチューブ 1、充填ホース 1）、4 件がフレキ管とフレキホース（疲労 3、腐食 1）、及び 2 件が溶接部と接続部、2 件が津波となっている。

4 件の弁誤開閉の事故では、3 件合計 4 名の人身事故（凍傷）が発生している。

タンクローリーの誤発進は、受け入れ時の充填所または払い出し先の事業所において、ローディングアーム、充填ホースを取り外さないまま発進してしまい、ローディングアーム、充填ホース、配管などを損傷している。何れも、タ

ンクローリーの運転手及び事業所の係員の不注意、確認ミスが原因となっている。さらに、弁の誤操作、誤開閉もヒューマンエラーに起因する事故であり、作業手順、要領に従った操作、確認を行うことで事故の再発防止を図ることができる。

4件のフレキ管とフレキホースの事故のうち、2件がフレキ管の疲労損傷、1件がフレキホースの疲労損傷、1件がフレキ管の腐食事例であった。フレキ管は、ポンプ、移動時の振動で疲労損傷が発生し、フレキホースは、取り付け、取り外しの作業で局所曲げの繰り返し、振動などで発生している。1件の腐食事例は、塩化物が付着していたことが原因であり、北国のタンクローリーであったことから、融雪剤由来の塩化物であった可能性がある。2件の津波による事故は、平成23年3月11日、東日本大震災での事故であった。

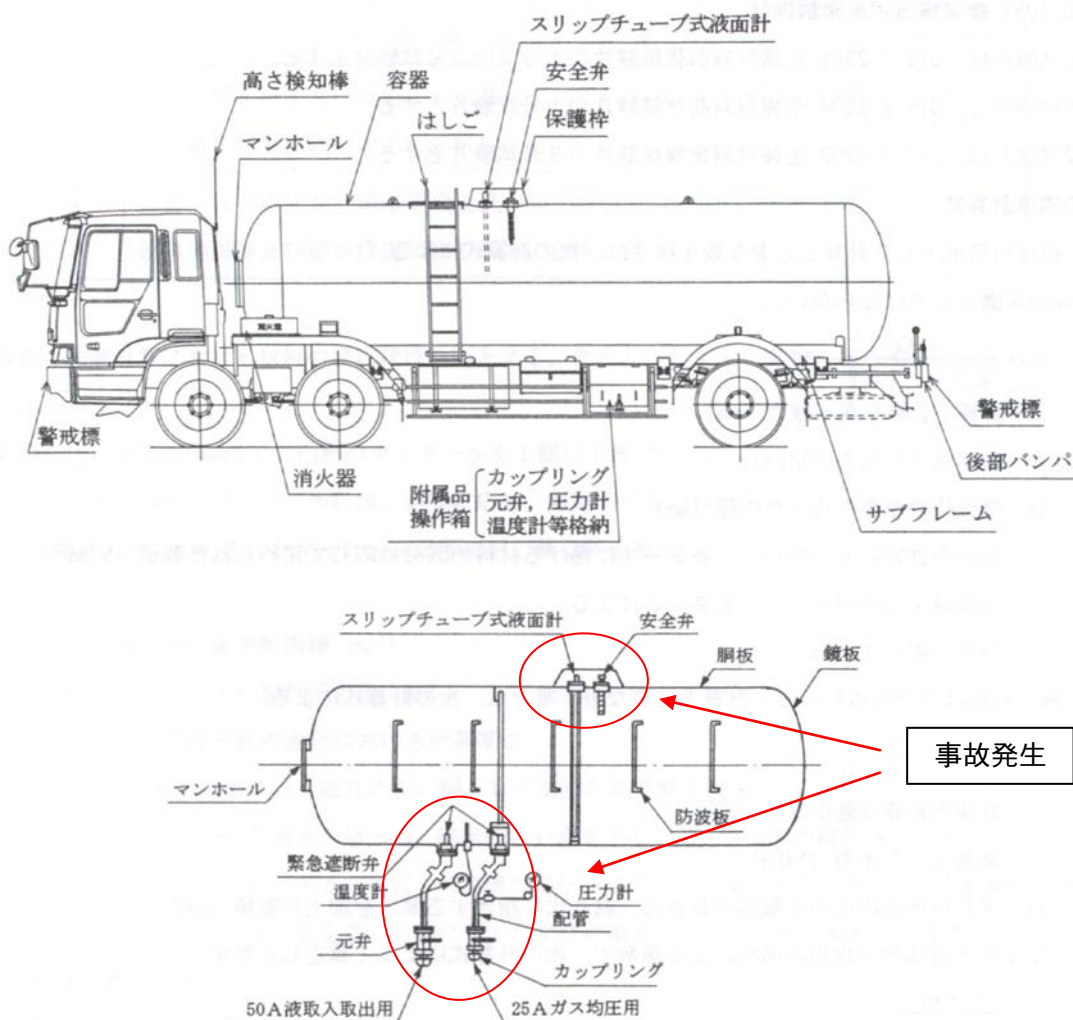


図1 LPガスタンクローリーの概要

表 5 事故例（誤発進）

事故名称	年月日	物質名	業種	事故概要
バルクローリーの誤発進によるローディングアーム及び配管の破損、漏えい	2008/10/14	液化石油ガス	充填所	バルクローリーへ充てん作業を終了後、ローディングアームとローリーの接続を外さずにローリーが発進したため、ローディングアームの破損、配管変形、配管内のガスの漏えい等の被害が発生した。直ちにローリーを停車させ、緊急遮断弁を閉止し、送風器により漏えいガスを拡散させた。原因は、運転者（移動監視者）がローディングアームを外したと思い込み、未確認のままローリーを発進させたためである。再発防止策として、基本動作、安全確認の徹底（バルクローリーの発進、到着時の確認の徹底、充てん作業中の他作業の実施を禁止、指差し呼称の徹底等）、作業工程の改善検討（充てん作業時の運転席ハンドルの施錠、車両の鍵をローディングアーム又は充てん口付近に配置等）を実施することとした。

表 6 事故例（スリップチューブから漏えい）

事故名称	年月日	物質名	業種	事故概要
液化石油ガス移動式製造設備における漏えい	2008/5/7	液化石油ガス	充填所	液化石油ガスターミナルにおいて、移動式製造設備（ローリー）が積み込みのため入構した際、空車台貴で警報が発せられたため、スリップチューブ式液面計による残液確認を実施するよう指示を受けた。残液確認の作業中、スリップチューブを引き出すために、スパナでスリップチューブのグランドナットを緩めたが、添え手の感触で緩めすぎを感じたため、スパナで締めつけようとした際に、逆回転させて開放してしまった。そのため、ねじ山の外れたスリップチューブから残ガスが噴出した。乗務員2名がスリップチューブを押し込みガスの噴出を止めたが、その際に乗務員2名が手足に凍傷による軽傷を負った。事故後、スリップチューブ式液面計に関する教育を実施した。

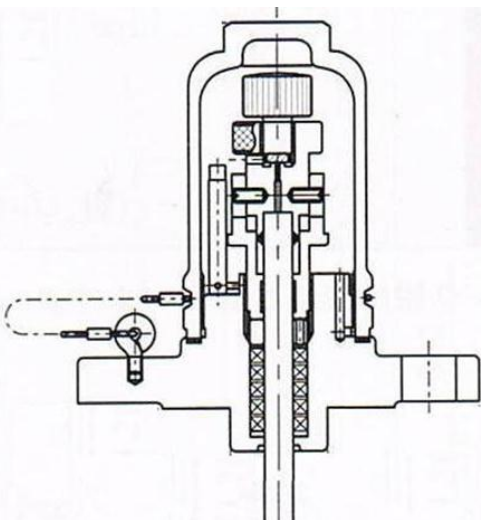


写真1 スリップチューブ式液面計の例 図2 スリップチューブ式液面計の概要

5. 低温仕様の高圧ガスタンクローリー

コールド・エバポレーター（CE）と高圧ガス設備の構造が同じである液化窒素、液化酸素、液化アルゴンなどの低温仕様のタンクローリーは、いわば走るCEである。

事故原因を分析したところ、CEと同様、温度変化による疲労損傷が発生しており、これにプラスして、道路走行に伴う振動、融雪剤の付着などによる疲労損傷と外面腐食による漏洩事故が発生している。温度変化、誤操作など、CEの事故防止は、そのまま低温仕様のタンクローリーの事故防止に当てはまる。なお、「コールドエバポレーター（CE）設備における配管溶接部、ろう付け部の疲労事故対策の注意事項」については、平成22年2月、高圧ガス保安協会ホームページに公表している

（http://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/ce_ruikei.pdf）。

表1に示すように、高圧ガスタンクローリーで発生した事故76件のうち、41件が低温仕様のタンクローリーの事故であった（交通事故を除く）。

事故が発生した場所は、4件がタンクローリーへの充填所、18件がタンクローリーからの受け入れ事業所、3件が道路上、16件が検査、点検などを行っていた事業所であった。

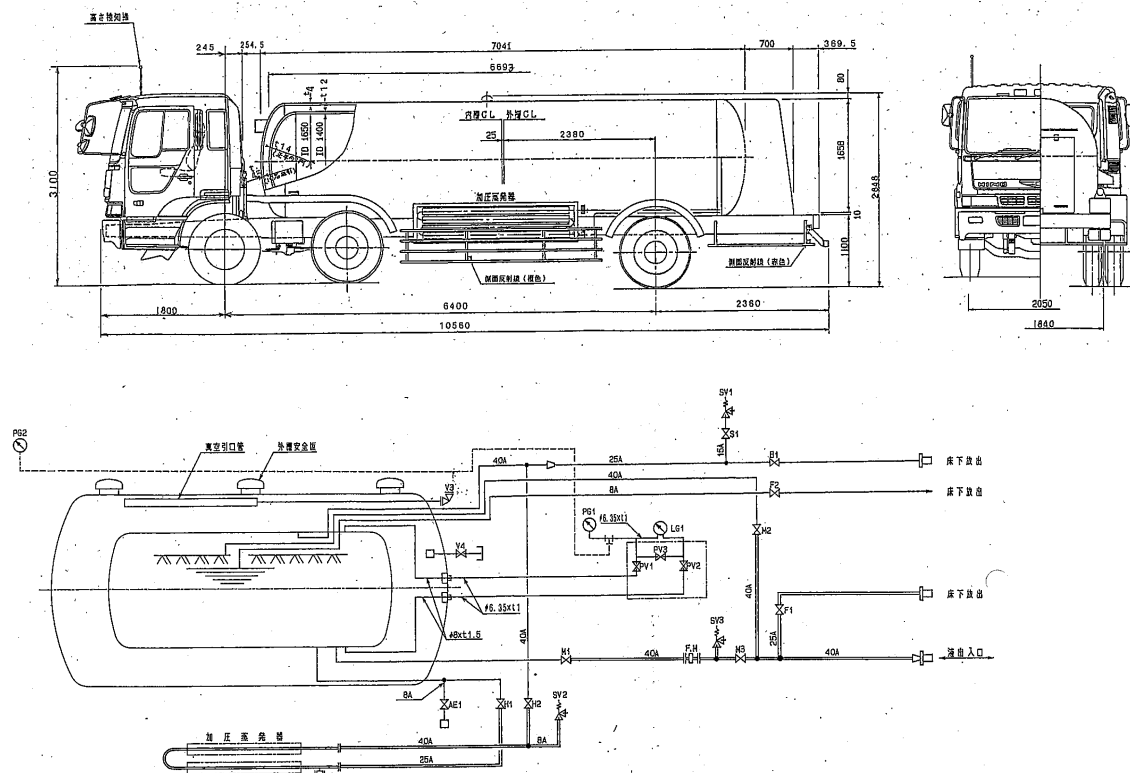


図3 低温仕様の高圧ガスタンクローリーの概要

表 7 低温仕様の高圧ガスタンクローリーの事故件数（交通事故を除く）

事故原因	事故件数
疲労損傷（配管、加圧蒸発器、ろう付け部など）	14
フレキ管、フレキホース（疲労、製作不良、締結不良など）	10
ヒューマンエラー（誤操作、閉止不良など）、	7
弁（内部漏れ、はめ輪破損など）	5
外面腐食（融雪剤）	3
その他（溶接ピンホール、磨耗）	2
合計	41

表 8 低温仕様の高圧ガスタンクローリーのガス別の事故原因と負傷者数

ガス種	事故原因	事故件数	負傷者数(人)
液化窒素	ろう付け(疲労、振動)	2	
	フレキホース(製作不良)	1	
	フレキ管、フレキホース(疲労)	3	
	フレキホースの締結不良(フランジ)	3	3
	弁内部漏れ	1	
	弁ボンネット外れ	1	1
	弁ネジはめ輪破損	2	1
	加圧蒸発器(疲労)	2	
	加圧蒸発器外面腐食(融雪剤)	1	
	ホース取り付け間違い	1	
	配管溶接部ピンホール	1	
	フィン管フレットイング	1	
	小口径配管溶接(疲労)	1	
	弁すき間の水分が凍結	1	
	合計	21	5
	液化酸素	配管溶接部、ろう付け部(疲労)	3
T継手(疲労)		1	
フレキ管(疲労)		1	
加圧蒸発器フィン管取り付け部(疲労)		1	
マニホールド外面腐食(融雪剤)		1	
弁閉止不良		1	
運転手の誤操作		1	
ポンプ組立て不良		1	
合計		10	-
液化アルゴン	元弁誤開閉	2	1
	配管溶接部(疲労)	2	
	マニホールド外面腐食(融雪剤)	1	
	合計	5	1
液化天然ガス	弁閉止不良	1	
	加圧蒸発器フィン管溶接部(疲労)	1	
	フレキホース(疲労)	1	
合計	3	-	
液化炭酸ガス	配管サポート(疲労)	1	
	フレキ管(疲労)	1	
	合計	2	-
総合計		41	6

41 件の低温仕様のタンクローリーの事故原因は、14 件が疲労損傷（配管、加圧蒸発器、ろう付け部など）、10 件がフレキ管とフレキホース（疲労損傷、製作不良、締結不良など）、7 件がヒューマンエラー（弁誤操作、閉止不良など）、5 件が弁（内部漏れ、はめ輪破損など）、3 件が外面腐食（融雪剤）、及び 2 件がその他であった（表 7 参照）。

人身事故は 5 件発生し、6 名が負傷している。3 件（負傷者 3 名。以下同じ）

が弁からの漏洩、2件（3名）が締結部からの漏洩で作業者が凍傷を負っている（表8参照）。作業者による弁操作とともに、充てん、荷卸しなどでフレキホースを接続する際、その締結部からの漏洩で凍傷を負っていることから、作業現場での弁操作、締結確認、危険予知（KY活動）を確実に実施することで事故の再発防止を図る必要がある。いずれも、超低温ガスの漏洩時、漏洩を止めようとして咄嗟に手で押えて凍傷となっていることから、作業者の凍傷防止を念頭に置いた漏洩時の対処方法をあらかじめ定めておく必要がある。

10件のフレキ管とフレキホースの事故のうち、6件がフレキ管とフレキホースの疲労損傷、3件がフレキホースの締結不良、1件がフレキホースの製作不良であった。フレキ管、フレキホースは、ポンプ、移動時の振動、及び低温から常温に至る温度変化で疲労損傷が発生している。これに加え、フレキホースは、取り付け、取り外しの作業で局所曲げの繰り返しによる疲労損傷が発生する。さらに、フレキホース接続時の締結不良が事故の原因となっている。

7件のヒューマンエラーが発生しているが、弁の誤操作、閉止不良などであり、弁の取扱いについて、基本に則って、確実に操作する必要がある。さらに、操作の前後に危険予知活動を行うことによって、より安全を重視した取扱いが望まれる。

3件の外面腐食事例は、塩化物である融雪剤が加圧蒸発器、マニホールドなどに付着していたことが原因である。

表9 事故例（低圧ホース破裂）

事故名称	年月日	物質名	業種	事故概要
液化窒素タンクローリーで気密試験中にゴムホースが破裂	2009/6/24	窒素	運送	事業所内で気密試験のために、気化器付き液化窒素タンクローリー（移動式製造設備）で気化させた窒素を設備内に入れ加圧していた。気密試験圧力は14.3MPaであったが、11.5MPaまで圧力を上げた時、タンクローリーと設備側を接続するゴムホースの根元が破裂した。液化窒素タンクローリーには、気密試験用の接続ホースとして、高圧用（最大使用圧力16MPa、1/2インチ）と、低圧用（最高使用圧力3MPa、3/4インチ）の2種類のゴムホースを積載しており、双方の色は黒であり、太さの違いで区別していた。発災時、事故を起こしたローリー車の他にも数台のローリー車が気密試験用の窒素を供給しており、3/4インチの低圧ゴムホースが使用されていた。事故を起こした従業員は、他車で3/4インチのゴムホースを使用しているのを見たため、自社のタンクローリー車でも3/4インチを使用すると思ひこみ、3/4インチの低圧ホースを使用したことが原因であった。また、気密試験時の作業手順書や点検表も定められていなかったことも大きな要因の一つであった。今後は、低圧ホースの使用を中止し、最大供給圧力で使用可能な高圧ゴムホースのみを使用することとする。



写真2 事故が起きた液化窒素タンクローリー（移動式製造設備、右側）

表10 事故例（液封）

事故名称	年月日	物質名	業種	事故概要
液化酸素CE充てん中における配管の破裂	2007/8/24	酸素	製鉄所	<p>液化酸素CEに充てんを行う際、作業者は事業所の立会いがいない状態で作業を開始した。充てん前予冷作業完了後、2基併設CEに同時充てんするためローリー出口弁を閉とした。CEドレン弁閉の後、CE頂部及び底部充てん弁を2基共に微開(約一回転弱)しポンプ起動後、バイパス弁閉、ポンプ出口弁を開とした。突然、充てん口から各CEへ立ち上がっている配管(銅管)チーズ部分が破裂し液が流出した。原因は、本来作業手順書では頂部及び底部充てん弁を全開にすべきところ、前回充てん時、圧力変動が大きかったため、今回は全開にせず微開として充てんしたためである。その結果、CE頂部、底部充てん弁、ドレン弁及び逆止弁間で液封状態となり、配管安全弁がついていたものの、ポンプが稼動していたこと、及び液封となった配管の長さが約15mと長かったため、圧力に耐えきれず破裂したものと推測される。今後は、充てんには受入保安責任者と充てん作業(運転者)との相互確認の上、バルブ操作を行い、充てん作業者に指差呼称を徹底させ不安全作業を防止することとした。また、充てん作業手順書を現場に掲示し、作業手順を確認できるようにし、納入業者では、作業手順書に基づく作業遵守の再徹底、再教育を実施することとした。</p>



写真3 液封で破裂した例（閉止弁、2006年1月発生）

表 11 事故例（融雪剤による外面腐食）

事故名称	年月日	物質名	業種	事故概要
液化酸素ローリーの加圧蒸発器のマニホールドからの漏えい	2010/3/5	酸素	その他 (病院)	液化酸素ローリーの加圧蒸発器で、入口側マニホールドからの漏えいが発見された。発見後、加圧器入口弁及び加圧器出口弁を閉め、加圧蒸発器にガスが回らないように措置した。原因は、加圧蒸発器の外枠とマニホールドをUボルトで固定している部分で、マニホールドと外枠が接触しないように板材を挟んでいたが、冬期間の走行により、マニホールド(アルミ)と板材との間に融雪剤が付着し、部分的な腐食が発生したためと推定される。

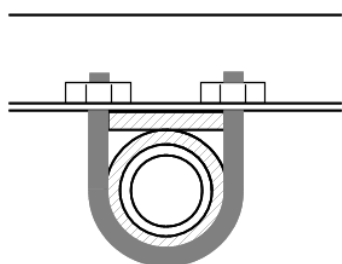


図 4 マニホールドの固定例

6. まとめ

①交通事故防止

高圧ガスタンクローリーは、社会生活、産業活動に不可欠な高圧ガスを高速道、一般道を問わず運行している。このため、運転者は、常に危険なガスを背負って運転しているプロとしての自覚を持ち、交通ルールの遵守、安全運転の励行に努めるべきである。さらに、運輸関連の事業所では、適正な運行計画の作成、従業員の労務管理など、高圧ガスタンクローリーの安全運行の推進を図る必要がある。

②ヒューマンエラー防止

運転者、作業者は、作業マニュアルを遵守し、誤操作、誤発進の防止に努めなければならない。特に、タンクローリーと事業所設備の接続ラインであるローディングアーム、フレキホースなどは、確実に取り外したことを確認してから、発進しなければならない。このため、タンクローリー運転者と事業所側作業員との確実な連絡、確認を励行することが重要であり、事故防止のための効果的な対策を自ら立案して、実行することが重要である。

ガス漏洩時、漏洩を押えようとして凍傷を負っているケースがあるため、防護手袋の着用、工具の使用など労働災害の防止に努める必要がある。

③疲労損傷防止

低温仕様のタンクローリーでは、低温の液化ガスが流れるラインは、低温時は収縮して拘束の引張応力を受け、常温時は膨張して拘束の圧縮応力を受けるため、溶接部、ろう付け部は温度変動に起因する疲労損傷が発生する。さ

らに、運行時の振動、ポンプ運転の振動、脈動なども疲労損傷を引き起こす可能性がある。また、受入れ受払い時、フレキホースの着脱の際には、締結不良とともに、配管ラインへ無理な力が加わらないように注意する必要がある。

フレキホースの過度な繰り返し曲げ使用は、疲労損傷の一因ともなるので、フレキホースの取り扱いには注意が必要である。

いずれも、日常点検、定期検査などで異常の早期発見に努める必要がある。フレキ管、フレキホース、ろう付け部などの疲労損傷は、早期発見が困難な場合もあるので、定期交換、定期補修など、一歩先の維持管理が効果的である。

④腐食損傷防止

高圧ガスタンクローリーは、配管、フレキ管、フレキホースなどに外面腐食が発生するので注意が必要である。特に、冬場の融雪剤は塩化物であるため、外面腐食、塩化物応力腐食割れなどの原因物質ともなるので、運行後の点検、洗浄が重要である。さらに、アルミニウムと鉄など異種金属接触で腐食する事例もあることから、配管、蒸発器などのUボルト、サポート、ハンガーなどの点検、確認を行う必要がある。

⑥緊急時対応

高圧ガスタンクローリーは、大量の高圧ガスを移動しており、高圧ガスの漏洩、火災など災害の発生に備え、不測の事態でも常に冷静に対応できる態勢を整えておく必要がある。このため、緊急時マニュアルを整備するとともに、異常の判断基準の教育と具体的な異常を想定した教育、訓練を継続して行うことが重要である。

⑤津波対応

津波浸水想定に定める浸水区域の事業所では、従業員の安全な避難と設備の安全な停止、ローリーの流出を最低限にするための措置などに関する事項を危害予防規程(平成25年度前半までに省令改正予定)に明記するとともに、津波発生時の対応をあらかじめ定め、教育、訓練を継続して行う必要がある。なお、危害予防規程に関する省令改正については、経済産業省商務流通保安グループ高圧ガス保安室 (http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/) または、高圧ガス保安協会のホームページ (<http://www.khk.or.jp>) で今後公表する予定である。