

地震に関連する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

令和6年1月1日(月)16時10分、石川県能登地方を震源とする能登半島地震(マグニチュード7.6、最大震度7)が発生した。石川県輪島市と志賀町で最大震度7を観測したほか、北陸地方を中心に北海道から九州地方にかけて非常に広範囲で揺れが観測され、日本海沿岸には広範囲に津波が襲来した。また、この地震により石川県、富山県、岐阜県において地震に起因する高圧ガスの噴出・漏えい事故計6件の報告があった。

これまで経済産業省は、東日本大震災での事故等を踏まえ、既存の高圧ガス設備の耐震性の向上対策の取組みを事業者に要請している¹⁾。事故調査解析委員会においても、国の委託事業により東日本大震災における高圧ガス設備等の被害状況の解析²⁾³⁾、高圧ガス容器の流出に関する被害状況⁴⁾の整理を行い、高圧ガスに関連する地震対策とりまとめた。

本年度は、令和6年能登半島地震による高圧ガス事故の調査を行うとともに、地震に関連する高圧ガス事故に焦点を当て、地震による高圧ガス事故の未然防止に向けて、今後の対策を図るための注意事項をとりまとめる。

2. 事故の抽出

高圧ガス事故事例データベース⁵⁾を活用し⁶⁾、東日本大震災が発生した平成23年から令和5年までの13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)8,453件のうち、地震が原因と考えられる事故95件を抽出した。このうち、津波が原因と考えられる事故は12件である。

抽出の条件は、次のとおりである。

- ① 事故原因(主因)が「自然災害」の事故
- ② キーワード「地震」、「津波」

また、高圧ガス事故事例データベース⁵⁾により、平成23年から令和5年までの13年間で発生した高圧ガス容器の喪失による高圧ガス事故706件のうち、地震または津波が原因と考えられる高圧ガス事故69件を抽出した。このうち、東日本大震災が発生した平成23年は7件、平成24年から令和5年までは62件である。

抽出の条件は、次のとおりである。

- ① 1次事象が「その他(紛失)」
- ② 事故原因(主因)が「〈自然災害〉(地震)」、「〈自然災害〉(津波)」

3. 地震における事故の集計

(1) 事故件数と分野(規制対象)別の分類

平成23年から令和5年までの13年間の地震または津波における事故件数を、表1に示す。最大震度7を観測した東日本大震災(平成23年)に関連する事故81件が最も多く、次いで最大震度6弱を観測した大阪府北部を震源とする地震(平成30年)に関連する事故が6件、最大震度7を観測した熊本地震(平成28年)に関連する事故が3件報告されている。また、平成27年、令和3年、令和4年にも地震に関連した事故の報告があったが、これらはすべて比較的揺

れの大きかった地震(震度 5 弱以上)により発生した事故である。

地震または津波が原因である事故について、分野(規制対象)別で分類した結果を、表 2 に示す。分野(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を適用する製造事業所(以下、「製造事業所(一般)」という)、冷凍保安規則を適用する製造事業所(以下、「製造事業所(冷凍)」という)、コンビナート等保安規則を適用する製造事業所(以下、製造事業所(コンビ)という)、液化石油ガス保安規則を適用する製造事業所(以下、製造事業所(LP)という)に区分している。

製造事業所(冷凍)の事故が 62 件(65%)と最も多く、半数以上を占める。次いで製造事業所(一般)の事故が 24 件(25%)、製造事業所(コンビ)の事故が 3 件(3%)と続く。なお、製造事業所(コンビ)の事故 3 件のうち、1 件が人的被害の発生した事故である。

地震における事故(95 件)のうち、人的被害を伴った事故は、東日本大震災において千葉県製造事業所(コンビ)で発生した 1 件のみであり、地震により球形貯槽が倒壊し火災爆発事故が発生した(重傷者 1 名、軽傷者 5 名 計 6 名)。球形貯槽は、開放検査後であり、貯槽内の空気を排出する目的で、満水状態にあった。本震の揺れで、球形貯槽の支柱間のブレースの多くが破断し、本震から 29 分後に発生した余震で球形貯槽が倒壊した。球形貯槽が倒壊したことにより、周辺の配管が破断し、LP ガスが漏えい、出火、散水設備を用いて周辺貯槽の冷却散水を行ったが爆発に至った。また、LP ガスの漏えいが継続したのは、高圧ガス保安法に定める技術上の基準に違反して配管の緊急遮断弁を開状態で固定していたことが要因の一つであった。事業所は再発防止策として、耐震設計構造物の補強、周辺配管等の設計見直し、社内基準、規則の見直しなどを行っている⁷⁾。

製造事業所(コンビ)の事故 3 件のうち、2 件は東日本大震災において宮城県で発生した津波による事故である。うち 1 件は、津波により事業所内のタンクローリ出荷設備付近で燃料配管が損傷し、燃料油、LP ガスが漏えいした。漏えい後に火災が発生し、LP ガス出荷設備、ガンソリタンクなどに延焼した。この事業所では、約 1 年にわたり製品の生産を停止するという甚大な被害を受けた。

表 1 平成 23 年から令和 5 年までの地震または津波が原因である事故件数

H23	H24	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31/ R1	R2	R3	R4	R5	合計
81	0	0	0	1	4	0	6	0	0	2	1	0	95

表 2 地震または津波が原因である事故(規制対象別)の集計

製造事業所				移動	消費	その他	合計
(一般)	(冷凍)	(コンビ)	(LP)				
24	62	3	2	2	1	1	95

(2) 事故事象の集計

地震または津波が原因である事故について、事故事象別で分類した結果を、表 3 に示す。事故事象の分類は、漏えいが 83 件(87%)と最も多く、過半数を占める。漏えい以外の事象は、破裂・破損が 9 件(9%)、爆発が 2 件(2%)、火災が 1 件(1%)である。

漏えい事象 83 件のうち、62 件が製造事業所(冷凍)で発生しており、半数以上が直接の地震による揺れ、冷凍設備の横転などによる、母材やろう付け部の破断、損傷に起因している。漏え

い事象(83件)の内訳は、漏えい③が80件(96%)と大半を占める。漏えい③では、地震または津波による作用により、設備などが破損、変形し、高圧ガスが漏えいに至った事故が多く報告された。なお、締結部の締結力が不十分であったため、地震動により締結部が緩み、高圧ガスが漏えいしたが、適切な増し締めにより処置が完了した事故などは、漏えい②に分類している⁸⁾。

爆発事象2件のうち、1件は上述した千葉県で発生した人的被害を伴った事故であり、もう1件は、東日本大震災により配管が破断し、着火して爆発した事故である。

火災事象1件は、東日本大震災に伴い、タンクローリが津波により流され、炎上した事故である。

破裂・破損事象9件のうち、5件はコールド・エバポレータ(CE)で発生しており、地震により、外槽とレグの溶接継手にき裂が生じた事故、貯槽の変形の事故などである。残る4件は、空気分離装置と配管が破損した事故、津波によりタンクローリが破損した事故である。

表3 地震または津波が原因である事故(事故事象別)の集計

漏えい	漏えい①	漏えい②	漏えい③	爆発	火災	破裂・破損	合計
	※1	※2	※3				
83	0	3	80	2	1	9	95

※1:「漏えい①」は、次のいずれかを前提とした漏えい事象をいう⁸⁾。

- ・ 圧力容器、配管などの本体(溶接継手を含む)に、損傷、破壊(腐食、疲労、エロージョン/コロージョン、応力腐食割れ、クリープなど)が発生し、漏えいする。
- ・ 漏えい防止機構(密封機構、シール)を維持するためのガスケット、パッキンなどに、損傷、破壊が発生し、漏えいする。

※2:「漏えい②」は、次のいずれかを前提とした漏えい事象をいう⁸⁾。

- ・ 締結部の締結力が不十分で、使用中に緩み、高圧ガスが漏えいする。ただし、適切な増し締めにより、漏えいが停止できることを前提とする。
- ・ 締結部、開閉部または可動シール部の漏えい防止機構を維持するためのガスケットまたはパッキンが、使用環境(内部流体、圧力、温度など)に対して適切な材質を選定し、使用していたが、性能低下して、高圧ガスが漏えいする。ただし、新しいガスケットまたはパッキンに取り換えた場合(リングジョイントガスケットは、すり合わせを行なった場合を含む)、漏えいが止まることを前提とする。
- ・ 締結部、開閉部または可動シール部の漏えい防止機構を維持するためのガスケットまたはパッキンが、適切にセットされず、高圧ガスが漏えいする。ただし、新しいガスケットまたはパッキンを正しくセットした場合、漏えいが止まることを前提とする。

※3:「漏えい③」は、漏えい①または漏えい②以外の漏えい事象をいう⁸⁾。

- ・ 運転員、作業員などの誤操作、外部からの衝撃、安全弁の作動、周辺の火災などの結果、漏えいが発生し、その詳細は多岐にわたる。

4. ヒアリング調査

能登半島地震に関連した事故として報告のあった富山県の事業所1社に、事故に関してヒアリング調査を行った。調査結果を、表4に示す。

表 4 富山県の事業所で発生した地震に関連する事故の調査結果

事故発生日時	令和 6 年(2024 年)1 月 1 日 16 時 10 分頃
事故発生場所	富山県富山市
施設名称	アンモニア製造施設
ガスの種類	アンモニア
事故区分	製造事業所(コンビ)
事故概要	地震(富山市で震度 5 強)が発生し、揺れが収まった後、アンモニア製造施設のガス検知器が発報したため、操業員が現場へ急行し、調査を行ったところ、脱圧槽の液面計下部より液化アンモニアの漏えいを確認した。操業員は、空気呼吸器を装着し、液面計元弁の閉止操作を行い、漏えいは停止した。 その後、窒素ガスにより液面計周辺の漏れ試験を実施し、漏えい箇所が液面計下部ねじ込み式継手であることを特定した。
被害状況	人身被害:なし 物的被害:なし
事故分類	<漏えい②> (締結部:ねじ込み式継手)
事故原因	液状化が発生し、直接基礎がめり込み沈下したことにより脱圧槽が傾いたことに加え、地震動により、ねじ込み式継手が緩み、漏えいしたものと考えられる。液状化は、脱圧槽付近にある工業用水の埋設配管が地震以前から漏水しており、地盤が緩んでいたことが推定される。
再発防止策	地盤沈下補修工事および脱圧槽基礎補修を実施。

この事故では、能登半島地震の発生に際し、アンモニア製造施設の脱圧槽液面計下部ねじ込み式継手より、約 100ml 程度の液化アンモニアが漏えいしたが(図 1 参照)、人的被害はなく、事業所外にも影響はなかった。事業所において事故の詳細を検証した結果、事業所外の河川から事業所内へ取り入れている工業用水の埋設配管は、脱圧槽付近で以前から漏水していたと推定される(図 2 参照)。埋設配管の漏水により、液状化で地盤沈下が発生し、脱圧槽の直接基礎がめり込み沈下したことが考えられる。事業所は、地震動と脱圧槽の直接基礎のめり込み沈下に伴う傾きにより、ねじ込み式継手に緩みが発生したと推定している。脱圧槽に隣接する別の貯槽も地盤沈下により傾いていた(図 3 参照)。

液状化は地下水位が高いと発生しやすくなる。地下水位は、今回のように埋設配管からの漏水以外にも、降雨等にもより変動し、設計時に適切に水位を設定して液状化判定を実施する必要がある。直接基礎形式の場合、液状化により基礎の沈下、傾斜が発生することを避けることは難しい。また、当該事業所のように海や河川に近い場合、地盤が流動化(地面が水平方向に移動)する恐れもある。加えて、現行基準では、貯槽の支柱は同一基礎と緊結することとされているが、当該貯槽の支柱の基礎は独立しており、沈下および傾斜がより大きくなったと考えられる。液状化の発生を適切に評価し、液状化の発生が想定される場合には、液状化対策の実施をするか、杭基礎形式を採用する必要がある。

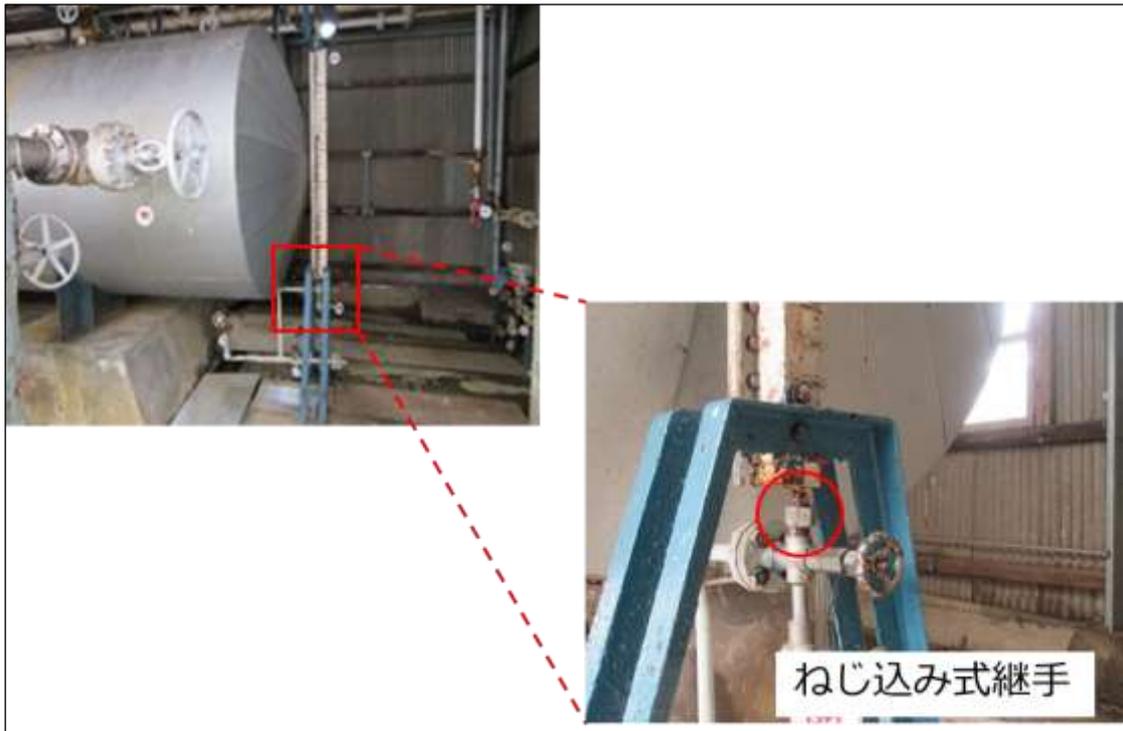


図1 脱圧槽液面計付近(事業所提供)

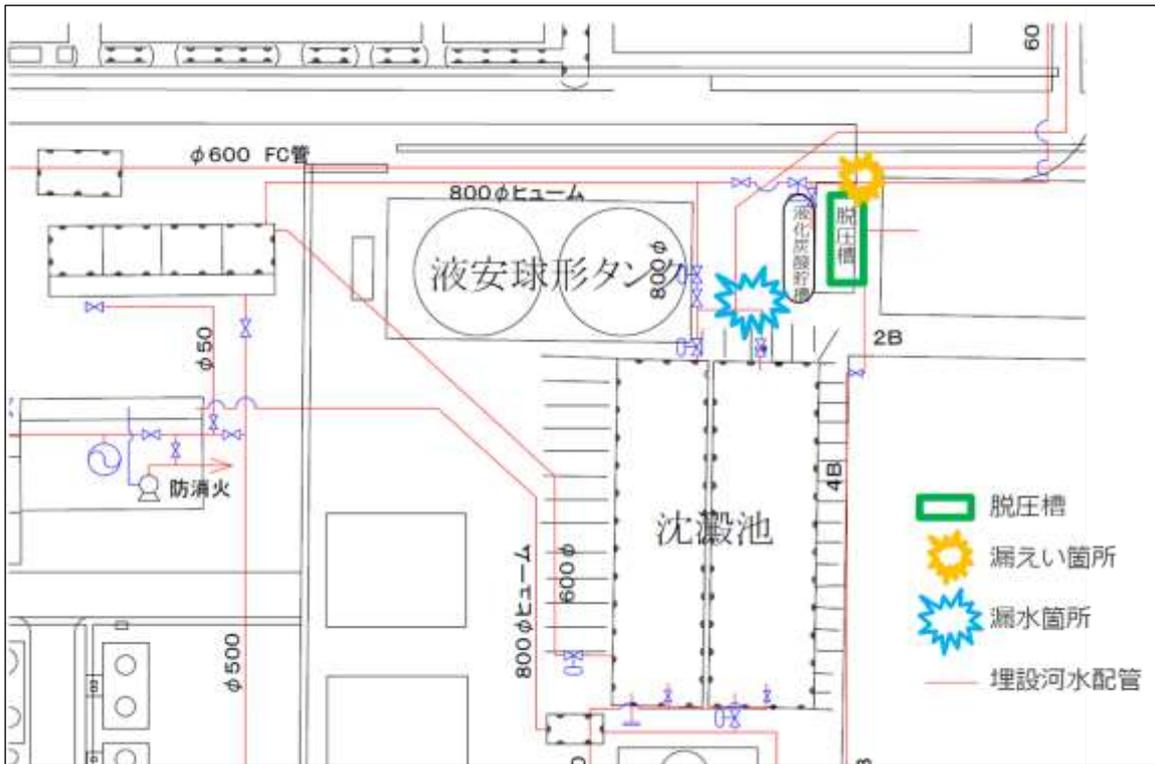


図2 埋設配管概略図(事業所提供)



図3 脱圧槽沈下状況(事業所提供)

上記以外に能登半島地震に関連し、石川県と岐阜県から高圧ガス事故の報告が5件あった。報告された事故(5件)に人的被害はなく、すべて漏えい事象である。漏えい事象は、本震や余震により、震度5弱以上が観測された事業所において発生している。なお、報告された事故5件のうち、4件が高圧ガス設備の締結部からの漏えい事象である。

5. 注意事項

地震または津波による事故は、95件すべてが震度5弱以上の地震で発生している。震度5弱以上の地震はいつ発生してもおかしくないので、あらかじめ次のような地震対策を行うことが重要である。

- ① 事故事象は、地震または津波による作用により、設備などが破損、変形し、高圧ガスが漏えいに至る、漏えい③が多く発生している。大規模な地震が発生した場合は外的要因が多分にあるため、事故を完全に防ぐことは困難であるが、人的被害を伴うような事故は防止しなければならない。そのため、施設や設備、機器の重要性や危険性のほか、耐用年数や使用頻度を踏まえて、事故防止対策を講じる必要がある。また、地震被害が発生した場合でも、被害を最小限にするため、適用される法令や地域の防災計画などに従い、関係者間で必要な情報を速やかに共有し、迅速で的確な行動が取れるよう体制とルールを定めておくことが重要である。
- ② 過去に発生した地震が起因する事故の半数以上は、製造事業所(冷凍)で発生している。製造事業所(冷凍)では、地震または津波により、高圧ガス設備が破損、変形し、高圧ガスが漏えいに至る、漏えい③の事象が多く発生している。機器使用者(ユーザ)と機器製造者(メーカー)は、過去の事故事例を参考にした⁹⁾、地震による事故の未然防止策を講じる必要がある。

- ③ 能登半島地震に起因する高圧ガス事故 6 件のうち、5 件が締結部の緩みによる漏えいであった。事故後に、適切な増し締めにより処置が完了した事故が 2 件あった。締結部の緩みは、地震における漏えいの発生につながるため、事業者は、日常点検において、締結管理を確実にを行うことが重要である。
- ④ 事業者はいつ起こるか分からない地震などの自然災害に対して、常に問題意識を持ち、危険源を洗い出し、自治体の要請や最新の科学的知見、技術を踏まえて積極的に対策を講じていくことが望まれる^{10)~12)}。
- ⑤ 高圧ガス保安法令では、高圧ガス設備等の耐震性能の確保を図るため、各規則において所定の能力以上の設備に対し耐震性能を要求し、高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示において要求耐震性能を定めている。平成 30 年に制定した、「高圧ガス設備等の耐震性能を定める告示」は、最新の評価方法に基づく高圧ガス設備の耐震設計を行いやすくするため、性能規定化された耐震設計基準である。さらに大規模地震及び津波に対する事業者の保安の取組みの向上を図るため、大規模地震対策及び津波対策を危害予防規程に定めることとなっている。事業者は、自らの設備の耐震性能を把握するとともに、継続的に危害予防規程を含めた地震津波対策の見直しなどを行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 経済産業省、第 20 回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 高圧ガス小委員会 資料 6 耐震対策の取り組み状況
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/koatsu_gas/pdf/020_06_00.pdf
- 2) GIS を用いた東日本大震災における高圧ガス設備等の被害状況の解析
https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/sinn_saihigair1.pdf
- 3) 球形貯槽のブレース構造の応力解析
https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/bur_esukouzou.pdf
- 4) 事例ごとの注意事項(経済産業省委託事業) 東日本大震災に容器流出について
https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/you_kiryusyutur1.pdf
- 5) 令和 5 年度 高圧ガス事故事例データベース
- 6) 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)
- 7) 高圧ガス事故概要報告 2011-078 (LPG 球形貯槽の倒壊による火災及び爆発)
https://www.khk.or.jp/Portals/0/resources/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/2011-078r1.pdf
- 8) 小林英男他、「高圧ガス事故の統計と解析【改訂版】」、高圧ガス保安協会、(2023)
- 9) 小林英男他、東日本大震災と高圧ガス施設、高圧ガス、Vol.49、No.6、p.4-66(2012)
- 10) 高圧ガス事故を題材とした視聴覚資料の整備(国外)(経済産業省委託事業)〈ハリケーンという異常気象がもたらす危険〉
日本語字幕 <https://www.youtube.com/watch?v=aGtzulMnaeA>
日本語ナレーション <https://www.youtube.com/watch?v=ZA0U5b7BKQg>
- 11) Investigation Report —Organic Peroxide Decomposition, Release, and Fire at Arkema Crosby Following Hurricane Harvey Flooding – (REPORT NO. 2017-08-I TX, May, 2018)、CSB

(Chemical Safety and Hazard Investigation Board)

12) NATECH 特集号、「安全工学」、安全工学会、Vol.63、No.6 (2024)