

バルク貯槽の検査周期の見直し ～特に内面の検査について～

2021年11月4日
経済産業省
産業保安グループ[°]
ガス安全室

バルク貯槽の検査周期について（課題）

- 現行法令では、バルク貯槽は、製造後20年以内に初回の検査（①外面の目視検査、②鋼板の厚さ測定、③非破壊検査、④内面の目視検査、⑤気密試験）を行い、その後5年以内の周期で2回目以降の検査（①～⑤）を行うこととなっている。
- 初期に製造されたバルク貯槽は、20年目検査を終え、25年目検査（2回目の検査）を受ける時期を迎えていることを受け、20年目検査結果で得られた知見等を踏まえ、40年目までについて合理的な検査周期について検討を行う。（令和元年度～令和2年度において、20年を経過したバルク貯槽を切断して劣化状況等を検証）

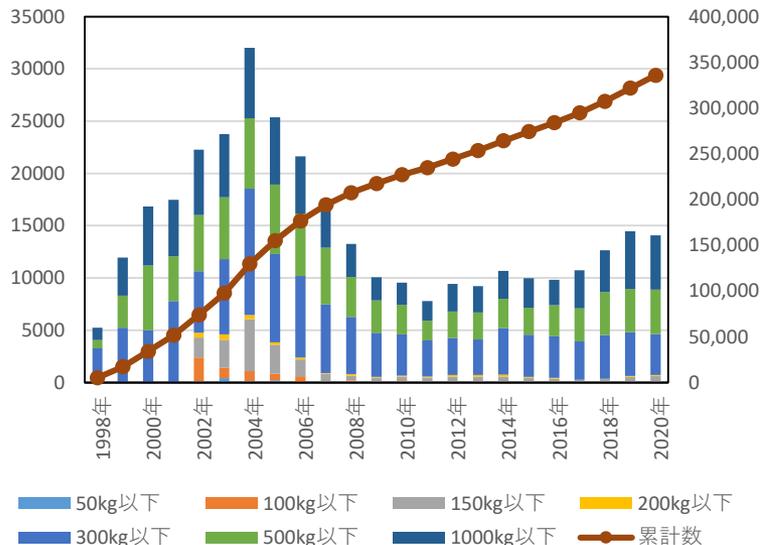
【制定の経緯】

平成8年当時、バルク貯槽の検査周期及び検査方法は、製造から20年を超えての長期使用が可能かどうか明らかでなかったことより、初回の20年検査の後には、5年毎に検査を行うこととした。事業者によっては、検査を行わず、20年未満で廃棄しようとする者もあった。

【検査周期見直しの背景】

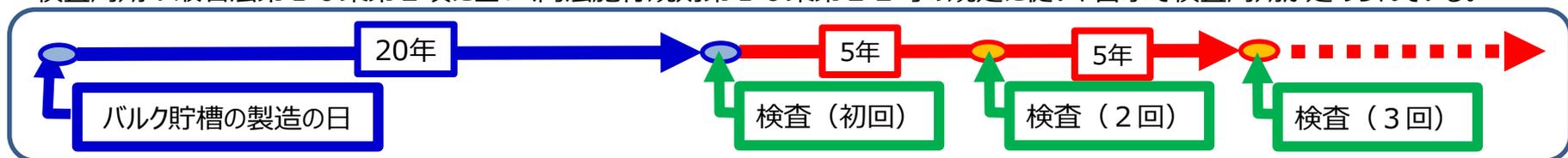
「次世代燃料供給インフラ研究会」（資源エネルギー庁）において、20年検査後のバルク貯槽の効率的な安全確保の在り方を検討する必要性が報告されている（平成30年7月5日）。

今後、告示検査を迎えるバルク貯槽が増加するにあたり、検査方法が合理的であるか、経済産業省として検討を行ってきた。



図：バルク貯槽の生産数の推移

検査周期：液石法第16条第2項に基づく同法施行規則第16条第22号の規定に従い、告示で検査周期が定められている。



①外面の目視検査、及び②鋼板の厚さ測定のあり方について

- バルク貯槽の外面における、塗装の劣化（白亜化、膜厚の減少）、腐食の進行（状況の確認）についてサンプリング調査※を実施した。
- 貯槽本体の鋼板に、設計仕様上の最小厚さを下回っているものは確認されなかったが、一部に塗装の剥離、腐食等が確認された。
- 今回の調査において安全上問題な個体はなかったが、設置環境により外面への影響は異なるため、安全側に判断し、外面の目視検査及び鋼板の厚さ測定は、現行法令通り5年ごとの検査を行うことが適当と考えられる。

※ 鉄道路橋防食便覧を参考に、最も腐食環境が厳しいと考えられる沿岸地域に設置されているバルク貯槽等、及び、20年検査後、再設置されたバルク貯槽10基について、それぞれの外面腐食を調査。

- ・ 腐食環境が厳しい沿岸地域に設置されたバルク貯槽の一部において腐食が確認された。
- ・ 沿岸地域から離れた地域に設置されたバルク貯槽においても、塗装の劣化は確認された。
- ・ 膜厚の測定箇所によっては、同じ貯槽においても他の箇所より150 μ m程度膜厚が薄い箇所が確認された。
- ・ 20年目検査を終え、再塗装が施されたバルク貯槽においては、再設置後、腐食が見受けられなかった。

告示検査の他に、維持・管理に関する規定として、バルク貯槽は供給設備点検にて2年に1回以上（規則第36条第1号ロ(3)）、腐食を防止する措置が施されているか、確認がなされる。

【塗装の劣化・腐食が確認されたバルク貯槽】



バルク貯槽全体



バルク貯槽上部

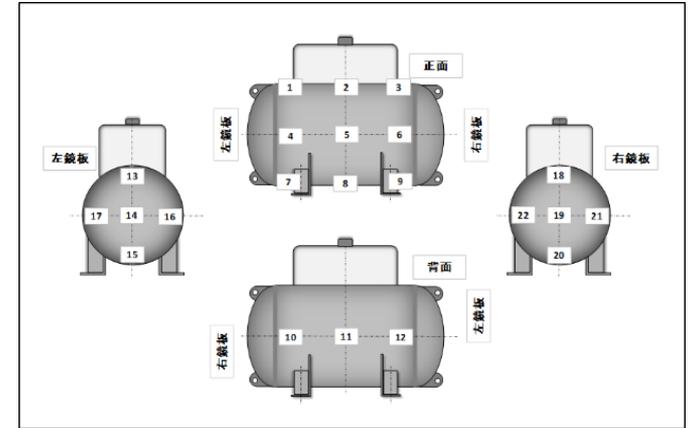
【20年目検査後再設置されたバルク貯槽】



(参考) 鋼板の厚さ測定データについて

バルク貯槽内において、内面の腐食が進行しない限り、外面腐食を防止することができれば、バルク貯槽の健全性が保たれる。2年毎の法定点検等で、バルク貯槽の塗膜を管理するなど、外面の腐食を防止することが重要である。

- ✓ 初回検査後、再設置されたバルク貯槽について鋼板の厚さ測定を行った。
- ✓ 初回検査時のデータと今回の実証試験時の鋼板の厚さ測定データの比較検討を行った。
- ✓ 実証試験の対象としたバルク貯槽において、外面腐食は確認されず、鋼板の厚さのデータより、減肉が確認されたものはなかった。
- ✓ 初回検査と実証試験時の鋼板の厚さ測定データの一例を以下に示す。



鋼板の厚さ測定の測定点

今回の調査では、最も薄い鋼板を使用しているバルク貯槽において、余裕厚さは、胴板 (6.2-5.89 =) 0.3mmであった。

| 容量 Kg | 型式 種別 | 仕様 | | 測定結果 単位 : mm | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------------|----|------|--------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | 測定点 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | | |
| 298 | 横置型 上取出 | 胴板 | 使用板厚 | 最小厚さ | 測定点 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | | |
| | | | 6.2 | 5.89 | 初回検査 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 6.2 | 6.2 |
| | | | | | 実証試験 | 6.2 | 6.3 | 6.2 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 6.2 | 6.1 | 6.2 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.1 |
| | | 鏡板 | 使用板厚 | 最小厚さ | 測定点 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | | | | | |
| | | | 6.4 | 5.55 | 初回検査 | 6.4 | 6.3 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.3 | 6.3 | 6.3 | | | | | |
| | | | | | 実証試験 | 6.4 | 6.3 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.3 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | | | | | |

※超音波厚さ測定の誤差範囲は0.1mm

★日本LPガスプラント協会では、バルク貯槽の製作事業者が設計仕様の共通化を図り、バルク貯槽基準を定め製作時の品質を確保し、また、バルク設備の保安に対する講習会を開催して、安全な作業及び管理に努めている。

③非破壊検査のあり方について

- 法令に基づく20年目検査に合格したバルク貯槽15基について、溶接部に対し、非破壊検査（磁粉探傷試験）を行ったところ、供用中に発生した不具合は見られなかった。
- 製造時の非破壊検査は、製造の基準に基づき重大な欠陥を見つけるのが目的。他方で、告示で求める非破壊検査はメンテナンスを目的とした検査であり、供用中の不具合箇所を抽出し、製造時の状態を維持するために行うもの。20年目検査の際、不具合が確認された場合は、グラインダーで研磨後、非破壊検査で不具合を確認の上、再利用される。今回は、そのような処置を行った個体も試験体に加え非破壊検査を行い、不具合がないことを確認。
- 以上より、非破壊検査については、20年目検査で溶接部全線を検査し、検出された不具合を全て処置したものに限り、25年目、30年目及び、35年目の非破壊検査を省略することが適当と考えられる。
- ただし、25年目検査以降、外面の目視検査において、溶接部に不具合が確認された場合は、グラインダーで研磨後、非破壊検査により不具合がないか確認することとする。

- 充填回数による金属疲労については、充てん回数（2回／月）とすれば20年間では480回であるが、貯槽は、数万回以上の疲労に耐えるよう製造されている。
- 疲労以外の外的な要因による腐食、割れ、傷、変形などの不具合については、外面の目視により確認することができる。



④内面の目視検査のあり方について

- LPガスは、腐食に影響を与える成分は含まれておらず、また、20年目検査を経たバルク貯槽を試験体として、貯槽内部の残留ガスを成分分析し、発錆の原因となる硫化水素等はないことを確認した。目視検査では、30 μ m程度の薄い錆層の形成が確認されたが、錆成分分析や断面観察の結果、試験のために開放後、空気に触れたことが原因と推定され、開放によって空気にふれない限り、内部腐食は限りなく進展しないと考えられる。
- 以上により、内面の目視検査については、貯槽が開放されないことを条件に、20年目検査の後には、25年目、30年目、及び35年目の検査を省略することができると考えられる。

【内面の目視検査結果（断面観察）】

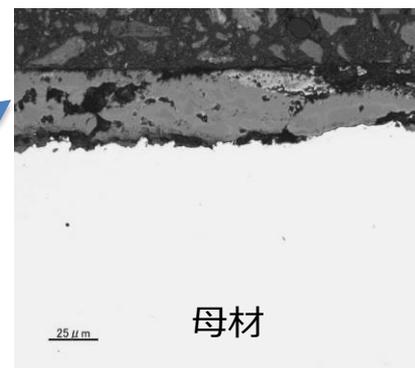
- ✓20年目検査後、再設置されたバルク貯槽5基の断面観察、錆層の分析を行った。
- ✓調査結果から、内面の腐食の影響度について検討を行った。



【開放直後のもの】
断面観察前に、ファイバースコープにて確認した内面の状況。
錆はみられない。



【開放後、1か月間、空気にふれた状態】
全面に赤錆を視認。錆の程度が大きいと想定される箇所を選定し断面観察。
注) 写真は切断したバルク貯槽。



断面観察のため塗布した樹脂層
錆層
母材
顕微鏡画像
×400倍

錆層（灰色の層）は、30 μ m程度の錆であり、非常に薄い層であった。
電子線マイクロアナライザによる元素マッピングでは、母材表層の錆断面に硫黄化合物の存在形態は特定できず。

- 20年経過したいずれのバルク貯槽において、30 μ m(0.03mm)程度の非常に薄いさび層しか形成されていない。これは、貯槽開放時等の空気接触等による腐食と推定される。
- 20年間で30 μ m程度のさびの進行速度では、40年の使用には影響はないと考えられる。

(参考) 残留ガスについて

- バルク貯槽内の残留ガスを分析し、腐食に影響を与える成分値を有しているか調査した。
- 残留ガス※の成分分析の結果、これらは内面の腐食に寄与しないと考えられる。

※残留ガスとは、LPガスの充填を繰り返し、気化せずに貯槽内に蓄積された、残渣物を含むLPガスである。

残留ガス成分について

- ✓ バルク貯槽における残留ガスの成分分析を行った結果、高い腐食性を有する硫化水素は、検出下限値以下の濃度であった。
- ✓ また、腐食に影響を及ぼす水分も、「LPガスの品質に関するガイドライン」(日本LPガス協会,2002)の規定値70wtppmより低いことが確認された。

| | 成分名 | 単位 | 原料 ストレージ | 残留ガス | | | | |
|-----|------|-----------|-------------|------|------|------|------|------|
| | | | | No.1 | No.2 | No.3 | No.4 | No.5 |
| 硫黄分 | 硫化水素 | wt ppm | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 | <0.5 |
| | 全硫黄 | 〃 | 8.0 | 35 | 16 | 49 | 48 | 14 |
| 着臭剤 | TBM | 〃 | 2.7 | 28 | 12 | 32 | 20 | 8.7 |
| | IPM | 〃 | 0.4 | 2.7 | 1.5 | 2.9 | 3.4 | 0.9 |
| | DMS | 〃 | 1.1 | 6.9 | 3.4 | 10 | 7.4 | 5.9 |
| その他 | 水分 | 〃 | 4 | 11 | 15 | 11 | 12 | 7 |
| | 酸素 | 〃 | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.5 | 0.7 |

残留ガスには、着臭剤が蓄積されるが、着臭剤成分に含まれる硫黄成分は、腐食性の高い硫化水素に変化していないことが確認された。

TBM tert-ブチルメルカプタン

IPM イソプロピルメルカプタン

DMS ジメチルサルファイド

⑤ 気密試験について

- 現行のバルク貯槽の気密試験は、内面の目視検査等により開放を行うのにあわせて、常用圧力による気密試験が求められており、開放検査時の附属機器の取り外し・取り付けに起因する接続部の漏えいがないことを気密試験にて確認している。
- 今回、貯槽が開放されないことを条件に、25年目、30年目及び35年目における内面の目視検査を省略することとした場合は、接続部の漏えいリスクが発生しないことから、常用圧力による気密試験についても、行わないこととするのが合理的である。
- 他方で、供用中（LPガスを入れた状態）において、接続部のゆるみなどによる供用の状態での漏えいがないことを確認するため、LPガスを入れた状態で気密試験※を行うこととするのが適当と考えられる。
- なお、附属機器の接続不具合等、何らかの要因で開放状態になった場合は、接続部からの漏えいがないことを確認するため、常用圧力による気密試験を行うこととする。

※高圧ガス保安法の保安検査では、開放を行わない場合の気密検査として、運転状態の圧力及び高圧ガスを用いて気密試験を行うことが認められている。



まとめ バルク貯槽の検査周期の見直しについて

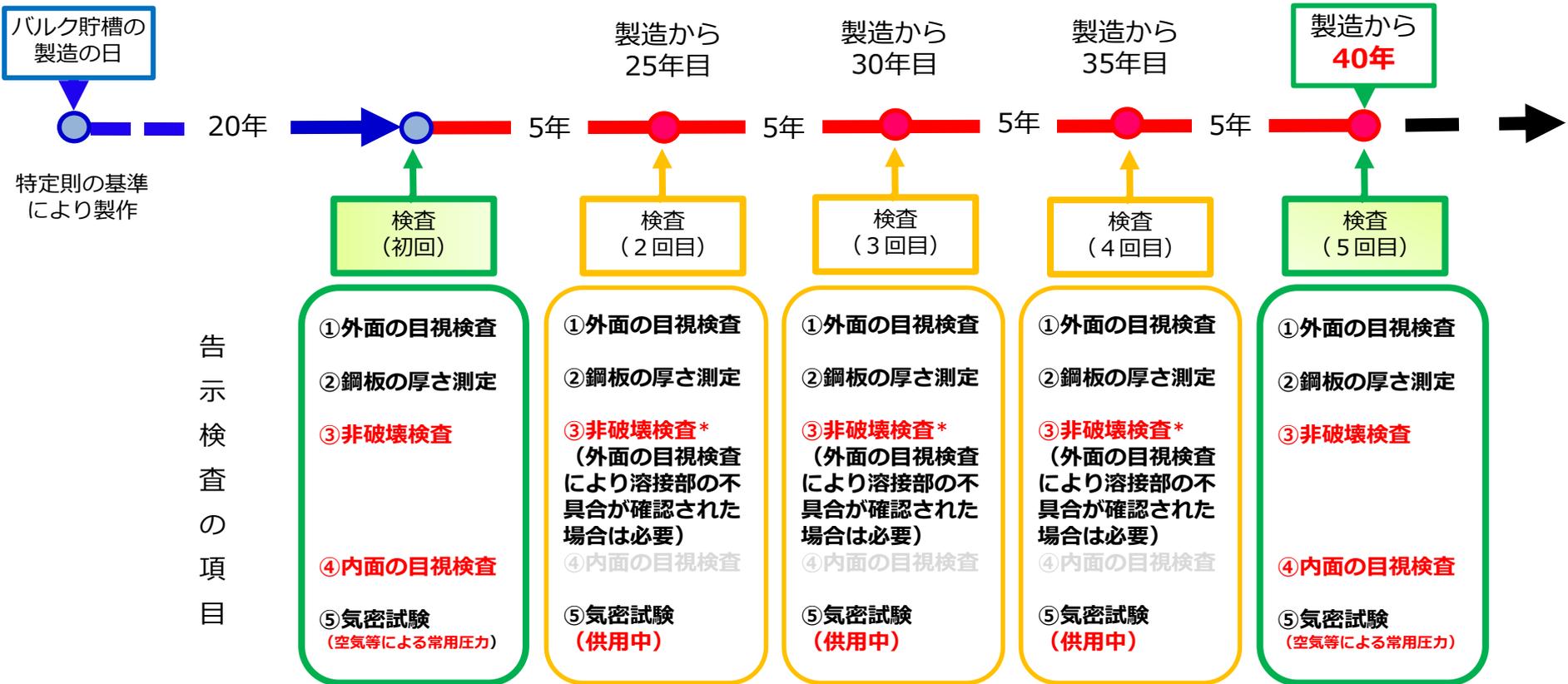
バルク貯槽の検査周期と方法（①外面の目視検査、②鋼板の厚さ測定、③非破壊検査、④内面の目視検査、⑤気密試験）について検証を行った結果、製造後20年以降40年以下の検査については、以下の通りとすることが適当と考えられる。

| | 項目 | 調査結果 | 検査方法案 25年目、30年目、35年目検査 |
|----|----------|---|--|
| 外面 | ①外面の目視検査 | 設置環境によらずに、バルク貯槽外面の塗装が劣化しているバルク貯槽が確認された。特に設置環境が厳しい沿岸部などのバルク貯槽では、外面の塗装が剥離し、更に鋼板の腐食が発生している貯槽が確認された。 | 現行基準のままとし、初回検査後、5年ごとに実施する。 |
| | ②鋼板の厚さ測定 | | |
| | ③非破壊検査 | <p>外的な要因による腐食、割れ、傷、変形などの不具合については、外面の目視検査にて確認することができた。 供用中に新たに発生した有害な傷等の不具合は確認されなかった。</p> <p>供用中に新たに発生した不具合は確認されなかった。</p>   | <p>20年目検査で溶接部全線の非破壊検査を行い、傷等の不具合を処置したものについては、非破壊検査を省略することができる。</p> <p>外面の目視検査（25年目検査等）において溶接部に不具合が確認された場合は、非破壊検査を行うこととする。</p> |
| 内面 | ④内面の目視検査 | <p>LPガス雰囲気下において、内面の腐食の進行は確認されなかった。</p>  | 内面の目視検査を不要とする。 ただし、20年目検査後、附属機器の交換等によりバルク貯槽が開放されなかった場合に限る。 |
| | ⑤気密試験 | <p>開放検査時（20年目検査）の附属機器の取り外し・取り付けに起因する接続部の漏えいがないことを気密試験にて確認している。</p>  | <p>運転状態を継続した場合の接続部の漏えいリスクを回避するため、運転状態（供用中）で漏えいの有無を確認する。</p> |

バルク貯槽の検査周期の見直しについて

- 【現行】 20年目検査の後は5年ごとに5項目の検査（①外面の目視検査、②鋼板の厚さ測定、③非破壊検査、④内面の目視検査、⑤気密試験）を実施。
- 【見直し後（製造後40年まで）】 外面の腐食が発生することから、①、②、及び③のうち外面の非破壊検査（外面の溶接部において不具合が確認された場合に実施）については現行通り。他方、図における製造から25年目、30年目、35年目の検査について、③非破壊検査※、④内面の目視検査、を省略できることとする。また、⑤気密試験については、運転状態（LPガスが充てんされた圧力）により試験ができることとする。

※20年目検査で溶接部全線を検査し、検出された不具合を全て処置したものに限る。



* 溶接部全線を検査し、検出された不具合を全て処置したものは、非破壊検査を省略可能。

(参考) バルク供給に係る事故

- バルク供給に係る事故件数のうち、原因別に、他工事事故、施工不完全、腐食劣化で4分の3を占め、以下に留意する必要がある。
 - ① 他工事事故：一般的に供給管・配管、埋設部が長く、また、速やかに撤去が行われない場合がある。この対策として、供給管・配管の損傷防止対策、埋設管の表示、販売事業者への連絡、契約終了後の撤去が考えられる。
 - ② 施工不完全：液取り出し弁等から漏えい事故が見られ、適切な施工、管理を行う必要がある。
 - ③ 腐食劣化：長期間、設置されることから、外面の腐食劣化対策が必要である。
- 業務用に使われるケースがあり、消費設備側では業務用途の事故が見られる。
- 内面の劣化等に起因する事故は見られない。

2016年1月－2021年3月（暫定版）

（単位：件数）

| | 供給設備 | | | | | | | | | 消費設備 | | | | | | 合計 | |
|-----------|------|-------|-------|------|-----|-------|-----|--------|-------|------|-------|------|--------|--------|---------|----|-----|
| | 容器 | 容器バルブ | 高圧ホース | ヘッダー | 調整器 | バルク貯槽 | 供給管 | ガスメーター | その他機器 | 配管 | 末端ガス栓 | ホース類 | 家庭用燃焼器 | 業務用燃焼器 | その他の燃焼器 | | その他 |
| 他工事事故 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 28 | 0 | 1 | 16 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| 施工不完全 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 1 | 2 | 0 | 4 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 23 |
| 腐食劣化 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 3 | 0 | 2 | 8 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 22 |
| 消費者の取扱いミス | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 3 | 9 | 0 | 0 | 16 |
| 損傷 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 雪害 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 故障 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 製造不良 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 再液化 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 地盤沈下 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 不明 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 |
| 合計 | 1 | 2 | 0 | 0 | 4 | 17 | 35 | 1 | 5 | 31 | 9 | 7 | 8 | 13 | 0 | 0 | 133 |