

# 高圧ガス配管外面腐食検査に係る技術資料

－標準的な検査手順・手法等に関する提案－

平成19年3月

神奈川県安全防災局工業保安課

## 目 次

1	高圧ガス配管外面腐食検査の必要性等	1
2	配管外面腐食検査の意義	2
3	標準的な検査手順（指針）の作成例の提案	3
	高圧ガス配管外面腐食検査フローチャート	3
	高圧ガス配管外面腐食検査手順書	4
	付図一1 外面腐食の起こりやすい箇所	15
	参考資料1（KHK基準における配管外部の腐食の検査箇所選定の考え方）	25
	参考資料2（本県の高圧ガス取扱事業所における配管外面腐食検査の実態）	26
	参考資料3（調査委員会委員事業所における配管外面腐食検査の実施状況）	28
	参考資料4（高圧ガス配管外面腐食検査の参考となる文献の一覧）	31

## 高圧ガス配管外面腐食検査に係る技術資料

### 1 高圧ガス配管外面腐食検査の必要性等

#### (1) 高圧ガス事故の発生と事故原因

平成 12 年以降、高圧ガス事故が増加傾向にあり、原因を分類すると「腐食・劣化に起因する事故」が多く、その中には、外面腐食による事故も相当含まれている。本県においても、平成 17 年度に、保冷配管の板金間隙部から水が侵入して、配管が腐食し、LP ガスが漏洩する事故が発生している。

#### (2) 配管の外面腐食対策への取組状況

平成 14 年度に「コンビナート事業所への立入検査」を実施した結果、約 4 割の事業所で、外面検査に関する明確な基準を策定しておらず、塗装等による対策は講じているものの、保全計画を立てて随時改修することで対策を講じている事業所が多いという状況にあった。

#### (3) 保安検査基準における配管外面腐食検査の位置付け

「保安検査基準」(KHKS 0850-3(2005) 平成 16 年 11 月 25 日制定。平成 17 年 2 月 8 日改正)においては、高圧ガス設備の耐圧性能及び強度に係る検査として、配管の外部(断熱材等で被覆されているものにあつては、その外面から)の目視検査を 1 年に 1 回行い、さらに、十分な肉厚を有していることを確認するため、肉厚測定を 1 年に 1 回実施することとしている。

#### (4) 「高圧ガス配管外面腐食検査手順」制定の必要性

本県に所在する高圧ガス製造事業所は、設置後 30 年を超えた施設が多く、設備の老朽化が進んでいる。特に、保温材や保冷材で被覆されている高圧ガス配管の外面は雨水などの浸入により腐食が進行し、配管にピンホールを発生させるなど重大な高圧ガス事故につながる恐れがあり、近年、高圧ガス保安上問題となっている。

高圧ガス配管の検査は、保全管理上、管理対象範囲が膨大であるとともに、高所や狭い場所に設置される場合もあり管理しづらい面がある。

特に、外面腐食は保温・保冷材の有無、保温・保冷材の切り欠きの有無及び配管の形状、配管サポートの構造など多くの条件が腐食要因となり、条件を整えればどこにでも発生するが、その発生場所、発生時期の特定が難しく、内面腐食と比べ定点測定による傾向管理が難しいと言われており、事故防止の観点から外面腐食対策を的確に講じることは重要である。

このため、県は、平成 16 年度から平成 17 年度までの 2 カ年計画で、(社) 神奈川県高圧ガス協会に、高圧ガス配管外面腐食検査指針策定のための調査、研究の事業を委託した。

協会では、平成 16 年度には、配管外面腐食検査の実情調査としてアンケート及び文献調査等を行い、さらに、平成 17 年度は、こうした結果を基に、委員会

構成委員の事業所で実施している高圧ガス配管外面検査の具体的な取組みや手順等に関する調査、維持規格に関する文献調査等を行い、標準的な配管外面腐食検査手法の手順の提言についてとりまとめた。

## 2 配管外面腐食検査の意義

高圧ガス配管の外面腐食が進行し、高圧ガスが漏えいした場合、重大な事故につながりかねない。現状の配管検査は、各事業所が自主基準に基づいて実施しており、検査方法、検査時期などは異なっているものと考えられるため、配管の外面腐食の状況を正確に把握し、補修、更新等の適切な対応が可能となるよう、標準的な検査指針の策定が望まれている。

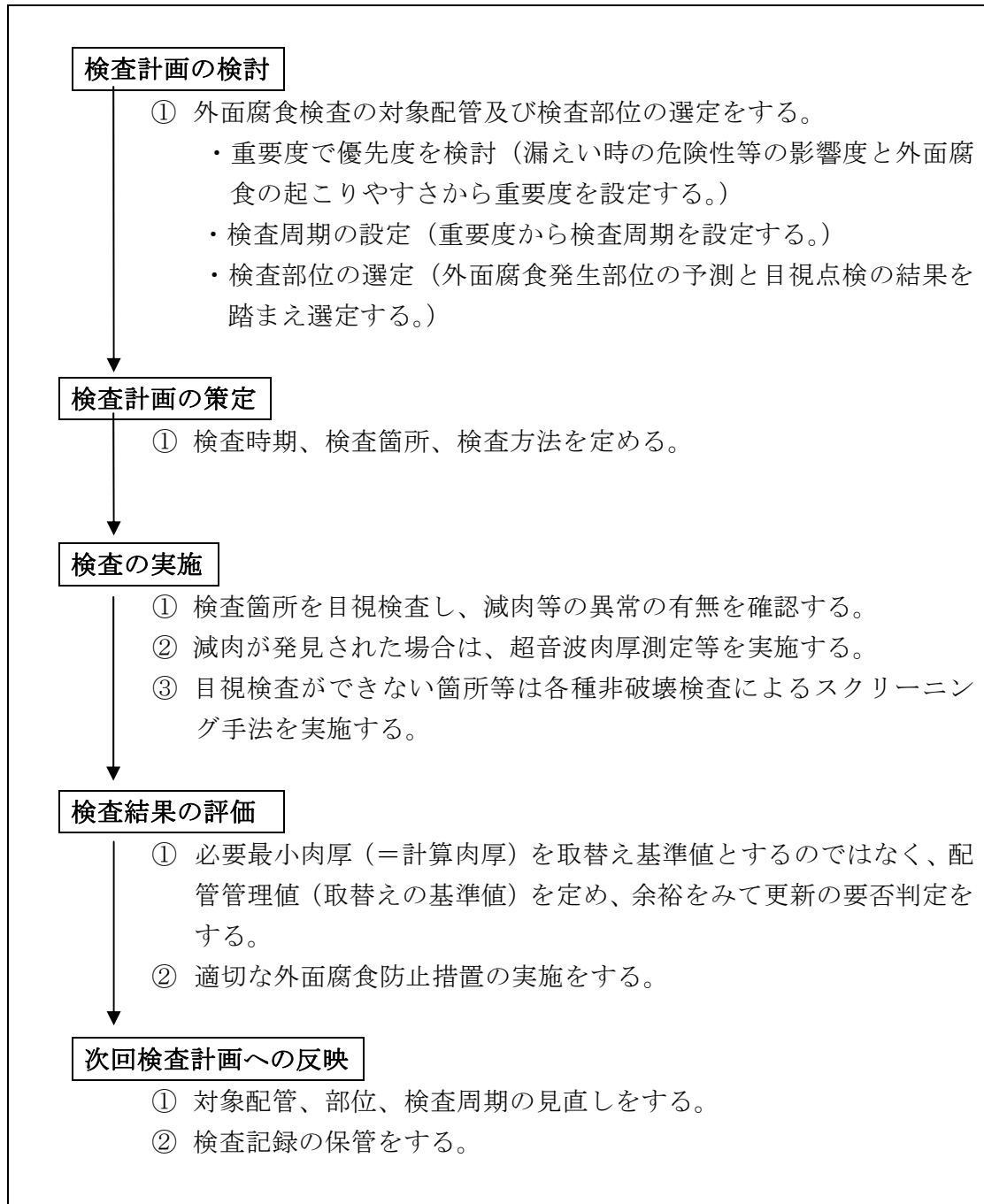
一般的に、配管の内面側の腐食は、ガスの種類、圧力・温度、流速、ガスの腐食性の有無等の様々な要因により発生するが、外面側の腐食については内面側とは異なり、それらとは別の要因を考慮し腐食状況を調査できるので、標準的な検査手順があれば、各事業所で共通的に活用することができ有意義なものとなると考えられる。

このため、標準的な検査手順について定めたので、事業所ではこの指針を参考に、設備の実情に合わせ適切な対応を実施し、配管外面腐食による事故の未然防止に役立てて頂きたい。

### 3 標準的な検査手順（指針）の作成例の提案

高圧ガス配管外面腐食検査を実施する場合の一般的な業務フロー及び具体的検査手順を次に示す。

#### 【高圧ガス配管外面腐食検査フローチャート】



## 【高圧ガス配管外面腐食検査手順書】

### 3.1 適用範囲

高圧ガス設備の配管について、大気側からの外面腐食に対する保全検査に適用する。

### 3.2 概要

配管の外面腐食管理は配管系を検査し、現状の外面腐食状況を的確に把握し、その進行を予測し必要な対策を実施することである。

- (1) 配管系の検査は関連法規と漏えいのリスクに過去の検査結果を考慮して検査周期を設定し実施する。
- (2) 外面腐食事例等により腐食部位を推定し、目視点検結果と合わせ検査部位を決定する。
- (3) 各々の検査部位に対し検査時期、検査方法を検討し検査計画を策定、運用する。
- (4) 外面腐食を検査する方法は、目視検査、非破壊検査などがある。これらを適切に組み合わせて検査する。
- (5) 検査データの評価結果により、検査計画の見直し及び配管の取替補修や塗装などに関する保全計画の見直しを実施する。
- (6) 検査記録には欠陥の位置等必要なデータを記載するとともに次回以降の設備管理に活用できるようにする。

### 3.3 検査計画の検討

配管は長大であり、相互に連結された集合体である配管系（直管部のみならず、エルボ及び弁、ノズル等の配管付属品を含む）で構成されるため、配管の外面腐食管理は、まず検査対象配管を明確にする必要がある。

また、同一の配管系でも周囲の環境や保温・保冷材の有無などにより腐食形態は様々であるため、配管の外面腐食検査は、日常点検に加えて、配管系ごとに評価されるリスクに対応した重要度から、検査周期を定めて実施する。

なお、配管系の変更や運転条件の変更をする場合は、内部流体の危険性及び腐食環境を再評価して重要度の見直しを行う。

#### 3.3.1 配管系のリスク評価

配管系の「漏えい時の影響度」と「腐食の起こりやすさ」からリスク評価を行う。表-1 にリスク評価表の例を示す。なお、リスクは、運転実績、過去の検査結果及び事業所の保安管理体制、日常の監視方法、異常検知の信頼性、異常発生時の保安装置、防災設備、防災体制などを考慮して総合的に判断して決定する。

なお、防食被覆等が施されている配管は、被覆材の耐用年数、過去の検査状況も考慮して決定する。

表-1 リスク評価による重要度設定の例

		漏えい時の影響度			
		小	大	重大	致命的
腐食の起こりやすさ	高	重要度 3	重要度 2	重要度 1	重要度 1
	中	重要度 4	重要度 3	重要度 2	重要度 1
	低	重要度 4	重要度 4	重要度 3	重要度 2
	微	重要度 4	重要度 4	重要度 4	重要度 3

### (1) 漏えい時の影響度

「漏えい時の影響度」は、配管系の流体及び使用条件ごとに次に掲げる物性や特性に考慮して決定する。

- a) 火災・爆発性 : 爆発下限界、引火点など
- b) 人体への影響度 : 有害性と許容濃度、PHなど
- c) 漏えい時の影響度 : 圧力、流量、温度など
- d) 外部への影響度 : 公共施設への影響、他工場の操業停止など
- e) 経済性 : 機会損失、復旧費用など

また、内部流体の危険度に拘わらず、次に掲げる配管系は漏えい時の影響が大きいのと思われるので、必要に応じて影響度を上げる。

- a) 安全制御装置、警報装置等の保安設備に影響がある配管系
- b) 排水処理装置、焼却装置等の環境設備に影響のある配管系
- c) 換気装置、吸収装置等の有害物除害設備に影響のある配管系
- d) 消火設備、散水・冷却装置等の防消火設備に影響のある配管系

### (2) 腐食環境の評価

「腐食の起こりやすさ」は、配管系ごとに次に掲げる腐食環境について事業所の検査体制、防食管理の信頼性、過去の検査実績、腐食事例等を考慮して決定する。

- a) 設置場所 : 水の飛散箇所、沿岸部、冷水塔周り、ピット内等の多湿な箇所は腐食環境となる
- b) 材質 : 炭素鋼、低合金鋼が対象となる。一般にステン

レス鋼などは耐食性に優れる

- c) 保温・保冷材の有無 : 保温、保冷配管は日常点検が困難な上、雨水が浸入すると腐食しやすい
- d) 運転温度 : -5～150℃程度で運転されている配管は外面腐食を生じやすい。特に、結露する配管や60～80℃付近で使用する配管は腐食しやすい
- e) 運転形態 : 間欠運転による温度変化の範囲が腐食環境になっている場合がある
- f) 防食措置 : 防食措置の有無

また、オーステナイト系ステンレス鋼の場合は、外面の応力腐食割れ（ESCC）についても、次に掲げる項目に対して考慮する必要がある。

次の各項は塩化物型 ESCC の例で、これ以外でも材料の鋭敏化度や、過去の熱履歴等によって鋭敏化型 ESCC が発生する場合があるが、これらについては、材料選定や製作方法、運転履歴等が関わるため、別途個別に検討する必要がある。

- a) 設置場所 : 沿岸部等、塩化物に曝される環境で発生しやすい
- b) 保温・保冷材の種類 : 保温・保冷材に Cl<sup>-</sup> イオンを含有していると発生しやすい
- c) 運転温度 : 65～210℃程度の範囲で発生しやすい
- d) 防食措置 : 溶接部及び架台接触部や雨水の溜まりやすい部位に耐 ESCC 塗装などの防食措置をしていることが望ましい

### 3.3.2 検査周期の設定

配管系ごとの定期検査の周期は「リスク評価」に対応した重要度により設定する。なお、過去の検査結果、過去の補修・更新の実績を考慮し、最終決定する。表-2 に重要度と検査周期設定の一例（認定保安検査実施者の例）を示す。

表-2 重要度と検査周期設定の例

重要度 1	4 年以内
重要度 2	6 年以内
重要度 3	8 年以内
重要度 4	1 2 年以内



### 3.3.3 検査部位の選定

外面腐食は常時水分が供給される環境や雨水が浸入し、滞留しやすい箇所に発生する。

一般的に外面腐食を生じやすい箇所は知られているが、予想外の腐食も考えられるので、日常点検結果を検査部位に反映させる。

#### (1) 経験、事例による腐食部位の推定

これまでの経験や事例を基に検査部位のリストアップを行う。

なお、付図-1 に一般的に外面腐食が発生しやすい箇所を例示している。

また、他社事例により新たな知見が得られた場合は、必要に応じ臨時検査等を実施する。

表-3 外面腐食が発生しやすい箇所

保温・保冷及び 裸配管共通		・エルボ部の外側部 ・ノズル直管部 ・ダミーサポート内部 ・バンド部 ・容器下部ノズル部 ・チー ズ配管小口径ノズル部 ・結露配管下部ノズル部 ・ サポート、ラック接触部 ・フランジ部（隙間） ・ 溶接、熱影響部 ・スリーブとの隙間 ・フローア貫 通部（保温切欠き、隙間、接触） ・地下ピット内 ・ レベル計等計装取出し配管 ・防食材下
保温 ・ 保冷 配管	健全部	・保温・保冷配管ブローノズル部 ・フランジ部の保 温、保冷材縁 ・保温・保冷施工末端部
	劣化部	・保温・保冷板金劣化部 ・保温・保冷配管シューサ ポート接触部 ・保温・保冷エルボ下部 ・保温・保 冷配管取出し上向きノズル ・保温・保冷下向きノズ ル ・保温・保冷バルブ
裸配管		・結露水等の滴下部 ・地這い配管底部 ・土壌接触 部 ・ピット内
その他		・埋設配管地切り部（防食被覆際）

上に掲げた箇所は、水が介在し腐食速度が大きくなるものがほとんどである。また、配管の外表面に保水性・保湿性を持たせる効果のある部位が腐食速度を増す傾向にあることを考える必要がある。また、水以外の腐食速度を速める原因としては、異種金属との接触、溶接、ゴミや塵などの不純物の付着等がある。

上記の他、次に挙げる箇所も検査部位の選定に当たって注意する必要がある。

○表示シール（ワッペン）下

- 調節弁前後（特に下流側の断熱膨張による温度低下等）
- 異種金属接触部（ステンレス配管と炭素鋼製ルーズフランジ間等）
- 防食材被覆部、フランジ継手の隙間
- 異種金属溶接部（ステンレス鋼と炭素鋼等）
- ネジ継手部
- 雨水跳ね上がり部
- スチーム（トレース） 配管隣接部
- 過去の検査で極端に腐食速度が早い箇所（例：0.3mm/y以上の箇所）

## （２）目視点検結果の反映

運転管理部門、保全管理部門を問わず日常の目視点検による異常兆候の発見は重要である。これら目視点検結果を検査部位の決定に反映させる。次のような視点で点検することが望ましい。

- 塗装の劣化の状態、防食テープ等劣化の状態
- 錆び浮出しの状態、サビの流れ出しの状態
- 防食材被覆部の劣化損傷の状態
- 水滴・水の滲み出しの有無
- サポートと配管の状態（防食処置・絶縁の状態）
- Uバンド・ハンガーの腐食の状態
- 配管（ノズル）、保温・保冷末端部付近、調節弁前後の状態（結露・湿潤の有無）
- スチーム漏洩、スチームトラップの回収状態
- 貫通部構造材劣化の状態
- 雨水等跳ね上がりの状態、土等の付着の状態、
- 振動の状態（磨耗、塗装膜・保温材損傷の可能性）

ここで見落されがちなのは、配管サポートやUバンド等のみの交換、サポートと配管接触部を塗り残した塗装等、一見保全が行き届いているように見える箇所である。これらの状態については、保全管理部門でその履歴を調査し、必要に応じて再点検する必要がある。

## （３）検査部位の選定

3.3.3（１）項でリストアップした部位に3.3.3（２）項の目視点検により異常の兆候が見られる部位を追加し検査部位を選定する。

## 3.4 検査の計画の策定及び検査の実施

外面腐食の検査計画は、関連法規や検査実績を踏まえ、検査時期、検査箇所、検査方法を定め実施する。

### 3.4.1 検査時期

検査の実施時期は、設備を停止して行う停止中検査と運転中に行う運転中検査に分類される。運転中検査の結果、異常が認められた場合は臨時検査の実施を検討する。

運転中実施する検査項目は、配管本体の腐食、配管サポート・基礎部の変形・破損、漏洩異常振動、塗装・保温・保冷材の不良箇所等が中心となる。

また、他社の事例から検査が必要と判断された場合は計画外の臨時検査を行う。

運転中の超音波肉厚測定は、配管外面温度の影響により誤差が発生するので、測定値の補正をおこなう。

### 3.4.2 検査箇所

決定した検査部位に対して、対象範囲や具体的な検査箇所を、図面等にて明確にしておく。保温・保冷材を部分的に解体\*して抜き取り検査を行う場合は、「付図-1 外面腐食の起こりやすい箇所」を参考にして検査箇所を十分に検討する。

#### \* 保温・保冷配管の保温・保冷材の解体

保温・保冷配管の場合、腐食部を目視検査するために保温・保冷材をすべて解体することは非効率的で、一般的に行なわれていない。

一般には過去の検査データを基に、外面腐食の発生が考えられる箇所、目視点検で、保温・保冷外装板の劣化・損傷腐食の認められた場所については保温・保冷材を解体し検査が行なわれている。

スクリーニング手法で不良箇所を調査した結果により外面腐食が検出された箇所については保温・保冷材を解体して検査する手順も考えられる。

### 3.4.3 検査方法

外面腐食を検査する手法は目視検査、非破壊検査などがある。これらを適切に組み合わせる。3.3.3 (1) 項で特定された検査部位を目視検査し、異常の有無を判断する。更に必要な非破壊検査を実施し、処置を決定するのが検査の標準的な手順である。(図-1 検査の流れ 参照)

#### (1) 目視検査

目視検査で、減肉、配管外面の変色、塗装・被覆材の劣化・損傷・浮上り、錆の発生、保温・保冷材外装板の雨水浸入防止処置、保温・保冷材表面の氷結、配管サポート部の腐食等\*の有無を確認する。

その結果、腐食している箇所については、肉厚測定を行い、配管取替等補修の要否を評価する。ラックの接触部や保温・保冷外装板の劣化・損傷があった部位など、直接腐食部位の目視が困難な場合は、配管の持ち上げや保温・保冷材の解体を行うか、必要に応じてサーモグラフィ、表面温度計等の検査機器を補完的に

用い、腐食状況に対応した非破壊検査手法を適切に選定して実施する。

さらに、配管の変形、スライドシューの曲がり、接触についても合わせて検査し、必要な処置を実施する。

**\* 配管サポート部の腐食等の検査**

支持部の配管を持ち上げて実施する目視、肉厚測定検査は、外面腐食の検査として検査精度が高い。腐食の兆候（塗装の剥離、錆の発生等）がある箇所は、配管を持ち上げ、検査を実施することが望ましい。

また、配管を持ち上げる際は防食被覆（防食テープ等）の破損にも注意が必要である。防食被覆は、配管支持部の架台との接触により、部分的な破損が発生しその部分のみが腐食することから、特に注意して目視検査することが必要である。

また、スクリーニング手法で不良箇所を見つけて、目視、肉厚測定する手順も考えられる。

通常配管支持部の多くは、ラック上に集約されるため、足場の設置、配管の持ち上げ作業、検査前の塗装、保温・保冷材の剥離等の作業が多く、付帯費用が多く発生する。配管支持部は、長期的には腐食を進行させず、設備の信頼性を向上させる防食対策の検討・実施が望ましい。

**(2) 肉厚測定（非破壊検査）**

目視等により減肉が発見された場合は、減肉状況を計測するための寸法測定（外径測定、デプスゲージ、型取りゲージなど）、非破壊検査（超音波肉厚測定、放射線透過試験など）を実施する。

一方、目視検査が出来ない箇所や目視検査を実施するには付帯工事が多く経済的でない箇所については、目視検査に代えて、各種非破壊検査\*によるスクリーニング手法を適用し、**外面腐食**の有無を確認後に詳細検査を実施する等の手順も検討する。いずれにしても**外面腐食**が確認された箇所について、腐食の状況を的確に把握する検査を実施し、措置の要否、更新の必要性について検討が必要である。

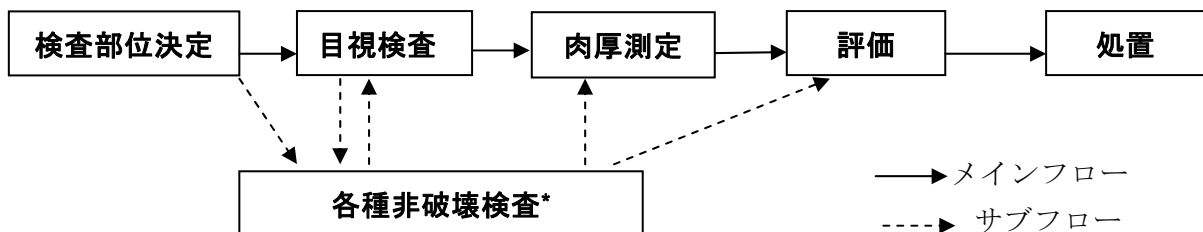


図-1 検査の流れ

**\*各種非破壊検査**

配管が保温・保冷されていたり、架台に接している箇所、壁等の貫通部分など、直接目視で確認できない部分を検査する場合は、保温・保冷材を解体したり、配管を持ち上げたりする検査前作業が必要となる。これらにかかるコストや時間を少なくするため、表-4 に例示する各種非破壊検査等をスクリーニング手法として検討し、効果が期待できるものについては適用する。

表-4 各種非破壊検査の例

検査手法	検査の特徴	適用例
ロングレンジガイド波	保温・保冷材配管でも探触子設置場所のみ露出させることで、他の場所は保温・保冷材を外さずに探傷できるスクリーニング技術	垂直・水平配管
ラックスルー	保温・保冷材の取外しが必要	ラック接触部腐食
レイリースキャン	保温・保冷材の取外しが必要	ラック接触部腐食
パルスET	保温・保冷材・コーティングの上から検査できるが、熱断材板金が磁性体の場合検出性能が低下する。	被覆配管腐食
磁気飽和過流探傷	非接触で高速なスクリーニングができる。 保温・保冷材配管には適用できない	水平配管
中性子水分計	保温・保冷材中の水分を測定するもので、水分量から腐食環境の推定する	保温・保冷材の水分

**3.4.4 検査に当たっての注意事項**

配管の外面腐食発生箇所について、安易にさびを除去した時、外部腐食が予想よりも進行していた場合には、配管から漏洩することも考えられるので、さび除去の可否を慎重に判断する。使用停止、圧抜きが出来ない配管の場合は、放射線撮影等の非破壊検査の採用や停止中検査への変更を検討する。

### 3.5 検査結果の評価及び次回検査計画への反映

#### 3.5.1 検査データの評価と措置

##### (1) 目視検査データ

- ①裸配管は塗装・被覆材に劣化、損傷、浮上り、剥離等があり、腐食の進行が軽微な場合は計画的に塗装・被覆材の補修を実施する。腐食が進行していると思われる場合は、塗装・被覆材及びさびを除去して減肉状況を目視で確認し、減肉量が概ね1mmを超えるときは肉厚測定を実施する。
- ②保温・保冷配管は、外装板のはがれ、変形、破損、継目シールの劣化、損傷等がある場合、雨水浸入の疑いがあるため、保温・保冷材を取り外して配管表面の目視検査を上記①により実施する。
- ③保温・保冷材を取り外した部分について配管表面の目視検査を行った結果、配管全面にわたり腐食が懸念される場合は、大規模に保温・保冷材を取り外して上記①により全線について検査を行う。
- ④支持や振動抑え用の部材に損傷や腐食、機能上の低下が認められた場合は、補修を行う。

##### (2) 肉厚測定データ

- ① 目視検査で腐食減肉を認めた場合は計測器を用い、減肉の最も進行した部位の最小肉厚を把握する。
- ② 最も減肉している部分の残存肉厚が配管の取替厚さ\*に運転時間に対応する腐れ代を加えた厚さ又は設定した配管管理厚さ\*以上であれば、腐食部分を平滑に仕上げた後、必要な防食措置（塗装、防食テープ等）を実施する。なお、応急処置として防食措置等を施した場合は、それらの措置が有効に維持されていることを適宜経過観察するとともに補修計画に確実に反映する。
- ③ 残存肉厚が取替厚さに運転時間に対応する腐れ代を加えた厚さ又は設定した配管管理厚さ未満のときは、検査範囲を拡大し配管系全体を追加検査する。これらの検査データを解析・評価し、腐食の原因調査を行い、配管の一部又は全部を交換する。
- ④ 腐食の原因調査結果によって類似配管系について必要な検査を追加する。
- ⑤ 有効な防食措置等については3.5.2項に示す。

\*配管の取替厚さ（必要最小肉厚）：

配管に必要な最小厚さであり、この値は適用法規又は適用規格に規定された計算式及び材料の許容応力を用いて求められる計算厚さ

\*配管管理厚さ（管理値）：

配管の腐食検査管理を円滑に進める目的で配管の取替厚さに腐れ代及び余裕代を含んだ厚さ

### 3.5.2 外面腐食防止措置

外面腐食の発生原因は個々の事例で異なる場合が多いことから個別に原因を検討し必要な措置を実施する。

#### 外面腐食防止措置の具体例

- 耐食材料に材質変更する。
- 防食塗装・被覆を施工する。
- 雨水が上部から集中的に落下している場合は、雨水の落下する位置をずらしたり、配管上に雨避けを設置したりする。
- 地面から雨水の跳ね返りがある場合は、配管の位置をかさ上げしたり、地面を掘り下げたりして、配管と地面との距離をとる。
- トレンチ内などで雨水が滞留して湿潤雰囲気となる場合は、排水ポンプの設置や、配管のかさ上げ、通風を良くする。
- 保温・保冷板金の折り返しを下側にする。
- エルボ部の保温・保冷板金の重ね合わせ部分をビスで固定する。

### 3.5.3 次回検査周期

次回検査周期は外面腐食防止措置実施後に再度3.3.1項によりリスク評価を行い再設定する。

### 3.5.4 検査記録

検査記録は、欠陥の位置や劣化程度など耐圧性能に関する実態が把握できる内容であるとともに、次回以降の設備管理に活用できるようにする。また速やかに検査報告書として関係者に配布して情報の共有化をはかる。

#### (1) 検査記録項目

検査記録の記載例を示す。

- ① 配管の名称、用途、区間
- ② 材質、元肉厚、必要最小肉厚又は管理厚さ
- ③ 設計圧力、常用圧力、温度
- ④ 検査年月日
- ⑤ 目視検査などの状況
- ⑥ 肉厚測定結果
- ⑦ 非破壊検査の試験結果
- ⑧ 補修記録及び検査記録
- ⑨ 気密試験結果
- ⑩ その他特記事項

## **(2) 記録の保存**

検査記録は、該当配管系が存続する限り保存して、今後の保全計画に活用する。

## **(3) 配管台帳とデータ管理**

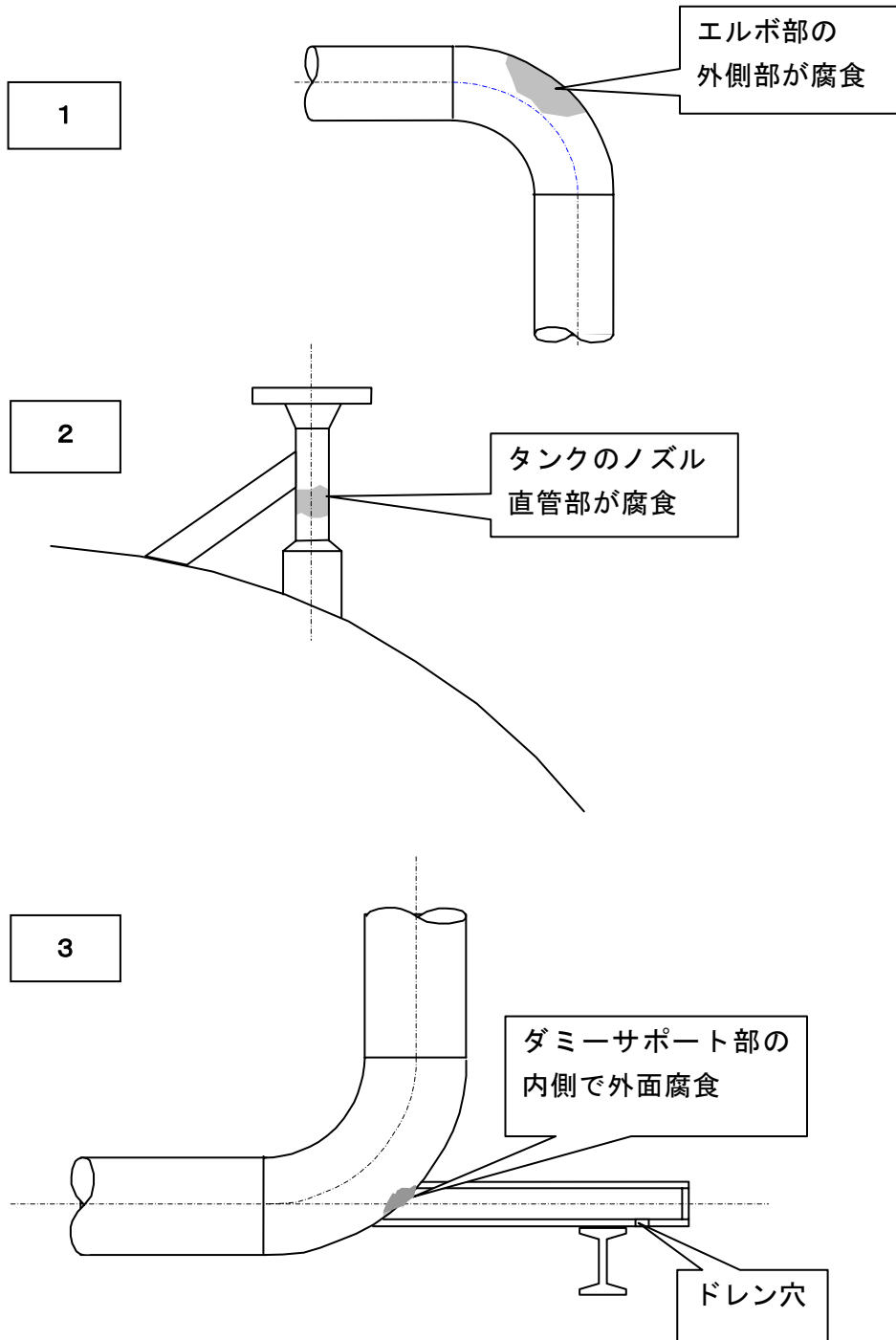
次回検査時期、更新時期を管理するには、検査結果の記録は、配管台帳を作成し保全管理するのが望ましい。

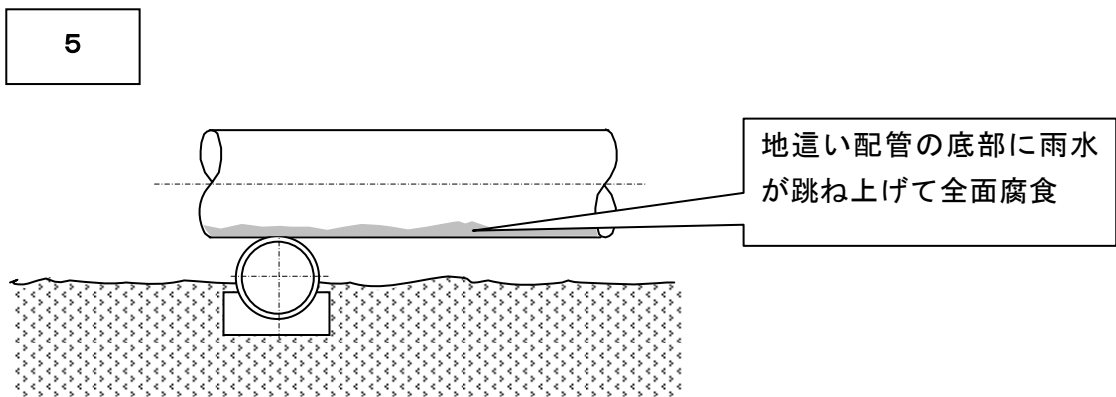
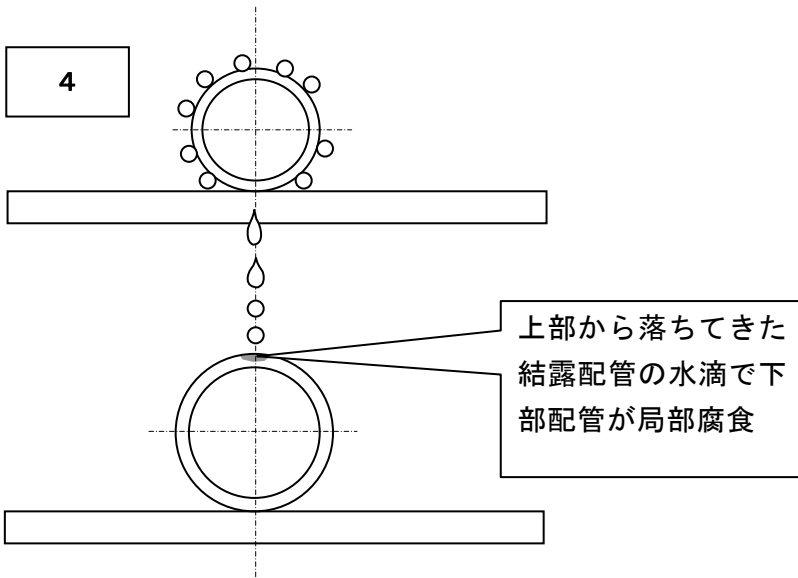
また配管の検査記録は大きな情報量となるため、コンピュータにより管理し、保全計画（検査・補修計画）に連動させることが望ましい。



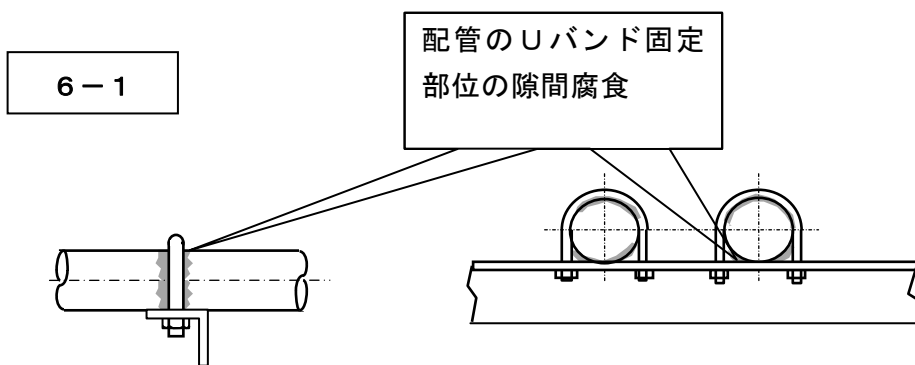
付図－1 外面腐食の起こりやすい箇所

配管の外面腐食はどの部位に発生しているかを、多数の腐食事例の中から、腐食部位、腐食環境、配管、保温・保冷材、防食材の施工等を参考に共通的な内容を整理して紹介する。

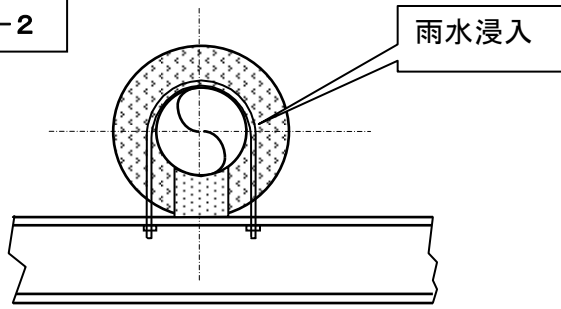




サポート

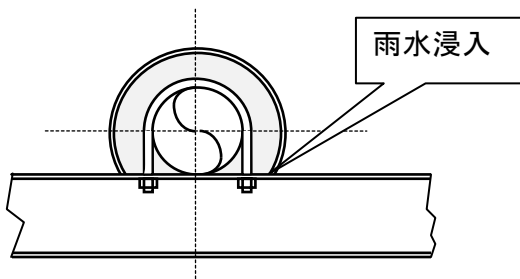


6-2



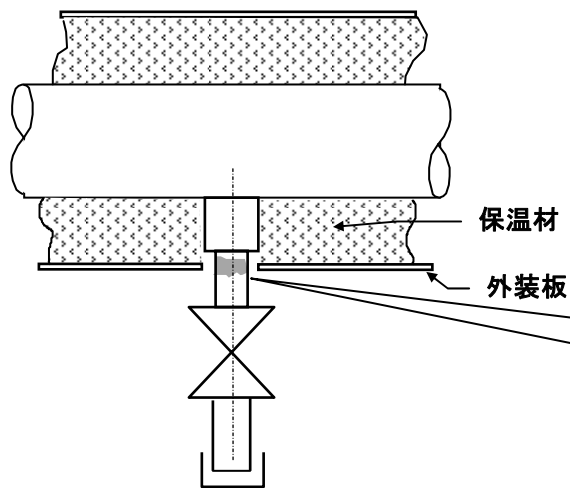
保温板金劣化により雨水の浸入で配管のUバンドサポート部が腐食

7



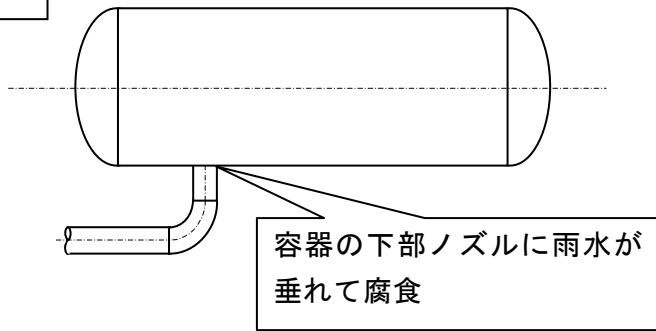
保温板金目地部からの雨水浸入による配管の外面腐食

8

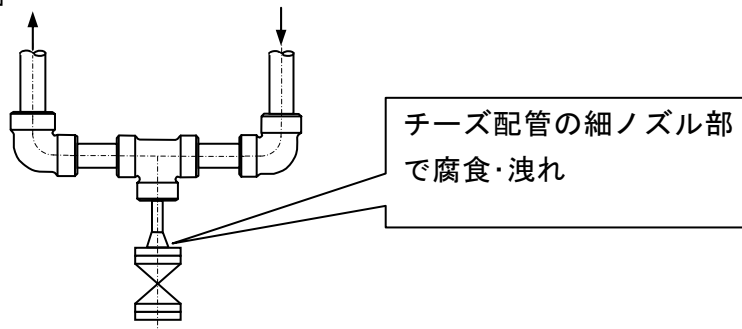


ノズル部の保温施工目地部での局部腐食

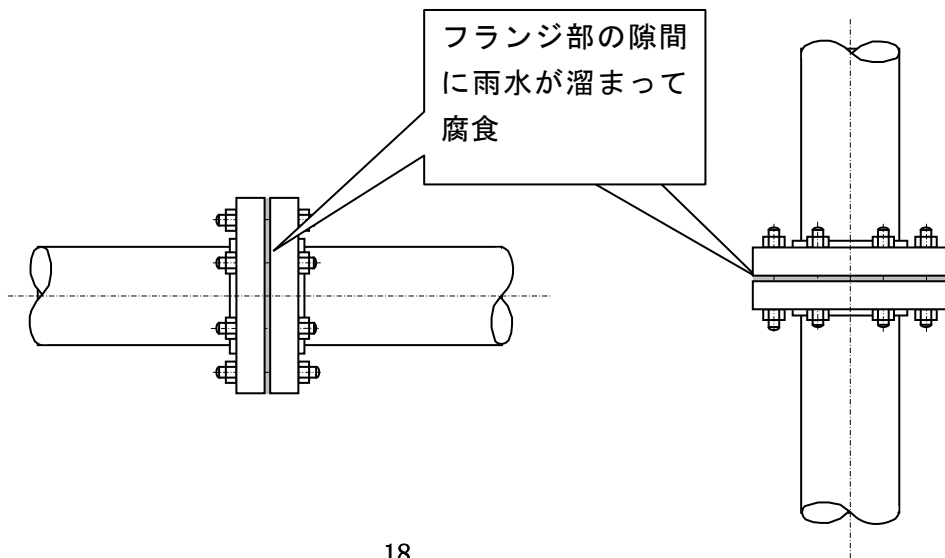
9



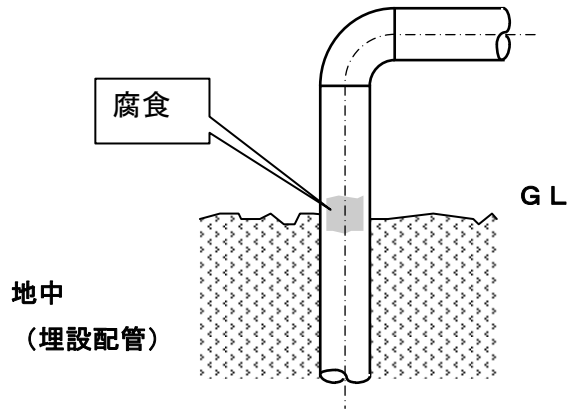
10



11

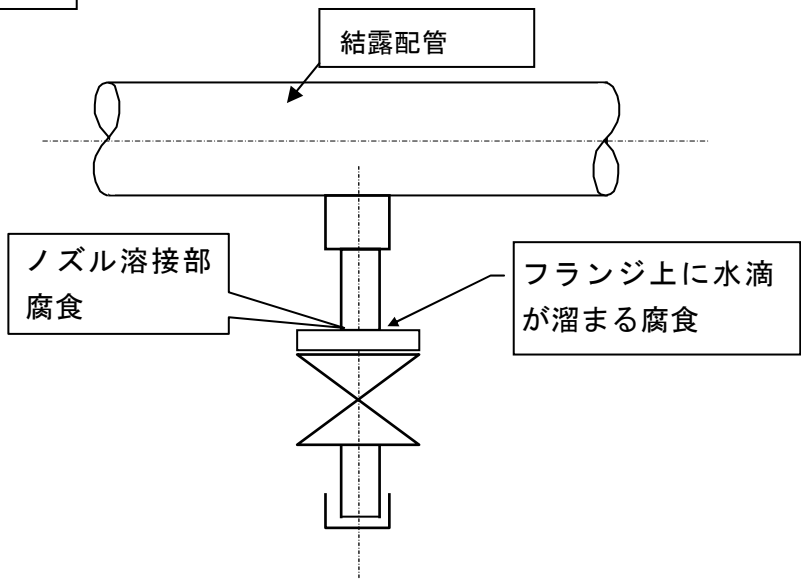


12

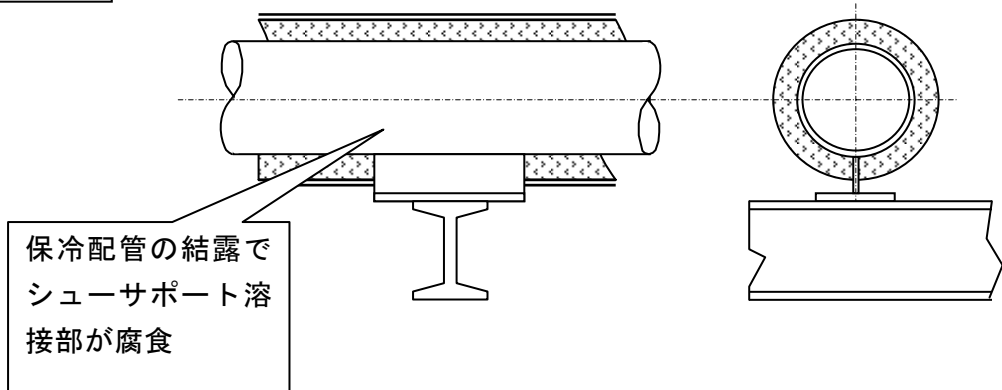


防食（テープ）の劣化放置により、埋設配管の地面との境界部位で腐食

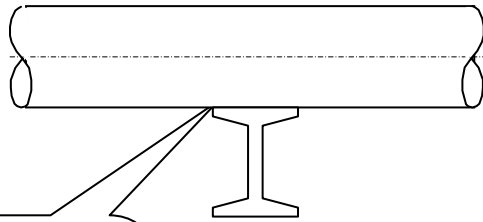
13



14

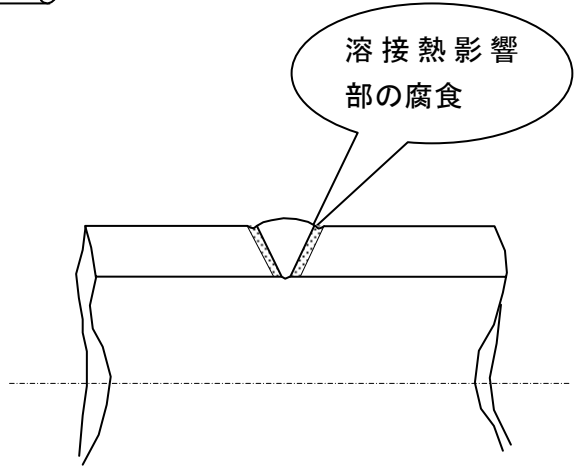


15



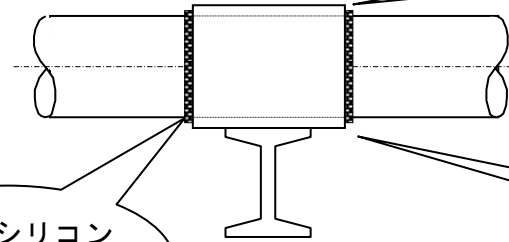
配管との接触部に雨水が溜り腐食

16



溶接熱影響部の腐食

17

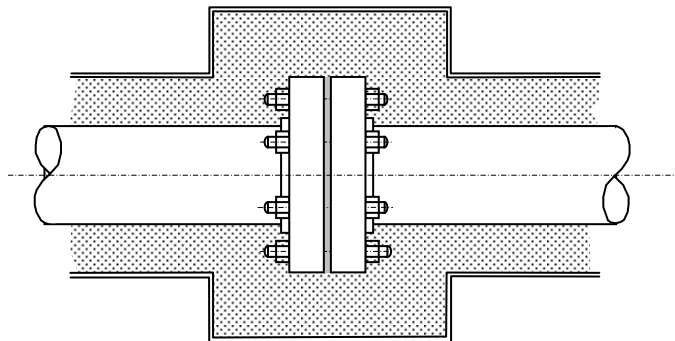


目地：シリコンコーキング

SUS材のスリーブ+内面防食（デンゾーテープ）

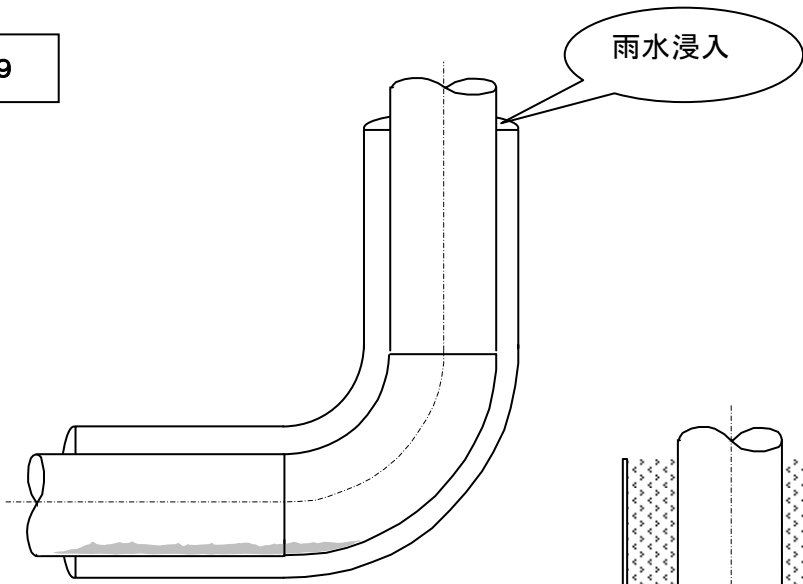
スリーブ内の防食材と配管の接触部位で腐食

18

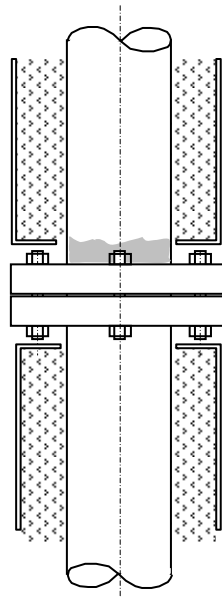


保温材施工の配管フランジ部の腐食

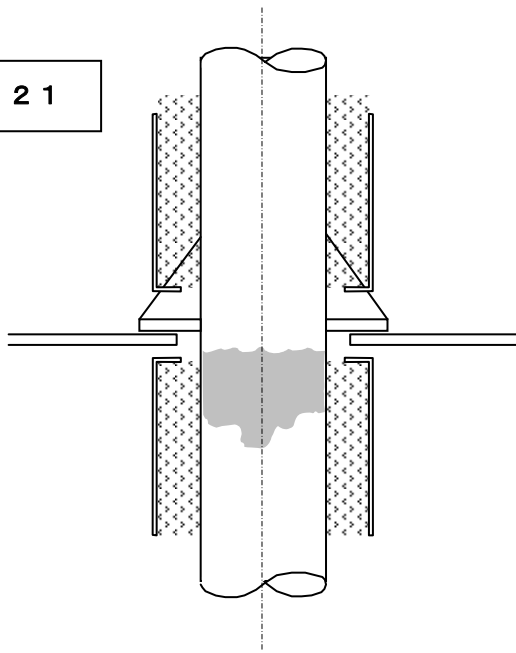
19



20

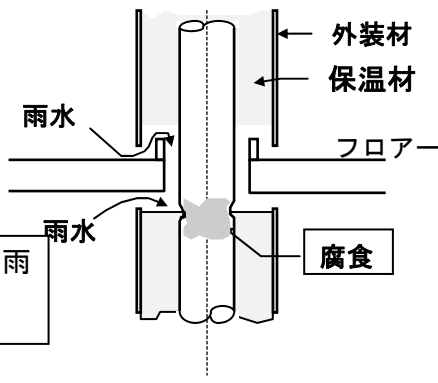


21



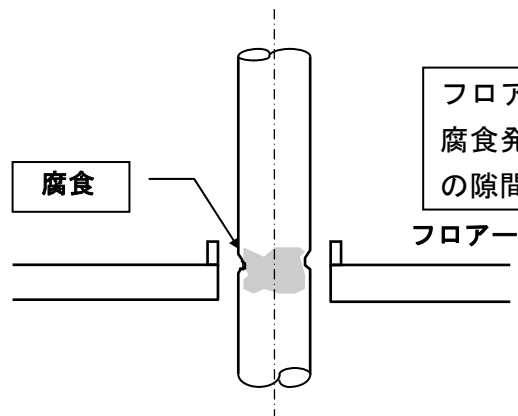
フロー貫通配管の保温材から雨水が浸入して内部の配管が腐食

22



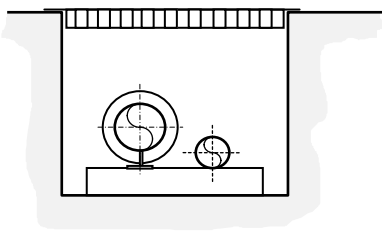
フローを貫通する配管に雨水が集まり腐食

23



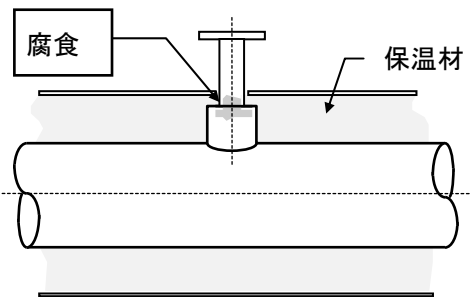
フローア貫通部で雨水が跳ねて外部腐食発生、また防食材（テープ）との隙間腐食の事例もある

24



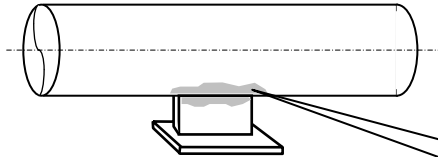
地下ピット内敷設配管の腐食

25



保温材施工の上向きノズルの段付き部で腐食発生

26

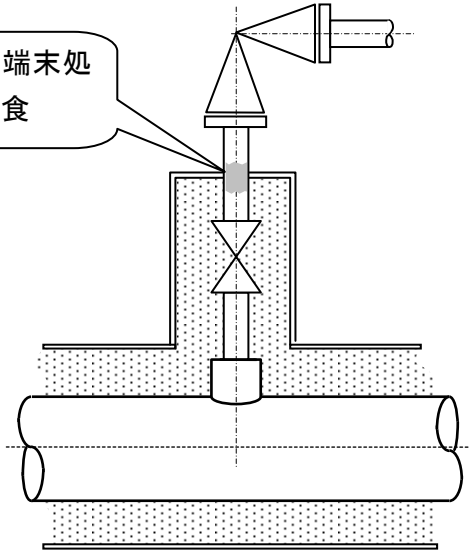


配管サポート部との接触部に雨水が溜まり腐食



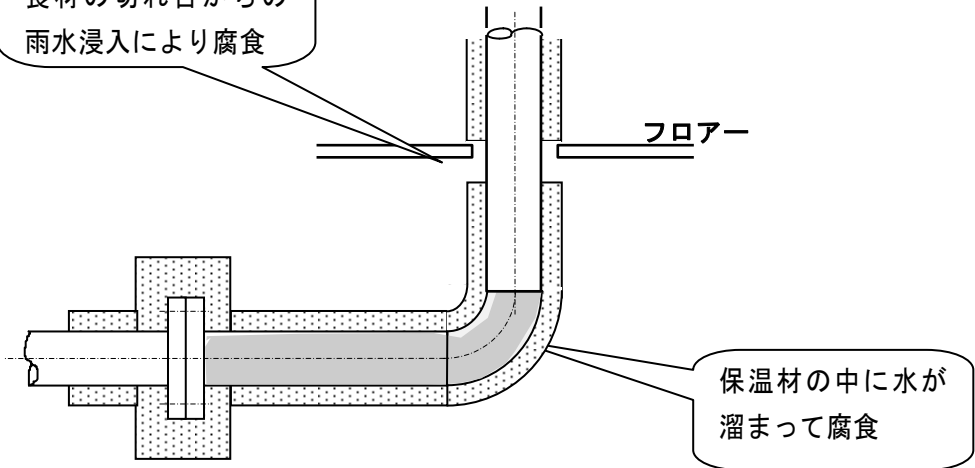
27

保温材の端末処理部で腐食



28

フロー貫通部の防食材の切れ目からの雨水浸入により腐食



## 参考資料

## KHK 基準における配管外部の腐食の検査箇所選定の考え方

- KHK 基準（KHKS0850-3(2005)）では、外部の目視検査に際して、その参考資料（配管維持規格（JPI-8S-1-2004））で、肉厚測定箇所（配管外部の腐食の検査箇所）の選定について、次のように記述している。

### ① 保温のある配管系（保冷、火傷防止及び耐火施工配管も含む）

保温材への雨水侵入などにより保温材下の配管に腐食や損傷が発生する。一般的な現象は、炭素鋼では局部腐食、オーステナイト系ステンレス鋼では塩化物応力腐食割れである。これら保温材下腐食発生の可能性を評価するため、保温、外装板、外装板継目のシールなどの健全性を点検することが重要であるとしている。

また、「保温材下腐食が発生しやすい環境と配管系」として、噴霧、水蒸気、海水飛沫などに直接暴露される冷水塔付近の配管や棧橋上の保温配管等で、「保温材下腐食の発生しやすい共通的部位」としては、保温及び外装材の貫通部又は切欠き部のベント、ドレン部、ステージ等の貫通部等で発生しやすいとしている。

なお、保温材下腐食の発生しやすい箇所例を付属書 A（腐食・エロージョンが起りやすい箇所）に図示している。

### ② 保温のない配管系

裸配管は、目視検査にて配管外面の腐食状況の確認を行い、塗装、コーティング、メッキ施工配管などは、塗装等の欠陥を認めた場合には、それらの欠陥部を除去して配管本体の腐食の有無を検査するとしている。

サポートなどの取付部は、サポート取付部の配管表面に注意して、目視検査を行う。特に、ダミーサポート取付部、ハンガー取付部などのサポート接触面には腐食が発生しやすいので留意するとしている。

なお、サポート取付部の腐食の発生しやすい箇所例を付属書 A（腐食・エロージョンが起りやすい箇所）に図示している。

## 本県の高圧ガス取扱事業所における配管外面腐食検査の実態

県では、「高圧ガス配管外面腐食の検査手法調査事業」を（社）神奈川県高圧ガス協会に委託したが、協会では委員会を設置し、県下の高圧ガス取扱事業所における外面腐食の状況やその検査方法などの実情を把握するため、アンケート調査を平成 16 年度に実施した。

実情調査結果の概要は、次のとおりである。

- 検査対象配管の選定に関して約 8 割以上の事業所が、日常点検を含めて検査対象としている。さらに外面腐食を対象とした大規模検査を約 3 割程度で実施しており、概ね外面腐食について何らかの点検が実施されている。
- ステンレス配管では、問題となるような腐食や割れの事例は極めて少なく、炭素鋼の腐食に事業所の関心がある。
- 通常外面腐食は経年的に徐々に進行するため、緊急課題との認識をしている事業所は少ないにもかかわらず、外面腐食防止に関する基準類を制定、整備あるいは検討中の事業所は約 6 割あり、配管の外面腐食検査に対する関心は高い。
- 外面腐食の検査指針を整備している事業所も「目視点検」を主体としたものであり、検査計画のあり方や最新の非破壊検査手法に関するニーズはかなり高いものと思われる。
- 運転員が主体で行う検査対象配管の日常点検で異常があった場合に更なる外面腐食検査を実施する事業所が多い。
- 配管漏えいのリスク評価を実施している事業所又は導入を検討している事業所は相当数あり、自主保安推進の観点から県内事業所の取組みに期待できる。
- 保温（冷）なしの配管については、外観目視検査と UT（超音波による肉厚測定）が一般的であり、保温（冷）施工配管については、ほぼ半数の事業所で保温（冷）材を一部解体して検査している。保温材を解体しないで検査する場合は、RT（放射線検査）が多く採用されている。
- ロングレンジガイド波といった非破壊検査を実施している事業者は、補足的な検査方法としているようであった。また、これらの検査結果の評価については、次回検査への活用と防食塗装や保温（冷）不良部改善など、補修方法への活用は半数を超える事業所で実施しているが、検査データの処理は手作業がほとんどであり、「コンピュータ処理」はあまり普及していない。
- ステンレス配管については外面腐食が深刻になることはないが、応力腐食割れについては一定のリスクとして考慮する必要がある。
- 炭素鋼配管については、外面腐食を認識するに至った経過年数は、過半数の事業所

で21年以上としているが、県内の事業所の配管腐食の実態は、一般的な腐食進行状況であると推察される。

## 調査委員会委員事業所における配管外面腐食検査の実施状況

(社)神奈川県高圧ガス協会では「高圧ガス配管外面腐食検査手法調査委員会(※委員名簿)」を設置し、高圧ガス配管外面腐食検査の調査を行ったが、調査委員会委員の事業所における配管外面腐食検査の具体的な手順の実例は次のとおりである。

### 1 検査対象配管の明確化

#### (1) 対象配管の材質

炭素鋼、低合金鋼等の腐食しやすい鉄系材料が主であるが、オーステナイト系ステンレス鋼の場合は、外面の応力腐食割れ(ESCC)を対象とした検査を実施している。

#### (2) 対象配管の決定因子

配管内部流体の物性、温度・圧力条件、保有量を含めた漏えい時の危険性、装置停止による機会損失の影響度から、対象配管を決定している事業所が多い。

さらに、外面腐食の起こりやすさを加えて、リスク評価を行い、重要度を設定して、検査計画に反映している事業所もある。

腐食の起こりやすさを推定する因子として、設計温度ではなく、流体温度を考慮している事業所が多い。さらに、行き止まり配管や断続使用配管では運転温度が高温であっても外面腐食が生ずる温度範囲に入る場合があることが確認されている。

その他運転温度以外の外面腐食に影響する因子として、保温・保冷材、スチームトレースの有無が考慮されている。

#### (3) 初回検査の時期

初回検査の時期は、10年程度としている事業所が多い。

### 2 検査部位の決定

外面腐食発生部位の予測と日常点検で認められた保温・保冷材の劣化損傷箇所及び構造面から検査部位を選定している事業所が多い。補修履歴がある場合は特に注意を払い検査している。

### 3 検査計画の確定

#### (1) 検査対象エリア

設備(施設)単位で実施している事業所が多い。

#### (2) 検査方法

目視検査に加え肉厚測定(放射線検査又は保温・保冷材を解体後に超音波検査)等が行われている。

(3) 検査時期

運転中検査と停止中検査に区分し検査計画が立案されている。

(4) 中長期計画

工場ごとに、エリアで検査対象部位、検査方法、検査時期を定め、中長期計画を立案し、予算措置をしている例が多い。さらに、設備の老朽化対応による保温・保冷材の更新や塗装工事と生産への影響・危険性等の優先度を組み合わせて立案している事業所もある。

#### 4 検査の実施

(1) 検査の区分

①運転部門による日常点検

主として目視で、配管本体の腐食、配管サポート・基礎部の変形・破損、漏えい、異常振動、塗装・保温・保冷材の不良箇所を点検している。

②保全部門による日常点検

主として運転部門からの依頼による不具合箇所の検査を実施している。さらに、社内外のトラブル情報を基に類似箇所の臨時検査を実施している。

③保全部門による定期検査

計画的に超音波や放射線検査による肉厚測定を行っている。

(2) 検査時期の区分

運転中、停止中のいずれかで検査は実施されているが、これら検査の運用の詳細は事業所ごとに異なっている。

(3) 検査実施

外観目視、外径測定、肉厚測定、腐食深さ測定、浸透探傷検査等の検査が実施されている。

#### 5 検査結果の評価、次回検査時期

(1) 検査結果の評価基準

必要最小肉厚(=計算肉厚)を取替え基準値とするのではなく、配管管理値(取替えの基準値)を定め余裕をみて更新の要否判定をしている事業所が多い。

防食対策としては塗装及び板金劣化部などの雨水浸透部分の補修が行われている。

(2) 次回検査時期

検査周期 10 年を目安としている事業所及び検査結果から予寿命予測や設備の重要度を考慮して決定する事業所もある。

(3) 検査データの管理

検査データは検査記録として保存するとともに、次回検査計画に確実に反映させるためコンピュータを利用した配管管理ソフトによりデータ管理をしている事業所が多い。

(4) 次回検査結果へのフィードバック

検査結果は、補修計画、点検範囲の見直し等を、次回検査計画にフィードバックしている。

(5) 検査管理手順へのフィードバック

新たな知見が得られた場合は、必要に応じて、手順、検査計画に反映している。

※委員会の構成

調査指導	塩谷 映雄	神奈川県安全防災局工業保安課
同上	椎橋 文雄	同上
学識者	朝倉 祝治	横浜国立大学大学院 工学研究院 特任教授
委員長	庄賀 文彦	昭和電工(株) 化学品事業部門
委員	橋本 孝之	旭化成ケミカルズ株式会社 川崎製造所
〃	浅見 清	昭和電工株式会社
〃	森 隆史	新日本石油精製株式会社 根岸製油所
〃	上沢 旭	新日本石油化学株式会社 川崎事業所
〃	山口 明久	千代田アドバンスト・ソリューションズ株式会社
〃	金子 浩久	東亜石油株式会社 京浜製油所
〃	石川 博己	東燃ゼネラル石油株式会社 川崎工場
〃	小島 要	株式会社日本触媒 川崎製造所
〃	井田 正次	日本ゼオン株式会社 川崎工場
〃	斎藤 光司	日本ブチル株式会社
〃	後藤 浩文	日本ユニカー株式会社 川崎工業所



## 高圧ガス配管外面腐食検査の参考となる文献の一覧

### I 外面腐食事例

- (1) NACE Corrosion Engineer's Reference Book, second edition, NACE (1991)
- (2) 中原正大他 ペトロテック、21、3、p. 273 (1998)
- (3) The Control of Corrosion Under Thermal Insulation and Fireproofing Materials-A Systems Approach, NACE Standard RP0198-98 (1998)
- (4) 外面腐食対策に関する報告書、高圧ガス保安協会 (1989)
- (5) 大久保勝夫 防食技術、30、705 (1981)
- (6) 川本輝明 防食技術、37、30 (1988)
- (7) 都島良治他：腐食防食協会、腐食防食 87 予稿集、p 65 (1987)
- (8) 断熱材下の配管・機器の外表面腐食 配管技術 1998. 12
- (9) 腐食・劣化の点検ポイント「高圧ガス製造保安係員講習テキスト 一般高圧ガス編」 高圧ガス保安協会

### II 検査技術

- (1) 外面腐食対策に関する報告  
高圧ガス保安協会 (1989)
- (2) 設備管理技術事典  
産業技術サービスセンター (2003)
- (3) 配管維持規格 (JPI-8S-1-2004)  
石油学会 (2004)
- (4) 配管設備ライフサービス  
旭化成エンジニアリング (株) 技術資料
- (5) 配管点検管理システム  
新興プランテック (株) 技術資料
- (6) 検査技術 (JPI-8R-13-2003)  
石油学会 (2003)
- (7) ガイド波を用いたガス配管腐食診断技術  
卯西裕之、大谷靖弘 配管技術 2001. 12 P7-12 (2001)
- (8) ガイド波による長距離配管のグローバル診断  
横野智明 腐食防食協会第 148 回腐食防食シンポジウム P19-24 (2004)
- (9) 保温材装着状態での配管内外面検査

- 白石時宣 石油学会第 14 回設備保全分科会シンポジウム P20-23(2001)
- (10)配管・梁接触部の外面腐食診断方法のご案内（日本非破壊検査（株））
- (11)レイリースキャン（非破壊検査（株））
- (12)保温材の上からの減肉検査  
武内晃、芳賀勝巳 石油学会第 14 回設備保全分科会シンポジウム P16-19(2001)
- (13)保温材下の配管腐食状況の渦電流探傷法による非破壊検査技術  
梅本明、斉藤伸一 火力原子力発電 vol. 50, No. 6P62-68(1999)
- (14)外面腐食の診断（SLOFEC&FCR）  
今吉和弘 腐食防食協会第 148 回腐食防食シンポジウム P25-32（2004）
- (15)中性子水分計を利用した保温配管の外面腐食検査（日本非破壊検査（株））
- (16)車載型 FCR 検査システム（非破壊検査（株））