

# 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－

作成：2007年3月（平成19年）

改訂：2024年3月（令和6年）

神奈川県くらし安全防災局防災部消防保安課



## 目 次

技術指針の改定にあたって .....	1
1 高圧ガス配管外面腐食検査の必要性等.....	2
2 配管外面腐食検査の意義.....	3
3 標準的な検査手順（指針）の作成例の提案.....	4
高圧ガス配管外面腐食検査フローチャート.....	4
高圧ガス配管外面腐食検査手順書.....	5
付図—1 外面腐食の起こりやすい箇所.....	17
参考資料 1（K H K 基準における配管外部の腐食の検査箇所選定の考え方）.....	27
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）.....	28
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状況と課題）.....	29
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）.....	32

# 技術指針の改訂にあたって

神奈川県くらし安全防災局防災部消防保安課

## 1 背景と調査の目的

本県に所在するコンビナート事業所は、設置後 40 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表面は雨水などの浸透により腐食が進行した場合でも、容易に確認できないことから、近年の高圧ガス事故及び石油コンビナート等災害防止法第 2 条第 6 号の特定事業所から報告される異常現象の主要な発生原因となっている。今後、さらに設備の老朽化が進むことで、外表面腐食による事故発生のリスクが高まるため、外表面腐食の状況を効果的に把握し、適時に対処するための対策が重要である。

令和 4 年度、神奈川県では「石油コンビナート事業所実態調査業務」を一般社団法人神奈川県高圧ガス保安協会に委託し、「コンビナート事業所の外表面腐食対策に関する実態調査報告書」が同協会から提出され、その中で、外表面腐食防止の基準となる標準的な管理モデル（指針）の作成が求められる、との報告を受けた。

そこで令和 5 年度は、平成 17 年度に実施した委託事業（高圧ガス等パーフェクト・セフティ事業）をもとに平成 19 年 3 月に取りまとめた指針（高圧ガス配管外表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-）の改訂案作成を同協会に委託し、その結果を県内事業所に水平展開することにより、高圧ガス事故の未然防止につなげる。

2024年2月

# 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浸入して、配管が腐食し、L P ガスが漏えい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 40 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。

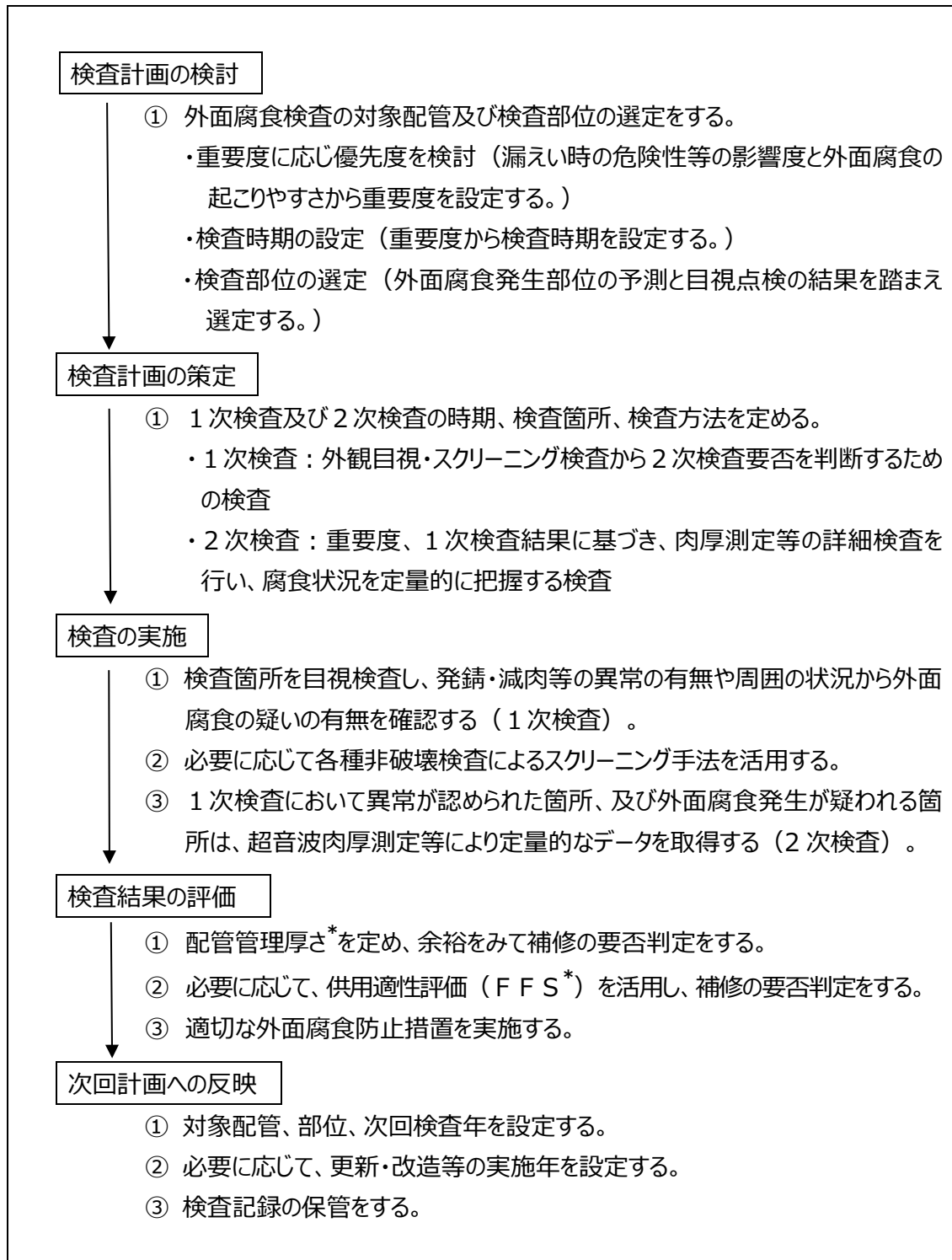
一般的に、配管の内面側の腐食は、ガスの種類、圧力・温度、流速、ガスの腐食性の有無等の様々な要因により発生するが、外面側の腐食については内面側とは異なり、それらとは別の要因を考慮し腐食状況を調査できるので、標準的な検査手順があれば、各事業所で共通的に活用することができ有意義なものとなると考えられる。

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】



**\* 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

**\* 供用適性評価（F F S）の活用について**

供用適性評価（通常はF F S：Fitness For Service 評価と呼ぶ）とは、供用中の設備の使用環境及び運転実績データ等を踏まえ、より合理的な設備の余寿命予測及び維持管理を行う設備の健全性評価手法。

高圧ガスの認定事業者の場合、残肉厚が特定則で定められた必要最小肉厚を下回る場合であっても、F F S 評価において十分な健全性が証明できる期間内において、継続して再使用することが可能。詳細は、「高圧ガス設備の供用適性評価に基づく耐圧性能及び強度に係る次回検査時期設定基準 KHK/P A J / J P C A S 0 8 5 1 ( 2 0 2 2 ) 」を参照。

## 【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を踏まえ、漏えいのリスクと過去の検査結果を考慮して検査時期を決定する。
- (2) 外面腐食事例等により腐食部位を推定し、1次検査結果と合わせ2次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で検査する。
- (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し、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

各事業所の配管規模は一般に長大であり、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、検査時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。

配管外面腐食の1次検査管理には大きく以下の2つの方法がある。外面腐食計画を立案する際には、それぞれの方法のメリット・デメリットを把握した上で決定する。

#### ① エリア管理

概要： 点検エリアを分けし、それぞれに検査周期を定め、エリア単位で1次検査計画を立案する。

メリット： エリア単位での管理となりシンプルであるため、1次検査計画が立てやすく、検査の実施状況も容易に把握可能である。

デメリット： 点検エリア内には様々な配管（予防保全対象・事後保全対象・外面腐食点検対象・外面腐食点検対象外の配管）が混在するため、影響度に応じ1次検査計画を立てることが困難である。  
配管1本毎に検査を行うのではなく、エリア単位で検査を行うため、注意深く1次検査を行わないと、見逃し等が発生する可能性がある。

#### ② ライン管理

概要： 配管系毎に1次検査時期を定め、配管系単位で1次検査計画を立案する。

メリット： 配管系毎の重要度から検査時期を決定可能であり、精度の高いリスク評価に基づいた検査計画となる。  
1次検査の際は配管1本を対象に点検を行うため、見逃し等が発生しにくい。

デメリット： 事前に配管系を定義し、リスク評価を行う必要がある。  
対象が細分化されるため、管理が煩雑となる。

### 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、腐食環境、設計・運転条件、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のリスクについては、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、圧力、想定漏えい量、漏えい検知方法、時間、消火システムの有無等を踏まえ、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、発火点など
- b) 人体への影響度 : 有害性と許容濃度、火傷、薬傷の可能性など
- c) 外部への影響度 : 公共施設への影響、他工場の操業停止、環境への影響など
- d) 経済性 : 機会損失、復旧費用など

また、影響度の評価手法は、一般的に定性評価・定量評価の2種類がある。

定性評価は、上記の物性や特性をカテゴリー分けし、それらを点数化等行うことで組み合わせ、最終的に3～5段階の影響度に分類する手法である。詳細なデータがない場合でも評価が可能であり、定量評価と比較し、簡単に評価ができる一方で、同じ重要度の配管系について優劣をつけにくい。

定量評価については、上記 a) ～ d) に挙げる項目毎に論理モデルを作成し、漏えいが発生した場合の影響度を数値として定量化することで、その値に応じて影響度を定義する手法である。数値として影響度を定量化できるため、検査の優先順位が明確となるが、評価には数多くのデータが必要となる。

影響度の評価手法の詳細はAPI RP 580、581が参考となる。

## (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・種類 : 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。特に、保冷材は雨水の浸入がなくとも、結露等の影響で腐食が発生する場合がある。またロックウール系の保温材では腐食しやすい傾向があり、保温・保冷材の種類により腐食しやすさに影響する。
- d) 運転温度 : -12～177℃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 77～110℃付近で使用する配管は腐食しやすい。
- e) 運転形態 : 間欠運転や熱サイクル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) 防食措置の有無・種類 : 防食措置を行っている場合でも、防食措置の経年劣化により、破れ・剥がれ等があると局所的に顕著な腐食が発生しやすい。また防食の種類によって、防食効果の期待寿命が異なることに注意が必要。
- g) 腐食代 : 小径配管に代表されるように、肉厚が薄い（腐食代が少ない）配管は漏えいしやすい。

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。

次の各項目は塩化物濃縮型 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が、210℃以上の配管においても装置の停止・起動により塩化物が濃縮し、割れが発生することがある。
- 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 検査時期の設定

配管系ごとの検査時期は「リスク評価」に対応した重要度により設定する。さらに過去の検査結果、過去の補修・更新の実績を考慮し、最終決定する。

検査時期の設定方法は検査周期を設ける方法と、リスクを定量評価し、許容できないリスクに達する前に検査を行う方法がある。前者については、表-2に重要度と検査周期設定の一例を示す。また、後者については、API RP 581が参考になる。

表-2 重要度と検査周期設定の例

重要度	初回検査時期	初回検査後の検査周期
重要度 1	設置から 8 年以内	4 年以内
重要度 2	設置から 1 2 年以内	6 年以内
重要度 3	設置から 1 6 年以内	8 年以内
重要度 4	設置から 2 4 年以内	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下や、雨水が浸入し、滞留しやすい箇所に発生する。また、運転温度の変化により水分が結露・蒸発を繰り返す箇所においては、よりシビアな外面腐食が発生する可能性がある。

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／ダミーパイプサポート内部／バンド部／容器下部ノズル部／ティ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、トレンチ、スカート貫通部（保温切欠き、隙間、接触）／ピット内／レベル計等計装取出し配管／防食材下／防油堤貫通部
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／土壤接触部
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

- クーリングタワー等の水飛散設備の近傍
- 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速い箇所（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、保安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
- 錆の浮出しの状態、錆の流れ出しの状態
- 防食材被覆部の劣化損傷の状態（錆汁、膨らみ）
- 水滴・水のしみ出しの有無
- 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）
- スチーム漏えい、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（摩耗、塗装膜・保温材損傷の可能性）
- 人が乗った跡の保温外装等の凹み箇所

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、保安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（２）項の目視点検により異常の兆候が見られる部位を3.3.3（１）項でリストアップした部位に追加し、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。保冷配管等のうち、保冷の解体に伴って凍結する可能性がある場合、運転中の塗装が困難な場合、運転中の保温・保冷解体や肉厚測定による漏えいリスクが高い場合等は、停止中検査を検討する。

運転中に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、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、測定値の補正を行う。

### 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保温・保冷材を解体し検査が行われている。

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て検査する。3.3.3 (1) 項で特定された検査部位を1次検査（外観目視等）し、異常の有無を判断する。更に必要な2次検査（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。

#### (1) 1次検査（外観目視等）

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\*の異常有無を確認する。

ラックの梁接触部や保温・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が、持ち上げることによる漏えいのリスクを事前に十分検討する。

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) 2次検査（非破壊検査）**

1次検査により減肉が発見された場合や減肉が疑われる場合は、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。

#### **\* 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、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。

現在、県内の主な事業所で適用している非破壊検査手法については、添付資料の表 3-2 を参照のこと。



#### 3.4.4 検査に当たっての注意事項

配管の外表面腐食発生箇所について、安易に錆を除去した時、外面腐食が予想よりも進行していた場合には、配管から漏えいすることも考えられるので、錆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・被覆材及び錆を除去して減肉状況を目視で確認し、減肉量が概ね 1 mm 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、腐食部分に適切な下地処理を行った後、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等で想定以上の腐食がある場合は、検査範囲を拡大し配管系全体の追加検査を検討する。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、必要に応じて配管の一部又は全部を交換する。また、補修の判断には供用適性評価（F F S）の適用を考慮する。
- 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し、必要に応じて改良保全を行う。
- ⑤ 有効な防食措置等については 3.5.2 項に示す。

### 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（SUS 化の場合は応力腐食割れに注意が必要）。
- 火傷防止保温の場合は、金網もしくはパンチングメタル等に変更する。
- 防食塗装・被覆を施工\*する（必要に応じて、下地処理・塗装を変更する）。
- 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、配管の高さをかさ上げしたり、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、排水ポンプやエジェクターの設置や、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。
- ダミーパイプサポートを更新する場合、H鋼サポート等を採用する。

#### \* 防食塗装の下地処理

塗装を行う前の下地処理は、外面腐食進行防止の観点から非常に重要である。使用する塗料に合った下地処理（1種から4種）を実施すること。

#### 失敗例

- 配管ラックの梁接触部に SUS 製薄板の取り付けを基準化したところ、経年劣化により隙間に雨水が浸入し、激しい外面腐食が発生。基準を廃止した事例がある。また、一般的な防食テープでも、同様の問題があり、注意が必要。
- ダミーパイプサポートのウィープホールへの穴埋めを実施した所、穴埋め材の経年劣化でシール不良となり、腐食防止の根本対策にはならなかった。

### 3.5.3 次回検査時期

次回検査時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付して情報の共有化を図る。

#### (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、必要最小肉厚又は配管管理厚さ
- ③ 設計圧力、常用圧力、設計温度、通常運転温度
- 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。

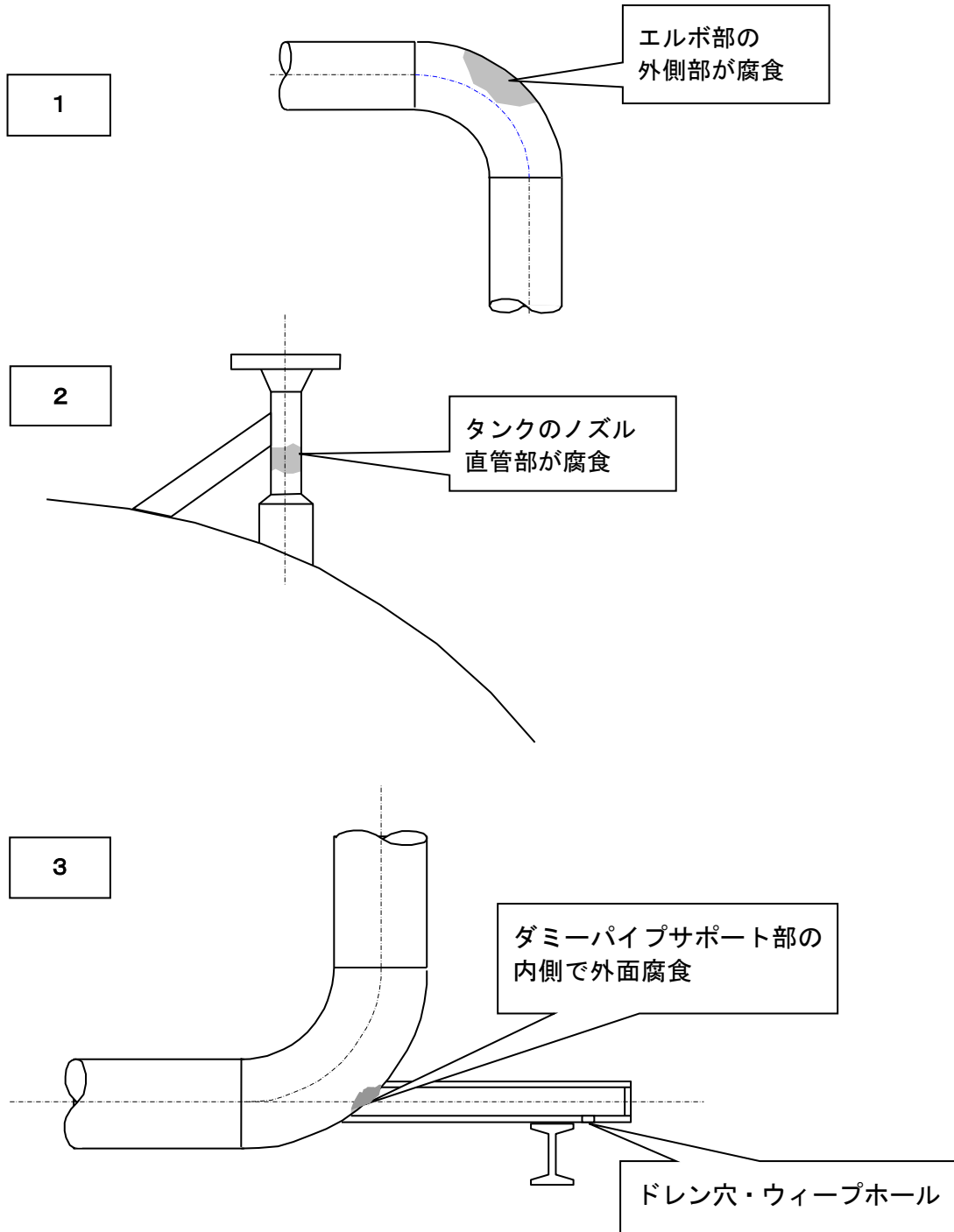
#### (3) 配管台帳とデータ管理

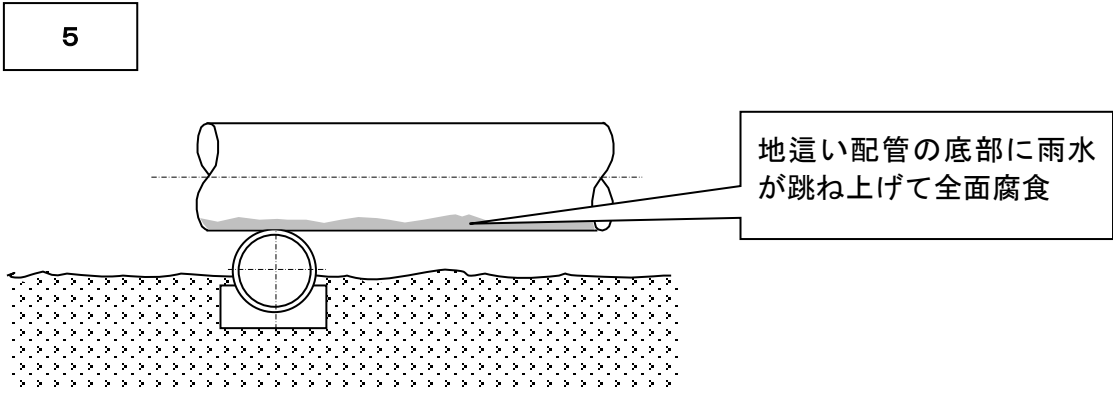
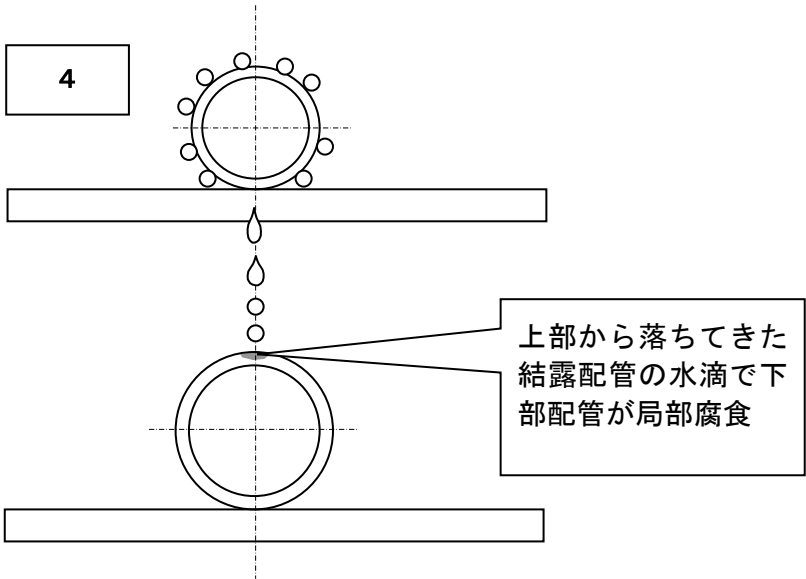
次回検査時期、更新時期を管理するには、検査結果の記録は、配管台帳を作成し保全管理するのが望ましい。

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。

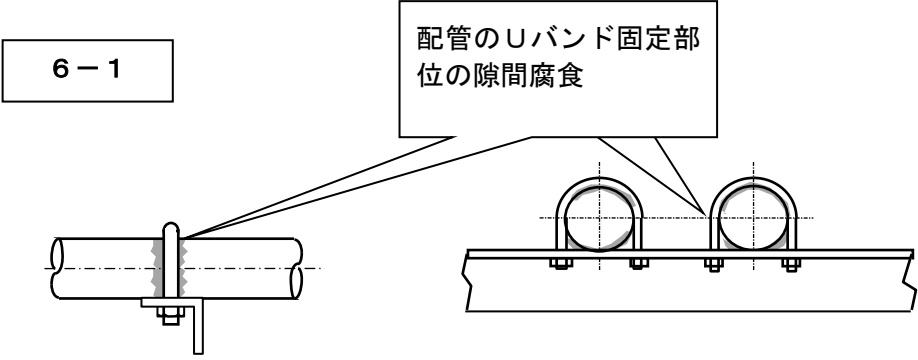
### 付図-1 外面腐食の起こりやすい箇所

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。

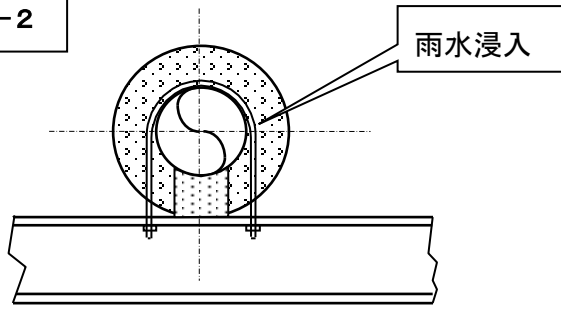




サポート

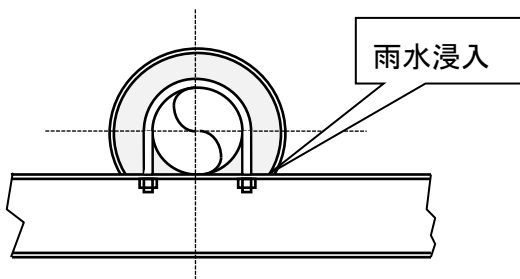


6-2



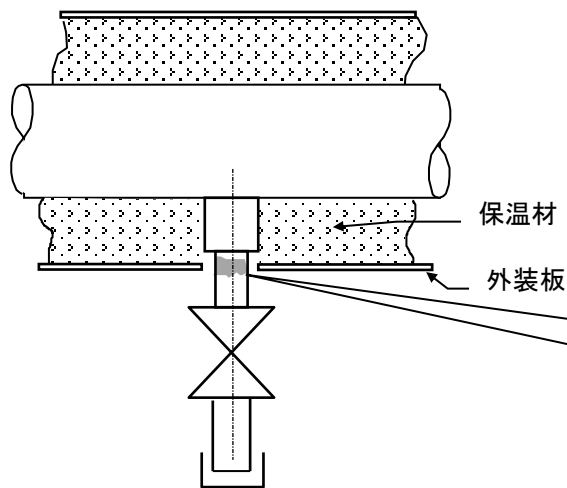
保温板金劣化により雨水の浸入で配管のUバンドサポート部が腐食

7



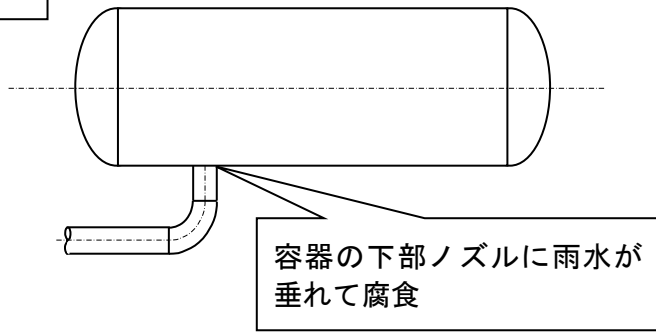
保温板金目地部からの雨水浸入による配管の外面腐食

8

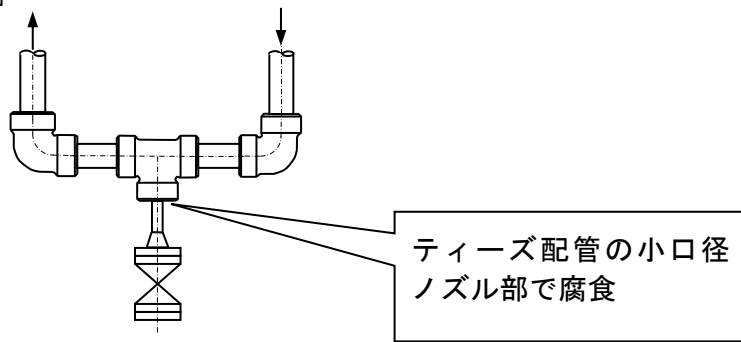


ノズル部の保温施工目地部での局部腐食

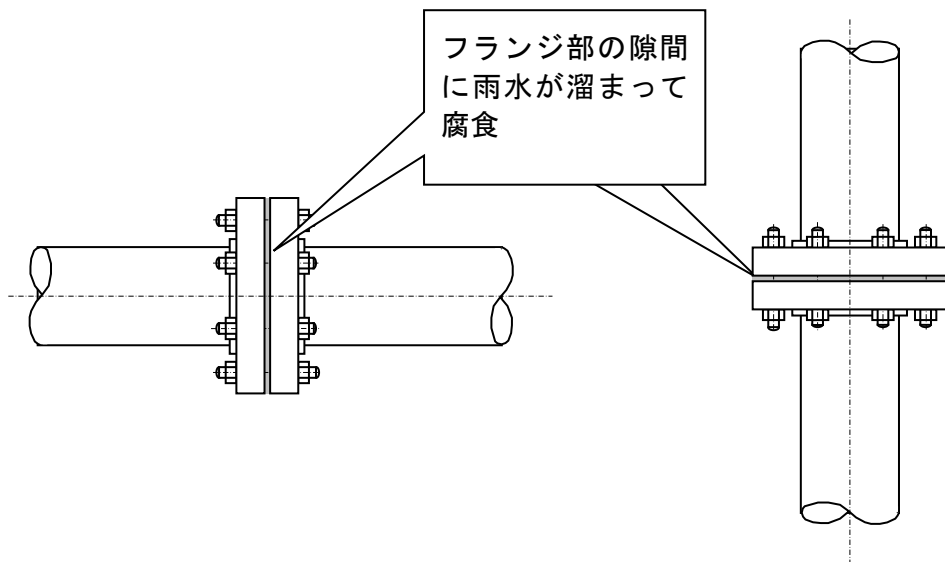
9



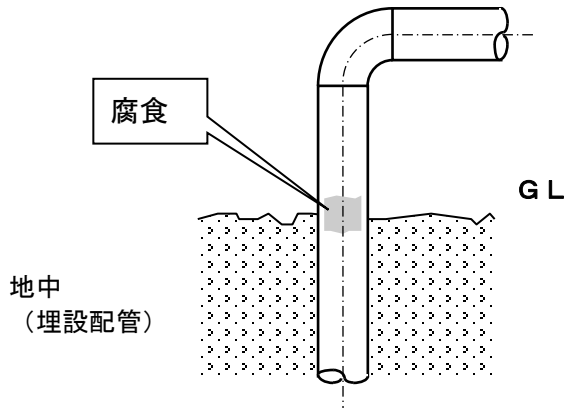
10



11

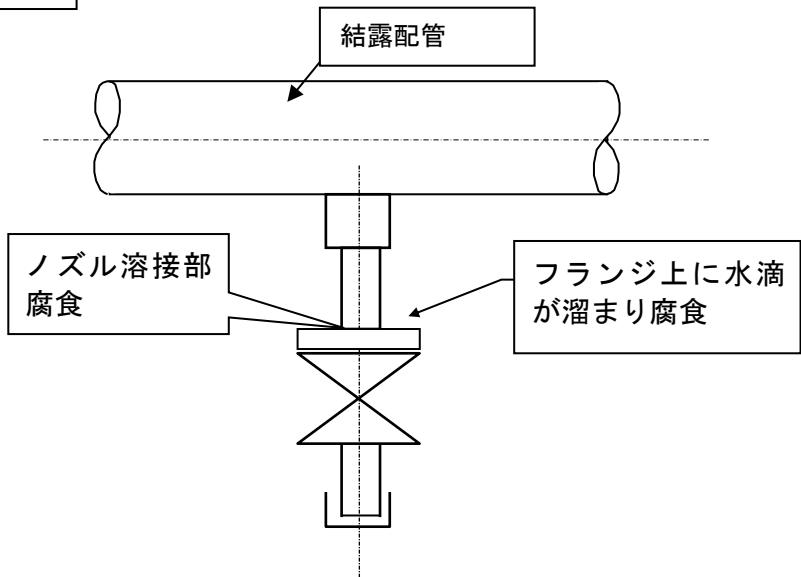


12

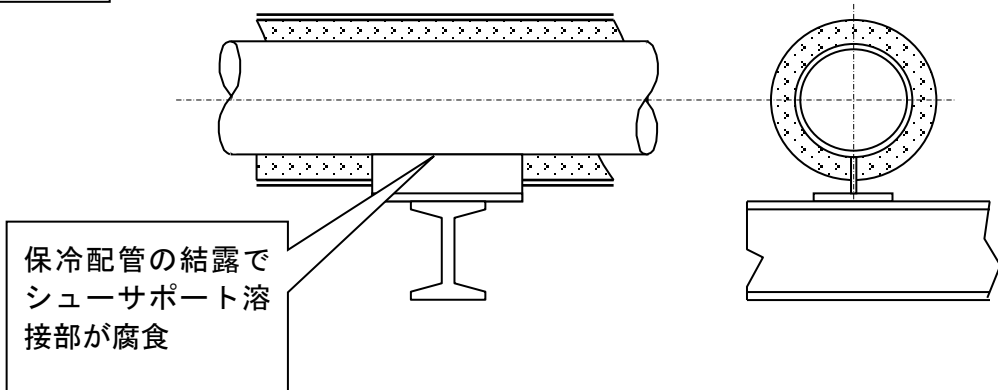


防食（テープ）の劣化放置により、埋設配管の地面との境界部位で腐食

13

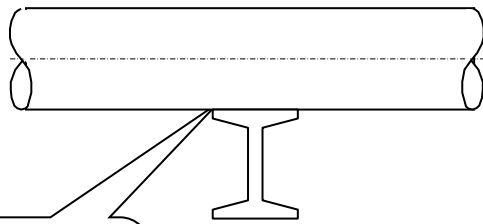


14



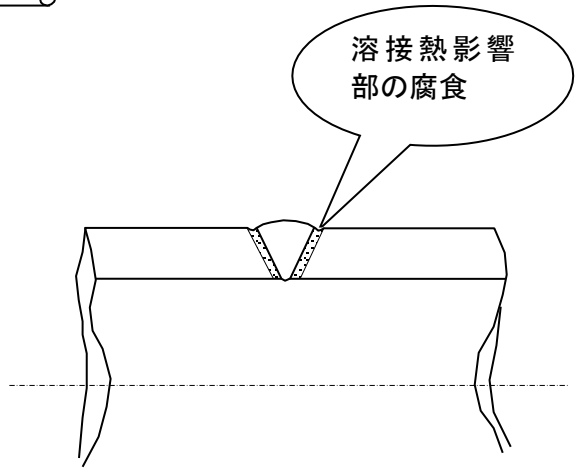


15



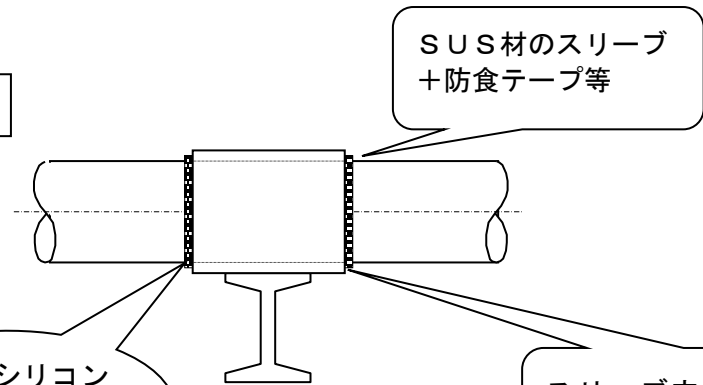
配管との接触部に雨水が溜り腐食

16



溶接熱影響部の腐食

17

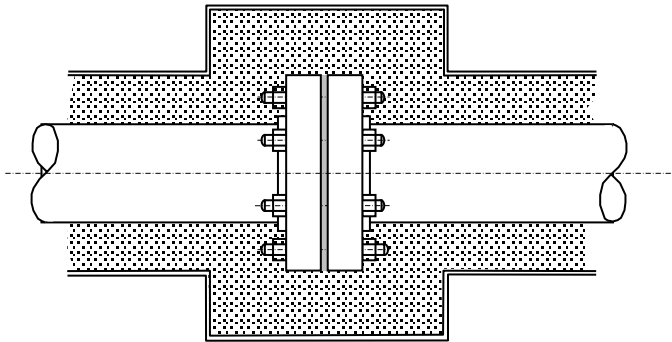


SUS材のスリーブ + 防食テープ等

目地：シリコンコーキング

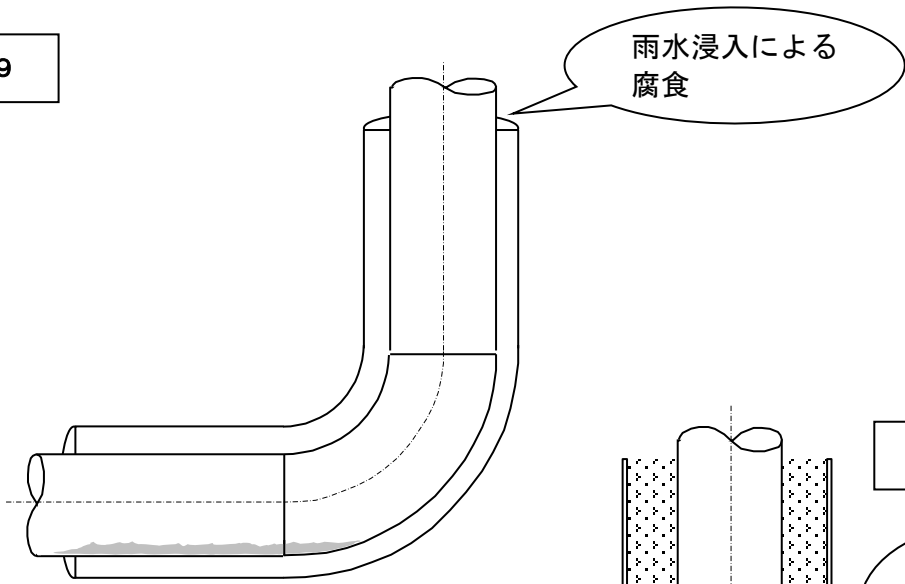
スリーブ内の防食材と配管の接触部位で腐食

18

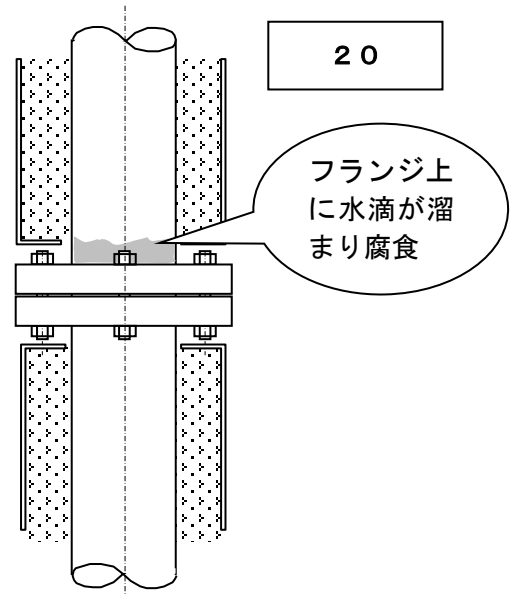


保温材施工の配管フランジ部の腐食

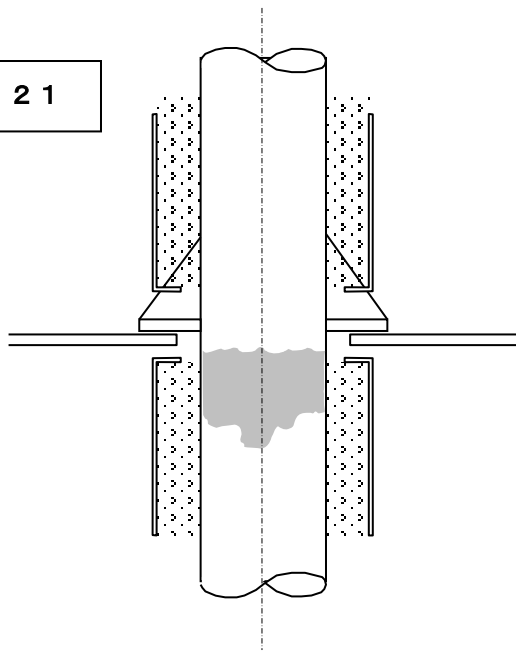
19



20

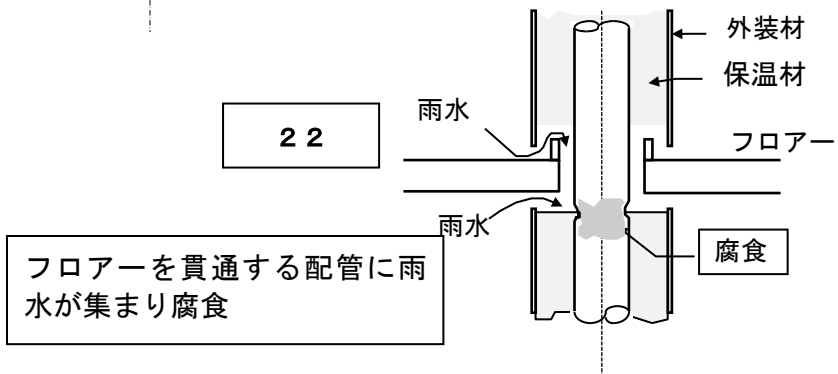


21

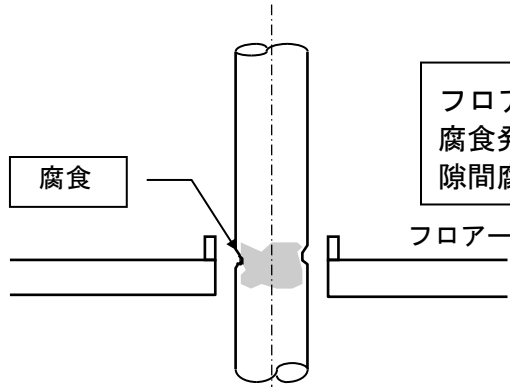


フロー貫通配管の保温材から雨水が浸入して内部の配管が腐食

22

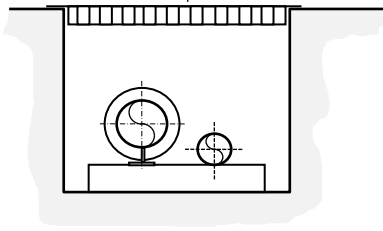


23



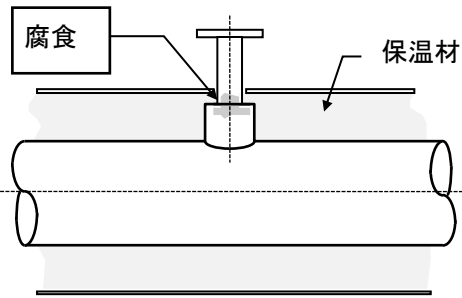
フロー貫通部で雨水が跳ねて外部腐食発生、また防食材（テープ）との隙間腐食の事例もある

24



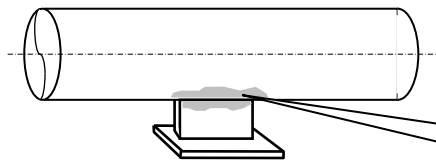
地下ピット内敷設配管の腐食

25



保温材施工の上向きノズルの段付き部で腐食

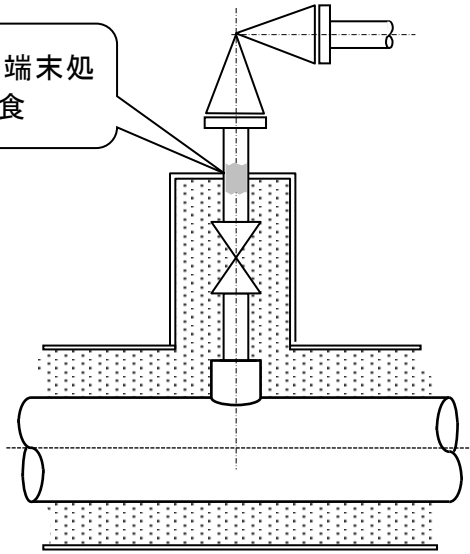
26



配管サポート部との接触部に雨水が溜まり腐食

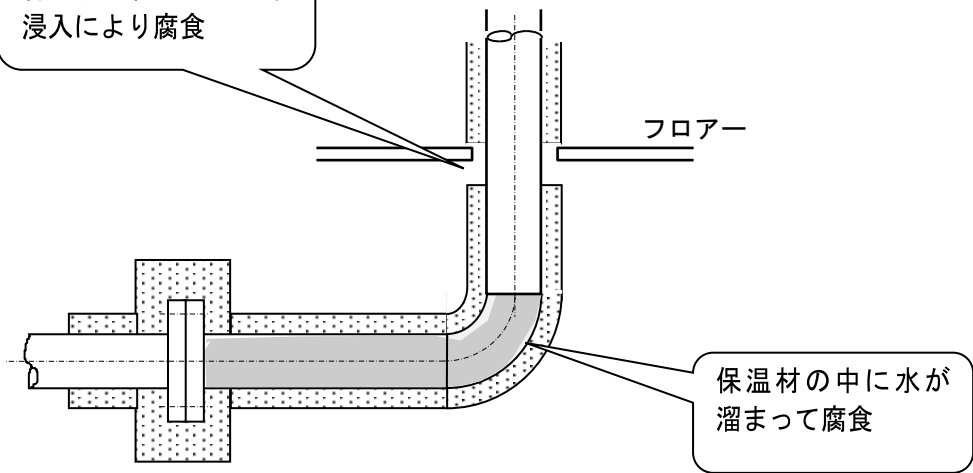
27

保温材の末端処理部で腐食



28

フローア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(2017)）付属書 B 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））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）

保温材への雨水浸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栈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。

サポートなどの取り付け部は、サポート取り付け部の配管表面に注意して、目視検査を行う。特に、ダミーサポート取り付け部、ハンガー取り付け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、サポート取り付け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、2022 年度に「石油コンビナート事業所実態調査業務」を一般社団法人神奈川県高圧ガス保安協会（以下「ガス協」という。）に委託した。

ガス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、アンケート調査を同年度に実施している。2022 年度にガス協が取りまとめた実情調査結果の概要は、次のとおりである。

- 2022 年度に実施した「コンビナート事業所の外面腐食に関する実態調査」では、53 事業所へアンケート調査票を送付し、43 事業所から回答を得ている。その結果の概要をパワーポイントにまとめた（パワーポイントを印刷したものを資料 2-1 として添付した）。  
なお、調査結果の詳細については、一般社団法人神奈川県高圧ガス保安協会作成の「コンビナート事業所の外面腐食に関する実態調査報告書」（2023 年 2 月）を参照されたい。
- ガス協では引き続き 2023 年度に「高圧ガス配管外面腐食に係る技術資料の見直し」業務を受託した。技術資料見直しにあたり関係する情報を得るため、2022 年度回収したアンケート回答の内、比較的詳細な情報が報告された 16 社の回答に注目して精査し、新たに今後の課題や教訓を抽出した。
- 2022 年度の 16 社アンケート回答から神奈川県技術指針見直しに関連する今後の課題や教訓を取りまとめた結果を表 2-2 に示す。

## 調査委員会委員事業所における配管外面腐食検査の状況と課題

- 2023 年度に「高圧ガス配管外面腐食に係る技術資料の見直し」業務を受託したガス協では調査委員会を立ち上げ、2022 年度に実施した「コンビナート事業所の外面腐食に関する実態調査」結果を精査し、抽出した今後の課題や教訓を基に、高圧配管の外面腐食管理に関するより具体的な情報を収集するため、調査委員の所属する事業所へ追加アンケート調査を実施した。その結果について、参考資料 3 として取りまとめた。

- 追加アンケート調査について

(1) 調査期間：2023 年 6 月 22 日（木）から 8 月 25 日（金）

(2) 調査結果について

調査委員の所属する事業所内、高圧ガス配管設備を有する 9 社から回答を得た。回答内容を整理した所、神奈川県技術指針の見直しにそのまま反映できる内容の他、各事業所が共通して抱えている重点課題として、新たに以下の 4 項目を洗い出した。

- ① 検査手法・新技術について
- ② リスク評価について
- ③ 設計・施工上の工夫について
- ④ 検査員の確保・教育について

上記 4 項目の課題について、追加アンケート結果を基に、さらに調査委員会で議論を重ねた結果を表 3-1～表 3-5 に示す。

(3) 重点課題の概要と今後の取り組みについて

① 検査手法・新技術について（表 3-1、表 3-2）

非破壊検査手法に関しては「神奈川県技術指針」の公表当時すでに、ほとんどの検査原理は出揃っていた。その後、検査会社により検査データのパソコン処理等で結果の判定や評価をより簡便にする等の改善が図られている。

各事業所では、経済性や検査精度、使い勝手等で、有効な検査手法の取捨選択が行われている。現状の各社適用状況及び、今後有効と思われる非破壊検査手法について表 3-2 に示す。現在ドローンや IoT 等でのデータ採取、AI による自動解析等の推進が、スマート保安官民協議会等で検討されており、今後注目していく必要がある。

② リスク評価について（表 3-3）

「神奈川県技術指針」公表当時、すでにリスク基準メンテナンス（RBM）に関する関心が高まっていたが、その後「社団法人 日本高圧力技術協会」から「リスクベースメンテナンス ハンドブック」が発行されており、基本的なポイントを学ぶことができる。

各社ごとに腐食環境や企業体制等の様々な条件が異なるため、リスク評価は各社独自の評



価方法で実施されている。今後「神奈川県技術指針」に基づいて評価した具体例を積み重ねることで、リスク評価の精度を高めていくことが望ましい。

### ③ 設計・施工上の工夫について（表 3-4）

各社が取り組んでいる設計施工上の工夫を表 3-4 に記載する。設計及び施工とも工夫に関する取り組みは少なく、各社ともほぼ似たような取り組みをしている。中でも配管ラックの梁接触部は、検査が困難かつ外面腐食を起こしやすい個所であり、従来から各社で様々な構造の対策が実施されてきている。川崎市の「危険物関係法令等審査基準」の各対策に対する防食評価の比較データ（詳細については下記を参照）は、各社が実施している対策評価の参考となる。

腐食対策方法の比較

対策	ゴミの溜まり	乾燥し易さ	腐食速度	検査のし易さ	備考	総合評価
丸棒なし	× 溜まり やすい	× 湿潤	大気中腐食速度 0.1 mm/y ~ 0.2 mm/y max	× 難しい	—	△~×
ステンレス丸棒を敷く	○	○	大気中：0.1 mm/y ガルバニック腐食： 0.2 mm/y max	◎	—	◎
Zn メッキ付き SUS 丸棒を敷く	○	○	防食処理によって 0.1 mm/y 以下。 ただし、寿命 5 年	◎	SUS の Zn 脆化	◎
Al メッキ付き丸棒を敷く	○	○	0.1 mm/y 以下。 ただし、短期	◎	—	○
テフロン板を敷く	×	×	0.2 mm/y 以下	×	高温強度 ×	×
テフロン丸棒を敷く	○	○	0.1 mm/y 以下	◎	高温強度 ×	?

川崎市の「危険物関係法令等審査基準」より

### ④ 検査員の確保・教育について（表 3-5）

各社とも合理化の一環として、自社検査員は検査結果の評価と検査計画の検討に重点を置き、現場検査については運転員の活用と外注検査化を進めている。外注検査員を含め、検査員の技能向上のため教育や認定制度を導入している事業所も複数あるが、全体的に優良な検査員の確保に苦慮している。各社に共通した基本的な問題であり、今後の情報交換が望ましい。

調査委員会の構成委員は次のとおりである。

	氏名	所属事業所
調査指導	吉江 博巳	神奈川県くらし安全防災局防災部 消防保安課 高圧ガス・コンビナートグループ グループリーダー
調査指導	平井 望	神奈川県くらし安全防災局防災部 消防保安課 高圧ガス・コンビナートグループ 主任技師
学識経験者	岡崎 慎司	横浜国立大学 工学研究院 教授
委員長	小川 友章	千代田化工建設(株) 機械設計部 静止機器セクション グループリーダー
副委員長	中根 隆	(株)I H I 横浜事業所 総務部 主幹
委員	後藤 真也	レイズネクスト(株) 検査・溶接技術部 検査技術グループマネージャー
委員	朝日 大介	ENEOS(株)根岸製油所 設備検査グループ マネージャー
委員	村上 可尚	ENEOS(株)川崎製油所 設備検査グループ チームリーダー
委員	齋藤 竜一	(株)レゾナック川崎事業所 工務部大川工務グループ 課長補佐
委員	渡邊 琢哉	東亜石油(株)京浜製油所 工務部 設備管理課 課長
委員	吉川 恭平	旭化成エンジニアリング(株)プラントC & M事業部 プラントライフ技術部 川崎A I Tグループ
委員	富岡 良平	旭化成(株) 製造統括本部川崎製造所 設備管理部 第二機械設備管理課 課長
委員	上野 芳崇	(株)日本触媒 川崎製造所 エンジニアリング部 機械土建課 課長
委員	石田 篤則	日本ゼオン(株)川崎工場 設備管理課 課長
委員	檜根 隆史	日本ブチル(株)川崎工場 設備管理課 機械グループリーダー
委員	脇本 光涼	日本ブチル(株)川崎工場 設備管理課 機械グループ主事
委員	山崎 祐司	(株)ENEOS NUC 川崎工業所 環境安全グループ チーフスタッフ
オブザーバー	後藤 浩文	(株)ENEOS NUC 川崎工業所 環境安全グループ 保安推進チームリーダー
事務局長	佐藤 友章	(一社) 神奈川県高圧ガス保安協会
事務局	加藤 洋	(一社) 神奈川県高圧ガス保安協会 副会長
事務局	小畑 充孝	(一社) 神奈川県高圧ガス保安協会
事務局	伊藤 俊弘	(一社) 神奈川県高圧ガス保安協会

## 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, 4th edition, NACE (2016)
- (2) 中原正大他 ペトロテック、21、3、p.273 (1998)
- (3) Control of Corrosion Under Thermal Insulation and Fireproofing Materials—A Systems Approach、NACE Standard SP0198(2017)
- (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 2018)：石油学会 (2018)
- (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) 検査技術(JPI-8R-13 2020)：石油学会 (2020)
- (6) 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)
- (7) 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)
- (8) 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)
- (9) 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)
- (10) 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)
- (11) 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)

以下、2023 年度の調査業務で追加したもの

- (12) API RP 580 - Elements of a Risk-Based Inspection Program (4th Edition) (2023)
- (13) API RP 581 - Risk-Based Inspection Methodology (Third Edition) (2016)
- (14) API RP 583 - Corrosion Under Insulation and Fireproofing (Second Edition) (2021)

### III 外面腐食管理のガイドライン

- (1) 石油精製業及び石油化学工業における保温材下配管外面腐食 (CUI) に関する  
維持管理ガイドライン：(一社) エンジニアリング協会 2012.2
- (2) 同上 解説：(一社) エンジニアリング協会 2012.2
- (3) 高圧ガス設備腐食管理手引書：富山県高圧ガス安全協会 2015.3

2022年度「コンビナート事業所の外面腐食に関する実態調査」による今後の課題と教訓

表2-2

項目	2022年度アンケート調査結果（抜粋）	アンケート結果を踏まえた、技術指針の検討と課題
1	対象：コンビ則適用の高圧ガス事業所 53事業所の内、回答43事業所（回収率81.1%）	外面腐食を考慮する配管材質は、炭素鋼と低合金鋼に限定できる。
2	外面腐食防止基準を整備している事業所は約6割あり、その内訳は点検・補修に関するものが大部分で、設計・施工に関する基準は1/4程度と少ない。	設計・施工を含んだ基準、管理モデルを持つ事業所は少ない。
3	県の技術指針が基準作成の参考文献として使われているのは、全体の4.1%と少ない。	県の技術指針の活用をもっとPRする必要がある。
4	外面腐食検査計画と実施内容、検査手法等	標準的な検査手順として、検査計画の「検討、策定、実施、評価、次回計画への反映」まで、細かく解説しており、現指針でほぼ満足できる。
5	配管からの漏えい後のリスク評価の実施は、検討中も含め35事業所（81.4%）と比較的多い。	リスク評価に関する要求は高いと思われる。 リスク評価については、3.3.1「配管系のリスク評価」で記載があり、また県HP「技術資料の活用事例について」でリスク評価に基づく検査周期設定事例が紹介されている。
6	保温配管の検査の一部で、保温を解体せず検査しているケースが31.1%あった。その内容は、RT（デジタルX線（VIDISCO社）、リアルタイムX線（OPEN VISION社）、サーモカメラ・赤外線温度計の活用、中性子水分計	保温解体なしで可能な検査手法のニーズは高い。最新の検査手法の調査が望まれる。
7	外面腐食対象配管の選定 ・流体温度： -20～150℃（水の存在）、内部温度変化の結露で腐食加速 保温材吸湿で腐食進行 ・配管形状： エルボ、T継手、立上り部、サポート部、温度変動部等 ・雨水の影響： 雨水の浸入部 ・周囲の環境： 塩害、冷却塔の飛散水、温度変化、隣接設備 ・その他	腐食要因については、3.3.1（2）「腐食環境の評価」、および3.3.3.「検査部位の選定」で列記されているほか、付図-1「外面腐食の起こりやすい箇所」で、詳しく図解されており、現状の技術指針でほぼ満足できる。
8	外面腐食検査実施上の問題点 ①検査関係コストと人的リソース ②保温（冷）配管の外面腐食 ③検査しにくい場所の問題（架台接触部、高所、狭所部） ④検査員の技能（判断のばらつき）	①②③保温解体復旧、足場架け払い等のコストや手間の改善が今後の検討課題 ④判断のばらつきを小さくする工夫として点検、判断基準の作成等が必要 ⇒ 検査員の確保、技術の伝承の問題は大きい。 ④に関しては、3.5「検査結果の評価及び次回検査計画への反映」で、検査結果の評価とその後の措置について記載があるが、検査員の教育や技能向上については、これまでの技術指針の対象外だった。
9	外面腐食対策 ①塗装・被覆： 保温保冷下にも防食塗装、プラスチック外装材の適用、環境に応じ重防食、塗料の使い分け ②保温保冷板金シール： 外装継ぎ目の合わせは下側に施工、サポート部等の開口部はシール材で雨仕舞、アルミテープ ③配管構造： 厚肉化、サポート位置変更、SUS化など ④サポート・シュー構造： ラックへの直置きは避ける（接触部に丸棒、樹脂を設置）、ダミーパイプサポート取替（型钢へ変更）、Uバンド接触部にシリコンシート ⑤雨水除け ⑥その他	①②防食に有効な塗装・被覆・外装材に関する改良の動向や新技術の調査は今後も必要。 ④サポート・シュー近傍は、腐食リスクが高く、要注意。防食に有効な構造の検討は重要。
10	活用中もしくは今後期待される先進技術 一部で活用あり ・ドローン（高所外面腐食） ・中性子水分計、オープンビジョンによるさび付着量の確認、保温上からの連続肉厚測定	現指針では、下記の非破壊検査手法が紹介されている。以下を含め、その後の先進技術の進歩、適用の拡大について、事業所での具体的な現状や文献調査等の結果を表3-1、、表3-2にまとめた。 ・ロングレンジガイド波/・ラックスルー/・レイリースキャン/・パルスET/・磁気飽和渦流探傷/・中性子水分計/・デジタルX線、リアルタイムX線  今後期待される技術 ・ラギング（保温材、防音材、板金等）を外さず腐食減肉の評価する技術 ・その他活用事例の共有化（コスト、技術内容、作業性、検査時間、応用性、活用事業所の感想など）

# 2023年度 調査委員の所属事業所へのアンケート結果

表3-1

## (検査手法・新技術)

関連番号 2022年度 アンケート 表2-2項目	2023年度 追加アンケート質問	各事業所の回答 (事業所各社の状況、トピックス等)	備考 (その他提言など)
6	<p>保温解体なしで可能な検査手法のニーズは高くなっています。貴事業所で採用している、または試用段階であるが有効と思われる検査手法はありませんか。あれば教えてください。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中性子水分測定、後方散乱X線、オープンビジョンを状況により使い分けをしている。</li> <li>・FSM(アトラス)、MS-UT (非破壊検査) は防油堤貫通部や梁接触部のスクリーニングに高頻度で使用。FSMもスクリーニング検査であり精度には一長一短があるものの、原理的に超音波より減衰が少ないので、ガイド波より有効と考える。</li> <li>・その他、リアルタイムX線、デジタルX線、サーモビューアー測定等は、実績は少ない。</li> <li>・Open Visionは採用している。</li> <li>・放射線透過試験を採用。ほかの技術は錆こぶを見つけることや水分の状況を確認する技術がほとんどの為、保温解体の優先度決めには有効ですが、保温解体を行わずにできる技術までにはたどり着いていない。</li> <li>・当事業所ではプラントの特性(密集・複雑・小口径配管)から、保温解体検査が基本方針。解体検査の代替としてRT採用事例がある。「CUIの発生予測モデル」は、「中性子水分計」と「サーモグラフィー」による検査結果を反映することで予測制度が向上する。今後これらの検査手法の有効性が高まる可能性がある。</li> <li>・DRシステム (デジタルX線)</li> <li>・X線装置でのオープンビジョンやデジタルX線は有効と考える。CUI検査で採用できる。</li> </ul>	<p>今のところ左記の各種検査手法は、1次スクリーニング検査としては有効であるが、全線にわたり保温解体を全くなしで検査可能なレベルではない。</p>
9-2	<p>塗料、外装材に関して、最近 (たとえば2006年頃以降) 採用もしくはこれから導入を検討している新技術、新材料はありませんか？あれば教えてください。設計や施工への反映した項目があれば、その内容を教えてください。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・CUI対策用に開発された新しい耐熱塗料を適用している。</li> <li>・塗料のグレードアップ等の試行はあるが、具体的に形になった事例が少ない。(2015年にウレタン→フッ素系に変更を行った事例程度)</li> <li>・保冷でシリコン樹脂系塗料+水防護層を施工している。</li> <li>・被覆材については2015年に撥水性ケイ酸カルシウムを基準化した。</li> <li>・アルミ溶射は設計厚さを下回る寸前の場合に実施するケースがある (特に機器)</li> <li>・4種ケレン配管 (軽目荒し程度の清掃ケレン) の塗装品質確保のため高性能塗料の採用。さび面に塗装可能な塗料の採用</li> <li>・素地調整軽減剤の使用。</li> <li>・1種ケレン相当の素地調整可能な電動工具(エア駆動工具)</li> </ul>	
10	<p>現指針では、下記の非破壊手法が紹介されています。各手法について、最近 (2006年頃以降) の適用状況を教えてください。またこれら以外に適用または今後有効と思われる手法があれば、その詳細を教えてください。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ロングレンジガイド波</li> <li>・ラックスルー</li> <li>・レイリースキャン</li> <li>・パルスET</li> <li>・磁気飽和渦流探傷</li> <li>・中性子水分計</li> <li>・デジタルX線、リアルタイムX線 ← (これらは現技術指針に記載なく、新しい技術)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ラックスルー：有用な検査であったが小径薄肉に適用できないため当事業所の配管には適用しづらい。頻繁に使用の事業所もあり。ラックスルーは探触子を周方向へ2つ挟み検査を行い、ラックスキャンは軸方向で検査を行う検査方法である。梁接触部などの腐食形態に合わせた適用が必要。</li> <li>・パルスET：被覆材の上から実施した場合、被覆材なしの場合に比べ精度が下がるので注意が必要。</li> <li>・中性子水分計、リアルタイムX線：各検査の使い分けで今後運用を実施したい。</li> <li>・ロングレンジガイド波：2000年代は採用することもあったが、費用および業務量に比べ検査精度が不十分で、直近では採用していない。</li> <li>・レイリースキャン：調査委員の所属する事業所では適用実績なし。</li> <li>・パルスET：現状は保温解体や放射線検査の方が安価であるため、配管への採用実績はほぼない (主に耐火材下腐食の検査に採用)</li> <li>・磁気飽和渦流探傷 (SLOFEC)：頻度は低いが採用実績あり (腐食有無をスクリーニングするために採用)</li> <li>・中性子水分計：1990年、2000年代は採用した実績はあるが、検査時の条件により精度が不十分で、直近では採用していない。</li> <li>・デジタルX線、リアルタイムX線：試験的に導入したことはあるが、実際の腐食検出を目的に使用したことはない (他事業所では実績あり。付帯工事削減として一定の効果は期待できる)</li> <li>・Open Visionを含めてほぼ採用。中性子分析計は雨がしばらく降っていないと使えない等条件があり、最近はあまり使用していない。</li> <li>・現状有効と考えられる手法は放射線透過試験です。※配管サイズ、肉厚によっては施工不可もあります。</li> </ul> <p>&lt;今後有効と思われる手法&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・3Dスキャン：検査技量による差が出にくく、広い範囲を素早く検査可能。</li> <li>・FSM-IT、MS-UT：検査部位に直接アクセスせずに検査が可能であり、梁接触部・防油堤貫通部等に有効。FSMはエルボ等があると誤差が大きくなるため、単純な直線形状で採用したほうがよい。</li> </ul>	<p>各検査手法に関する特徴と、各社の適用状況の概要は表3-2による。</p>

県技術指針で紹介されている非破壊検査手法

表3-2

検査手法	手法の補足説明、検査の特徴	適用箇所	各社の適用状況
ロングレンジガイド波	伝搬効率の高い超音波(ガイド波)を、センサーから送受信することで、内外面を含むセンサー-前後の広範囲の減肉調査を行う。UT検査の一種。 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	・2000年代は採用することもあったが、費用および業務量に比べ、得られる検査精度が不十分で、最近では採用していない ・適用中または、テスト試行中（複数事業所）
レイリースキャン	レイリー波（ガイド波の一種）を用いて、ラックの梁接触部等の比較的近距離（400mm程度）の検査を行う。 保温・保冷材の取外しが必要	梁接触部腐食	・調査委員の所属する事業所では適用実績なし
ラックスルー	超音波を周方向に送信して一周した波を受信し、そのエコー高さの変化を利用して、減肉量（残肉）を推定。 保温・保冷材の取外しが必要	梁接触部腐食	・頻繁に使用している(複数事業所) ・試行中。有用な検査であるが小径薄肉に適用できないため、当事業所の配管には適用しづらい。 そのほかにもラックスキャンという軸方向に探触子2つで超音波を送信する検査方法もある。
パルスET	導電性材料に誘起される渦電流が肉厚によって変化する性質を利用。ET検査の一種。 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	・現状は保温解体や放射線検査の方が安価で、配管への採用実績はほぼない。（主に耐火材下腐食検査に採用） ・テスト試行中または検討中が数社あり。被覆材上からの適用した場合、被覆材なしの場合に比べ精度が下がるので注意が必要。
磁気飽和過流探傷（SLOFEC）	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	・頻度は低いが採用実績あり（腐食有無のスクリーニングに採用）
中性子水分計	RI（放射性同位元素）により中性子を照射し、保温材の水分（水素）によって生じる後方散乱による熱中性子量を測定し水分量を予測する。 保温・保冷材中の水分を測定し、水分量から腐食環境の推定する	保温・保冷材の水分	・配管スクリーニング検査で活用中。 ・1990年、2000年代の採用実績あるが、検査時の条件により精度が大きく異なる為、直近では採用していない。 ・テスト試行中。各検査の使い分けで今後試用したい。 ・雨がしばらく降ってないと使えない条件が付くため、最近はあまり使ってない。 ・部分的に使用しているが、腐食状況の推定は困難。

今後有効と思われる非破壊検査手法

3Dスキャン 3次元計測システム	物体の形状を、ハンディスキャナやレーザートラッカーを使用して計測し、デジタルデータ化するシステム。		・検査技量による差がでにくく、広い範囲を素早く検査可能
FSM-IT	鋼材など導電性を有する検査対象物に一定の直流電流を印加して瞬間的に電場を形成し、その電場内の特定箇所の電位差を計測し、その計測値から、損傷の程度を特定する非破壊検査手法である。	梁接触部 ・防油堤貫通部	・梁接触部・防油堤貫通部のスクリーニング検査で高頻度で使用している。精度に一長一短あるが、原理的に減衰が少なくガイド波より有効と考える。
MS-UT (非破壊検査会社)	送・受信の2つの探触子を用いる。超音波の多数回反射を利用し、伝搬時間の変化から減肉量を測定する。内外面の減肉を識別。 ・検査部位に直接アクセスせずに検査が可能。	梁接触部 ・防油堤貫通部	・梁接触部・防油堤貫通部のスクリーニング検査で高頻度で使用している。
放射線検査法 デジタルX線 リアルタイムX線 Open Vision Thru-VU(γ線自走スキャナ)	RI（放射性同位元素）を用いてガンマ線を使用する場合とX線源を用いる場合があり、その透過能により適用範囲（肉厚、外径）が決まる。 デジタルX線はフィルムに代えてイメージングプレートを使用し、X線による断面撮影を行い、パソコンで画像処理する。 リアルタイムX線は、フラットパネルディテクタ等を用いて撮影画像を現場で記録、監視する手法。		・試験的に導入したことはある。他事業所で実績あり付帯工事削減で一定の効果は期待できる。 ・デジタルX線はCUI検査で多用。オープンビジョンも連続測定が可能で、活用している。 ・リアルタイムX線（後方散乱、オープンビジョン）をテスト試行中。各検査の使い分けで今後試用したい（複数事業所） ・Thru-VU(γ線自走スキャナ)は情報のみ（管理区域が広域となるので難しい）

2023年度 調査委員の所属事業所へのアンケート結果

(リスク評価)

<p>関連番号 2022年度 アンケート 表2-2項目</p>	<p>2023年度 追加アンケート質問</p>	<p>各事業所の状況等、トピックス</p>
<p>4-2</p>	<p>配管の外表面腐食管理で、エリア区分し10年程度の周期で順次検査を実施しているところが多いようです。貴事業所の基本的な管理方針について教えてください。 例えば、外表面腐食としては条件差が少ないと思われるオフサイト配管は単純なエリア管理、設備や装置ごとで有意差があるオンサイト配管はリスク評価優先など、使い分けはありますか？</p>	<p><b>1.各社の意見をまとめると、以下の3種に分類される。</b>                  ①検査周期を設定してエリアで管理する方法                  外部の腐食環境（海からの距離等）によって検査周期を定め、エリア単位で検査計画を立てる。                  ②検査周期ではなく、リスク評価に基づき配管1本ごとに検査時期を設定する方法                  配管1本ごとにリスク評価を行い、許容できないリスクカテゴリへ遷移する前に検査を計画する。                  ③全線を1次検査として外観目視を行い、2次検査として詳細検査に移行するときにリスク評価をして実施時期を決める（①と②の組み合わせ）  <b>2.その他具体的な意見</b>                  ・配管外表面腐食検査の対象は膨大であり、通常のやり方では検査周期が非常に長くなるため、不定期にほぼ全線を対象とした1次検査（スクリーニング）を実施している事業が複数ある。                  ・オフサイトはエリア管理、オンサイトは配管ごとにリスク評価により優先順位を定めている事業所も複数あり。                  ・CUIに関してはリスク評価によって各機器や配管ラインを評価しており、評価結果によって周期を決めている。一般的な目視検査に関しては高圧ガス系の配管に重点を置き毎年1回点検を実施。                  ・特に検査に関して管理方針はない。事業所も複数あり                  ・C.S.配管の外表面腐食管理は、対象プラントの環境に合わせて、1)エリア管理、2)ライン管理、3)全体管理を織り交ぜて管理しています。                  (例1)C.S.配管中心のプラント：高圧ガス・危険物等のプロセス配管を主に検査。用役配管の多くはリスク評価が低く影響が限定的であり検査対象外。                  1)エリア管理：主に高所であるラック上配管に適用し、10～15年程度の周期で管理。                  2)ライン管理：腐食リスクの高い保温・保冷配管に適用(発生の可能性と影響度を評価して優先度付け)                  3)全体管理：エリア管理・ライン管理を補うための全体スクリーニング検査（定期的な総点検のイメージ）</p>
<p>5</p>	<p>リスク評価に関する要求は高いと思われますが、現状の技術指針でリスク評価については、3.3.1「配管系のリスク評価」で記載があり、また県HP「技術資料の活用事例について」でリスク評価に基づく検査周期設定事例が紹介されていますが、何か改善の余地はありませんか？ 貴事業所での参考となる適用例や改善策があれば記入してください。</p>	<p><b>1.腐食環境の評価について</b>                  ・腐食環境の評価については、SUSの配管は対象外とし、別途評価できるようにした方がよい（例えば極低温の場合は検査する必要がないため）                  ・注目ポイントが他にないか収集して追記する形で良いと考えます。当社ではバッチ運転、熱サイクルがある箇所の評価を高く設定しています。                  ・当事業所では、損傷形態に応じて発生可能性を予測しています。                  例1) 保温材下腐食(CUI)における検査部位の優先順位付け                  例2) 裸配管の架台接触部における検査部位の優先順位付け                  例3) 鋭敏化形ESCCの検査部位絞り込み方法                  例1) CUIの発生予測モデルは、経済産業省委託事業およびNEDO委託、助成事業で開発に取組み、化学会社間で共有したデータを基に機械学習を活用し、従来法より精度よくCUI発生可能性を予測できることを実証しています。当事業所においても本予測モデル導入に向けて配管検査基盤の強化を推進しています。                  ・夏場等に結露する配管及びその周辺配管へ技術指針（リスク評価の点数をもっと上げた方がいい）                  ・防食施工部への加点(防食による雨水の滞留、目隠しになっている部分)技術指針（リスク評価の項目がない 追加した方がいい）                  ・腐食環境評価の温度条件について、細分化し点数を付けたほうがよい(極低温、低温、結露、常温、高温など)                  ・腐食の起こりやすさの評価は定性的な感があるため、具体的なしきい値も設けるなどして評価できるようにしたらわかりやすいと考える。使用年数、設置場所の環境(沿岸部とかなんらかの飛散水の影響等)、塗装仕様などにより評価基準を設けると一律の考えで評価が可能となる。</p>
<p>7</p>	<p>腐食要因については、3.3.1(2)「腐食環境の評価」、および3.3.3「検査部位の選定」で列記されているほか、付図-1「外表面腐食の起こりやすい箇所」で、詳しく図解されていますが、これ以外に貴事業所で適用している内容や追加すべき事項があれば教えてください。</p>	<p>追加                  ・スカート貫通配管（裸）：配管と貫通孔の隙間で発錆し、顕著に減肉した事例あり                  ・板金開口部（定点肉厚測定用の測定窓の板金消失等）、板金材合わせが上向き配管                  ・定点肉厚測定用の測定窓（溶接で枠を作成）：水が滞りし外表面腐食が発生した事例あり                  ・防食テープへの錆汁付着・膨らみが確認される箇所                  ・防油堤貫通部、行き止まり部（安全弁ノズルなど）/間欠使用配管（本管の運転温度が高くても温度が低下）、ラック上エンドフランジ保温未施工部                  ・保冷施工箇所熱サイクル(低温域から常温、高温域)になる機器、配管の保冷内部。                  ・冷凍系設備液面計などの気相部：常時冷凍の気相部だと一部熱サイクルのように一時的に解氷、結露発生が差奥底される                  ・チェッカープレート等ステージの水抜き箇所直下にある機器、配管。                  ・地ばい配管（ステージ上含む）：水の跳ね上がり部                  ・機器下配管（横型円筒タンク下など、雨水が当たりやすく集中しやすい箇所）                  ・人が乗った跡の外装へこみ箇所</p>

# 2023年度 調査委員の所属事業所へのアンケート結果

表3-4

(設計・施工上の工夫)

関連番号 2022年度 アンケート 表2-2項目	2023年度 追加アンケート質問	各事業所の状況等、トピックス	備考（その他提言など）																																																	
2	設計・施工を含んだ基準、管理モデルを持つ事業所は少ないようですが、配管腐食に関し、貴事業所で運用している設計または施工上の工夫（対策・改善策）について、列記してください。 また、改善策として実施したものの失敗に終わった事例があれば教えてください。	(設計または施工上の工夫) ・梁接触部はパイプシューまたは丸棒を施工。テフロンシート施工を標準化している。 ・埋設配管の地上境界部は、塗料・被覆・板金の種類や寸法で標準化している。 ・護岸沿い・クーリングタワー近傍などの湿潤環境部は、塗装をグレードアップしている。 ・ダミーパイプサポートはH鋼サポートへ改造(重量が大幅に増加する場合は要注意) ・保温貫通部（ガセット等）の雨水浸入対策、水切りリング等の設置（APIで配管・機器に推奨） ・省エネロスによる経済性見合いだが、不要保温は極力撤去、火傷防止が必要な場合は金網等を取り付ける。 ・行き止まり配管、間欠使用配管のデッド部を無くする、もしくは必要最小限とする ・冷凍系・温暖繰り返し配管やSCCのない流体等はSUS配管で更新している。(複数の事業所で実施) ・CUI対策で保冷の施工基準として、シリコン樹脂系塗料後、水防護層を施工。 ・温度条件に応じて断熱材下の重防食塗装（耐熱塗料）を実施している。 (失敗例) ・防食テープ：配管ラックの梁接触部にSUS製薄板を取り付けた所、経年劣化により隙間に雨水が侵入し、激しい腐食を受けた事例がある。また一般的な防食テープでも、同様の問題があり、注意が必要。 ・ダミーパイプサポートのウィップホールへの穴埋めを実施した所、穴埋め材の経年劣化でシール不良となり、腐食防止の根本対策にはならなかった。	川崎市の「危険物関係法令等審査基準」に配管と配管ラックの梁接触部の腐食防止対策について、代表施工方法と防食の評価データ（下記）があり、各社が実施している対策評価の参考になる。  腐食対策方法の比較 <table border="1" data-bbox="1834 747 2801 1377"> <thead> <tr> <th>対策</th> <th>ゴミの溜まり</th> <th>乾燥し易さ</th> <th>腐食速度</th> <th>検査のし易さ</th> <th>備考</th> <th>総合評価</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>丸棒なし</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>大気中腐食速度 0.1 mm/y ~ 0.2 mm/y max</td> <td>×</td> <td>—</td> <td>△~×</td> </tr> <tr> <td>ステンレス丸棒を敷く</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>大気中：0.1 mm/y ガルバニック腐食： 0.2 mm/y max</td> <td>◎</td> <td>—</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>Zn メッキ付きSUS丸棒を敷く</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>防食処理によって 0.1 mm/y 以下。 ただし、寿命5年</td> <td>◎</td> <td>SUSのZn脆化</td> <td>◎</td> </tr> <tr> <td>Al メッキ付き丸棒を敷く</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>0.1 mm/y 以下。 ただし、短期</td> <td>◎</td> <td>—</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>テフロン板を敷く</td> <td>×</td> <td>×</td> <td>0.2 mm/y 以下</td> <td>×</td> <td>高温強度 ×</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>テフロン丸棒を敷く</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>0.1 mm/y 以下</td> <td>◎</td> <td>高温強度 ×</td> <td>?</td> </tr> </tbody> </table>	対策	ゴミの溜まり	乾燥し易さ	腐食速度	検査のし易さ	備考	総合評価	丸棒なし	×	×	大気中腐食速度 0.1 mm/y ~ 0.2 mm/y max	×	—	△~×	ステンレス丸棒を敷く	○	○	大気中：0.1 mm/y ガルバニック腐食： 0.2 mm/y max	◎	—	◎	Zn メッキ付きSUS丸棒を敷く	○	○	防食処理によって 0.1 mm/y 以下。 ただし、寿命5年	◎	SUSのZn脆化	◎	Al メッキ付き丸棒を敷く	○	○	0.1 mm/y 以下。 ただし、短期	◎	—	○	テフロン板を敷く	×	×	0.2 mm/y 以下	×	高温強度 ×	×	テフロン丸棒を敷く	○	○	0.1 mm/y 以下	◎	高温強度 ×	?
対策	ゴミの溜まり	乾燥し易さ	腐食速度	検査のし易さ	備考	総合評価																																														
丸棒なし	×	×	大気中腐食速度 0.1 mm/y ~ 0.2 mm/y max	×	—	△~×																																														
ステンレス丸棒を敷く	○	○	大気中：0.1 mm/y ガルバニック腐食： 0.2 mm/y max	◎	—	◎																																														
Zn メッキ付きSUS丸棒を敷く	○	○	防食処理によって 0.1 mm/y 以下。 ただし、寿命5年	◎	SUSのZn脆化	◎																																														
Al メッキ付き丸棒を敷く	○	○	0.1 mm/y 以下。 ただし、短期	◎	—	○																																														
テフロン板を敷く	×	×	0.2 mm/y 以下	×	高温強度 ×	×																																														
テフロン丸棒を敷く	○	○	0.1 mm/y 以下	◎	高温強度 ×	?																																														
8-1	検査関係コスト（保温解体復旧、足場架け払い等）の削減について、貴事業所の対応策があればお知らせください。	・同エリアの他工事と同時に行うことで付帯工事の費用を削減している。（複数事業所） ・高所の外観目視には高所作業車やポールカメラを使用した検査で足場の削減（複数事業所） ・小型ドローンによる実証テストを実施したが、現状では防爆の問題やラック上での引っ掛かりによる飛行上の制約から導入には至っていない。 ・事前に保温要否を確認し、不要な保温であれば検査と同時に撤去する。 ・中性子水分計を利用したスクリーニングにより、費用削減。 ・放射線（エックス線、ガンマ線）による保温上からのスクリーニング検査で、保温解体・復旧費用を削減。																																																		
9-1	防油堤、防液堤の配管貫通部の防食対策について、設計または施工上の工夫はありませんか？貴事業所で適用している具体的な内容を教えてください。	・有機ライニング（ポリエチレン、ウレタンエラストマー、エポキシなど）やスリーブ施工 ・埋設管の防食として社内基準があるが塗覆装の具体的な施工方法のみである。 ・防油堤貫通部で減肉が確認された場合は、配管改造を行い、防油堤をジャンプオーバーさせるケースが多い。 ・鉄筋に配管を接触させない施工（コンクリ内のアルカリにより不働態化した鉄筋に触れている配管部は電位が高く、対して砂詰め部の配管は不働態化されていないため電位が低い。同一配管で部位により電位差が生じ腐食が進行する。鉄筋の面積比効果も大きく腐食速度は大きい）																																																		



2023年度 調査委員の所属事業所へのアンケート結果

(検査員の教育等)

<p>関連番号 2022年度 アンケート 表2-2項目</p>	<p>2023年度 追加アンケート質問</p>	<p>各事業所の状況等、トピックス</p>	<p>備考（その他提言など）</p>
<p>8-2</p>	<p>検査員の技能（判断のばらつき）に関しては、3.5「検査結果の評価及び次回検査計画への反映」で、検査結果の評価とその後の措置について記載がありますが、これで十分でしょうか？ 人的リソース（検査員の確保、技術の伝承）に関して、貴事業所で実施している事項があれば教えてください。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外面腐食事例や腐食の発生が疑われる箇所について、写真と共に纏め、所内の要領として公開している。（複数の事業所で実施）</li> <li>・外観目視（詳細検査箇所の抽出作業）は、経験が必要であるため、社内の認定制度を定め、教育を受けた検査員にのみ依頼をしている（社内認定制度を持つ事業所は複数あり）</li> <li>・運転員に対しても定期的に教育を行っており、特異な事例等が発生した場合はポスター等を作成し、社内でも周知している。</li> <li>・腐食を見つけた運転員、外注検査員に対して積極的に表彰を行い、モチベーションを高める。</li> <li>・人的リソース確保のため、今後運転員の外観検査の教育を計画中。</li> <li>・判定フローチャートを作成し、個人差が出ないようにしている。</li> </ul>	<p>腐食の進行具合について、共通した具体的な言語化があると検査員以外の方が見ても分かりやすいと思えた。 事業所内で配管の腐食に対する判断（減肉、発錆等）が検査員ごとにばらつきがあり、こちらの判断について標準化が課題となっている。 腐食進行具合の表現については、写真等による標準事例を整理し、認識を共通化する取り組みが望ましい。</p>
<p>8-3</p>	<p>検査員の教育や技能向上の具体策については、これまでの技術指針の対象外でした。貴事業所で実施している具体的な対応策がありますか。あればその内容をお知らせください。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運転員での検査だと検査判定のばらつき見逃しが散見されるため外部（検査会社）を活用しプロの目で検査を行うようにシフトしている。</li> <li>・自社保全担当課、運転課に対し定期教育を実施。</li> <li>・外面腐食診断士という社内制度を運用。（認定制度は複数事業所で実施）</li> <li>・外観目視検査の視点・評価・処置についての一連のフローや判断基準について規定。</li> </ul>	
<p>8-4</p>	<p>今後、検査員の確保のため外注検査化が拡大すると思われそうですが、貴事業所の自社検査員と外注検査員に対する基本的な考え方は？ 外注検査員または検査会社の管理について、貴事業所の考え方、対応の基本方針はありますか？</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・網羅的な検査はタイムベースで外注化、その間の劣化状況は運転員の日常パトロールで対応し劣化が認められれば都度検査を実施。</li> <li>・検査会社の管理として検査会社の監督者、作業員に対して検査前教育（対面での打ち合わせ）を実施し、検査仕様、検査判定についてお互い確認を実施している。</li> <li>・外注検査員管理として目視検査について化学工場で10年以上の経歴書、NDIについては該当資格の資格書コピーを事前に提出いただき、資格書ステッカーにて管理をしている。（目視検査経験3年以上としている事業所もあり）</li> <li>・自社検査員には定期的な教育を行い、外注検査員は弊社から認定を受けたもののみ実施するよう定めている（複数事業所）</li> <li>・認定制度までは設けていない。検査品質管理の観点で検査状況を抜き取りで立ち会う等の施策を実施している。</li> <li>・現状は外注検査を主体（複数事業所）。将来的に一時スクリーニングを運転員で実施を検討。</li> <li>・検査品質確保のため、外観目視の視点・評価・処置の一連のフローや判断基準を規定</li> <li>・同じ検査会社を使用し、検査レベルを一定にしている。</li> </ul>	