

2024年7月26日(金) / 横浜情報文化センター

2024年度防災管理者等研修会及び
コンビナート事業所保安対策推進連絡会



2023年度神奈川県委託調査

高圧ガス配管外面腐食検査に係る 技術資料の見直しについて

一般社団法人 神奈川県高圧ガス保安協会
エンジニアリング部会



0 神奈川県高圧ガス保安協会の紹介

●沿革

年月日	出来事
昭和14年 5月	圧縮瓦斯および液化瓦斯関係業者有志懇談会発足(事実上の設立)
昭和16年 4月	圧縮瓦斯および液化瓦斯取扱関係業者懇談会創立総会開催
昭和17年11月	神奈川県高圧瓦斯会と改称
昭和46年7月28日	社団法人 神奈川県高圧ガス協会 設立 (許可番号: 神奈川指令商第279号)
平成24年 4月	一般社団法人 神奈川県高圧ガス保安協会と改称

●会員数

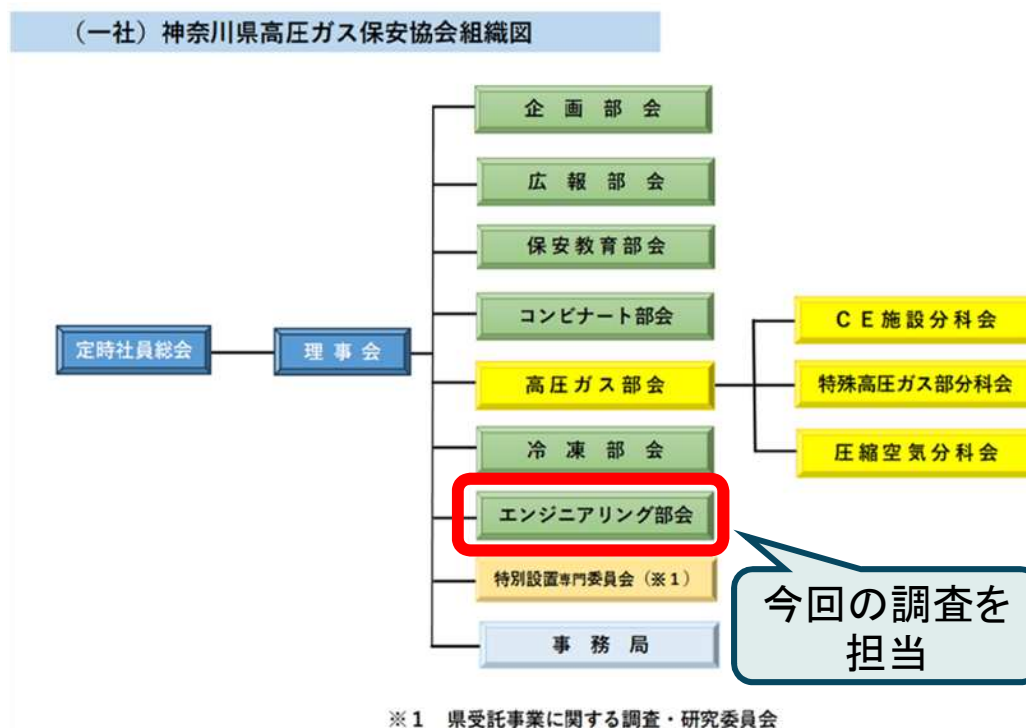
484事業所(2024年5月31日(総会)時点)



0 神奈川県高圧ガス保安協会の紹介

● 主な業務

- 高圧ガス製造技術に関する研究とその発表
- 高圧ガス保安講習会の開催
- 冷凍設備、一般高圧ガス設備に関する検査および指導
- 高圧ガス関係法令の普及
- 図書、資料等の刊行
- 関係官公庁および関係団体との協力
- その他
 - 国家試験、検定試験にかかる管理・監督の受託
 - 広報活動
 - 高圧ガス輸入検査





1 背景

- 神奈川県内のコンビナート事業所は、設置後40年を超えた施設が多く、設備の老朽化が進行
- 特に高圧ガス配管の腐食は、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(石災法)の特定事業所で発生した「異常現象」(石災法第23条)の主要な要因

【保温材・保冷材で被覆された高圧ガス配管】
雨水などの浸入により腐食が進行しても、
確認が容易ではない！



- 今後さらに設備の老朽化が進むことで、外面腐食による事故発生リスクが高まるため、外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



2 調査の目的

【2022年度】コンビナート部会

★ 県内のコンビナート事業所における外面腐食対策及び
外面腐食の検査手法について調査

→ 外面腐食防止の基準となる標準的な管理モデル(指針)
の作成を提案



【2023年度】エンジニアリング部会

★ 既存の指針「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 -」
(2007年3月)について、最新の技術手法や知見を
もとに**指針の内容を精査し、必要な改訂**を行う



【参考】2022年度神奈川県委託調査コンビナート事業所の外面腐食対策に関する実態調査の概要
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/a2p/kouatukonnbi/202307kenshu.html>



3 調査の内容

平成19年3月「高圧ガス配管外面腐食検査に係る技術資料(指針)」については、公表から15年以上経過しているため、最新の技術手法や知見をもとに同指針の内容を精査するとともに、改訂案を作成する。

(1) 文献等調査

次の事項について、最新の検査手法等を文献等により調査する。

- ・ 外面腐食の検査手法
- ・ 外面腐食の事例

(2) 標準的な配管外面腐食検査の管理手法の改訂

平成19年3月「高圧ガス配管外面腐食検査に係る技術資料(指針)」を、令和4年度の調査委託結果及び上記(1)等を踏まえて見直し、標準的な配管外面腐食検査の管理手法について取りまとめる。

見直す指針には、次の事項を含めるものとする。

- ・ 検査対象配管の選定方法
- ・ 検査周期の考え方
- ・ 検査手法(目視、非破壊検査等)の選定
- ・ 検査結果の評価
- ・ その他関連する事項

4 実施体制



・エンジニアリング部会に調査検討委員会を設置

	氏名	所属事業所
調査指導	吉江 博巳	神奈川県暮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	神奈川県暮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)IHI 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)レソナック川崎事業所 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

	氏名	所属事業所
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	櫻根 隆史	日本プシル(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	日本プシル(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





5 委員会の開催

開催年月日	会議内容
第1回 2023年6月15日(木)	(1) 受託業務の内容確認と事業実施計画について (2) 2022 年度委託業務「石油コンビナート事業所の外面腐食対策に関する実態調査」結果の確認 (3) 活動スケジュールの確認
第2回 2023年9月7日(木)	(1) 神奈川県技術資料(指針)のレビュー (2) 委員の所属する各事業所へのアンケート調査結果「各事業所の現状と課題、追加提案」について (3) 2023 神奈川県委託報告書のイメージ案について
第3回 2023年10月19日(木)	(1) 各委員へのアンケート調査結果の精査(継続) 「各事業所の課題と現状、追加提案」について (2) 神奈川県委託報告書のまとめ方について
第4回 2023年12月13日(水)	(1) 報告書 最終案 の検討
第5回 2024年2月7日(水)	(1) 報告書(案)の最終レビュー



(1) 2022年度調査結果の振り返り①

【外面腐食検査に取り組む姿勢】(アンケート記述式)

- 外面腐食検査を行っている事業所は、「外部への漏洩を予防するための重要な手段」と認識。
- 日常点検での目視や、定期点検で外面腐食状況の検査を行っている事業所が多い。
- 検査にあたっては、過去事例や外面腐食の発生しやすい部位に絞って検査を行っている模様。新検査技術を活用した検査箇所のスクリーニングを行っている事業所もある。



(1) 2022年度調査結果の振り返り②



【外面腐食検査実施上の問題点】（アンケート記述式）

- 検査に係るコストと人的リソースに関する問題
 - ・ 検査箇所数が多い、保温の解体・復旧や足場設置・解体の付帯工事費用が発生、検査箇所数が多いと検査を行う人的リソースも不足
- 保温（冷）付配管の外面検査に関する問題
 - ・ 断熱材の解体・復旧のためのコストが発生、検査が部分的
- 外面検査施工上の問題（検査しにくい箇所や部位）
 - ・ 検査しにくい場所…「架台接触部」「高所部」「狭所部」
- 検査員の技能の問題（判断のばらつき）



(2) 2022年度調査結果から課題等を抽出 ①



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
外面腐食防止基準を整備している事業所は約6割に及ぶが、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。
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	保温配管の保温解体なしで実施可能な検査手法に対するニーズは高い。 ⇒最新の検査手法の調査が望まれる。



(2) 2022年度調査結果から課題等を抽出 ②

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
<p>外面腐食検査実施上の問題点は</p> <ul style="list-style-type: none">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)	<ul style="list-style-type: none">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重要。
<p>外面腐食対策</p> <ul style="list-style-type: none">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(型鋼へ変更)、Uバンド接触部にシリコンシート⑤雨水除け⑥その他	<ul style="list-style-type: none">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。



(3) 追加アンケートの実施 ①

- 2022年度アンケートの結果から課題や教訓を抽出。
- それをもとに、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を対象に追加アンケートを実施。
- 追加アンケート調査期間：2023年6月22日～8月25日
- 調査委員の所属する事業所のうち、高圧ガス配管設備を有する9社から回答を得た。各事業所が共通して抱えている重点課題として、次の4項目を洗い出し：
 - ① 検査手法・新技術
 - ② リスク評価
 - ③ 設計・施工上の工夫
 - ④ 検査員の確保・教育
- 今後の取組に向け、委員会で更なる議論





(3) 追加アンケートの実施 ②

【追加アンケートの内容（検査手法・新技術）】

- ◆ 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があれば教えてください。
- ◆ 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、新材料があれば教えてください。設計や施工に反映した項目があれば、その内容を教えてください。
- ◆ 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。
 - ・ 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 ← これらは現技術指針に記載なく、新しい技術

Q

【検査手法・新技術】

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があれば教えてください。



A

- 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。
- 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。
- 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の実績は少ない。
- Open Visionは採用している。
- 放射線透過試験を採用。他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ため、保温解体の優先度決めには有効だが、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。
- 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。
- DRシステム(デジタルX線)
- 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。

Q

【検査手法・新技術】

塗料、外装材に関して、採用もしくはこれから導入を検討している新技術、新材料があれば教えてください。設計や施工に反映した項目があれば、その内容を教えてください。



A

- CUI対策用に開発された新しい耐熱塗料を適用している。
CUI: Corrosion Under Insulation (保温材下腐食)
- 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)
- 保冷でシリコン樹脂系塗料+水防護層を施工している。
- 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。
- 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)
- 4種ケレン配管(軽く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・素地調整軽減剤の使用。
- 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)



Q

【検査手法・新技術】

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教えてください。



A

- 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。
- 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。
- 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。
- 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。

<今後有効と思われる手法>

- 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。
- 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。

(3) 追加アンケートの実施 ③



【参考：県技術指針で紹介されている非破壊検査手法】

検査手法	手法の補足説明、検査の特徴
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-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
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
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
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。
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。
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

(3) 追加アンケートの実施 ④



【参考：今後有効と思われる非破壊検査手法】

検査手法	手法の補足説明、検査の特徴
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。
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。
MS-UT (非破壊検査(株))	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。
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。



(3) 追加アンケートの実施 ⑤

【追加アンケートの内容（リスク評価）】

- ◆ 配管の外面腐食管理で、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については単純な「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？
- ◆ 現状の技術指針における「配管系のリスク評価」、また県HP「技術資料の活用事例について」におけるリスク評価に基づく検査周期設定事例に関し、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。
- ◆ 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個所」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。

Q

【リスク評価】

配管の外面腐食管理で、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については単純な「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？



A

- 各社の意見をまとめると、次の3つに分類される。
 - 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ーへ遷移する前に検査を計画する。
 - ③ 全線を1次検査（外観目視）し、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）



Q

【リスク評価】

現状の技術指針における「配管系のリスク評価」、また県HP「技術資料の活用事例について」におけるリスク評価に基づく検査周期設定事例に関し、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。



A

- 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よい。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る。
- 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る。保温材下腐食(CUI)における検査部位の優先順位付け、裸配管の架台接触部における検査部位の優先順位付け等
- 夏場等に結露する配管及びその周辺配管へ技術指針の適用(リスク評価の点数をもっと上げたほうがよい)
- 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)、技術指針にリスク評価の項目がないので、追加したほうがよい。
- 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)

Q

【リスク評価】

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個所」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。



A

- 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): 水が滞水し外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
- 保冷施工箇所で熱サイクル(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、結露発生が想定される。
- 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

(3) 追加アンケートの実施 ⑥



【追加アンケートの内容(設計・施工上の工夫)】

- ◆ 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。
- ◆ 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。
- ◆ 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。



Q

【設計・施工上の工夫】

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。



A

(設計または施工上の工夫)

- 梁接触部はパイプシュー又は丸棒を施工。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。
- 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。

(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ところ、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ところ、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。

Q

【設計・施工上の工夫】

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。



A

- 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を採用し、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





Q

【設計・施工上の工夫】

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。

A

- 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。



(3) 追加アンケートの実施 ⑦

【追加アンケートの内容（検査員の教育等）】

- ◆ 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。
- ◆ 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。
- ◆ 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ませんが、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？



Q

【検査員の教育等】

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。

A

- 外面腐食事例や腐食の発生が疑われる箇所について、写真とともにまとめ、所内の要領として公開している。(複数の事業所で実施)
- 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)
- 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、社内で周知している。
- 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。
- 人的リソース確保のため、今後運転員の外観検査の教育実施を計画中。
- 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。



Q

【検査員の教育等】

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。

A

- 運転員による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。
- 自社保全担当課、運転課に対し定期教育を実施。
- 「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)
- 外観目視検査の視点・評価・処置について、一連のフローや判断基準を規定している。



Q

【検査員の教育等】

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ませんが、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？



A

- 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。
- 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に確認。
- 外注検査員の管理として、目視検査については化学工場で10年以上の経歴書、NDIIについては該当資格の資格書コピーを事前に提出してもらい、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)。
- 自社検査員には定期的な教育を行い、外注検査員による検査は自社が認定した者のみにより実施するよう定めている。(複数事業所)
- 認定制度までは設けていないが、検査品質管理の観点で、抜き取りで検査に立ち会う等の施策を実施している。
- 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が実施することを検討。
- 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。
- 同じ検査会社を使用し、検査レベルを一定にしている。

(4) 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

- 非破壊検査手法に関しては、「神奈川県技術指針」の公表（2007年）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。

(4) 重点課題の概要と今後の取り組みについて



② リスク評価について

- 「神奈川県技術指針」公表（2007年）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。

(4) 重点課題の概要と今後の取り組みについて



③ 設計・施工上の工夫について

- 設計及び施工とも、各社の工夫に関する取り組み情報は少なく、各社ともほぼ似たような内容であった。
- 中でも配管ラックの梁接触部は、検査が困難で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」の各防食対策の評価比較データは、各社の対策の参考となるもの。



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 0.1mm/y~ 0.2mm/y max	× 難しい	---	△~×
ステンレス丸棒を敷く	○	○	大気中: 0.1mm/y ガルバニック腐食: 0.2mm/y max	◎	---	◎
Znメッキ付きSUS丸棒を敷く	○	○	防食処理によって 0.1mm/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	○	○	0.1mm/y以下。 ただし、短期	◎	---	○
テフロン板を敷く	×	×	0.2mm/y以下	×	高温強度 ×	×
テフロン丸棒を敷く	○	○	0.1mm/y以下	◎	高温強度 ×	?

出典: 川崎市「危険物関係法令等審査基準」

(4) 重点課題の概要と今後の取り組みについて



④ 検査員の確保・教育について

- 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、全般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。



(5) 「技術指針」改訂の考え方

- “今後さらに設備の老朽化が進むことで、外面腐食による事故発生リスクが高まるため、外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”との共通認識
- その一方、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ことが判明。

「技術指針」の改訂にあたっては、
“各事業所が体系的で効果的な外面腐食検査の計画を策定するための参考”となるような内容をめざして見直しを行うこととした。

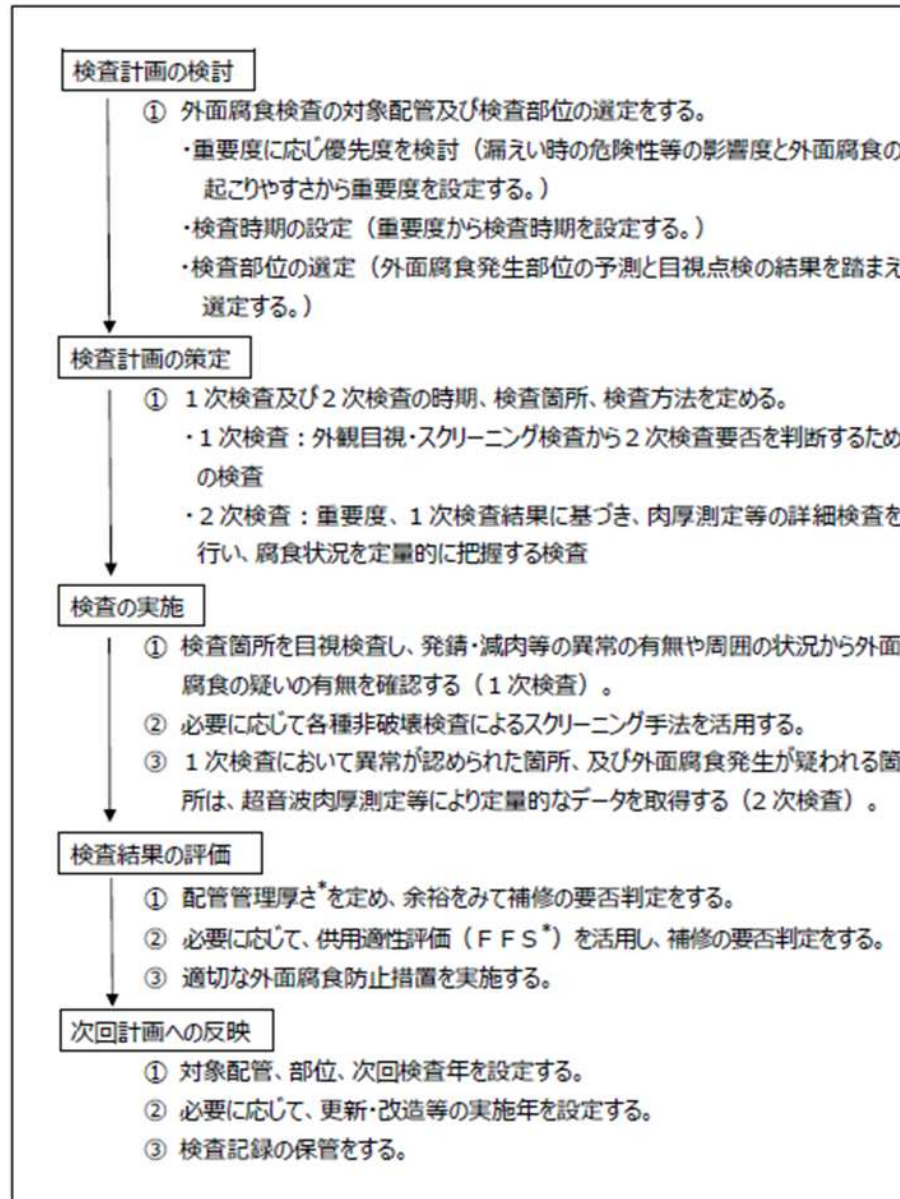
(6) 「技術指針」改訂案の検討(委託報告書)



- 調査検討委員会（5回開催）での議論を通じ、既存の「技術指針」を全面的に精査
- 最新の検査技術や知見を改訂案に反映（各事業所の検査技術のエッセンスを取り込むことで、より具体化）
- 2024年2月に委託報告書を県に提出

《改訂箇所(例)》

- 高圧ガス配管外面腐食検査フローチャートを見直し
- 検査結果の評価にあたり、供用適性評価（FFS）の手法を反映
- 事業所の工夫を外面腐食防止措置に反映（失敗例も追加）
- 高圧ガス配管外面腐食検査の参考となる最新の文献を一覧で掲載
- アンケート調査で得られた情報を参考資料として掲載



- 「高圧ガス配管外面腐食検査フローチャート」の見直し
- 検査計画の策定にあたり、検査内容を1次検査と2次検査に分け、対応方法を記述
- 具体的な検査計画の説明（エリア管理、ライン管理など）
- 漏洩時の具体的な影響度についても詳細に解説
- 検査結果の評価にあたり、必要に応じて、供用適性評価（FFS）を活用し、補修の要否判定をすることを提案

具体的な検査手法や新技術に関しては、各事業所の環境、配管材、サイズ、保温（冷）状況等により、その効果や可用性が変わることから、「手法と各社の適用状況の紹介」という形とした。



6 まとめ

- 外面腐食対策は、現場における永遠の課題
- 今後、技術指針に盛り込まれた内容を現場で適切に展開することで効果的な検査が実施され、重大事故防止の一助となることを期待
- 指針の継続的な見直しのために、今後、次のような取組を期待
 - 事業所により規模や態様は大きく異なる。まだ検査計画のない事業所や外面腐食対策が効果的に行われていない事業所では問題がどこにあるかヒアリングを行う。
 - 最新の検査手法を導入する際の課題や留意点などを盛り込む。
 - ヒアリング結果をもとに、検査計画が策定されていない事業所のニーズを把握し、より広範な事業所が活用できるものとする。
 - 技術指針に基づいて検査を行った場合の経済的メリットが分かるようにする。



6 まとめ

- この技術指針は、今後も技術革新や生産環境の変化などに柔軟に対応していく必要がある。事業所の現場から積極的なフィードバックを受けつつ、次のレビューにつなげることが望ましい。
- 所管行政庁においては、この技術指針に準じて対策を行った際のインセンティブ（規制緩和、財政的支援など）の付与についても検討を期待。
- 技術指針をどのように現場で展開していけばよいのか、アドバイス・コンサルタント支援なども効果的。

謝辞：横浜国立大学・岡崎教授をはじめ、調査検討委員会の皆様、調査にご協力くださった事業所の皆様に厚くお礼申し上げます。



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— (2024 年 3 月改訂版)

神奈川県くらし安全防災局防災部消防保安課

【参考】2022年度神奈川県委託調査コンビナート事業所の外面腐食対策に関する実態調査の概要
<https://www.pref.kanagawa.jp/docs/a2p/kouatukonnbi/202307kenshu.html>





ご安全に！

