

# 外面腐食 対策ガイド

設備ユーザーのための  
外面腐食研究会編



## 『外面腐食対策ガイド』策定にあたって

日本国内に立地する多くの道路、港湾、橋梁、発電施設、ガス施設、環境対策施設等の社会資本系施設、さらにはコンビナート等の製造施設や貯蔵施設等において、「設備の高経年化」が大きな課題として顕在化している。

それらは、例えば高圧ガス保安協会が発表している、高圧ガス製造施設の事故件数が年々増加していること、その原因として経年劣化事例が多いことなどからも明らかといえよう（第1章「外面腐食管理」を参照）。

このように顕在化した経年劣化の中でも、環境要因によってもたらされる設備の外面腐食は、劣化要因が技術的には明確でありながら、管理方法が極めて難しい問題として、各社が独自の対応を行ってきた。そして、各社ごとのノウハウを構築して今日に至っている。

しかしながら、例えば内容物を保有する設備・容器や配管などでは、外面腐食の進行によって設備が劣化し、これが内容物の漏洩をもたらし事故に直結する危険性があり、より一層の厳格な対応が必要となる。とくに危険性が高い場合は、全面検査を余儀なくされ、莫大な必要経費が経営を圧迫している。

とりわけ、配管等の断熱施工設備では、断熱解体・再施工、足場組立・解体等の費用が検査費用そのものに比較して圧倒的に大きく（例えば検査自体の費用は、全費用の10%程度などの記事が発表されている）、建設時には予想だにできなかった費用が発生している。

また、外面腐食を原因とする設備寿命を技術的に見ると、腐食が設備板厚を貫通し内容物が漏洩するものから、腐食部位が内圧や外力による応力に耐えられなくなり破壊する場合など多岐にわたり、問題を複雑化している。

さらに、高圧ガス保安法下等の設備については、当然、法を遵守しているが、各プラントが管理している設備にはそうした法規制の下にはないものも数多い。むしろ、その方が数は多いのだが、そこで予想していなかった腐食が発生している。

法の遵守は当然のこととして、そのような一般設備におけるの保全を含めた、総合的な外面腐食対策が求められているといえる。

### ●「設備ユーザーのための外面腐食研究会」の発足

こうした設備高経年時代のプラントメンテナンスに対処するため、社団法人日本プラントメンテナンス協会では経営リスク最小化に向けた設備管理の体系的な研究として、「経営に資する戦略的保全マネジメントシステム（MOSMS / Maintenance Optimum Strategic Management System）の構築」研究を行ってきた。現在は、網羅性と経済性を両立する技術の選択を行うための「設備総点検プログラム」策定研究に進んできている。

この研究の中で、保全の技術に対しては「最新保全技術研究会」（豊田利夫主査）において調査研究を行い、その第4部会では静止機器に関する保全問題を取り上げて活動してきた。この部会内に、上記の状況に鑑みて各社の情報交換を主目的とした「設備ユーザーの外面腐食懇話会」が2007年に発足した。この懇話会が、議論の深まりとともに「設備ユーザーのための外面腐食研究会」に発展した。

議論の焦点は、技術だけに留まらなかった。いかに経済的にも最適な技術を選択すればよいか、各社とも悩んでいることがわかった。そのため「設備ユーザーのための外面腐食研究会」は、「技術的にも経済的にも最適な対策であるために、保全に立脚点を置いた外面腐食対策のガイドラインづくりを目指す」活動を開始するに至ったのである。その意味で、本ガイドは「設備総点検プログラム」策定研究の最初の成果である。

## ●参加企業の共通認識

全国横断的なガイドライン作成にあたって、研究会参加企業の各社に共通する課題を整理すると、以下のような「設備ユーザーとしての共通の認識」が浮かび上がってきた。

① RBI、RBM、FFSなどの米国 API (American Petroleum Institute / 米国石油協会) 発等の考え方が海外検査基準として整備され続けている。その特徴は理論面の重視であり考え方は大いに参考になる。しかし、社会的な背景が異なる日本の企業がこれまで、日々取り組み成果をあげてきた「PDCA 管理サイクルに基づき、現場の事実を反映する手法」とは異質である。このため、そうした理論を参考にしながらも日本独自の方法を生み出す必要が生じている。

重大事故件数の推移等では、欧米よりも日本の方がよい実績をあげてきており、また、プラントの設置環境、それを支える現場力および経営環境などから見ても、そうした欧米の「手法」を直接適用することは現実的ではない。

② さらに、すでに公開されている API などをベースとした保温材下腐食 (CUI) 発生可能性の推定方法 (テクニカルモジュール) による劣化現象の発生可能性の推定精度は、必ずしも十分とはいえない。発生要因や腐食加速要因の明確化についての課題も残されている。

一方、国内の実情としては、過去に作成されたガイド類が実際のプラントに反映しきれてはいない。

③ 個々の企業の現場で独自に行っている検査・解析評価・補修・更新判断は、それぞれに適切であると判断し実施されている。しかし、適切さを評価するためのデータが少なく、予測精度が十分なのかについて、どの企業でも疑問を感じてきた。また、経済的に必要最小限の投資であるかどうかの判断が難しく、汎用的な「規準」と「手法」が望まれてきた。外面腐食は、一社だけのノウハウで解決できる課題ではなく、全国津々浦々までの共通課題である。かつ経済競争のための機密情報とは言い難いから、互いに情報交換がしやすい。このことは、国内汎用化の促進材料といえる。

④ 外面腐食対策については、設計技術・材料力学・腐食原理等の各々の面から技術的な解決策が見出されているが、実務的な「保全の仕組み」としてまとめられていなかった。このため知見が一般化せず、知識が高度な技術者の範疇にとどまってしまうがちであった。

⑤ 中でも配管外面の CUI は、上記の検査費用に占める間接費用が膨大であることや種々の事例報告からも明らかなように、プラントを有する各社共通の重要課題であり、配管外面 CUI によるリスクの大きさが各社の大きな負担となっている。

リスクに応じて、適切な検査を適切な範囲や部位の優先順位を決め、かつ適切な時期に対策を実施できる技術の確立が求められている。

⑥ 高圧ガス設備以外の数多い設備においても、老朽化に伴う外面腐食対策が深刻化している。CUI 検査だけでなく、補修や更新も含めた総合的で実際的な保全の仕組みが必要である。

## ● 『外面腐食対策ガイド』作成の視点

以上の共通認識のもとに、保全現場での活用に真に有効なガイドライン作成を、次のポイントで目指した。

- ① 技術だけでなく、より経営的に説得力を持つ「保全」に立脚点を置いた外面腐食対策のガイドラインを目指す。
- ② 日本を代表するといえる参画企業のメンバーのコンセンサスを得ながらガイドラインを構築する。このことにより、「日本の標準のガイドライン」としての位置づけを目指す。
- ③ 現場に受け入れられることを主眼とし、現場で直ぐに活用できる技術標準（フォーマット類等）となるようなガイドラインを目指す。

これらを満たすために、以下の切り口から取り組むことになった。

- ① 設備を最も知っている担当者から見て「あるべき姿」を形として表す。
- ② 外面腐食を管理する大きな流れ（手順・管理サイクル）や要素技術・管理方法を明らかにする。
- ③ 最も大きな問題となっている配管外面の CUI に対し、参加企業の実際のプラントから実データを収集・解析する。これにより、配管外面 CUI の「腐食発生速度」の実用的規準と検査視点を提供する。

各社の献身的な努力により完成した『外面腐食対策ガイド』は、見事に当初の目標を満たすものとなった。

なお、活動の当初から研究会内で合意していたことは、完成したガイドラインは資料として公開するが、プラントの実データなどの個々のデータは研究会メンバーのみの共有とした。このことで、逆に各メンバーから生々しい腐食データの収集と解析が可能となったことを申し添えておく。

## ● 『外面腐食対策ガイド』の内容

本ガイドは、次の6つのパートから成っている。

### ① 本ガイドの骨子「実用的な外面腐食対策」の提案

この「骨子」は、エンジニアだけでなく経営者がぜひとも認識すべきこととして、コンパクトにまとめたものである。外面腐食対策を網羅的かつ経済的に実施するための骨子として、本ガイドの提案を受け止めていただきたい。

### ② 第1章 外面腐食管理

とくに問題となっている CUI について概説し、外面腐食の総合的な管理サイクルがどのようにあるべきかを述べた。

### ③ 第2章 外面腐食検査 計画・実行

とくに CUI に対する検査計画に対し、有効な重要度設定と検査方法を網羅した。「腐食発生速度」の実用的規準と検査視点を提供できたことが大きい。また、専門的な検査だけでなく、目視検査についても豊富な写真・図表で判定基準を例示した。〔技術資料〕も充実している。

### ④ 第3章 検査結果の評価と補修・改善・更新

検査結果を受けて、どのような考え方で対策を実施するかを具体的にまとめた。補修・改善・

更新については、豊富な写真・図解ともに、施工上の注意点まで盛り込んでいる。

#### ⑤ 第4章 設計への反映

より恒久的な対策をとる場合または設備を新設する場合、検査や補修・更新で得られた知見をどのような視点で織り込んでいくかを、豊富な図解とともにまとめた。ここでは、とくに施工上の管理も大きな視点となっている。

#### ⑥ 巻末資料

主に、CUI 検査(第2章)と補修・更新(第3章)に関連する技術的な資料を収録した。とくに、腐食速度が大きい設備は特徴を有しており、腐食が発生し対策した事例をここに数多く集めてある。

本ガイドは、この初版発行以後も定期的にフォローを行い、最新データに基づいた内容を装備することで、より適切なガイドラインの確立を継続的に行うことを考えている。

外面腐食問題に直面している、または今後直面されると思われる全てのプラントのエンジニアはもとより、設備を有する企業の経営者や多くの関係団体に有効に活用されることを望む。

2010年9月30日

「設備ユーザーのための外面腐食研究会」主査 佐藤信義 (旭化成株式会社)

---

#### 「設備ユーザーのための外面腐食研究会」委員

(会社名 50 音順)

主査 佐藤信義\* (旭化成株式会社)

委員 中原正大\* (旭化成ケミカルズ株式会社)

金子公之 (旭硝子株式会社)

永井裕久\*、郷之原豊、足立和秀 (JX 日鉱日石エネルギー株式会社)

里永憲昭 (昭和電工株式会社)

辻祥一 (新日鐵化学株式会社)

戸田勝彦\* (住友化学株式会社)

山下勝哉\*、三笥哲郎、野口秀樹、小森一夫、森山拓 (三井化学株式会社)

植村司、永溝久志、宮崎修治 (三菱化学株式会社)

\*：ガイド編集委員およびワーキンググループ長

事務局 四道広、若槻茂、樽見清蔵 (社団法人日本プラントメンテナンス協会)

# 目次（大項目）

## 本ガイドの骨子「実用的な外面腐食対策」の提案 3

1. 設備の外面「保温材下腐食（CUI）」の網羅的検出の必要性と本ガイドの特徴 4
2. 効果的な検査計画に基づく「保全サイクル」構築の提案 6
3. 配管外面 CUI「腐食発生速度」の実用的基準と検査視点の提案 7
4. 「保全サイクル」構築による検査軽減 9

## 第1章 外面腐食管理 15

1. 外面腐食対策ガイドの対象範囲 16
2. 保温材下の外面腐食とは 21
3. 外面 CUI 対策の管理サイクル 26
4. 実行の体制づくり 33

## 第2章 外面腐食検査 計画・実行 37

1. 外面腐食検査計画策定の概要 38
2. 検査計画 61
3. 検査実施 65
4. 検査記録 68
5. 履歴（データ）管理 70

6. 配管外面腐食検査計画・検査実行の参考例 72  
 [技術資料 A] 外面腐食「発生可能性」推定の考え方 79  
 [技術資料 B] 配管の保温材下外面腐食検査データ解による腐食発生要因、進行速度の調査 81  
 [技術資料 C] 目視検査のポイントと判定基準 89  
 [技術資料 D] 外面腐食の教育制度事例 96

## 第3章 検査結果の評価と補修・改善・更新 107

1. 検査結果の評価と活用 108
2. 補修・改善・更新計画（処置・対策）の立案 113
3. 補修・改善・更新の実施 118

## 第4章 設計への反映 133

1. 外面腐食を考慮した設計のポイント 134
  2. 土建 134
  3. 機器 135
  4. 断熱 140
  5. 塗装 148
  6. 設計施工管理 151
- <巻末資料> 155

---

## 本ガイドの骨子「実用的な外面腐食対策」の提案 3

---

1. 設備の外面「保温材下腐食（CUI）」の網羅的検出の必要性和本ガイドの特徴 4
  2. 効果的な検査計画に基づく「保全サイクル」構築の提案 6
  3. 配管外面 CUI「腐食発生速度」の実用的基準と検査視点の提案 7
  4. 「保全サイクル」構築による検査軽減 9
    - (1) 日常活動による情報収集 9
    - (2) 日常情報の活用：小規模な CUI 検査など 10
    - (3) CUI 要因対策による検査方式の合理化 10
    - (4) 最適な検査計画 11
- 

## 第 1 章 外面腐食管理 15

---

1. 外面腐食対策ガイドの対象範囲 16
  - 1-1 外面腐食の実態 16
  - 1-2 外面腐食対策ガイドの対象範囲 19
    - (1) 対象組織適用範囲 19
    - (2) 対象業務適用範囲 20
    - (3) 対象設備適用範囲 20
2. 保温材下の外面腐食とは 21
  - 2-1 外面腐食の分類 21
  - 2-2 保温材下腐食（CUI）の形態や発生状況の特徴 21
  - 2-3 保温材下腐食（CUI）の発生過程 22
  - 2-4 保温材下腐食（CUI）の発生要因 23
  - 2-5 CUI の進行速度 24
3. 外面 CUI 対策の管理サイクル 26
  - 3-1 外面 CUI 対策における「計画保全サイクル」の必要 26
  - 3-2 外面 CUI 対策の保全サイクル 27
    - (1) 日常の保全と設備維持・更新を含めた「計画保全サイクル」 27
    - (2) 外面 CUI 対策の保全サイクル 28
      - ①外面 CUI 検査計画・実行 28
        - (a) 検査優先順位の設定 28
        - (b) 検査対象の設定と検査計画の策定 29
        - (c) 検査の実行と評価 30
      - ②保全計画・実行 30
        - (a) 補修または更新対象の選定 30
        - (b) 補修・改善または更新計画の立案と実施 30
        - (c) 日常点検 30
      - ③保全情報管理 31
  - 3-3 外面 CUI 対策の評価と反映 31
    - (1) 外面 CUI 対策の評価 31

(2) 評価の反映	31
(3) 投資計画への反映	31
(4) 設計基準（新設含む）への反映	32
<b>4. 実行の体制づくり</b>	<b>33</b>
<b>4-1 体制づくりに考慮すべき組織機能</b>	<b>33</b>
(1) 事業所トップのリーダーシップ	33
(2) 製造・保全が一体となって推進する体制の確立	33
(3) 適切な検査状況フォローアップの仕組みの確立	33

## 第2章 外面腐食検査 計画・実行

37

<b>1. 外面腐食検査計画策定の概要</b>	<b>38</b>
<b>1-1 外面腐食管理とは</b>	<b>38</b>
<b>1-2 法規制による機器・配管の点検について</b>	<b>38</b>
(1) 高圧ガス保安法	38
(2) 労働安全衛生法	39
(3) 消防法	40
(4) 毒劇物法	40
<b>1-3 検査方法と優先順位の選択</b>	<b>40</b>
(1) 外面腐食の現状と課題	40
(2) 重要度評価	41
(3) リスク評価	42
(4) 重要度評価とリスク評価の比較	45
(5) 検査優先順位の評価手法や検査管理方法を決める考え方	46
<b>1-4 管理方法</b>	<b>46</b>
<b>1-5 個別機器および配管の検査範囲</b>	<b>46</b>
<b>1-6 検査部位</b>	<b>48</b>
(1) 外面腐食の発生し易い箇所	48
<b>1-7 目視検査による CUI 検査範囲・部位の絞込み</b>	<b>55</b>
(1) 目視検査実施者の選定	55
(2) 目視検査の選定	57
(3) 目視検査のポイント	57
(4) 目視検査実施者の育成	58
<b>1-8 台帳作成</b>	<b>58</b>
(1) 機器台帳作成	58
① 機器番号	58
② 機器仕様と使用条件	58
③ 機器図	59
(2) 配管台帳作成	59
① 配管番号	59
② 配管仕様と使用条件	59
③ 配管図	60



# 目次（詳細）

<b>2. 検査計画</b>	<b>61</b>
2-1 検査計画策定	61
2-2 検査周期（次回検査時期）の決定	61
(1) 検査記録の反映	61
(2) 星取り表などによる中長期スケジューリングによる方法	61
(3) 配管検査データ解析による腐食発生要因、進行速度の調査結果による提案	61
2-3 検査工事計画	63
(1) コスト	63
(2) 効果	63
(3) 規模、広さ	63
(4) 検査方法	64
(a) ガイド波による検査	64
(b) 低周波電磁誘導法	64
(c) パルス渦流法	64
(d) ラックスルー	64
(e) イメージングプレート法	65
<b>3. 検査実施</b>	<b>65</b>
3-1 検査（点検）種類と周期	65
(1) 検査（点検）種類	65
(2) 周期	65
3-2 官庁手続き	65
3-3 検査作業	65
(1) 準備	65
(2) 作業指示	66
(3) 監視	66
(4) 検査（実施方法のみ）	66
① 目視検査	66
② 非破壊検査	66
(5) 異常発見時の連絡、処置	67
(6) 検査後のケレン、塗装、保温材の復旧	67
3-4 検査終了時の処置	67
(1) 検査結果報告	67
(2) 現場の安全確認	67
3-5 引渡し	67
<b>4. 検査記録</b>	<b>68</b>
4-1 保温下機器、配管の記録	68
4-2 裸機器、配管の記録	68
4-3 工事検査記録の登録	69
(1) 機器	69
(2) 配管	69
<b>5. 履歴（データ）管理</b>	<b>70</b>
5-1 データ管理	70
5-2 データの活用	71
(1) データの活用	71

(2) データの開示	71	
5-3 データの保管期間	71	
<b>6. 配管外面腐食検査計画・検査実行の参考例</b>	<b>72</b>	
6-1 検査優先順位に基づく検査計画・検査実行	72	
(1) 結果影響度の評価	72	
(2) 発生可能性の推定	73	
(3) リスク評価および対応	73	
6-2 リスク評価と異なる検査優先順位の選定および検査計画・検査実行	75	
<b>〔技術資料〕</b>	<b>79</b>	
〔技術資料 A〕 外面腐食「発生可能性」推定の考え方	79	
〔技術資料 B〕 配管の保温材下外面腐食検査データ解析による腐食発生要因、進行速度の調査	81	
1. 検査データ解析による腐食発生要因、進行速度の調査	81	
2. 各社検査データの解析結果	81	
2-1 腐食速度	82	
2-2 温度（運転温度・管表面温度）	82	
2-3 トレースの有無	82	
2-4 保温材種類	82	
2-5 その他の項目	82	
3. 各社検査データの調査結果纏め	83	
3-1 腐食速度	83	
3-2 温度（運転温度・管表面温度）	83	
3-3 トレースの有無	83	
3-4 保温材種類	83	
3-5 実プラントデータ解析と結果の活用	84	
3-6 検査時期による腐食分布の違いについて	84	
〔考察〕	87	
3-7 CUI の検査の実情に関して	87	
4. 配管外面 CUI 腐食速度の大きい事例の整理	87	
〔技術資料 C〕 目視検査のポイントと判定基準 ①～⑦	89～95	
〔技術資料 D〕 外面腐食の教育制度事例	96	
1. 外面腐食管理手法について	96	
2. 『外面腐食診断士制度』について	96	
3. 外面腐食診断士の役割分担と管理方法	98	
①プラント全体管理	98	
②ブロック管理	98	
③ライン管理	98	
4. 外面腐食診断士教育の内容	99	
(1) 2級外面腐食診断士	99	
(2) 1級外面腐食診断士	99	
(3) 外面腐食診断士（更新講習）	100	
5. 『外面腐食診断士制度』導入の効果	101	
6. 制度を継続するための課題	103	

**第3章 検査結果の評価と補修・改善・更新**

**107**

<b>1. 検査結果の評価と活用</b>	<b>108</b>
1-1 短期的対応	108
(1) 最小肉厚評価	108
(2) 補修・更新方法の検討	110
(3) CUI 再発防止策	110
1-2 長期的対応	111
(1) 機器、配管の仕様	111
(2) 運転条件	111
(3) 設備管理履歴	111
(4) 補修、防食対策、更新	112
<b>2. 補修・改善・更新計画（処置・対策）の立案</b>	<b>113</b>
2-1 補修計画	113
(1) 補修時期検討	113
① 緊急で補修を実施する	113
② 計画的に補修を実施する	113
③ 定修時等に補修を実施する	113
(2) 補修方法検討	113
① 応急的な補修	113
② 延命的な補修	114
③ 恒久的な補修・更新	114
(3) 官庁申請要否等の検討	115
2-2 補修のリスクアセスメント	115
2-3 投資効果	115
2-4 補修・更新・改善計画の策定	116
<b>3. 補修・改善・更新の実施</b>	<b>118</b>
3-1 補修	118
(1) 応急的な補修	118
① 樹脂補強材塗布	118
② バンド補強	118
(a) ゴムバンド	118
(b) 鋼製バンド	119
(c) 大口径バンド	119
③ 充填材注入	119
④ 特殊技術	119
(a) 充填材注入（補修業者による施工）	119
(b) ホットタップ	120
(c) 不断水工法	120
(2) 延命的な補修	120
① 塗装	120
② 防食テープ、ライニング	121

(a) ペトロラタム系防食テープ	121
(b) アスファルトジュート巻き	121
(c) 樹脂防食テープ	121
(d) ライニング	121
③メッキ、アルマー加工	121
④溶射	122
⑤溶接・肉盛り	122
⑥部分更新	122
(3) 恒久的な補修・更新	122
①材質変更	123
②補修、更新範囲	123
<b>3-2 改善</b>	<b>123</b>
(1) 再発防止対策の検討	123
①防食対策	124
②保温、保冷材	124
(a) 保温、保冷材の選定	125
(b) 保温、保冷材の厚み	125
③保温材外装施工、雨水浸入・滞留対策	125
(2) 原因の排除	127
①環境条件の排除	127
②不要な断熱材の撤去	128
(3) 防食対策の施工	128
①工事施工要領・仕様の確認	128
②工事施工管理・竣工確認	128
③施工会社の管理	129

## 第4章 設計への反映

133

### 1. 外面腐食を考慮した設計のポイント 134

### 2. 土建 134

- (1) 鉄骨架構 134
  - ①床 134
  - ②手すり 134
  - ③鋼材・柱 134

### 3. 機器 135

- (1) 静止機器（塔・槽・貯槽・熱交換器等） 135
  - ①本体 135
  - ②マンホール／ノズル 137
  - ③ステージ／配管サポート 137
- (2) 動機器（ポンプ・ファン・プロア・圧縮機等） 137
  - ①本体 137
  - ②軸封部 137
  - ③ベッド 137

# 目次（詳細）

(3) 配管	138
①一般事項	138
②水平配管	138
③垂直配管	138
④床、壁貫通部	138
<b>4. 断熱</b>	<b>140</b>
(1) CUI 防止対策の検討	140
①断熱施工を考慮した構造	140
②保温、保冷材	141
(a) 保温、保冷材の選定	141
(b) 保温、保冷材の厚み	141
③保温材外装施工、雨水浸入・滞留対策	142
(2) 断熱施工	143
<b>5. 塗装</b>	<b>148</b>
①塗料の特性	148
(a) 錆止め塗料	148
(b) 無機ジンクリッチ系塗料	148
(c) エポキシ系塗料	148
(d) 塩化ゴム系塗料、ウレタン樹脂塗料	149
(e) フッ素樹脂、アクリルシリコン系	149
(f) 耐熱塗料	149
(g) 耐熱性フェノール変性エポキシ樹脂塗料	149
②塗料の選定	150
③塗装仕様	150
<b>6. 設計施工管理</b>	<b>151</b>
(1) 基本計画	151
① CUI 対策の施工ランク	152
② CUI 対策範囲	152
(2) 計画・設計	153
(3) 施工管理	153
(4) 職種間の調整、確認	154
(5) 竣工確認	154

## <巻末資料>

155

<巻末資料> 2-1	実データ調査票／調査項目・前提条件	156
<巻末資料> 2-1	調査時の外面腐食点検現場確認記入要領	158
<巻末資料> 2-2	各社データ抽出条件・補足事項	159
<巻末資料> 2-3	データ分析結果 (a)	160
<巻末資料> 2-3	データ分析結果 (b)	161
<巻末資料> 2-3	データ分析結果 (c)	162
<巻末資料> 2-3	データ分析結果 (d)	163
<巻末資料> 2-3	データ分析結果 (e)	164
<巻末資料> 2-3	データ分析結果 (f)	165
<巻末資料> 2-4	腐食速度の大きい事例の特徴 (0.2 mm/年以上)	166
<巻末資料> 2-4	腐食速度の大きい事例の特徴 (0.2 mm/年以上)	168
<巻末資料> 2-4	腐食速度の大きい事例の特徴 (0.2 mm/年以上)	170
<巻末資料> 2-5	外面腐食検査に関する事例	171
事例 1	ガス入口小径管外面腐食	172
事例 2	保温板金上部合わせ部からの雨水浸入による配管腐食発生	173
事例 3	構造物との近接 (交差) により保温板金の切込部から雨水が浸入	174
事例 4	バイパスライン、間欠ライン等の通常流れのない部位での外面腐食	175
事例 5	断熱ズレによる外面腐食	176
事例 6	外装劣化による腐食	177
事例 7	ガス配管 (保温あり、サポート接触) 腐食貫通	178
事例 8	雑草接触による配管外面腐食	179
事例 9	保温板金継目部からの雨水等の浸入による腐食発生	180
事例 10	保温板金継目部からの雨水の浸入および滞留による腐食発生 (リスト外)	181
事例 11	海水飛まつ断熱材外面付着・進入による腐食促進	182
事例 12	運転温度による凍結・湿潤繰り返しによる腐食促進	183
<巻末資料> 2-6	機器台帳フォーム (例)	184
<巻末資料> 2-6	配管台帳フォーム (例)	185
<巻末資料> 3-1	補修・更新に関する事例	186
事例 1	配管の異種金属接触部の腐食	186
事例 2	蒸留塔の保温リング部外面腐食	187
事例 3	配管交差部外装板金開口部付近の外面腐食	188
事例 4	搭立上がり配管下部断熱下外面腐食	189
事例 5	配管ヘッダー弁上の断熱下外面腐食	190
事例 6	アルマー加工配管 CUI	191
<巻末資料> 3-2		192
解説 1	ホットタップ施工方法	192
解説 2	溶射施工方法	192
解説 3	溶接肉盛り補修手順	193
参考文献		194

# 外面腐食対策ガイド

## 本ガイドの骨子

### 「実用的な外面腐食対策」 の提案

# 本ガイドの骨子

## 「実用的な外面腐食対策」の提案

1. 設備の外面「保温材下腐食（CUI）」の網羅的検出の必要性と本ガイドの特徴
2. 効果的な検査計画に基づく「保全サイクル」構築の提案
3. 配管外面 CUI「腐食発生速度」の実用的基準と検査視点の提案
4. 「保全サイクル」構築による検査軽減



# 本ガイドの骨子

## 「実用的な外面腐食対策」の提案

### 1. 設備の外面「保温材下腐食 (CUI)」の網羅的検出の必要性と本ガイドの特徴

国内のコンビナート等多くの化学プラントは、設置以来 35～40 年以上経過しているものも少なくない。機器および配管外面の「保温材下腐食 (CUI)」においては、劣化部と健全部の非破壊的な分別が容易でないために対応が長期的に遅れた結果、腐食減肉していることが予想され、抜本的な対応が必要な時期にきていると考えられる。

こうした経年劣化が懸念されるプラントや設備への対応として、必要に応じた対応を網羅的にとる方法論が重要であり、これに必要なのは損傷・劣化現象の網羅的な抽出を含む対応可能な合理的な評価である。

#### 設備の外面「保温材下腐食 (CUI)」の特徴と対応の課題

炭素鋼や低合金鋼製の機器や配管等の装置外面の保温材下で、発生する「保温材下腐食 (Corrosion Under Insulation、以下 CUI と略す)」は、以下の特長を有する。

- a. CUI が進行すると、腐食貫通による「漏洩」や肉厚が限界肉厚に達した時点で「破壊」が**寿命現象**として顕在化する。
- b. 設備 (機器、配管) の使用期間が長くなるほど顕在化可能性の高い現象である。その腐食進行速度は、後述のように**統計的分布**を示し、**機器では最大 1mm / 年程度**とされており、**配管では今回の調査で最大 0.5mm / 年程度**であることが明らかになった。
- c. CUI の発生可能性のある対象設備は、プロセス型のプラントでは膨大となる場合が多い。また CUI の発生や進行程度を、保温材を取り除かな

いで評価する信頼性が高くかつ経済的な非破壊検査方法はない。このため、部分的もしくは全面的に保温材を取り除いての検査が一般的であり、その場合に足場の設置、保温材の着脱、装置外表面の塗装など、多大な費用が必要となる。以上より、使用期間が長期間 (一般に 20 年以上) に至るプラントにおいては、安全で安定的な運転を維持するために、CUI への検査計画の策定やその実施、対応は重要な課題である。

特に、CUI の検査を行う必要性のある機器や配管の「**優先順位付け**」、全面的保温材を取り除いての検査を行うか部分的にそれを行うか「**検査方法の選択**」や、それらの「**検査時期**」および「**補修要否と方法**」が、設備の信頼性を限られた予算の中で合理的に判断されることが重要であり、本ガイドではそれらについての実用的な指針を示した。

すなわち、高経年設備のための保全の方法論は、劣化の可能性を網羅的に検討することであり、適切な保全サイクルで管理されていれば安全である。劣化の可能性のあるものについては、定量的な検証を行う必要がある。

多くの事業所では、CUI 検査の計画的実施が必要であると認識している。しかし現状は、網羅的かつ効果的に対策が実施できているとは言い切れない。

こうした課題を、外面 CUI 対策を中心としたフローとともに示したものが、図-1 である。

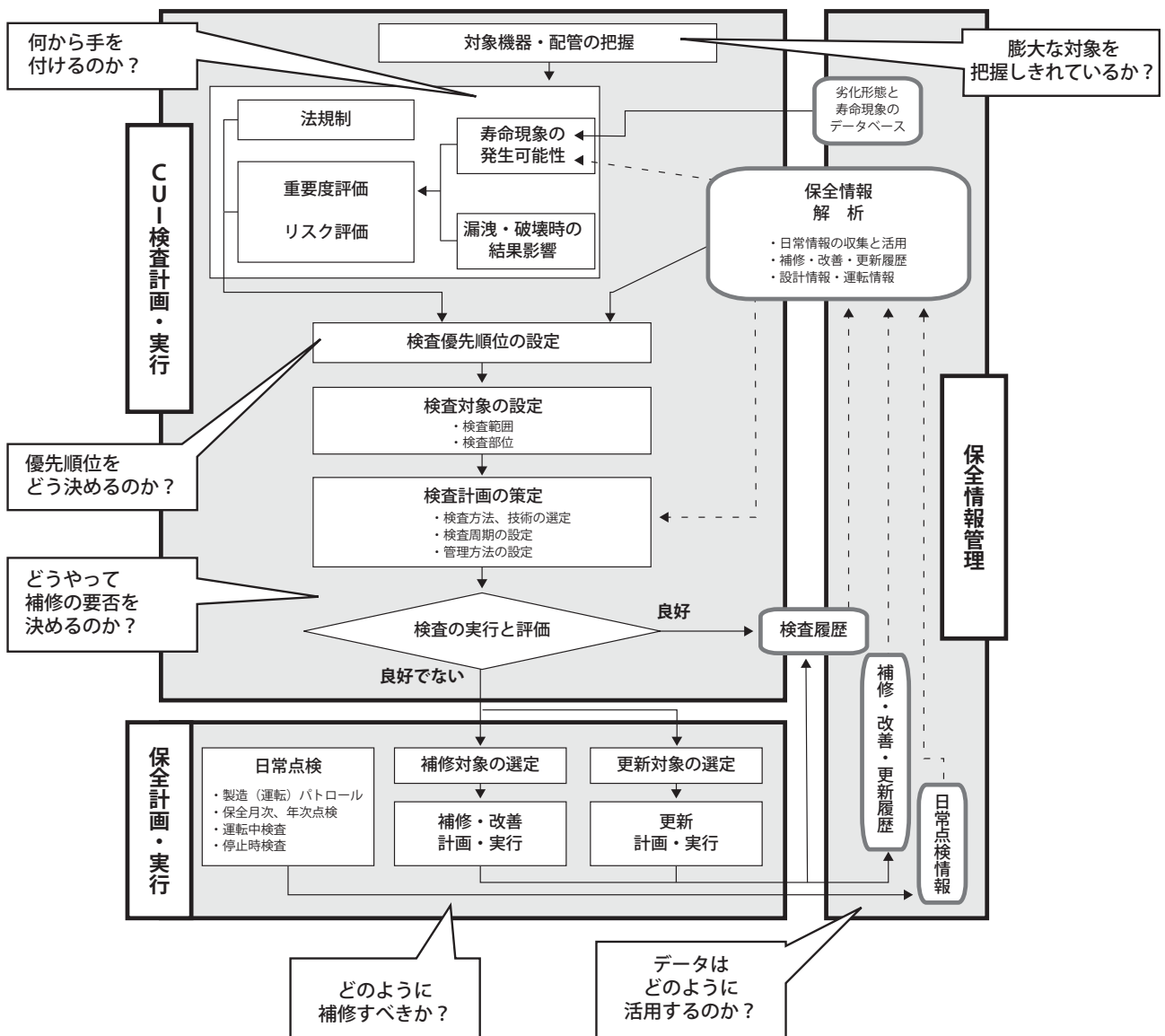


図-1 外面腐食対策のフロー(例)と課題

## 2. 効果的な検査計画に基づく「保全サイクル」構築の提案

CUI対策は網羅的に遂行されなくてはならないが、仮に大型予算を以って一時的にすべての被覆を剥いで検査をしたと仮定しても、それだけでCUIの損傷リスクがゼロになるわけではない。

腐食が懸念される部位に対しては効果的に検査を行い、補修・改善および更新を含む継続的な計画を立案・実施することがより实际的で妥当といえる。

そこで、CUI対策としての「保全サイクル」全体を以下のようなポイントで構築する必要がある。

- a. 従来 CUI 対策は、技術情報の整備が十分でなかったため、検査計画のみを偏重する傾向があった
- b. しかし、「補修・改善」「塗装」「更新」などの適用によって、その後の検査体制を含めた全体の保全計画は大きく異なる。当然、費用計画も異なってくる
- c. したがって、効果的な検査計画を主体として、CUI対策としての「保全サイクル」全体を構築する必要がある
- d. さらに、「保全サイクル」全体の構築がより合理的な検査計画の策定に結びつき“正のスパイラルアップ”が働くようになる

本ガイド本編では、外面腐食対策の管理サイクルすべての課題について、設備ユーザーとしての検査データや実績に基づいた管理のための指針をまとめている。

また、検査だけではなく、現場で行う「補修・改善」および「更新・新設」といった対応策に関する技術情報を充実させていることも特長である。CUI対策を、すべての保全領域からまとめた初の試みであり、また技術的かつ経済的に満足できる、すなわち実用的なガイドとなったことを自負している。

次項から、本ガイドの要点となる部分を提案する。

### 3. 配管外面 CUI「腐食発生速度」の実用的基準と検査視点の提案

図-1 に示したように、CUI により漏洩や破壊等の寿命となる現象が生じた場合の「結果影響度」と、それらの現象の「発生可能性」をそれぞれの確に評価し、それを総合して検査優先順位を決めることが重要である。

「結果影響度」の評価は、「重要度」や爆発火災、経済性等の側面から、可能な限り定量的な評価が必要である。

CUI による漏洩や破壊等の寿命現象の「発生可能性」に関しては、これまで保温材外装板の目視検査と部分的に保温材を剥離しての検査の結果から、定性的に評価する方法が行われてきた。しかし、これらの情報も活かしつつ、外面腐食の実際のデータに基づいた定量的で汎用性の高い「発生可能性」の評価方法が必要ではないかと考えられた。

そこで、的確で実行可能な検査計画を策定するために、CUI による寿命現象の「発生の可能性」を評価するための「実用的な基準」を探るた

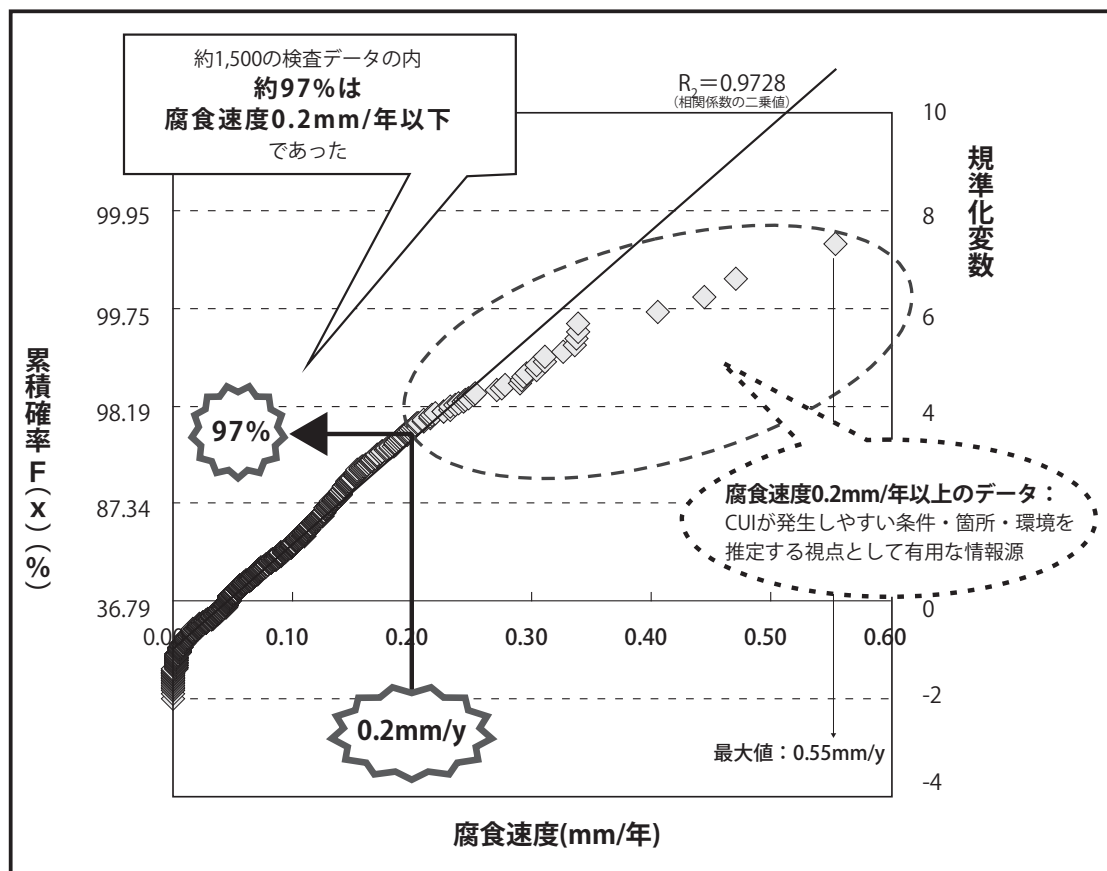


図-2 腐食速度の解析データ

め、本研究会に参加している設備ユーザーの実際のデータを解析することにした。

6社8事業所から、配管のCUI検査データ約1500を収集し解析を行った(図-2)。

ここでは、解析結果の重要なポイントを記すこととする。

このデータは、最大値の二重指数分布(極値)としてプロットした結果である。詳細な分析過程は本文に譲るが、ここでは以下の2点に注目したい。

① 配管のCUI検査データ腐食速度の最大値は0.55mm/年、腐食速度0.2mm/年は、累積確率の約97%に該当する

② 集約データの内、0.2mm/年を超えるものは約40点であった。これらは、実際にCUIが発生しやすい部位の情報として提供できる

**これら実検査結果から求めたデータから、以下のような提案を行いたい。**

1) 解析結果によれば、約97%のCUIは年腐食速度0.2mm/年以下であるから、この値に基づき、使用配管の口径(肉厚)と必要肉厚から検査する範囲を絞り込むことが可能である。一方で、CUIにより漏れ等が生じた場合の結果影響度が著しく大きい配管は、基準値を最大腐食速度である0.55mm/年を適用することも考えられる。

これから配管CUI管理、検査を始める事業者においては、自社の検査データの蓄積と解析を実施する前に、上記データを採用し、優先順位を設定にすることは、非常に有効であると考えられる。

2) 一方、調査結果において、0.2mm/年以上の腐食速度を示す部位が存在しており、これらは、腐食し易い“特異点”である。こうした腐食速度の大きい事例についても、事例ごとに情報収集\*した。これらには、図-3に示すように特徴的な結果も見られ、CUIが発生しやすい条件・箇所・環境を推定する視点として有用な情報源と考える。

\*これらのうち、典型的ないくつかの例を<巻末資料>に収録した。重点点検箇所の選定に資するとともに、目視を含めた点検実施者の教育資料としても活用されることを期待する

以上の情報により、経済的にも的確な検査方法を選択できる。その検査結果を受けて、効果的な保全・更新計画の策定が可能となるのである。

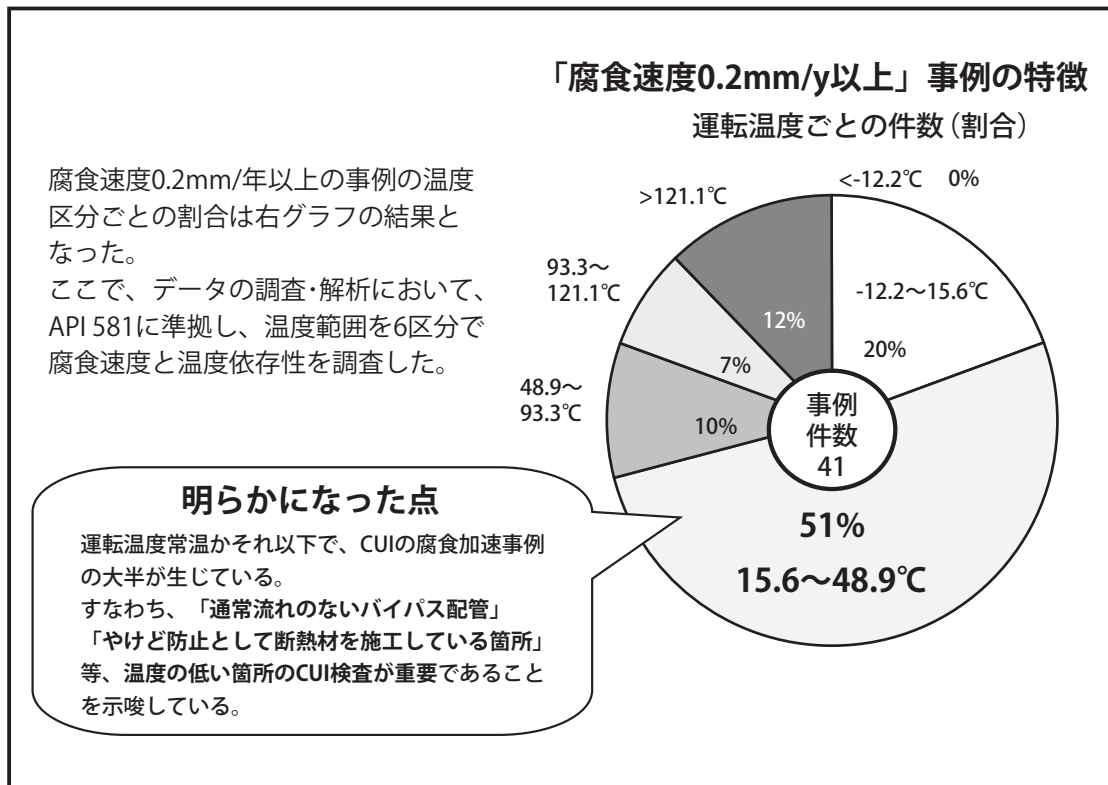


図-3 腐食速度の大きい事例の特徴 (例)

## 4. 「保全サイクル」構築による検査軽減

2. に示したように、「保全サイクル」全体の構築がより合理的な検査に結びつき“正のスパイラルアップ”が働くようになる。

具体的には、検査計画を主な流れとして実施される検査サイクルの他に、日常的に得られる情報の他 CUI 検査の結果実施された補修・防食対策や CUI の原因を排除することにより、検査計画を大幅に軽減化することも可能となる。

ここでは、「保全サイクル」構築による検査軽減のモデルを示す (図-4)。

### (1) 日常活動による情報収集

- ① 製造部門の現場巡回パトロールや運転操作時に保温材の外観の異常状態を発見し、これらが報告される。ただしこの場合、CUIにつながる保温材外観の異常状態や損傷が懸念される部位等に関する教育等\*が必要となる

\*本ガイドでは、「外面腐食診断士」事例や外観検査を行うポイント集を収録した

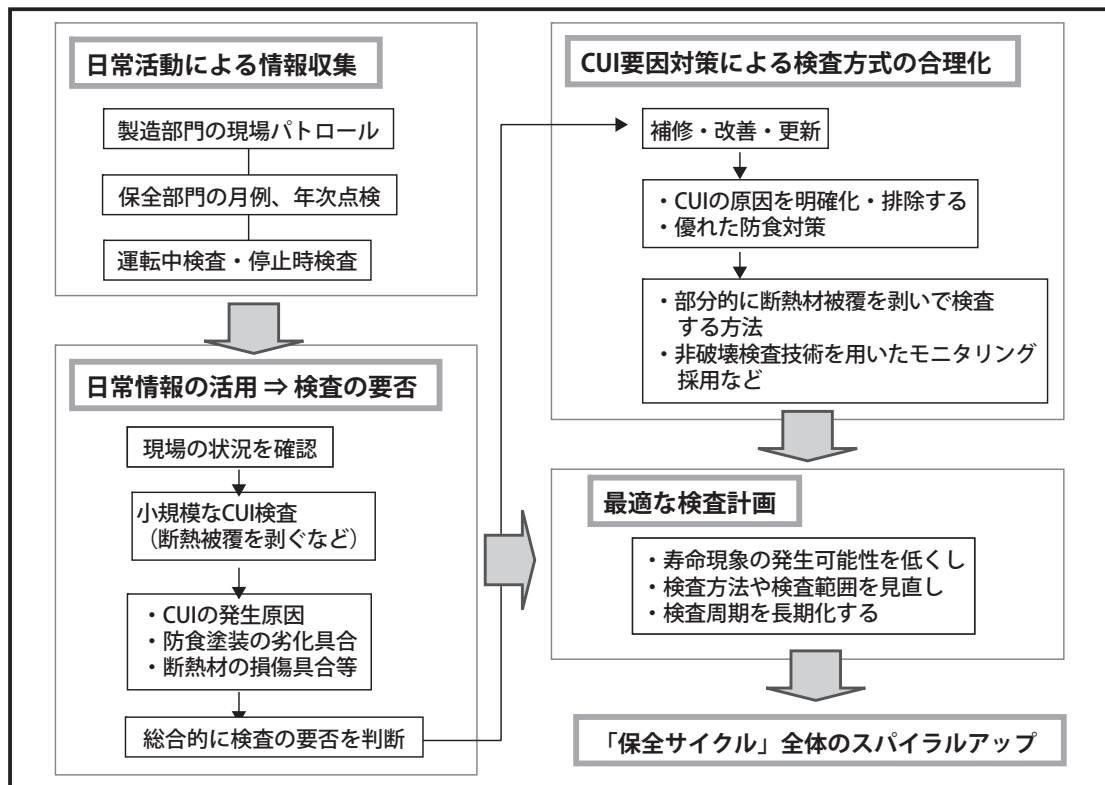


図-4 「保全サイクル」構築による検査軽減のモデル

- ② 保全部門で実施される月例、年次点検では、保温材の外観目視等による定期的な点検により、断熱被覆された機器や配管の外装材の損傷やシール不良等の CUI が懸念される部位を発見し、これらが報告される
- ③ 機器や配管の定期的な運転中検査や停止時検査等で検査部位や開放のため断熱被覆を部分的に剥ぐなどした時に、CUI や CUI が懸念される部位を発見し、これらが報告される

## (2) 日常情報の活用：小規模な CUI 検査など

日常活動によって報告された部位については、現場の状況を確認して断熱被覆を剥ぐなどして小規模な CUI 検査を実施する。

その際、CUI の発生原因や防食塗装の劣化具合、断熱材の損傷具合等から総合的に判断して、さらに範囲を広げて検査の要否を判断する。

## (3) CUI 要因対策による検査方式の合理化

CUI 検査結果により実施される補修や更新の際には、ただ単に現状復旧とするのでは検査の合理化を実現することはできない。

CUI の原因を明確にしてそれらを排除すると同時に、優れた防食対策

や環境の改善を実施することが重要であり、これらにより次のような検査の合理化を実現することが可能となる。

- ①「検査計画」では、全面的に断熱材被覆を剥がして検査する計画としていた装置について、部分的に剥がして検査し継続的な監視とすることが可能となる
- ②放射線検査の他新しい検査技術を用いたモニタリングとすることも可能となる

#### (4) 最適な検査計画

このように、日常の保全で繰り返される外観検査や保温を一部剥がしての検査結果の他に、補修・更新の際に実施した防食対策や設備・環境の改善策を実施することで、

- ①寿命現象の発生可能性を低くすることができ、CUI 検査周期を長期化することが可能となる
- ②検査方法や検査範囲を見直すことができ、CUI 検査に必要なコストを縮小することが可能となる
- ③検査周期を長期化する等の最適な検査計画が策定できる

これらの防食対策や設備・環境の改善は、設計部門へもフィードバックされ、これらの対策が設備の新設や増設の際に装置の構造や防食対策に反映される。このことで、建設初期から設備全体の検査周期を長期化または検査範囲を縮小することによって、CUI 検査コストの大幅な削減に貢献することが可能となる。

これらから、さらに合理的な CUI 対策としての保全サイクル全体を構築することが可能となるといえる。



## 外面腐食対策ガイド

MOSMS®

---

2010年10月22日 初版第1刷発行

---

編著者 社団法人日本プラントメンテナンス協会  
「設備ユーザーのための外面腐食研究会」 編著  
©社団法人日本プラントメンテナンス協会

発行者 秋本武則

発行所 社団法人日本プラントメンテナンス協会  
〒108-0074 東京都港区高輪3-26-33 品川ビル  
電話 03-6409-2703  
URL : <http://www.jipm.or.jp/>

---

印刷所 有限会社祐光  
〒104-0041 東京都中央区新富1-16-8  
新富町営和ビル3階  
TEL:03-3551-3867

**無断複製・複写を禁じる**

100