

— 目次（大項目） —

第1章 「配管外面付属物による腐食」 の管理	3	第3章 検査結果の評価と補修方法・ 防食対策	79
1. 外面付属物による腐食管理の対象範囲	4	1. 検査の評価	80
2. 「配管外面付属物による腐食」とは	9	2. 原因の調査と余寿命評価	84
3. 「配管外面付属物による腐食」発生の原因と問題点	13	3. 補修・改善・更新計画（処置・対策）の立案	90
4. 検査と対策	17	4. 補修・改善・更新の実施	93
5. 外面腐食検査サイクルの概要	20	5. 次回検査計画に落とし込み・反映	99
		6. 補修における留意点	103
第2章 検査の計画と実行	27	第4章 設計・建設時の防食対策	111
1. 検査の計画と実行について	28	1. 設計・建設時に配慮する外面腐食対策	112
2. 検査管理方法の選択	28	2. 塗装、防食対策の選択	116
3. 検査計画策定	33	3. 施工管理	118
4. 検査の実施	59		
5. 検査実行の体制	68	<巻末資料>	121
6. 安全対策	69	<巻末資料>－1：外面腐食が発生し易い箇所 「見落としに注意！」	122
7. 検査報告書と検査完了の対応	72	<巻末資料>－2：配管付属物腐食の対策事例集	137

第1章 「配管外面付属物による腐食」の管理

3

1. 外面付属物による腐食管理の対象範囲	4
(1) 外面腐食の実態	4
① 経営における「安全・保安」の位置づけ	4
② 「配管外面付属物による腐食」対策の必要性	6
(2) 「配管外面付属物による腐食」の対象範囲	7
① 対象組織の適用範囲	8
② 対象業務の適用範囲	8
③ 対象設備の適用範囲	8
2. 「配管外面付属物による腐食」とは	9
(1) 腐食の形態	9
(2) 腐食の原因	9
(3) 腐食環境	10
(4) 外面付属物による腐食の分類	11
① すき間に水分が滞留して外面腐食が発生するもの	11
② サポート、当て板等が溶接等により取り付けされたもの	11
③ 周囲の環境により、常時もしくは長い時間湿潤な環境に暴露されているもの	12
3. 「配管外面付属物による腐食」発生の原因と問題点	13
(1) 構造・施工の問題点	13
① 防食塗装の浸透性とすき間	13
② 配管工事施工手順の問題	14
③ ダミーサポート、当て板の構造的な問題	15
(2) 検査、対策実施の問題点	16
① 検査実施の問題点	16
② 対策実施の問題点	16
4. 検査と対策	17
(1) 外面腐食検査計画	17
① プラントの稼働中に配管を吊り上げて検査する場合	17
② プラント停止中に配管を吊り上げて検査する場合	18
③ 配管のラック接触部検査実施例	18
(2) 外面腐食対策の実行評価と反映	19
(3) 防食対策の実施	19
5. 外面腐食検査サイクルの概要	20
(1) 計画保全サイクル	20
(2) 外面腐食対策の保全サイクル	21
(3) 外面腐食検査の計画・実行	21
① 検査優先順位の設定	21
② 検査対象の設定と検査計画の策定	21
③ 検査の実行と評価	22
(4) 保全計画・実行	23
① 補修方法	23

② 日常点検	23
③ TPM 活動等の現場活動	23
(5) 保全情報管理	23

第 2 章 検査の計画と実行

27

1. 検査の計画と実行について 28

2. 検査管理方法の選択 28

(1) 検査対象箇所の管理方法	29
① スプール図による管理	29
② P & Iによる管理	29
③ エリア・ブロック管理	30
④ リスト管理	30
⑤ その他リストや設備管理システムによる管理	31
(2) 管理資料の作成	31
① ラインリスト	31
② 管理台帳	31
③ P & I・EFD	32
④ 配管図	32
⑤ スプール図	32

3. 検査計画策定 33

(1) 検査、現場環境と課題	33
① 目視検査判定の限界	33
② 非破壊検査による測定値の信頼性が低い	33
③ 高所・狭所条件	33
④ 多数異径の配管が隣接するなど接近検査の困難性	36
⑤ 検査期間の制約	36
(2) 優先順位付け	36
① 材質	36
② 外観点検	37
③ 法規制	37
④ 重要度評価	37
(a) プロセス特性と安全性	37
(b) トラブルの影響度	37
⑤ リスク評価	38
(a) 寿命現象の発生可能性	39
(b) 寿命現象が生じた場合の結果影響	39
(c) リスクの求め方	39
(3) 検査部位・範囲	39
① 外面腐食が発生し易い箇所	39
(a) Uバンド下部およびサポート接触部	40
(b) 防食被覆劣化部	41
(c) ハンガーサポート部（吊りサポート）	42

目次（詳細）

(d) サポート・スリーブと配管の接触部	42
(e) ダミーサポート部（エンドプレートなし）	42
(f) ダミーサポート部（エンドプレートあり）	42
(g) ダミーサポート部（縦形サポート）	43
② 検査範囲	43
(4) 検査手順	44
① 目視検査	44
(a) 直接目視検査	46
(b) 近接目視検査	46
(c) 遠方目視検査	48
② 非破壊検査	51
(a) 超音波法	51
(b) 放射線法	53
(5) 附帯工事の計画	56
① 足場仮設	56
② 配管吊上げとその後の作業	56
(6) CUI 検査、塗装工事と同時に架台・ラック接触部検査計画をする場合	57
(7) コスト算出	57
① 検査費	57
② 材料費	57
③ 工事費	58
④ 塗装費	58
⑤ 養生・足場費	58
⑥ 工事管理費・諸経費	58
4. 検査の実施	59
(1) 検査手順の確認	59
① 対象範囲	59
② スケジュール	59
③ 工事内容・手順	59
④ 工事組織	60
⑤ 資材	60
⑥ 資格、技術者	60
⑦ 報告	60
⑧ リスク評価	60
⑨ 安全教育	61
⑩ 検収	61
(2) 足場、吊上げヤグラ（荷又）	61
① 足場仮設	61
② 吊り上げ用仮設ヤグラ（荷又）	62
③ 吊上げ用門型	63
(3) 近接目視検査	63
(4) 配管吊上げ作業	64
① 事前準備	64
② 配管の吊上げ要領	65

(5) 直接目視検査	66
① 配管の情報	66
② 腐食の状態	66
(6) 検査後処理	66
① 腐食がないまたは軽微な腐食の場合	66
② 腐食が大きいまたは損傷が確認された場合	67
(7) 配管の吊おろし	67
① 道工具の点検	67
② 基本動作	67
③ 複数作業者間の連絡・合図の徹底	67
5. 検査実行の体制	68
(1) 運転管理部門	68
(2) 設備管理部門	68
(3) 協力会社	68
6. 安全対策	69
(1) 事前確認	69
(2) 安全教育	69
(3) 作業ミーティング	69
(4) 高所作業	69
(5) 重機作業	70
(6) 被液	70
(7) 挟まれ	70
(8) 作業中の環境変化	70
① 設備の破損	70
② 既存設備の破損	71
(9) 異常時の連絡、処置	71
7. 検査報告書と検査完了の対応	72
(1) 検査報告書	72
① 検査速報	72
② 検査報告書	72
(a) 検査対象範囲	72
(b) 検査機関	72
(c) 検査項目	72
(d) 検査結果	72
(2) 検査報告書の提出	75
(3) 工事竣工	75

第3章 検査結果の評価と補修方法・防食対策

79

1. 検査の評価 80

1-1 短期的評価	80
(1) 最小肉厚評価	81
(2) 補修・更新方法の検討	82

目次（詳細）

(3) 外面腐食再発防止策	83
1-2 長期的対応	83
(1) 機器、配管の仕様	83
(2) 運転条件	83
(3) 設備管理履歴	83
(4) 補修、防食対策、更新	84
2. 原因の調査と余寿命評価	84
(1) 腐食原因の調査	84
① 使用条件	84
② 建設時の構造不良	84
(a) ダミーサポート・トラニオンサポート（端面が開放した構造）	85
(b) ダミー・トラニオンサポート（端部が塞がれた構造）	85
③ 架台接触部	86
④ 施工不良	87
(a) 架台接触部	87
(b) 防食テープ	87
⑤ 経年劣化	87
(2) 寿命評価	88
① 腐食速度の算出	88
② 管理基準や MAT *算出	88
(3) 拡大検査	89
(4) 検査周期設定	89
3. 補修・改善・更新計画（処置・対策）の立案	90
3-1 補修計画	90
(1) 補修時期の検討	90
① 緊急で補修を実施する	90
② 計画的に補修を実施する	90
③ 定修時等に補修を実施する	90
(2) 補修方法の検討	90
① 応急的な補修	90
② 延命的な補修	91
③ 恒久的な補修・更新	91
(3) 官庁申請要否等の検討	92
3-2 補修のリスクアセスメント	92
3-3 投資効果	93
4. 補修・改善・更新の実施	93
(1) 応急的な補修	93
① 樹脂補強材の塗布	93
② バンド補強	94
(a) ゴムバンド	94
(b) 鋼製バンド	94
(c) 大口径バンド	94

③ 充填材注入	94
④ 特殊技術	95
(a) 充填材注入（補修業者による施工）	95
(b) ホットタップ	95
(c) 不断水工法	95
(2) 延命的な補修	96
① 塗装	96
② 防食テープ、ライニング	96
(a) ペトロラタム系防食テープ	96
(b) アスファルトジュート巻き	96
(c) 樹脂防食テープ	97
(d) ライニング	97
③ メッキ、アルマー加工	97
④ 溶射	97
⑤ 溶接・肉盛り	97
⑥ 部分更新	98
(3) 恒久的な補修・更新	98
① 材質変更	98
② 補修、更新範囲	99
5. 次回検査計画に落とし込み・反映	99
(1) 電子ソフト（コンピューターやパソコン）による管理システム	99
① 保全情報管理システム	99
② 外面腐食管理システム	99
(2) 個別リスト管理	101
(3) 紙媒体原本	101
6. 補修における留意点	103
(1) 塗料・塗装仕様	103
① 錆止め塗料（下塗り塗料）	103
② 無機ジンクリッチ（下塗り塗料）	104
③ エポキシ系塗料（下・中塗り）	104
④ 塩化ゴム系塗料、ウレタン樹脂塗料（上塗り）	104
⑤ フッ素樹脂、アクリルシリコン系（上塗り）	104
⑥ 特殊浸透性樹脂塗料	105
(2) 下地処理	105
(3) 配管更新	105
(4) 防食対策	106
① 保護板の施工	106
② 防食材＋カバー施工	106
③ サポートシュー施工	107
④ 防食板、PTFE シートの施工	107
⑤ 半割り配管の施工	108

第4章 設計・建設時の防食対策

111

1. 設計・建設時に配慮する外面腐食対策 112

- (1) 建設コスト 112
 - ① 防食テープ、防食板 112
 - ② ダミーサポート・トラニオンサポート 113
 - ③ サポートの選択 114
- (2) 基本設計 115
- (3) 設計・施工基準 115

2. 塗装、防食対策の選択 116

- (1) 塗装仕様 116
- (2) 防食対策仕様 116
 - ① ペโตรラタム系防食テープ 116
 - ② 樹脂系防食テープ 116
 - ③ 当て板 (SUS) + 亜鉛ペースト (犠牲陽極タイプ) 117
 - ④ 当て板 (Mg) + 導電性ポリマー (犠牲陽極タイプ) 118

3. 施工管理 118

- (1) 工事計画 118
- (2) 施工管理 119
- (3) 品質管理 120

< 巻末資料 >

121

< 巻末資料 > - 1: 外面腐食が発生しやすい箇所「見落としに注意！」 122

- 1 配管エルボ部 1-1 エルボ部 123
- 1 配管エルボ部 1-2 エルボ部保温外装板金の損傷 123
- 2 塔、槽、タンクのノズル 123
- 3 サポート 3-1 ダミーサポート部 (横) 124
- 3 サポート 3-2 ダミーサポート部 (縦) 124
- 3 サポート 3-3 トラニオンサポート 124
- 4 水滴による腐食 4-1 結露配管の水滴による下部配管の局部腐食 125
- 4 水滴による腐食 4-2 上部ステージの水抜き穴から落ちた水滴による局部腐食 125
- 5 地這い配管の底部 125
- 6 Uバンド 6-1 配管のUバンド固定部 126
- 6 Uバンド 6-2 保温配管のUバンド固定部 (インシュレーションサポート部) 126
- 6 Uバンド 6-3 保温配管のUバンド固定部 (インシュレーションサポートなし) 126
- 7 保温された配管の下向きノズル 127
- 8 容器の下部ノズル 127
- 9 ノズル部フランジ部 127
- 10 フランジ部のすき間 128
- 11 埋設配管の地面境界部 128
- 12 結露配管の下向きノズル 128
- 13 保冷配管のシュースポート部 129
- 14 配管のラック・サポート接触部 129
- 15 溶接熱影響部の腐食 129
- 16 防食テープと配管の接触部で腐食 130
- 17 配管フランジ 17-1 保温材施工の配管フランジ部の腐食 130
- 17 配管フランジ 17-2 保温材施工の配管 (縦配管) フランジ部の腐食 130
- 18 縦配管下の水平管部 18-1 縦配管下の水平管部 131
- 18 縦配管下の水平管部 18-2 縦配管下の水平管部 131

19	断熱材端部 19-1	断熱材端部の外面腐食	131
19	断熱材端部 19-2	断熱材端部の外面腐食	132
20	フロアー貫通部 20-1	断熱された配管のフロアー貫通部下で外面腐食	132
20	フロアー貫通部 20-2	断熱された配管のフロアー貫通部下で外面腐食	132
20	フロアー貫通部 20-3	フロアー貫通配管の外面腐食	133
21	地下ビット内敷設配管の腐食		133
22	上向きノズル 22-1	断熱された配管の上向きノズル	133
22	上向きノズル 22-2	流れのない上向きノズル	134
23	サポート接触部・シュー 23-1	サポート部との接触部の外面腐食	134
23	サポート接触部・シュー 23-2	サポートシューの未溶接部	134
23	サポート接触部・シュー 23-3	サポートシューの当て板未溶接部	135
24	吊りサポート		135
25	開口部・ハゼ 25-1	保温外装板金の開口部	135
25	開口部・ハゼ 25-2	ハゼ開口部の上向き	136

<巻末資料>- 2：配管付属物腐食の対策事例集 137

<ラック接触部>事例 1～13	138～150
<ダミーサポート>事例 14～17	151～154
<防食テープ>事例 18～20	155～157

図表名の目次

第1章 「配管外面付属物による腐食」の管理

図-1.1	高圧ガス製造事業所事故件数推移	5
図-1.2	平成23年度～26年度高圧ガス製造事業所事故件数推移	5
図-1.3	高圧ガス保安法事故における腐食原因の内、外面腐食の割合	6
図-1.4	外面腐食の業務サイクル	8
図-1.5	外面腐食の分類	9
図-1.7	「配管外面付属物による腐食」の代表例：すき間に水分が滞留	12
図-1.8	「配管外面付属物による腐食」の代表例：サポート、当て板等が溶接付けされたもの	13
図-1.9	配管と架台接触部	14
図-1.10	プラント運転中に配管を吊り上げて検査する場合の概略フロー	17
図-1.11	プラント停止中に配管を吊り上げて検査する場合の概略フロー	18
図-1.12	配管のラック接触部検査実施例	19
図-1.13	計画保全サイクル	20
図-1.14	外面腐食対策の保全サイクル	22

第2章 検査の計画と実行

図-2.1	外面腐食検査で用いるスプールの例	29
図-2.2	パイブラック、スリーパー部外観目視の問題点 ①	34
図-2.2	パイブラック、スリーパー部外観目視の問題点 ②	35
表-2.1	重要度評価の例	38
図-2.3	リスクと検査の実施度合いの関係	38
表-2.2	リスクマトリックスの例	40
表-2.3	リスクに応じた配管付属物による腐食への対応例	40
図-2.4.1	Uバンド下部およびサポート接触部	41
図-2.4.2	亜鉛防食テープ施工面の劣化部	41
図-2.4.3	サポート接触部当て板の劣化部	41
図-2.4.4	ペトロラタム系防食テープの劣化部	41
図-2.4.5	ハンガーサポート部	43
図-2.4.6	サポート・スリーパー接触部	43
図-2.4.7	ダミーサポート部（エンドプレートなし）	43
図-2.4.8	ダミーサポート部（エンドプレートあり）	43
図-2.4.9	ダミーサポート部（縦形サポート）	43
表-2.4	腐食速度の大きい事例の外面腐食発生箇所等の特記事項一覧	43
図-2.5	配管の架台・サポート接触部検査方法選択フロー	45
図-2.6	配管吊上げ検査の様子	46
図-2.7	近接目視検査の視点	47
図-2.8	近接・遠方目視の判定ガイド（例）①	49
図-2.8	近接・遠方目視の判定ガイド（例）②	50
図-2.9	多重反射減衰法の原理解説	51
図-2.10	表面波法検査イメージ	52
図-2.11	ガイド波法による架台接触部の検査	53

目次（詳細）

図-2.12	放射線法による架台接触部肉厚測定イメージ	54
図-2.13	配管の架台接触部外観と放射線撮影画像	54
図-2.14	ダミーサポート部放射線検査	54
表-2.5	非破壊検査技術の比較	55
図-2.15	吊り上げ検査時の検査費用の割合	58
図-2.16	検査と附帯工事の流れ	59
図-2.17	配管を吊り上げた事例	62
表-2.6	足場用鋼管パイプを使った吊り上げ可能な重量 (kg)	63
表-2.7	配管の重量と満水時重量 (kg/m)	63
図-2.18	吊り上げ用門型ヤグラ (荷又)	64
図-2.19	配管吊り上げ概要	65
図-2.20	配管吊り上げ用治具例 (ジャッキ)	65
図-2.21	緊急連絡系統の例	71
図-2.22	検査速報例	73
図-2.23	報告書例	74

第3章 検査結果の評価と補修方法・防食対策

図-3.1	外面腐食による減肉評価と補修・更新手順判定フロー	81
図-3.2	腐食ランクと措置方法	82
図-3.3	サポート先端開放事例	85
図-3.4	ドレンホール施工事例	85
図-3.5	H鋼による施工事例	86
図-3.6	振止め箇所の概要図	86
図-3.7	防食テープ下の腐食事例	87
表-3.1	各社寿命評価の考え方	88
表-3.2	各社検査周期の考え方	89
図-3.8	樹脂補強材塗布	93
図-3.9	ゴムバンド	94
図-3.10	バンド補強	94
図-3.11	大口径バンド	94
図-3.12	充填材注入	95
図-3.13	特殊補修技術 (補修業者による充填材注入補修)	95
図-3.14	不断水工法	95
図-3.15	配管の異種金属接触部の腐食 (事例)	98
図-3.16	設備管理システムイメージ図	100
図-3.17	配管図表示事例	101
表-3.3	個別リスト代表例	101
表-3.4	各社情報管理比較表	102
表-3.5	塗装種類一覧表	103
表-3.6	下地処理一覧表	105
図-3.18	保護板施工図	106
図-3.19	全周サポート施工図	106
図-3.20	半周サポート施工図	106
図-3.21	防食シート施工図	106
図-3.22	シュー施工図	107
図-3.23	防食板施工図	107
図-3.24	半割り配管施工図	107

第4章 設計・建設時の防食対策

表-4.1	ラック接触部防食施工費用比較	113
図-4.1	H鋼を使用したダミーサポートの例	113
図-4.2	H鋼を使用したダミーサポート解説図	113
図-4.3	配管とラック接触部のラック側に丸棒※を設置したパイブラック	114
図-4.4	ペトロラタム系防食テープ直巻きの例 (左)、SUS板金を巻いた例 (右)	117
図-4.5	亜鉛ペーストによる犠牲陽極タイプのサポート当て板	117
図-4.6	亜鉛ペーストタイプ当て板の余寿命検証 (取外しサンプリング。当て板内面)	117
図-4.7	マグネシウム当て板と配管に導電性ペーストを塗布	118
図-4.8	施工後トップコートにて保護塗装されたマグネシウム当て板	118