

配 管 維 持 規 格

(2019 年 11 月 13 日追補)

この追補は、2018 年 10 月 31 日に改訂された“配管維持規格”2018 年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8S-1-2018** とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2019 年 11 月 13 日の追補は次の箇所（赤字＋下線部）である。（**JPI-8S-1-2018** は昨年改訂しており、これ以前の追補はない）

<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：2－4 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 1）</u>	3
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：13 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 2）</u>	4
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：14 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 3）</u>	5
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：14 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 4）</u>	6
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：14 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 5）</u>	7
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：17 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 6）</u>	8
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：18 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 7）</u>	11
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：19 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 8）</u>	12
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 9）</u>	13
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：21 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 10）</u>	14
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：26 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 11）</u>	15
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：28 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 12）</u>	16
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：32 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 13）</u>	17
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：46 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 14）</u>	18

JPI-8S-1-2018（追補-2019）
（2019 年 11 月 13 日追補）

<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：47 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 15）</u>	 19
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：48－49 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 16）</u>	 21
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：54 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 17）</u>	 23

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 2-4 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 1)

3. 用語の定義 この規格で用いる用語の定義は、次による。

あ

当て板 局部的に加わる応力の緩和、もしくは減肉進行による漏洩の防止などの目的のための
取付物、板などをいう。

下線部追記

行止り配管 ⇒ゆきどまり配管。

運転中 設備等が動いており、生産が行われている状態をいう。

...

た

耐圧性能 配管系又は圧力容器の内圧若しくは外圧を受ける部分に圧力をかけたとき、所定の圧
力に耐え得る性能をいう。

滞留部 流体の流れが無い部位、スケールが堆積する部位、及び遊離水が析出する部位、など
のことをいう。

定期検査 4.3.2 a) による。

下線部追記

...

や

下線部追記

行止り配管 構造的に片側あるいは両側が閉止されていて、流体の流れが無い配管のことをいう。
いきどまり配管。

余寿命 検査又は評価した時点から、設備等の耐圧性能を確保できなくなる時点までの期間を
いう。

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 13 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 2)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

1) 腐食・エロージョンの種類

— **湿性硫化物腐食** 湿性硫化物腐食は、湿潤環境下で硫化水素が解離し、これが鋼と反応することによって硫化鉄を生じる腐食である。この硫化鉄は pH が 5 あたりから安定な皮膜を形成し、耐食皮膜として機能することで腐食を抑制するが、pH が 7 を超えると硫化鉄皮膜はもろくなり腐食が進行する。この環境下では、腐食によって発生する発生期の水素が鋼中に浸入しやすいことから、水素誘起割れが生じやすいので注意を要する。

腐食生成物中に塩化物が濃縮すると局部腐食を生じることがある。また、流動接触分解装置のようなシアン化合物が共存する環境では、高流速部、乱流部において、硫化鉄皮膜が破壊され、腐食が更に加速される。発生が予想される範囲は、高流速部、乱流部、オーバーヘッド系のような凝縮部、配管のドレン滞留部 (事例 7 7)、スケールなどの堆積部、安全弁配管などの滞留部 (事例 2 3 7) などである。

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 2 の解説

(事例 237) 2019 年 1 月、千葉県製の製油所で発生した、水添脱硫装置ストリッパ塔頂系の熱交換器出口安全弁二次側配管から漏洩に至った事例を反映させた。硫化水素を含む環境であり、流れのない安全弁二次側配管にスケールが堆積したことで腐食が進展、開孔に至った。
(石連事故事例報告 保安 No.634)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：14 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 3)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

1) 腐食・エロージョンの種類

— 塩化アンモニウム腐食 塩化アンモニウム腐食は、常圧蒸留塔塔頂系の湿性塩化物腐食を防止する目的で注入したアンモニア又は水素化脱硫反応工程における脱窒素反応などによって生じたアンモニアが、塩化水素と結合し塩化アンモニウムが生成され、その塩の析出に伴い発生する腐食で、塩化アンモニウム塩の析出・堆積するような滞留部に発生する。(事例 238) また、防止対策として水などを注入した場合には、偏流部にてエロージョンコロージョンを引き起す可能性がある。

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 3 の解説

(事例 238) 2018 年 10 月、宮城県の製油所の RDS (重油直接脱硫) 装置で発生した、主蒸留塔塔頂の安全弁行き配管からの漏洩事例を反映した。当該配管は常時流れのない滞留部であり、塩化アンモニウム塩が析出し局所的な腐食が発生し漏洩に至った。(石連事故事例報告書 保安 No.636)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 14 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 4)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

1) 腐食・エロージョンの種類

— **炭酸腐食** 二酸化炭素はスチームが凝縮する際に凝縮水中に溶解し炭酸 (H_2CO_3) となり、生成した炭酸が鋼を腐食する。更に、溶存酸素が存在すると腐食は促進される。炭酸水中の炭素鋼の腐食速度は、 CO_2 ガス分圧が高くなるに伴って上昇する。炭酸腐食は炭酸ガスを溶解した弱酸性水溶液による鋼の全面腐食であり、水素製造装置の炭酸ガス化・分離工程 (変性系・脱炭酸系) ではスチームの凝縮によって炭素鋼・低合金鋼に腐食が発生する。この工程の高温変性系で流体が常時流れている場所では炭酸腐食の可能性はないが、ドレンノズル、ベントノズルなど、常時流体の流れのない箇所のスチーム凝縮部近辺の炭素鋼・低合金鋼では炭酸腐食が発生する。炭酸腐食に関して十分な注意を要する部位を整理すると、次のようになる。

・ 運転温度が露点温度以下になる範囲

・ 常時流体の流れがある箇所で、運転温度が露点温度以上であっても、露点に対する余裕しろが少なく範囲の外部保温の隙間付近、フランジ・配管サポートなどフィン効果を有する部位

・ 運転温度が高温であっても、ドレンノズル、ベントノズルなどの常時流れがなく、メタル温度が露点温度近くまで低下する部位

これらはいずれも、局部的にメタル温度が露点温度以下に低下する可能性のある部位である。(事例 6)

例 6) (事例 239)

下線部追記 & 取消線部削除

管理番号 : 8S-1-2018 追補 4 の解説

(事例 239) 2018 年 1 月、岡山県の製油所の低温変性塔上部の安全弁取出配管で発生した、内面腐食による漏洩事例を反映させた。安全弁取付フランジのボルト干渉を避ける為にフランジ際の保温端部を下方へ移動し、その隙間で管外表面が冷却され内面の炭酸腐食が進行したものであった。(石連事故事例報告書 保安 No.629)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 14 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 5)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

1) 腐食・エロージョンの種類

— **硫酸腐食** 硫酸腐食は、主に硫酸濃度、温度及び流速に支配される。アルキレーション装置で用いられる硫酸濃度は 90～98% で温度は常温であり、硫化鉄不動態皮膜の形成によって炭素鋼が使用可能な領域である。不動態皮膜は、高流速で破壊されやすくエロージョンが発生する可能性がある。流速と腐食速度は、ほぼ直線関係にある。また、硫酸濃度が低い場合は不動態皮膜が形成されないため、希硫酸による腐食が激しくなり、炭素鋼の使用できる範囲は極端に限られる。なお、ステンレス鋼 (SUS316L) を使用していた配管でも、濃硫酸ポンプ吐出配管のエルボ部で流れの乱れによるエロージョン・コロージョンが発生して、配管が開口し漏洩した事例がある。(事

例 7 5) 硫酸腐食系の設備の中でも、特に、高流速部、乱流部、流体中の遊離水分や外気に含まれる水分の浸入などによって硫酸が希釈される可能性のある箇所に硫酸腐食が生じやすい。(事例 2 4 0) 同一濃度では、温度が高いほど腐食速度は大きくなる。(事例 6 2)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 5 の解説

(事例 240) 2017 年 9 月、千葉県製の製油所のアルキレーション装置で発生した、バイパス配管からの硫酸漏洩事例を反映させた。定期修理前の硫酸抜き出し時に実施する窒素ブローが十分ではなく、水平配管に硫酸が少量残留した状態で大気開放したことにより、酸素と水分に接触し希硫酸となり、炭素鋼の配管が短期間で腐食し、漏洩に至った。(石連事故事例報告書 保安 No.618)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 17 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 6)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

一 滞留部及びスケール堆積部 腐食性物質を含む流体で、流れが長期間滞留する部位及びスケールが堆積する部位では、局所的な腐食が発生することがある。

下線部追記

表 5.1.2 を表 5.1.4、表 5.1.3 を表 5.1.5、表 5.1.4 を表 5.1.6 とし、
次の表を 表 5.1.2 として追加

表 5.1.2 滞留部及びスケール堆積部などの発生しやすい環境と配管系

腐 食 環 境	該 当 配 管 の 例
滞留部及びスケール堆積部	オンサイト配管 ・ 通常運転時に他端が閉止状態にある枝管 (事例 100) (事例 159) ・ 安全弁行き配管 (事例 241) ・ クーラー出入口ヘッダー両端のキャップ部など流動がない滞留範囲 (事例 3) (事例 143) ・ 流れの遅い配管系で、立上がり部や分岐部近傍の配管下部 (事例 81) (事例 128) (事例 144) (事例 180) (事例 181) (事例 229) ・ 長期間停止した配管側面のスケール堆積境界部 (事例 145) ・ 通常空の状態の間欠使用配管 (事例 36) オフサイト配管 ・ 通常流れが無い行止り配管 (事例 23) (事例 56) (事例 83) (事例 90) (事例 101) (事例 102) (事例 125) (事例 126) (事例 127) (事例 133) (事例 148) (事例 160) (事例 162) (事例 163) ・ 流れの遅い配管系で、立上がり部や分岐部近傍の配管下部 (事例 4) (事例 40) (事例 161) (事例 177) (事例 178) (事例 179) (事例 182) (事例 242) ・ 滞留部がスチームトレースで加熱された配管のスチームトレース近傍 (事例 103) ・ ドレン抜き配管の長期間水分滞留部 (事例 14) (事例 57) (事例 82) (事例 233) ・ 長期間休止中の配管 (事例 41) (事例 71) (事例 183) (事例 206) (事例 207) (事例 224) ・ 非定常時使用配管、使用頻度の低い間欠使用配管 (事例 12) (事例 146) (事例 147) ・ タンク水切り配管 (事例 43) (事例 44) (事例 87) (事例 115) (事例 149) (事例 218) ・ スロップ配管滞留部 (事例 42) (事例 228)

下線部追記 & 取消線部削除

通常運転時に他端が閉止状態にある枝管 ~~(事例 23) (事例 100) (事例 159)~~、安全弁行き配管やクーラー出入口ヘッダー両端のキャップ部など ~~(事例 3)~~ で流動がない滞留範囲にはスケールなどの堆積が生じやすく、堆積物下の腐食が生じる。~~(事例 90) (事例 125) (事例 126) (事例 127) (事例 143)~~ 滞留部と流動部との境界付近は特異な流れ状態となっていることが多く一様な腐食とはならない。更に、流れの遅い配管系では、立上がり部や分岐部近傍の配管下部にスケールが堆積しやすく、スケール堆積部位では水分が凝縮して溜まり、腐食しやすい傾向にある。~~(事例 4) (事例 40) (事例 56) (事例 71) (事例 81) (事例 101) (事例 102) (事例 128) (事例 144) (事例 160) (事例 161) (事例 162) (事例 177) (事例 178) (事例 179) (事例 180)~~

~~=(事例1-8-1) (事例2-2-9)=~~

また、滞留部がスチームトレースで加熱されていたために、配管下部よりもむしろスチームトレース近傍で流体中の塩分が濃縮して局部的に腐食した事例がある。~~=(事例1-0-3)=~~ ドレン抜き配管部は、長期間経過中に水分が滞留し腐食傾向にあるので、定期的なパージなどが望ましい。~~=(事例9-2)=~~
~~=(事例2-3-3)=~~

スチームパージ後、長期間停止した配管でも同様の腐食が発生する。~~=(事例4-1)=~~ また、長期停止中にスケール堆積部の境界で配管側面が減肉した事例もある。~~=(事例1-4-6)=~~ また、通常空の状態の配管においては、間欠使用時の流体衝突や流体中の金属（例えば Cu）の析出による電位差腐食が局部的減肉を起こした例もある。~~=(事例3-6)=~~

オフサイトスロップ配管など広範囲に及ぶ配管では、間欠運転など、運転状況が多様であり、高濃度の塩素イオンが存在する場合があるなど、スケール堆積や腐食状況が一樣とはならないので注意が必要である。~~=(事例4-2) (事例4-3) (事例4-4) (事例5-7) (事例8-3) (事例8-7) (事例9-0) (事例1-1-5) (事例1-4-6) (事例1-4-7) (事例1-4-8) (事例1-4-9) (事例1-6-3) (事例1-8-2) (事例1-8-3) (事例2-1-8) (事例2-2-8)=~~

取消線部削除

表 5.1.3 を表 5.1.5、表 5.1.4 を表 5.1.6 とし、
次の表を 表 5.1.3 として追加

表5.1.3 オフサイト配管滞留部で内面腐食穿孔が見られた油種および条件

構 造 / 使 用 条 件	オフサイト配管滞留部で内面腐食が発生し易い油種
オフサイト行止り配管、長期休止配管、間欠使用配管、非定常時使用配管	・原油配管、スロップ配管 ・タンク水切り配管 ・未脱硫あるいは海上受入れのナフサ・ジェット燃料・灯軽油・重油配管 ・ドレン配管

オフサイトでは特に長大な行止り配管、長期休止配管、間欠使用配管（使用していない期間が長い配管）、非定常時使用配管において、滞留部及びスケール堆積部の内面腐食が発生しやすい。

油種別に見ると、原油配管、スロップ配管、タンク水切り配管、未脱硫あるいは海上受入れナフサ/ジェット燃料/灯軽油配管、ドレン配管など、腐食性物質を含む流体が長期間滞留した結果として内面腐食により漏洩している。

検査対象が長大である一方で、減肉形態が局部的な内面腐食であるため、検査対象の優先順位付けと検査箇所・範囲の絞り込みが重要となる。検査対象を油種と不使用期間と行止り長さによって優先順位付けした事例や、ラック配管の検査箇所をサポート部の中間の垂れ下った低所に絞り込んだ事例が有る。

検査技術については、JPI-8R-13の4.3章の「局部腐食の検出に用いられる検査法」を参照する。

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 6 の解説

（事例 241）2018 年 10 月、宮城県の製油所の RDS（重油直接脱硫）装置で発生した、主蒸留塔塔頂の安全弁行き配管からの漏洩事例を反映した。当該配管は常時流れのない滞留部であり、塩化アンモニウム塩が析出し局所的な腐食が発生し漏洩に至った。（石連事故事例報告書 保安 No.636）

（事例 242）2018 年 2 月、神奈川県製の製油所の原油タンク付属配管で、周囲に比べて低所かつ使用回数が少ない配管底部で水分が滞留し、原油からの腐食性物質が濃縮して内面腐食により穿孔漏洩した。（石連事故事例報告 保安 No.601）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 18 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 7)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

下線部追記

— 注入箇所 水や薬品を注入する箇所では、注入される流体の物性と運転条件によって局部腐食が生じる。この為、注入部及びその上下流は、必要に応じて面での肉厚測定（多点肉厚測定、超音波による面探傷等）を行なう。（事例 243）また、注入流体の拡散が十分でない場合は、偏流が生じ、この影響は上下流に及ぶ。直管部の主流が乱流の場合の腐食範囲は、注入点より上流方向へはおおよそ管径の 3 倍、下流方向へはおおよそ管径の 20 倍までである。インナーノズルがない場合では注入された流体は本管内壁に沿って流れたり、注入水が直接衝突する部位が、注入頻度の変化などの影響によって激しく腐食した事例があるので注意を要する。（事例 5）
また、インナーノズルで水等を注入している場合は定期的にインナーノズルの点検を行う必要がある。（事例 24）（事例 116）

管理番号 : 8S-1-2018 追補 7 の解説

（事例 243）2018 年 4 月、愛媛県の製油所の灯軽油水素化脱硫装置エフルエントクーラー行き配管の水注入部で発生した、内面減肉による漏洩事例を反映させた。水注入部直下流の配管肉厚測定が十分ではなかった為、クイル形注入ノズルの斜め下の配管下面（内面）に発生した局部減肉を見逃していたもので、脱硫装置のエフルエント配管水注入部では、状況によっては面での肉厚測定（多点肉厚測定あるいは超音波による面探傷等）が必要であることが指摘された。（石連事故事例報告書 保安 No.594）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 19 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 8)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

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)

表 5.1.2 保温材下腐食などの発生しやすい環境と配管系

周 辺 の 環 境	該 当 配 管 の 例	下線部追記
保温材内に湿気を吸収蓄積する可能性がある。	・ -4℃～150℃程度で運転されている炭素鋼・<u>低合金鋼</u>配管 (事例153) ・ 使用中は 150℃以上であるが、間欠運転される炭素鋼・<u>低合金鋼</u>配管 ・ <u>通常は氷点下で大気中の水分は配管表面に氷結するが、間欠運転である為に付着している氷が度々融解し、湿潤環境となる炭素鋼・低合金鋼配管 (事例244)</u>	
	・ 本管から分岐され 150℃以下となる滞留部及び付属品 (事例89) (事例119) ・ 本管に設置されたサポート及びストッパーのフィン効果によって局部的に 150℃以下となる本管 (事例66) ・ 火傷防止対策施工配管 (事例9) (事例106) ・ コンクリートなどの構造物に接している保温施工配管 (事例95) ・ 保温施工された遊休配管 (事例165) ・ 劣化した外装板シール材下の配管 (事例225)	

管理番号 : 8S-1-2018 追補 8 の解説

(事例 244) 2018 年 5 月、宮城県の製油所のオフサイト低温ブタン受入配管において発生した、外面腐食による漏洩事例を反映した。サポート接触部において、劣化傾向にあった保冷シール部から大気中の水分が侵入して氷結し、バッチ運転である為に付着していた氷が融けて湿潤環境が維持され、外面腐食が進行した。(石連事故事例報告書 保安 No.650)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 20 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 9)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

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)

表 5.1.3 保温材下腐食の発生しやすい共通的部位

周 辺 の 環 境	該 当 配 管 の 例
保温及び外装材の貫 通部又は切欠き部 (※) 例10) (事例67)	ベント、ドレン部 ハンガー保持部 パイプシュー取付部 トレース管貫通部 ステージなどの貫通部 架台に配管直置きしている保温を切欠いた箇所 (事例129) (事例245) サポート取付けなどのため保温を切欠いた箇所 (事例10) (事例67) (事例129) (事例166) (事例167) <u>下線部</u>追記 & <u>取消線部</u>削除
	抱線取付けのために配管上面の保温材に設けた貫通部 (事例97)

管理番号 : 8S-1-2018 追補 9 の解説

(事例 245) 2018 年 9 月、千葉県製の製油所のガスタービン装置において、ラックに直置きされた灯油配管に遮熱目的で保温を敷設した際、ラック梁接触部の保温材に切欠きを設けたため、雨水が浸入して保温下外面腐食により穿孔漏洩した。(石連事故事例報告 保安 No.635)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 21 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 10)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

下線部追記

- 3) 防油堤貫通部の配管系 貫通部は一般に防食テープ巻きによる防食対策を行い、配管部材が貫通部のコンクリートなどと直接接触しないように施工するが、シール材が経年劣化すると雨水浸入によって貫通部内が湿潤雰囲気となり、防食テープ端部付近あるいは防食テープ劣化剥離部が腐食を受けやすい。(事例246) 防食テープの替りにモルタル被覆された配管では、モルタル劣化にともない腐食開口した事例がある。(事例168) また、スリーブタイプの場合は、隙間部に雨水が浸入し隙間腐食を発生しやすいので留意する。(事例28) (事例46) (事例132) (事例154)

防食テープの施工の際には、施工管理を十分に行わないと、期待した通りの防食効果が得られないことがあるので注意が必要である。(事例197)

防油堤を貫通している保温配管においても、外装板が劣化・損傷すると雨水等が浸入し、外面腐食を発生しやすいので注意が必要である。(事例217) (事例234)

なお検査計画立案時や掘削補修時には、配管の防油堤部のジャンプオーバー化を検討する。

管理番号 : 8S-1-2018 追補 10 の解説

(事例 246) 2018 年 9 月、神奈川県製の油所のオフサイトタンク防油堤貫通部で重油配管が外面腐食により穿孔漏洩した。(石連事故事例報告 保安 No.641)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 26 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 11)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.2 劣化損傷の検査

5.2.1 劣化損傷検査の範囲

a) 高温劣化損傷

2) クリープ損傷 クリープ損傷は、高温クリープ領域（低合金鋼の場合 450℃以上）における経時的な損傷であり、クリープポイドからミクロクラックへと成長し、最終的に破損に至る現象である。この現象は、非常に長時間をかけて進展するため、一般的に採用されているクリープ破断試験による評価や Larson-Miller などのパラメータを利用した累積損傷量の計算で安全サイドの評価ができる。ただし、次のようなケースでは全寿命が短くなることがあるので、クリープ破断寿命の再評価と非破壊検査などによって確認する。

－ 高温腐食などによる減肉で、局部的に応力が高くなっている配管

下線部追記

－ 疲労又は熱疲労との相乗作用が想定される配管 (事例 247)

クリープ損傷の一種であるクリープ脆化は、材料組織上の変化によって脆くなるため、切欠感受性が高くなり、溶接熱影響部などに割れを誘発する現象である。クリープ脆化の場合、予想寿命よりも早期に割れにいたるケースがあるので、特にクリープ破断延性が低下しやすい 1Cr-0.5Mo 鋼や 1.25Cr-0.5Mo 鋼の溶接部は、非破壊検査によって確認する。

管理番号 : 8S-1-2018 追補 11 の解説

(事例 247) 2018 年 2 月、愛知県の製造所で発生した、接触改質装置のリアクター下流配管溶接部の割れによる漏洩出火事例を反映した。当該リアクターは通油、再生を周期的に繰り返す運転を行っており、当該配管は熱応力を繰り返し受ける構造になっていた。また、発災部は運転温度 500℃とクリープ脆化温度領域で使用されている 1.25Cr-0.5Mo 鋼管の溶接金属端部であり、クリープ損傷の影響もあった。(石連事故事例報告書 保安 No.603)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 28 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 12)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.2 劣化損傷の検査

5.2.1 劣化損傷検査の範囲

c) 疲労

1) 振動疲労 構造部材に変動荷重が繰り返し負荷され続けた場合、材料の降伏点以下の応力で疲労による割れを発生することがある。回転機械などからの振動や内部流体の脈動 (事例 170) などによって変動荷重が繰り返し負荷される配管系で、構造上応力が集中しやすい部位は、検査の対象となる。~~ただし、が、~~適切なサポートの設置、部材の厚肉化、隅肉溶接部の補強などの応力緩和策によって、検査範囲を限定できる。(事例 69) (事例 134) ただし、サポートに緩みがあり、防振効果が得られず割れが発生した事例がある。(事例 248)

複雑な形状、負荷を受ける配管系は、通常、設計段階で応力解析が実施され、その結果によって適切なサポートなどの補強対策が施されているが、運転開始後に振動、その他の異常が観測された場合には、応力解析と適切な対策の必要性を改めて検討する。また、適切なサポートであっても経年的に緩みが生じ、振動が発生する可能性があるため、サポートの健全性を定期的に確認することも重要である。

対策を実施する場合には付表 2-1 に示した振動疲労対策の事例内容に留意する。

取消線部削除 & 下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 12 の解説

(事例 248) 2018 年 1 月、大阪府の製油所の発電用ガスタービン設備で発生した、圧縮空気配管の破損による燃料油の逆流漏洩事例を反映した。当該配管の破損原因は振動による疲労破壊であり、当時、振動疲労対策として設置していたサポートが緩んでいたことから、昇速時に疲労強度を超える振動が発生する状況だった。なお、定常運転中の振動は問題のない値だった。(石連事故事例報告書 保安 No.614)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 32 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 13)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.3 付属品、特定配管及び埋設配管などの検査

5.3.2 特定配管の検査

b) ねじ込み配管の検査

下線部追記

ねじ込み配管の検査は、5.3.2 a) の規定に従う。加えて、ねじ込み部の取り外しを頻繁に行う場合はねじ山の摩耗の懸念があるため、点検が必要である。(事例 249)ただし、回転機械などに接続され振動が認められる配管で、緩みによる漏洩(事例 34)(事例 137)や疲労損傷の恐れのあるものは、防振策の実施、当該部の厚肉化及び溶接継手への変更を検討する。また、腐食性がある流体を扱う配管に付属するねじ込み部は、ねじ山の腐食傾向に留意する必要がある、ねじ山の検査を行う場合には放射線検査が適している。(事例 49)

管理番号 : 8S-1-2018 追補 13 の解説

(事例 249) 2018 年 7 月、千葉県製の製油所の廃棄物(重合油)焼却装置において、焼却炉バーナーのねじ込み部から漏洩し火災に至った事例を反映させた。装置停止の都度バーナーの分解整備を実施しており、長年の使用によりバーナーねじ込み部のねじ山の減肉や欠損が進展し、重合油が漏洩し火災に至った。(石連事故事例報告 保安 No.626)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 46 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 14)

付表 2-1 構造設計上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の保全事例に基づく設計配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

分類	項目名	反映事項例
その他	液封下の圧力上昇対策	・ 逆止弁と仕切り弁間が液封状態になる配管系で、内部流体が蒸気抱線、直近の高温配管からの伝熱などによって温度上昇を招く場合には、液膨張による圧力上昇を引き起し、当該箇所が延性破壊した事例有。事例に配慮して、<u>逆止弁の下流弁開放</u>、逆止弁の取付位置<u>変更</u>、逆止弁バイパスの設置<u>方法</u>、逆止弁のディスクへの小径穴の設置などの安全対策を検討する。(事例 20) (事例 250) ・ 蒸気抱線の加温不良があった場合に、凍結固化するような性状の流体は保温施工の徹底に留意が必要である。配管の逃し弁に抱線保温がなされていなかったために部分的に凍結固化閉塞し、蒸気抱線からの入熱によって内部流体が液膨張して圧力上昇となり、配管破裂に至った事例がある。(事例 35) ・ 昼夜の温度差などにより配管内圧が変動し、重油ブレンダー配管から分岐している配管フランジに挿入しているブラインドプレートが変形し、重油が漏洩した事例がある。(事例 109) ・ 構造上液封状態となっている配管系の内圧が昼夜の温度差などにより変動し、ガスケットが破断した事例がある。このような配管系には、逃し弁を設ける等、液封対策を実施する。(事例 201)

管理番号 : 8S-1-2018 追補 14 の解説

(事例 250) 2018 年 5 月、大阪府の製油所の常圧蒸留装置において、運転開始および停止時のみ使用する配管で、逆止弁の下流弁が全閉状態でスチームトレース付きだったために液封状態となってフランジから漏洩した。(石連事故事例報告 保安 No.630)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 47 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 15)

付表 2-1 構造設計上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の保全事例に基づく設計配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

分類	項目名	反映事項例
その他	フレキシブル ホース選定上の 配慮事項	・フレキシブルホースの設計仕様外条件での使用によりホースが破断し、内部流体が漏洩した事例がある。フレキシブルホースを選定する際は、曲がり部の位置、数、最小半径等が、ホースの設計仕様内となるように留意する。(事例 203)
	凍結による損傷 対策	・装置停止時のみ使用する配管において、接続している塔からの遊離水が滞留し、冬季にその遊離水が凍結したことによりその膨張圧力で配管に亀裂が生じ、塔からのガスが漏洩した事例がある。(事例 251) 遊離水が滞留しやすい環境では、滞留部を極力短くすることや(仕切り板等による縁切り含む)、定期的に遊離水を抜きやすい構造にする等の配慮が必要である。
	液撃の防止	・海上/陸上出荷配管など長い配管でバルブの急開放/急閉止時、あるいは出荷ポンプの起動/停止時に液撃が発生することが有り、配管の破損、配管シューのサポートからの脱落、ガスケットの破断などが発生した事例が有るため、バルブの開放・閉止速度を遅くすることや、出荷ポンプ起動時に系内の圧力を逃がすような操作手順を取ることで液撃を防止する必要がある。(事例 252) ・ポンプ起動時の液撃は通常吐出側で発生するが、吸引側でも、タンクとポンプ間の道路横断配管をラック上の高所に設置したため、ポンプ起動時に負圧発生により蒸気が発生し、その後の蒸気崩壊に伴う圧力上昇により液撃が発生した事例が有り、ポンプの NPSH を考慮した配管レベルの設計を行う必要がある。(事例 253)

管理番号 : 8S-1-2018 追補 15 の解説

(事例 251) 2018 年 1 月、宮城県の製油所で発生した、常圧蒸留装置の蒸留塔付属配管からの漏洩事例を反映した。当該配管は装置停止時のみ使用する配管であったが縁切り等は行われておらず、蒸留塔からの遊離水が滞留する状態だった。その遊離水が冬季に凍結し、その膨張圧力で配管電縫部に亀裂が生じ、蒸留塔からのガスが当該配管を通じて漏洩した。(石連事故事例報告書 保安 No.611)

(事例 252) 2018 年 7 月、山口県の製油所の陸上硫黄出荷配管において繰り返し発生していた液撃により、出荷ポンプのミニマムフロー配管の吐出側バルブボンネットカバーフランジの膨

張黒鉛シートガスケットが破断し、硫黄が漏洩した。（石連事故事例報告 保安 No.656）

（事例 253）2018 年 8 月、山口県の製油所の陸上硫黄出荷配管で液撃が発生し、出荷ポンプのミニマムフロー配管の吸引側バルブボンネットカバーフランジの膨張黒鉛シートガスケットが破断し硫黄が漏洩した。（石連事故事例報告 保安 No.657）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 48-49 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 16)

付表 2-2 工事作業上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の工事作業時及び工事品質に起因した事故事例に基づく種々の配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

分類	反映事項例
配管開放における配慮事項	＜可燃性ガスの漏れ込み防止＞ ・可燃性ガスと接続されている配管を仕切り板挿入工事などで開放する際は、可燃性ガスの漏れ込みを確実に防止するための適切な措置を行う。また、開放直前に複数個所でガス検知を行い、可燃性ガスの漏れ込みがないことを確認する。(事例113)
下線部削除	
火気使用時の作業環境	・火気使用を行う場合は、可燃性ガスと火気使用場所との確実な遮断、作業環境における運転管理部門と設備管理部門の情報の連携が必要である。
下線部追記	・ガスが滞留しやすい場所での火気使用作業においては、作業前のガス検知だけでなく、連続式自動ガス検知器を設置することや、作業環境が変化した場合は再度ガス検知を実施するなどの対応が重要である。(事例54)(事例254)
配管開放時における可燃性ガスの漏れ込み防止と確認	・可燃性ガスと接続されている配管を仕切り板挿入工事などで開放する際には、可燃性ガスの漏れ込みを確実に防止するための適切な措置を行う。また、開放直前に複数個所でガス検知を行い、可燃性ガスの漏れ込みがないことを確認する。(事例113)(事例255)
下線部追記	下線部追記
外面腐食部の防食措置	・外面腐食部への処置（防食塗装、防食テープ施工等）を行う場合には、確実なケレンを行った上で施工する。ケレンが不十分なまま防食テープを施工し、不具合となった事例がある。(事例139) 著しい錆こぶなど、ケレンにより内部流体の漏洩が懸念される場合には、ケレン前に残肉厚の確認や液抜き等の環境設定作業に配慮する。
下線部追記	・過去に外面塗装が悪い状態のままで保温を設置した為に、外面腐食が進行して不具合に至った事例(事例256)がある。保温を設置する際には、塗装が十分な防食効果を発揮できる状態に復旧する必要がある。
可とう性のない配管に対する配慮事項	・球形タンクを繋いでいる可とう性のない配管にバルブ切込み工事を行った際、仕切り板取り外し後のフランジ締め付け時に配管が引っ張られ、球形タンク元のフランジより漏えいに至った事例がある。(事例174)
下線部追記 & 下線部削除	・上記の事例と同様に、可とう性のない配管にバルブ切込み工事を行なった際、配管寸法が不適正な状況となり、最後に締め付けを行なったフランジのガスケットの面圧が不足し、工事完了後暫く経過してから漏洩した事例がある。(事例257) ・配管が図面通りに熱伸びを吸収する構造になっておらず、フランジに過大な外力が働いていたために装置停止時にフランジより漏洩した事例がある。(事例258) ・可とう性のない配管に対する工事を行う際には特に配管寸法などに配慮が必

要である。り、特にガスケットに十分な面圧を与えることが困難あるいは配管に有害な拘束外力を与える懸念のあるフランジの芯ずれ、平行度不良、面間寸法不良等がある場合には、面間調整などを行なうこと。

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 16 の解説

（事例 254）2018 年 5 月、茨城県の製油所の重質脱硫ナフサ配管のトレンチ内部分を取替えた際、少量の油がトレンチ内で溢れたが、その後も工事が継続され、気化した可燃性ガスがトレンチ内に滞留し、小火に至った。（石連事故事例報告 保安 No.620）

（事例 255）2018 年 5 月、千葉県の製油所のタンクエリア防油堤内で、配管改造工事時に配管内の滯油をパージせずに、全面ガスケットを仕切板代わりに使用し、配管の改造を行ったが、その後仕切り板への入替え作業時に新設配管内に可燃性ガスが漏れ込んだことに気付かず下流側のバルブを開放し、その時、下流でグラインダー作業をしていた作業員が配管内からの熱風を受け被災した。（石連事故事例報告 保安 No.624）

（事例 256）2018 年 7 月、千葉県の製油所の水素製造装置 PSA 系の配管において発生した、外面腐食による漏洩事例を反映した。当該製油所では、本事例に基づき、保温設置時には配管外面塗装の状態に十分に注意すべきことを手順書に追記し、再発防止を図った。（石連事故事例報告書 保安 No.647）

（事例 257）2018 年 10 月、茨城県の製油所のタンクヤードで発生した、42B 原油配管のフランジ漏洩事例を反映させた。本事例発生前（同年 4 月）に行なったバルブ切り込み工事において、当該バルブおよび直接接続された長さ 1 メートルの両フランジ短管の計 3 か所のフランジを組み立てたが、最後に締め付けを行なった短管のフランジが 10 月になって漏洩した。問題のフランジは、締付時には配管の反力が強く、十分なボルト締付力が付加されたように見えたが、ガスケットの締め付け自体は不足しており、外気温の低下する時期に漏洩した。本事例では対策として、今後、フランジ締め付け時には面間寸法を確認することとした（石連事故事例報告書 保安 No.659）

（事例 258）2018 年 9 月、和歌山県の製油所の水添脱硫装置の停止作業中に、熱交換器の管側入口フランジより軽油が漏洩した。当該熱交入口配管が図面通りに熱伸びを吸収する構造になっておらず、フランジに過大なモーメントが働いた状態で、高温運転中のリラクゼーションによりボルトの抗張力が低下し、装置停止時にフランジの温度が低下して締付力が弛緩した際に漏洩した。（石連事故事例報告 保安 No.639）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 54 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 17)

付表 2-3 変更に伴うトラブルと配慮事例

事故に至る過程で変更が行われた事例を抜粋し、変更に伴うトラブルと配慮事項例を以下に示す。

変更の内容	トラブル内容	配慮事項
設備	<u>⑥油種変更前に使用していた腐食性の高い内部流体に起因するスケールが滞留部に残存し、腐食を発生した事例がある。(事例 259)</u>	<u>滞留部や低流速部では、過去に堆積したスケールが残存し、腐食を誘発することがある為、こうした部位の検査管理では十分に注意する。</u>
	⑦ ⑦水素化精製装置のリサイクルガス・・・	
	⑧ ⑧1971 年に設置した廃油配管・・・	
	⑨ ⑨塩素を含む接触改質装置由来の・・・	
	⑩ ⑩ラインスペック通りの炭素鋼・・・	
	⑪ ⑪ラック上配管の小径ドレン配管・・・	

下線部追記 & 取消線部削除

管理番号 : 8S-1-2018 追 17 の解説

(事例 259) 2018 年 1 月、神奈川県製の製油所の低硫黄重油配管の滞留部において発生した、内面腐食による漏洩事例を反映した。この製油所では、当該配管を腐食性が低いと判断していたが、過去に腐食性の高い流体を使用していた際のスケールが管内に残存していて腐食が進行した。(石連事故事例報告書 保安 No.599)

配 管 維 持 規 格

(2020 年 10 月 15 日追補)

この追補は、2018 年 10 月 31 日に改訂された“配管維持規格”2018 年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8S-1-2018** とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2020 年 10 月 15 日の追補は次の箇所（赤字＋下線部）である。

<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：14 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 18）</u>	3
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：14－15 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 19）</u>	4
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：17 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 20）</u>	5
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：17 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 21）</u>	7
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：18 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 22）</u>	8
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：19 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 23）</u>	9
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 24）</u>	12
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：22 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 25）</u>	14
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：28 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 26）</u>	15
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：33 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 27）</u>	16
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：33 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 28）</u>	17
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：46 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 29）</u>	18
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：48－50 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 30）</u>	19
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：51 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 31）</u>	21

<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：53 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 32）</u>		22
--	-------	----

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 14 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 18)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

α) 配管系内面の腐食・エロージョン

1) 腐食・エロージョンの種類

— **塩化アンモニウム腐食** 塩化アンモニウム腐食は、常圧蒸留塔塔頂系の湿性塩化物腐食を防止する目的で注入したアンモニア又は水素化脱硫反応工程における脱窒素反応などによって生じたアンモニアが、塩化水素と結合し塩化アンモニウムが生成され、その塩の析出に伴い発生する腐食で、塩化アンモニウム塩の析出・堆積するような滞留部に発生する。

(事例 238) (事例 260) また、防止対策として水などを注入した場合には、偏流部にてエロージョン・コロージョンを引き起す可能性がある。さらに、析出した塩の水洗後、残留した塩化アンモニウムが加水分解することにより塩酸が生成し、短期間に腐食が進行した事例がある。

(事例 261)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 18 の解説

(事例 260) 2018 年 11 月、大阪府の製油所で発生した、重質軽油水素化脱硫装置ストリッパー塔頂配管から漏洩に至った事例を反映させた。上流セパレーターの能力不足によりアンモニア・塩素分を含むドレン水が同伴されたことで、ストリッパー塔頂配管において塩化アンモニウムが析出し、局所的な腐食が発生し開孔に至った。(石連事故事例報告 保安 No.662)

(事例 261) 2019 年 11 月、大分県の製油所の残油流動接触分解装置主蒸留塔側面に開口が生じ、油が漏洩した。当該機器では原料由来の塩化アンモニウムが析出してトレイ差圧が上昇したため水洗を実施した。しかし、洗浄水量が十分ではなく、かつ塩化アンモニウムが塔内から完全に排出されたことを確認していなかったため、トレイサポートリング際上部に塩化アンモニウムが残留し、加水分解により塩酸が生成し、短期間に腐食が進行、側面の開口に至った。(石連事故事例報告書 保安 No.722)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：14－15 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 19）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

α) 配管系内面の腐食・エロージョン

1) 腐食・エロージョンの種類

- **硫酸腐食** 硫酸腐食は、主に硫酸濃度、温度及び流速に支配される。アルキレーション装置で用いられる硫酸濃度は 90～98%で温度は常温であり、硫化鉄不動態皮膜の形成によって炭素鋼が使用可能な領域である。不動態皮膜は、高流速で破壊されやすくエロージョンが発生する可能性がある。流速と腐食速度は、ほぼ直線関係にある。また、硫酸濃度が低い場合は不動態皮膜が形成されないため、希硫酸による腐食が激しくなり炭素鋼の使用できる範囲は極端に限られる。なお、ステンレス鋼 (SUS316L) を使用していた配管でも、濃硫酸ポンプ吐出配管のエルボ部で流れの乱れによるエロージョンコロージョンが発生して、配管が開口し漏洩した事例がある。^(事例 7 5) 硫酸腐食系の設備の中でも、特に、高流速部、乱流部、流体中の遊離水分、外気から浸入した水分などによって硫酸が希釈される可能性のある箇所に硫酸腐食が生じやすい。同一濃度では、温度が高いほど腐食速度は大きくなる。^(事例 6 2)

^(事例 2 6 2) フランジ下流側に生じる流れの乱れによって、エロージョンコロージョンが発生する事例も報告されている。^(事例 2 6 3) フランジや溶接線のような軽微な形状不連続部でも、乱流によるエロージョンコロージョンが発生する可能性がある。

また、硫酸腐食によるエロージョンコロージョンでは筋状の減肉となることがあり、超音波肉厚測定や放射線透過試験では最小値を検出できないことがあるので注意が必要である。^(事例 2 6 4)

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 19 の解説

(事例 262) 2018 年 6 月、千葉県製の製油所のアルキレーション装置で発生した循環硫酸配管からの硫酸漏洩事故を反映させた。新硫酸と循環硫酸が混合せずに新硫酸が管壁に沿って流れたために硫酸腐食が発生し、漏洩に至った（石連事故報告書 保安 No.699）

(事例 263) 2019 年 10 月、和歌山県の製油所の硫酸タンクからオンサイト設備への移送配管のフランジ部近傍から漏洩した。フランジ部の流れの乱れは小さく、減肉は比較的軽微と考えていたため、検査を実施していなかった。（石連事故事例報告書 保安 No.739）

(事例 264) 2019 年 7 月、和歌山県の製油所の硫酸揚荷配管で、エルボ部腹側から硫酸が漏洩した。2018 年 11 月に行った X 線検査を実施していたが、筋状の減肉形態であったため、撮影角度の影響により最小値を検出できなかった（石連事故事例報告書 保安 No.711）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 17 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 20)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

α) 配管系内面の腐食・エロージョン

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

表5.1.2 滞留部及びスケール堆積部などの発生しやすい環境と配管系

腐 食 環 境	該 当 配 管 の 例
滞留部及び スケール堆 積部	オンサイト配管 ・ 通常運転時に他端が閉止状態にある枝管 (事例100) (事例159) ・ 安全弁行き配管 (事例241) ・ クレーン出入口ヘッダー両端のキャップ部など流動がない滞留範囲 (事例3) (事例143) ・ 流れの遅い配管系で、立上がり部や分岐部近傍の配管下部 (事例81) (事例128) (事例144) (事例180) (事例181) (事例229) ・ 長期間停止した配管側面のスケール堆積境界部 (事例145) ・ 通常空の状態の間欠使用配管 (事例36)
	オフサイト配管 ・ 通常流れが無い行止り配管 (事例23) (事例56) (事例83) (事例90) (事例101) (事例102) (事例125) (事例126) (事例127) (事例133) (事例148) (事例160) (事例162) (事例163) (事例265) (事例266) ・ 流れの遅い配管系で、立上がり部や分岐部近傍の配管下部 (事例4) (事例40) (事例161) (事例177) (事例178) (事例179) (事例182) (事例242) ・ 滞留部がスチームトレースで加熱された配管のスチームトレース近傍 (事例103) ・ ドレン抜き配管の長期間水分滞留部 (事例14) (事例57) (事例82) (事例233) ・ 長期間休止中の配管 (事例41) (事例71) (事例183) (事例206) (事例207) (事例224) ・ 非定常時使用配管、使用頻度の低い間欠使用配管 (事例12) (事例146) (事例147) (事例267) ・ タンク水切り配管 (事例43) (事例44) (事例87) (事例115) (事例149) (事例218) ・ スロップ配管滞留部 (事例42) (事例228) (事例268) (事例269)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 20 の解説

(事例 265) 2018 年 7 月、神奈川県製の油所の原油埋設二重配管底部で局所的な内面腐食により穿孔漏洩した。当該配管は 2009 年の設備変更で行止り配管となったが、行止り配管リストに反映されず、検査されなかった。(石連事故事例報告 保安 No.668)

(事例 266) 2019 年 2 月、山口県の製油所の重油トレンチ内配管底部で局所的な内面腐食により穿孔漏洩した。当該配管は通常使用していなかったが、一時的に使用することがあるため未使用配管リストに反映しておらず、検査されなかった。(石連事故事例報告 保安 No.680)

(事例 267) 2019 年 7 月、神奈川県製の油所の原油揚荷配管埋設部の配管底部で局所的な内面腐食に

より穿孔漏洩した。当該配管は 2009 年以前は連続使用していたが、2009 年以降は間欠使用配管となっていた。（石連事故事例報告 保安 No.737）

（事例 268）2018 年 12 月、大阪府の製油所で発生した、原油タンク付帯スロップ配管から漏洩に至った事例を反映させた。流れのない行止り配管に堆積したスケール下で腐食性物質である硫化水素、塩化物等を含有する水分が停滞し、局所的な腐食が発生し、開孔に至った。（石連事故事例報告 保安 No.715）

（事例 269）2019 年 11 月、神奈川県製の製油所の原油タンク付属スロップ配管底部で局所的な内面腐食により穿孔漏洩した。当該配管は 2017 年以前は月 1 回未満の頻度で使用していたが、2017 年以降は使用していなかったが、不要配管として特定されていなかった。（石連事故事例報告 保安 No.724）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 17 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 21)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

α) 配管系内面の腐食・エロージョン

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

- **管路の曲り箇所** エルボやベンドなどの流れ方向が急激に変化する箇所では、流速の増大、偏流及び旋回流が発生し、局所的に大きい腐食・エロージョンを生ずる。(事例 264) (事例 270)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 21 の解説

(事例 264) 2019 年 7 月、和歌山県の製油所の硫酸揚荷配管で、エルボ部腹側から硫酸が漏洩した。2018 年 11 月に行った X 線検査を実施していたが、筋状の減肉形態であったため、撮影角度の影響により最小値を検出できなかった (石連事故事例報告書 保安 No.711)

(事例 270) 2019 年 5 月、神奈川県製の製油所でブテンが漏洩した事例がこれに該当する。上流でノルマルブテンの抽出剤として使用している硫酸の液滴が微量同伴され、この液滴は比重差によって水平部では管の底部を流れ、立下りエルボでその直下流の垂直管の一部に衝突して局部減肉を生じた。(石連事故事例報告書 No.683)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：18 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 22）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

α) 配管系内面の腐食・エロージョン

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

- ー **流れが絞られるなど、急変する箇所** オリフィスの挿入箇所、バルブ下流など、管径や流路が急変する箇所では、流れの状態が変化する。オリフィスの例では、オリフィス口での流速の上昇、オリフィス下流における渦流の発生が挙げられ、静圧回復点近傍までの箇所に腐食の発生事例が多い。空気抜きなどのためオリフィス上部にベント孔が設けられている場合は、下流部にエロージョン・コロージョンが発生する可能性がある。**（事例 25）**

また、バルブ下流側に生じる流れの乱れによって、エロージョン・コロージョンが発生する事例も報告されている。**（事例 64）** 流量調整のため仕切り弁を極端に絞り込んで使用する等、

本来の使用目的とは異なる目的で使用した場合にも生じやすい。**（事例 84）** ジャケット管（二重管）の立上りエルボ部で、熱源のスチーム及び凝縮水の液滴の衝突により、内管のエルボ腹側の外面がエロージョンを受けて開孔した事例が報告されている。**（事例 271）**

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 22 の解説

（事例 271）2018 年 4 月、神奈川県製の製油所で、ジャケット管（二重管構造）から溶融硫黄が漏洩した事例を反映した。ジャケット管の立上りエルボ部にて、熱源のスチーム側からのエロージョンにより内管が開孔してジャケット内に溶融硫黄が漏れ込み、スチームトラップを閉塞させた。このジャケット管は、熱源スチーム投入箇所が 1 箇所／400m 前後と少なく、低所を中心に凝縮水の液滴が多くなっていた可能性がある。また、内管の耐圧試験用ノズルが、配管サポートの保温切欠き部から侵入した雨水により外面腐食で開孔し、溶融硫黄が漏洩した。この事業所では、再発防止策として、当該配管を電気加熱式に変更し、また、不要なノズルを撤去した。（石連事故事例報告書 No.664）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 19 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 23)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

- 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）** 保温配管では、保温材への雨水浸入などによって保温材下の配管に腐食や損傷が発生する。最も一般的な現象は、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。(事例7) (事例65) (事例104) (事例105) (事例216) (事例225) (事例230) (事例272) (事例273) (事例274) (事例275) 検査等で保温材を解体し、その後復旧する場合は、防水性能が低下しないよう注意が必要である。(事例187) また、火傷防止対策（保温）が行われているようなケースで外面腐食が生じた事例 (事例106)、不要となった保冷材を撤去せず、保冷材内部に雨水が滞留して外面腐食を生じた事例 (事例276) 等があることから、可能な限り不要な保温は撤去し、火傷防止が必要な個所は金網を施工することが望ましい。(事例277)

下線部追記

表 5.1.2 保温材下腐食などの発生しやすい環境と配管系

周囲の環境	該 当 配 管 の 例
保温材内に湿気を吸収蓄積する可能性がある。	・ -4℃～150℃程度で運転されている炭素鋼・低合金鋼配管 (事例153) ・ 使用中は 150℃以上であるが、間欠運転される炭素鋼・低合金鋼配管
	・ 通常は氷点下で大気中の水分は配管表面に氷結するが、間欠運転である為に付着している氷が度々融解し、湿潤環境となる炭素鋼・低合金鋼配管 (事例244) (事例278) ・ 本管から分岐され 150℃以下となる滞留部及び付属品 (事例89) (事例119) (事例279) (事例280) ・ 本管に設置されたサポート及びストッパーのフィン効果によって局部的に 150℃以下となる本管 (事例66) ・ 火傷防止対策施工配管 (事例9) (事例106) ・ コンクリートなどの構造物に接している保温施工配管 (事例95) ・ 保温施工された遊休配管 (事例165) ・ 劣化した外装板シール材下の配管 (事例225) (事例271) (事例272) (事例275)
保温外装が損傷して水分が浸入する。	・ 振動配管 ・ <u>たわみのある配管 (事例281)</u> ・ 塗材（マスチックなど）が劣化（亀裂、剥離、防水性能の劣化など）している配管

下線部追記

表 5.1.3 保温材下腐食の発生しやすい共通的部位

部 位	具体的な箇所
外装の損傷又は欠落部	膨れ部（腐食生成物が予想される） 変色部(高温やけ) 止めバンドの外れ部 重ね合せ部の外れ部 はげ掛けの弛み部
	<u>外装板が損傷した垂直保温配管の直下部（エルボ部）（※ 例279）</u>
	下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 23 の解説

（事例 271）2018 年 4 月、神奈川県製の製油所で、ジャケット管（二重管構造）から熔融硫黄が漏洩した事例を反映した。ジャケット管の立上りエルボ部にて、熱源のスチーム側からのエロージョンにより内管が開孔してジャケット内に熔融硫黄が漏れ込み、スチームトラップを閉塞させた。このジャケット管は、熱源スチーム投入箇所が 1 箇所／400m 前後と少なく、低所を中心に凝縮水の液滴が多くなっていた可能性がある。また、内管の耐圧試験用ノズルが、配管サポートの保温切欠き部から侵入した雨水により外面腐食で開孔し、熔融硫黄が漏洩した。この事業所では、再発防止策として、当該配管を電気加熱式に変更し、また、不要なノズルを撤去した。（石連事故事例報告書 No.664）

（事例 272）2019 年 10 月、神奈川県製の製油所でプロパン揚荷配管のパージ作業中に残液回収ラインから漏洩した事例を反映した。保冷板金の繋ぎ目のシール材が劣化によって剥がれ、そこから侵入した雨水によって外面腐食が進行したものであった。（石連事故事例報告書 No.717）

（事例 273）2019 年 10 月、神奈川県製の製油所のタンク付属配管が外面腐食により開孔、漏洩した。漏洩箇所付近にある配管立ち上がり部の保温板金のシール材が紫外線などにより劣化・消失しており、この部分より雨水が保温板金内部に侵入・滞留し、湿潤環境を形成したことで外面腐食が進行した。（石連事故事例報告書 保安 No.719）

（事例 274）2019 年 6 月、愛知県の製造所の接触改質装置触媒再生系配管が外面腐食により開孔、漏洩した。不具合部の保温板金は上部の配管と接触し、保温板金の変形で隙間が生じて、雨水が侵入しやすい状態であった。（石連事故事例報告書 保安 No.732）

（事例 275）2019 年 11 月、神奈川県製の製油所でプロパン揚荷配管のパージ作業中に残液回収ラインから漏洩した事例を反映した。保冷板金の繋ぎ目のシール材が劣化し、その付近から保冷剤内部に外気が入ることで配管表面で結露し易く、外面腐食が進行したものであった。

（石連事故事例報告書 No.736）

（事例 276）2019 年 7 月、神奈川県製の製油所で、プロパンの揚荷作業中に圧力計取出し管からプロパン漏洩した事例を反映した。当該揚荷配管は、保冷材下の外面腐食が高い頻度で発生していたことから、技術面の検討を行なって保冷は不要との結論になっていたが、外面腐食検査を実施していなかった部位の保冷材を撤去せず、その端面から水分が侵入して外面腐食が進行した。（石連事故事例報告書 No.708）

（事例 277）2019 年 5 月、神奈川県製の製油所の脱酸素塔拔出配管が外面腐食により穿孔、軽油が漏洩した。保温板金の雨仕舞シール材の劣化や配管の熱伸びにより発生した隙間から雨水が侵入し、配管底部に外面腐食が発生した。当該不具合部は保温が不要な配管であったが、保温の撤去を計画していなかった。（石連事故事例報告書 保安 No.687）

（事例 278）2020 年 1 月、愛知県の製造所の液化炭酸ガス陸上出荷配管において、保冷材下での外面腐食により貫孔、漏洩に至った。当該配管は間欠運転であり、出荷の有無により温度が変化する。出荷時は-18℃であり、出荷が無い場合はおよそ常温まで次第に温度が上昇する。保冷材下で氷結・解氷を繰り返す湿潤環境となり、配管表面の防食塗装が劣化して外面腐食が進行し、貫孔、漏洩に至った。（石連事故事例報告書 保安 No.742）

（事例 279）2019 年 6 月、三重県の製油所のナフサ改質装置において、差圧計の炭素鋼製導圧管の保温劣化損傷部から雨水が水分の溜まりやすい箇所へ浸入し、外面腐食が発生、漏洩に至った。（石連事故事例報告 保安 No.713）

（事例 280）2019 年 4 月、愛知県の製造所のボイラー設備が外面腐食により穿孔、漏洩した。当該漏えい部は行き止まり配管系となっており、スチームによる加熱も停止されていたため、保温下外面腐食（CUI）により穿孔した。（石連事故事例報告書 保安 No.728）

（事例 281）2019 年 12 月、岡山県の製油所のガス分留装置で、3B の配管から LPG が漏洩した事例を反映した。当該配管は、2 箇所のサポートで支えられた水平部中央がたわんでおり、保温外装板の継ぎ目に隙間が生じ、そこから侵入した雨水がたわみ部に滞留し易い状態であった。しかし当該部位に対してそのような認識が無く、外面腐食検査の対象にしていなかった。（石連事故事例報告書 No.747）

－保温配管のたわみ部が、雨水侵入による保温材下腐食を起し易いことは既知の事象で注意が必要である。付属書 A 「14.CUI の発生しやすい箇所と環境例」事例⑫参照。）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 24）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

2) 保温のない配管系

- **裸配管** 目視検査にて、配管外面の腐食状況の確認を行う。配管下部で土壌、トレンチ等のコンクリート躯体と接触している箇所、地面との距離がほとんどない箇所であって、湿潤環境となっている部位や配管上部の構造物の影響で雨滴に著しく晒される箇所、大雨時等に雨水に浸かる箇所、スチームトラップ吹出口の直近等では外面腐食の有無を検査する。
(事例 7 1) (事例 1 0 8) (事例 1 3 1) (事例 2 8 2) (事例 2 8 3) (事例 2 8 4) (事例 2 8 5)
- また、オーステナイト系ステンレス鋼（内部温度 100℃）の裸配管に工業用水が飛散・蒸発を繰り返し、その成分中の塩化物とカルシウムが濃縮した硬質スケール下で、塩化物 SCC による不具合が発生した事例もあるため、注意する必要がある。(事例 1 9 2)
- **塗装、コーティング、メッキ、防食テープ施工配管など** 塗装、コーティング、メッキ、防食テープなどの外観を目視検査する。塗装、コーティングなどに欠陥あるいは錆コブ状やうろこ状の錆を認めた場合には、その欠陥部から雨水が浸入し局所的な腐食が生じることがあることから (事例 8 8) 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。(事例 5 8) (事例 5 9) (事例 6 0) (事例 1 9 3) (事例 2 8 6) また、防食テープの劣化や膨らみが認められた場合はそれらの劣化部位を剥がして腐食の有無を検査する。(事例 7 2) (事例 1 2 0) (事例 1 2 1) (事例 2 8 7) 栈橋上のサポート接触部で防食シートが処置されていたにもかかわらず、防食シートが劣化し海水が浸入し腐食開口した事例がある。(事例 9 4) (事例 2 3 5)

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 24 の解説

(事例 282) 2018 年 12 月、神奈川県製の製油所の製品ブテン出荷配管で発生した、外面腐食による漏洩事例を反映させた。本管のサポートシュエを支えるモルタル土台を溝状に削り、そこに本管から下向きに取り出したドレン管を通していた為、土台の溝状部分に雨水がたまって当該ドレン管が外面腐食を受けた。再発防止策として、当該ドレン管は本管からの取り出し位置を変更し、モルタル土台との接触部をなくした。(石連事故事例報告書 保安 No.671)

(事例 283) 2019 年 1 月、神奈川県製の製油所のタンクエリア配管で発生した、外面腐食による C 重油の漏洩事例を反映させた。当該配管（裸配管）は、2008 年の検査で軽度の外面腐食を検知し、その進行防止の為に塗装補修を実施した。しかし当該配管の直近にはスチームトラップの吹出口があり、ここから排出されるスチームとドレン水の影響によって想定よりも早く外面腐食が進行した。なお当該配管は、今後使用する予定がないことから撤去さ

れた。（石連事故事例報告書 保安 No.672）

（事例 284）2019 年 1 月、神奈川県製の製油所の原油揚荷配管で発生した、外面腐食による漏洩事例を反映させた。当該配管（裸配管）の直上にはかなり接近した位置に消火用水配管があり、その間隙に雨水が滞留し易く、原油配管が腐食して漏洩に至った。2012 年の検査で、当該原油配管に外面腐食のあることは確認されていたが、消火用水配管との隙間が小さく、残肉厚を測定できていなかった。当該事業所では、再発防止の一環として、消火配管を引き直して原油配管の外面腐食検査等ができるようにした。（石連事故事例報告書 保安 No.674）

（事例 285）2019 年 1 月、神奈川県製の製油所でタンクヤード内の裸配管で発生した、外面腐食による漏洩事例を反映した。当該配管は、製油所の排水処理能力の不足により大雨時等には度々水に浸かり、乾・湿を繰り返すことで外面腐食が進行した。（石連事故事例報告書 No.684）

（事例 286）2019 年 3 月、山口県の製油所の栈橋上 A 重油配管において、外面腐食による錆こぶを検査員が除去したことにより開孔、漏洩した。当該不具合部は防食テープの劣化が著しかったが、事前に残肉厚を確認するなどの処置をしていなかった。（石連事故事例報告書 保安 No.681）

（事例 287）2019 年 6 月、神奈川県製の製油所でラック上配管から軽油が漏洩した事例がこれに該当する。ラック直置部に施した防食テープ（更にその上にステンレス板金を巻いて保護）の劣化部から雨水等が侵入し、防食テープと配管の隙間に保持されて外面腐食が進行した。この部位は 2007 年の外観検査で防食テープの端部付近に錆瘤の発生を認めていたが、その後詳細検査を行わず、漏洩に至った。（石連事故事例報告書 No.697）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：22 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 25）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.2 検査の方法

b) 非破壊検査

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

通常の肉厚測定に加え、より詳しい内面腐食分布状況の確認が必要とされる場合には、放射線透過試験、超音波探傷試験若しくは超音波格子点状肉厚測定、またはそれらの組合せによる検査を行う。特に保温配管については、必要な保温解体を実施し配管形状を十分確認し、検査抜けがないよう留意する。**（事例 133）** また、保温材の上から設備内外面の腐食・損傷状況検査をする場合には、同じく上記の検査手法によって行う。保温材の吸湿度を中性子水分計で検査する場合、サポートなどの障害物の付近では検査抜けが出る可能性があることに留意する。**（事例 6**

8) さらに、減肉形状によっては超音波肉厚測定や放射線透過試験では最小値を検出できないことがあるので注意が必要である。（事例 264）****

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 25 の解説

（事例 264）2019 年 7 月、和歌山県の製油所の硫酸揚荷配管で、エルボ部腹側から硫酸が漏洩した。2018 年 11 月に行った X 線検査を実施していたが、筋状の減肉形態であったため、撮影角度の影響により最小値を検出できなかった（石連事故事例報告書 保安 No.711）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 28 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 26)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.2 劣化損傷の検査

5.2.1 劣化損傷検査の範囲

c) 疲労

1) **振動疲労** 構造部材に変動荷重が繰り返し負荷され続けた場合、材料の降伏点以下の応力で疲労による割れを発生することがある。回転機械などからの振動(事例288)や内部流体の脈動(事例170)などによって変動荷重が繰り返し負荷される配管系で、構造上応力が集中しやすい部位は、検査の対象となる。ただし、適切なサポートの設置、部材の厚肉化、隅肉溶接部の補強などの応力緩和策によって、検査範囲を限定できる。(事例69)(事例134)ただし、サポートに緩みがあり、防振効果が得られず割れが発生した事例がある。(事例248)

また、ポンプ起動、停止等の圧力変動による繰返し応力を受ける配管系で、鋳鋼と比較し靱性および疲労強度の低いFC(ねずみ鋳鉄)製バルブを長年使用したため、弁箱に疲労による割れが発生し漏洩に至った事例があるため、注意が必要である。(事例289)

複雑な形状、負荷を受ける配管系は、通常、設計段階で応力解析が実施され、その結果によって適切なサポートなどの補強対策が施されているが、運転開始後に振動、その他の異常が観測された場合には、応力解析と適切な対策の必要性を改めて検討する。また、適切なサポートであっても経年的に緩みが生じ、振動が発生する可能性があるため、サポートの健全性を定期的に確認することも重要である。

対策を実施する場合には付表 2-1 に示した振動疲労対策の事例内容に留意する。

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 26 の解説

(事例 288) 2019 年 5 月、愛知県の製油所のシクロヘキサン装置において、コンプレッサーサクシヨンドラム塔頂配管から枝取った 3B ノズル付根溶接部に疲労割れが発生し水素が漏洩した。ノズル末端にはバルブがあり、コンプレッサーの振動により繰返し応力が掛かっていた。(石連事故事例報告 保安 No.731)

(事例 289) 2018 年 12 月、大阪府の製油所で発生した、C 重油出荷配管のデッドエンドに設置されたバルブから漏洩に至った事例を反映させた。鋳鋼と比較し靱性および疲労強度の低い FC(ねずみ鋳鉄)製バルブを建設以来 40 年以上使用し、かつデッドエンド側をエンドフランジにより閉止していたことでポンプ起動、停止等の圧力変動による繰返し応力を受けて弁箱に疲労による割れが発生し漏洩に至った。(石連事故事例報告 保安 No.714)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：33 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 27）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.4 製作時欠陥の顕在化 開先なし溶接、溶込み不良、大きな目違い、ボスの不適切な取付など重要な製作時の欠陥（事例 171）（事例 231）（事例 290）を工事中あるいは他の検査などで認めた場合は、当該部と同時期、同施工会社によって施工された同等部位の範囲については、製作時欠陥の顕在化に十分注意を払う必要がある。開先なし溶接部で施工後 10 年以上経過した部位より漏洩した事例がある。（事例 70）

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 27 の解説

（事例 290）2019 年 1 月、千葉県の製油所のタンク付属配管において、分岐管取付け溶接線からナフサが漏洩した。当該分岐管は溶接構造であり、製作時の溶け込み不良が長年の運転で顕在化したものと推定される。（石連事故事例報告 保安 No.721）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：33 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 28）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.5 重量物衝突時欠陥の顕在化 重量物が衝突した配管が振動により 1 年後に貫通割れにより漏洩火災に至った事例が有る。重量物が設備に衝突した場合には、振動など疲労による割れの進展が考えられる配管については、目視検査だけでなく、非破壊検査の併用も検討する。（事例 291）

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 28 の解説

（事例 291）2019 年 8 月、大阪府の製油所の循環冷却水設備において、前年の台風時に冷却塔ファンスタックが落下して潤滑油配管に衝突し、その際に発生した表面割れが配管振動により進展して破断し、漏洩油が付近の高温蒸気配管に接触して火災に至った。（石連事故事例報告 保安 No.726）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：46 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 29）

付表2-1 構造設計上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の保全事例に基づく設計配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

項目名	配慮事項例
液封下の圧力上昇対策	・ 逆止弁と仕切り弁間が液封状態になる配管系で、内部流体が蒸気抱線、直近の高温配管からの伝熱などによって温度上昇を招く場合には、液膨張による圧力上昇を引き起し、当該箇所が延性破壊した事例有。事例に配慮して、逆止弁の下流弁開放、逆止弁の取付位置変更、逆止弁バイパスの設置、逆止弁のディスクへの小径穴の設置などの安全対策を検討する。（事例20）（事例250） ・ 蒸気抱線の加温不良があった場合に、凍結固化するような性状の流体は保温施工の徹底に留意が必要である。配管の逃し弁に抱線保温がなされていなかったために部分的に凍結固化閉塞し、蒸気抱線からの入熱によって内部流体が液膨張して圧力上昇となり、配管破裂に至った事例がある。（事例35） ・ 昼夜の温度差などにより配管内圧が変動し、重油ブレンダー配管から分岐している配管フランジに挿入しているブラインドプレートが変形し、重油が漏洩した事例がある。（事例109） ・ 構造上液封状態となっている配管系の内圧が昼夜の温度差などにより変動し、ガスケットが破断した事例がある。このような配管系には、逃し弁を設ける等、液封対策を実施する。（事例201）
	<u>・ 液封防止用の安全弁行き配管を配管底部から取り出したために、安全弁および安全弁行き配管がスケールで閉塞してしまい、本管側の周辺弁閉止により液封状態となった際に、外気温上昇によりフランジから漏洩した事例がある。安全弁行き配管は上向きに取り出すなど、スケールが溜まりにくい構造とする。（事例292）</u>

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 29 の解説

（事例 292）2018 年 12 月、神奈川県製の製油所のガソリタンク付属移送用配管において、取り出しが下向きとなっている液封防止用安全弁入口配管及び安全弁本体がスケールで閉塞して正常に作動しない状態となっており、移送終了後に周辺弁閉止により液封状態となった際に、外気温上昇に伴う熱膨張により過圧が発生してフランジから漏洩した。（石連事故事例報告 保安 No.677）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 48-50 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 30)

付表2-2 工事作業上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の工事作業時及び工事品質に起因した事故事例に基づく種々の配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

分類	配慮事項例
配管開放における配慮事項	<残圧確認> (省略) <残油確認> (省略) <水洗操作> (省略) <可燃性流体の流出対策> - 配管への仕切り板挿入作業などでフランジを開放する際には、液だれにより内部に残存する可燃性流体が周辺の保温材へ染み込むのを防止するため、適切な措置を講じる。<u>(事例204) また、可燃物が流出あるいは飛散して周辺設備や保温材に付着あるいは染み込んだ場合には、配管・設備から付着油を完全に除去し、油が付着した保温材は取替を検討する。(事例293) 断熱材に染み込んだ油は、酸化・蓄熱による温度上昇で、内部流体温度に関係なく発火する懸念がある。</u> - 運転中にバルブを閉止してフランジを開放する際には、上流からの夾雑物のバルブへの噛み込みに留意する。上流から流出したビーズが下流のバルブに噛み込み、フランジ開放時にビーズとともに熱油が漏洩し作業者が被災した事例が有る。<u>(事例210)</u>
配管開放時における可燃性ガスの漏れ込み防止と確認	可燃性ガスと接続されている配管を仕切り板挿入工事などで開放する際には、可燃性ガスの漏れ込みを確実に防止するための適切な措置を行う。また、開放直前に複数個所でガス検知を行い、可燃性ガスの漏れ込みがないことを確認する。<u>(事例113) (事例255) ページ範囲内の弁を閉止している場合には、弁本体およびボンネット内部に溜った残液・残ガスを確実に排出するために、弁を中間開放する。(事例294)</u>
外面腐食部の防食措置	- 外面腐食部への処置(防食塗装、防食テープ施工等)を行う場合には、確実なケレンを<u>行った</u>行い、腐食底などに錆が残存しないことを確認した上で施工する。ケレンが不十分なまま防食塗装や防食テープを施工し、不具合となった事例がある。<u>(事例139) (事例295) また、ウォーターブラスト後の錆の残存確認が不十分なまま防食塗装を施工し、10年後に不具合となった事例がある。(事例296)</u> - 著しい錆こぶなど、ケレンにより内部流体の漏洩が懸念される場合には、ケレン前に残肉厚の確認や液抜き等の環境設定作業に配慮する。<u>(事例286)</u> - 過去に外面塗装が悪い状態のままで保温を設置した為に、外面腐食が進行して不具合に至った事例 <u>(事例256)</u> がある。保温を設置する際には、塗装が十分な防食効果を発揮できる状態に復旧する必要がある。

下線部追記 & 取消線部削除

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 30 の解説

(事例 286) 2019 年 3 月、山口県の製油所の栈橋上 A 重油配管において、外面腐食による錆こぶを
検査員が除去したことにより開孔、漏洩した。当該不具合部は防食テープの劣化が著し
かったが、事前に残肉厚を確認するなどの処置をしていなかった。(石連事故事例報告
書 保安 No.681)

(事例 293) 2018 年 7 月、神奈川県の製油所のタンク落油配管において、定修後の運転再開昇温中にロックウール保温材で小火が発生した。同配管はこの 2 か月前に漏洩しており、その際に保温材や配管表面に重質油が固着し、清掃で除去しきれずに残存し、昇温中に発火した。(石連事故事例報告 保安 No.696)

(事例 294) 2018 年 9 月、神奈川県製の油所のエチレンガス配管において、溶接補修開始時に配管内のガスに引火して溶接士が火傷を負った。仕切り板による縁切り範囲内の弁本体およびボンネット内部に残存していた可燃性ガスが少しずつ工事範囲に流入した。(石連事事故例報告保安 No.670)

(事例 295) 2019 年 12 月、神奈川県製の油所のタンク付属配管において、保温材下での外面腐食により配管の底部が穿孔し、漏洩に至った。当該不具合部周辺では、1995 年に軽微な外面腐食部は塗装を実施していたが、ケレン不足の状態で塗装したため、塗装下での外面腐食が進行した。(石連事故事例報告書 保安 No.729)

(事例 296) 2019 年 2 月、神奈川県の製油所構外の軽油配管において、外面腐食部をウォーターブラストで下地処理後、錆の残存確認が不十分なまま防食塗装を施工したために、その 10 年後に外面腐食により穿孔漏洩した。(石連事故事例報告保安 No.685)

(事例 297) 2019 年 9 月、茨城県の製油所の低温液化 L P G タンク付属配管立上り部において、局部的な外面腐食により穿孔漏洩した。2013 年に外面腐食の目視点検を実施したが、地上から確認できる範囲では顕著な外面腐食は覚知されず、立上り配管の高所については検査が不十分であった。(石連事故事例報告書 保安 No.733)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 51 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 31)

付表 2-3 変更に伴うトラブルと配慮事例

事故に至る過程で変更が行われた事例を抜粋し、変更に伴うトラブルと配慮事項例を以下に示す。

変更の内容	トラブル内容	配慮事項
運 転	① 長期間、未使用であった配管に対し、仕切り板等による縁切りならびに油抜きを行っていなかったため、内面腐食の進行、(事例 71) (事例 80) (事例 183) (事例 206) (事例 207) (事例 224) (事例 267) または外面腐食の進行 (事例 208) によって原油残油が漏洩した。 また休止に伴いスチームトレースを停止していた配管の行き止まり部で真冬日に残留水分が凍結膨張し、ガスケットが破損して滞油が漏洩した事例がある。(事例 212)	配管系を長期間にわたって使用を休止する場合は、休止期間中の防食対策 (滞留部の腐食進行を防止するため仕切り板による縁切りや油抜きなど)、健全性の確認に関する事項などの対応を決め、決定事項のフォローアップを確実に行う。(事例 71) (事例 80) (事例 183) (事例 206) (事例 207) (事例 208) (事例 224) (事例 267) 寒冷地などでは、配管内の残留水分が凍結して不具合の原因になることがあり、休止配管であってもスチームトレースの取扱い等には注意する。(事例 212)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 31 の解説

(事例 267) 2019 年 7 月、神奈川県製の製油所の原油揚荷配管理設部の配管底部で局所的な内面腐食により穿孔漏洩した。当該配管は 2009 年以前は連続使用していたが、2009 年以降は間欠使用配管となっていた。(石連事故事例報告 保安 No.737)

JPI-8S-1-2020 の該当頁：53 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 32）

付表 2-3 変更に伴うトラブルと配慮事例

事故に至る過程で変更が行われた事例を抜粋し、変更に伴うトラブルと配慮事項例を以下に示す。

変更の 内容	トラブル内容	配慮事項
設 備	②配管改造によって運転中に流れのない滞留部となった原油 払い出し 配管において、配管底部に堆積した水分、スラッジ下で局部的に腐食が進行し、開口、漏洩した。（事例 5 6）（事例 2 6 5）	設備改造を行う場合には、計画段階で、腐食環境の変化に対応した管理方法を決め、決定事項のフォローアップを確実に行う。 （事例 5 6）（事例 2 6 5）
設 備	⑫過去に安全弁を撤去したことにより、安全弁吐出配管が行止まり配管となり、保温内に雨水が浸入し外面腐食により減肉、開口した。（事例 2 8 0）	配管改造時には、本管から分岐され 150℃以下となる滞留部が生じないように改造する必要がある。（事例 2 8 0）

下線部追記 & 取消線部削除

管理番号：8S-1-2018 追補 32 の解説

（事例 265）2018 年 7 月、神奈川県製の油所の原油埋設二重配管底部で局部的な内面腐食により穿孔漏洩した。当該配管は 2009 年の設備変更で行止り配管となったが、行止り配管リストに反映されず、検査されなかった。（石連事故事例報告 保安 No.668）

（事例 280）2019 年 4 月、愛知県の製造所のボイラー設備が外面腐食により穿孔、漏洩した。当該漏えい部は行き止まり配管系となっており、スチームによる加熱も停止されていたため、保温下外面腐食（CUI）により穿孔した。（石連事故事例報告書 保安 No.728）

配 管 維 持 規 格

(2021 年 10 月 26 日追補)

この追補は、2018 年 10 月 31 日に改訂された“配管維持規格”2018 年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8S-1-2018** とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2021 年 10 月 26 日の追補は次の箇所（赤字＋下線部）である。

<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：11 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 33）</u>	3
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：14 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 34）</u>	4
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：15 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 35）</u>	5
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：17 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 36）</u>	6
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：18 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 37）</u>	7
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：18 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 38）</u>	8
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：19 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 39）</u>	9
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 40）</u>	12
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 41）</u>	14
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：21 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 42）</u>	16
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：21 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 43）</u>	17
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：22 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 44）</u>	18
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：27 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 45）</u>	19
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：28 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 46）</u>	20

JPI-8S-1-2018（追補-2021）
（2021 年 10 月 26 日追補）

<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：31 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 47）</u>	21
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：33 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 48）</u>	22
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：34 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 49）</u>	23
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：38 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 50）</u>	24
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：40 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 51）</u>	25
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：45 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 52）</u>	26
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：47 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 53）</u>	28
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：48－50 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 54）</u>	29
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：51－52 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 55）</u>	31

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 11 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 33)

4. 配管系の管理

4.7 検査準備及び安全

- a) 検査箇所とデータシートなどの作成 検査実施前に、次に示すものについて十分な確認を行い、必要な検査が的確に実施されるように管理する配管系毎にデータシートなどを作成する。
- ー検査対象配管系の関連法規、規格、基準、運転条件（温度、圧力、流体組成など）、稼動状況、配管系仕様（配管径、材質、使用板厚、必要板厚）、検査、補修履歴など。

また、作成するデータシートには、配管系の経路図、検査すべき部位、検査項目、検査方法、使用検査器具、前回の検査結果、などを記入し、検査作業中は携帯するなど、常に確認しながら作業を行うことが望ましい。(事例 298)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 33 の解説

(事例 298) 2020 年 11 月、岡山県の製油所において、原油受入配管 (48B) の T 形分岐部が内面腐食により開口し、原油が漏洩した。この T 形分岐部は溶接構造で、分岐側のネック部は、当該配管の本管検査の際には分岐管の部材であるとして検査対象から除外し、後年実施した分岐管検査の際には本管の部材であるとして除外し、結果的に設置以来未検査の状態になっていた。(石連事故事例報告書 No.840)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 14 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 34)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

a) 配管系内面の腐食・エロージョン

1) 腐食・エロージョンの種類

— **塩化アンモニウム腐食** 塩化アンモニウム腐食は、常圧蒸留塔塔頂系の湿性塩化物腐食を防止する目的で注入したアンモニア又は水素化脱硫反応工程における脱窒素反応などによって生じたアンモニアが、塩化水素と結合し塩化アンモニウムが生成され、その塩の析出に伴い発生する腐食で、塩化アンモニウム塩の析出・堆積するような滞留部に発生する。

(事例 238) (事例 260) (事例 299)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 34 の解説

(事例 299) 2020 年 3 月に、和歌山県の製油所の流動接触分解装置のスポンジオイルアブソーバー塔頂配管にて、塩化アンモニウム腐食による内面減肉により開口・漏洩が発生した。当該装置はスポンジオイルとしてメインフラクショネーター上部からの抜き出しを使用しているため、過去から塩化アンモニウムの析出があり、不具合部は通常流れのない配管の合流部で、塩化アンモニウムが堆積しやすい滞留部となっていた。(石連事故事例報告書 保安 No.781)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 15 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 35)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

a) 配管系内面の腐食・エロージョン

1) 腐食・エロージョンの種類

- **酸化処理工程に伴う腐食** ガソリン基材となるナフサは、酸化処理（スウィートニング）が実施されるが、処理工程後の配管で水分が凝縮すると、酸素濃淡電池による腐食を促進し長期使用配管で、開口漏洩が発生した事例がある。（事例 99）

— **高温酸化** 高温酸化とは、FCC 再生塔、加熱炉及びボイラのチューブなど、常に高温のガスに曝されている設備の外表面がガス中の高温の酸素により酸化され減肉していく現象をいう。炭素鋼の場合、200～300℃から表面に薄い酸化皮膜が形成されるようになり、500℃付近から本格的な酸化を受け、約 600℃以上では急速に進行し酸化皮膜も厚い脆弱なものになる。鋼材中のクロム濃度が高いほど保護性のある酸化被膜ができるが、外力等により酸化被膜が破壊される場合は高温酸化が進展し易いので注意が必要である。接触改質装置リアクター出口配管において間欠運転の影響により小径配管のノズルネックに繰り返しの熱応力が加わり外表面から高温酸化が進展して開口した事例がある。（事例 300）

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 35 の解説

（事例 300）2020 年 7 月、神奈川県製の製油所で発生した固定床の接触改質装置での漏洩事例を反映させた。当該装置は定期的に運転停止する必要がある、熱サイクルによる応力が小径ノズルのネックに加わり、酸化被膜が破壊され高温酸化が進展した。さらに停止中に CUI が進行し、高温酸化と CUI の組み合わせにより開口に至った。（石連事故事例報告書 No. 827）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 17 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 36)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

a) 配管系内面の腐食・エロージョン

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

表 5.1.3 オフサイト配管滞留部で内面腐食穿孔が見られた油種および条件

構 造 / 使 用 条 件	オフサイト配管滞留部で内面腐食が発生し易い油種
オフサイト行止り配管、長期休止配管、間欠使用配管、非定常時使用配管	・原油配管、スロップ配管 ・タンク水切り配管
	・未脱硫あるいは海上受入れのナフサ(事例301)・ジェット燃料・灯軽油・重油配管 ・ドレン配管

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 36 の解説

(事例 301) 2020 年 9 月、神奈川県製の製油所で発生したナフサタンク付属配管からの漏洩事例を反映させた。当該配管はタンクから装置へ未脱硫ナフサを送る配管であり、配管真下方向の 1 箇所にすり鉢状の穿孔が確認された。堆積物下における内面腐食が進行したものと推定する。(石連事故事例報告書 No. 839)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 18 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 37)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

a) 配管系内面の腐食・エロージョン

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

- **注入箇所** 水や薬品を注入する箇所では、注入される流体の物性と運転条件によって局部腐食が生じる。この為、注入部及びその上下流は、必要に応じて面での肉厚測定（多点肉厚測定、超音波による面探傷等）を行なう。**(事例 243)** また、注入流体の拡散が十分でない場合は、偏流が生じ、この影響は上下流に及ぶ。直管部の主流が乱流の場合の腐食範囲は、注入点より上流方向へはおおよそ管径の 3 倍、下流方向へはおおよそ管径の 20 倍までである。インナーノズルがない場合では注入された流体は本管内壁に沿って流れたり、注入水が直接衝突する部位が、注入頻度の変化などの影響によって激しく腐食した事例があるので注意を要する。**(事例 5)** また、インナーノズルが腐食開口していたために薬剤の分散が不均一となり下流配管が腐食した事例もある。従って、また、インナーノズルで水等を注入している場合は定期的にインナーノズルの点検を行う必要がある。**(事例 24) (事例 116) (事例 302)**

下線部追記、取消線部削除

管理番号 : 8S-1-2018 追補 37 の解説

(事例 302) 2020 年 7 月、神奈川県製の製油所で発生した常圧蒸留塔塔頂配管からの漏洩事例を反映させた。薬注ノズルが腐食開口していたため、中和剤と皮膜剤の分散が不均一となり、下流のエルボが腐食により開口した。(石連事故事例報告書 No. 787)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 18 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 38)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

a) 配管系内面の腐食・エロージョン

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

一 **凝縮部** 蒸留装置の塔頂系、リアクター下流の反応生成物系、高温油のベント配管 (事例 26) ~~及び~~ 排ガス回収系統 及びアシッドガス系 などで蒸気が部分的に凝縮する際、凝縮液 (特に凝縮水) 中に腐食性物質が濃縮し、配管系が腐食されることがある。 (事例 184) (事例 185) (事例 303) 特に初期の凝縮液は、腐食性物質で飽和され高濃度となるので腐食が激しくなる。初期凝縮の起る位置は運転条件、局部的冷却 (フィン効果による) の有無 (事例 6) (事例 45) (事例 124) などにも影響される (事例 117)。 凝縮部の腐食防止のためにスチームトレースを取り付けている場合は、その機能が保たれていることを定期的に確認する必要がある。 (事例 304)

下線部追記、取消線部削除

管理番号 : 8S-1-2018 追補 38 の解説

(事例 303) 2020 年 1 月、神奈川県製の製油所で発生したフレアスタック配管からの漏洩事例を反映させた。サブスタック配管の保温されていない箇所でフランジのフィン効果により酸露点腐食が発生し、開口した。(石連事故事例報告書 No. 790)

(事例 304) 2020 年 4 月、愛知県の製造所において、サイクリック再生式接触改質装置の触媒再生系で発生した配管の腐食損傷事例を反映させた。当該触媒再生系では、系内に存在する塩素と凝縮水による塩酸腐食が想定される部位にスチームトレースを取り付けているが、スチームトラップの不具合によって十分に加温されていなかった部位で腐食が進行し、開口した。(石連事故事例報告書 No. 788)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 19 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 39)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

- 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) 保温配管では、保温材への雨水浸入などによって保温材下の配管に腐食や損傷が発生する。最も一般的な現象は、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。(事例7)(事例65)(事例104)(事例105)(事例216)(事例225)(事例230) なお、目視点検が行き届きにくいラック上配管などは、高所点検用のポールカメラ等による外装板の点検が有効である。(事例305) 検査等で保温材を解体し、その後復旧する場合は、防水性能が低下しないよう注意が必要である。(事例187) また、火傷防止対策 (保温) が行われているようなケースで外面腐食が生じた事例 (事例106) があることから、可能な限り不要な保温は撤去することが望ましい。

下線部追記

表 5.1.4 保温材下腐食などの発生しやすい環境と配管系

周囲の環境	該 当 配 管 の 例
噴霧、水蒸気、海水飛沫 (事例8) に直接さらされる。	- 冷水塔付近の配管 - スチームトラップ近傍の配管 - スチームトレース配管の保温内継手 (事例151) - スチームトレース配管の腐食や損傷による開口で湿潤環境になった配管 (事例187)(事例188)(事例189)(事例191)(事例233) <u>事例 (306)</u> - 栈橋上の保温配管 (事例8) - エアフィンクーラー下部近傍の配管 (事例76) - 海水等のドレンのかかる配管 (事例222) - 大雨、高潮などによって冠水した配管 (事例96)(事例107)(事例152)(事例190)(事例220)(事例234) <u>(事例307)</u> <u>隣接配管の漏洩などによって、水等の漏洩飛沫の影響を受けた配管 (事例308)</u>
保温材内に湿気を吸収蓄積する可能性がある。	-4℃～150℃程度で運転されている炭素鋼・低合金鋼配管 (事例153) <u>(事例309)</u> - 使用中は 150℃以上であるが、間欠運転される炭素鋼・低合金鋼配管 <u>(事例310)</u> - 通常は氷点下で大気中の水分は配管表面に氷結するが、間欠運転である為に付着している氷が度々融解し、湿潤環境となる炭素鋼・低合金鋼配管 (事例244)(事例278) - 本管から分岐され 150℃以下となる滞留部及び付属品 <u>や計装機器への導圧配管 (事例89)(事例119)(事例279)(事例280) (事例311)(事例312)</u> - 本管に設置されたサポート及びストッパーのフィン効果によって局部的に 150℃以下となる本管 (事例66) - 火傷防止対策施工配管 (事例9)(事例106)

下線部追記

周囲の環境	該 当 配 管 の 例
保温材内に湿気を吸収蓄積する可能性がある。	・コンクリートなどの構造物に接している保温施工配管（事例 95） ・保温施工された遊休配管（事例 165）
	・劣化した外装板シール材下の配管（事例 225）（事例 271）（事例 272）（事例 275） （事例 313） ・ステージ貫通部やウィープホール等の影響で雨滴に著しく晒される箇所（事例 314）
	下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 39 の解説

（事例 305）2020 年 8 月、神奈川県製の製油所で発生したオフサイト配管の保温下外面腐食による漏洩事例を反映させた。当該配管はラック上に設置されており、地上からの劣化状態の確認が難しく、詳細点検ができていなかった。（石連事故事例報告書 No. 806）

（事例 306）2020 年 10 月、岡山県の製油所において、休止中の石化タール受入配管の滞油抜き作業中に、腐食開口部から残油が漏洩した。この配管に取り付けられていたスチームトレース管の、保温材内にあったジョイント部に微量の漏れがあり、ここから浸出した水が保温材内部に滞留して保温下外面腐食が進行した。（石連事故事例報告書 No. 845）

（事例 307）2020 年 7 月に宮城県の製油所で水素製造装置のリフォーマー出口配管にて、外面腐食による漏洩が発生した。当該部位は東日本大震災時の津波で浸水した部位であったが、保温材の更新等は実施されていなかった。その結果、運転中の熱（650℃程度）により、保温内に残存していた海水由来のアルカリ塩により、熔融塩腐食が発生し、肉厚が減少した部位で内圧もしくは熱応力による貫通割れが発生し、漏洩に至った。（石連事故事例報告書 保安 No. 800）

（事例 308）2020 年 3 月、茨城県の製油所で発生したパラキシレン留出配管（タンク行き）の漏洩事例を反映させた。当該配管に隣接する廃水配管は過去に複数回の漏洩実績があり、その漏洩飛沫が当該配管の保温外装板の隙間から保温材内部に浸入し、保温下外面腐食の原因になったと推定された。（石連事故事例報告書 No. 782）

（事例 309）2020 年 11 月、愛知県の製造所において、バッチ使用の LP ガス配管が保温下外面腐食により開口した。当該配管は、加熱炉の燃料ガス分子量調整用の LP ガスを送気する配管内のドレンをブローダウン設備に送る分岐管で、凍結防止の為に保温が設置されているがトレースはなく、常温になっていることが多かった。この為、保温板金の継目等から浸入した雨水等により保温下外面腐食が進行した。（石連事故事例報告書 No. 835）

（事例 310）2020 年 4 月、神奈川県製の製油所の灯油脱硫装置で発生した間欠運転される保温配管から漏洩した事例を反映した。当該配管は保温外装板の隙間からの雨水浸入により、保温配管の内部が湿潤状態となり外面腐食が進行していたため、漏洩防止措置としてバンド掛

け作業を行った際に残存したスケールが剥がれたことにより、漏洩が発生した。(石連事故事例報告書 保安 No. 762)

(事例 311) 2020 年 8 月、神奈川県製の製油所で発生した圧力計導圧配管からの漏洩事例を反映させた。導圧配管のため内部流体は滞留して温度は低く、保温板金切欠き部から浸入した雨水により外面腐食が進行して開口した。(石連事故事例報告書 No. 805)

(事例 312) 2020 年 10 月、神奈川県製の製油所のプロピレン精留蒸留装置で発生した保温配管からの漏洩事例を反映した。当該配管は防音目的に保温材を使用していたが、保温外装板の隙間からの雨水浸入により、保温配管の内部が湿潤状態となり外面腐食が進行したため、漏洩が発生した。(石連事故事例報告書 保安 No. 842)

(事例 313) 2020 年 10 月、神奈川県製の製油所で発生した保温下外面腐食による配管からの漏洩事例を反映させた。保温シール不良によって外面腐食が進行し開口に至った。(石連事故事例報告書 No. 810)

(事例 314) 2020 年 8 月に千葉県の製油所でステージ下に位置していた燃料ガス配管のエルボ部にて、外面腐食による漏洩が発生した。当該部はステージ下に位置するものの、上部のステージ貫通部より計装用電線管を伝って雨水があたる位置にあり、不具合が発生したエルボの保温外装板上部にはシール材が未施工であったため、そこから雨水が浸入し外面腐食の発生に至った(石連事故事例報告書 保安 No. 794)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 40）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

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）

表 5.1.5 保温材下腐食の発生しやすい共通的部位

部 位	具体的な箇所
保温及び外装材の貫通部又は切欠き部	ベント、ドレン部 ハンガー保持部 パイプシュー取付部 トレース管貫通部 ステージなどの貫通部 架台に配管直置きしている保温を切り欠いた箇所（事例 129）（事例 245）
	サポート取付、 <u>近接する配管のフランジ、分岐管との干渉を避けるため保温を切欠いた箇所</u> （事例 10）（事例 67）（事例 166）（事例 167）（事例 315）（事例 316） 抱線取付けのために配管上面の保温材に設けた貫通部（事例 97）
	・・・（省略）・・・
外装の損傷又は欠落部	膨れ部（腐食生成物が予想される） 変色部（高温やけ） 止めバンドの外れ部 重ね合せ部の外れ部 はぜ掛けの弛み部 外装板が損傷した垂直保温配管の直下部（エルボ部）（事例 279） <u>垂直配管で上部保温板金とのシールが未施工部</u> （事例 317） <u>隣接配管と抱き合わせて保温施工している配管（外装板上部に水分が滞留しやすい）</u> （事例 318）
下線部追記、取消線部削除	

管理番号：8S-1-2018 追補 40 の解説

（事例 315）2020 年 8 月、茨城県の製油所において、燃料ガス供給配管に発生した漏洩事例を反映させた。当該配管には、隣接する配管のフランジとの干渉を避ける為、保温材に切り欠きが設けられており、そこから浸入した雨水が保温材内部に滞留し、配管外面の腐食が進行した。（石連事故事例報告書 No. 823）

（事例 316）2021 年 1 月、千葉県製の油所の A 重油製品タンクへ添加剤を移送する配管において、保温下での外面腐食による漏洩が発生した。当該配管は当初裸配管であったが、サービス変更に伴い保温が施工された。その際、外面腐食の発生を考慮した塗装等の選定が行われておらず、加えてサポート部に切り欠きがある状態で施工されたため、雨水が滞留し外面腐食が進行した。（石連事故事例報告書 保安 No. 853）

（事例 317）2020 年 4 月に和歌山の製油所でポンプのミニマムフロー配管より保温シール不良部からの雨水浸入に伴う外面腐食により漏洩が発生した。当該部は過去の外観点検でシール不良が確認されていたが、板金の損傷が認められなかったため、詳細検査が実施されず、腐食の検知ができなかった。（石連事故事例報告書 保安 No. 766）

（事例 318）2020 年 4 月、三重県の製油所で発生した、液体苛性ソーダ（48％）の受入配管から漏洩に至った事例を反映させた。隣接する配管と合わせて保温を施工しており、外装板上部に雨水が滞留しやすい平たんな形状であったため、外装板の繋目から雨水が浸入し、保温内が湿潤環境となって外面腐食が発生し、開孔に至った。（石連事故事例報告 保安 No. 814）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 41）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

2) 保温のない配管系

— **裸配管** 目視検査にて、配管外面の腐食状況の確認を行う。配管下部で土壌、トレンチ等のコンクリート躯体と接触している箇所、地面との距離がほとんどない箇所であって、湿潤環境となっている部位、梁あるいはサポートに配管が直接接触している箇所（事例 319）、配管上部の構造物やレイアウトの影響で雨滴、結露水、ドレン、スチーム等に晒される箇所、および隣接配管の損傷などによって漏洩した水等に著しく晒されていた箇所、大雨時等に雨水に浸かる箇所、スチームトラップ吹出口の直近等では外面腐食の有無を検査する。（事例 71）（事例 108）（事例 31）（事例 282）（事例 283）（事例 284）（事例 285）（事例 320）

また、オーステナイト系ステンレス鋼（内部温度 100℃）の裸配管に工業用水が飛散・蒸発を繰り返す、その成分中の塩化物とカルシウムが濃縮した硬質スケール下で、塩化物 SCC による不具合が発生した事例もあるため、注意する必要がある。（事例 192）

— **塗装、コーティング、メッキ、防食テープ施工配管など** 塗装、コーティング、メッキ、防食テープなどの外観を目視検査する。塗装、コーティングなどに欠陥あるいは錆コブ状やうろこ状の錆を認めた場合には、その欠陥部から雨水が浸入し局所的な腐食が生じることがあることから（事例 88）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。（事例 58）（事例 59）（事例 60）（事例 193）（事例 286）また、防食テープの劣化や膨らみが認められた場合はそれらの部位を剥がして腐食の有無を検査する。（事例 72）（事例 120）（事例 121）（事例 287）（事例 321）（事例 322）（事例 323）（事例 324）

下線部追記、取消線部削除

管理番号：8S-1-2018 追補 41 の解説

（事例 319）2020 年 8 月、神奈川県製の製油所で発生したプロピレン配管の梁接触部からの漏洩事例を反映させた。当該配管はクーリングタワー近傍に位置し、飛散水による外面腐食環境にあったが外面腐食点検を優先的に実施できていなかった。（石連事故事例報告書 No. 850）

（事例 320）2020 年 6 月、岡山県の製油所で屋外タンク付属配管から、移送中であった油混じりのスロップ水が漏洩した事例を反映させた。当該配管の上部にあった海水配管のバンド掛け応急補修部から海水が滴下し、外面腐食が進行した。（石連事故事例報告書 No. 793）

（事例 321）2020 年 7 月、神奈川県製の製油所の原油荷揚げ配管ドレンノズルで発生した漏洩事例を反映させた。当該配管は防食テープ内部で膨らみが確認されたため、健全性を確認後に、外面腐食進行抑制のため、防食テープを撤去し、防食塗装を施したが、その際にスケール除

去を行わなかったため内部で外面腐食が進行し、漏洩に至った。(石連事故事例報告書 保安 No. 843)

(事例 322) 2020 年 5 月、千葉県製の製油所のナフサ移送配管で、防食テープ劣化部からの水分浸入による外面腐食に伴う漏洩が発生した。当該部は 2019 年 2 月に超音波探傷試験による評価を実施していたが、一部測定波形の乱れによる解析困難箇所があった。解析困難箇所については詳細目視検査等の追加検査が行われておらず、寿命評価を誤った。(石連事故事例報告書 保安 No. 836)

(事例 323) 2020 年 9 月、千葉県製の製油所のガソリン転送配管にて、パイプラックの配管サポート接触部で、接触部のシール不良により雨水が浸入し、外面腐食が発生し漏洩した。当該部は外面腐食が懸念されていたため、超音波探傷試験による評価を実施していたが、電縫溶接部による影響で測定波形に乱れがあった。そういった部位について、精度を補完する検査が実施できておらず、余寿命評価を誤った。(石連事故事例報告書 保安 No. 837)

(事例 324) 2020 年 12 月、千葉県製の製油所で防食テープ劣化部からの水分浸入による外面腐食に伴う漏洩が発生した。2017 年の超音波探傷試験の結果、ノイズにより解析困難となったため、放射線透過試験による追加検査を実施したが、狭所であったため一断面による評価で判断した結果、余寿命評価を誤った。(石連事故事例報告書 保安 No. 852)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：21 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 42）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

2) 保温のない配管系

- サポートなどの取付部 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（事例 236）、ハンガー取付部などのサポート接触面（事例 11）には、腐食が発生しやすい。また、サポートの構造によっては目視検査が困難な箇所（事例 85）（事例 221）があるので留意する。ダミーサポート取付部が全周溶接されていない場合やダミーサポートが腐食開口している場合は雨水が浸入しやすく、またウィープホールからの湿気の浸入（事例 325）により、ダミーサポート取り付け部は外面腐食が進行しやすい。（事例 196）（事例 219）（事例 326）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 に示す。

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 42 の解説

（事例 325）2020 年 9 月、神奈川県製の製油所で発生したダミーサポート部からの漏洩事例を反映させた。サポートの空気抜き穴を塞いでいた樹脂が外れ、穴から雨水が浸入し外面腐食により開口した。（石連事故事例報告書 No. 807）

（事例 326）2020 年 8 月、神奈川県製の製油所で発生したダミーサポート部からの漏洩事例を反映させた。縦型ダミーサポートの下端が雨水溜まりに浸かりサポート内が湿潤環境となっていたため配管エルボ部が外面腐食し、開口した。（石連事故事例報告書 No. 795）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 21 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 43)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

- 3) 防油堤貫通部の配管系 貫通部は一般に防食テープ巻きによる防食対策を行い、配管部材が貫通部のコンクリートなどと直接接触しないように施工するが、シール材が経年劣化すると雨水浸入によって貫通部内が湿潤雰囲気となり、防食テープ端部付近あるいは防食テープ劣化剥離部が腐食を受けやすい。(事例 246)

また、貫通部内に部分的に防食テープが未施工の部位が存在すると、防油堤を構成する鉄筋と防食テープ未施工部で電位差が生じ、局部減肉を発生させる。(事例 327)

防食テープの替りにモルタル被覆された配管では、モルタル劣化にともない腐食開口した事例がある。(事例 168) また、スリーブタイプの場合は、隙間部に雨水が浸入し隙間腐食を発生しやすいので留意する。(事例 28) (事例 46) (事例 132) (事例 154)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 43 の解説

(事例 327) 2020 年 12 月、大分県の製油所の重質ナフサ配管の防油堤貫通部において、外面腐食による漏洩が発生した。不具合部は 1980 年に防油堤の補強（二重化）を実施したが、既設防油堤の貫通部については防食テープが未施工であったため、電位差による局部腐食が発生した。なお、当該部は電位差分布測定法による点検を実施していたが、腐食形状が非常に局部的であったため、減肉を検出できていなかった。(石連事故事例報告書 保安 No. 847)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：22 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 44）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.2 検査の方法

b) 非破壊検査

通常肉厚測定に加え、より詳しい内面腐食分布状況の確認が必要とされる場合には、放射線透過試験、超音波探傷試験若しくは超音波格子点状肉厚測定、またはそれらの組合せによる検査を行う。特に保温配管については、必要な保温解体を実施し配管形状を十分確認し、検査抜けがないよう留意する。**（事例 133）** また、保温材の上から設備内外面の腐食・損傷状況検査をする場合には、同じく上記の検査手法によって行う。保温材の吸湿度を中性子水分計で検査する場合、サポートなどの障害物の付近では検査抜けが出る可能性があることに留意する。**（事例 68）** さらに、減肉形状によっては超音波肉厚測定や放射線透過試験では最小値を検出できないことがあるので注意が必要である。**（事例 264）**

また、超音波探傷試験を用いた場合において、解析が困難となるような箇所があった場合には、詳細目視検査や他の非破壊検査を行うなどして、検査結果の補完が必要である。**（事例 322）（事例 323）** その際、放射線透過試験を用いる場合には、複数断面による評価を検討し、狭所等で複数断面の撮影ができないなど、評価が十分でないと判断できる場合には応急補修等の検討が必要である。**（事例 324）**

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 44 の解説

（事例 322）2020 年 5 月、千葉県製の製油所のナフサ移送配管で、防食テープ劣化部からの水分浸入による外面腐食に伴う漏洩が発生した。当該部は 2019 年 2 月に超音波探傷試験による評価を実施していたが、一部測定波形の乱れによる解析困難箇所があった。解析困難箇所については詳細目視検査等の追加検査が行われておらず、寿命評価を誤った。（石連事故事例報告書 保安 No. 836）

（事例 323）2020 年 9 月、千葉県の製油所のガソリン転送配管にて、パイプラックの配管サポート接触部で、接触部のシール不良により雨水が浸入し、外面腐食が発生し漏洩した。当該部は外面腐食が懸念されていたため、超音波探傷試験による評価を実施していたが、電縫溶接部による影響で測定波形に乱れがあった。そういった部位について、精度を補完する検査が実施できておらず、余寿命評価を誤った。（石連事故事例報告書 保安 No. 837）

（事例 324）2020 年 12 月、千葉県の製油所で防食テープ劣化部からの水分浸入による外面腐食に伴う漏洩が発生した。2017 年の超音波探傷試験の結果、ノイズにより解析困難となったため、放射線透過試験による追加検査を実施したが、狭所であったため一断面による評価で判断した結果、余寿命評価を誤った。（石連事故事例報告書 保安 No. 852）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 27 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 45)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.2 劣化損傷の検査

5.2.1 劣化損傷検査の範囲

b) 環境による脆化及び割れ

1) 塩化物応力腐食割れ 塩化物応力腐食割れの検査の対象は、蒸留、脱硫、改質装置の蒸留塔塔頂系及びガス分離系の湿潤塩化物環境において使用されるオーステナイト系ステンレス鋼配管とな

る。スタートアップ過程、または運転中でドレン水が濃縮される箇所、海塩粒子に曝される裸配管外面及び海塩粒子を含んだ雨水が浸入しやすい保温配管（特に保温切欠き部）であり、高応力が発生するような箇所についても注意する。(事例198) (事例199) (事例328)
なお、上記のような箇所については必要に応じて塗装による環境遮断を検討する。

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 45 の解説

(事例 328) 2020 年 7 月、千葉県製の製油所で水素化分解装置の水素配管（オーステナイト系ステンレス鋼）において、ESCC による水素ガスの漏洩が発生した。当該配管は高い応力が発生する溶接形状および配管レイアウトであり、環境遮断の塗装も実施されていなかったため、外気中の塩素の付着により ESCC が発生した。（石連事故事例報告書 No. 786）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：28 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 46）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.2 劣化損傷の検査

5.2.1 劣化損傷検査の範囲

c) 疲労

1) 振動疲労 構造部材に変動荷重が繰り返し負荷され続けた場合、材料の降伏点以下の応力で疲労による割れを発生することがある。回転機械などからの振動（事例 288）（事例 329）や内部流体の脈動（事例 170）などによって変動荷重が繰り返し負荷される配管系で、構造上応力が集中しやすい部位は、検査の対象となるが、適切なサポートの設置、部材の厚肉化、隅肉溶接部の補強などの応力緩和策によって、検査範囲を限定できる。（事例 69）（事例 134）

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 46 の解説

（事例 329）2019 年 10 月、神奈川県製の製油所で発生した冷却水循環ポンプ潤滑油配管からの漏洩事例を反映させた。減速機の軸受が潤滑不良で損傷した結果、振動が潤滑油配管に伝わって PG が折損し、潤滑油が漏洩した。なお、当該ポンプは間欠運転であったため、経時的な振動増加に気が付かなかった。（石連事故事例報告書 No. 784）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 31 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 47)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.3 付属品、特定配管及び埋設配管などの検査

5.3.1 配管付属品などの検査

b) バルブ

特に、以下に示す環境のバルブの当該箇所は、重点的な検査を行う必要がある。

- 急激な温度変化が繰返され、熱疲労による割れ発生の可能性があるバルブの弁箱（接触改質装置の再生及び蒸気クリーニング系統などの弁）
- 高差圧及びスラリーサービスで使用されエロージョンの恐れのあるバルブのシート、ディスク及びその下流側（常時閉止のバルブでもシート漏れの可能性があるものは対象とする。）（事例 84）

— 重要な逆止弁（1）の可動部内部状況と作動状況（特に、フラッパーが開位置に止まった状態になく、正常に作動することを確認する。（事例 13））

— 環境遮断のために内部にライニングを施工しているものについては、ライニングに割れ等の劣化・損傷がないか確認する。（事例 330）

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 47 の解説

（事例 330）2020 年 3 月に、和歌山県の製油所で塩酸ドラムの入口弁において、弁本体のボンネット部の内面ライニングに割れと剥離があり、当該部で塩酸腐食が進行し、漏洩が発生した。（石連事故事例報告書 No. 774）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：33 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 48）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.4 製作時欠陥の顕在化 開先なし溶接、溶込み不良、大きな目違い、ボスの不適切な取付など

重要な製作時の欠陥（**事例 171**）（**事例 231**）（**事例 290**）を工事中あるいは他の検査などで認めた場合は、当該部と同時期、同施工会社によって施工された同等部位の範囲については、製作時欠陥の顕在化に十分注意を払う必要がある。開先なし溶接部で施工後 10 年以上経過した部位より漏洩した事例がある。（**事例 70**）（**事例 331**）

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 48 の解説

（事例 331）2020 年 10 月、神奈川県製の製油所で発生した硫黄回収装置の漏洩事例を反映させた。シー
ルレグ内筒（スチームジャケット）の溶接脚長が不足し薄肉であったため、スチームの
エロージョンにより開口し、スチームが溶融硫黄側に流入してサンプルボックスから漏
洩した。（石連事故事例報告書 No. 851）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 34 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 49)

6. 補修などの管理

6.2 溶接補修 全ての溶接補修は、関連法規、規格及びこれらと同等と認められる基準に従った設計、製作、材料、工法及び試験検査法によって実施しなければならない。施工前には作業に従事する溶接士の技能認定を行い、施工種目ごとに十分な技量を有した溶接士であることを確認する。(事例 332)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 49 の解説

(事例 332) 2020 年 5 月に、大阪府の製油所の原油タンク循環配管にて、溶接部の裏波不足による凹みに塩化物を含む水分が滞留し、腐食が進行、開口に至った。当該配管は設置時の溶接品質管理（溶接士の技量確認等）の仕組みが不十分であった。（石連事故事例報告書 No. 776）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：38 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 50）

6. 補修などの管理

6.4 応急補修

6.4.2 非溶接補修

非溶接補修工事は、当該部分の減肉、漏れ状況、運転条件、周囲の環境、恒久補修時期までの期間などを考慮して前述の工法から選定を行い、施工手順を文書に定め工事を実施する。施工をする際に当該及び周辺部分を破損させ、漏洩した事例（事例 310）があるため、十分注意しながら施工を行う必要がある。局部減肉部分又は円周方向の線状欠陥の応急補修として、圧入材入りのボルト締めクランプを取付ける場合は、適切に設計・製作し、承認された手順に従って実施する。応急補修として取付けた圧入材入りのボルト締めクランプは、原則として次回の保守機会に撤去し、恒久溶接補修を実施する

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 50 の解説

（事例 310）2020 年 4 月、神奈川県製の油所の灯軽油脱硫装置で発生した間欠運転される保温配管から漏洩した事例を反映した。当該配管は保温外装板の隙間からの雨水浸入により、保温配管の内部が湿潤状態となり外面腐食が進行していたため、漏洩防止措置としてバンド掛け作業を行った際に残存したスケールが剥がれたことにより、漏洩が発生した。（石連事故事例報告書 保安 No. 762）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 40 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 51)

6. 補修などの管理

6.8 フランジ・ボルト締付管理

6.8.2 ガasket管理

- c) 開放工事などでフランジ部を緩めた場合は、原則としてガasketを取替える。ただし、オク
タゴナル型リングジョイントガasketは、当たり面の健全性が確認できれば再使用できる。
なお、オーバル型リングジョイントガasketについては原則的に再使用できない。(事例333)

下線部追記

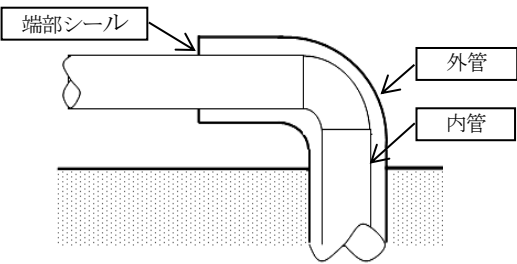
管理番号 : 8S-1-2018 追補 51 の解説

(事例 333) 2020 年 1 月、神奈川県製の製油所で発生した水素製造装置のメタネータ出口下流弁フランジからの漏洩事例を反映した。当該フランジは、過去から繰り返し縁切り用の仕切り板が挿入されていた箇所であり、オーバル型リングジョイントガasketを再利用していた。繰り返しのフランジ締結により、ガasketが変形し、フランジ間のシール性が保てなくなり漏洩に至った。(石連事故事例報告書 No. 785)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：45 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 52）

付表2-1 構造設計上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の保全事例に基づく設計配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

分類	項目名	反映事項例
配管外面 の防食	二重管式埋設配管の地上境界部の端部処理	・道路横断面などの埋設配管で埋設部を二重管（鞘管）構造とする場合、地上境界部の二重管端部が上向き構造になっていると、シール材の経年劣化によって雨水が浸入し、二重管内部（内管外面）が湿潤雰囲気となりやすい。二重管端部は地上立ち上がり後、水平部まで延長することが望ましく、端部の雨水シールは確実にを行うことが重要である。（事例50）（事例334）
		
	<u>ダミーサポートの構造</u>	<u>ダミーサポートの構造についてはパイプ形状とした場合、サポート内部が湿潤環境となりやすく外面腐食を発生させる可能性があるため、H 鋼などの型鋼形状の採用が望ましい（事例335）。なお止むを得ずパイプ形状とする場合は、サポートと配管の取付部を全周溶接とし、またウィープホールはプラグ等で塞ぎ、サポート内部が湿潤環境にならない構造とする。（事例325）</u>
		下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 52 の解説

（事例 325）2020 年 9 月、神奈川県製の油所で発生したダミーサポート部からの漏洩事例を反映させた。サポートの空気抜き穴を塞いでいた樹脂が外れ、穴から雨水が浸入し外面腐食により開口した。（石連事故事例報告書 No. 807）

（事例 334）2020 年 1 月、愛知県の製油所で発生した芳香族化合物埋設配管の漏洩事例を反映させた。タンクヤード内にある地上境界部の二重管端部が上向きで、防雨板との隙間のコーキング材の劣化により降雨時に二重管内部に雨水が浸入して本管が腐食した。（石連事故事例報告書 No. 770）

（事例 335）2020 年 6 月、神奈川県製の製油所で発生したダミーサポート部からの漏洩事例を反映させた。サポートと配管の接続は断続溶接であったため、雨水がサポート内部へ浸入し外面腐食により開口した。対策として H 鋼タイプのサポートに変更した。（石連事故事例報告書 No. 824）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：47 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 53）

付表2-1 構造設計上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の保全事例に基づく設計配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

分 類	項 目 名	反 映 事 項 例
その他	計装取合部の配管仕様	<u>以下のような部位では管理上の留意が必要である。また、フィッティング部材の厚肉化を検討する。</u> ・回転機の現場計器盤行き計装タップ配管などの計器接続フィッティングでは、通常の導圧配管とは異なる薄肉小径管が用いられることがある。（事例52） ・調整弁本体に板材を使用しており、周辺の配管に比べて薄肉であったが、肉厚測定等の十分な余寿命管理が出来ておらず開孔に至った事例がある。（事例336）
	スチームパージ不可	・装置の定期整備に合わせ・・・（省略）・・・
	フランジに作用する外力への配慮事項	・スチームトレース等による・・・（省略）・・・
	フレキシブルホース選定上の配慮事項	・フレキシブルホースの設計仕様外・・・（省略）・・・
	凍結による損傷対策	・装置停止時のみ使用する配管・・・（省略）・・・
	液撃の防止	・海上/陸上出荷配管など長い配管で・・・（省略）・・・
	<u>バルブへ被覆物を施工する場合の配慮事項</u>	<u>・バルブへ保温などの被覆物を施工する場合は、グラント部やフランジ部についてはできるだけ被覆を避けるなど、容易に目視点検が可能な構造に配慮すること。</u> <u>低温 LPG 配管の緊急遮断弁においてグラント部が板金製のカバーに覆われ容易に点検ができず、漏洩を早期に覚知できなかった事例がある。（事例337）</u>

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 53 の解説

（事例 336）2020 年 1 月、千葉県製の製油所で発生した、硫黄回収装置のテールガス調整弁本体から漏洩に至った事例を反映させた。調整弁本体に板材を使用しており周辺の配管に比べて薄肉であったが、肉厚測定等の十分な余寿命管理が出来ておらず内面より腐食が進行し開孔に至った。（石連事故事例報告 保安 No. 832）

（事例 337）2020 年 1 月、神奈川県製の製油所で発生したプロパン揚荷配管における緊急閉止弁グラント部からの漏洩事例を反映させた。揚荷中の冷却と停止中の温度上昇を繰り返した結果グラント部に緩みが生じ漏洩した。グラント部はバルブの駆動部と共に板金製のカバーで覆われ、容易に点検できない箇所にあった。（石連事故事例報告書 No. 813）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 48-50 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 54)

付表2-2 工事作業上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の工事作業時及び工事品質に起因した事故事例に基づく種々の配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

分類	配慮事項例
配管開放における配慮事項	・・・(省略)・・・ <可燃性流体の流出対策> - 配管への仕切り板挿入作業などでフランジを開放する際には、液だれにより内部に残存する可燃性流体が周辺の保温材へ染み込むのを防止するため、適切な措置を講じる。(事例204) また、可燃物が流出あるいは飛散して周辺設備や保温材に付着あるいは染み込んだ場合には、配管・設備から付着油を完全に除去し、油が付着した保温材は取替を検討する。(事例293) (事例338) 断熱材に染み込んだ油は、酸化・蓄熱による温度上昇で、内部流体温度に関係なく発火する懸念がある。 - 運転中にバルブを閉止してフランジを開放する際には、上流からの夾雑物のバルブへの噛み込みに留意する。上流から流出したビーズが下流のバルブに噛み込み、フランジ開放時にビーズとともに熱油が漏洩し作業者が被災した事例が有る。(事例210)
・・・	・・・(省略)・・・
外面腐食部の防食措置	- 外面腐食部への処置（防食塗装、防食テープ施工等）を行う場合には、確実なケレンを行い、腐食底などに錆が残存しないことを確認した上で施工する。ケレンが不十分なまま防食塗装や防食テープを施工し、不具合となった事例がある。(事例139) (事例295) (事例321) また、ウォーターブラスト後の錆の残存確認が不十分なまま防食塗装を施工し、10 年後に不具合となった事例がある。(事例296) - 著しい錆こぶなど、ケレンにより内部流体の漏洩が懸念される場合には、ケレン前に残肉厚の確認や液抜き等の環境設定作業に配慮する。(事例286) (事例339) (事例340) - 過去に外面塗装が悪い状態のままで保温を設置した為に、外面腐食が進行して不具合に至った事例 (事例256) がある。保温を設置する際には、塗装が十分な防食効果を発揮できる状態に復旧する必要がある。
・・・	・・・(省略)・・・
外面腐食点検時の配慮事項	配管の吊り上げ、ジャッキアップ、配管固定用バンドやサポートの取り外し及び取り付けの際には、配管外面のスケールの付着状況に応じて放射線撮影等のスケールを剥離させない手法で検査を計画し、施工可否及び施工前の安全対策の要否を検討する。(事例175) (事例310)

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 54 の解説

（事例 310）2020 年 4 月、神奈川県製の油所の灯軽油脱硫装置で発生した間欠運転される保温配管から漏洩した事例を反映した。当該配管は保温外装板の隙間からの雨水浸入により、保温配管の内部が湿潤状態となり外面腐食が進行していたため、漏洩防止措置としてバンド掛け作業を行った際に残存したスケールが剥がれたことにより、漏洩が発生した。（石連事故事例報告書 保安 No. 762）

（事例 321）2020 年 7 月、神奈川県製の油所の原油荷揚げ配管ドレンノズルで発生した漏洩事例を反映させた。当該配管は防食テープ内部で膨らみが確認されたため、健全性を確認後に、外面腐食進行抑制のため、防食テープを撤去し、防食塗装を施したが、その際にスケール除去を行わなかったため内部で外面腐食が進行し、漏洩に至った。（石連事故事例報告書 保安 No. 843）

（事例 338）2020 年 3 月、山口県の製油所のコーキング装置で、定期補修工事後の運転開始昇温中に、加熱炉張込みポンプサクシヨンストレーナーより白煙が発生した。当該部では運転停止操作としてスチームパージを実施しており、その際スチームとともに排出された油分が保温材中へ浸入し、運転開始に伴う昇温により自然発火した（石連事故事例報告書 保安 No. 752）

（事例 339）2020 年 8 月に山口県の製油所で、オフサイトトレンチ内配管からの油漏洩が発生した。当該配管は空管理ではあったものの、処理方法が不十分であり、実際には滞油が存在するような配管であったが、担当者は空管理が文字通り”空“であると判断していた。そのため検査結果で取り換え肉厚未満であることを覚知したものの、リスクを見誤り応急補修不要として防食塗装のみ実施しようとした結果、ケレン時に開口し残存していた滞油が漏洩した。（石連事故事例報告書 保安 No. 797）

（事例 340）2020 年 8 月、千葉県の製油所の硫黄回収装置 燃料ガス配管において、外面腐食による錆こぶを検査員が除去したことにより開孔、漏洩した。当該部は保温外装板の劣化、損傷および顕著な錆こぶの発生を認めていたが、事前に残肉厚を確認するなどの処置をしていなかった。（石連事故事例報告書 保安 No. 829）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：51－52 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 55）

付表 2-3 変更に伴うトラブルと配慮事例

事故に至る過程で変更が行われた事例を抜粋し、変更に伴うトラブルと配慮事項例を以下に示す。

変更の内容	トラブル内容	配慮事項
運 転	① 長期間、未使用であった配管に対し、仕切り板等による縁切りならびに油抜きを行っていなかったため、内面腐食の進行、(事例 71) (事例 80) (事例 183) (事例 206) (事例 207) (事例 224) (事例 267) <u>(事例 341) (事例 342)</u> または外面腐食の進行 (事例 208) <u>(事例 339)</u> によって残油が漏洩した。	配管系を長期間にわたって使用を休止する場合は、休止期間中の防食対策（滞留部の腐食進行を防止するため仕切り板による縁切りや油抜きなど）、健全性の確認に関する事項などの対応を決め、決定事項のフォローアップを確実に行う。(事例 71) (事例 80) (事例 183) (事例 206) (事例 207) (事例 208) (事例 224) (事例 267) <u>(事例 341) (事例 342) (事例 339)</u>
	また休止に伴いスチームトレースを停止していた配管の行き止まり部で真冬日に残留水分が凍結膨張し、ガスケットが破損して滞油が漏洩した事例がある。(事例 212)	寒冷地などでは、配管内の残留水分が凍結して不具合の原因になることがあり、休止配管であってもスチームトレースの取扱い等には注意する。(事例 212)
	・・・(省略)・・・	・・・(省略)・・・
	⑦ <u>配管のサービス変更に伴い保温が施工されたが、保温の仕様に関する検討が不十分であり、外面腐食の防止を考慮した塗装等の選定が行われなかった。加えてサポート部に切り欠きがある状態で施工されたため、外面腐食が進行し漏洩した。(事例 316)</u>	<u>裸配管に保温を後付けする際は、配管の使用温度等から外面腐食の発生環境であるか確認し、環境に適した塗装等を選定すること。また、施工の際は切り欠き部等を発生させないようにするか、シール材による雨水浸入防止を図ること。(事例 316)</u>

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 55 の解説

(事例 316) 2021 年 1 月、千葉県製の油所の A 重油製品タンクへ添加剤を移送する配管において、保温下での外面腐食による漏洩が発生した。当該配管は当初裸配管であったが、サービス変更に伴い保温が施工された。その際、外面腐食の発生を考慮した塗装等の選定が行われておらず、加えてサポート部に切り欠きがある状態で施工されたため、雨水が滞留し外面腐食が進行した。(石連事故事例報告書 保安 No.853)

(事例 339) 2020 年 8 月に山口県の製油所で、オフサイトトレンチ内配管からの油漏洩が発生した。当該配管は空管理ではあったものの、処理方法が不十分であり、実際には滞油が存在する

ような配管であったが、担当者は空管理が文字通り”空“であると判断していた。そのため検査結果で取り換え肉厚未満であることを覚知したものの、リスクを見誤り応急補修不要として防食塗装のみ実施しようとした結果、ケレン時に開口し残存していた滞油が漏洩した。（石連事故事例報告書 保安 No. 797）

（事例 341）2020 年 7 月、フレアスタックのサブスタック配管からの漏洩事例を反映させた。当該配管は補修のため約半年間停止していたため、その間にサブスタックの頂部から浸入した雨水が配管内部に堆積した硫化鉄スケールと接触し、希硫酸が発生して腐食が進行したものと推定する。（石連事故事例報告書 No. 830）

（事例 342）2020 年 8 月、愛知県の製造所で、フレアブローダウン→排水処理設備行きの休止中の配管から含油廃水が漏洩した事例を反映させた。当該配管は、休止措置としてブローダウン設備側には仕切板を挿入し、排水処理設備側はバルブブロックを行なっていたが、このバルブに微量の漏れ込みがあり、休止期間（38 年間）中に当該配管内に廃水が入って配管の腐食が進行した。（石連事故事例報告書 No. 811）

配 管 維 持 規 格

(2022 年 10 月 31 日追補)

この追補は、2018 年 10 月 31 日に改訂された“配管維持規格”2018 年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8S-1-2018** とは、この追補も含むものとする。

なお、この追補は、石油学会ホームページ上で、該当箇所のみを示す。2022 年 10 月 31 日の追補は次の箇所（赤字＋下線部）である。

<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：14 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 56）</u>	3
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：17 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 57）</u>	4
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：19 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 58）</u>	5
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：19 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 59）</u>	6
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：19 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 60）</u>	7
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 61）</u>	9
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 62）</u>	10
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：21 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 63）</u>	11
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：21 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 64）</u>	12
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：31 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 65）</u>	13
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：32 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 66）</u>	14
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：38 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 67）</u>	15
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：45－47 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 68）</u>	18
<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：48－50 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 69）</u>	20

<u>JPI-8S-1-2018 の該当頁：52 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 70）</u>	 21
--	----------

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 14 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 56)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

1) 腐食・エロージョンの種類

— **炭酸腐食** 二酸化炭素はスチームが凝縮する際に凝縮水中に溶解し炭酸 (H_2CO_3) となり、生成した炭酸が鋼を腐食する。更に、溶存酸素が存在すると腐食は促進される。炭酸水中の炭素 鋼の腐食速度は、 CO_2 ガス分圧が高くなるに伴って上昇する。炭酸腐食は炭酸ガスを溶解した弱酸性水溶液による鋼の全面腐食であり、水素製造装置の炭酸ガス化・分離工程 (変性系・脱炭酸系) ではスチームの凝縮によって炭素鋼・低合金鋼に~~腐~~腐食が発生する。この工程の高温変性系で流体が常時流れている場所では炭酸腐食の可能性はないが、ドレンノズル、ベントノズルなど、常時流体の流れのない箇所のスチーム凝縮部近辺の炭素鋼・低合金鋼では炭酸腐食が発生する。炭酸腐食に関して十分な注意を要する部位を整理すると、次のようになる。

- ・ 運転温度が露点温度以下になる範囲
- ・ 常時流体の流れがある箇所で、運転温度が露点温度以上であっても、露点に対する余裕しろが少ない範囲の外部保温の隙間付近、フランジ・配管サポートなどフィン効果を有する部位
- ・ 運転温度が高温であっても、ドレンノズル、ベントノズルなどの常時流れがなく、メタル温度が露点温度近くまで低下する部位

これらはいずれも、局部的にメタル温度が露点温度以下に低下する可能性のある部位である。(事例

6) (事例 239) (事例 342)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 56 の解説

(事例 342) 2021 年 6 月、神奈川県製の製油所の水素製造装置高温変成塔下流の分岐配管で発生したガス漏洩事例を反映させた。この分岐配管は通常流れが無く、温度が低下して内面側の炭酸露点腐食が進行して漏洩に至った。(石連事故事例報告書 No.946)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 17 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 57)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

a) 配管系内面の腐食・エロージョン

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

— 滞留部及びスケール堆積部

表 5.1.2 滞留部及びスケール堆積部などの発生しやすい環境と配管系

腐 食 環 境	該 当 配 管 の 例
滞留部及び スケール堆 積部	オンサイト配管 ・通常運転時に他端が閉止状態にある枝管 (事例 100) (事例 159) ・安全弁行き配管 (事例 241) (<u>事例 343</u>) ・クーラー出入口ヘッダー両端のキャップ部など流動がない滞留範囲 (事例 3) (事例 143) ・流れの遅い配管系で、立上がり部や分岐部近傍の配管下部 (事例 81) (事例 128) (事例 144) (事例 180) (事例 181) (事例 229) ・長期間停止した配管側面のスケール堆積境界部 (事例 145) ・通常空の状態の間欠使用配管 (事例 36)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 57 の解説

(事例 343) 2021 年 2 月に大阪府の製油所で発生した重質油熱分解装置のガス緩衝ドラム安全弁行き配管からの漏洩事例を反映した。当該配管は滞留部であり、スケールが堆積しやすい構造であったことから、配管底部のスケール堆積下で内面腐食が発生した。(石連事故事例報告書 保安 No. 956)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 19 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 58)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

a) 配管系内面の腐食・エロージョン

2) 腐食・エロージョンの検査箇所

- **高流速で乱流の激しい箇所** 腐食とエロージョンが同時に発生・進展すると、各々が 単独に発生する場合よりも著しい減肉がある。このようなエロージョンコロージョンは、高流速で乱流の激しいところで発生する。特に、流体中に水硫化アンモニウム及び硫酸 を含む環境では流速による影響に注意する。

— **ガス溜まり箇所 (高所のラック部等)** 腐食性物質を含む流体で、水分及び酸素が混入する配管は、高所のラック部等のガスが溜まる箇所において、気相部で結露した水分と酸素との反応により腐食が発生することがある。(事例 344)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 58 の解説

- (事例 344) 2021 年 6 月、三重県の製油所で発生した栈橋ナフサ荷揚げ配管からの漏洩事例について反映した。荷揚げ配管に同伴される外気中の水分と蒸発した内部流体含有水分がラック上のガス溜まり箇所の気相部にて結露し、混入した酸素との反応により減肉が発生した。(石連事故事例報告書 保安 No. 955)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：19 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 59）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

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） 保温配管では、保温材への雨水浸入などによって保温材下の配管に腐食や損傷が発生する。最も一般的な現象は、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。

（事例 7）（事例 65）（事例 104）（事例 105）（事例 216）（事例 225）（事例 230）（事例 272）（事例 273）（事例 274）（事例 275）（**事例 345**）（**事例 346**）（**事例 347**）なお、目視点検が行き届きにくいラック上配管などは、高所点検用のポールカメラ等による外装板の点検が有効である。（事例 305）検査等で保温材を解体し、その後復旧する場合は、防水性能が低下しないよう注意が必要である。（事例 187）また、火傷防止対策（保温）が行われているようなケースで外面腐食が生じた事例（事例 106）、不要となった保冷材を撤去せず、保冷材内部に雨水が滞留して外面腐食を生じた事例（事例 276）等があることから、可能な限り不要な保温は撤去し、火傷防止に必要な箇所は金網を施工することが望ましい。（事例 277）

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 59 の解説

（事例 345）2020 年 6 月、千葉県の製油所で発生した常圧蒸留装置の脱プロパン塔ボトム配管からの漏洩事例を反映させた。保温板金に浸入した雨水により底部の板金に開孔を認めていたが板金の補修や配管の検査が実施されていなかった。そのため、長期間湿潤状態にさらされたことで外面腐食が進行し開口した。（石連事故事例報告書 保安 No. 855）

（事例 346）2021 年 1 月、愛知県の製造所で発生した接触改質装置のナフササージドラム塔頂配管からの漏洩事例を反映させた。保温板金上部に開口部を認めており、当該部より雨水が浸入したことで外面腐食が進行し開口した。（石連事故事例報告書 保安 No. 869）

（事例 347）2021 年 10 月、北海道の製油所の重油タンク付属配管からの漏洩事例を反映した。当該部は、保温板金に開口部があり、雨水が保温内に浸入して腐食が進行し、漏洩に至った。（石連事故事例報告書 保安 No. 920）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：19 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 60)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

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)

表 5.1.4 保温材下腐食などの発生しやすい環境と配管系

周囲の環境	該 当 配 管 の 例
噴霧、水蒸気、海水飛沫 (事例 8) に直接さらされる。	・冷水塔付近の配管 ・スチームトラップ近傍の配管 ・スチームトレース配管の保温内継手 (事例 151) ・スチームトレース配管の腐食や損傷による開口で湿潤環境になった配管 (事例 187) (事例 188) (事例 189) (事例 191) (事例 233) 事例 (306) (事例 348) ・栈橋上の保温配管 (事例 8) ・エアフィンクーラー下部近傍の配管 (事例 76) ・上部の構造物の影響で雨滴や海水等のドレンのかかる配管 (事例 222) (事例 349)
保温材内に湿気を吸収蓄積する可能性がある。	・-4°C~150°C程度で運転されている炭素鋼・低合金鋼配管 (事例 153) (事例 309) (事例 350) ・使用中は 150°C以上であるが、間欠運転される炭素鋼・低合金鋼配管 (事例 310) ・通常は氷点下で大気中の水分は配管表面に氷結するが、間欠運転である為に付着している氷が度々融解し、湿潤環境となる炭素鋼・低合金鋼配管 (事例 244) (事例 278) ・本管から分岐され 150°C以下となる滞留部及び付属品や計装機器への導圧配管 (事例 89) (事例 119) (事例 279) (事例 280) (事例 311) (事例 312) (事例 351)

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 37 の解説

(事例 348) 2021 年 2 月、3 月に愛知県の製造所で発生した自家燃料ガス配管からの漏洩事例を反映させた。当該配管にはスチームトレースが施工されており、以前から漏洩を認めていたものの、早期の補修が実施されなかったため外面腐食が進行し開口した。(石連事故事例報告書 保安 No. 877、878)

(事例 349) 2021 年 6 月、神奈川県製の油所でタンク移送配管より LGO が漏洩した事例を反映した。タンクヤード歩廊から滴下した雨水が、保温板金継ぎ目が上向きに設置されていたため浸入し、保温材下の外面腐食が発生した。(石連事故事例報告書 No. 915)

(事例 350) 2021 年 1 月、大分県の製油所でベンゼン移送配管からベンゼン (凝固点 5°C と凝固しやすいため、凝固防止のために加温) が漏洩した。保温下配管外表面に大気中の水分が結露し、外面腐食が発生した。(石連事故事例報告書 No. 874)

（事例 351）2021 年 8 月、山口県の製油所の常圧蒸留装置で発生した保温配管からの漏洩事例を反映した。当該配管は暖気用配管（間欠運転）として使用し、150℃以下の状態であった。保温不良部からの雨水浸入により、保温配管の内部が湿潤状態となり外面腐食が進行したため、漏洩が発生した。（石連事故事例報告書 保安 No. 931）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 20 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 61)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

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)

表 5.1.5 保温材下腐食などの発生しやすい共通的部位

部 位	具体的な箇所
外装の損傷又は欠落部	膨れ部 (腐食生成物が予想される) 変色部 (高温やけ) 止めバンドの外れ部 重ね合せ部の外れ部 はぜ掛けの弛み部
	外装板が損傷した垂直保温配管の直下部 (エルボおよびエルボ近傍の水平部) (事例 279) (事例 352) 垂直配管で上部保温板金とのシールが未施工部 (事例 317) 隣接配管と抱き合わせて保温施工している配管 (外装板上部に水分が滞留しやすい) (事例 318) インサルコート等の不良部に生じる間隙、損傷部 (事例 353) 歩廊下の外装未施工部 (流体の用途変更に伴い保温を後付け) (事例 354)
	下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 61 の解説

(事例 352) 2021 年 4 月、神奈川県製の製油所のポリブデン製造装置の製品落油配管から漏洩した。フランジ部にインサルコートを施工しており、保温板金施工部位とインサルコート間に継ぎ目があり、内部に侵入した雨水による外面腐食が発生した (石連事故事例報告書 No. 894)

(事例 353) 2021 年 4 月、神奈川県製の製油所で発生した垂直保温配管の直下エルボ近傍の水平部でのガス漏洩事例を反映させた。上流の垂直配管部の保温材継ぎ目に開口部があり、そこから雨水が流入して、水平配管外面で開口した。 (石連事故事例報告書 No. 895)

(事例 354) 2021 年 8 月、神奈川県製の製油所で棧橋上の窒素ベント配管より原油が漏洩した事例を反映した。当該配管は 2007 年に棧橋歩廊下を通す形で設置されたが、歩廊下スペースが狭く、歩廊との干渉を避けるために歩廊下部分のみ板金を施工していなかった。このため、雨や海水が配管外面に浸入して外面腐食が進行した (石連事故事例報告書 No. 917)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：20 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 62）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

2) 保温のない配管系

— **裸配管** 目視検査にて、配管外面の腐食状況の確認を行う。配管下部で土壌、トレンチ等のコンクリート躯体と接触している箇所（[事例355](#)）、地面との距離がほとんどない箇所であって湿潤環境となっている部位、梁あるいはサポートに配管が直接接触している箇所（[事例319](#)）（[事例356](#)）、配管上部の構造物やレイアウトの影響で雨滴、結露水、ドレン、スチーム等に晒される箇所、および隣接配管の損傷などによって漏洩した水等に晒されていた箇所、大雨時等に雨水に浸かる箇所、スチームトラップ吹出口の直近、クーリングタワー周り等では外面腐食の有無を検査する。（[事例71](#)）（[事例108](#)）（[事例131](#)）（[事例282](#)）（[事例283](#)）（[事例284](#)）（[事例285](#)）（[事例320](#)）（[事例357](#)）

また、オーステナイト系ステンレス鋼（内部温度 100℃）の裸配管に工業用水が飛散・蒸発を繰り返し、その成分中の塩化物とカルシウムが濃縮した硬質スケール下で、塩化物 SCC による不具合が発生した事例もあるため、注意する必要がある。（[事例192](#)）

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 62 の解説

（事例 355）2021 年 2 月和歌山県の製油所で発生したガソリンブレンダー送り配管からの油漏洩事例について反映した。配管とサポートとの接触部にパイプを設置していたがパイプの劣化により外面腐食が進行した事例。過去の点検でパイプの劣化は認めていたものの、リスクを過小評価し早期の点検につなげられていなかった。（石連事故事例報告書 保安 No. 941）

（事例 356）2021 年 2 月、神奈川県製の製油所において配管の梁接触部での外面腐食により穿孔し、漏洩した。当該梁は、C チャンネル鋼を背中合わせにした構造で水分が滞留しやすい構造であった。（石連事故事例報告書 No. 864）

（事例 357）2021 年 11 月、神奈川県製の製油所で軽油添加剤が漏洩した。漏洩箇所は梁接触部で、クーリングタワーからの飛散水に曝される環境となっており、外面腐食が進行し開孔にいたった。（石連事故事例報告書 No. 935）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 21 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 63)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所を選定

b) 配管系外部の腐食

2) 保温のない配管系

— サポートなどの取付部 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 (事例 236)、ハンガー取付部などのサポート接触面 (事例 11) には、腐食が発生しやすい。また、サポートの構造によっては目視検査が困難な箇所 (事例 85) (事例 221) があるので留意する。ダミーサポート取付部が全周溶接されていない場合 (事例 358) やダミーサポートが腐食開口している場合は雨水が浸入しやすく、またウィープホールからの湿気の浸入 (事例 325) により、ダミーサポート取り付け部は外面腐食が進行しやすい。(事例 196) (事例 219) (事例 326) 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 に示す。

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 63 の解説

(事例 358) 2021 年 7 月、山口県の製油所で発生したトレンチ内配管からの外面腐食による漏洩事例を反映させた。当該配管にはダミーサポートが施工されているが、本管溶接部とダミーサポート溶接部が重なるのを防ぐため、サポート溶接部に切り欠きが設けられていた。当該部よりトレンチ内に一時的に滞留した雨水が浸入して外面腐食が発生した。(石連事故事例報告書 保安 No. 910)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：21 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 64）

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.1 腐食・エロージョンの検査

5.1.1 検査箇所の選定

b) 配管系外部の腐食

3) 防油堤貫通部の配管系 貫通部は一般に防食テープ巻きによる防食対策を行い、配管部材が貫通部のコンクリートなどと直接接触しないように施工するが、シール材が経年劣化すると雨水浸入によって貫通部内が湿潤雰囲気となり、防食テープ端部付近あるいは防食テープ劣化剥離部が腐食を受けやすい。**(事例 246)** **(事例 359)** 防食テープの替りにモルタル被覆された配管では、モルタル劣化にともない腐食開口した事例がある。**(事例 168)** また、スリーブタイプの場合は、隙間部に雨水が浸入し隙間腐食を発生しやすいので留意する。**(事例 28)** **(事例 46)** **(事例 132)** **(事例 154)**

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 65 の解説

(事例 359) 2021 年 4 月、三重県の製油所で発生した屋外タンクの接触改質装置行ナフサ配管からの漏洩事例を反映させた。当該配管の防油堤貫通部には防食テープが施工されていたが、剥離箇所から雨水が浸入したことで外面腐食が進行し開口に至った。（石連事故事例報告書 保安 No. 954）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 31 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 65)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.3 付属品、特定配管及び埋設配管などの検査

5.3.1 配管付属品などの検査

- c) **伸縮継手** 目視点検では、腐食、漏洩、振動、異常な変形、保温材の損傷の有無などを検査する。異常が認められた場合には、以下の詳細検査を行う。伸縮継手のベローズに内面腐食が懸念される場合は、内部検査を実施する。(事例47)(事例135)(事例360)(事例361)

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 65 の解説

(事例 360) 2020 年 7 月、千葉県製の製油所の硫黄回収装置に設置されているエキスパンションジョイントにて発生した漏洩事例を反映させた。装置の緊急停止により、当該内部に滞留していた SO₃ と H₂O により硫酸が生成されたことに加え、保温不良部から雨水浸入による温度が低下し、硫酸腐食が進行したものと推定した。(石連事故事例報告書 保安 No. 896)

(事例 361) 2021 年 2 月に宮城県の製油所で発生した原油タンク揚げ油配管のユニバーサルジョイントのベローズ部からの漏洩事例を反映した。原油中に含まれる塩化物がベローズの凹部に蓄積し、腐食が進行したものと推定する。(石連事故事例報告書 保安 No. 886)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 32 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 66)

5. 腐食・劣化損傷の検査

5.3 付属品、特定配管及び埋設配管などの検査

5.3.1 配管付属品などの検査

e) 配管支持具 サポート、ハンガー、架台、ラックなどの配管支持具は、外観検査によって、腐食及び変形の有無を確認する。経年劣化により、配管が垂れ下がり、運転停止時にコンスタントハンガーが着座し、外力によりフランジが開き火災が発生した事例もある。(事例362) 特にスプリングハンガーやコンスタントハンガーについては、本体カバー、取付金具、ターンバックルなどを目視検査し、インジケータ指示が許容作動範囲内にあることを確認する。特に運転停止時および開始時におけるコールド/ホットポイントは注意する必要がある。許容作動範囲を超えている場合には、配管系と機器との接続部、固定点、ガイドなど支持機構全体を含めた配管の動きを確認し、必要な修正措置を行う。

下線部追記、取消線部削除

管理番号 : 8S-1-2018 追補 66 の解説

(事例 362) 2021 年 5 月に三重県の製油所で発生した連続接触改質装置 1st リアクター入口配管フランジからの漏洩・火災事故事例を反映させた。長期間の使用により配管が 垂れ下がり、運転停止時にステー等サポートが着座したことで当該フランジが開く外力が働き、内部流体が漏洩、静電気により着火し火災に至ったものと推定される。(石連事故事例報告書 保安 No. 891)

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 38 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 67)

6. 補修などの管理

6.4 応急補修

6.4.2 非溶接補修

非溶接補修工事は、当該部分の減肉(事例363)、漏れ状況、運転条件、周囲の環境、恒久補修時期までの期間などを考慮して前述の工法から選定を行い、施工手順を文書に定め工事を実施する。施工をする際に当該及び周辺部分を破損させ、漏洩した事例(事例310)があるため、十分注意しながら施工を行う必要がある。局部減肉部分又は円周方向の線状欠陥の応急補修として、圧入材入りのボルト締めクランプを取付ける場合は、適切に設計・製作し、承認された手順に従って実施する。応急補修として取付けた圧入材入りのボルト締めクランプは、原則として次回の保守機会に撤去し、恒久溶接補修を実施する。

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 67 の解説

(事例 363) 2021 年 3 月に和歌山県の製油所で発生した計装用空気配管の破損を引き金とした、FCC 装置周辺での火災事例を反映させた。当該配管については、過去内面減肉によるピンホールの発生を認めており、その際配管が全体的に薄肉状態にあることを覚知していたものの、応急補修として適切な施工方法の選択が行われていなかった。そのため、配管の減肉が進行した際に応急補修部の強度が不足し、破損に至った。(石連事故事例報告書 保安 No. 952)

JPI-8S-1-2018 の該当頁：45－47 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 68）

付表2-1 構造設計上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の保全事例に基づく設計配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

分類	項目名	配慮事項例
配管外面の防食	架台接触部対策	…
	<u>シューサポート部等の保護板取付方法</u>	<u>シューサポート部等の保護板と配管外表面との間隙に水分が浸入すると、配管の外表面腐食が進行し易くなる。このため、配管への保護板の取付は、断続溶接（タック溶接等）ではなく、全周溶接とすることが望ましい。（なお全周溶接を行なう場合は、施工上ウィープホールが必要となるが、施工終了後はプラグ等でふさぎ、水等の浸入を防止する。）（事例364）</u>
	保温、耐火被覆下防食対策	…
…	…	…
劣化損傷対策	振動疲労対策	・往復動圧縮機廻りの配管は、…（中略） ・高差圧が生じる調節弁及び…（中略） ・振動応力解析による…（中略）。 ・本管から小口径の取出し配管（計装用など）でシールポットなどの重量を持った容器を設置する場合は、本管の振動が増幅されて伝達されるため、適切なサポートを設置する。（事例18）（事例38）（事例172）（事例365） ・オリフィス下流などキャビテーションが発生しやすく差圧が大きい部位では…（中略）
…	…	…
その他	フレキシブルホース選定上の配慮事項	・フレキシブルホースの設計仕様外条件での使用によりホースが破断し、内部流体が漏洩した事例がある。フレキシブルホースを選定する際は、曲がり部の位置、数、<u>長さ、変位量、</u>最小半径等が、ホースの設計仕様内となるように留意する。（事例203）（事例366）

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 68 の解説

- (事例 364) 2021 年 6 月、神奈川県製の製油所で発生した配管シュースポート部での重油漏洩事例を反映させた。このサポート部は、保護板を配管外面に断続溶接（タック溶接等）で取り付ける構造になっており、保温内部のスチームトレースの微量漏洩に由来する水分が、この保護板と配管外表面の隙間に浸入して滞留し、配管の外面腐食が進行して漏洩に至った。当該製油所では、この配管の補修に当り、サポート部の保護板は全周溶接で取り付ける対応を取った。（石連事故事例報告書 No. 908）
- (事例 365) 2021 年 3 月、千葉県の事業所で発生したポリプロピレン製造装置のドレン配管折損事例を反映した。当該事例では、冷凍機を起動して系内のフロン回収操作を実施していた際、冷凍機吐出のドレン配管（バルブ付き）に共振が発生し、当該ドレン配管のソケット溶接部に疲労割れが発生して、破断に至った。（石連事故事例報告書 保安 No. 875）
- (事例 366) 2021 年 4 月、神奈川県製の製油所で、硫黄タンクの安全弁戻り配管のフレキシブルホースから漏洩した事例を反映させた。必要長さ 1200mm の場所に仕様長さ 900mm のフレキシブルホースが使用され、ベローズが引き伸ばされて損傷した。（石連事故事例報告書 No. 943）

JPI-8S-1-2018 の該当頁：48－50 頁（管理番号 8S-1-2018 追補 69）

付表2-2 工事作業上の配慮事項例

石油精製事業所における供用後の工事作業時及び工事品質に起因した事故事例に基づく種々の配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項を以下に示す。

分 類	配 慮 事 項 例
配管開放における 配慮事項	…（中略） ＜可燃性流体の流出対策＞ ・配管への仕切り板挿入作業などフランジを開放する際には、液だれにより内部に残存する可燃性流体が周辺の保温材へ染み込むのを防止するため、適切な措置を講じる。（事例204）また、可燃物が流出あるいは飛散して周辺設備や保温材に付着あるいは染み込んだ場合には、配管・設備から付着油を完全に除去し、油が付着した保温材は取替を検討する。（事例293）（事例338）（事例367）断熱材に染み込んだ油は、酸化・蓄熱による温度上昇で、内部流体温度に関係なく発火する懸念がある。 ・運転中にバルブを閉止してフランジを開放する際には、上流からの夾雑物のバルブへの噛み込みに留意する。上流から流出したビーズが下流のバルブに噛み込み、フランジ開放時にビーズとともに熱油が漏洩し作業者が被災した事例が有る。（事例210） ・<u>溶融硫黄やアスファルトなどの配管のフランジ開放に際して、固化させてから開放する場合には、開放前に配管本体およびフランジ部を触診して十分冷却されていることを確認する。トレースの閉止、およびトレースの冷却のみを確認して開放したところ、固化していなかった硫黄が漏洩した事例がある。（事例368）</u>
下線部追記	
…	…
確実な作業指示、 <u>確認及び現場表示</u>	・球形タンクの開放検査で、配管の吊り上げ、ジャッキアップ、配管固定用バンドやサポートの取り外し及び取り付けの際には、配管外面のスケールの付着状況に応じて放射線撮影法等のスケールを剥離させない手法で検査を計画し、施工可否及び施工前の安全対策の要否を検討する。 ・<u>配管復旧作業前には仕切板復旧個所及び仕様（レーティング、サイズ、型式、材質、硬度等）の事前確認を関係者で行う。また、復旧作業時に使用済みの旧品を当該場所に置いておき、新品との仕様を照合する等の対策を取ることを推奨する。（事例369）</u>
外面腐食部の防食 措置	・外面腐食部への処置（防食塗装、防食テープ施工等）を行う場合には、確実なケレンを行い、腐食底などに錆が残存しないことを確認した上で施工する。ケレンが不十分なまま防食塗装や防食テープを施工し、不具合となった事例がある。（事例139）（事例295）（事例321）また、ウォーターブラスト後の錆の残存確認が不十分なまま防食塗装を施工し、10 年後に不具合

	となった事例がある。(事例296) ・ 著しい錆こぶなど、ケレンにより内部流体の漏洩が懸念される場合には、ケレン前 に残肉厚の確認や液抜き等の環境設定作業に配慮する。(事例286) (事例339) (事例340) (事例370) ・ 過去に外面塗装が悪い状態のままで保温を設置した為に、外面腐食が進行して不具合に至った事例 (事例256) がある。保温を設置する際には、塗装が十分な防食効果を 発揮できる状態に復旧する必要がある。
...	...
外面腐食点検時の 配慮事項	・ 配管の吊り上げ、ジャッキアップ、配管固定用バンドやサポートの取り外し及び取り付けの際には、配管外面のスケールの付着状況に応じて放射線撮影等のスケールを剥離させない手法で検査を計画し、施工可否及び施工前の安全対策の要否を検討 する。(事例175) (事例310) ・ 高所等、近接して確認ができない範囲がある場合は、足場の仮設や<u>ポールカメラ</u>、双眼鏡などの使用、ガイド波超音波検査法の適用などを検討する。(事例297) (事例371)

下線部追記

管理番号：8S-1-2018 追補 69 の解説

(事例 367) 2021 年 2 月、神奈川県製の油所における常圧蒸留装置 HGO ストリッパ行配管調節弁付近の小火発生事例を反映させた。調節弁のグランドパッキンの劣化で漏洩した油分が保温材に染み込み、スタートアップ時の温度上昇で加熱されて発火した。(石連事故事例報告書 No. 872)

(事例 368) 2021 年 5 月、宮城県の製油所で発生した硫黄出荷設備陸上出荷ポンプ吐出フランジからの漏洩事例を反映させた。隣接配管の縁切りを行っていない状態で、トレースの元弁閉止とトレース管の触診のみで内部硫黄が完全固化としていると判断したが、実際には隣接配管からの熱の流入により完全固化していなかった。(石連事故事例報告書 保安 No. 899)

(事例 369) 2021 年 12 月、神奈川県製の油所の軽油深度脱硫装置で発生した配管フランジからの漏洩事例を反映した。配管復旧時に誤った仕様(レーティング)のガスケットを装着したことにより、フランジ面とガスケット面とのズレが生じ、漏洩が発生した。(石連事故事例報告書 保安 No. 932)

（事例 370）2021 年 4 月、神奈川県製の製油所で、常圧蒸留装置の配管のラック接触部で発生した油の漏洩事例を反映させた。外面腐食点検で減肉が検知された配管について、補強措置を行なう為に錆こぶを除去したところ、配管が開口して漏洩が発生した。（石連事故事例報告書 No. 945）

（事例 371）2021 年 6 月、茨城県の製油所で、流動接触分解装置の裸配管が外面腐食によって漏洩した事例を反映させた。当該配管は高所にあり、日常点検等において配管の真上側に生じていた外面腐食を見つけることが出来ず、漏洩に至った。（石連事故事例報告書 No. 926）

JPI-8S-1-2018 の該当頁 : 52 頁 (管理番号 8S-1-2018 追補 70)

付表 2-3 変更に伴うトラブルと配慮事例

事故に至る過程で変更が行われた事例を抜粋し、変更に伴うトラブルと配慮事項例を以下に示す。

変更の 内容	トラブル内容	配慮事項
運転	<u>⑧常圧蒸留装置の灯油ストリッパータ頂エジェクタ (A/B 2 台) を B 号機の 1 台運転に変更して数年後、滞留部となった A 号機出口配管にスケールが堆積し、堆積物下腐食環境下で腐食損傷に至った。(事例 372)</u>	<u>運転変更により、腐食環境にあるエジェクタやポンプ周りの配管に滞留部環境が生じる場合は、運転・設備管理部門間で情報共有し、必要な追跡検査、健全性確認に関する事項の対応を決め、フォローアップを確実にこなう。</u>

下線部追記

管理番号 : 8S-1-2018 追補 70 の解説

(事例 372) 2021 年 5 月、茨城県の製油所で発生した常圧蒸留装置灯油ストリッパータ頂エジェクタ出口配管の漏洩事例を反映させた。当該エジェクタ (A/B 2 台) を、B 号機の 1 台運転に変更して数年後、滞留部となった A 号機出口配管にスケールが堆積し、堆積物下腐食環境で損傷に至った。(石連事故事例報告書 No. 897)