防　食　管　理

（2020 年 10 月 15 日追補）

この追補は、2019 年 11 月 12 日に改訂された“防食管理”2019 年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8R-11-2019** 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 4 箇所（赤字＋下線部）である。

JPI-8R-11-2019 の該当頁： 28 頁（管理番号 : 8R-11-2019 追補 01） …… 2

JPI-8R-11-2019 の該当頁： 32 頁（管理番号 : 8R-11-2019 追補 02） …… 3

JPI-8R-11-2019 の該当頁： 46 頁（管理番号 : 8R-11-2019 追補 03） …… 4

JPI-8R-11-2019 の該当頁： 49 頁（管理番号 : 8R-11-2019 追補 04） …… 5

JPI-8R-11-2019 の該当頁：28 頁（管理番号：8R-11-2019 追補 01）

4. 石油精製プロセス

4.4　重質油水素化脱硫装置・水素化分解装置

4.4.3　精留系

（中略）

精留塔フィード中の塩素量が多い場合、フィード系、塔頂系、および塔内において塩化アンモニウムの析出や腐食が問題となる場合がある。フィード系の小径枝配管の付け根（行き止まり部）で局所的なエロージョンコロージョンが発生した事例（事例 16）や、塔頂系配管に塩化アンモニウムが析出して腐食が発生した事例（事例 27）、塔内の塩化アンモニウムがサイドストリッパーに持ち込まれた結果、当該系の温度計ノズル等の局所冷却部で生成する初期凝縮水が低 pH となり、腐食が発生した事例（事例 17）がある。

下線部 追記

（後略）

（管理番号：8R-11-2019 追補 01）の解説

（事例 27）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、局部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）

JPI-8R-11-2019 の該当頁：32 頁（管理番号：8R-11-2019 追補 02）

4. 石油精製プロセス

4.5 流動接触分解装置

4.5.2 主蒸留系

（中略）

b） 汚れ　スラリーリサイクル系で発生する汚れの問題がある。

特に、装置のスタートアップ時には、溶存酸素濃度の高い原料油を処理することが多いので注意を要する。また、残油を原料として減圧軽油と混合処理する場合には、残油中のアスファルテンと軽油との相性が悪く急激に析出を起すことがある。

主精留塔底部のスラリーリサイクル系は、触媒ファイン（触媒の砕けたもの）とコーク成分を多く含んでいて、コーキングなどの汚れを起しやすい。このため運転面では塔底温度を 360℃以下、リサイクル流速を 1m／s 以上に保ち、汚れを付着させないようにしている。しかしながら塔底温度を下げる程中間留分の収率は低くなるので、スラリーリサイクル系の汚れコントロールが必要となる。

また、原料油に塩素が含有されている場合、主蒸留塔内で塩化アンモニウムとして析出し、トレイ差圧上昇等を引き起こすことがある。水注入による洗浄で解消することも可能だが、十分な量の洗浄水で洗浄することと、水分および塩を確実に系外排出できることが前提となる。系外排出が十分でない場合、残留した塩化アンモニウムが加水分解し、塩酸が生成することで短期間に腐食を進行させることがあるため、注意が必要である。(事例 28)

下線部 追記

（後略）

（管理番号：8R-11-2019 追補 02）の**解説**

（事例 28）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-8R-11-2019 の該当頁：46 頁（管理番号：8R-11-2019 追補 03）

4. 石油精製プロセス

4.9　アルキレーション装置

4.9.2　反応系

（中略）

NACE RP 0391-2001によれば、濃硫酸（90～100wt%）に対して流体温度が常温（50℃以下）で低流速（0.9m／s以下）の条件下では炭素鋼が使用でき、それ以上の流速又は乱流が生じる箇所にはSUS316L（1.8m／s以下）(事例１３) 又はハステロイB2、C276、C22などのニッケルーモリブデン合金、あるいはテフロン・ライニング管を用いる。バルブやポンプなどの鋳造品の部分には、Alloy20が使用される。特に弁座部は、硫酸濃度・温度・流速によらずAlloy20を使用することで弁座漏れを防ぐことができる。反応槽内のオレフィンフィードリング・インジェクターにはSUS347又はSUS316Lが使用される。このほか、硫酸濃度の低下（90wt%以下）、流体温度の上昇（50℃以上）により、腐食性が増大する。また、50℃未満においても温度が高くなるにつれて、腐食速度が大きくなるため注意が必要である。(事例 29)

したがって、次の箇所を重点的に点検する必要がある。

① 配管内の流れが乱される制御弁の下流部
② オリフィスの下流部
③ 液の滞留部
④ 槽内の乱流発生部
⑤ 反応槽および硫酸タンクの気液境界部
⑥ バイパス配管部
⑦ 流体の合流部近傍 (事例 29)

下線部 追記

（後略）

（管理番号：8R-11-2019 追補 03）の解説

（事例 29）2018 年 6 月、千葉県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（石連事故事例報告書　保安 No.699））

JPI-8R-11-2019 の該当頁：49 頁（管理番号：8R-11-2019 追補 04）

4. 石油精製プロセス

4.10　硫黄回収装置

4.10.2　反応系

（中略）

反応炉、補助バーナーは炭素鋼シェルに断熱耐火材のライニングが、反応器、ホットバイパス配管は炭素鋼シェル若しくは配管内面にキャスタブルのライニングが使用されている。ライニングの破損、脱落などにより、炭素鋼が直接高温ガスに曝された場合は著しい減肉を受ける点に留意する。また、定期修理で補修を行なった断熱耐火材ライニングが運転開始時に崩落したため反応炉シェルが溶融し開口した事例があるので、補修時には断熱材の伸縮量を考慮した施工を行う必要がある。(事例 8)

このほか、水に浸かったキャスタブル耐火物の乾燥が不十分であった為に運転開始後に脱落して同様の不具合を生じた事例もあり、このようなケースにおいても十分な乾燥運転を行なうよう注意が必要である。(事例 30)

下線部 追記

（後略）

（管理番号：8R-11-2019 追補 04）の**解説**

（事例 30）　2019 年 5 月、千葉県の製油所の硫黄回収装置の反応炉で発生した火災事例を反映させた。キャスタブル耐火物が脱落してシェルが高温にさらされて溶融開孔し、高温ガスが炉外に出て火災となった。この反応炉では、2016 年に、耐火物が下流のジャケット配管から漏れ込んだ水に浸かったが、この時の乾燥運転が十分ではなかった為に運転開始後早い段階で脱落したと推定された。この事業所では、再発防止対策として、乾燥運転は十分な温度及び保持時間で行なうようにした。（石連事故事例報告書　保安 No.702）

防食管理

（2021 年 10 月 26 日追補）

この追補は、2019 年 11 月 12 日に改訂された“防食管理”2019 年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8R-11-2019** 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＋囲み部）である。

JPI-8R-11-2019 の該当頁：19 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 05） …… 2

JPI-8R-11-2019 の該当頁：36 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 06） …… 3

JPI-8R-11-2019 の該当頁：19 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 05）

4. 石油精製プロセス

4.3 水素化脱硫装置

4.3.3 精留系

（中略）

この系で発生する防食上の問題点としては、水素誘起割れがある。

低温域の硫化水素環境では炭素鋼が使用されるが、機器のシェルには耐 HIC 鋼を用いることがある。また、インヒビター注入の場合もある。

腐食の事例としては、灯油脱硫装置において液・ガス分離槽から塩化アンモニウムを含む水が液側にエントレインし、下流の精留塔入口熱交換器内で塩化アンモニウムが堆積して腐食した事例がある。（事例３１）

追記

管理番号：8R-11-2019 追補 05 の**解説**

（事例 31）2019 年 12 月、神奈川県の製油所で発生した熱交換器シェルからの漏洩事例を反映した。熱交換器上流の油水分離槽の能力が低く、塩化アンモニウムを含む水がエントレインし、熱交換器内で塩化アンモニウムスケールが生成する環境にあった。定修期間中に塩化アンモニウムスケールが残存した状態で水分が存在していたことから塩酸が生じ、腐食・開口した。（石連事故事例報告書 No.754）

JPI-8R-11-2019 の該当頁：36 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 06）

4. 石油精製プロセス

4.6 接触改質装置

4.6.2 液・ガス分離系

（中略）

この系では水素は存在するが、200℃以下のため水素侵食の心配はない。通常運転中は水分がないため腐食の問題はほとんどなく炭素鋼が使用される。ただし、触媒再生時は水が入るため、エフルエントクーラーに塩化物が析出し腐食を引き起こすため、中和剤として苛性ソーダが注入されるなど触媒再生期間中の腐食に注意が必要である。

また、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３２）

追記

管理番号：8R-11-2019 追補 06 の**解説**

（事例 32）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）

防食管理

（2022 年 10 月 31 日追補）

この追補は、2019 年 11 月 12 日に改訂された“防食管理”2019 年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8R-11-2019** 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＋囲み部）である。

JPI-8R-11-2019 の該当頁：28 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 07） …… 2

JPI-8R-11-2019 の該当頁：43 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 08） …… 3

JPI-8R-11-2019 の該当頁：49 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 09） …… 4

JPI-8R-11-2019 の該当頁：28 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 07）

4. 石油精製プロセス

4.4 重質油水素化脱硫装置・水素化分解装置

4.4.3 精留系

（中略）

精留塔フィード中の塩素量が多い場合、フィード系、塔頂系、および塔内において塩化アンモニウムの析出や腐食が問題となる場合がある。フィード系の小径枝配管の付け根（行き止まり部）で局所的なエロージョンコロージョンが発生した事例（事例１６）や、塔頂系配管に塩化アンモニウムが析出して腐食が発生した事例（事例２７）、塔内の塩化アンモニウムがサイドストリッパーに持ち込まれた結果、当該系の温度計ノズル等の局所冷却部で生成する初期凝縮水が低 pH となり、腐食が発生した事例（事例１７）がある。

追記

また、塔頂系配管の局所的に冷却される部位で水硫化アンモニウムが濃縮し腐食が発生した事例（事例３３）がある。

この系で発生する防食上の問題点としては、水素誘起割れ（HIC）、ブリスター、SOHIC（Stress Oriented HIC）、及び硫化物応力割れがある。低温域の硫化水素環境では炭素鋼が使用されるが、機器のシェルには耐 HIC 鋼を用いて応力除去焼鈍を実施することがある。また、インヒビター注入の場合もある。

管理番号：8R-11-2019 追補 07 の**解説**

（事例 33）2020 年 10 月、千葉県の製油所で発生した重油直接脱硫装置精留塔の塔頂配管からの漏洩事例を反映させた。局所的に冷却された配管端部で水硫化アンモニウムが濃縮し、腐食が進行した。(石連事故事例報告書　保安 No.881)

JPI-8R-11-2019 の該当頁：43 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 08）

4. 石油精製プロセス

4.8 水素製造装置

4.8.3 変成系

（中略）

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。高温変成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。（事例３）（事例２３）（事例３４） 追記

・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、露点温度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、常時流体の流れがなく、メタル温度が露点温度近くまで低下する部位。

管理番号：8R-11-2019 追補 08 の**解説**

（事例 34）2021 年 6 月、神奈川県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-8R-11-2019 の該当頁：49 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 09）

4. 石油精製プロセス

4.10 硫黄回収装置

4.10.2 反応系

（中略）

バーナーチップなど直接高温の酸性ガスに曝される部位にはステンレス鋼などの耐食材が使用されているが、腐食環境が苛酷であり定期的な検査が必要である。

断熱耐火材、キャスタブルのライニング下の炭素鋼シェルはき裂部などから浸入した酸性ガスにより露点腐食を受ける可能性があるため、減肉量について傾向管理する必要がある。ほとんどの反応炉のシェルは外面に保温を施工せず、上部に雨除けの板を設置している仕様となっているので特に注意が必要である。（事例７）

また、反応炉燃焼室の耐火材が運転開始操作に伴う温度変化により脱落した事例があり、耐火材の点検も十分注意して行う。（事例２０）

また、反応塔などのノズルで保温を施工してない箇所も露点腐食を受ける可能性がある。

追記

反応器出口配管に設置されているエキスパンションジョイント部で緊急停止により、当該内部に滞留していた SO3 と H20 により硫酸が生成されたことに加え、保温繋ぎ目のシール材が劣化し、雨水浸入により局部的に温度が低下した箇所で硫酸腐食が発生した事例もある。（事例３５）

熱交換器用チューブは炭素鋼が使用されているが、高温硫化物腐食、露点腐食並びにボイラ給水による腐食を経時的に受けるため、検査時の傾向管理が必要である。特にボイラ給水温度が低い場合は露点腐食に対する留意が必要である。

管理番号：8R-11-2019 追補 09 の**解説**

（事例 35）2020 年 7 月、千葉県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）

防食管理

（2023 年 11 月 1 日追補）

この追補は、2019 年 11 月 12 日に改訂された“防食管理”2019 年版の追補である。したがって、今後、**JPI-8R-11-2019** 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。2023 年 11 月 1 日の追補は次の箇所（赤字＋囲み部）である。

JPI-8R-11-2019 の該当頁：19 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 10） …… 2

JPI-8R-11-2019 の該当頁：19 頁（管理番号 8R-11-2019 追補 10）

4.　石油精製プロセス

4.3　水素化脱硫装置

4.3.3　精留系　　この系は、液・ガス分離槽からの液を精留し、水素化脱硫油を留出させるセクションである。液・ガス分離槽からの⑧液は⑩精留塔塔底油と熱交換し、精留塔に張り込まれる。塔頂部からは、張り込まれた液に同伴した⑨硫化水素と軽質炭化水素ガスが除去され、塔底からは⑩水素化脱硫油が製品として抜き出される。ナフサ水素化脱硫装置の場合は、塔頂部では⑦ガス分除去と同時に⑧軽質ナフサが抜き出される。塔底からは⑨重質ナフサが抜き出される。

この系で発生する防食上の問題点としては、水素誘起割れがある。

低温域の硫化水素環境では炭素鋼が使用されるが、機器のシェルには耐HIC鋼を用いることがある。また、インヒビター注入の場合もある。

追記

精留塔フィード中の塩素量が多い場合、フィード系、塔頂系、および塔内において塩化アンモニウムの析出や腐食が問題となる場合がある。（事例３６）

付図 2 の“脱硫装置における防食対策の基本フロー”で防食の考え方を整理した。

管理番号：8R-11-2019 追補 10 の**解説**

（事例 36）2021 年 7 月、千葉県の製油所で発生した水添脱硫装置 放散塔塔頂凝縮器下流配管からの臭水漏洩事例を反映させた。塔頂系配管の凝縮水によるエロージョン・コロージョンが運転条件の変更により加速し、開口に至った。（石連事故事例報告書　保安 No.1026）