

公益社団法人石油学会
2023 年度設備維持管理士
-配管・設備-

試験問題・解答用紙

受験番号	(会場を○で囲む) 関東・関西	配管			
受験者氏名					
生年月日	1.昭和 2.平成	年（西暦	年）	月	日生
就業業種	(番号記入)				

業種分類コード（出向中の方は、出向先の業種を記入願います）

010	大学・高専	110	道路・アスファルト
020	官公庁	120	電力・電気
030	団体・学協会	130	バルブ・フランジ・ポンプ
040	資源開発	140	設備保安・検査
050	石油備蓄	150	鉄鋼・機械・金属
060	石油精製	160	自動車
070	石油製品・絶縁油	170	商社
080	石油化学・化学	180	情報・コンピューター
090	添加剤・触媒	190	計装・計器の製造
100	エンジニアリング・建設	500	その他

【問1】次の文章は、石油学会設備維持規格作成の背景及び規格の構成に関する内容である。

(イ)～(ニ)のうち下線部が正しい文章の組み合わせを、A～Eより選択せよ。

- (イ) 設備維持規格は、石油精製事業者が自らの事業所において適切な設備の維持管理を行うことにより、その事業所の安全操業を実現し、かつそれを継続することに資する目的で作成されている。
- (ロ) 設備維持規格は、日本の石油業界独自の設備維持基準として、石油業界の設備維持に関する技術的な内容の経験・ノウハウから「設備維持に係わる推奨する方法」として策定されている。
- (ハ) 基盤規格は共通する要求事項と規格の骨子をまとめたものである。基盤規格は、J P I—8 S—1 [配管維持規格]やJ P I—8 S—2 [設備維持規格]などがある。
- (ニ) 共通技術基準は基盤規格の具体的技術要求事項を定めた基準・指針である。共通技術基準としては、J P I—8 R—1 6 [溶接補修]やJ P I—8 R—1 7 [ホットスタート]などがある。

- A (イ)(ハ) B (ロ)(ニ) C (ハ)(ニ)
D (イ)(ハ)(ニ) E (イ)(ロ)(ハ)(ニ)

問1	
解答	E

【問2】 次の A ~ D は、JPI-8S-2 [設備維持規格] で定義されている用語の説明である。下線部が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A 日常検査とは、運転中の設備の異常及び劣化状況を、日常的に五感又は検査器具を用いて定量的又は定性的に確認することをいう。
- B 定期検査は、設備、部品の余寿命を推定することを目的として実施する検査で、五感又は各種検査機器により設備の腐食・劣化損傷状況を調査し、耐圧性能、気密性能を確認する。
- C 外部検査は、設備外表面の断熱材又は被覆材、外部付属品及び支持構造物のみを対象に腐食損傷状況を、目視検査や非破壊検査により行う。
- D 非破壊検査は、設備を破壊せずに腐食・劣化損傷状況を確認する検査手法であり、“超音波肉厚測定” “染色浸透探傷試験” 及び “断面組織試験” などがある。

問2	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

【問3】 次の **A ~ D** は、石油精製設備に発生する腐食・エロージョン及び検査箇所を選定する際に考慮すべき事項について述べたものである。適切な文章を2つ選択せよ。

- A** 炭酸腐食は炭素鋼・低合金鋼で運転温度が露点以下になる範囲や、運転温度が露点以上であっても、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によりメタル温度が露点近くまで低下する部位も注意が必要である。
- B** 苛性ソーダによる腐食は、濃度及び温度と比例関係にあり、濃度が高くなる又は温度が低くなると腐食減肉が激しくなる。
- C** 異種金属接触腐食は、二つの異なる金属が電解質中で電氣的な接触により電位差を生じ、より貴な電位の金属の腐食が促進される現象である。
- D** 塩化アンモニウム腐食は、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。腐食防止策として水注入などが行われる。

問3		
解答	A	D

【問4】 次の A ~ D は、石油精製設備の外部検査について述べたものである。内容が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A クリープ温度域にある低合金鋼の本体とノズル及びスカート取付溶接部は、クリープ損傷（クリープ脆化）を受けやすい環境にあるため注意が必要である。
- B 塔槽におけるノズルのスカート貫通部では、外面腐食に注意が必要である。
- C 多管式熱交換器のサドルの取付部に当て板がある場合は、当て板下の外面腐食が懸念されるが、当て板の取付が断続溶接であれば外面腐食は発生しない。
- D 空冷式熱交換器におけるチューブで、外部より間欠的な水の散布を行っている場合は、ベア部ではなくフィン部の外面腐食状況に留意する。

問4	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

【問5】 次の（イ）～（ハ）は、多管式熱交換器の検査における留意事項について述べたものである。適切な文章の組み合わせを、**A～E** より1つ選択せよ。

- （イ） 流入するノズル正面のチューブでは乱れた流れが衝突する影響が大きいが、インピジメントバッフルが設置されていればエロージョンの影響は考慮しなくて良い。
- （ロ） 長手バッフルのシール板について、ショートパス防止のためシール板の状態の確認を行う。
- （ハ） チューブに振動が発生する条件では、バッフルプレート近傍でフレットイング、コロージョン、もしくはチューブの割れに留意する。

- A** （イ）（ハ） **B** （イ）（ロ）（ハ） **C** （ロ）
- D** （ロ）（ハ） **E** （ハ）

問5	D
解答	

【問6】 次の文章は、熱交換器内部品のうち、チューブバンドル管束部の目視などの検査について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に入れる適切な劣化損傷を、**A～D** からそれぞれ選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

— チューブバンドル管束部

詰まり、腐食、損傷及び変形の有無を確認する。特に、次の箇所については留意する。

- ・チューブバンドル上部のベーパーゾーン領域
- ・チューブ拡管部（管端部）……（イ）の有無を確認する。
- ・チューブとチューブシート孔の隙間……（ロ）、（ハ）の有無を確認する。

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| A 異種金属接触腐食 | B 隙間腐食 |
| C フレッシングコロージョン | D インレットアタック |

問6	(イ)	(ロ)	(ハ)
		順不同	
解答	D	A	B

【問7】次の文章は、石油精製事業所における機器の開放点検工事作業時の事故事例に基づく配慮事項を記したものである。(イ)～(ハ)の中のA、Bのうち、より適切な対応をそれぞれ選択せよ。

- (イ) 定修等で開放清掃に伴い装置内から排出したスラッジなどのスケールに硫化鉄が含まれている場合は、それらの発熱を防止するため、系外に排出した後、
A： 空気との接触を避け、燃えやすいものを付近に置かないようにする。
B： 水との接触を避け、燃えやすいものを付近に置かないようにする。
- (ロ) 腐食対策として内面にインナースリーブを設置している塔槽ノズルのテストホールにプラグ打ちを施工する場合は、スリーブの破損を防止するため、水分の浸入に注意し、
A： 運転開始前で温度が上昇する前にプラグ打ちを行う。
B： 運転開始後に温度が十分に上昇してからプラグ打ちを行う。
- (ハ) 水素製造装置等の軽質な油を処理する脱硫反応塔で触媒拔出作業を行う場合は、触媒が空気に触れて、くすぶるのを防止するため、
A： 反応塔上部からバキュームダンパーを用いて仮設ホースで吸引してホッパーに受け、水を張ったドラム缶に回収する。
B： 不活性ガスで反応塔内部を置換し、反応塔下部から触媒を拔出し、水を張ったドラム缶に受ける。

問7	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	A	B	B

【問8】 次の **A ~ C** は、定期検査終了後に実施する総合気密試験について述べたものである。内容が正しいものには **○**、誤っているものには **×** を解答せよ。

- A** 構造的に加圧できない機器、逆止弁により圧力がかからない部位及び安全弁に直接圧力がかかるなどの不都合がある場合は、当該機器又は部位を総合気密試験範囲とは分離し、ブロックテストを行う。
- B** ホットスタートを行う系（脆性破壊の恐れのあるリアクター系など）は、実流体を使って総合気密試験を行っても良い。
- C** 総合気密試験の試験圧力は、安全のため、対象プラント又はブロックの常用圧力未満とする。

問8	A	B	C
解答	○	○	×

【問9】次の A ～ D は、石油精製事業所において使用される加熱炉の検査について述べたものである。下線部が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A 加熱炉チューブ外面に高温酸化によるスケールアップが認められる場合は、加熱炉チューブ等の劣化の有無やチューブ内面のコーキング検査を検討する。
- B 加熱炉チューブ（ラディエーション部）は火炎に面する側、また出口に近いほど腐食されやすいので必要に応じて測定点を追加する。
- C コンベクション部の燃焼ガス温度が低い箇所では、硫酸露点腐食により著しく減肉することがあるので注意して点検する。
- D 重質油水素化脱硫・水素化分解装置の反応塔入口加熱炉チューブではクリープ損傷だけでなく、水素脆化にも留意が必要である。

問9	A	B	C	D
解答	○	○	○	×

【問10】次の文章は、配管系の腐食・エロージョンの検査箇所を選定する際に、腐食形態ごとの考慮を要する事項について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）の語句 A、B のうち、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

＜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、鋼と反応することによって硫化鉄を生じる腐食である。この硫化鉄は鋼の保護作用を有するが、pHが7を（イ： A 上回る、 B 下回る）と脆くなって腐食が進行する。
- ・流動接触分解装置では、（ロ： A 塩化物、 B シアン化合物）が存在する環境であるため、腐食が更に加速される。

＜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、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、（ハ： A 高流速、 B 低流速）で破壊されやすい。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。
- ・硫酸腐食によるエロージョンコロージョンでは（ニ： A 筋状、 B 孔食状）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。

問10	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	A	A

【問 11】 次の A ~ D は、腐食・エロージョンの検査箇所について述べたものである。
 内容が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

A <滞留部及びスケール堆積部>

オフサイト配管は、配管が長距離に及ぶ一方で、間欠使用や長期休止などにより、滞留部やスケール堆積部が発生するため、検査は油種や休止期間などから優先順位をつけて絞り込むことが重要である。

B <注入箇所>

水や薬品を注入する箇所は、水や薬品によって腐食が抑制されるため、検査は注入部上流側のみで良い。

C <凝縮部>

蒸留装置の塔頂系や脱硫装置の反応生成物系では、凝縮液中に腐食性物質が濃縮し、配管が腐食されることがある。検査は初期凝縮部を知ることが重要で、これは運転条件や外部環境には影響されない。

D <高所のガス溜まり部>

未脱硫ナフサ等の荷揚げ配管は、流体に同伴される水分が配管高所のガス溜まり部で結露し、腐食することがあるので、注意が必要である。

問 11	A	B	C	D
解答	○	×	×	○

【問12】次の表は、保温材下腐食などの発生しやすい環境と配管系の例を表したものである。表中の（イ）～（ホ）に当てはまる最も適切な語句を A～H より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

表 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、海水飛沫に直接さらされる。	<ul style="list-style-type: none"> ・ スチームトラップ近傍の配管 ・ 棧橋上の配管 ・ （イ）
保温材内に湿気を吸収蓄積する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ・ （ロ）℃～（ハ）℃程度で運転されている配管 ・ （ニ） ・ 火傷防止対策施工配管 ・ 保温施工された遊休配管
保温外装が損傷して水分が浸入する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ （ホ） ・ たわみのある配管 ・ 塗材が劣化している配管

備考 表中の温度は、配管内部流体温度を示す。

A 間欠運転すると氷点下になる配管	B 振動配管
C 冷水塔（冷却塔）付近の配管	D オーステナイト系ステンレス鋼配管
E -4	F 65
	G 150
	H 210

問12	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）	（ホ）
解答	C	E	G	A	B

【問13】 次の A ~ D は、保温のない配管系の外部腐食について述べたものである。下線部が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A 裸配管では、地面との距離がない箇所、梁やサポートに接触している箇所に外面腐食が起きやすい。また、スチームトラップ吹出口の直近、冷却目的で散水を行っている機器周りで湿潤環境になりやすいので注意が必要である。
- B 防食テープが施工されている配管では、防食テープの端部や劣化部などから水分が浸入して外面腐食を起こす。防食テープの外側にステンレス薄板が張られたものは、防食テープが劣化しないので検査は不要である。
- C ダミーサポートのある配管では、ダミーサポートのウィープホールや溶接の不連続部から雨水や湿気が浸入し、ダミーサポートの内部が湿潤環境になり外面腐食する。
- D 防油堤貫通部は、雨水が滞留しやすいため、定期的に防油堤貫通部の排水を行う必要がある。

問 13	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

【問14】次の表は、各種劣化損傷に対する検査方法並びに評価方法及び損傷防止策を表したものである。表中の（イ）～（ニ）に最も適切な語句をA～Jより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

表 各種劣化損傷に対する検査方法並びに評価方法及び損傷防止策

劣化損傷の種類	検査方法	評価方法及び損傷防止策
（イ）	磁粉探傷法 浸透探傷法 超音波法 金属組織検査法	ネルソンチャートによる評価 P _v 値による評価 P _w 値（HATチャート）による評価
（ロ）	磁粉探傷法 浸透探傷法 超音波法 金属組織検査法 クリープ伸び測定法 電気抵抗法	クリープ破断線図による評価 金属組織の経年変化の評価
（ハ）	磁粉探傷法 浸透探傷法 超音波法 金属組織検査法	発生面積率の経年変化による評価 耐（ハ）鋼の採用 コーティング／溶射の実施
（ニ）	磁粉探傷法 浸透探傷法 超音波法 放射線透過法 金属組織検査法 渦流探傷法 AE法	S-N線図による評価 サポートの強化 応力集中の低減

A 塩化物応力腐食割れ	B 硫化物応力割れ	C 水素誘起割れ（HIC）
D ポリチオン酸応力腐食割れ	E クリープ損傷	F クリープ脆化
G 水素侵食	H 疲労	I 黒鉛化
		J 等温時効脆化

問14	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	G	E	C	H

【問15】 次の **A ~ D** は、配管の腐食、劣化損傷について、構造設計上の配慮事項例を述べたものである。内容が正しいものには **○**、誤っているものには **×** を解答せよ。

- A** 埋設配管で埋設部を二重管構造とする場合、二重管端部は地上立ち上がりの垂直部に設け、端部シーリングをすることが望ましい。
- B** 配管エルボの外装板のうち、重ね合わせが樹脂止めで、側板がリベット構造のカブト型成形外装板は、外装材が破損しやすく、雨水浸入による外面腐食が発生しやすい。
- C** 主配管から枝取りする小口径ノズルは、内部流体の滞留による腐食や振動などによる損傷を受ける可能性があるため、ロングネックボス・フランジの採用、口径のサイズダウン、薄肉化などを検討する。
- D** 出荷配管など長距離配管では、ポンプの起動・停止時に液撃が発生することがあるため、ポンプ起動・停止時に系内の圧力を逃がすような措置をとる必要がある。

問15	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問16】 次の A ~ D は、工事作業上の配慮事項例を述べたものである。不適切な文章を1つ選択せよ。

- A 長距離配管で途中にアップダウンがある場合、パージが行われても、途中ポケット部で液封状態となり、残液の自重によって配管系全体に微圧を有していることがある。
- B 可燃性流体が飛散して保温材に付着すると、保温材に染み込んだ可燃性流体は、発火点以下であっても蓄熱して、発火に至ることがある。
- C 外面腐食部へ防食塗装や防食テープを施工する場合には、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。
- D 開放工事などでフランジ部を緩めた場合は、原則としてガスケットを取替える。ただし、リングジョイントガスケットについては、オクタゴナル型、オーバル型ともに再使用する。

問16	D
解答	

【問17】次の文章は、変更に伴うトラブルと配慮事項について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に最も適切な語句を A～F より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

トラブル内容	配慮事項
<p>【運転の変更】</p> <p>常圧蒸留装置主蒸留塔への持ち込み塩化水素が増加したため、主蒸留塔の粗製ガソリン抜き出し配管の腐食環境が変化し、著しい（イ）によって減肉を受け、開口、漏えいした。</p>	<p>当該腐食系は運転条件の変化によって腐食環境が苛酷になる可能性があることに留意し、運転監視項目、モニタリング方法、環境条件の制御方法を決め、適切な防食管理を実施する。</p>
<p>【運転の変更】</p> <p>常圧蒸留装置の灯油ストリッパータ頂エジェクタA/Bを、B号機の1台運転に変更して数年後、（ロ）となったA号機出口配管にスケールが堆積し、堆積物下の腐食環境下で腐食損傷に至った。</p>	<p>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（ロ）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行う。</p>
<p>【設備の変更】</p> <p>水素化精製装置のリサイクルガス配管で、配管サイズを変更したところ、既設と取り合うレデューサ近傍において腐食が急速に進行した。</p>	<p>気液混相流の流動状態の変化により、（ハ）が急速に進行する場合がある。改造等で、配管内の流動状態が変化する場合には、モニタリング箇所や検査周期を見直す必要がある。</p>

A 塩酸腐食	B 外面腐食	C エロージョンコロージョン
D 滞留部	E 合流部	F 凝縮部

問17	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	A	D	C

【問18】 次の文章は、鉄-水系の電位-pH線図（プルベダイアグラム）について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に当てはまる最も適切な語句を A～C からそれぞれ選択せよ。なお、選択肢の重複使用は可とする。

金属が腐食するか否かは、金属の電位と溶液の水素イオン濃度がわかれば判定できる。途中の計算過程を省略して結果のみを示すと、下図のようになる。

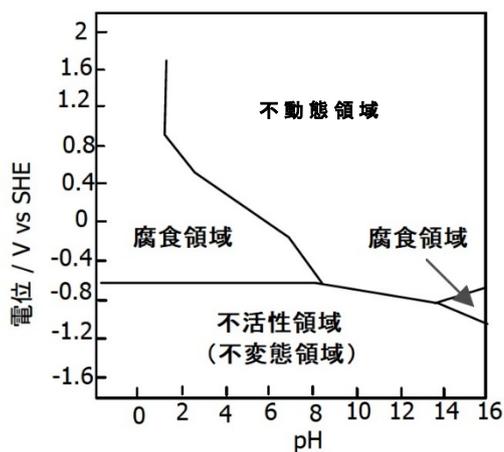


図 鉄のプルベダイアグラム

鉄が上図の「腐食領域」にある場合には、①～③のいずれかの方法を行って腐食を防止できる可能性がある。

- ① 鋼材の電位を卑方向へ移動させ、（イ）とする。
- ② 鋼材の電位を貴方向へ移動させ、（ロ）とする。
- ③ 環境のpHを増大させ、（ハ）とする。

A 不動態領域 B 腐食領域 C 不活性（不変態）領域

問18	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	C	A	A

【問19】次の(1)～(3)は、防食技術について述べたものである。文中の(イ)～(ハ)内の語句A、Bのうち、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

- (1) 連続再生式接触改質装置の連続触媒再生系では、触媒再生系の中心となる再生塔及びその廻りのヒーター、クーラーは、500℃を超える燃焼廃ガス(塩化物を含む)を取り扱う。このため、構成材料は、塩化物に対する耐食性及び高温強度を考慮して(イ：A SUS321又はSUS347、B インコネル600又はインコロイ800)が用いられる。
- (2) 水素製造装置のベンフィールド溶液(熱炭酸カリ水溶液)を使用している脱炭酸系の炭素鋼部分の炭酸腐食を防止するためには、(ロ：A 五酸化バナジウム、B リン酸ナトリウム)の添加が必要である。
- (3) 冷却用に海水を使用する熱交換器では、チューブには主としてアルミニウム黄銅管が使用されるが、海水中で異常腐食を起こすことがあるため、防食剤として海水に(ハ：A 銅イオン、B 鉄イオン)を注入し、黄銅管表面に防食被膜を形成させる。

問19	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	B	A	B

【問20】次の A ~ D は、原油常圧蒸留装置の原料油予熱系の腐食、汚れについて述べたものである。下線部が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A 加熱炉後段では、有機硫黄による腐食を抑制するため、5Cr-0.5Mo鋼、9Cr-1Mo鋼等が使用されるが、特にナフテン酸による腐食条件が更に厳しい場合は、SUS405の使用が有効である。
- B 原料油予熱系で、主蒸留塔の塔頂防食のための苛性ソーダを注入する場合は、加熱炉チューブ等の高温部での苛性脆化割れ（アルカリSCC）防止のため、できるだけ希釈するのが好ましく、2～3%に希釈した水溶液を使用する方法が実用的である。
- C 原油を加熱すると、原油中の塩化ナトリウムが加水分解して塩化水素を発生し、塔頂付近で凝縮水に溶解して激しい腐食を起こすが、塩化マグネシウムはほとんど加水分解しない。
- D 原料油予熱系の汚れ防止剤としては、清浄分散剤を主成分として、その他の酸化防止剤、金属不活性化材、コーキング抑制剤などが、原油の種類、系の熱負荷状況に合わせて用いられている。

問20	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問21】 次の文章は、腐食の原因となる有害因子の除去について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句 A、B のうち、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

（1）溶存酸素の除去 中性及び弱アルカリ性における腐食は、主として溶存酸素により引き起こされるため、溶存酸素の除去は腐食防止に有効である。溶存酸素の除去には、温度の（イ： **A 上昇、 B 降下**）又は圧力の（ロ： **A 上昇、 B 降下**）による物理的方法、亜硫酸ナトリウム、又は（ハ： **A ヒドラジン、 B 次亜塩素酸ナトリウム**）などの薬品を用いて溶存酸素を除去する化学的方法などがある。

（2）pH調整 一般に金属は、中性付近では酸性及びアルカリ性環境に比べて腐食速度が小さくなる。このため、pH調整を目的として中和剤が用いられるが、常圧蒸留装置、減圧蒸留装置のフィード系及び一部の水系を除き、通常、プロセス中には、揮発性が良いアンモニア、（ニ： **A アミン類、 B ソーダ類**）が用いられる。

問21	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	A	A

【問22】次の文章は、鋼の隙間腐食について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句 A、B のうち、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

- ・隙間腐食は（イ： **A 炭素鋼、 B ステンレス鋼**）などのように不動態化しやすい金属に多くみられる現象であり、（ロ： **A エルボ背部、 B ガスケットの当り面**）などで腐食が食孔状（孔食状）に進行する現象である。
- ・水と酸素が存在する環境では、隙間内部において、酸素の供給が不十分となって隙間の外側の酸素濃度の高い部分との間で酸素濃度差を生じて、隙間内部の酸素濃度の低いところが（ハ： **A アノード、 B カソード**）、外側の高酸素濃度のところが（ニ： **A アノード、 B カソード**）となって、いわゆる酸素濃淡電池（通気差電池）が形成される。その結果、隙間内部において腐食が促進される。

問22	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	B	A	B

【問23】次の(1)～(3)は、クリープに関する事項を説明したものである。文中の下線部(イ)～(ハ)の語句A、Bのうち、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

- (1) Larson-Miller のパラメータのマスターカーブは、材料ごとにクリープ破断強度と(イ: A 温度・時間、 B 温度・ひずみ) の関係を整理したものであり、これを利用して、使用条件をもとに計算によって余寿命を推定することができる。
- (2) 寸法検査によりクリープひずみ量から余寿命予測する場合、Cr-Mo 鋼では、(ロ: A 2～3%、 B 10～15%) の周方向ひずみが管理基準となる(それを超えると急激にひずみが増加して破断するため)。
- (3) (ハ: A オーステナイト系ステンレス鋼、 B Cr-Mo 鋼) の硬さは、クリープ損傷が大きくなるほど低下することから、硬さを測定し、硬さとクリープ損傷度の関係曲線から余寿命を予測できる。

問23	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	A	A	B

【問24】 次の（1）～（4）は、疲労損傷（超高サイクル疲労除く）に関して述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句 **A**、**B** のうち、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

- （1） 疲労は、使用材料に変動する荷重が負荷され続けた場合、材料の降伏点以下の応力でも材料の損傷が生じる現象であり、主に構造不連続部などの応力集中部を起点として、（イ： **A** 材料表面、 **B** 材料内部）を起点に発生する。
- （2） 疲労破壊を起こさない限界の応力を疲労限界と呼び、通常（ロ： **A** 7000回、 **B** 10^7 回）における破壊応力を用いることが多い。
- （3） 使用材料の平滑材の疲労限度は、材料の引張強度にほぼ比例しており、およそ引張強度の（ハ： **A** 1/2程度、 **B** 1/10程度）である。
- （4） 平均応力が高いほど、材料の疲労限度は（ニ： **A** 上昇、 **B** 低下）するため、修正グッドマン線図により平均応力の補正を行う。

問24	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	A	B

【問25】次の(1)～(3)は、石油精製装置で発生する劣化損傷について述べたものである。文中のA～Eのうち、不適切なものを2つ選択せよ。

- (1) 475℃脆化はA：約475～635℃の範囲で長時間加熱した時に発生する脆化であり、主にB：フェライト系及びマルテンサイト系ステンレス鋼が対象になる。
- (2) シグマ脆化の原因となるシグマ相は、C：約500～900℃で長時間加熱すると生成しやすく、特にオーステナイト系ステンレス鋼の溶接部では、D：デルタフェライトからシグマ相が生成し、脆化しやすい。
- (3) 経年使用によりシグマ脆化した材料の溶接補修に際しては、溶接補修時の割れが問題になるため、脱脆化を目的としたE：安定化熱処理の検討や適切な入熱の管理が求められる。

問25	順不同	
解答	A	E

【問26】次の A ~ D は、塩化物応力腐食割れ（SCC）の特徴と対策について述べたものである。内容が正しいものには○、誤っているものには×を解答せよ。

- A オーステナイト系ステンレス鋼の割れであり、炭素鋼、フェライト系ステンレス鋼には発生しない。
- B オーステナイト・フェライト二相ステンレス鋼は塩化物SCCに対して完全な耐性はないものの、通常問題にならないため、その発生を考慮する必要はない。
- C 割れ形態は主に粒内割れであるが、溶接や熱処理による鋭敏化により粒界割れを発生することもある。
- D 溶接後熱処理により塩化物SCCの発生を防止することができる。

問26	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

【問27】次の A ~ D は、アミン応力腐食割れ（SCC）について述べたものである。
下線部に不適切な内容を含む文章を1つ選択せよ。

- A アミンSCCは溶接後熱処理を実施していない炭素鋼の溶接部や冷間加工部に発生しやすい。
- B アミンSCCの発生下限温度は、DIPAについては60℃程度と報告されている。
- C アミンSCCは硫化水素濃度の高いリッチアミン溶液中で発生しやすいと言われている。
- D アミンSCCは、スチームパージや上流からのアミンの飛沫同伴の影響を受けて発生した事例が報告されている。

問27	C
解答	

【問28】 次の（1）～（4）は一般的な非破壊検査方法について述べたものである。
文中の（イ）～（ニ）内の語句 **A**、**B** のうち、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

- (1) 超音波法（反射法）は、超音波パルスが板中を1往復する伝播時間を測定することにより厚さを求める方法で、実機の測定精度は（イ：**A ±0.1～±1.0mm、B ±0.1～±0.3mm**）である。異常値を示す場合は、再測定又は他の手法を適用する。
- (2) 渦流探傷法は、導体に近づけたコイルに交流電流を流すとコイルの周りに磁界が発生し、導体内に渦電流が誘導される現象を利用した検査法で、推定減肉率の精度は（ロ：**A ±1.0～±1.5%、B ±10～±15%**）前後である。
- (3) 浸透探傷法は、傷の（ハ：**A 深さ、B 表面分布**）が確認できるが、前処理時に試験面及び開口傷内部を十分に清掃し、乾燥する必要がある。
- (4) 放射線法はX線又はγ線を利用して腐食・エロージョン等を観察する方法であるが、深い減肉を示唆するフィルムの濃淡を認めた場合は、（ニ：**A 2方向による撮影、B 拡大率補正を行った撮影**）等により肉厚を確認する必要がある。

問28	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	B	B	A

【問29】次の A ~ D は、水素に起因する劣化損傷の検査について述べたものである。
下線部が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A チタン水素脆化の兆候、進展度の検査（チタン水素化物の検出）方法として、金属組織観察や超音波探傷法が適用される。
- B 水素誘起割れ（H I C）の形態の一つである高応力場で認められる板厚方向に進展する割れ（S O H I C）の検査方法として、超音波斜角探傷法もしくはTOFD法が適用できる。
- C 水素侵食部の進行度のうち、クラスⅡ（脱炭や粒界マイクロフィッシュが発生し、肉厚方向に進行した状態）の検査方法として、超音波透過法が有効である。
- D 水素脆化によるオーステナイト系ステンレスオーバーレイ溶接部のはく離は内面からの超音波垂直探傷法が有効であるが、外面から確認しても、管理上の問題はない。

問29	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問30】次の A ~ D は、多管式熱交換器チューブ検査について述べたものである。下線部が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A 渦流探傷法は銅合金など非磁性体チューブを対象として、多用されている。
- B 超音波水浸法は、内外面損傷を同時に計測でき、測定値の精度が高い。特に、針状の孔食など面積が小さい損傷に適用することができる。
- C 渦流探傷法や超音波水浸法の検査前処理としてハイドロジェットクリーニングが一般的に適用される。
- D 検査前処理は、検査精度を決定する要因であることから重要な工程である。特に非磁性チューブは錆などのスケールを生成しやすく、多くの場合疑似信号の原因になる。

問30	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

【問31】次の A ~ D は、特殊検査技術の注意事項について述べたものである。下線部が適切な内容を含む文章を2つ選択せよ。

- A 低周波電磁誘導法は長大配管の全長検査に用いられ、内外面の減肉を同時に検出することが可能であるが、表面状態（錆こぶ、防食テープなど）の影響が大きく、注意が必要である。
- B 周方向超音波透過法は配管を吊り上げることなく、配管架台接触部の検査が可能であるが、減肉率が60%を超えた場合は判定精度が低下するため、目視検査又は放射線検査を併用することが望まれる。
- C 電位差分布測定法は防油堤貫通部の減肉状況や亀裂深さを推定することが可能であり、配管内面に生じる孔食等の体積欠損が少ない減肉も検出可能である。
- D ガイド波超音波検査法は保温材下外面腐食検査を行う際のスクリーニング手法の一つであり、配管の保温材を一部解体することで、長手方向にある程度長い距離の検査が可能である。

問31	順不同	
解答	B	D

【問32】 次の **A ~ D** は、供用中設備の耐圧・気密試験について述べたものである。
文章が適切なものを2つ選択せよ。

- A** 耐圧試験の昇圧過程及び試験圧力に保持されている間は、周囲の人との間に保安距離を確保する必要がある。
- B** 試験に使用する圧力計は、1年以内に校正済みのもので、目盛盤の径は100mm以上、圧力計の最大指度は、試験圧力の3～5倍のものとする。
- C** 逆止弁が加圧範囲内にある場合は、逆止弁の上流側から昇圧及び降圧する。
- D** 気密試験終了後、試験気体は、放出端を固定した上で安全な場所へ放出する。ただし、窒素を大気放出する場合は、開放箇所をできるだけ広い場所にし、脱圧口付近は酸素欠乏状態となる危険があるため、縄張り・見張りの配置などの処置を行い、降圧する。

問32	順不同	
解答	A	D

【問33】 次の **A ~ D** は、供用段階にある圧力容器及び配管の耐圧・気密試験時の昇圧の方法について述べたものである。不適切な文章を1つ選択せよ。

- A** 昇圧は、加圧試験媒体の温度と試験体の温度（壁温）が等しくなってから、開始する。
- B** 空気を排除しながら満液にし、残存空気のないことを確認する。
- C** 圧力容器に関しては、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、耐圧試験圧力まで昇圧して圧力を保持し、圧力の降下がないことを確認した後、常用圧力まで降圧し、異常の有無を調べる。
- D** 配管に関しては、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、耐圧試験圧力まで昇圧して圧力を保持し、圧力の降下がないことを確認した後、常用圧力まで下げ、この圧力において異常の有無を調べる。

問33	C
解答	

【問34】 次の（1）～（3）は、供用段階にある圧力容器及び配管の耐圧試験圧力について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に当てはまる最も適切な語句を A～G からそれぞれ選択せよ。なお設問中、2箇所（イ）には同一の選択肢が入る。また、選択肢の重複使用は不可とする。

- (1) 法規による指定がない場合、設備の耐圧試験圧力は常用圧力の（イ）以上とする。安全弁のセット圧力がこの圧力を超える場合、耐圧試験圧力を個別に検討する。また耐圧試験圧力の温度補正について、個別に必要性を検討する。
- (2) 高圧ガス設備及び導管の液体を使用する耐圧試験圧力は常用の圧力の（イ）以上（気圧試験圧力は（ロ）以上）とする。ただし、特定則第2条第17項に規定する第二種特定設備にあつては、液体を使用する耐圧試験圧力は常用の圧力の1.3倍以上（気圧試験圧力は常用の圧力の1.1倍以上）とする。
- (3) 耐圧試験時に発生する計算で求めた一次一般膜応力強さは、材料の（ハ）の90%を超えてはならない。

- A 1.1倍 B 1.25倍 C 1.3倍 D 1.5倍
 E 許容応力 F 降伏点又は0.2%耐力 G 引張り強さ

問34	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	D	B	F

【問35】 次の A ~ D は、供用段階にあるフランジの締付力の算定について述べたものである。不適切な文章を1つ選択せよ。

- A 内部流体をシールするためのガスケット面圧を得るために必要な締付力（必要締付力）を J I S B 8 2 6 5 [圧力容器の構造] の計算方法に基づき算出する。
- B 必要締付力に安全率とボルトリラクゼーションファクターを乗じて最小締付力を算出する。
- C フランジ、ボルト、及びガスケット、3つの部位について強度上許容される締付力を計算し、これら3つの締付力のうち最小のものを最大締付力とする。
- D 最小締付力から最大締付力の間を適正な締付力の範囲とする。ただし、実際の締付け時には、この範囲内で極力小さい締付力で締付けることが望ましい。

問35	D
解答	

【問36】 次の(1)～(3)は、供用段階にあるフランジ面の確認について述べたものである。フランジ面の確認として A～D に不適切な内容を含む文章を1つ選択せよ。

- (1) ガasketの当り面に、有害な傷あるいは異物等がないことを確認する。ガasket当り面を現場で修正する場合は手仕上げによるが、手仕上げによる修正が不可のものについては、A：ガasketの種類とサービス流体に応じた表面粗さに機械加工により修正する。
- (2) ガasketの当り面に、有害なうねりや傾き等がないことを確認する。配管フランジに関しては、フランジ締付け前の時点でB：設計面からの傾き $1/250$ 以内（ただしフランジ外径端部で最大3mm）を参考に補修加工可否を判断する。
- (3) フランジ間に芯ずれがないか、合マークなどで確認する。芯ずれの許容値は、C：軸方向に1.5mm、回転方向に3.0mmとする。フランジ間の隙間の許容値は、適切な力でフランジを引き寄せた状態で、D：ガasket厚さの5倍とする。

問36	D
解答	

【問37】 次の A ~ D は、ガスケットの確認について述べたものである。文章が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A 使用するガスケットが、仕様（レーティング、サイズ、型式、材質、硬度等）に適合していることを確認する。
- B 既設で石綿ジョイントシートガスケットが使用されていたフランジのガスケットを非石綿ガスケットに交換する際は、流体・運転条件踏まえ適切な仕様のガスケットを採用する。
- C 平面座や全面座に使用するうず巻形ガスケットは内外輪付を選定する。
- D ガスケットペーストを使用する場合は、仕様が適合していることを確認し、ガスケットに均一に厚く塗布する。また、異物が噛み込まないように注意する。

問37	A	B	C	D
解答	○	○	○	×

【問38】 次の **A ~ D** は、供用段階にあるフランジのボルトの締付け要領について述べたものである。文章が正しいものには **○**、誤っているものには **×** を解答せよ。

- A** フランジの締付方法は手締め、トルクレンチ、パワーレンチ、ボルトテンショナーなどの方法があるが、各締付管理に適した方法を選択する。なお、増し締めを行う場合は、現場の状況に応じ本締付けより簡便な方法を選択する。
- B** フランジボルト本数が8本以下の仮締付け及び本締付けの順序は、同一方向のみの周回方法を行うことを標準とする。フランジボルト本数が12本以上については、対角方向の交互締付けが提案されているので参考とされたい。
- C** ガasketの片締めは絶対に行わないこととし、必要に応じフランジ面間を計測しながら締付けを行うこととする。隣接配管などと接近して作業性が悪い場合には締付力が不均一になりやすいため特に注意を要する。
- D** ボルト締付け後の最終確認として、テストハンマーで緩みがないことを確認する。

問38	A	B	C	D
解答	×	×	○	○

【問39】 次の **A ~ D** は、炭素鋼及び低合金鋼溶接時の予熱と直後熱について述べたものである。内容が正しいものには **○**、誤っているものには **×** を解答せよ。

- A** 予熱は、溶接時の遅れ割れ防止及び硬化軽減を目的に行う。
- B** 予熱温度が高いほど、溶接後の硬度は上昇する。
- C** TIG溶接によるすみ肉溶接は2層溶接を行うことで1層溶接時に比べて溶接後の硬度を低減することが出来る。
- D** 直後熱は、溶接後熱処理（PWHT）の代替とすることができる。

問39	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

【問40】次の A ~ E は、溶接後熱処理（PWHT）に関連する内容について述べたものである。適切な文章を2つ選択せよ。

- A 設計図面でPWHT の指示がなく、炭素鋼の溶接部で母材の厚さが32 mm を超え38 mm 以下であったため、予熱温度を95℃ 以上で実施することでPWHT を省略した。
- B 二相ステンレス鋼の溶接部は、PWHT を行わなければならない。
- C HIC 発生環境で使用される耐 HIC 鋼製の機器は、PWHTを行わない。
- D 炭素鋼、高張力鋼、低合金鋼は、補修後のPWHTの繰返しにより機械的性質の低下が考えられるため、溶接後にPWHTを行う場合は、S-N線図により強度上の問題がないことを確認する。
- E PWHTの代替法には、テンパービード法、Ni系溶接材による溶接、ショットピーニングによる残留応力の緩和がある。

問40		
解答	A	E

【問41】次のA～Cは、JPI-8R-17 [ホットスタート]における最低加圧温度の設定方法について述べたものである。下線部に不適切な内容を含む文章を1つ選択せよ。

- A JPI-8R-17は、経年脆化した低合金鋼製の圧力設備の最低加圧温度の設定法として、破壊力学的解析法のほか、JIS B 8266 [圧力容器の構造-特定規格]による最低設計金属温度設定法、及び簡便導出法を挙げている。
- B 破壊力学的解析法は、仮想欠陥あるいは実際に検査で検出された亀裂寸法をもとに最低加圧温度を評価する方法である。
- C 簡便導出法の一つとして製作時にステップクリーニング試験を実施している場合には、その試験結果をもとに最低加圧温度を検討することができる。

問41	A
解答	

【問42】次の A ~ C は、ホットスタートと最低加圧温度について述べたものである。
下線部に不適切な内容を含む文章を1つ選択せよ。

- A 高温の定常運転においては脆性破壊に対して十分な安全性を持っている設備でも、停止から運転に入る段階では脆性破壊を起こす可能性があるため、ホットスタートを検討する必要がある。
- B 低合金鋼製の圧力容器では、焼戻し脆化などの経年的な靱性劣化により、材料の破面遷移温度が上昇するため、脆化に対して配慮が必要である。
- C 機器スタートアップ時に、加圧によって脆性破壊を発生させないために必要な最低の温度は最低加圧温度と呼ばれ、板厚断面に作用する一次一般膜応力が5.5 MPaを超える圧力に加圧する場合には、機器を最低加圧温度以上に加温する必要がある。

問42	
解答	C