

**公益社団法人石油学会**  
**2025 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合せを、以下の 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 この規格は、石油精製設備の耐圧・気密性能確保と余寿命予測及びその精度の確認等を実施するために行われる検査・評価・補修に関して、石油各社の保有技術を纏め上げた設備維持に関する基盤的な規格として作成したものである。
- ハ 基盤規格は業界規約事項と規格の骨子をまとめたものである。基盤規格は、JPI-8S-1 [配管維持規格] や JPI-8S-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基本的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、JPI-8R-11 [防食管理] や JPI-8R-13 [検査技術] などがある。

- |       |         |       |
|-------|---------|-------|
| A イ、ロ | B イ、ニ   | C ロ、ハ |
| D ハ、ニ | E イ、ロ、ニ |       |

問1	
解答	A

【問2】 次の A ~ D の文章は、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は ○、誤っているものは × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 内部検査とは、設備の耐圧部材外表面より内側の領域を対象とし、設備の内表面や内部品の腐食・劣化損傷状況を目視検査や非破壊検査で確認するものである。
- B 外部検査とは、設備の外表面や断熱材の状態を対象とし、腐食損傷状況を確認する検査であるが、断熱材や被覆材を除去することは原則として行わない。
- C 臨時検査とは、設備の異常や損傷が疑われる場合、または運転条件の変更などにより、必要と判断された場合に定期検査の周期を待たずに実施する検査である。
- 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、超音波探傷試験や金属組織を検査するためのレプリカ法組織試験などがある。

問2	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

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

- A** 運転変更により滞油処理をせずに長期間未使用となった設備は、腐食しないため検査は不要である。
- B** 温度勾配が大きい箇所では、腐食は一様に進行するため、代表箇所を1か所選定すれば十分である。
- C** 流速が遅く、腐食生成物が堆積する箇所では、堆積物下で局部腐食が発生する可能性がある。
- D** 流速が速く、気泡や固形物を含む流体が流れる箇所では、エロージョン・コロージョンが発生しやすい。
- E** 異種金属接触部では、電位差により貴（カソード）な金属側で腐食が促進されるため、検査箇所として特に注意する必要がある。

<b>問3</b>	順不同	
<b>解答</b>	<b>C</b>	<b>D</b>

**【問4】** 次の **A ~ E** の文章は、石油精製設備の外部検査について記述したものである。内容が正しいものは **○**、誤っているものは **×** を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A** 塔槽類のノズルのスカート貫通部やタック溶接の当て板下など、雨水浸入が懸念される箇所を確認する。
- B** スカートの耐火被覆が損傷しても、スカート外面に防食塗装が施工されているため、スカートの外部検査を省略することができる。
- C** 空冷式熱交換器におけるチューブは、ベア部ではなくフィン部の外面腐食状況に留意する。
- D** タンク外面犬走り部雨水シールに劣化が認められる場合は、底板の裏面側腐食に注意が必要である。
- E** 塗装不良部や保温材の不良部は除去せず、そのまま検査を行うことで、腐食の進行状況を正確に把握できる。

問4	A	B	C	D	E
解答	○	×	×	○	×

**【問5】** 次の **イ ~ ニ** の文章は、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記述したものである。適切な文章の組合せを、以下の **A ~ E** より選択せよ。

- イ** ナフテン酸腐食は、全酸価（TAN）の高い原油を処理する場合には問題にならない。
- ロ** アミン腐食の腐食速度は温度や酸性ガス濃度に影響される。
- ハ** アルカリ腐食は、苛性ソーダの濃度が低いほど腐食が激しくなる。
- ニ** 塩化アンモニウム腐食は、塩化アンモニウム塩が析出・堆積する滞留部で発生する。

**A** イ、ニ

**B** ロ、ハ

**C** ロ、ニ

**D** イ、ハ、ニ

**E** ロ、ハ、ニ

問5	C
解答	

**【問6】** 次の **A ~ D** の文章は、構造設計上の配慮事項について記述したものである。文章が正しいものは **○**、誤っているものは **×** を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A** 多管式熱交換器のフランジのガスケット接触面のナビンは、フランジを薄く、ボルトを細くすることができるが、損傷しやすいため、ナビンを設けた設計は避ける。
- B** シグマ脆化防止のため、オーステナイト系ステンレス鋼でオーバーレイをした機器のガスケット面の最終層オーバーレイは溶接後熱処理の前に行う。
- C** 設備外面の防食の観点から、リフティングラグは、据付後撤去することを原則とする。保温する機器については少なくとも保温板金より突出しないように切断する。
- D** 応力腐食割れ (SCC) 防止のため、水洗等を行わずにスチームパージを行う炭素鋼製設備のアミンを含む流体に接触する部分は、その濃度や温度に関係なく、すべて溶接後熱処理を行う。

問6	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

【問7】次の A ～ D 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例に基づく配慮事項を記したものである。文中の下線部が正しいものは ○、誤っているものは × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 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、運転開始後に温度が上昇してからプラグ打ちを行う。
- B サルファーピット内のポンプをメンテナンスのために運転中に取り外し、養生を行う場合は、事故防止のため、炭素鋼製の養生鉄板を使用し、かつ、空気流入防止措置を行う。
- C 工事箇所周囲の保温材に油がしみ込んだ状況では、外装材の内側で予想以上に広範囲に油が浸透し、燃えやすい状態となるので、このような状況下で溶接補修など火気工事を行う際には、不燃性シートを用いた通常の火の粉養生に加えて、あらかじめ油のしみ込んだ保温材は入念に撤去する必要がある。
- D 脱硫反応塔で触媒拔出作業を行う際は、回収した触媒に付着した未燃カーボンが空気と触れてくすぶる危険性を回避するため、あらかじめ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抜き出して水を張ったドラム缶に受ける等の配慮が必要である。

問7	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

**【問8】** 次の（1）～（3）の文章は、熱交換器チューブの検査対象の選定に留意すべき事項について記述したものである。文中の（イ）～（ニ）に該当す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。

- （1）パスごとに流体温度が異なるため、内部流体がプロセス流体の場合は腐食速度が最も大きくなる温度域の部位を選定する。高温硫化物腐食、アルカリ腐食環境などでは（イ）を選定する。湿性塩化物腐食、炭酸腐食環境などでは凝縮部を選定する必要がある。
- （2）内部流体の（ロ）相に腐食性物質を含む2相流の場合は（ロ）相に発生する選択的な凝縮部の腐食に、（ハ）相に腐食性物質を含む2相流の場合は（ハ）相の選択腐食に留意する。
- （3）プロセス流体の（ニ）部は流れの変化に伴うエロージョンコロージョンの発生に留意する。（ニ）部の減肉を防止するためフェルルールを採用している場合はフェルルール先端の減肉に気をつける必要がある。

- |         |       |       |
|---------|-------|-------|
| A インレット | B エルボ | C 低温部 |
| D 高温部   | E 滞留  | F 凝縮  |
| G 液     | H ガス  |       |

問8	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	D	H	G	A

**【問9】** 次の **A ~ D** の文章は、運転中モニタリングについて記述したものである。正しい記述を2つ選択せよ。

- A** 常圧蒸留塔塔頂系の腐食環境評価のため、レシーバードレン水中の塩素イオン濃度の監視を行った。
- B** 加熱炉チューブの高温酸化腐食評価のため、ケーシングのホットスポットの監視を行った。
- C** 脱硫装置反応系機器配管の水素侵食評価のため、運転温度と水素分圧の監視を行った。
- D** 皮膜剤の注入量が適正かどうか監視するために、pHの監視を行った。

<b>問9</b>	<b>順不同</b>	
<b>解答</b>	<b>A</b>	<b>C</b>

**【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、腐食形態ごとに考慮を要する事項について記述したものである。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。

**<塩化アンモニウム腐食>**  
 塩化アンモニウム腐食は、アンモニアが塩化水素と結合して発生する腐食で、配管では、(イ: **A 析出温度以下の低温部、 B 析出温度を超える高温部**)に発生しやすい。アンモニアは、常圧蒸留塔に湿性塩化物腐食を防止する目的で注入したものや、水素化脱硫装置の反応工程における (ロ: **A 脱窒素、 B 脱塩素**) 反応などによって生じたものに由来する。

**<炭酸腐食>**  
 炭酸腐食は、炭酸ガスを溶解した弱酸性水溶液による (ハ: **A 局部腐食、 B 全面腐食**) であり、その腐食速度はCO<sub>2</sub>の分圧が (ニ: **A 低くなる、 B 高くなる**) に従って上昇する。

問10	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>

**【問 1 1】** 次の文章は、滞留部及びスケール堆積部などの腐食の特徴について記述したものである。文中の（イ）～（ニ）に当てはまる最も適切な語句を A ～ F より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- ・ 流れの遅い配管系では、立ち上がり部や（イ）近傍の配管下部にスケールが堆積しやすく腐食しやすい。
- ・ スチームトレースで加熱している配管の滞留部では、流体中の腐食性物質が（ロ）されることにより、局部的に腐食することがある。
- ・ 配管滞留部では、スチームページの残水に系内の腐食性物質が（ハ）して腐食することがある。特に滞留水の（ニ）が腐食しやすい。

- |              |              |                |
|--------------|--------------|----------------|
| <b>A</b> 凝縮  | <b>B</b> 濃縮  | <b>C</b> 溶解    |
| <b>D</b> 流動部 | <b>E</b> 分岐部 | <b>F</b> 気液境界部 |

<b>問 1 1</b>	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
<b>解答</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>F</b>

【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）～（ニ）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"> <li>・ スチームトラップ近傍の配管</li> <li>・ 栈橋上の配管</li> <li>・ （イ）配管</li> </ul>
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"> <li>・ <math>-4^{\circ}\text{C}</math>～（ロ）<math>^{\circ}\text{C}</math>程度で運転されている炭素鋼配管</li> <li>・ （ハ）配管</li> <li>・ 火傷防止対策施工配管</li> <li>・ 保温施工された遊休配管</li> </ul>
保温材に含まれる塩素が応力腐食割れに対して活性となる。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ （ニ）<math>^{\circ}\text{C}</math>～<math>210^{\circ}\text{C}</math>程度で運転されているオーステナイト系ステンレス鋼配管</li> </ul>

備考 表中の温度は、配管内部流体温度を示す。

A 間欠運転で $0^{\circ}\text{C}$ 以下になる	B 振動のある		
C 冷却塔の近くにある	D 構造上の滞留部のある		
E 40	F 65	G 100	H 150

問12	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	C	H	A	F

**【問13】**次の(1)～(4)の文章は、劣化損傷について記述したものである。文中の(イ)～(ニ)に該当す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。

- (1) (イ) は、炭素鋼または C-0.5Mo 鋼が 450℃程度以上に長時間曝されたときに、金属組織内の炭化物が分解、凝集過程を経て、強度低下を招く現象である。
- (2) (ロ) は、高温、高圧の水素雰囲気の中で、鋼中に拡散した水素原子が鋼中の炭化物と反応してメタンを生成し、鋼材の脆化や割れを生じる現象である。
- (3) (ハ) は、高温領域における経時的な損傷であり、ポイドからマイ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。
- (4) (ニ) は、低合金鋼が 400℃を超えて長時間使用されたときに、機械的性質、特に延性及びじん（韌）性の低下を示す現象であり、微細な炭化物が鋼材のフェライト地に析出することによって発生する。

- |          |          |        |
|----------|----------|--------|
| A 水素誘起割れ | B 等温時効脆化 | C 水素脆化 |
| D クリープ損傷 | E 黒鉛化    | F 浸炭   |
| G 水素侵食   | H 熱疲労    |        |

問13	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	E	G	D	B

**【問14】** 次の文章は、バルブの定期検査について記述したものである。文中の（イ）～（ニ）に該当する最も適切な語句を A ～ L より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

バルブの定期検査においては、バルブが円滑に作動機能を果たし、保安上支障のない状態であることを検査する。必要に応じて漏れ検査、作動検査及び分解検査と整備を行う。

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り返されることにより、（イ）の可能性のあるバルブの（ロ）
- ・スラリーサービスで使用されることにより、（ハ）の可能性のあるバルブのディスク
- ・逆流すると過剰圧を引き起こすおそれがある（ニ）の、可動部内部状況と作動状況

A 高温割れ

B 熱疲労割れ

C 振動疲労

D クリープ損傷

E エロージョン

F 応力腐食割れ

G フランジ

H 弁箱

I ディスク

J 安全弁

K 逆止弁

L 調節弁

問14	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	H	E	K

**【問15】** 次の **A ~ D** の文章は、設備の信頼性向上に有益と判断される構造設計上の配慮事項の例を記述したものである。正しいものは **○**、誤っているものは **×** を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A** 逆止弁と仕切り弁の間が液封となる配管では、スチームトレースによる加温などで内圧が上昇することがあるため、逆止弁の上流側の仕切り弁を開放する液封対策を実施する。
- B** 火傷防止のために保温材を施工している配管は、外面腐食を防止するため、不要な保温材は可能な限り撤去することが望ましい。また、火傷防止が必要な箇所には、金網の施工を検討する。
- C** 内部流体がアミンの炭素鋼配管は、硫化水素濃度が高く応力腐食割れ感受性が高いリッチアミンに限り、溶接後熱処理を行う。
- D** 海塩粒子に曝される環境下でフェライト系ステンレス鋼配管を使用する場合は、塩化物 SCC 感受性が高いため、塗装などによる環境遮断を検討する。

問15	A	B	C	D
解答	×	○	×	×

**【問16】**次の **A ~ D** の文章は、工事作業上の配慮事項の例について記述したものである。正しいものは **○**、誤っているものは **×** を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A** 配管の外面腐食点検で、外面に著しい錆こぶがある場合には、ケレンする前に赤外線カメラによる検査を行う。
- B** 外面腐食点検のために配管の吊り上げやジャッキアップを行う際は、配管内面のスケールの付着状況に応じて、施工の可否及び施工前の安全対策の要否を検討する。
- C** 外面腐食点検後の塗装は、確実にケレンを行い、錆が残存していないことを確認した上で施工する。
- D** 外面腐食点検において、高所で近づいて確認できない場合は、足場の仮設やポールカメラの使用などを検討する。

問16	A	B	C	D
解答	×	×	○	○

【問17】次の A ~ D の文章は、変更に伴うトラブルと配慮事項について記述したものである。下線部の文章が正しいものは ○、誤っているものは × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

トラブル内容
A 連続再生式接触改質装置において、使用する触媒を変更した結果、 <u>触媒を循環させる触媒移送ガス量が増えたことで、触媒によるエロージョンが助長され</u> 、触媒移送管が開口した。
配慮事項
B 使用する触媒を変更する場合は、変更前に触媒変更に伴う運転状況の変化について、 <u>運転部門と設備管理部門が共同で変更管理を実施し</u> 、エロージョンについてのフォローアップを確実に行う。

トラブル内容
C 原油配管を改造したところ、 <u>運転中に流速が上昇して、配管底部に堆積した水分やスラッジによるスケール下腐食が進行して</u> 、原油が漏洩した。
配慮事項
D 設備改造を行う場合には、 <u>計画段階で腐食環境の変化に対応した管理方法を決定し</u> 、決定事項のフォローアップを確実に実施する。

問17	A	B	C	D
解答	○	○	×	○

**【問18】** 次の（1）～（2）の文章は、腐食の原因となる有害因子の除去について記述したものである。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。

**（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、ヒドラジン又は（ハ：**A 次亜塩素酸ナトリウム**、**B 亜硫酸ナトリウム**）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調整を目的とした苛性ソーダ、アンモニア、アミン類などの中和剤が用いられる。このうちの（ニ：**A 苛性ソーダ**、**B アミン類**）は不揮発性で強アルカリ性であるため、常圧蒸留装置のフィード系及び一部の水系（デソルター排水、ファウルウォーター）を除き、プロセス中に投入されることはない。

問18	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>

【問19】次の図及び文章は、鉄-水系のpH-電位線図（プールベ図）について記述したものである。文中の（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。

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。

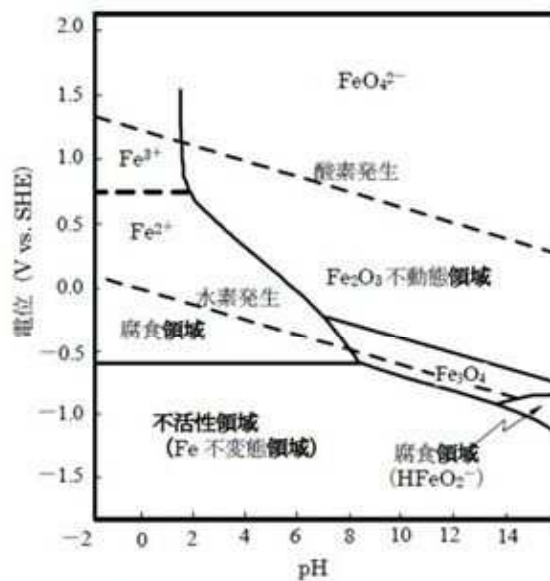


図 鉄のプールベ図（鉄-水系のpH-電位線図（25°C））

上図において、鋼材の電位が-0.1V、環境のpHが5で「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鋼材の腐食を防止できる可能性がある。

- ① 鋼材の電位を（イ： A 貴方向、 B 卑方向）へ移動させ、不活性領域とする。
- ② 鋼材の電位を（ロ： A 貴方向、 B 卑方向）へ移動させ、不動態領域とする。
- ③ 環境のpHを（ハ： A 低下、 B 増大）させ、不動態領域とする。

問19	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	B	A	B

**【問20】**次の文章は、原油を処理する常圧蒸留装置における蒸留塔系の露点温度を算出し、管理温度を設定するまでのステップについて記述したものである。(イ)～(ニ)に当てはまる最も適切な説明を、A～Fより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

常圧蒸留装置における蒸留塔系の露点温度算出までのステップ  
 (イ) → 主蒸留塔の塔頂抜き出しナフサ流量から  
           ナフサのモル数を求める。 → (ロ) → (ハ)  
 算出した露点温度より (ニ) を、塔頂の温度管理値とする。

- A 原料油の持ち込み水量から、水のモル数を求める。
- B ストリッピングスチーム流量及び原油の持ち込み水量から、水のモル数を求める。
- C 蒸気表から水の分圧値における水の沸点温度（露点）を求める。
- D 水のモル数とナフサのモル数から、主蒸留塔の塔頂運転圧力での水の分圧を求める。
- E 10～20℃低い値
- F 10～20℃高い値

問20	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	<b>B</b>	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>F</b>

【問21】 次の（1）～（4）の文章は、防食技術について記述したものである。

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。

- （1）重質油水素化脱硫装置の反応塔エフルエントの冷却過程で発生する水硫化アンモニウム腐食の腐食防止対策として水硫化アンモニウム濃度の管理が行われるが、ドレン中の水硫化アンモニウム濃度が（イ：A 2wt%以下、B 8wt%以下）であれば腐食は生じないといわれ、水注入による希釈のガイドラインとなる。
- （2）水素製造装置の熱炭酸カリウム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、五酸化バナジウムの添加が必要である。また、系内で腐食が発生すると、溶液中の（ロ：A 硫化水素濃度、B 鉄イオン濃度）が上昇し始めるので、その分析も防食管理上非常に重要である。
- （3）アルキレーション装置の反応系で触媒として硫酸を使用する場合、硫酸濃度が（ハ：A 90%以上、B 60%以下）で、流体温度が常温（50℃以下）かつ低流速（0.9 m/s 以下）の条件下では炭素鋼が使用可能である。
- （4）流動接触分解装置（FCC）の主蒸留塔系では、分解工程で発生した硫化水素、アンモニア、（ニ：A 塩素、B シアン）化合物が水の存在下で腐食を引き起こす。特にこのうちの（ニ）は、鋼表面の硫化鉄保護皮膜を溶解除去する性質を持ち、腐食を加速する。

問21	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	A	B

【問22】 次の A ~ D の文章は、ボイラの水に起因する障害を防止し、安全に、かつ効率よく運転するための水質管理の方法について記述したものである。下線部が正しいものは ○、誤っているものは × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A アルカリ処理は、ボイラ水の pH を主に水酸化ナトリウムとリン酸ナトリウムで調節する処理方法で、腐食障害やスケール障害を防止するため、軟化水又は原水を給水とする低圧ボイラでは、ボイラ水の pH を 11.0 ~ 11.8 で管理する。
- B リン酸塩処理は、ボイラ水の pH をリン酸ナトリウム又はリン酸水素2ナトリウム (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>) で調節する処理方法で、ハイドアウトが生じても遊離アルカリが発生しないよう、中・高圧ボイラにおけるボイラ水中のモル比 (Na<sup>+</sup>/PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) は 2.6 ~ 3.0 程度で管理する。
- C 揮発性物質処理は、アルカリ腐食又はハイドアウト現象を防止するために、ヒドラジン、アンモニア、揮発性アミンなどの揮発性物質のみでボイラ水の pH を調節する処理方式で、リン酸塩処理に比較して蒸発管内のスケール付着が少ない。
- D 酸素処理は、高純度の給水に酸素を溶存させて二価の鉄を溶解度の低い三価の鉄に酸化させることで、給水系統の鉄の溶出抑制及びボイラ内でのスケールの付着を抑制する処理方法で、耐エロージョンコロージョン性に優れ、銅や銅合金の腐食性の抑制に対しても有効である。

問22	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

【問23】 次の A ~ D は、クリープ損傷及びクリープ脆化の評価に関する事項を記述したものである。下線部に不適切な内容を含む文章を1つ選択せよ。

- A クリープ損傷の余寿命評価のうち、計算による余寿命予測では、Larson-Millerパラメータなどの時間・温度パラメータで整理したマスターデータを利用して計算によって余寿命を推定することができる。
- B クリープ破断試験による余寿命予測は、実機から採取した試験片を用いてクリープ破断試験を行い、その結果をもとに余寿命予測を行う方法であり、通常は実機より厳しい温度・応力条件で試験を行う。
- C 寸法検査による余寿命予測は、Cr-Mo 鋼製加熱炉管の評価に広く使用されるが、水素製造装置改質炉の耐熱遠心鑄造管には適用できない。
- D クリープ脆化は一般的なクリープ寿命として予測することが難しいが、鋼種、不純物濃度、溶接後熱処理条件などをもとに感受性の評価が行われる。

問23	C
解答	

【問24】 次の(1)～(3)の文章は、石油精製装置で発生する劣化損傷について記述したものである。文中の下線部 A～E のうち、不適切なものを2つ選択せよ。

- (1) 475℃脆化とは、A：オーステナイト系ステンレス鋼を B：約320～540℃の範囲で長時間加熱した時に発生する脆化である。
- (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い。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：安定化熱処理や適切な入熱の管理が求められる。

<b>問24</b>	<b>順不同</b>	
<b>解答</b>	<b>A</b>	<b>E</b>

【問25】 次の A ~ D の文章は、塩化物応力腐食割れ（SCC）について記述したものである。下線部に不適切な内容を含む文章を1つ選択せよ。

- A 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には発生しない。
- 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 溶接後熱処理の実施は、残留応力の低減による SCC 発生の改善効果はいくらかあるが、大きな解決策とはならない。

問 2 5	B
解答	

【問26】 次の A ~ E の文章は、水素誘起割れ（HIC）について記述したものである。不適切な内容を含む文章を2つ選択せよ。

- A 高温高圧水素環境で鋼中に割れを発生する現象である。
- B 高密度で発生しステップ状の割れとなった場合に、材料強度に悪影響を及ぼす可能性があることから注意する必要がある。
- C 発生温度は25～150℃にわたっているが、その中でも常温付近で発生しやすい。
- D 余寿命評価は、金属組織観察や水素吸収量の測定結果などをもとに行う。
- E HICの形態の1つであるSOHIC（Stress-Oriented HIC）は応力の影響を受け、板厚方向に進展する場合があるので、特に注意が必要である。

問26	順不同	
解答	A	D

**【問27】** 次の（1）～（4）の文章は疲労損傷（超高サイクル疲労は除く）に関して記述したものである。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。

- （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（イ：**A 構造不連続部などの応力集中部**、**B 冷間加工部**）を起点として発生する。
- （2）材料の疲労特性を表すのに、（ロ：**A 修正グッドマン線図**、**B S-N線図**）が最も一般的に用いられるが、この線図は材料に作用する繰返し応力と破断までの繰返し数との関係を示したものである。
- （3）疲労破壊を起こさない限界の応力を疲労限度と呼び、（ハ：**A 7000回**、**B  $10^7$ 回**）における破壊応力を通常用いることが多い。
- （4）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（ニ：**A  $1/2$ 程度**、**B  $1/10$ 程度**）である。

問27	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>

【問28】 次の A ~ D の文章は、一般的な非破壊検査方法について記述したものである。

下線部が正しいものは ○、誤っているものは × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 超音波法の反射法を用いた高温部の測定において、高温用の接触媒質と探触子を用いることで、被測定面の温度が500℃でも測定可能であるが、超音波の音速は温度により変わるため、高温部の測定では音速の補正を行う必要がある。
- B 放射線法はX線又はγ線の写真作用、蛍光作用及び電離作用を利用して腐食・エロージョンなどを観察する方法である。
- C 渦電流探傷法は、導体に近づけたコイルに直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ある。
- D 磁粉探傷法は、磁性体の試験体を電磁石又は永久磁石の磁極間において磁化し、表層部に存在するきずから漏えい磁束を発生させることで、きずの深さを測定する方法である。

問28	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

【問29】次の A ~ D の文章は、水素に起因する劣化損傷の検査について記述したものである。下線部が正しいものは ○、誤っているものは × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 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、超音波音速比法が有効である。
- B 超音波減衰法は、鋼中に伝播する超音波のエネルギーの低下が、水素侵食を起こした材料では健全材に比べて小さくなることを利用して、水素侵食の有無を検出するものである。
- C 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剥離は内面からの超音波垂直探傷法が有効だが、外面からの超音波探傷法でも確認は可能である。
- D 水素誘起割れ（HIC）の評価方法は、HIC 発生面積率、有効厚さ（健全厚さ）などで評価されており、磁粉探傷法が有効である。

問29	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

**【問30】** 次の文章は、クリープ損傷の兆候の確認段階に用いられる検査方法について記述したものである。文中の（イ）～（ハ）に最も適した語句を A～F より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- （イ） 診断部位の組織をレプリカなどにより転写し、ボイドが生成している粒界の割合を求める方法。
- （ロ） 加熱炉チューブなどが対象で、管の周長、外径の変形量とクリープ損傷の関連から余寿命を求める方法。
- （ハ） 硬さとクリープ損傷量の関係を示すマスターカーブを用いて、検査結果から損傷量（余寿命）を求める方法。

- A クリープ伸び測定法      B Aパラメータ法      C 組織対比法
- D EPR法                      E 硬さ測定法              F クリーピングウェーブ法

問30	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	B	A	E

**【問3 1】** 次の（1）～（4）の文章は、多管式熱交換器チューブの検査について記述したものである。（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。

- （1）弱磁化渦電流探傷法は磁性体チューブに対する検査において、比較的早い検査速度で、定性的なきず深さの検出が可能である。一般的には検査精度向上のため （イ： **A** 渦電流探傷法、 **B** 超音波水浸法） と組み合わせて使用されることが多い。
- （2）検査前処理は、検査精度を決定する重要な工程である。特に （ロ： **A** 炭素鋼チューブ、 **B** 非磁性チューブ） はさび（錆）などのスケールを生成しやすく、検査精度低下の原因になる。
- （3）アルミナイズを施したチューブにおいて抜き取り検査を実施する場合、表面層のバラツキが （ハ： **A** 少ない、 **B** 多い） ことを考慮し、検査抜き取り率を検討する。
- （4）超音波水浸法は、測定値の精度が高いが （ニ： **A** 針状の孔食、 **B** 外面側の減肉） を検出することはできない。

問3 1	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>

**【問32】** 次の(1)～(4)の文章は、特殊部位の検査技術、データ処理技術について記述したものである。文中の(イ)～(ニ)の語句A、Bの適切なものをそれぞれ選択せよ。

- (1) 配管を吊り上げることなく配管架台接触部を検査する手法としては、超音波透過法や(イ：**A 超音波表面波法、 B 超音波斜角探傷法**)などがある。
- (2) 3Dスキャナにて、機器表面をスキャンし、点群データを得ることで、機器表面の(ロ：**A 金属組織、 B 形状変化量**)を確認することができる。
- (3) 配管のピグ検査を実施する前には、キャリパーピグ、プロフィールピグを用いて、配管の(ハ：**A 汚れ状況、 B 内径形状**)を確認する必要がある。
- (4) ドローンは高所を中心とした塔槽・配管類の目視検査の代替検査として活躍が期待されているが、ドローンの飛行継続が困難になった場合においても、(ニ：**A 火気の制限があるエリア、 B 保安道路**)に侵入しないための対策を施す必要がある。

問32	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	A	B	B	A

**【問33】** 次の **A ~ D** の文章は、供用中の配管の耐圧・気密試験時の留意事項について記述したものである。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** 試験対象の配管に接続する試験対象でない圧力容器との縁切りは可能だったが、圧力容器の耐圧強度上の問題はないと考えられたので、縁切りはせず対象配管と一緒に加圧した。
- B** 工程最適化のため、溶接部の非破壊検査の前に耐圧・気密試験を実施した。
- C** 試験計画時にフロー図と現場を確認、加圧範囲内に逆止弁があったので、圧力計は逆止弁の上流側に取り付け、試験中の圧力を確認した。
- D** 液体による耐圧試験が困難な配管系に対し、気体により耐圧試験を実施した。試験媒体は規格で『安全な気体』と定義された窒素を使用し、試験終了後の窒素放出時は脱圧口付近が酸素欠乏状態となる危険があるため、縄張り・見張りを配置した。

問33	A	B	C	D
解答	×	×	×	○

**【問34】** 次の **A ~ D** の文章は、供用中設備の気密試験について記述したものである。文中の下線部の記述が正しいものには **○**、誤っているものには **×** を解答せよ。

- A** 試験に使用する圧力計は、1年以内に校正済みのもので、JIS B 7505 [ブルドン管圧力計] に規定する1.6級以上、又はこれと同等以上の精度を持ち、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。
- B** 試験圧力が規定圧力を超えて上昇しないよう、圧力逃し用のバルブを取り付ける。
- C** 法規その他の個別仕様で規定されていない限り、気密試験の試験圧力は常用圧力以上、保持時間は**10分間以上**を標準とする。
- D** 保持時間経過後、大気圧まで圧力を下げて、発泡剤を用いて気体の漏れを目視で検査する。

問34	A	B	C	D
解答	×	○	○	×

**【問35】** 次の（１）～（４）の文章は、供用段階にある圧力容器及び配管の耐圧試験、気密試験の試験媒体について記述したものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句 **A**、**B** のうち適切なものをそれぞれ選択せよ。

- （１）耐圧試験に使用する液体の温度は（イ：**A 17℃以上、B 試験体が脆性破壊を起こすおそれのない温度以上**）とする。
- （２）液体による耐圧試験を寒冷時に行う場合は、凍結しない温度とする。耐圧試験中に周辺温度が2℃以下になる場合、凍結防止のため試験媒体として（ロ：**A 不凍液、B ポイラ給水**）の使用を検討する必要がある。
- （３）（ハ：**A 低合金鋼製設備、B オーステナイト系ステンレス鋼製設備**）の耐圧試験に使用する水は、塩化物による応力腐食割れを防止するため、水分中に含まれる塩化物の濃度を管理する。
- （４）気密試験に使用する媒体は、乾燥した清浄な空気、窒素などの危険性のない気体とする。ただし、硫化鉄スケールが存在する場合は、（ニ：**A 空気、B 窒素**）を試験媒体に使用する。

問35	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>

**【問36】** 次の(1)～(3)の文章は、供用段階にあるフランジの締付時の確認について記述したものである。文中の(イ)～(ハ)の語句 A、B のうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 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 (イ: A 3mm、B 8mm) を参考に補修加工要否を判断する。
- (2) 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、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、ガスケット厚さの (ロ: A 2倍、B 5倍) とする。
- (3) 平形金属被覆ガスケットは正しい向きにセットされていることを確認する。すなわち、M&F (メイル・アンド・フィメール) フランジであれば、(ハ: A 図a、B 図b) の向きとする。



図 a



図 b

問36	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	A	A	B

**【問37】** 次の **A ~ D** の文章は、ガスケットについて記述したものである。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** リングジョイントガスケットにはオクタゴナル型とオーバル型があるが、いずれもフランジのガスケット当り面の健全性及びガスケット自体の有害な変形や傷がないことが確認できれば、再使用してもよい。
- B** フィラーに膨張黒鉛を使用しているうず巻形ガスケットは使用温度に注意する。膨張黒鉛は高温下では酸化減量するため、膨張黒鉛の内・外周への非石綿材またはマイカ材の取り付け、酸化抑制剤の添加等を検討する。
- C** PTFE ソリッドガスケットや PTFE 被覆ガスケットは柔軟性があり、フランジ面を傷つける懸念がないので極力強く締付ける。
- D** 建設当時、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。

問37	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問38】 次の A ~ D の文章は、フランジの締付力の計算について記述したものである。下線部の記述が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

**A 必要締付力**：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で、JIS B 8265 [圧力容器の構造] に基づき、下記、Wm<sub>1</sub>、Wm<sub>2</sub>の大きい方をいう。

Wm<sub>1</sub>       ：使用状態における必要な最小のボルト荷重 (=H+Hp)  
Wm<sub>2</sub>       ：ガスケット締付時に必要な最小のボルト荷重  
H             ：内圧によってフランジに加わる全荷重  
Hp            ：気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力

**B 最小締付力**：常温におけるボルト締付時の締付力の下限值。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算出する。

**C 最大締付力**：常温におけるボルト締付時の締付力の上限值。フランジ、ボルト、もしくはガスケットの強度基準の許容締付力のうち最大の締付力を採用する。

**D 適正締付力**：最小締付力～最大締付力を適正な締付力の範囲とする。ただし、実際の締付時には、最小締付力と最大締付力の平均の力で締付ける。

問38	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

**【問39】** 次の(1)～(4)の語句は、溶接に関する用語を記述したものである。  
 (イ)～(ニ)に対応する適切な語句を A～G より選択せよ。

(1)	SMAW	:	(イ)
(2)	GTAW	:	(ロ)
(3)	WPS	:	(ハ)
(4)	PQR	:	(ニ)

A	溶接施工要領書	B	溶接施工法確認試験記録	C	溶接後熱処理
D	被覆アーク溶接	E	フラックス入りワイヤアーク溶接		
F	ティグ溶接	G	サブマージアーク溶接		

問39	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	D	F	A	B

**【問40】** 次の **A ~ D** の文章は、溶接補修後の検査・判定基準について記述したものである。内容が正しいものは **○**、誤っているものは **×** を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A** 溶接補修部及びその周辺については、溶接補修要領書に従って溶接前後に試験・検査を行い、健全性を確認する。
- B** 溶接補修部の硬さ測定は、炉内で溶接後熱処理をした場合は不要である。
- C** 局部的に溶接後熱処理を行った溶接線は、硬さ測定を実施する。
- D** 溶接補修後の判定基準は、適用法規または **JIS** や **ASME** などの規格に基づいて合否判定を行う。

問40	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

【問4 1】 次の A ~ C の文章は、ホットスタートと最低加圧温度について記述したものである。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 4 1	C
解答	

**【問42】** 次の文章は、破壊力学的アプローチによる最低加圧温度の設定方法について記述したものである。文中の（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) 破壊力学的解析法で用いる応力拡大係数  $K_I$  は破壊に関与するき裂先端の応力場の大きさを表す力学パラメータであり、その大きさはき裂（二次元き裂寸法）の  $1/2$  乗に（イ：**A 比例**、**B 反比例**）する。
- (2) 材料の破壊靱性値  $K_{Ic}$  としては、経時脆化データとして蓄積が豊富な（ロ：**A ビッカース硬さ**、**B シャルピー衝撃試験による吸収エネルギー**）からの換算値を用いることができる。
- (3) 破壊力学的解析法で最低加圧温度を設定する場合、脆性破壊を発生しない条件として、（ハ：**A  $K_I < K_{Ic}$** 、**B  $K_I > K_{Ic}$** ）を満足する必要がある。

問42	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>