

# 公益社団法人石油学会

## 2020 年度設備維持管理士

### -配管・設備-

## 試験問題・解答用紙

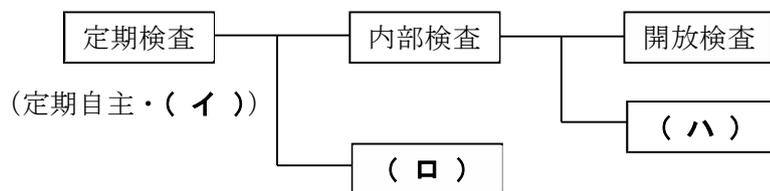
受験番号	(会場を○で囲む) 関東・関西	配管			
受験者氏名					
生年月日	1.昭和                      年（西暦                      年）      月      日生 2.平成				
就業業種	(番号記入)				

**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】次の図は、定期検査の構成を示したものである。(イ)～(ハ)に該当する最も適切な語句を、A～Gの中から選択せよ。なお、A～Gの語句の重複使用は不可とする。



- |        |             |        |        |
|--------|-------------|--------|--------|
| A 完成検査 | B 保安検査      | C 気密検査 | D 日常検査 |
| E 臨時検査 | F 開放を伴わない検査 | G 外部検査 |        |

問1	イ	ロ	ハ
解答	B	G	F

**【問2】** 次の**A ~ F**は、多管式熱交換器におけるチューブ・チューブシート等の腐食・エロージョン検査の着目点である。エロージョン及びエロージョンコロージョンが発生しやすい箇所として適切なものを**A ~ F**の中から3つ選択せよ。

- |  |                  |
|--|------------------|
| <b>A</b> デッドエンド（行き止まり部）                      | <b>B</b> スケール堆積下 |
| <b>C</b> 流入するノズル正面のバッフル、チューブ（インピンジメントバッフル近傍） |                  |
| <b>D</b> フローティングヘッドボルト近傍                     |                  |
| <b>E</b> 粒状、粉状の固体を含む流体（スラリーを含む）の流路           |                  |
| <b>F</b> 曲率半径の小さいUチューブのU部                    |                  |

<b>問2</b>	<b>順不同</b>		
<b>解答</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>F</b>

**【問3】** 次の表は、設備の変更に伴い発生したトラブル事例と配慮すべき内容について示したものである。表中の（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。

変更の内容	トラブル内容	配慮事項例
設備	①水素製造装置炭酸ガス吸収塔後段のコンデンセートセパレーターのシェルが減肉のため更新した際に行った設備改造（プロセス流体入口部のエロージョンコロージョンを防止するため設置していたバッフルプレートインナーノズルタイプへ変更）によりエロージョンコロージョンが加速し破裂開口した。	設備変更によりノズルに対面するシェルの腐食位置、腐食速度が大きく変化した。インターナル部品の改造を行う場合には、変更後の（イ： <b>A 腐食状況 B 運転状況</b> ）に変化が発生するかどうかを検討するとともに、早い機会に（ロ： <b>A 詳細な肉厚測定 B コンデンセート水 pH 分析</b> ）を行い、計画通りの腐食変化になっていることを確認することが重要である。
	②常圧蒸留装置脱ブタン塔フィード／エフルエント熱交換器で、定修においてシェルカバー底部に溶接肉盛補修を行った際、防食上必要な金属溶射を省略し、腐食減肉が進行して翌年にLPG漏洩が発生した。	設備の補修を行うに当たって、従来施工されていた金属溶射を省略する等、設備の仕様に変更を加える場合は、（ハ： <b>A 変更管理 B 施工管理</b> ）を行って、変更の内容に問題のないことを確認することが重要である。

問3	イ	ロ	ハ
解答	A	A	A

**【問4】** 次のA～Dの文章は、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。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** 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、安全のために、実流体を使って総合気密試験を行ってはならない。
- C** 昇圧の過程で漏洩を発見した場合は、増し締め可否、昇圧の停止・脱圧の要否を検討の上、速やかに必要な処置を行う。
- D** 試験媒体は、窒素などの危険性のない気体とする。ただし、設備の検査により異常がないことが確認され、漏洩、破損などによる事故の危険がないと判断される場合は、貯蔵又は処理される実ガスなどを使用してもよい。

問4	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

**【問5】** 次のA～Dの文章は、構造設計上の配慮事項について述べたものである。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** 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。
- B** 機器のスカートに耐火被覆を施す場合には、スカートの外面腐食防止のための錆止め塗装は省略することができる。
- C** 応力腐食割れ（SCC）防止のため、スチームパージを行う炭素鋼製容器の苛性ソーダに接触する部分は、苛性ソーダの濃度や温度に関係なく、全て溶接後熱処理を行う。
- D** 循環冷却水系の多管式熱交換器では、腐食防止のため、チューブ内の冷却水の流速を0.7m/sec未満に制限する。

問5	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

**【問6】** 次の文章は、工事作業における腐食生成物による発火、及びメタルファイヤーに対する注意事項を述べたものである。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) 腐食生成物として（イ： A 酸化鉄 B 硫化鉄）の生じる環境の精留塔（タワー）において、性能向上のために内部充填物を採用している場合、（イ）は、運転中又は停止時のパージにより充填物層にトラップされやすい。運転停止後の開放時に空気置換を行い、（イ）が乾燥すると発火することがある。
- (2) 気液接触の効率を上げるため、充填物として（ロ： A 金属薄片 B 樹脂薄片）を用いてパッキングしている場合、長期運転によりパッキング表面にポリマーが生成される。（ロ）とポリマーが加熱されるとポリマーの燃焼から（ロ）自体が可燃物として燃焼することがある点に留意する。
- (3) 熱交換器の廃棄のため、（ハ： A 黄銅製 B チタン製）チューブをガスで切断している際に、メタルファイヤーが発生してチューブが焼損した事例もあり、注意が必要である。

問6	イ	ロ	ハ
解答	B	A	B

【問7】 次のA～Dの文章は、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は○、誤っているものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 一般に加熱管は火炎に面する側、また出口に近づく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。
- B 火炎が直接チューブに当たっている場合には、局部的なチューブの変色、高温酸化が発生することがある。
- C 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。
- D 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。

問7	A	B	C	D
解答	○	○	○	○

**【問8】** 次のA～Dの文章は、石油精製事業所内における多管式熱交換器チューブの検査に際して留意すべき事項を記したものである。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** 内部流体が循環式冷却水の場合、水温の高いチューブ、流速が極端に遅い又は速いチューブに留意する。
- B** 工業用水などの冷却水を使用する場合、一般的に、チューブ内面側が冷却水となる環境の方が、チューブ外面側が冷却水となる環境と比較して腐食が厳しい。
- C** アルカリ腐食環境の熱交換器では高温部よりも低温部を選定する必要がある。
- D** 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。

問8	A	B	C	D
解答	○	×	×	○

【問9】 次の文章は、水素化脱硫装置の運転中モニタリングについて述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に入れる語句として、最も適切なものを A ～ F からそれぞれ選択せよ。なお、A ～ F の語句の重複使用は不可とする。

1) 防食運転の有効性の確認

- ・ Kp値（（イ）×（ロ））の監視  
Kp値と流速の関係による腐食速度が異なる。
- ・ 凝縮水の（ハ）濃度の監視  
上図の高圧分離槽廃水から凝縮水のサンプリングを行い、塩化物濃度、硫化物濃度、pH、アンモニア濃度、鉄イオン濃度、シアン化合物濃度等を分析する。（ハ）濃度は水注入による希釈のガイドラインとなる。

- |                               |                               |                  |
|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| <b>A</b> mol%H <sub>2</sub> S | <b>B</b> mol%H <sub>2</sub> O | <b>C</b> mol%HCl |
| <b>D</b> mol% NH <sub>3</sub> | <b>E</b> 水硫化アンモニウム            | <b>F</b> 硫化水素    |

問9	順不同		ハ
	イ	ロ	
解答	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>E</b>

**【問10】** 次の文章は、減肉損傷の評価から次回の検査時期を求めたものである。文中の（イ）～（ニ）内に該当する最も適切な数字を次のA～Jより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

ある配管の肉厚測定結果（最も減肉している検査点における同一測定点）は次の通りであった。

使用開始時	1978年8月5日	15.1mm
過去の肉厚測定結果	2005年8月5日	10.6mm
最新肉厚測定結果	2020年8月5日	8.8mm
必要計算厚さ	6.4mm	

これらのデータから、長期腐食速度と短期腐食速度を算出すると次の通りとなる。

長期腐食速度 = (イ) mm/年

短期腐食速度 = (ロ) mm/年

安全のため、これら2つのうちの大きい方の腐食速度を用いて必要計算厚さに到達するまでの予想寿命（余寿命：2020年8月5日時点）を算出すると次の通りとなる。

余寿命 = (ハ) 年

検査周期決定のための安全係数を0.5とすると、次回の検査は(ニ)年8月5日までに実施しなければならない。

なお、上記期間中に、運転変更等は行っていないものとする。

<b>A</b>	0.12	<b>B</b>	0.15	<b>C</b>	0.17	<b>D</b>	14	<b>E</b>	16	<b>F</b>	20
<b>G</b>	2027	<b>H</b>	2028	<b>I</b>	2030	<b>J</b>	2036				

<b>問10</b>	<b>イ</b>	<b>ロ</b>	<b>ハ</b>	<b>ニ</b>
<b>解答</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>H</b>

【問11】 次の文章は、配管内面の腐食及び劣化損傷について、構造設計上の配慮事項例を述べたものである。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) 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等があることから、可能な限り不要な保温は撤去する。火傷防止が必要な箇所は、外面腐食を防止するために （イ： A 金網 B インサルコート） を施工することが望ましい。
- (2) 安全弁及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 （ロ： A 上向き B 下向き） に取り出すなど、スケールが溜まりにくい構造とする。
- (3) 配管改造時には、外面腐食を防止するため、本管から分岐され （ハ： A 150℃以上 B 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。

問11	イ	ロ	ハ
解答	A	A	B

【問12】 次のイ～ニの文章は、配管工事作業上の配慮事項例を述べたものである。不適切な文章の組み合わせを、以下のA～Dより選択せよ。

- イ 可燃物が流出あるいは飛散して周辺の設備や保温材に付着あるいは浸み込んだ場合には、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。ただし、内部流体温度が付着油の発火点以下であれば、付着油の除去や保温材の取替は必要ない。
- ロ 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の際には、配管内面のスケールの付着状況に応じて施工可否及び施工前の安全対策の要否を検討する。
- ハ 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。
- ニ 外面腐食点検時、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。

A ロ、ハ    B イ、ロ、ニ    C イ、ロ    D ハ、ニ

問12	C
解答	

**【問13】** 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。

**<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。

また、防止対策として水などを注入した場合には、（イ： A 滞留部 B 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 （ロ： A 加水分解 B 熱分解） 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。

**<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。

また、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13	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	A	A

**【問14】** 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。下表の（イ）～（ハ）に該当する最も適切な語句を次のA～Fより選択せよ。なお、語句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
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>・通常は氷点下で大気中の水分は配管表面に氷結するが、（イ）である為が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</li> <li>・（ロ）された遊休配管</li> <li>・劣化した外装板シール材下の配管</li> </ul>
外装の損傷又は欠落部	<ul style="list-style-type: none"> <li>・膨れ部（腐食生成物が予想される）</li> <li>・変色部（高温やけ）</li> <li>・止めバンドの外れ部</li> <li>・重ね合せ部の外れ部</li> <li>・外装板が損傷した垂直保温配管の（ハ）</li> </ul>

<b>A</b> 金網施工	<b>B</b> 保温施工	<b>C</b> 直下部
<b>D</b> 間欠運転	<b>E</b> 連続運転	<b>F</b> 直上部

<b>問14</b>	<b>イ</b>	<b>ロ</b>	<b>ハ</b>
<b>解答</b>	<b>D</b>	<b>B</b>	<b>C</b>

**【問15】** 次の表は、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。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	配慮事項
<p><b>【運転の変更】</b>            長期間、未使用であった配管に対し、仕切り板等による<u>（イ）縁切りならびに油抜き</u>を行っていなかったため、内面腐食の進行、または外面腐食の進行によって原油残油が漏洩した。</p>	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 <u>（ロ）防食対策、健全性の確認に関する事項</u> 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。
<p><b>【設備の変更】</b>            配管改造によって運転中に<u>（ハ）流速が上昇し乱流</u>となった原油配管において、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。</p>	設備改造を行う場合には、計画段階で、 <u>（ニ）腐食環境の変化に対応した管理方法</u> を決め、決定事項のフォローアップを確実に行う。

問15	イ	ロ	ハ	ニ
解答	○	○	×	○

【問16】 次の文章は、環境による脆化及び割れについて述べたものである。文中の(イ)～(ホ)に入れる語句として、最も適切なものを次のA～Jより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- (1) (イ)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。
- (2) オーステナイト系ステンレス鋼では、使用温度又は溶接過程で金属組織が(ロ)する場所があるので、配管系開放時にポリチオン酸の生成が予想される部位についてはポリチオン酸応力腐食割れの検査を実施する。
- (3) アルカリ応力腐食割れはアルカリ環境下で、一定のアルカリ濃度及び(ハ)で、特定の鋼種の引張応力が存在する箇所に発生する。炭素鋼配管の溶接部で焼鈍がされていない場合には、溶接部及びその近傍を検査の対象とする。
- (4) 水素誘起割れ(HIC)は、硫化水素を含む(ニ)環境下で使用されている炭素鋼配管が検査の対象となる。ただし、HICは、鋼板の圧延方向に(ホ)に発生するため、複数の割れが階段状に結合し進展することがなければ問題となることはない。

A 硫化物応力割れ	B 塩化物応力腐食割れ	C 温度
D 圧力	E 湿潤	F 高温
G 垂直	H 平行	I 鋭敏化
J 窒化		

問16	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	I	C	E	H

【問17】 次の表は、応急補修工法についての説明である。表中の（イ）～（ハ）に入れる語句として、最も適切なものを次のA～Gより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

施工法名称	説明
（イ）	当該部分に当て板を設置し、全周溶接を行う。最も一般的で確実な工法である。局所的な減肉箇所に応用する。
（ロ）	配管、フランジに対し二つ割又は局部の当て板をシール材を介して設定し、締付ける。周囲の肉厚が十分にある場合には簡単で有効な方法である。
（ハ）	圧抜きを考慮しながらフランジ、バルブなどの当該部を耐圧強度のあるボックスにて覆う工法である。

A ライニング工法	B 当て板工法	C ボックスイン工法
D プラグ工法	E ホットタップ工法	F バンド工法
G バイパス工法		

問17	イ	ロ	ハ
解答	B	F	C

**【問18】** 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 次亜塩素酸ナトリウム B ヒドラジン）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、揮発性がよいアンモニア、（ニ： A アミン類 B ソーダ類）が用いられる。

問18	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	B	A

【問19】 次のA～Dの文章は、原油常圧蒸留装置の原料油予熱系の腐食について述べたものである。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 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、SUS317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、20～30%に希釈した水溶液を用いる。
- C 原油を加熱すると、原油中の塩化ナトリウムは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 原料油予熱系に用いられる汚れ防止剤は、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19	A	B	C	D
解答	○	×	×	○

**【問20】** 次の文章は、水素製造装置に生じる炭酸腐食について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に入れる語句として、最も適切なものを以下のA～Fからそれぞれ選択せよ。なお、A～Fの語句の重複使用は不可とする。

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（イ）であり、水素製造装置の（ロ）系・脱炭酸系ではスチームの凝縮によって（ハ）に腐食が発生する。高温（ロ）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（ハ）では炭酸腐食が発生する。

- |        |          |            |
|--------|----------|------------|
| A 局部腐食 | B 全面腐食   | C 変成       |
| D 脱硫   | E ステンレス鋼 | F 炭素鋼・低合金鋼 |

問20	イ	ロ	ハ
解答	B	C	F

【問21】 次の文章は、湿食状態にある鉄がとる3つの表面状態について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）に入れるべき最も適切な語句を下記のA～Hより選択せよ。なお、A～Hの語句の重複使用は不可とする。

表面に腐食、酸化被膜とも生じていない。発生していない。

表面が腐食している。

緻密で密着性の良い酸化被膜が生じている。

金属

(a) (b) (c)

図 湿食状態にある鉄がとる表面状態

上図の(a)は（イ）と言い、鉄は腐食しない。一般的に（ロ）を行った際の鉄の表面状態に相当する。(b)は（ハ）と言い、鉄は腐食する。(c)は不動態といい、鉄はほとんど腐食しない。

不動態は金属表面上に生じた非常に薄い緻密な酸化皮膜である。このような皮膜を不動態皮膜とも言う。ステンレス鋼は不動態皮膜によって耐食性を持たせているが、環境中に不動態皮膜を破壊する（ニ）イオンが存在すると、皮膜が破壊され腐食が生じる可能性がある。

A 活性態	B 不活性態	C 防食塗装
D 電気防食	E 酸化物	F 水酸化物
G 塩化物	H 硫化物	

問21	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	D	A	G

【問22】 次の表は、中高圧ボイラに発生する各種障害をまとめたものである。表中の（イ）～（ニ）に入れる語句として、最も適切なものを以下のA～Hからそれぞれ選択せよ。なお、A～Hの語句の重複使用は不可とする。

表 中・高圧ボイラの各種障害

原因項目	障害の現象	障害の原因
① スケール障害	・鉄などの金属酸化物が熱負荷の（イ）部分に付着し、管が膨出、破裂する。	・ボイラ用水の汚染と樹脂の汚染。 ・前処理装置の不調による金属水和物（例えばアルミフロック）又は樹脂の持ち込み。 ・給水、復水系の腐食生成物のボイラへの持ち込み（復水系の腐食、熱交換器の腐食）。 ・製造プロセスからの不純物の漏洩。
② 腐食障害	・高濃度の（ロ）によって腐食が発生する。 ・溶存ガスによって、給水、復水系の配管、熱交換器に腐食が発生する。	・pHなどのボイラ水処理管理の不備。 ・（ハ）からのNaイオンリークによるボイラ水pHの上昇。 ・ボイラ停止又は保缶中の処理の不備。
③ キャリーオーバー障害	・過熱器が膨出又は破損する。 ・タービン翼へスケールが堆積しタービン効率が低下する。	・給水処理装置の不調又はコロイダルシリカの影響によってボイラへの多量のシリカの持ち込み。 ・ボイラ水の（ニ）管理の不備。 ・負荷の急変。 ・製造プロセスからのボイラへの不純物の混入。

A 高い	B 低い	C 酸
D アルカリ	E 純水製造装置	F 給水加熱器
G ヒドラジン	H ブロー	

問22	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	D	E	H

【問23】 次の文章は、浸炭の特徴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) 浸炭は、炭素鋼又は合金鋼が高温のCO/CO<sub>2</sub>雰囲気又は炭化水素雰囲気に曝されたとき、金属中に炭素が浸入・拡散することで、特に（イ： A 高温の引張強さ B 常温の延性・靱性）などの機械的性質を低下させる現象である。
- (2) 浸炭は雰囲気の炭素活量 $a_c$ に依存し、 $a_c$ の温度依存性は雰囲気ガスの種類によって異なる。（ロ： A CH<sub>4</sub>ガス B COガス）の場合は温度が高くなるほど安定となって炭素が生じにくくなることから、高温ほど $a_c$ が小さくなるが、鋼中への炭素の浸入、炭化物形成などの過程は高温ほど促進されるため、（ハ： A 700℃ B 800℃）付近が最も浸炭速度が大きくなる。
- (3) 浸炭部がグラファイト、金属、炭化物、酸化物などの粉体となって離脱する現象は（ニ： A メタルダスティング B 黒鉛化）と呼ばれる。

問23	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	A	A

【問24】 次の文章は熱疲労について述べたものである。A ～ Eの下線部の内容で不適切なものを1つ選択せよ。

(1) 圧力容器のA：ノズル部やサポート部などには、装置の起動・停止による負荷の変動により、熱疲労を発生することがある。B：熱膨張率の異なる異材溶接部も、起動・停止により負荷変動を受けやすい。配管系の装置起動・停止による熱疲労の対策として、C：配管サポート強化などによる変位拘束が有効である。

(2) D：温度差の大きい流体合流部近傍では、熱疲労割れを発生することがある。水素化脱硫装置反応系で水素クエンチを実施している部位はその一例として挙げられる。その対策として、E：インナーノズルなども有効である。

問24	C
解答	

【問25】 次の文章は、ポリチオン酸応力腐食割れ (SCC) が懸念される設備における SCC 対策について述べたものである。A ~ D の下線部の内容で不適切なものを1つ選択せよ。

- (1) 耐圧部材にオーステナイト系ステンレス鋼を使用する場合、A : Ti 又は Nb を添加して成分調整した安定化ステンレス鋼を使用することが望ましい。
- (2) 装置停止中の機器の保管又は開放時においては、B : 開放前のスチームパージによるスケール除去や、C : 中和洗浄などもポリチオン酸 SCC の発生防止に有効である。
- (3) 安定化ステンレス鋼は、使用中の鋭敏化防止を目的に、使用温度に応じて、溶接後にD : 安定化熱処理を実施する。

問25	B
解答	

【問26】 次の（イ）～（ニ）の文章はシグマ脆化について述べたものである。下線部の正誤の組み合わせとして、最も適切なものを以下のA～Eより選択せよ。

- （イ） シグマ相は高温加熱によって発生しやすく、特に 320～500℃ で長時間加熱したときに最も形成されやすい。
- （ロ） オーステナイト系ステンレス鋼の溶接金属は、高温割れ防止の目的で通常、5～10%の マルテンサイト相 を含んでおり、そこを起点としてシグマ脆化が生じやすい。
- （ハ） シグマ相は、常温における延性低下の原因となるが、温度の上昇とともに、延性の回復が認められる。
- （ニ） シグマ脆化した材料を溶接補修する際には、脱脆化の目的で 固溶化熱処理（溶体化熱処理） の実施が割れ防止に有効である。

A	イ 誤	ロ 誤	ハ 誤	ニ 正
B	イ 誤	ロ 誤	ハ 正	ニ 正
C	イ 正	ロ 誤	ハ 正	ニ 誤
D	イ 正	ロ 誤	ハ 誤	ニ 正
E	イ 誤	ロ 正	ハ 誤	ニ 誤

問26	B
解答	

**【問27】** 次のA～Dの文章は塩化物応力腐食割れの特徴について述べたものである。適切な内容の文章を1つ選択せよ。

- A フェライト系ステンレス鋼、及びオーステナイト・フェライト二相ステンレス鋼には発生しない。
- B 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。
- C 割れ発生要因として、残留応力は影響しない。
- D 腐食反応により生じた水素原子が鋼中に浸入し、その結果生じた水素脆化といわれている。

問27	B
解答	

【問28】 次の表中の文章は水素に関連した劣化損傷について述べたものである。劣化損傷とその解説の組み合わせとして、不適切なものを次の表中のA～Dより1つ選択せよ。

劣化損傷	解説
A 水素侵食	材料中に侵入した水素が炭素と反応してメタンを生成、集積し、マイクロフィッシャを発生する現象であり、ネルソン線図に基づいて管理すべきである。
B 水素脆化 (チタンを除く)	ステンレス鋼オーバーレイにサポートリングなどが溶接されている場合に、吸収した水素に起因した割れがすみ肉溶接部に発生する現象で、溶接金属中のデルタフェライト又は $\sigma$ 相の影響を受ける。
C 水素誘起割れ(HIC)	腐食反応によって生じた水素原子が鋼中に浸入し、その結果生じる割れであり、その感受性は鋼材の硬さに依存するため、対策として材料ごとに硬さ上限が定められている。
D チタンの水素脆化	材料表面に金属水素化物を生成し、材料が脆化する現象である。

問28	C
解答	

【問29】 次の文章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～±0.3mm B ±0.1～±1.0mm）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) 磁粉探傷法は、試験体を磁化させ、磁粉を試験面に適用し、きず磁粉模様を形成させて表面の割れを検出する方法であるが、（ハ： A 非磁性体 B 磁性体）には使用できないので注意が必要である。
- (4) 放射線法はX線または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29	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	A	A

**【問30】** 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述べたものである。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、超音波透過法が適用できる。
- B** 水素誘起割れ（HIC）の形態の1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（SOHIC：Stress Orientated Hydrogen Induced Cracking）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** チタン水素脆化の兆候、進展度の検査の1つとして渦流探傷法が適用できる。
- D** 水素脆化によるオーステナイト系ステンレス鋼でオーバーレイ溶接の剥離は内面からの超音波垂直探傷法が適用できる。

問30	A	B	C	D
解答	×	○	○	○

【問31】 次のA～Dの文章は特殊検査技術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 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1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。
- C 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、飛行時は風速などの外部環境における明確な飛行中止条件の設定や防火、消火体制を整える必要がある。
- D 電位差分布測定法は防油堤貫通部の減肉状況やき裂深さを推定することができる。また、貫通部にフランジやバルブ、ティーズが含まれている箇所も検査が可能である。

問31	順不同	
解答	B	C

【問32】 次のA～Dの文章は、超音波垂直・斜角探傷法の留意事項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 超音波の音速は温度により変わるため、高温部の測定では補正を行う必要がある。
- B 超音波の伝搬方向に対して垂直な拡がりを有するきずが最も検出しやすいことから、最適な超音波の入射方向（入射角）となる方法を選択することが必要である。
- C 表面形状が複雑な溶接部では、溶接ビード形状に起因する妨害エコーなどで、きずが判別できない場合がある。
- D 曲率の小さい部位又は薄肉の部位を検査する場合は振動子の径を大きくする方が良い。

問32	D
解答	

**【問33】** 次の文章は、供用段階にある圧力容器及び配管の耐圧試験及び判定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) 液体による耐圧試験では、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、規定の試験圧力まで昇圧し、規定の時間保持した後、圧力容器に関しては（イ： A 常用圧力 B 大気圧）、配管に関しては（ロ： A 常用圧力 B 大気圧）まで圧力を下げて、この圧力において漏れ、局所的な膨らみ伸びなどの異常の有無を確認し、異常のない場合に合格とする。
- (2) 気体による耐圧試験（気圧試験）では、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、規定の試験圧力まで昇圧し、規定の時間保持した後、圧力容器に関しては（ハ： A 常用圧力 B 大気圧）、配管に関しては（ニ： A 常用圧力 B 大気圧）まで圧力を下げて、この圧力において漏れ、局所的な膨らみ伸びなどの異常の有無を確認し、異常のない場合に合格とする。

問33	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	B	A

【問34】次の文章は、供用段階にある設備等の耐圧試験の試験圧力について述べたものであるが、A～Dの下線部の内容で誤っているものを2つ選択せよ。

- (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1.5倍以上とする。A：安全弁セット圧力が常用圧力の1.5倍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 B：常用圧力の1.5倍以上（気圧試験圧力は常用圧力の1.25倍以上）とする。ただし、特定設備検査規則第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圧力の1.3倍以上（気圧試験圧力は常用圧力の1.1倍以上）とする。
- (3) 労働安全衛生法の圧力容器構造規格に定める鋼製の第1種及び第2種圧力容器の水圧試験圧力は C：常用圧力（最高使用圧力）に $(\sigma_n / \sigma_a)$ を乗じた圧力とする。  
 $\sigma_n$ ：試験温度における材料の許容引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $\sigma_a$ ：使用温度における材料の許容引張応力 (N/mm<sup>2</sup>)
- (4) 耐圧試験時に発生する計算で求めた一次一般膜応力は、材料の D：降伏点又は0.2%耐力の2/3を超えてはならない。

問34	順不同	
解答	C	D

**【問35】** 次の文章は、ガスケットの選定の考え方について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）に入れる語句として、最も適切なものをA～Gからそれぞれ選択せよ。なお、A～Gの語句の重複使用は不可とする。

一般的なガスケットとして具備すべき条件は、以下の通りである。

- (1) 締付力(外部からの強制締付法によるものと自緊方式の締付けによるものがある)によって、ガスケットが弾性又は塑性変形してフランジの接合面に（イ）でなくてはならない。また、このとき、フランジの接合面を傷めないように、ガスケットの方が（ロ）でなければならない。
- (2) 平面座や全面座に使用するうず巻き形ガスケットは（ハ）を選定する。  
（ニ）のうず巻き形ガスケットを平面座に使用し、締付け過多が有った結果、内側のフープが変形して漏洩した事例が有る（なお、一般的に全面座フランジには強度上の問題からうず巻き形ガスケットを使用しない）。

- A 外輪付内輪無し      B 付着しやすいもの      C 硬質      D 内外輪付  
E 内輪付外輪無し      F なじみやすいもの      G 軟質

問35	イ	ロ	ハ	ニ
解答	F	G	D	A

**【問36】** 次の文章は、供用段階にあるフランジの締付力の計算について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bのうち適切なものをそれぞれ選択せよ。

- (1) フランジ締付力の計算において、最大締付力は、（イ： A フランジ、ボルト、もしくはガスケット B フランジ、もしくはボルト）に許容される限界の締付力のうち最小の締付力を採用している。この際、ボルトのリラクゼーションファクターを（ロ： A 加味する B 加味しない）。
- (2) フランジ締付力の計算において、最小締付力は、（ハ： A ボルト強度基準の最小締付力 B ガスケットの締付けに必要な最小締付力）に、（ニ： A 安全率とリラクゼーション B 安全率）を考慮した締付力を採用する。

問36	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	B	A

【問37】次の文章は、供用段階にあるフランジのボルト締付力の定量的管理方法について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句A、Bのうち適切なものをそれぞれ選択せよ。

- (1) トルク管理を行う場合、ボルト・ナットを再使用する場合には、ボルト・ナットの点検を行い、（イ： A ナットが軽く手で廻るようになるまで B ナットが手動では廻らない程度まで）整備する。ただし、整備不可の場合は取替える。
- (2) 軸力管理を施したボルトの締付力は、トルク管理を施した場合に比べて、締付力のバラつきが（ロ： A 大きい B 小さい）。
- (3) 軸力管理において、ボルトの応力と伸びの関係は、次式による。

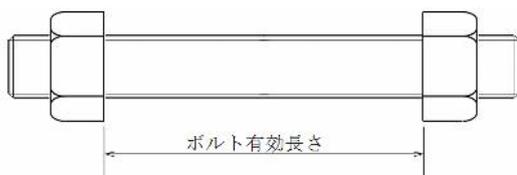
$$\sigma = \frac{E(L - L_0)}{L_0}$$

ここに、

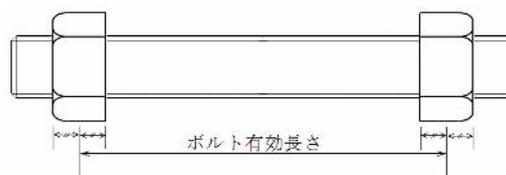
- $\sigma$  : ボルトの応力 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $E$  : ボルト材料の縦弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>) で、材料規格による。  
 $L$  : 締付け後のボルトの有効長さ (mm)  
 $L_0$  : 締付け前のボルトの有効長さ (mm)

ここで、呼び径と等しい高さの六角ナットを有するボルトの有効長さは、（ハ： A ナットの内側端面間の距離 B ナットの厚みの中央間の距離）とする（ただし、植込みボルトは除く）。

**A ナットの内側端面間の距離**



**B ナットの厚みの中央間の距離**



問37	イ	ロ	ハ
解答	A	B	B

**【問38】** 次の文章は、ビードオンテストによる溶接性確認方法について述べたものである。文中（イ）にあてはまる最も適切なものを、以下のA～Eより1つ選択せよ。

使用材料の経年劣化により溶接性の低下が予想される場合には、次に示すビードオンテストによる溶接性確認方法が有効である。ただし、この方法では溶接拘束条件が厳しくないため、溶接補修部の拘束が厳しくなる場合には注意が必要である。

- a) 溶接補修対象部又はその周辺に約 100 mm長さのビードを置く。
- b) 浸透探傷試験又は磁粉探傷試験を行う。
- c) 割れが検出された場合、次のような改善策を検討し、再試験を行う。
  - ・ 

(イ)
-----
  - ・ ピーニング等による溶接補修部の応力緩和
  - ・ 溶接性改善のための熱処理（脱脆化处理、脱水素処理等）
- d) 改善策をとっても割れが防止できない場合には、溶接補修を断念し、他の処理方法を検討する。

- |                           |                             |
|---------------------------|-----------------------------|
| <b>A</b> 非破壊検査手法の見直し      | <b>B</b> 気密試験による気密性の確認      |
| <b>C</b> テンパーパラメータの考慮     | <b>D</b> 予熱、電流、入熱などの溶接条件の変更 |
| <b>E</b> コーティングによる環境遮断の実施 |                             |

<b>問38</b>	<b>イ</b>
<b>解答</b>	<b>D</b>

**【問39】** 次の文章は、ステンレス鋼の溶接管理について述べたものである。オーステナイト系ステンレス鋼を表している文章として最も適切なものを以下の **A ~ C** より 1 つ選択せよ。

- A** デルタフェライト量が高いため、600℃以上の温度域での脆化速度が速いこと、熱影響部の耐食性が母材に比べ劣ることなどから、溶接に際しては入熱量を低くし、予熱はせずパス間温度もなるべく低く（170℃以下）することが望ましい。また、シグマ脆化及び 475℃脆化を防止するため、PWHT は通常行わない。
- B** 500～800℃の温度範囲の加熱で鋭敏化し耐食性が劣化する。鋭敏化防止と高温割れ防止のため、通常、予熱は行わず、パス間温度を 150℃以下に保ち、かつ過大な入熱を避ける必要がある。
- C** 400～550℃で 475℃脆性を起こすので、この範囲での加熱をできるだけ避ける。共金系のクラッド鋼溶接部を除いて、309 系やニッケル系溶接棒を使用することで PWHT も通常行わない。しかし、溶接時には硬化・割れを防ぎ延性を保つために、通常 150℃程度の予熱を行う。

問39	B
解答	

【問40】 次のA～Dの文章は、溶接時に注意すべき割れや劣化について述べたものである。下線部に不適切な記述を含むものを1つ選択せよ。

- A Cr-Mo 鋼は、焼入性が高く、予熱・パス間温度を適切に管理しないと低温割れが生ずる。
- B 遅れ割れは、炭素当量  $C_{eq}$  (又は割れ感受性組成  $P_{CM}$ ) が低く、継手の拘束度 (又は板厚) が大きく、溶接時の冷却速度が大きく、水素量が多い場合に起りやすい。
- C 炭素鋼及び低合金鋼は、PWHTにより強度低下を生じる。PWHT 1回当たりの強度低下はテンパーパラメータを用いて推定できるが、このテンパーパラメータは熱処理条件 (加熱温度と加熱時間) の関数である。
- D 亜鉛汚染されたオーステナイト系ステンレス鋼は、溶接により割れを生じ、ステンレス鋼溶接部の品質確保の観点から大きな問題となる。亜鉛系材料に使用したグラインダーなどの使用は避け、亜鉛系材料との接触も避ける。また、亜鉛系塗料による塗装をしないことなどの注意が必要である。

問40	
解答	B

【問41】 次の文章は、応力拡大係数 ( $K_I$ ) 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、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  $K_I$  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、その大きさはき裂寸法の 1/2 乗に (イ: **A** 比例 **B** 反比例) する。
- (2) 材料の経時靱性変化は (ロ: **A** 引張試験による応力-ひずみ曲線 **B** シャルピー衝撃試験による吸収エネルギー) の変化として実データの蓄積が進んでおり、これらを基礎に破壊力学で使用する材料の破壊靱性値  $K_{IC}$  の推測を行うことができる。
- (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41	イ	ロ	ハ
解答	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>

**【問42】** 次のA～Cの文章は、焼戻し脆化について述べたものである。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** 低合金鋼の焼戻し脆化量の試験評価方法として、ステップクーリング試験が有効である。
- B** 焼戻し脆化の度合は低合金鋼に含まれる不純物元素濃度に強く依存し、J-factor, X-barなどのパラメータから脆化感受性を推定できる。
- C** 低合金鋼の中で、1.25Cr-0.5Mo 鋼は焼戻し脆化感受性が最も高い。

問42	A	B	C
解答	○	○	×