

公益社団法人石油学会
2019 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A～Dの文章は、JPI-8S-1「配管維持規格」、または、JPI-8S-2「設備維持規格」で定義されている用語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 内部検査は、設備の耐圧部材外表面より内側の領域を対象とする検査をいい、設備の外側または内側から行う。
- B 目視検査とは、目視による観察によって対象設備の腐食・劣化状況及び汚れ状況の確認を行い、良否を判別する検査であり、設備の外部状況を検査する外部目視検査と設備の内部状況を検査する内部目視検査とがある。
- C 非破壊検査とは、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、表面または内在きずを検出するための“超音波探傷試験”、“磁粉探傷試験”、“染色浸透探傷試験”などがある。
- D 破壊検査とは、検査の対象となる設備から試験片を採取し、破壊することによって材料の強度などを調べる検査をいい、“断面組織試験”、“放射線透過試験”、“機械的強度試験（引張り、曲げ、衝撃、疲労、クリープ試験）”などがある。

問1	D
解答	

【問2】 次の**A ~ F**は、空冷式熱交換器における腐食・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最も適切なものを**A ~ F**の中から3つ選択せよ。

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| A ショルダープラグのガスケット座 | B 液滴を含む気体（初期凝縮の状態を含む）の流路 |
| C フィン取り付け部 | D 粒状、粉状の固体を含む流体（スラリーを含む）の流路 |
| E フェルール先端部 | F プラグ打ちにより流れのなくなったチューブ |

問2	順不同		
解答	B	D	E

【問3】 次の文章は、加熱炉の運転中検査と加熱炉チューブのコーキングの検査について述べたものである。次の文章（イ）～（ニ）の正誤の組み合わせを下のA～Eより選択せよ。

- （イ） 加熱炉内のチューブスキン温度の監視をくまなく行うため、定期的に放射温度計による測定を実施する。特に水素製造装置改質炉の反応管はクリープ域で運転されており、寿命管理には運転中のチューブスキン温度把握が重要となる。
- （ロ） 火炎が直接チューブに当たっていると懸念される場合、局部的に過熱されたチューブは引張り強さ及び靱性の低下が起こることがあるが、開放検査時に当該チューブの材質劣化に関する検査を計画することで、直ちに運転上の改善を図る必要はない。
- （ハ） のぞき窓から、火炎の状態、ホットスポットの有無、異常振動の有無、輻射部の管の曲り、変色、汚れ状況等を確認する。
- （ニ） コーキングの検査及びクリーニングの実施時期を計画する際は、コークは付着しだすと堆積厚さに依存し、加速度的に成長する傾向がある点に十分に考慮のうえ決定することが肝要である。

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

問3	D
解答	

【問4】 次のA～Dの文章は、石油精製事業所内で使用される圧力設備に発生する腐食・エロージョンについて述べたものである。下線部が正しいものは○、誤りのあるものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A ナフテン酸腐食は、主に常圧蒸留装置の加熱炉入口までの予熱系の配管で発生する。
- B 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、300℃付近では急速に減肉が進行し酸化皮膜も厚い脆弱なものになる。
- C 水硫化アンモニウム腐食は、主に脱硫装置の液ガス分離系で発生し、濃度の高い水硫化アンモニウムを含む湿潤環境において、保護作用のある硫化鉄皮膜が水硫化アンモニウムとの反応により剥がれるため腐食を引き起こすもので、流体中の硫化水素濃度、アンモニア濃度及び流速が腐食の要因である。
- D 硫酸腐食は、強酸である硫酸による炭素鋼、ステンレス鋼の著しい腐食である。硫酸濃度 90～98%で、温度が常温の場合は、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。

問 4	A	B	C	D
解答	×	×	○	○

【問5】 次の表は、環境遮断材の劣化・損傷に関するものである。表中の（イ）～（ハ）に入れる語句として、最も適切なものを、以下のA～Dより選択せよ。
 なお、A～Dの選択肢の重複使用は不可とする。

環境遮断材の種類	特徴的な劣化・損傷	検査方法
（イ）	膨れ及び浮上り、減耗、ピンホールなど	目視検査、膜厚測定、ピンホールテスト
（ロ）	割れ、剥離及び浮上り、減肉、中性化など	目視検査、ハンマーテスト、断面pHテスト（コア抜き）
防食材料ライニング／コーティング	膨れ、剥離、ピンホール、膨潤及び軟化、摩耗など	目視検査、サンプル採取及び分析、接着力測定、ピンホールテスト、硬度試験
（ハ）	割れ、剥離及び浮上り、摩耗、ヘックスメッシュ・アンカーなど金物の異常、ジョイント部のシール脱落など	目視検査、ハンマーテスト

- | |
|---|
| <p>A 断熱キャストブル及び耐摩耗キャストブル（耐摩耗ライニング）</p> <p>B 耐食金属のクラッド、オーバーレイ、ストリップライニング</p> <p>C 耐食金属及びセラミックの溶射被膜</p> <p>D モルタルまたはコンクリートライニング</p> |
|---|

問5	イ	ロ	ハ
解答	C	D	A

次の【問6】は出題から除外した

【問7】 次の表は、多管式熱交換器に関する「構造設計上の配慮事項例」である。文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bのうち、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

表. 構造設計上の配慮事項例

分類	項目名	配慮事項例
多管式熱交換器	フランジ部の雨よけ	・水素を含み、 <u>（イ： A 200℃未満 B 200℃以上）</u> の流体箇所フランジ部は降雨時の急激な冷却による漏洩を防止するため、フランジ部に雨よけを設置する。
	チューブ、その他の防食	・硫化水素雰囲気を使用するボルト・ナットには <u>（ロ： A 硫化物応力割れ B 塩化物応力腐食割れ）</u> 防止のため、セラミック・コーティング材または <u>（ハ： A 低強度材 B 高強度材）</u> のボルトを使用する。 （特に熱交換器フローティングヘッド部） ・循環冷却水系の熱交換器では、腐食防止のため、流速及びスキン温度の制限値を設定する。ここで、流速制限値は <u>（ニ： A 0.7m/sec未満 B 0.7m/sec以上）</u> に設定するのが適切である。

問7	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	A	B

【問8】 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が、下線部に不適切な内容を含む文章を1つ選択せよ。

- A 加熱炉チューブの変色または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 バーナーチップは、カーボンによる詰まりの確認だけでなく、高温酸化による減肉や焼損の有無を確認する必要がある。
- C クリープ域で運転されている加熱炉チューブの寿命管理には運転中のチューブスキン温度の把握が重要となる。
- D コンベクション部の燃焼ガス温度が低い箇所では、バナジウムアタック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8	D
解答	

【問 9】 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）内に最も適切な数字を次の A ～ J より選択せよ。なお、A ～ J の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	1999年1月10日	20.0mm
過去の肉厚測定結果	2009年1月10日	19.2mm
最新肉厚測定結果	2019年1月10日	18.0mm
必要計算厚さ	16.8mm	

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：2019年1月10日時点）を算出すると次の通りとなる。

余寿命 = (ハ) 年

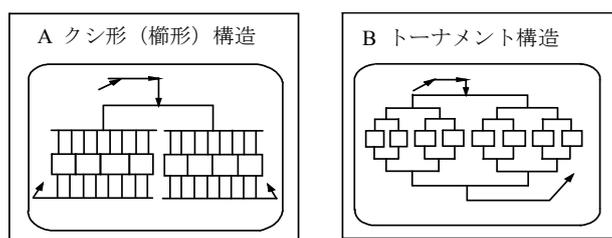
検査周期決定のための安全係数を 0.8 とすると、次回の検査は (ニ) 年 1 月 10 日までに実施しなければならない。

A	0.08	B	0.10	C	0.12	D	10	E	12	F	24
G	2024	H	2027	I	2028	J	2031				

問9	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	C	D	H

【問 10】 次の各説明は、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）～（ニ）内の語句A、Bのうち、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 水硫化アンモニウム、塩化アンモニウム腐食の環境の空冷式熱交換器の入口／出口の配管は偏流を防止し適正な流速に維持するため、左右対称な（イ： A クシ形（楕形）構造 B トーナメント構造）とする。



- (2) 内部流体がアミンの炭素鋼製配管は、応力腐食割れの対応として、（ロ： A 低濃度の場合に限り B 濃度に関係なく）溶接後熱処理を行う。
- (3) 逆止弁と仕切り弁間が液封状態になる配管系の内圧が、スチームトレースの影響などにより上昇し、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、逆止弁の（ハ： A 上流 B 下流）の仕切り弁を開放する等、液封対策を実施する。
- (4) 出荷配管のような長い配管で液撃の発生が懸念される場合は、バルブの開放速度を（ニ： A 遅く B 早く）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必要がある。

問 10	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	B	A

【問 11】 次のA ~ D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。不適切な記述がある文章を1つ選択せよ。

- A 小口径の配管施工時、フランジ合せ面に芯ずれが生じている状態でフランジを無理に固定すると配管に曲げ応力が作用する。このような残留応力が作用している部位では疲労限度が低下し、振動による損傷が生じやすくなるので、注意が必要である。
- B 過去に外面塗装が悪い状態のまま保温を設置したために、外面腐食が進行して不具合に至った事例がある。既存の配管に新たに保温を設置する際には、その下の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。
- C 高温配管の保温材を剥離して検査等を実施する場合は、耐熱シートや難燃シートに油が付着していないことを確認する。
- D 可とう性のない配管に対してバルブの切り込み等の工事を行う際は、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、平行度不良に十分に注意すれば、面間寸法への配慮は不要である。

問 11	D
解答	

【問 12】 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、より適切な方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または水素化脱硫反応工程における（イ： **A 脱窒素反応 B 脱塩素反応**）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（ロ： **A 滞留部 B 高温部**）に発生する。

＜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鋼の（ハ： **A 局部腐食 B 全面腐食**）であり、その腐食速度はCO₂ガス分圧が（ニ： **A 低くなる B 高くなる**）に従って上昇する。

問 12	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	B	B

【問 13】 次の A ～ D の文章は、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。下線部が正しいものは○、誤りのあるものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

A <滞留部及びスケール堆積部>

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。

B <異種金属、異種組織の接触部>

異種金属溶接部において異種金属接触腐食により局部腐食が発生する。海水などの電気伝導度の低い水溶液中において生じやすい。

C <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減肉が生じる。このため、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）を行う。

D <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及び排ガス回収系統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、配管系が腐食することがある。特に初期の凝縮液は、腐食性物質が飽和され高濃度となるので腐食が激しくなる。

問 13	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

【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）～（ニ）に最も適切な語句を次の A ～ I より選択せよ。なお、A ～ I の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
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 ・ 栈橋上の保温配管 ・ エアフィンクーラー下部近傍の配管 ・ 大雨、高潮などによって冠水した配管 ・ （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"> ・ -4°C～（ロ）$^{\circ}\text{C}$程度で運転されている（ハ）配管 ・ 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（ロ）$^{\circ}\text{C}$以下となる本管 ・ コンクリートなどの構造物に接している保温施工配管 ・ 火傷防止対策施工配管
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"> ・ $65\sim 210^{\circ}\text{C}$程度で運転されている（ニ）配管

備考 表中の温度は、配管内部流体温度を示す。

A	75	B	100	C	150
D	オーステナイト系ステンレス鋼		E	フェライト系ステンレス鋼	
F	炭素鋼・低合金鋼		G	振動のある配管	
I	構造上の滞留部のある配管		H	冷却塔付近の配管	

問 14	イ	ロ	ハ	ニ
解答	H	C	F	D

【問 15】 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次のA～Gより選択せよ。なお、A～Gの語句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】 休止に伴い（イ）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。</p>	<p>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（イ）の取扱い等には注意する。</p>
<p>【設備の変更】 水素化精製装置のリサイクルガス冷却器管で、流速低下を目的にサイズアップしたことに伴い、出口配管の立上部エルボ下流に、既設配管との接合のためレデューサを設置した。この変更に伴い、レデューサ近傍の配管において腐食が急速に進行し、開口に至った。</p>	<p>水硫化アンモニウム腐食環境では、気液混相流の流動状態の変化により、エロージョンコロージョンによる腐食が急速に進行する場合がある。配管サイズや形状を変更し、配管内の流動状態が変化するような場合には、変更管理により、（ロ）や（ハ）を見直す必要がある。</p>

A 電気防食	B 運転圧力	C 検査周期
D スチームトレース	E 安全対策	F モニタリング箇所
G 補修方法		

問 15	イ	ロ、ハ (順不同)	
解答	D	C	F

【問 16】 次の文章は、高温劣化損傷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、最も適切な語句を次のA～Fより選択せよ。なお、A～Fの語句の重複使用は不可とする。

- (1) 水素侵食は、高温、高圧の水素雰囲気中で鋼中に拡散した水素原子が鋼中の（イ）と反応してメタンを生成して鋼材の脆化、割れを生ずる現象である。
- (2) クリープ損傷は、高温クリープ領域における経時的な損傷であり、クリープポイドから（ロ）へと成長し、最終的に破損に至る現象である。
- (3) 黒鉛化は、炭素鋼または C-0.5Mo 鋼が約 450℃以上に長時間曝されたときに、金属組織内の炭化物が（ハ）、凝集過程を経て黒鉛化し、強度低下を招く現象である。

- | | |
|--------------|------------------|
| A 分解 | B エタン |
| C 炭化物 | D ミクロクラック |
| E 窒素 | F 浸炭 |

問 16	イ	ロ	ハ
解答	C	D	A

【問 17】 次の A ~ D の文章は、CUI（保温材下外面腐食）の加速要因の 1 つである温度について述べたものである。下線部が正しいものは○、誤りのあるものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

一 運転温度

- A 外面腐食にとっては、機器・配管の表面温度よりも内部流体温度が重要である。
- B 腐食反応自体は温度が高くなるほど加速されるが、外面腐食では、高温になるに伴って機器・配管表面の水膜の酸素溶解度が低下するために、その効果は単調な増加とはならない。
- C 大気開放系の水中での腐食速度は室温から温度の上昇とともに増加し 150℃で腐食速度の極大を示す。そして、それ以上の温度では腐食速度は減少する。
- D 運転温度が高い場合、保温外装板の継ぎ目のコーキング、シーラントの劣化も抑制され、保温材内への雨水の浸入が抑制される。

問 17	A	B	C	D
解答	×	○	×	×

【問 18】 次の文章は、ボイラの燃焼系に生じる腐食、劣化損傷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。

ーボイラ燃焼系 燃料（重油、ガス）は、ボイラ前部に設けられたバーナーにより炉内で燃焼し、燃焼ガスは火炉水壁管、過熱器、後部伝熱部、節炭器（エコマイザー）の各伝熱を経て空気予熱器に入り排ガスの熱回収が行われた後、集塵器を経て煙突から排出される。

燃焼ガス側の腐食として、炉内では（イ）のほか、燃料に含まれる硫化水素または硫化物による（ロ）や（ハ）（露点腐食）が生じる。また、高温加熱部の熱的劣化損傷として、構造不連続部の（ニ）や、クリープ損傷が生じる。排ガス経路では（ハ）が生じ、耐候性鋼、表面処理鋼や耐酸性ライニングなどの耐食材料の使用で対処している。

- | | | |
|-----------|-----------|--------|
| A 湿性塩化物腐食 | B 湿性硫化物腐食 | C 炭酸腐食 |
| D 高温硫化物腐食 | E 高温酸化 | F 水素侵食 |
| G 焼戻し脆化 | H 熱疲労 | |

問 18	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	D	B	H

【問 19】 次の文章は、水素化脱硫装置で発生する水硫化アンモニウム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 **A** ～ **D** からそれぞれ選択せよ。なお、**A** ～ **D** の語句の重複使用は不可とする。

重質油水素化脱硫装置の液・ガス分離系では、アンモニウム塩が析出し、閉塞及び腐食を招く。この水硫化アンモニウム腐食は、硫化水素、アンモニア濃度の高い、すなわち高濃度の水硫化アンモニウムを含む湿潤環境において、保護作用のある硫化鉄皮膜が水硫化アンモニウムとの反応により剥がれるため腐食を引き起こすといわれており、流体中の硫化水素濃度、アンモニア濃度及び流速が腐食の要因として考えられている。

— **NH₄HS 濃度管理**

ドレン中の水硫化アンモニウム濃度が（イ）以下の場合、腐食が生じないといわれ、水注入による希釈のガイドラインとなる。ただし、近年では、流速 3.5m/sec 以下では（ロ）以下、流速 3.5m/sec を超える場合には（ハ）以下でもよいといわれている。

A 2wt% **B** 4wt% **C** 10wt% **D** 20wt%

問 19	イ	ロ	ハ
解答	A	C	B

【問 20】 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）に入れる語句として、最も適切なものを A～C からそれぞれ選択せよ。なお、A～C の語句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。腐食領域は金属が活性であり、アノード反応とカソード反応が同時に起こる領域である。不活性（不変態）領域はアノード反応が起こらない領域で、金属は決して腐食することはない。不動態領域は、環境中に塩化物イオンのような不動態皮膜破壊イオンが存在しない場合、ほとんど腐食しない。

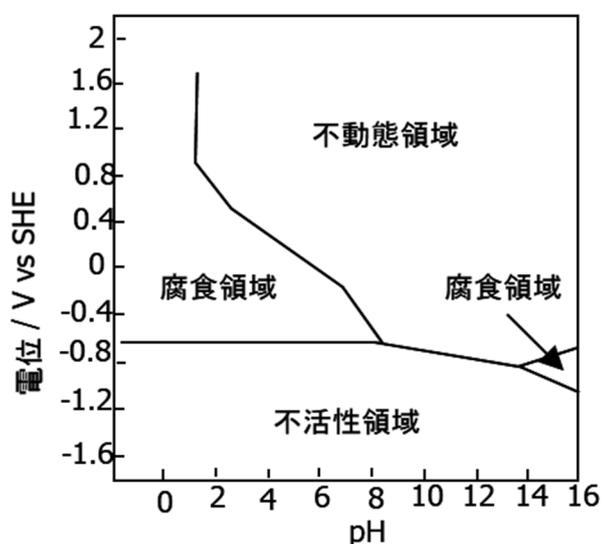


図 鉄のプルベダイアグラム

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 不活性（不変態）領域

B 腐食領域

C 不動態領域

問 20	イ	ロ	ハ
解答	A	C	C

【問 21】 次の文章は、水素製造装置で発生した損傷事例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、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

水蒸気改質型水素製造装置の改質炉トランスファーラインに設置されたインコロイ 800H 製温度計保護管に減肉が発生した。減肉は温度計保護管全長のうち中間位置の一部のみで発生していた。（図 1）

冶金調査及び運転条件におけるプロセスガスの炭素活量の計算等を行った結果、炭素活量、反応速度、拡散速度が重畳し、（イ： A 浸炭速度 B 分解速度）が高くなる温度域に相当する、運転温度よりやや（ロ： A 低い B 高い）温度となった部分が局部的に（ハ： A 水素侵食 B メタルダスティング）を起し減肉したと考えられた。（図 2）

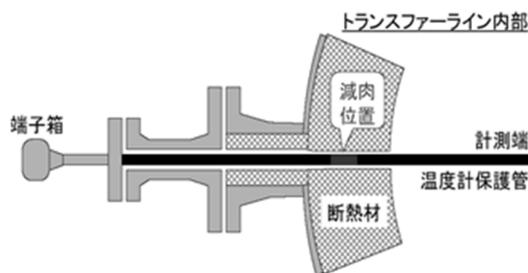


図 1 温度計保護管の減肉位置

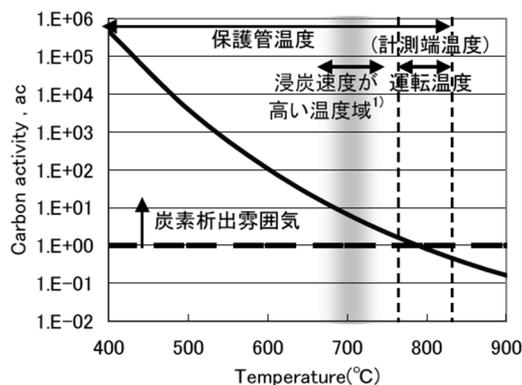


図 2 運転環境での炭素活量

問 21	イ	ロ	ハ
解答	A	A	B

【問 22】 次の A ~ D の文章は、アミン応力腐食割れ（以下 SCC と記す）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 の感受性はアミンの種類に依存し、MEA を使用している機器・配管類は、DEA などの他のアミン溶液の機器・配管に比べて SCC 感受性が高い。
- B 炭素鋼のアミン SCC の対策として溶接後熱処理 (PWHT) の有効性は認められているが、PWHT を実施した機器にも SCC が発生した事例があるので注意が必要である。
- C アミン SCC の割れ形態は粒界割れが支配的である。
- D アミン SCC の対策として、装置停止時には水洗前にスチームブローを行い、アミン溶液を昇温洗浄することが有効である。

問 22	D
解答	

【問 23】 次の A ~ D の文章は、クリープ損傷およびクリープ脆化に関する事項を説明したものである。下線部に不適切な内容を含む文章を 1 つ選択せよ。

- A クリープの評価方法として、使用材料の Larson-Miller パラメータのマスターカーブがあり、使用温度、負荷応力の時間変化データが整理されていれば、計算によって余寿命を推定することができる。
- B 使用材から採取した試験片を用いてクリープ破断試験を行い、その結果から、実機相当の温度・応力条件でのクリープ破断寿命を外挿によって推定する方法もある。
- C クリープ脆化は、低合金鋼を高温で使用した場合に溶接熱影響部で割れが発生する事象であり、1.25Cr-0.5Mo 鋼に比べて 2.25Cr-1.0Mo 鋼の方がクリープ脆化の感受性が高い。
- D クリープ脆化割れの対策として、材質の不純物濃度の低減や、形状改善による応力集中の低減が有効である。

問 23	C
解答	

【問 24】 次の文章は水素誘起割れ（HIC）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、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) HIC は硫化水素を含む環境で鋼材の板厚内部に割れを発生する現象であり、鋼中の （イ： A 非金属介在物 B $M_{23}C_6$ 炭化物比率） を低減することが対策として有効である。
- (2) HIC の特殊なケースとして、SOHIC(Stress Oriented HIC)が知られており、熱影響部近傍などに、応力方向に （ロ： A ほぼ平行に B ほぼ直角に） 連結して見られ、応力が割れの進展機構に関与するので注意が必要である。
- (3) HIC の対策として （ハ： A ショットピーニングによる応力緩和 B 溶射などによる環境遮断） が有効であるが、その耐用年数などを考慮した検査が必要である。

問 24	イ	ロ	ハ
解答	A	B	B

【問 25】 次の文章は硫化物応力割れ（以下、SSC という）に関する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、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 炭素鋼の溶接金属では、(イ: A 200HBW B 150HBW)が NACE MR0103 で SSC を防止するための限界硬度とされている。
- (2) 炭素鋼、低合金鋼、高張力鋼及び(ロ: A オーステナイト系 B フェライト系) ステンレス鋼に発生しやすい。
- (3) SSC の感受性を事前に把握するためには、使用材料の(ハ: A 炭素当量 B クロム当量)の確認や溶接施工方法のチェックが有効である。

問 25	イ	ロ	ハ
解答	A	B	A

【問 26】 次の文章は水素侵食の特徴を記載したものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句 **A**、**B** のうち、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) ネルソン線図は、材料ごとに水素侵食が発生する （イ： **A 時間** **B 限界条件**） を線図として表したものである。
- (2) （ロ： **A C-0.5Mo 鋼** **B 炭素鋼**） はネルソン線図から管理曲線が削除されているため、 P_v , P_w パラメータなどによる管理が必要である。
- (3) ネルソン線図は設備の使用実績に基づいてたびたび改訂されており、2016 年には溶接後熱処理なしの （ハ： **A 炭素鋼** **B 低合金鋼**） の管理曲線が追加されているため、検査範囲の選定や材料選定の際に注意が必要である。

問 26	イ	ロ	ハ
解答	B	A	A

【問 27】 次の A ~ D 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。
下線部が正しいものは○、誤りのあるものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 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±0.1～±1.0mm である。
- B 放射線法の X 線または γ 線の写真作用、蛍光作用及び電離作用を利用して観察する方法であり、保温材を施工した部位には適用できない。
- C 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り、携帯性、簡便性に優れているが、非磁性体には使用できない。
- D 浸透探傷法は、きずの表面分布及び深さ状況が確認できるが、前処理時に試験面及び開口きず内部を十分に清掃し、乾燥する必要がある。

問 27	A	B	C	D
解答	×	×	○	×

【問 28】 次の文章は、劣化損傷の検査について述べたものである。文中の（ **イ** ）～（ **ハ** ）内に最も適した語句を下記の **A** ～ **F** より選択せよ。なお、**A** ～ **F** の語句の重複使用は不可とする。

- (1) クリープ損傷に対して、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（ **イ** ）が適用できる。
- (2) 水素侵食の進行度のうち、クラスⅡ（脱炭や粒界マイクロフィッシャーが発生し、肉厚方向に進行した状態）での検査方法として、（ **ロ** ）などが適用できる。
- (3) 浸炭の検査方法として、浸炭層の境界面にある炭化物からの散乱波を検出して、外面から炭化物までの距離を測定する（ **ハ** ）が適用できる。

- | | |
|------------------|------------------|
| A 浸透探傷検査 | B ボイド面積率法 |
| C 放射線透過試験 | D Aパラメータ法 |
| E 超音波音速比法 | F 超音波透過法 |

問 28	イ	ロ	ハ
解答	D	E	F

【問 29】 次の文章は、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。文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bのうち、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 検査前処理は、検査品質、検査速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（イ： 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、多くの場合疑似信号の原因となる。
- (2) 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（ロ： 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。
- (3) 内外面の損傷を同時に計測できる（ハ： A 超音波水浸法 B 漏洩磁束法）は測定値が高精度であり、校正用試験では実力値で±0.05mmの精度を持つ。
- (4) チューブ内外面の割れ検査における代表的検査手法として、（ニ： A レーザー形状測定法 B 渦流探傷法）が利用可能だが、損傷位置がバッフルプレートにかかるなどの要件によりきず検出能は大きく変化する。

問 29	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	A	B

【問 30】 次の（イ）～（ニ）の文章は特殊部位の検査技術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の組み合わせを、以下のA～Hの中から選択せよ。

- （イ） 埋設配管、海底配管のピグ検査では、事前にキャリパーピグ、プロファイルピグなどにより配管内径形状、変形状況、ベンド部貫通性（通過性）などに関する調査が必要である。
- （ロ） 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に、保温材外装板の外面から検査可能なガイド波超音波検査法がある。
- （ハ） 探傷面に接触することなく、高速で被検査物の減肉に関するデータを採取可能という利点を活かした磁気飽和渦流探傷法は長大配管の全長検査等に用いることができる。
- （ニ） 防油堤貫通部に発生する腐食を配管敷設状況のまま検出する超音波透過法を行う場合、配管外面の防食処理・塗装等の評価に影響を与える因子が多々存在する可能性があるため、留意する。

A	イ	B	ロ	C	ハ	D	ニ
E	イ、ニ	F	ロ、ハ	G	イ、ハ	H	ロ、ニ

問 30	B
解答	

【問 31】 次の A ~ E の文章は劣化損傷の検査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 シグマ相の析出状況は硬度測定検査、金属組織検査またはこれらの組合せにより検査する。
- B 高温で使用される 12%Cr 以上のフェライト系、マルテンサイト系及び二相系ステンレス鋼に見られる 475°C脆化の脆化度の検査方法としては、電気抵抗法がある。
- C 高温で使用される低合金鋼の水素侵食の検査としては、超音波後方散乱法が用いられる。
- D 耐熱鋳鋼である HK40 及び HP 材に見られる浸炭には、磁性を帯びることを利用した電磁誘導法による検査方法が適用されている。
- E 高温で使用されるオーステナイト系ステンレス鋼の鋭敏化の程度は EPR 試験、金属組織検査により評価できる。

問 31	B
解答	

【問 32】 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圧力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。

(1) 法規による指定がない場合、設備の耐圧試験圧力は（イ）以上とする。
 （ロ）が（イ）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（ハ）補正について、個別に必要性を検討する。

(2) 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（ニ）を超えてはならない。

A 設計圧力の 1.25 倍 B 常用圧力の 1.5 倍 C 安全弁セット圧力
 D 温度 E 材料 F 許容応力 G 降伏点または 0.2%耐力の 90%

問 32	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	C	D	G

【問 33】 次の A ～ D の文章は、供用段階にある圧力容器及び配管の耐圧・気密試験の試験前の確認事項及び試験媒体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 総合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、配管系及び機器類の検査により異常がないことが確認され、漏れ、破損などによる事故の危険がないと判断される場合は、貯蔵または処理される実ガス を使用してもよい。
- B 耐圧試験時の保安距離は耐圧試験実施者がリスクを評価した上で決定するものとするが、気圧試験実施時の保安距離については ASME PCC-2 Article 5.1 を参考にして設定することが望ましく、爆風距離や破片飛散距離 を考慮する。
- C 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、凍結防止のための試験媒体として不凍液の使用を検討する必要がある。
- D 耐圧試験に使用する液体の温度は、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。最低加圧温度は、JPI-8R-17 によって設定される温度とする。ただし、装置のスタートアップ時に実ガスによって加圧する場合と比べて、耐圧試験時の試験媒体は温度が低下しやすいため、試験時の気温や風速等の気象条件、断熱材やヒーター等の保温措置状況に応じて、試験媒体温度 が常に JPI-8R-17 によって設定される温度以上となるよう、耐圧試験実施者が個別に最低加圧温度に対する余裕温度を設定する。

問 33	D
解答	

【問 34】 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の試験媒体について述べたものである。文中の下線部の語句 **A** ~ **C** のうち不適切なものを1つ選択せよ。

水の凍結またはその他悪影響を及ぼす可能性がある場合もしくはテスト流体が汚染され、その廃棄が環境問題を起こす可能性がある場合を除き、耐圧試験の試験媒体は、原則として水（工業用水またはボイラー給水）などの安全な液体を使用する。

ここで、“水などの安全な液体”とは、水に加えて、次にあげるものをいう。

- － 耐圧試験における液体の温度が、**A**： 当該液体の沸点未満 であるもの。
- － 可燃性の液体を使用する場合にあっては、当該液体の引火点が **B**： 43℃以上 で、かつ耐圧試験中における当該液体の温度が **C**： 43℃未満 であるもの。

問 34	C
解答	

【問 35】 次の文章は、JPI-8R-15「フランジ・ボルト締付管理」で使用する用語の定義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、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 必要締付力：内部流体をシールするための（イ： A フランジ強度上の限界を超えない B ガスケット面圧を得る）ために必要な締付力をいい、JIS B 8265（圧力容器の構造）の計算方法に基づき算出する。
- (2) 最小締付力：（ロ： A 常温におけるボルト締付時 B ボルトリラクゼーション後）の締付力の下限値をいい、JIS B 8265 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。
- (3) 最大締付力：（ハ： A 常温におけるボルト締付時 B ボルトリラクゼーション後）の締付力の上限値をいい、（ニ： A フランジの強度基準の許容締付力 B 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小の締付力）を採用する。

問 35	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	A	A	B

【問 36】 次の A ~ D の文章は、供用段階にあるフランジ面の確認、およびガスケット選定の考え方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 リングジョイントフランジは分解前に、ガスケット座外周の面間を測定して平坦度を確認する。フランジ面の接触による漏洩を避けるため、フランジ面間が全周のうち 1 か所でも 1.5mm 未満になっていた場合には、補修を検討する。
- B 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、ガスケットが弾性または塑性変形してフランジの接合面になじみやすいものでなくてはならない。
- C フランジの接合面を傷めないように、ガスケットのほうがフランジより硬度を高く（硬度差 HB30 程度）しなければならない。
- D 自緊式リングジョイントガスケットの場合は当たりが外側となっていることを確認する。

問 36	C
解答	

【問 37】 次の文章は、供用段階にあるフランジ面の確認とボルトの締付要領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、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 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、軸直方向に（イ： **A 1.5mm** **B 4.5mm** ）、回転方向に 3.0mm とする。フランジ間の隙間の許容値は、適度な力でフランジを引き寄せた状態で、（ロ： **A ガasket厚さの2倍** **B ガasket厚さの5倍**）とする。
- (2) ガasketの片締めは絶対に行わないこととし、必要に応じ（ハ： **A フランジ面間** **B ガasketの位置**）を計測しながら締付を行うこととする。また、この（ハ）測定の結果、ガasket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った場合には、必要に応じて（ニ： **A ガasketのセンターング** **B 配管の面間調整**）などを行う。

問 37	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	A	B

【問 38】 次の A ~ C の文章は、供用後設備の溶接補修を行うに当たっての配慮事項に関して記述したものである。不適切な記述がある文章を 1 つ選択せよ。

- A 溶接補修に有害となる欠陥（割れなど）は、アークエアガウジング、グラインダーなどで除去しなければならない。除去後は、MT または PT を行い、欠陥が完全に除去されたことを確認する。開先面及び開先部付近は、溶接に先立ち、油脂、ペイント、不純物、水分などを完全に除去する。
- B Cr-Mo 鋼の水素侵食は溶接性そのものを低下させないが、潜在欠陥部に溶接または熱処理時の熱応力が作用して脆性破壊を起こす可能性がある。水素侵食は可逆的であり、溶接前の脱脆化処理が溶接性改善に有効である。
- C 対象物の使用環境から水素吸蔵の可能性について検討し、水素吸蔵の可能性がある場合、脱水素処理による溶接性改善、または、試験溶接による確認を実施する。

問 38	B
解答	

【問 39】 次の A ~ E の文章は、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。不適切な記述がある文章を 1 つ選択せよ。

- A PWHT の代替法には、テンパービード法、インコネル系溶接材による溶接、溶接後のショットピーニングなどがある。
- B 炭素鋼、高張力鋼、低合金鋼では補修後の PWHT の繰返しにより機械的性質の低下が考えられるため、溶接補修後に PWHT を行う場合は、焼戻しパラメータにより強度上の問題がないことを確認する。
- C 低温用合金鋼のうち 2.5%、3.5%ニッケル鋼を使用した母材で厚さが 16mm 以下の機器は、溶接部の PWHT を行わなくてよい。
- D HIC 発生環境で使用される耐 HIC 鋼製の機器は、硫化物応力割れ発生の懸念もあるため PWHT を行う。
- E アルミニウム系合金、チタンを母材とする溶接部は PWHT を行わなければならない。

問 39	E
解答	

【問 40】 次の文章は、材料別の溶接補修施工上の留意事項について述べたものである。
次の文章（イ）～（ハ）の正誤の組み合わせを次のA～Fより選択せよ。

- （イ） 高張力鋼の焼入硬化性はそれほど大きくなく、溶接部の硬さは溶接のままでもあまり高くなり、溶接性がよい。
- （ロ） オーステナイト系ステンレス鋼は、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。
- （ハ） 熱影響部の硬化性の大きい鋼は、溶接割れを誘起しやすい。

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

問 40	D
解答	

【問 41】 次の A ～ D の文章は焼戻し脆化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 焼戻し脆化は、約 360～575℃で長時間使用した低合金鋼製設備に見られる脆化現象である。
- B 経年使用した低合金鋼製設備では焼戻し脆化により、設備の靱性遷移温度が低下するため、装置停止からの加圧時に特に配慮が必要である。
- C 低合金鋼の脆化の度合いは鋼中の不純物元素濃度に強く依存する。
- D 低合金鋼の中で、2.25Cr-1Mo 鋼は 1.25Cr-0.5Mo 鋼に比べて焼戻し脆化感受性が高い。

問 41	B
解答	

【問 42】 次の A ~ C の文章は JPI-8R-17 「ホットスタート」 に解説されている最低加圧温度の設定方法についてまとめたものである。下線部に不適切な内容を含む文章を 1 つ 選択せよ。

なお、文中の F A T T は 50%破面遷移温度、 K_{IC} は破壊靱性値とする。

- A 破壊力学的解析法で用いられる鋼材の K_{IC} は、 K_{IC} 試験データのほか、シャルピー衝撃値からの推定値が適用される。
- B 簡便導出法の 1 つとして、製作時のステップクーリング試験から得られる F A T T の上昇量を基に、補正係数を加味して最低加圧温度を設定する方法もある。
- C F A T T をもとに、最低加圧温度を K_{IC} 上部棚温度として求めた場合、1.25Cr-0.5Mo 鋼および 2.25Cr-1Mo 鋼で、下式 (1) の通り最低加圧温度を設定することができる。
最低加圧温度 $\geq K_{IC}$ 上部棚温度 = F A T T - 10°C…………… (1)

問 42	C
解答	