

社団法人石油学会

2010 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) 東京・大阪	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】下記の A ~ P は各種団体で発行された規格のタイトルを表示したものである。
 (社)石油学会で維持規格として発行された基盤規格や共通技術基準でないものを 3 つ選
 択せよ。

- | | | | | | | | |
|---|------------|---|----------|---|--------------|---|--------|
| A | 設備維持規格 | B | 高圧容器規格 | C | 屋外貯蔵タンク維持規格 | D | 溶接補修 |
| E | 圧力容器の設計 | F | 回転機維持規格 | G | ホットスタート | H | 検査技術 |
| I | 配管維持規格 | J | 電気設備維持規格 | K | フランジ・ボルト締付管理 | | |
| L | 計装設備維持規格 | M | 防食管理 | N | 発電用火力設備規格 | O | 耐圧気密試験 |
| P | 劣化損傷の評価と対応 | | | | | | |

問 1	順不同		
解答	B	E	N

【問 2】保安関係各法規で定義されている「その変動範囲のうちの最高の圧力」の用語を
 下記の A ~ E より選択せよ。(A ~ E の用語は複数回使用可)

- 高圧ガス保安法 (イ)
- 労働安全衛生法 (ロ)
- 消防法 (ハ)
- 電気事業法 (ニ)
- ガス事業法 (ホ)

- | | | | | | | | |
|---|------|---|--------|---|-------|---|--------|
| A | 運転圧力 | B | 最高使用圧力 | C | 常用の圧力 | D | 最大常用圧力 |
| E | 設計圧力 | | | | | | |

問 2	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	C	B	D	B	B

【問3】 次の内容は、2009年度に追補として追記された「変更管理」が必要であった事故事例である。配慮事項例の説明文中の（イ）～（ニ）に最も適切な用語を下記のA～Hより選択せよ。

変更の内容	トラブル内容	配慮事項例
運転	連続再生式接触改質装置の脱ブタン工程で、供給油中の塩素を除去する設備の不調により、精留塔塔頂系への持込み塩素量が増加し、塔頂系の空冷式熱交換器チューブが初期凝縮部で開口漏洩した。	運転条件の変化により腐食環境が苛酷になるおそれがある場合は、運転部門と設備管理部門で監視項目と（イ）を超えた場合の措置を決め、決定事項のフォローアップを確実に行う。本ケースでは、塩素除去設備のソーダ循環比の（ロ）と塔頂凝縮水の監視項目に鉄イオン濃度を追加した。
設備	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を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（ハ）に変化が発生するかどうかを検討するとともに、早い機会に詳細な（ニ）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。

A 肉厚測定	B 磁粉探傷試験	C 平均値	D 運転状況
E 基準値	F 腐食状況	G 監視強化	H ランニングコスト

問3	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	G	F	A

【問 4】 次の文章は内部検査周期に関するものである。それぞれの説明文中の（イ）～（ニ）に該当する最も適切な用語を下記の A ～ E より選択せよ。

- a) 内部検査周期とは、（イ）から次回内部検査までの間隔をいう。
- b) 内部検査周期は、腐食・劣化損傷の種類ごとに、（ロ）による方法又は（ハ）により管理する方法から決定する。
- c) （ロ）により管理する設備の内部検査周期設定は、設備ごとに余寿命を算出し、その余寿命、重要度及びその他の関連検査情報を基にして行う。
- d) 内部検査周期は、以下の 1) ～3) の情報などに基づき（ロ）、（ハ）の有効性などを再評価し、見直しを行う。
- 1) 検査周期に影響を及ぼす運転条件の変更に関する情報。
 - 2) 関連する外部事故情報
 - 3) （ニ）、評価技術などに関する新しい知見や情報。

- A 損傷防止策 B 余寿命予測 C 直近に実施した内部検査
D 検査技術 E 検査計画時点

問 4	イ	ロ	ハ	ニ
解答	C	B	A	D

【問5】 次の文章は石油精製事業所における供用後の保全事例に基づく設備外面の防食に関する設計配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項について記したものである。文中の（イ）～（ハ）内に最も適する語句を下記のA～Fより選択せよ。

- ・（イ）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。
- ・保温機器であっても機器常用温度が（ロ）℃以下の場合には、錆止め塗装を行う。
- ・機器常用温度が（ロ）℃以下の機器で、保温される機器外面の突起物（プラットホームなど）は、当板を設けて取り付ける。
- ・補強板などの（ハ）には、雨水浸入による腐食を防止するためプラグのねじ込み及びグリスの詰め込み可能な構造とする。

- A ダビット B リフティングラグ C 300 D 200
 E ドレンホール F テストホール

問5	イ	ロ	ハ
解答	B	D	F

【問 6】 次の文章は石油精製事業所における供用後の保全事例に基づく設備の設計配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項について記したものである。A～Dの中から下線部に不適切な記述がある文章を2つ選択せよ。

- A 脱硫装置エフルエント流体では Kp 値が 0.07～0.5 の場合、防食のために空冷式熱交換器の チューブ内流速を 4.6m/s (15ft/s) 以下に設定する。
- B 水素を含み 200℃以上の流体箇所の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、フランジ部に気密性を有する構造の雨よけを設置する。
- C 硫化水素雰囲気で使用するボルト・ナットには硫化物応力割れの防止のため、セラミック・コーティング材又は 低強度材料を使用する。
- D 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。

問 6	順不同	
解答	A	B

【問7】次の文章は石油精製事業所内における供用後の工事作業時の事故事例に基づく種々の配慮事項のなかで、インターナルの腐食生成物に対する配慮事項について記したものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句A、Bのうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

- ・内部流体に（イ：A 塩化水素、B 硫化水素）を含む環境では、運転中に腐食生成物として（ロ：A 塩化鉄、B 硫化鉄）を生じる。タワー性能向上のため、内部充填物を採用している場合には、当生成物は、運転中又は停止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、当該生成物が乾燥すると発火することがある。
- ・充填物として薄片の金属材料を用い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。金属薄片とポリマーが加熱されるとポリマーの燃焼から（ハ：A 金属薄片、B 酸化鉄）が可燃物として燃焼することがある点に留意する。

問7	イ	ロ	ハ
解答	B	B	A

【問 8】 次の文章は溶接補修に関する記述である。A～D の中から適切と思われる記述を2つ選択せよ。

- A 溶接完了後に PWHT を実施する場合は、PWHT 前に耐圧試験を予め実施し、溶接補修部の強度を確認しておく必要がある。
- B 補修溶接は、一般的に施工環境が悪く、かつ施工期間の制約を受ける場合が多いので、溶接品質を確保するために施工管理への十分な配慮が必要である。そのため溶接設計についても、補修の目的達成の範囲内でできるだけ容易な施工仕様とする。
- C 有害なきずの除去確認、溶接材料の管理、予熱及びパス間温度維持、本溶接作業、後熱処理作業などの各工程は、事前に文書化された各施工要領書に従って、確実に実施し、その結果を記録する。
- D Cr-Mo 低合金鋼では遅れ割れの影響を受けやすいので補修完了後、直ちに検査を行うことが望ましい。

問 8	順不同	
解答	B	C

【問 9】 次の文章は、配管系の検査箇所を選定に関して述べたものである。文中の（ **イ** ）～（ **ニ** ）内に最も適する語句を下記の **A～I** より選択せよ。

— **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、局部腐食が生じる。注入流体の（ **イ** ）が十分でない場合は、偏流が生じ、この影響は上下流に及ぶ。直管部の主流が乱流の場合の腐食範囲は、注入点より上流方向へはおおよそ管径の（ **ロ** ）倍、下流方向へはおおよそ管径の（ **ハ** ）倍までである。

インナーノズルがない場合では注入された流体は（ **ニ** ）に沿って流れたり、注入水が直接衝突する部位が、注入頻度の変化などの影響により激しく腐食した事例があるので注意を要する。

- | | | | | |
|---------------|-------------|--------------|----------------|-------------|
| A 本管内壁 | B 凝縮 | C 0.5 | D 3 | E 20 |
| F 50 | G 拡散 | H 分離 | I 管径中央部 | |

問 9	イ	ロ	ハ	ニ
解答	G	D	E	A

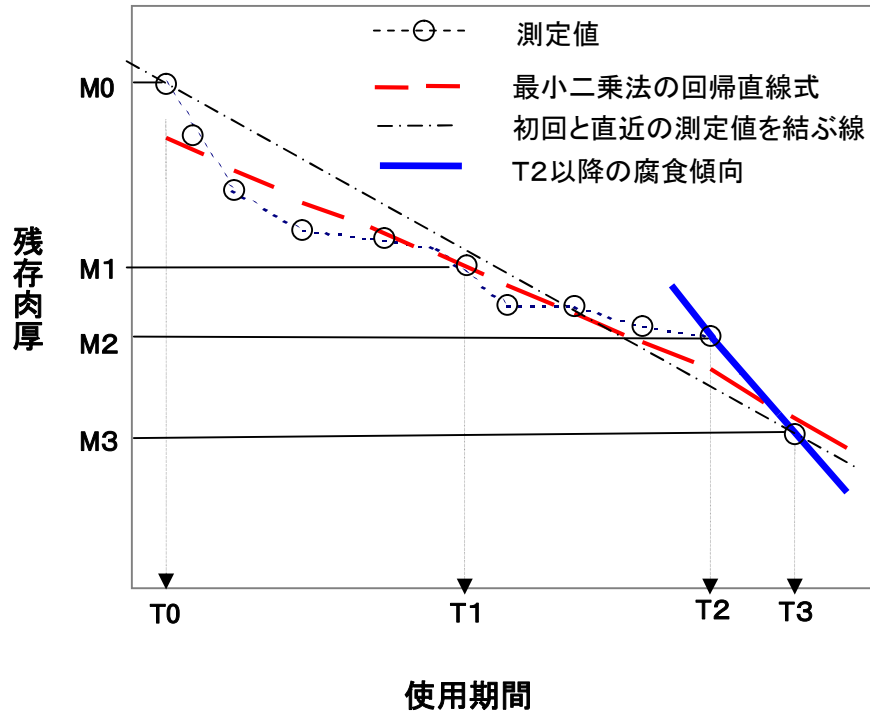
【問 10】 次の表は、配管の腐食・劣化に対する構造上の配慮事項例についてまとめたものである。配慮事項として、不適切な記述 2 つを下記の A～E から選択せよ。

記号	事 象	構造設計上の配慮事項例
A	架台接触部の外面腐食防止	裸配管のサポート接触部は、サポートとの隙間に雨水が浸入しても、早く乾燥するために、配管と架台は直置きする構造が良い。
B	内面腐食防止	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、左右対称なトーナメント構造とする。
C	応力腐食割れ (SCC) 防止	スチームパージを行う配管で苛性ソーダやアミン及びこれらが混入するおそれのある炭素鋼配管は、SCC 防止のために濃度、温度に関係なく溶接後熱処理を行う。
D	熱疲労防止	温度差のある流体の合流部は、直ちに混合して温度差を生じないように、インナーノズル方式ではなく、直付け接続を採用する。
E	内面腐食防止	腐食性流体の配管はティー-エンドキャップをエルボにするなどして、極力デッドスペースを作らない構造とする。

問 10	順不同	
解答	A	D

【問 11】 下の図は、配管系の肉厚測定記録である。

この配管系は、T2の時点でそれまでの腐食速度が変化するような運転条件変更を行った。この配管系の余寿命は下記の式で表されるが、変更後の条件が続くとして、式中の（イ）～（ハ）に最も適する値を、A～D から選択せよ。



- T0、M0 : 初回測定 (T0) における残存肉厚 (M0)
- T1、M1 : 使用期間の 1/2 時点 (T1) における残存肉厚 (M1)
- T2、M2 : 運転条件変更時 (T2) における残存肉厚 (M2)
- T3、M3 : 余寿命評価時点 (T3) における残存肉厚 (M3)

ここで、余寿命 = $\frac{\text{取替厚さまでの余裕肉厚}}{\text{腐食速度}} = \frac{(\text{イ}) - \text{取替厚さ}}{(\text{ロ}) \div (\text{ハ})}$

	A	B	C	D
イ	M0	M1	M2	M3
ロ	M0-M3	M0-M2	M1-M3	M2-M3
ハ	T3-T0	T3-T1	T2-T0	T3-T2

問 11	イ	ロ	ハ
解答	D	D	D

【問 12】 次の文章は、配管の振動疲労対策について述べたものである。文中の（ イ ）
～（ ニ ）内の語句A, Bのうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

高差圧が生じる調節弁及び操作バルブは、振動の発生を考慮し、（イ：A 強固なサ
ポート、B 可撓性あるサポート）を設置する。

振動応力解析により対策方法を検討する場合には、拘束されている場合に発生する
熱応力を（ロ：A 考慮する、B 考慮する必要はない）。

オリフィス下流など（ハ：A 温度差、B 差圧）が大きくキャビテーションが
発生しやすい部位では、配管系の（ニ：A エロージョン、B 共振）に配慮した
振動応力解析が必要である。

問 12	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	B	B

【問 13】 次の文章は配管を長期間使用しない場合の防食管理について述べたものである。文中の（イ）～（ホ）内に最も適切な語句を下記のA～Jより選択せよ。

配管系を長期間使用しない場合は、休止期間中の腐食進行を防止するため、油抜き後に（イ）で置換し、仕切り板等で縁切りすることで環境遮断する必要がある。更に保温配管の場合、休止期間中に（ロ）低下により保温下の（ハ）が懸念されるため、保温は（ニ）しておくことが望ましい。また、伸縮管継手の場合、伸縮管の内筒とベローズや外筒部との隙間にスケール等が（ホ）することで腐食進行が懸念されるため、確実な縁切りによる環境遮断や点検監視の強化が必要である。

- | | | | | |
|--------|------|--------|--------|------|
| A 窒素 | B 温度 | C 内面腐食 | D 外面腐食 | E 空気 |
| F 継続使用 | G 撤去 | H 分散 | I 圧力 | J 堆積 |

問 13	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	B	D	G	J

【問 14】 次の文章は配管、鋼材等の高温劣化損傷、環境による脆化及び割れ等の特徴について述べたものである。A～Dの文中の下線部において、不適切な記述が含まれているものを1つ選択せよ。

- A 水素侵食は、高温、高圧の水素雰囲気下で、鋼中に拡散した水素原子が鋼中の炭化物と反応しメタンを生成して鋼材の脆化、割れを生ずる現象である。
- B 水素誘起割れは、硫化水素を含む湿潤環境下において、炭素鋼の鋼板の圧延方向に垂直に割れが発生するものであり、コーティングや溶射などの環境遮断や耐HIC鋼の採用が防止に対して有効となる。
- C アミン応力腐食割れは、石油精製装置等で使用されるアミン類（MEA、DEA等）の環境下で、炭素鋼の引張応力が存在する箇所に発生する。
- D 黒鉛化は、炭素鋼又は C-0.5Mo 鋼が、450℃程度以上に長期間曝されたときに、金属組織内の炭化物が分解、凝集過程を経て黒鉛化し、強度低下を招く現象である。

問 14	B
解答	

【問 15】 次の **A**～**E** は長期連続運転に当たり、配管系の信頼性向上のために検討した改善内容である。改善内容に適さない記述を2つ選択せよ。

- A 腐食環境に応じた耐食材料への変更、内面コーティング施工による配管寿命の延長を計画する。
- B ドレン配管等の小口径配管の厚肉化を計画する。
- C 普段は使用することは無いが、配管詰り等の不測のトラブルに備え、パージ、ベンディング用のドレン、ベントを余分に設置しておく。
- D 腐食、汚れ、詰り防止のため、配管の滞留部を無くす構造に変更する。
- E 配管エルボからの漏れを早期に検知できるようにダミーサポートに知らせ穴を設置する。

問 15	順不同	
解答	C	E

【問 16】 次の文章はクリープ損傷について述べたものである。文中の（イ）～（ホ）内に最も適切な語句を下記のA～Kより選択せよ。

クリープ損傷（クリープ脆化を除く）とは、クリープポイドからマイクロクラックへと成長し、最終的に破断に至る現象であり、低合金鋼では一般的に（イ）℃以上が対象となる。この現象は（ロ）において進展するため、クリープ破断試験による評価や（ハ）などのパラメータを利用した累積損傷量の計算により寿命を評価する。一方、クリープ脆化は、材料組織上の変化によって脆くなり、（ニ）に割れが発生する現象で、クリープ破断延性が低下し易い（ホ）鋼などの溶接部は注意を要する。

- A 450 B 650 C 長期間 D ネルソン線図 E S-N 線図
 F 短期間 G ラーソン・ミラー H 熱影響部 I 1.25Cr-0.5Mo
 J 2.25Cr-1Mo K 母材

問 16	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	C	G	H	I

【問 17】 次の文章は原油常圧蒸留装置の原油予熱系で発生する腐食について述べたものである。最も適切な文章の組み合わせを下記の解答例 **A～E** より選択せよ。

- イ 加熱炉出口系の腐食は、ほとんどが高温硫化物による局部腐食と高流速によるエロージョンコロージョンの複合腐食である。
- ロ Kp 値の高い原油を処理している場合は、高温部でナフテン酸腐食も重なっている場合もある。
- ハ 加熱炉前段の比較的低温域においては腐食性が低いため炭素鋼が用いられるが、より高温となる加熱炉後段においては有機硫黄又はナフテン酸による腐食が厳しくなるため 5Cr-0.5Mo 又は 9Cr-1Mo 鋼が用いられる。
- ニ ナフテン酸腐食には 2.5%以上の Mo が効果的であることから SUS317 の使用が特に効果的である。
- ホ ナフテン酸腐食環境では、アルミニウムが高い耐食性を有するのでパラジウム処理鋼の適用も有効である。

【解答例】

A イ・ロ B ロ・ニ C ハ・ホ D イ・ホ E ハ・ニ

問 17	E
解答	

【問 18】 次の文章は石油精製事業所で必要な防食管理技術について述べたものである。文中の（イ）～（ホ）の語句A、Bのうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

- (1) 水素製造装置でベンフィールド溶液を使用している脱炭酸系は、水素製造装置の中で一番腐食環境が激しく、アルカリ腐食、アルカリ応力腐食割れ、(イ : A カーボネート応力腐食割れ、B 硫化物応力割れ)、エロージョンを考慮して使用材料を選定する必要がある。特に腐食・損傷を受けやすい部分にはオーステナイト系ステンレス鋼が使用されているが、その他の主要部は基本的に炭素鋼であり、これらの腐食を防止するために(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。この濃度管理が適切に行われている場合、大きな腐食事例は報告されていない。系内で腐食が発生すると、溶液中の(ハ : A 硫化水素濃度、B 鉄イオン濃度)が上昇し始めるので溶液中の（ハ）分析も（ロ）濃度管理と合わせて、防食管理上非常に重要である。
- (2) 硫黄回収装置における反応系の高温部では酸性ガスに含まれる硫化水素、亜硫酸ガス、酸素により(ニ : A 高温酸化、B 浸炭)を、低温部では酸性ガスによる(ホ : A 露点腐食、B エロージョンコロージョン)を受けること、並びにボイラ給水の管理状況に留意した検査計画、防食対策が必要である。

問 18	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	A	B	A	A

【問 19】 次のイ～ホの文章は海水を使用する冷却器管の防食管理技術について述べたものである。文章の正誤を以下の解答例 A ～ E より選択せよ。

- イ 銅合金は、海水中で異常腐食を起すため、中和剤として鉄イオン（硫酸第一鉄）又は電解鉄を注入して防食する処理が行われる。
- ロ 電気防食は熱交換器チューブのインレットアタックを防止するため、熱交換器チャンネル部で電気化学的に防食を行う手法で、一般的に犠牲陽極を取り付ける方式が採用されている。
- ハ 生物皮膜対策として行われる塩素処理においては、残留塩素濃度が同じであれば、塩素源が液体塩素・次亜塩素酸ソーダ・海水の直流電解のいずれであっても同じ効果が得られる。
- ニ 付着した生物の除去方法は、運転を一時停止して行う機械的掃除及び化学的掃除方法の他に、スポンジボール洗浄法がある。
- ホ 生物皮膜の厚さと流速との関係を見ると、流速が低いほど生物皮膜は薄くなる。

【解答例】

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

問 19	E
解答	

【問 20】 腐食速度を表す単位のひとつに重量変化でみる mdd があり、一日における 100cm^2 (1 dm^2) あたりの腐食減量で定義されている。一方、腐食速度を一年あたりの減肉厚さで表示する mm/Y の表記も広く使用されている。

以下に示す腐食試験結果から腐食速度 (mdd) と腐食速度 (mm/Y) を算出し、最も近い値を下記の解答例 **A~H** より選択せよ。

テストピース浸漬前重量 (腐食試験前)	48,160 mg
テストピース浸漬後重量 (腐食試験後)	46,660 mg
テストピース表面積	50 cm^2 (0.5dm^2)
浸漬日数 (腐食試験日数)	30 日
テストピースの比重	7.8 g/cm^3

【解答例】

A 0.001 **B** 0.05 **C** 0.5 **D** 1 **E** 10 **F** 100 **G** 450 **H** 2250

問 20	腐食速度 (mdd)	腐食速度 (mm/Y)
解答	F	C

【問 21】 次のイ ~ ニの文章は、水素侵食について述べたものである。最も適切な文章の組合せを解答例の A ~ E から選択せよ。

- イ 水素侵食は、高温高压水素環境で使用された鋼材に侵入した水素原子が鋼中に拡散し、針状の FeH_2 化合物となって鋼材の靱性を低下させる現象である。
- ロ ネルソン線図は、鋼種ごとに水素侵食の発生限界を示したもので、設備の使用実績に基づいてたびたび改訂されており、C-0.5Mo 鋼の曲線は同鋼種の損傷事例を反映して既に削除された。
- ハ 水素侵食は、水素化脱硫装置の低圧低温分離槽の出口配管など硫化水素を多量に含んだサワーウォーター環境で発生する。
- ニ C-0.5Mo 鋼の水素侵食パラメータとして、Pv はネルソン線図の時間依存線図を Larson-Miller のパラメータで近似したもの、Pw はメタンバブルの生成における膨張速度式を基にしたものである。

【解答例】

A イ・ロ B イ・ニ C ロ・ハ D ロ・ニ E ハ・ニ

問 21	
解答	D

【問 22】 次の文章は、浸炭について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bのうち正しい用語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/CO₂ 雰囲気又は炭化水素雰囲気に曝されたとき、熱解離により炭素が生成し、鋼表面の （イ：A 酸化皮膜、B アノード皮膜） の局部的破壊部より金属中に炭素が浸入・拡散する現象である。
- (2) CO ガス環境では、（ロ：A 低温、B 高温） であるほど CO が安定となって炭素が生じにくくなることから、（ロ）であるほど炭素活量が小さくなる。一方、鋼中への炭素の浸入、炭化物形成などの過程は（ロ）ほど促進される。
- (3) 一般的に材料が浸炭すると、伸びや延性が低下するが、浸炭した材料は特に （ハ：A 常温、B 高温） 時の靱性が低下している。
- (4) 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を （ニ：A 脱炭、B メタルダスティング） と呼び、これまで浸炭腐食と呼ばれてきた損傷形態である。

問 22	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	A	B

【問 23】 次の文章は塩化物応力腐食割れ（以下、塩化物 SCC という。）と硫化物応力割れ（以下、SSC という。）の特徴を記載したものである。各々の割れの特徴として適切な記述を、それぞれに2項目を**A ~ E**より選択せよ。

- A** 炭素鋼、低合金鋼、フェライト系・マルテンサイト系ステンレス鋼に発生する。
- B** オーステナイト系ステンレス鋼で発生し、炭素鋼では発生しない。
- 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** 割れ発生要因として、残留応力の影響はほとんどない。
- E** 腐食反応により生じた水素原子が鋼中に侵入し、その結果生じた水素脆化といわれている。

問 23	塩化物 SCC		SSC	
	順不同		順不同	
解答	B	C	A	E

【問 24】 次の文章は疲労損傷に関する事項を述べたものである。文中の（イ）～（ホ）内に最も適する語句を、下記の A ～ I から選択せよ。

(1) 材料の疲労特性を表わすのに最も一般的に用いられるのは、（イ）曲線（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す曲線）である。疲労破壊を起さない限界の応力を疲労限界と呼ぶが、通常、（ロ）回における破壊応力を用いることが多い。

(2) 疲労寿命の計算は、以下の Paris 則を用いて行うのが一般的である。疲労き裂の進展には、応力拡大係数範囲 ΔK がある一定以上のレベルとならないと進展が開始しないしきい値が存在し、これを（ハ）と呼び、また、 ΔK が（ニ）を超えるとただちに高速破壊に至る。 ΔK が（ハ）以上で（ニ）以下の場合には、 ΔK に対し 1cycle 当たりのき裂進展幅は、指数的な直線関係を示し、次の関係式で示される。

$$1\text{cycle 当たりのき裂進展幅} = (\text{ホ}) = C \Delta K^m$$

ここに、

a : き裂深さ

N : 繰返し回数

m : 定数（実験室的に m の値は、2～6 程度である）

C : 定数

A	10^7	B	10^5	C	S-N	D	TTS
E	K_{th}	F	K_{Ic}	G	K_I		
H	da/dN	I	$da \times dN$				

問 24	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	C	A	E	F	H

【問 25】 次の文章は腐食・エロージョンの検査方法について述べたものである。文中の下線部（イ）～（ホ）の正誤を以下の解答例の A～E より選択せよ。

- (1) 超音波による肉厚測定は（イ：1～数十 KHz）の周波数をもつ超音波を利用した検査法で、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。直接、被検体の厚さが表示されるデジタル超音波厚さ計と超音波探傷器を用い被検体底面から反射した（ロ：斜角）探傷波形を測定する方法が用いられている。
- (2) 放射線検査は X 線又は（ハ： α 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。
- (3) 渦流探傷法では、減肉率は位相解析法により求めるが、位相解析法では腐食部の（ニ：内外面の区別ができる）。
- (4) レーザー形状測定法はスリット状のレーザ光線を腐食面に対し斜めに照射したとき、腐食深さに対応して生じるスリット光の（ホ：減衰量）を測定する方法である。

【解答例】

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

問 25	B
解答	

【問 26】 硬度の変化を測定することで劣化の傾向を検知することが可能となる劣化損傷の種類を次の A ~ F の中から 2 つ選択せよ。

A 水素侵食	B 鋭敏化	C クリープ損傷
D 浸炭	E 水素誘起割れ	F オーバーレイ剥離

問 26	順不同	
解答	C	D

【問 27】 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) ~ (ニ) 内の語句 A、B で正しい方をそれぞれ選択せよ。

- (1) オーステナイト系ステンレス鋼溶接部のシグマ相の析出状況には (イ:A フェライトメーター B スケールチェッカー) が適用できる。
- (2) 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、(ロ:A 硬度測定 B EPR 試験) が有効である。
- (3) 高温で使用される低合金鋼の水素侵食の検査には (ハ:A A パラメータ法 B クリーピングウェーブ法) が用いられている。
- (4) 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 (ニ:A 磁粉探傷試験 B 電磁誘導試験) による検査方法が適用されている。

問 27	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	B	B

【問 28】 次のイ～ホの文章は、熱交換器チューブ検査について述べたものである。正しい説明の組み合わせを解答例A～Eより選択せよ。

- イ 検査対象チューブの検査面の状況、清掃の状況、検査条件など種々の要因により測定値が影響される。
- ロ 検査方法は磁性を有する材料と非磁性の材料とによって検査方法が大別されており、非磁性材料の熱交換器チューブ検査では渦流探傷法が多用されている。
- ハ レーザー形状測定法の検査前処理の程度を確認する方法としてダミープローブ（内径限界ゲージ）を用いたスケール状況の把握が有効な手段となっている。
- ニ 熱交換器チューブの腐食状況の検査前処理として高圧水を使用したハイドロジェットクリーニングが一般的に用いられる。
- ホ リモートフィールド渦流探傷法は間接伝搬磁場が支配的な領域で探傷を行う手法であるが、浸透深さを確保するためチューブ肉厚又は透磁率の増加に伴って探傷周波数を上げることが必要である。

【解答例】

A イ・ロ・ハ B イ・ロ・ニ C イ・ロ・ホ D ロ・ニ・ホ E イ・ニ・ホ

問 28	B
解答	

【問 29】 次の **A ~ D** の文章は、供用段階にある静機器の圧力の測定について述べたものである（ただし、法の適用を受けるものは、それに従う）。不適切な記述を1つ選択せよ。

- A** 試験に使用する圧力計は、1年以内に校正済みのものを使用し、**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1.5～3倍のものとする。
- B** 前項に拘らず、総合気密試験及びホットテストについては、既設の圧力計を使用してもよい。
- C** 試験圧力は、試験時の試験体の頂部における圧力とし、2個以上の圧力計を原則として別の位置に用いて試験圧力を測定する。ただし、配管ルートに高低差があり、水圧等テスト圧力に静圧が加わる場合は、系内の最低部に圧力計を取付け、試験圧力を確認する。
- D** 試験範囲内に逆止弁がある場合、圧力計の取付け位置は逆止弁の下流側とする。

問 29	
解答	D

【問 30】 次の文章は、供用段階にある静機器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（イ）～（ニ）内の語句A、Bのうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

水の凍結又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（工業用水又はボイラー給水）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、（イ：A 43℃、B 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つては、当該液体の引火点が（ロ：A 常温、B 43℃）以上で、かつ、耐圧試験中における当該液体の温度が（ハ：A 常温以下、B 43℃未満）であるもの。

温度、構造又はプロセス上の問題から、テスト流体に水などの安全な液体を使用することが現実的でない場合は、（ニ：A 蒸気、B 空気、窒素）などの安全な気体を使用してもよい。ただし、実施前にはテスト時の人員配置や気体によるテストに対する潜在的なリスクを十分検討し、対策を取らなければならない。

問 30	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	A	B

【問 31】 次のA～Dの文章は、供用段階にある多管円筒形熱交換器の耐圧試験又は気密試験における注意事項について述べたものである。最も適切な記述を1つ選択せよ。

- A チューブシートがシェル側とチューブ側との差圧で設計されている場合は、設計圧力に差圧分を加算して加圧する。
- B チューブ内にターボタル（チューブ内汚れ防止）などを装着している場合は、チューブ内の液の下流方向から昇圧し、その上流方向から降圧する。
- C 試験媒体の温度は、試験体が脆性破壊を起こすおそれのない温度とする。
- D フローティングヘッド型熱交換器では、フローティングヘッドカバーのボルトは、シェルカバーを閉めた後に増締めを実施する。

問 31	
解答	C

【問 32】 次の文章は、フランジ締付け時の計算について記載したものである。文中の（イ）～（ロ）内に下記のA～Dの中から正しいものをそれぞれ選択せよ。

フランジの常温におけるボルトの必要締付力（下限）は、以下の手順で算出される。

必要締付力（下限） = JIS B 8265 必要締付力 × 安全率 × リラクゼーションファクター
 JIS B 8265 必要締付力 = Max (W_{m1}、W_{m2})

W_{m1} : 使用状態における必要な最小のボルト荷重 (=H+H_p)

W_{m2} : ガasket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

H_p : 気密を十分に保つために、ガasketに加える圧縮力

ガasketの m 値（ガasket係数）は（イ）の計算、y 値（最小設計締付圧力）は（ロ）の計算でそれぞれ必要である。

A リラクゼーションファクター

B W_{m2}

C H

D H_p

問 32	イ	ロ
解答	D	B

【問 33】 次の文章は、特殊フランジにおける締付力の注意点を記載したものである。A～Dの中から不適切な記述を1つ選択せよ。

- A** スペーサー付きフランジは、温度変動によるフランジ部材の熱膨張差の影響を受けやすく、また、片締めによる不均一な締付力になりやすい。このため、フランジ面間の精密計測の実施等、締付管理に当たって細心の注意が必要である。
- B** フランジ継手は、極力、同材質とすることが望ましいが、同材質にできない（異材フランジとする）場合には、トルク管理、軸力管理等、より精密な締付管理を行うことが望ましい。
- C** ブリーチロッククロージャー型の熱交換器は、ガスケット、ガスケットリテーナー、コンプレッションリング、バックアップリング、ロックリング、セットボルトなど各々の機能を持った構成部品を適切に組立てることにより、気密性能を保持する構造となっている。
- D** 熱交換器フランジ設計に当り、フランジ当り面にナビンを設け、シール性能を向上させる設計が行われている。ナビンは構造が単純で、使用中の経年劣化が見られないことから、新規製作時には極力、ナビン構造を採用することが望ましい。

問 33	D
解答	

【問 34】 次の文章は運転温度変動時のフランジに関する留意事項である。文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bで、正しいものをそれぞれ選択せよ。

- (1) 運転停止時等に、（イ： A フランジ本体、 B ボルト）の温度低下よりも（ロ： A フランジ本体、 B ボルト）の温度低下が大きくなると、ボルトよりフランジ本体の熱収縮量が大きくなり、締付力が低下し、漏洩する可能性がある。
- (2) 一時的に雨や風の影響を直接フランジ継手に与えフランジとボルトの金属温度差を大きくさせてしまうと、これら部材の熱伸び差により、今までの締付力より大きい締付力に変化する。変動後の締付力がある限度を超えると、ガスケット又はガスケット当たり面が（ハ： A 弾性変形、 B 塑性変形）し、この状態から通常運転に戻ると、フランジとボルトの金属温度の差も以前の値にもどり、（ハ）を生じさせた分に相当するボルト締付力の低下を招き、漏れを生じさせることがある。このような現象は特に、フランジ間のボルトが（ニ： A 長い、 B 短い）場合に注意が必要である。

問 34	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	B	A

【問 35】 次の（イ）～（ニ）の文章は、溶接性に悪影響を及ぼす材料変化などの改善に関連する内容について述べたものである。不適切な内容の組み合わせを下欄の A ～ G より選択せよ。

- （イ）脱水素処理を行う場合は、ヒータコイル、ヒータパネル、予熱バーナーなどによる方法は避けるべきである。
- （ロ）Cr-Mo 鋼の焼戻し脆化は溶接性そのものは低下させないが、潜在欠陥部に溶接又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。
- （ハ）SUS 347 は、微細炭化物の析出により再熱割れ性（SR 割れ性）が高くなるが、事前に安定化熱処理又は固溶化熱処理を行うことで回復できる。
- （ニ）ニッケル基合金で高温長期間使用により炭化物や金属介在物が析出し溶接性を低下させているケースでも、析出温度以上での熱処理により溶接性の回復が可能である。

A イ B ロ C ハ D ニ E イ、ロ F イ、ハ G イ、ニ

問 35	
解答	A

【問 36】 次の文章は補修溶接施工上の留意事項について述べたものである。文章（イ）～（ニ）の正誤を以下の解答例の A ～ E より選択せよ。

- （イ） 炭素鋼の焼入れ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。高張力鋼も、通常、強度や板厚に関係なく焼入れ硬化性は大きくなく溶接性は良い。
- （ロ） 熱影響部の硬化性の大きい鋼は、溶接割れを誘起しやすく、継手延性も劣化しやすい。鋼の溶接熱影響部の硬化性を支配する 1 つの要因は、鋼材の炭素当量であるから、可能な範囲で炭素当量の高い鋼を選択するのが望ましい。
- （ハ） 炭素鋼溶接において厚肉の溶接を実施する場合やショートビードで溶接補修を実施する場合は、溶接入熱不足により非常に溶接部の冷却速度が大きくなり割れが発生することがある。その対応の 1 つとして PWHT を実施する。
- （ニ） Cr-Mo 鋼は、焼き入れ性が高く、予熱・パス間温度を適切に管理しないと高温割れが生ずる。

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

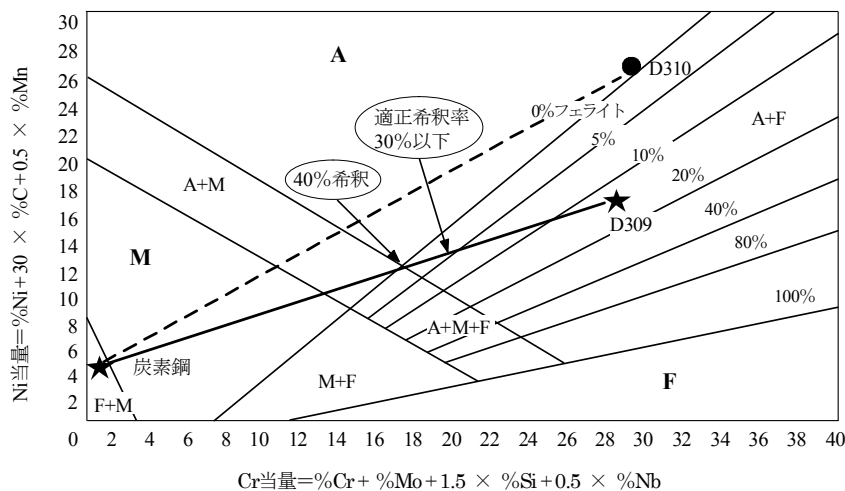
問 36	D
解答	

【問 37】 次の文章はオーステナイト系ステンレス鋼の溶接における希釈率について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）に最も適した語句を下記の A ～ I より選択せよ。

ステンレス鋼の異材溶接では、図に示すようにシェフラー組織図を用いて溶接金属の化学組成とマイクロ組織変化を予測することができる。炭素鋼上に D309 ビードを置いた場合の溶接金属組織を検討するには、シェフラー組織図上に、D309 と炭素鋼の位置をそれぞれの化学成分（Ni 当量、Cr 当量）からプロットする。

溶接金属の化学成分と組織は炭素鋼と D309 の点を結ぶ線上にあり、母材（炭素鋼）からの希釈率に応じて、左側に移行する。すなわち、希釈率が大きくなるに従って溶接金属中の（イ）量が低下し、希釈率が約 40% で（イ）量が 0 になり、（ロ）が生成される領域となる。（ハ）防止には 4% 以上の（イ）量が必要であるため、適性希釈率は 30% 以下に管理することが必要であることがわかる。

同様に D310 で溶接した場合、D310 は完全（ニ）組織を有し、母材からの希釈を受けても、（イ）は生成せず、（ニ）領域に存在するため非常に（ハ）性が高いことが理解できる。



- | | | |
|-----------|------------|-----------|
| A 低温割れ | B 高温割れ | C 遅れ割れ |
| D 鋭敏化 | E デルタフェライト | F マルテンサイト |
| G オーステナイト | H 安定化 | I 固溶化 |

問 37	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	F	B	G

【問 38】 次の文章は焼戻し脆化について記したものである。A～D の中から最も適切と思われる記述を 1 つ選択せよ。

- A 焼戻し脆化は、供用期間にほぼ比例して進行する現象であることから、古い年代に製作された機器においては、焼戻し脆化への配慮が特に重要である。
- B 焼戻し脆化は、低合金鋼材に含まれる不純物元素濃度に脆化の度合いが強く依存しているが、鋼種による影響は殆ど無い。
- C 焼戻し脆化は、不純物元素が結晶粒内に拡散し粒内破壊を伴う延性破壊現象である。
- D 焼戻し脆化に関与する不純物元素は、鋼材製造時の精錬技術により逐次低減されており、近年では焼戻し脆化感受性の極めて少ない高纯净鋼の製造が可能となっている。

問 38	D
解答	

【問 39】 次の文章は破壊靱性値の推定に関して記述したものである。

文中の (イ) ~ (ハ) 内の語句 **A**、**B** のうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

破壊力学による脆性破壊評価の際には、き裂状欠陥形状、(イ : **A** 応力、**B** 応力集中係数)、破壊靱性値の 3 つの情報が必要となる。

材料の経時靱性変化は (ロ : **A** シャルピー衝撃値、**B** 硬度) 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破壊靱性値の推測を行うことが推奨されている。

また、上部棚破壊靱性値の計算に際して、式(1) に示す関係式から良好な推定値を得ることが確認されている。

$$\left(\frac{K_{IC-US}}{\sigma_y} \right)^2 = 0.648 \left\{ \left(\frac{CVN_{US}}{\sigma_y} \right) - 0.098 \right\} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、

K_{IC-US} (MPa \sqrt{m}) ; 上部棚破壊靱性値

σ_y (MPa) ; (ハ : **A** 材料の引張強さ、**B** 材料の降伏強さ)

CVN_{US} (J) ; 上部棚シャルピー衝撃値

問 39	イ	ロ	ハ
解答	A	A	B

【問 40】 次の文章は、最低加圧温度の簡便導出法の一つに関して記述したものである。
文中の（イ）～（ハ）内の語句**A**、**B**のうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

製作時に行われる試験から得られる結果に基づき導出される方法で、式（1）により算出される。

$$\text{最低加圧温度} = \text{FATT} + \alpha \cdot \Delta \text{FATT} \dots\dots\dots (1)$$

FATT は、機器製作時の衝撃試験から得られる延性－脆性遷移温度であり、（イ： **A** 吸収エネルギー、**B** 破面様相） の遷移点で判定する。

ΔFATT は （ロ： **A** ステップクーリング試験、**B** 粒界腐食試験） から得られる FATT の上昇量（℃）である。

α は長期供用時の靱性変化度合の補正係数であり、通常 （ハ： **A** 1.5～2.0、**B** 2.5～3.0） を使用する。

問 40	イ	ロ	ハ
解答	B	A	B