

社団法人石油学会
平成 18 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	配管			
受験者氏名				

【問 1】 次の文は石油学会維持規格作成の背景に関する内容である。文中の（イ）～（ホ）内に最も適する語句を下記の A～K より選択せよ。

高圧ガス保安法の設備維持検査には定期自主検査と（イ）があるが、どちらも「構造及び設備が技術上の基準に適合するように維持する」となっており、法の性能規定化が完了したにも関わらず（ロ）においては、設計時の基準維持が要求されている。

1997 年施行の高圧ガス保安法の目的の中では「保安に関する自主的な活動を促進し、もって公共の安全を確保する」と、初めて（ハ）の精神が盛り込まれた。意味するところは、今後は事業者の保有技術と自己責任原則により最適な設備管理を行うことにより、さらなる保安レベルの向上と生産の合理化を実現させることである。

また、（ニ）が制度化され、運転中及び停止時の（イ）を事業者自ら実施可能となるとともに、高圧ガス施設の連続運転期間は事業者が自らの申告により 2 年を超える連続運転が可能となった。

労働安全衛生法のボイラー・圧力容器設備では、供用後の維持検査として年 1 回の（ホ）の実施が義務付けられている。通常、ボイラー協会等の検査機関が実施している。

2005 年 3 月には、（イ）の方法について省令改正が実施され、高圧ガス保安協会作成の民間規格（保安検査基準）が初めて告示化された。

- | | | | |
|-------------|-------------|-----------|--------|
| A 認定完成検査実施者 | B 認定保安検査実施者 | C 労働基準監督署 | D 性能検査 |
| E 官による管理 | F 保安検査 | G 自主保安 | H 仕様規定 |
| I 設備維持規格 | J 供用後の維持検査 | K 製作時の検査 | |

問 1	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	F	J	G	B	D

【問 2】 次の（A）～（P）の規格のうち、平成 18 年 12 月末現在、石油学会より発行されていない規格 4 件を選択せよ。

- | | |
|------------------|--------------------|
| A 配管維持規格 | B 設備維持規格 |
| C 回転機設備維持規格 | D 電気設備維持規格 |
| E 計装設備維持規格 | F タンク設備維持規格 |
| G 防食管理 | H 供用適性評価ハンドブック |
| I 劣化損傷の評価と対応 | J 検査技術 |
| K 圧力容器の亀裂状欠陥評価方法 | L 発電用原子力設備規格（維持規格） |
| M 耐圧気密試験 | N フランジ・ボルト締付管理 |
| O 溶接補修 | P ホットスタート |

問 2	順不同			
解答	F	H	K	L

【問3】 次の内容は、設備維持規格で定義されている用語であるが、それぞれの説明文中の（イ）～（へ）に該当する用語を下記のA～Lより選択せよ。

- （イ） 設備の耐圧部材外表面より外側の領域（外表面を含む。）を対象とする検査をいい、設備外表面の断熱材又は被覆材並びに断熱材又は被覆材で覆われた設備外表面、外部付属品及び支持構造物の腐食損傷状況などを、目視又は計測機器を用いて検査する。
- （ロ） 設備、部品の余寿命を推定することを目的として、実施時期を事前に計画して定期的に実施する検査をいう。
- （ハ） 被検査材から試験材を採取し、材料の強度などを破壊によって調べる検査をいう。
- （ニ） 通常の使用状態において、当該設備等に作用する圧力（当該圧力が変動する場合にあっては、その変動範囲のうちの最高の圧力）
- （ホ） 腐食、エロージョン、エロージョン・コロージョン、高温劣化、応力腐食割れ、疲労割れなどの、減肉、割れ、材質劣化などの現象をいう。
- （へ） 算出された余寿命から次回の検査時期を決定するときに、余寿命に乗ずる係数をいう。

A 定期検査	B 臨時検査	C 腐食・劣化損傷	D 日常検査
E 常用圧力	F 内部検査	G 非破壊検査	H 破壊検査
I 最高使用圧力	J 劣化損傷	K 外部検査	
L 検査周期決定のための安全係数			

問3	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
解答	K	A	H	E	C	L

【問 4】 次のイ～ホの文は「設備の維持管理」の内部検査及び外部検査について述べたものであるが、不適切な記述の組み合わせを下記の A～Eの中から選択せよ。

- イ 内部検査は、設備の内側から行う。設備の外側から実施する検査は、すべて外部検査である。いずれの側から検査を行うかは、想定される腐食・劣化損傷の種類、範囲及び検査精度並びに設備の重要度などを総合評価して決定する。
- ロ 設備を開放しての検査（開放検査）は、目視又は検査機器を用いて実施し、検査の結果によっては、破壊試験のための試料の採取を行う。また、開放検査では、設備内の汚れ、堆積物、詰まりの有無などの運転性能に関係する事象についても、十分な確認を行う。
- ハ 内部検査周期とは、直近に実施した内部検査から次回内部検査までの間隔をいう。
- ニ 余寿命予測により管理する設備の内部検査周期設定は、装置(プラント)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。
- ホ 外部検査の検査周期は、設備の重要度、外部環境、腐食・劣化損傷の種類などを勘案して決定する。

A イ、ハ B ハ、ニ C ニ、ホ D イ、ニ E ハ、ニ、ホ

問 4	D
解答	

【問5】 次の表は、「構造設計上の配慮事項」の抜粋であるが、文中の（イ）～（ホ）に最も適切な内容を下記のA～Kの中から選択せよ。

分類	項目名	事例内容
衝撃緩和 侵食防止	塔槽類	・フラッシュゾーンなどの流入速度の高い箇所及び摩耗腐食が急激に進むと考えられるところでは、（イ）をつける。例えば、塔槽入口インナー配管対向部など。
劣化損傷 対策	（ロ）	・スチームパージを行う容器で苛性ソーダやアミン及びこれらを含む流体に触れる部分は濃度、温度に関係なくすべて溶接後熱処理を行う。
	脆化対策	・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（ハ）後に行う。
多管式 熱交換器	（ニ）	・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、設置する。
空冷式 熱交換器	流速調整	・（ホ）流体では K_P 値に応じて流速を $4.6 \sim 6.1 \text{ m/s}$ ($15 \sim 20 \text{ ft/s}$) に設定する。

A 常圧蒸留装置塔頂系	B 遅れ割れ	C 応力腐食割れ防止対策
D 溶接後熱処理	E 温度計	F 保護板
G 脱硫装置エフルエント系	H フランジ部の雨よけ	I 焼炭脆化対応
J 外部環境の影響防止	K 鋭敏化対策	

問5	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	F	C	D	H	G

【問 6】 次の文は、熱交換器チューブのサンプリング検査について述べたものであるが、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。

- (1) 必要に応じチューブを抜き取り、（イ）に半割したうえチューブ（ロ）を検査し、肉厚を測定する。また、（ハ）の結果などとの相関を確認する。
- (2) 脆化の可能性がある黄銅管及びチタン管については、（ニ）などを実施し、脆化の有無を確認する。

- | | | |
|-----------------|------------|----------|
| A 半割面のサルファープリント | B 内外面の腐食状況 | C 各部の寸法 |
| D 渦流探傷試験 | E 管軸方向 | F 円周方向 |
| G ホットスポットの有無 | H 脆性破壊防止処置 | I 金属組織観察 |

問6	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	B	D	I

【問 7】 次の文は、加熱炉チューブの腐食・エロージョン検査について述べたものであるが、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。

- (1) コンベクション部の燃焼ガス温度が低い箇所では、（イ）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。
- (2) 肉厚測定の定点を決める時は、形状及び測定位置を考慮し、腐食の発生するおそれのある箇所及び（ロ）箇所を選び測定する。
- (3) チューブとチューブサポートの接触部では運転中の（ハ）が生じていないか点検する。
- (4) 局所的な偏肉腐食や溝状腐食の発生が懸念されるチューブは、（ニ）などで減肉状況を確認し、寿命評価を行う。

- | | | |
|-------------|-------------|-----------|
| A 腐食状況を代表する | B 割れの発生しやすい | C 振動による磨耗 |
| D 放射線透過試験 | E 浸透探傷試験 | F ハンマーテスト |
| G 硫酸露点腐食 | H 高温硫化物腐食 | I エロージョン |

問7	イ	ロ	ハ	ニ
解答	G	A	C	D

【問 8】 次のA～Dの文は運転中モニタリングについて記述したものであるが、誤っている記述を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 防食措置の有効性を評価するため、加熱炉チューブのスキン温度を監視した。
- C 中和剤の注入量が適正かどうか監視するために、凝縮水pHの監視を行った。
- D コロゾメーターを設備に設置して、割れ及び腐食の進行を常時監視した。

問 8	順不同	
解答	B	D

【問 9】 次のA～Dの文は、設備の重要度分類について述べたものであるが、誤っている記述を1つ選択せよ。

- A 設備の重要度は、設備破損の発生確率項目に基づき、影響度、発生度、経済損失度の3要素を総合評価して決定されるのが一般的である。
- B 検査及び保全の実施に対して、劣化損傷を正確に予測して必要な対策を適切な時期に実施することが重要であり、資源の投入量のみを増加させても、必ずしも設備の信頼性が向上しない。
- C 災害リスクを定量的に評価し、影響度と発生確率から検査・補修の優先順位及びその内容を設定するFFSの研究が進んでいる。
- D 検査結果により得られた設備情報は、新たな重要度分類検討の判定データとして活用できる。

問 9	C
解答	

【問 10】 次のイ ~ ニの文は、新設配管系及び運転条件が変更された配管系において、供用後初回の肉厚測定時期を設定する方法を説明したものであるが、誤った設定法の組み合わせを下記の A ~ E より選択せよ。

- イ 運転条件、使用材料などが類似している公開データから腐食速度を推定して設定する。
- ロ 運転条件、使用材料などが類似している既設配管系より得られているデータを用いて設定する。
- ハ 最近では流動解析技術が発達しているため、解析結果による寿命到達年に設定する。
- ニ 運転変更前における配管系の生涯寿命の半分を見込んで設定する。

【解答例】

A イ・ロ・ハ B ロ・ニ C イ・ロ・ニ D ハ・ニ E ロ・ハ

問 10	D
解答	

【問 11】 次の表は設備の保全事例から得られた設計配慮事項例を纏めたものである。(イ) ~ (ホ) 内に最も適する語句を下記の A ~ J より選択せよ。

分類	項目名	配慮事項例
配管内面の防食	構造面での対応	<ul style="list-style-type: none"> ・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(イ)を作らない構造とする。 ・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、並びに振動などにより損傷を受ける可能性が高いため、ロングネックボス・フランジの採用、(ロ)厚肉管の採用などを検討する。
劣化損傷対策	(ハ)対策	<ul style="list-style-type: none"> ・温度差のある流体の合流部はインナーノズルを採用する。
その他	液封下の圧力上昇対策	<ul style="list-style-type: none"> ・逆止弁と仕切り弁間が液封状態になる配管系で、内部流体が蒸気抱線、直近の高温配管からの伝熱などにより温度上昇を招く場合には、(ニ)による圧力上昇を引き起こし、当該箇所が延性破壊した事例がある。 ・蒸気抱線の加温不良があった場合に、凝固するような性状の流体は(ホ)の徹底に留意が必要である。配管の逃し弁に抱線保温がなされていないため部分的に凝固閉塞し、蒸気抱線からの入熱によって内部流体が(ニ)して圧力上昇となり、配管破裂に至った事例がある。

- A 傾斜 B 保温施工 C 温度測定 D 保護板
- E 口径のサイズアップ F デッドスペース G 溶接後熱処理
- H 熱疲労 I 液膨張 J 高流速

問 11	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	F	E	H	I	B

【問 12】 次の文は、配管検査に関して記述したものである。下線部で、誤った説明を 1 つ選択せよ。

防油提貫通部	防食テープ端部付近が腐食を受けやすい。 <u>(A) スリーブタイプの場合は、隙間部に雨水が浸入し隙間腐食を発生しやすいので留意する。</u>
注入箇所	水や薬品を注入する箇所では、 <u>(B) 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。</u> 注入流体の拡散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ことを考慮して検査を行う必要がある。 <u>(C) インナーノズルがない場合では注入された流体は本管内壁に沿って流れたり、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。また、(D) インナーノズルで水等を注入している場合は定期的にインナーノズルの点検を計画する必要がある。</u>
ねじ込み配管	ねじ込み配管の検査は小口径配管の検査方法に準じて行うが、回転機械などに接続され振動が認められる配管において <u>(E) 緩みによる漏洩や疲労損傷の恐れのあるものは、防振策の実施、当該部の薄肉化策を検討する。</u>

問 12	E
解答	

【問 13】 次の表は、配管における外面腐食に関する事象と対応についてまとめたものである。不適当な組み合わせを下記の A ~ D のうち 1 つ選択せよ。

記号	事 象	対 応
A	外装の損傷又は欠落部	保温外装の各合わせ目は、下図に示すような“さや”又はそれと同等となる方法で雨水浸入を防止する。 
B	保温材の損傷	サーモグラフィ - による温度測定
C	保温材下の減肉量	渦流探傷試験
D	保温材下の減肉量	中性子水分計による測定

問 13	D
解答	

【問 14】 次のA～Eの文は配管の防食管理（防食を目的とした構造設計上の配慮を含む）について述べたものであるが、不適切な記述を一つ選択せよ。

- A 主に硫化物、塩化物による凝縮相での腐食環境改善を目的として、アンモニア、苛性ソーダなどの中和剤及び鋼材表面の腐食環境を遮断する皮膜性の薬液が使用される。
- B 塩化物などの析出、堆積による腐食、閉塞対策としては、主として皮膜性の薬液が使用される。
- C 電気防食の方式には、流動陽極方式及び外部電源方式がある。
- D 水酸化アンモニウム、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。
- E 薬液注入箇所薬液による注入部近傍本管の局部腐食を防ぐために、インナーノズルを採用することが有効である。

問 14	B
解答	

【問 15】 次の文は配管付属品及び特定配管の供用中の検査について述べたものである。（イ）～（ニ）内に当てはまる用語として最も適切なものを、下記のA～Iより選択せよ。

- (1) **埋設配管の検査** : 電気防食が施工されている埋設配管は、（イ）を測定し、その値が規定値の範囲内であることを確認する。
- (2) **フレキシブルホースの検査** : フレキシブルホースは、外観検査に加えて必要に応じて（ロ）を計測し、（ハ）と対比を行い、フレキシブルホースを含む配管系全体の動きを確認する。
- (3) **配管支持具の検査** : 配管支持具としてスプリングハンガーを用いている場合は、本体カバー、取付け金具、ターンバックルなどを目視検査し、（ニ）が許容作動範囲内にあることを確認する。

用語	A 防食電流	B 対地電位	C 接地抵抗	D 回転変位
	E 軸直角変位量	F 設計仕様	G S-N 曲線	H インジケータ指示
	I 水平方向変位			

問 15	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	E	F	H

【問 16】 次の表は、整備・補修に伴い工事管理や運転管理上発生した不具合について配慮すべき内容を「工事作業上の配慮事項例」としてまとめたものであるが、空欄（イ）～（ニ）に最も適切な内容を下記の A～I の中から選択せよ。

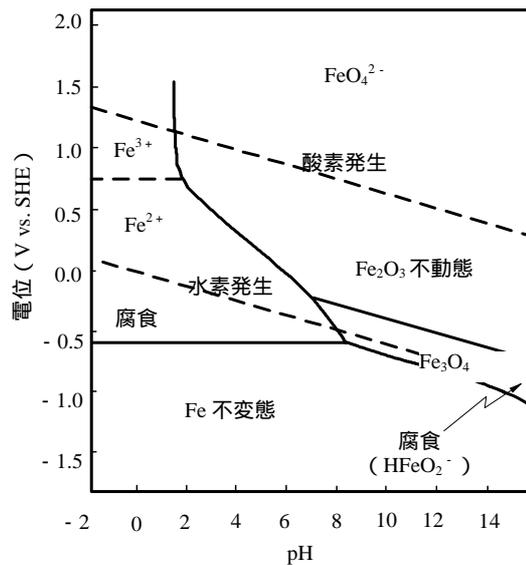
分類	項目名	配慮事項
工事上の配慮事項	インターナル腐食生成物に対する配慮	<ul style="list-style-type: none"> 内部流体に硫化水素を含む環境では、運転中に腐食生成物として（イ）を生じる。タワーの性能向上のため、内部充填物を採用している場合には、当生成物は、運転中あるいは、停止時のパージにより充填物層にトラップされやすい。 運転停止後の開放時に空気置換を行い、当該生成物が乾燥すると発火することがある。（補修工事で当該壁面を暖めたりすると加速要因になる）気液接触の効率を上げるため、充填物として薄片の金属材料を用いパッキングしている場合、長期運転によりパッキング表面にポリマーが生成される。ポリマーと金属薄片が加熱されるとポリマーの燃焼から金属薄片自体が可燃物として燃焼する（一般に（ロ）と呼ばれる）ことがある点に留意する。
	開放清掃に伴い発生する廃棄物の仮置きに対する配慮	<ul style="list-style-type: none"> 開放清掃に伴い装置内から排出したスラッジ等のスケール、及びこれらを含むウエスなどの廃棄物を仮置きする際には、（ハ）を保つ事、空気との接触を避ける事、ウエスなどの燃え易いものを付近に置かない事が重要であり、スケールを系外へ排出した時点で直ちに水に浸し、袋詰めの後ドラム缶に入れるなど、作業手順を定め、きめ細かく管理する必要がある。
	（ニ）における配慮事項	<ul style="list-style-type: none"> 工事箇所周囲の保温材に油が染み込んだ状況では、外装材の内側で予想以上に広範囲に油が浸透し、燃え易い状態となるので、このような状況下で溶接補修などを行う際には、不燃性シートを用いた通常の火の粉養生に加えて、予め油の染み込んだ保温材を入念に撤去する事が重要である。

A 入槽工事	B 火気工事	C 高所作業	D 硫化鉄	E 酸化鉄
F 自然発火の可能性を有する金属材料	G メタルファイアー			
H 乾燥状態	I 湿潤状態			

問 16	イ	ロ	ハ	ニ
解答	D	G	I	B

【問 17】 次の文章は防食管理設計について説明したものであるが、文中の（イ）～（ホ）内の語句 A、B で正しい方をそれぞれ選択せよ。なお、分類は JPI-8R-11（防食管理）による分類とする。

- (1) 環境条件の制御による防食法にはインヒビターと呼ばれる防食剤があるが、防食皮膜の特性によって防食剤を分類すると、沈殿皮膜型、吸着皮膜型、（イ： A 酸化皮膜型、B 拡散浸透型）の 3 タイプに大別される。
- (2) 金属のイオン化傾向を利用した電気防食設計を行う場合、金属が溶液中に溶出する場合の平衡電位を求め、腐食反応の可否を決定する基準とした pH - 電位線図を利用する。次の図は、（ロ： A ガルバニックシリーズ、B 鉄 - 水系の Pourbaix 線図）という。



- (3) (2) の図において、「鋼材の電位を卑方向へ移動させ不動態域とする方法」を（ハ： A カソード防食、B アノード防食）といい、「鋼材の電位を貴方向へ移動させ不動態域とする方法」を（ニ： A カソード防食、B アノード防食）と呼ぶ。外部電源法と犠牲陽極法は金属と接している環境側から直接電流を流す防食法で、（ホ： A カソード防食、B アノード防食）に分類される。

問 17	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	B	A	B	A

【問 18】 次の文章は常圧蒸留装置の原料油予熱系に注入される苛性ソーダについて説明したものであるが、正しい説明の組み合わせを下記の A ~ E より選択せよ。

- イ** 回収したソーダを再使用して脱塩原油に添加する場合には、原油配管や熱交換器の汚れを引き起こすが、加熱炉チューブの苛性脆化の要因にはならない。
- ロ** 苛性ソーダは、脱硫触媒や FCC 触媒に対する触媒毒になることはない。
- ハ** 苛性ソーダの代わりに、高価である炭酸ソーダ水溶液を注入する方法は加水分解の心配がないため、トッパー塔頂系の腐食管理が容易になる。
- ニ** 苛性ソーダはできるだけ希釈するのが好ましく、2~3%水溶液が実用的である。実際には 1~10%水溶液が多く採用されている。
- ホ** 添加方法としては、スリップストリーム法がよい。これは、脱塩器下流の熱交換器手前で原油の一部を分流させて、苛性ソーダをポンプでスリップストリームに連続的に注入して原油と混合する方法である。

【解答例】

A イ・ロ・ハ

B ロ・ニ

C ハ・ホ

D ロ・ハ・ホ

E ニ・ホ

問 18	
解答	E

【問 19】 次の A ~ E の文は、中・高圧ボイラの各種障害について述べたものである。正しい説明を 2 つ選択せよ。

- A スライム障害** 藻類、ズーグレア、スフェロチルスなどの細菌類及びカビに起因する障害を指し、特にズーグレア状細菌は、ボイラの種類に関係なく出現する。
- B キャリオーバー障害** タービン翼ヘスケールが堆積しタービン効率が低下する障害で、原因として、ボイラ水のブロー管理の不備や給水処理装置の不調や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が挙げられる。
- C スケール障害** 鉄などの金属酸化物が熱負荷の高い部分に付着し、膨出、破裂する障害で、原因として、前処理装置の不調による金属水和物(たとえばアルミフロック)や樹脂の持ち込みや、給水、復水系の腐食生成物のボイラへの持ち込みが考えられる。
- D 腐食障害** 高濃度のアルカリによって腐食が発生する障害で、特にスチーム系の配管で発生する障害である。スチーム系ではスチームの流れに従って管壁温度も下がり湿性となるので、下流に行くほど配管材質は高級となる。またハイドアウトも発生しやすくなる。
- E スケール障害** 発生するスケールは主として炭酸カルシウム、りん酸カルシウム、りん酸亜鉛、けい酸マグネシウムに分類される。りん酸カルシウムのスケールは防食剤として添加した薬剤が防食皮膜以上に付着した場合にスケールと呼ばれる。

問 19	順不同	
解答	B	C

【問 20】 次の文は、石油精製事業所内で必要な防食技術について説明したものである。文中の(イ) ~ (ホ) 内の語句 A、B で正しい方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 常圧蒸留装置における主蒸留塔の(イ: A 塔頂、B 塔底)では露点管理が行われるが、その目的は水の初期凝縮点での腐食性酸性水の発生を防止し、腐食を抑制することである。つまり塔内で(ロ: A 水凝縮、B ストリッピングスチーム)を発生させないことが重要である。
- (2) (ハ: A 水素製造装置、B 硫黄回収)装置における反応系では、一般に反応器は炭素鋼にキャストプルのライニングされており、直接的酸性ガスによる腐食は受けないが、側板は露点腐食を受ける可能性があるため、減肉量について傾向管理する必要がある。
- (3) 防食剤の注入を行うノズルで現在最も一般的に用いられているのはクイル型である。クイルの特徴は流体ガス配管の中央部分にノズルのカット部が位置するように設置し、ノズルのカット面を流体ガス(ニ: A 上流、B 下流)に向ける。防食剤を十分に(ホ: A 濃縮、B 希釈)した溶液を流体ガス中に注入する際に、流体ガスの流速を利用してクイルの先端から溶液を霧状に分散させる。

問 20	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	A	B	B	B

【問 21】 次の文は水素侵食に関する事項を述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内に最も適する用語を下記の A～L より選択せよ。

ネルソン線図は水素侵食の発生限界を示しており、（イ）にもとづいて作成されている。一方、 P_v パラメーターはネルソン線図の時間依存性を Larson-Miller のパラメーターで近似したものである。 P_v パラメーター評価法による調査結果から、C-0.5Mo 鋼の水素侵食の感受性には金属組織との密接な関係が見られ、金属組織中に（ロ）又は（ハ）の比率が高いほど水素侵食感受性が高くなるとされており、金属組織中の（ロ）（ハ）の比率は（ニ）によって異なる。

用語	A 設備の使用実績	B メタンバブル生成における膨張速度式			
	C フェライト	D パーライト	E ベイナイト	F メタンバブル	
	G 不純物元素	H $M_{23}C_6$ 炭化物	I Fe_3C 炭化物	J 焼鈍熱処理条件	
	K 供用温度	L 供用サービスの水素分圧			

		順不同		
問 21	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	D	H	J

【問 22】 次の A～E の文は 475 脆化とシグマ脆化について述べたものであるが、不適切な記述を一つ選択せよ。

- A 475 脆化の発生機構は、Cr リッチなフェライト相が Fe リッチなフェライト相から分離析出することにより引き起こされる。
- B 475 脆化は、600 以上の短時間加熱を行い空冷することにより靱性を回復する可逆的な脆化である。
- C 475 脆化を受けた脆化材の衝撃吸収エネルギーは、常温において低いが、475 脆化発生温度域では安全な領域まで回復している。
- D シグマ脆化は、一般にはオーステナイト系ステンレス鋼よりフェライト系ステンレス鋼の方が発生し易いが、ただし、オーステナイト系ステンレス鋼の溶接部に含まれているデルタフェライトからシグマ相が析出し易い。
- E シグマ脆化は不可逆的な脆化であり、熱処理等で靱性を回復することはできない。

問 22	
解答	E

【問 23】 次の A ~ E の文は塩化物応力腐食割れ（以下、塩化物 SCC という）について述べたものである。誤っている文を 2 つ選択せよ。

- A オーステナイト系ステンレス鋼における塩化物溶液中の割れ形態は、主に粒内割れであるが、応力集中の程度あるいは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。
- B 塩化物 SCC への補修溶接は、残存割れの助長や残留応力による運転中での割れの再発が懸念される。
- C 炭素鋼、フェライト系ステンレス鋼は塩化物 SCC を発生しない。
- D 塩化物 SCC が発生した場合、割れ深さと作用応力を測定できれば、比較的精度良く実機における寿命推定が可能である。
- E 耐圧部材として、SUS304L 鋼、SUS316 鋼等 SCC 感受性が小さい材料を使用した場合は、塩化物 SCC は発生しないので一定周期での検査は必要ない。

問 23	順不同	
解答	D	E

【問 24】 次の文はポリチオン酸応力腐食割れ（以下、ポリチオン酸 SCC という）に関する事項を述べたものである。文中の（イ）～（ホ）内の語句 A ~ C で、正しいものをそれぞれ選択せよ。

- (1) オーステナイト系ステンレス鋼を 500 ~ 850 付近に加熱すると、（イ： A 結晶粒界、B 結晶粒内）に（ロ： A Cr 炭化物、B Ni 化合物、C Cr 酸化物）を析出し、粒界近傍にクロム欠乏層が形成される。このクロム欠乏層は、クロム濃度が低い場合には（ハ： A 不動態、B 活性）が保持できなくなり、選択的に腐食を受けやすい鋭敏化状態となる。
- (2) 割れを引き起すポリチオン酸は、装置の停止中など、（ニ： A 酸化鉄、B 硫化鉄、C 塩化鉄）が存在し、かつ水と酸素が存在する環境で発生する。
- (3) 装置停止中の機器の保管又は開放時において、（ホ： A 塩素、B 酸素、C 二酸化炭素）進入の防止、水分進入の防止などのポリチオン酸生成防止対策、中和洗浄などは、ポリチオン酸 SCC の発生防止に有効である。

問 24	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	A	A	B	B

【問 25】 次の文は設備の非破壊検査方法検討のための確認事項を述べたものである。文中の(イ)～(ニ)に最も適する語句を下記のA～Fより選択せよ。

- (1) 検査目的
 健全性の確認
 経時変化の追跡
- (2) 検査対象とする(イ)、想定される位置、方向及び大きさ
- (3) 検査する部位の材料、構造、使用状況(被検体の(ロ)など)
- (4) 対象とする損傷の程度(脆化の検査の場合)
 脆化の兆候の確認
 脆化の進展度の確認
 脆化による(ハ)の確認
- (5) (ニ)
 検査データの処理方法(統計処理の採用の有無)
 要求される寿命予測精度

- A 検査精度 B 温度 C 内部圧力 D 腐食・劣化損傷の種類
 E 割れ F 検査体制

問 25	イ	ロ	ハ	ニ
解答	D	B	E	A

【問 26】 次の文は腐食・エロージョンの検査に用いられる非破壊検査の原理を述べたものである。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) 超音波による肉厚測定は、1～数十 MHz 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(イ：A 1 往復、B 2 往復)する伝播時間を測定することにより厚さを求める。
- (2) 放射線検査はX線又は線(以下、放射線という。)の写真作用、蛍光作用及び(ロ：A 電離、B 化学)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) 銅合金、オーステナイト系ステンレス鋼など非磁性体チューブを対象に用いられる渦流探傷法は、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ある。検査速度が(ハ：A 遅く、B 速く)、全数検査が可能であることから、主として、熱交換器チューブの腐食・エロージョン検査に適用されている。
- (4) 光切断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、(ニ：A 腐食深さ、B 板厚)に対応して生じるスリット光のズレ量を測定する方法である。

問 26	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	B	A

【問 27】 次のイ～ニの文は改良型渦流探傷法の原理について述べたものであるが、その中で適切な記述の組み合わせを解答例の A～D より選択せよ。

- イ 磁気飽和渦流探傷法は磁性体の探傷時に、透磁率変化による雑音を受け難くするため、被検体に交流磁界をかけて磁気飽和させて探傷する方法である。
- ロ 磁気飽和渦流探傷法においては、磁気飽和コイル、永久磁石などにより磁気飽和が行われている。
- ハ 低周波渦流探傷法は周波数を上げることにより、渦電流の浸透深さが深くなる（探傷できる板厚が厚くなる）ことを利用した探傷方法である。
- ニ リモートフィールド渦流探傷法は励磁コイルと検出コイルを管径の 2 倍以上離して配置し、間接磁場（リモートフィールド領域）で探傷する方法である。

【解答例】 A イ・ハ B ロ・ハ C ロ・ニ D イ・ニ

問 27	C
解答	

【問 28】 次の表は石油精製装置で発生する劣化損傷、対象とする損傷の程度、損傷を検出するための検査法の組合せを示している。このうち最も適切な組み合わせを選択肢 A～D より 1 つ選択せよ。

選択肢	劣化損傷の種類	対象とする損傷の程度	検査方法
A	チタン管の水素脆化	脆化の程度	超音波法
B	SUS405 ステンレス鋼の 475 脆化	脆化の程度	電磁誘導法
C	炭素鋼配管の黒鉛化	黒鉛化の程度	超音波音速比法
D	2.25Cr-1Mo 鋼反応塔のクリープ損傷	クリープ割れ	磁粉探傷法

問 28	D
解答	

【問 29】 次の文は耐圧試験に関する事項を述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内に最も適する用語を下記の A～J より選択せよ。

- (1) 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）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（ロ）で、かつ、耐圧試験中における当該液体の温度が常温以下であるもの。
- (2) 配管を水耐圧テストする場合、加圧流体の温度と試験体の温度（壁温）がほぼ等しくなってから開始する。また、耐圧試験の圧力の保持時間は（ハ）を標準とする。
- (3) 配管を水耐圧テストする場合、スプリングハンガーで支持されている配管は、スプリングの（ニ）を確認した後、水張りを行う。

- | | | | | |
|----|------------------|---------------|-----------|-------------|
| 用語 | A 常温以下 | B 43 以下 | C 66 以下 | D 当該液体の沸点未満 |
| | E ロックがセットされていること | F ロックが外れていること | | |
| | G 43 以上 | H 66 以上 | I 10 分間以上 | J 30 分間以上 |

問 29	イ	ロ	ハ	ニ
解答	D	G	I	E

【問 30】 次の A～E の文は気密試験時の注意事項について述べたものであるが、不適切な記述を 1 つ選択せよ。

- A 気密試験の試験圧力は、試験圧力の 1/2 程度の圧力まで徐々に昇圧して異常のないことを確認し、その後は徐々に昇圧して、その都度、異常がないことを確認しながら試験圧力に達するまで昇圧する。
- B 硫化鉄スケールなどの存在する可能性がある場合は、不活性ガスであるスチームを試験媒体に使用する。
- C 試験後、試験気体は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。
- D 被試験体がオーステナイト系ステンレス鋼製の場合は、応力腐食割れを防止するため、発泡剤の Cl イオン濃度に留意する。
- E 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を使用してもよい。この場合、圧力は段階的に上げ、異常のないことを確認しながら昇圧すること。

問 30	B
解答	

【問 31】 次の A ~ E の文は機器の耐圧気密試験時の注意事項について述べたものであるが、不適切な記述を 1 つ選択せよ。

- A 塔の耐圧試験に先立ち、水張り後の重量に対して基礎に問題が出ないか、図面と計算書で確認した。
- B 塔の部分改修工事後の耐圧試験に先立ち、試験圧力が改修部以外を含めて塔全体に掛かるため、改修部以外の母材の材質劣化や腐食等による減肉の有無を確認した。
- C 脆性破壊対象機器の部分改修工事後の耐圧試験において、常用圧力を下廻る圧力で耐圧試験を行い合格とした。
- D 多管円筒形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は増締め不可能であるため、ボルトの緩みがないか特に入念にチェックした。
- E 多管円筒形熱交換器で、チューブ内にターボタル(チューブ内汚れ防止)を装着していたので、チューブ内の液の上流方向から昇圧し、試験後は下流方向から降圧した。

問 31	C
解答	

【問 32】 フランジ締付時の必要締付力(下限)は、使用状態における必要な最小のボルト荷重(Wm_1)又はガスケット締付時に必要な最小のボルト荷重(Wm_2)の大きい方を採用し、安全率等を考慮して決定する。 Wm_1 に加算すべき荷重又は力を下記の A ~ E より 2 つ選択せよ。

- A 内圧によってフランジに加わる全荷重
- B フランジ面とガスケット間の摩擦力
- C 耐圧試験圧力時にフランジに加わる全荷重
- D 気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力
- E フランジの許容応力×50%又はボルトの許容応力×50%のいずれか小さい方の値

問 32	順不同	
解答	A	D

【問 33】 次の A ~ D の文は最近の事象事例の特徴と注意点を記載したものである。その中で不適切な記述を 1 つ選択せよ。

- A 運転停止時に、ボルトの温度低下よりフランジ本体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。これらを考慮した操作マニュアルなどの整備が重要である。
- B スペーサー付きフランジはボルトが長くなるため、温度変動による片締めを吸収し易い。しかし、フランジ面の傾きが、製作基準で定める許容値以内であることを点検・確認することが必要である。
- C ナビン付きフランジは使用中の経年劣化（打傷、減肉など）によりシール性能が低下する可能性がある。ナビンの点検基準に基づく点検及び補修基準を策定し適切な補修を行うなどのナビン管理が重要である。
- D 一時的な雨や風の影響を極力少なくするためには、ウェザー・シールの設置が有効である。ウェザー・シールは、覗窓を設けてもよいが、フランジから漏れを生じた場合、内容物がウェザー・シールの中で密閉されない構造とした上で、円周方向は部分的でなく全周にわたって囲むことが望ましい。

問 33	B
解答	

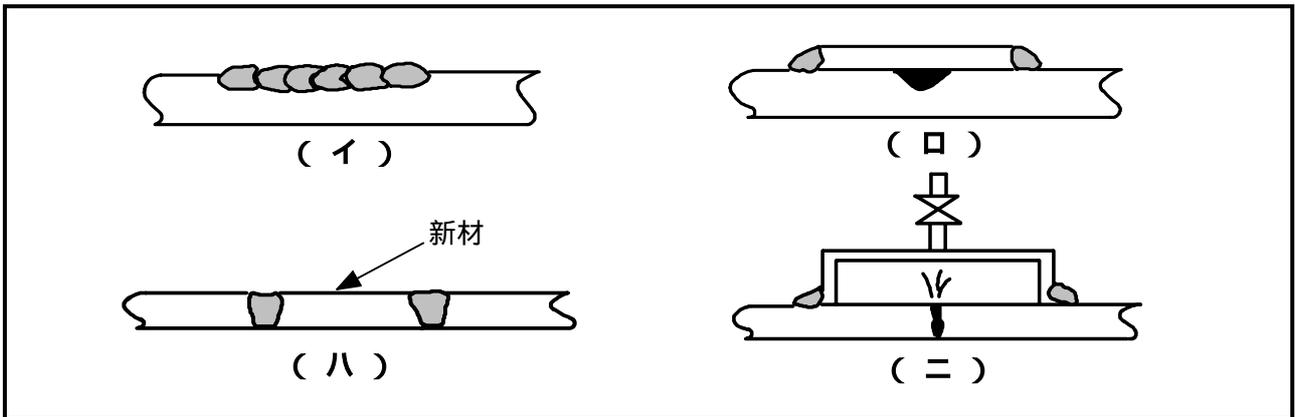
【問 34】 フランジ締付けを実施する際の設備管理方法として、軸力管理を適用すべき対象として最もふさわしい組み合わせを下記の A ~ E から選択せよ。

- イ 高温高圧の流体を扱う、機器や配管のフランジ継手
- ロ 内部流体（HC、H₂、H₂S を含む可燃性流体）温度が自然発火温度以上であるフランジ継手。
- ハ 傷のある再使用平型金属ガスケットに、グラフォイルテープを貼りつけて使用しているフランジ継手。
- ニ フランジ面のひずみが発生しているために、最大締付力以上の締付力を要するフランジ継手。
- ホ 大径のボルトを使用している機器本体や配管のフランジ継手。

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

問 34	E
解答	

【問 35】 次の図は溶接補修の代表的な方法について示したものである。各々の補修方法（イ）～（ニ）に最も適した名称を下欄の（A）～（G）より選択せよ。



- | | | |
|---------------|-------------|-----------|
| A 当て板溶接 | B 部分更新 | C ガウジング法 |
| D 肉盛り溶接 | E テンパービード溶接 | F グループ溶接、 |
| G カバー（ボックス）溶接 | | |

問 35	イ	ロ	ハ	ニ
解答	D	A	B	G

【問 36】 次の文は、供用後設備の溶接補修を行うに当たっての前処理（準備）に関して記述したものである。文中の（イ）～（ホ）に最も適した内容を下記の（A）～（H）より選択せよ。

- (1) 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、（イ）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。
- (2) Cr-Mo 鋼の（ロ）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。（ロ）は（ハ）であり、580 以上に加熱すると脱脆化できる。
- (3) SUS 347 は、微細炭化物の析出により（ニ）が高くなる。この状態で溶接すると熱応力で割れを生じやすいが事前に 900 以上で安定化熱処理又は固溶化熱処理を行うことで溶接性の回復が可能である。
- (4) ニッケル基合金で高温長期間使用により炭化物や（ホ）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 焼戻し脆化 | B 遅れ割れ | C 再熱割れ性 | D 可逆的 |
| E 非可逆的 | F 金属介在物 | G 非破壊検査 | H 目視検査 |

問 36	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	G	A	D	C	F

【問 37】 次の用語欄 及び用語欄 内の語句は、溶接や材料に関する用語を記述してある。用語欄の(イ)～(ホ)に関連する用語を用語欄 のA～Jより選択せよ。

用語欄					
(イ) PQR	(ロ) SAW	(ハ) SMAW	(ニ) FCAW	(ホ) PWHT	

用語欄					
A 溶接施工要領書	B 溶接施工法確認試験記録	C ティグ溶接			
D 被覆アーク溶接	E 溶接後熱処理	F 予熱			
G フラックス入りワイヤーを使用した溶接法		H サブマージ溶接			
I 応力腐食割れ	J 供用適性評価				

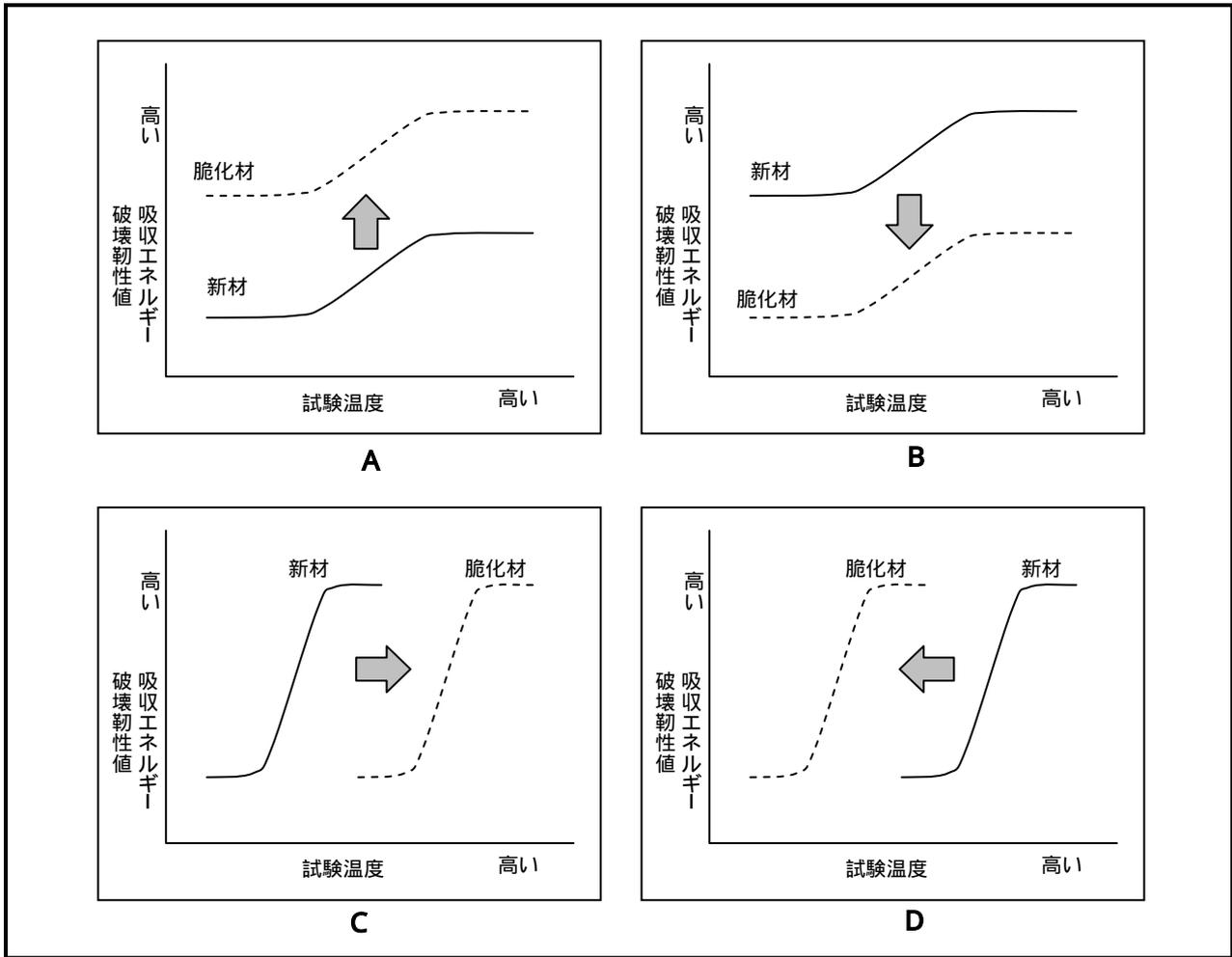
問 37	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	H	D	G	E

【問 38】 次の文は溶接後熱処理について記載したものであるが、文中の(イ)～(ホ)内の語句A、Bで正しい方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 低合金鋼の溶接部は特に指示のない限り、溶接後熱処理を(イ：A 行わなければならない、B 行わなくてよい)。
- (2) JIS B 8270 附属書 10 (溶接後熱処理) の 2. (2) に規定するアルミニウム系合金、銅系合金及びチタンを使用した母材の溶接部は溶接後熱処理を(ロ：A 行わなければならない、B 行わなくてよい)。
- (3) 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 以下のものは、溶接後熱処理を(ハ：A 行わなければならない、B 行わなくてよい)。
- (4) フェライト系ステンレスクラッド鋼の溶接部は、原則として溶接後熱処理を(ニ：A 行わなければならない、B 行わなくてよい)。
- (5) 炭素鋼、高張力鋼、低合金鋼では、補修後の溶接後熱処理の繰り返しにより機械的性質の低下が考えられる。したがって、溶接補修後に溶接後熱処理を行う場合は、焼き戻しパラメータ (Larson-Miller のパラメータ) により(ホ：A 強度上、B 延性低下)の問題がないことを確認する。

問 38	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	B	B	A	A

【問 39】 下の図は、設備の使用材料が供用期間中の焼戻し脆化現象によって、新材から脆化材へ変化してゆく状況を示した概念図であるが、最も適切なものを A ~ D より選択せよ。



問 39	C
解答	

【問 40】 次の文は焼戻し脆化に関する事項を記述したものであるが、文中の（イ）～（ホ）内の語句 A、B で、正しい方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 焼戻し脆化による靱性値の低下が懸念される場合、装置のスタートアップ、シャットダウン時の操作手順として、スタートアップ時は（イ：A 昇圧、B 昇温）先行型、シャットダウン時は（ロ：A 降圧、B 降温）先行型が一般的である。
- (2) 鋼材の経年的な焼戻し脆化は、一般に（ハ：A 約 10 万時間、B 約 5 万時間）で飽和領域に入ることが知られている。
- (3) 焼戻し脆化対策として、焼戻し脆化の促進元素である（ニ：A Al や Zn、B Si や Mn）の低減が有効であり、（ホ：A J-factor、B FATT）や \bar{X} で表される脆化係数による材料製作時の化学成分規定が望ましい。

問 40	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	A	B	B	A