

社団法人石油学会
平成 17 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）～（へ）内の語句 A、B で正しい方をそれぞれ選択せよ。

高圧ガス保安法の設備維持検査には（イ：A 定期検査、B 性能検査）と保安検査があるが、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：A 製作時、B 供用後の維持検査）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：A 自主保安、B 官による管理）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。

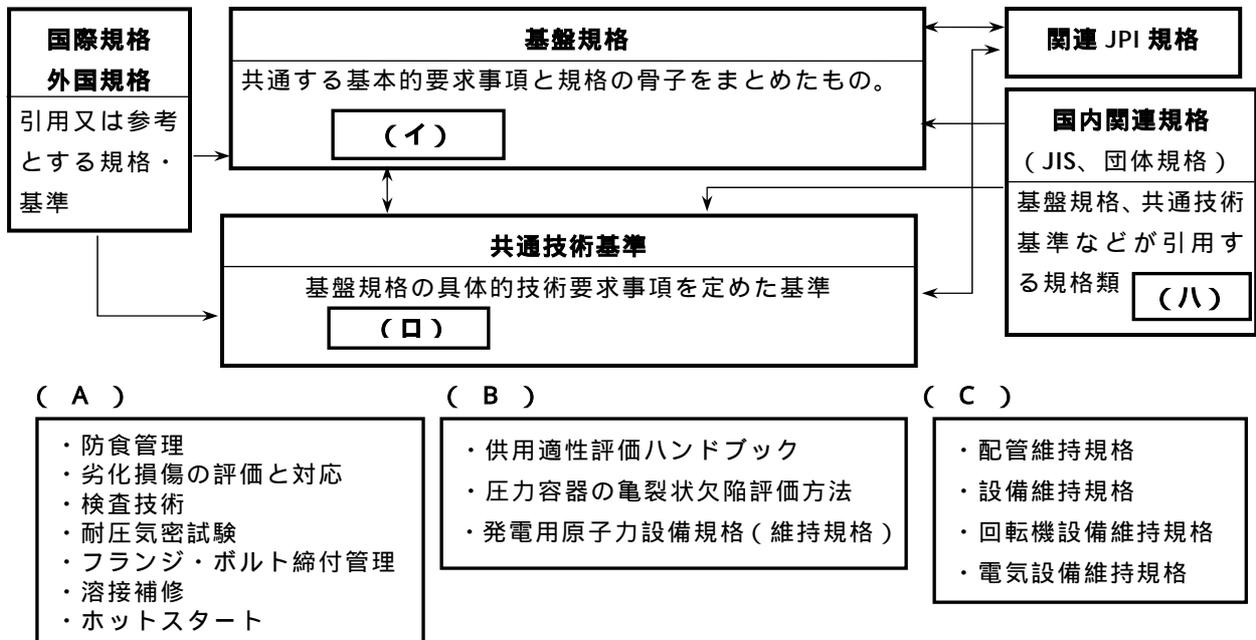
また、（ニ：A 認定保安検査実施者制度、B 認定完成検査実施者制度）が制度化され、運転中及び停止時の（ホ：A 保安検査、B 定期検査）を事業者自ら実施可能となるとともに、高圧ガス施設の連続運転期間は事業者が自らの申告により 2 年を超える連続運転が可能となった。

2005 年 3 月には、保安検査の方法について省令改正が実施され、（へ：A ボイラー協会、B 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。

問 1	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
解答						

【問 2】 次の図は、石油学会維持規格の概念を示したものである。下に示す規格類（A）～（C）は（イ）～（ハ）のどの規格体系に分類されるか選択せよ。

設備維持規格体系の概念



問 2	イ	ロ	ハ
解答			

【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） 設備の内表面、耐圧部材内部及び内部品の腐食・劣化損傷状況を把握し、設備の余寿命予測精度、損傷防止対策の効果などを確認するための検査。
- （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を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） 恒久補修が行われるまでの間、十分な健全性を回復して、安全運転を継続するために行う補修。
- （ホ） 爆発、火災、毒性物質の放出など環境・健康への影響、経済的損失などの大きさを定性的又は定量的に評価した設備の危険性・重要性の指標。
- （へ） 設備の腐食・劣化損傷などの状態を監視することをいう。

- | | | | |
|--------|----------|---------|--------|
| A 定期検査 | B 臨時検査 | C 応急補修 | D 日常検査 |
| E 目視検査 | F 内部検査 | G 非破壊検査 | H 破壊検査 |
| I 重要度 | J モニタリング | K 配管 | L 外部検査 |

問 3	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
解答						

【問 4】 次の A～E の文は維持管理の一般事項について述べたものであるが、その中から不適切な記述を選択せよ。

- A 検査計画は、保全履歴（検査・補修履歴など）に加え、設備の重要度、運転実績などを考慮して立案・策定する。
- B 設備の腐食・劣化損傷の発生・進展に影響を与える運転条件、運転データなどに関する情報を積極的に入手し、設備保全に活用すると同時に、設備の腐食・劣化損傷状態に関する情報が運転管理業務の中で適切に配慮されるように務める。
- C 設備維持に関する新しい知見が得られた場合には、必要に応じて、設計基準、保全基準、運転基準などの関係基準にその内容を反映する。
- D 日常検査、定期検査及び臨時検査の検査結果から得られた情報を十分に検討、分析、評価した後、検査計画は定期検査の時期に合わせて見直すことで十分である。
- E 腐食・劣化損傷を検出する手法としては、目視点検、寸法計測、肉厚測定、非破壊検査、破壊検査、運転中モニタリングなどがあり、これらを適切に組み合わせて実施する。

問 4	
解答	

【問5】 次は塔槽において、環境遮断材が施されている場合の、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検査の着目点をまとめた表である。それぞれの検査方法が対象としている現象を下記より選べ。

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検査の着目点

検査対象	検査方法	検査実施上の留意事項
膨れ	目視検査（光線を斜め横から入れる） ハンマーテスト	・膨れ部の割れ発生のチェック。 ・充填物受けのペDESTAL、サポートリングなどの溶接への影響をチェック。
(イ)	ハンマーテスト 超音波探傷試験（充填物受けペDESTAL、サポートリングなどの溶接部周辺）	・充填物受けのペDESTAL、サポートリングなどの溶接への影響をチェック。
(ロ)	目視検査 浸透探傷試験 磁粉探傷試験 超音波探傷試験	・損傷が大きく母材の腐食に影響を及ぼすかどうかの判断。 ・充填物受けのペDESTAL、サポートリングなどの溶接への影響をチェック。 ・損傷が母材中に達しているかどうかのチェック。 ・損傷部は、母材の確認を行う。
(ハ)	硬度試験（溶接部） 金属組織観察（溶接部）	・充填物受けペDESTAL、サポートリングなどの溶接部。
腐食	目視検査 肉厚測定（腐食部） 深さ測定（孔食） 定点肉厚測定（高温腐食雰囲気）	・減肉厚さから腐食速度を算定。
(ニ)	目視検査 肉厚測定	・流動床内にある部分、スラリー流路にあたる部分に注意。

A エロージョン B 剥離 C 脆化 D 割れ

問5	イ	ロ	ハ	ニ
解答				

【問6】 次の文は、加熱炉管の検査に際しての注意点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～Gより選択せよ。

クリーブ温度領域で使用されているチューブは、定期的にチューブの（イ）を行い、その変化量の傾向管理を行う。

温度の高い箇所の火炎側に（ロ）が発生しやすいので、当該部の放射線透過試験を計画する。

オイル焚きの加熱炉では、燃料の性状により（ハ）が発生する場合がある。異状が認められた場合は、寸法測定などを行い、その程度を検査する。

運転中は加熱炉ののぞき窓から、目視又は放射温度計により、火炎の状態、（ニ）を確認する。

A コーキング B 高温酸化 C 腐食の有無
D バナジウムアタック E 外径測定 F 肉厚測定
G ホットスポットの有無

問6	イ	ロ	ハ	ニ
解答				

【問 7】 次の A ~ D は石油精製事業所において使用されるボイラの検査について記述したものであるが、誤っている記述を二つ選択せよ。

- A 蒸気ドラム内面の気水の界面付近、流れの滞留箇所では腐食が発生しやすい。
- B 蒸気ドラムに流入するノズル正面の胴、気泡を含む液体の流路では、エロージョンコロージョンが発生しやすく、慎重に観察すべきである。
- C 炉内のスーツブローの噴射範囲では、高温酸化が発生しやすい。
- D 蒸気ドラム内インターナル部品の取付部などで、電位の異なる材料の接合境界部では、エロージョンが発生しやすい。

問 7 解答		
--------	--	--

【問 8】 次のイ ~ ニは設備の応急補修方法について記述したものであるが、下記のどの用語を説明したものが、A ~ F より最も適切なものを選択せよ。

- イ 設備本体、ノズル、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。
- ロ ファーマナイトなどをフランジ接合部、バルブのグランド部又はバンド部などの当該部に注入する。
- ハ ピンホールなどの微小漏れに有効な方法。近傍部の肉厚が十分であることを確認する必要がある。圧力が高い場合は、慎重を期する必要がある。
- ニ 局所的な減肉箇所に適用するもので、最も一般的で確実な工法である。

- A クランプ工法 B コーキング + ライニング工法 C プラグ工法 D 当て板工法
 E バンド工法 F 樹脂注入工法

問 8	イ	ロ	ハ	ニ
解答				

【問 9】 次の表は石油精製装置で発生する腐食・エロージョンの種類と特に注目すべき腐食減肉箇所との関係を示している。注目すべき腐食減肉の発生箇所が不足している選択肢の組み合わせを下記の A ~ E より選択せよ。

腐食減肉の発生 予想箇所 主な腐食などの種類		高流速部、 乱流部	堆積物を生 ずる停滞部	局所的な温 度勾配のあ る箇所	異 種 金 属、異種 組 織 の 接 触 部	気液境界部
		イ	湿性硫化物腐食			
ロ	ナフテン酸腐食					
ハ	水硫化アンモニウム腐食					
ニ	塩化アンモニウム腐食					
ホ	硫酸腐食					

注 印は、腐食などの種類による注目すべき腐食減肉発生箇所を示す。

- A : イ、ホ B : ロ、ニ C : ハ、ホ D : イ、ハ E : ロ、ハ

問 9 解答	
-----------	--

【問 10】 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を示している。表中の（イ）～（水）内に最も適するものを下記 A～Kより選択せよ。

周囲の環境	該 当 配 管 の 例
噴霧、水蒸気、海水飛沫に直接曝される。	・冷水塔付近の配管 ・スチームトラップ近傍の配管 ・スチームトレース配管の保温内継手 ・（イ）配管
保温材内に湿気を吸収蓄積する可能性がある。	・ - 4 ～（ロ）程度で運転されている炭素鋼配管 ・使用中は（ロ）以上であるが、間欠運転される炭素鋼配管 ・本管から分岐され（ロ）以下となる滞留部及び付属品 ・火傷防止対策施工配管
保温材に含まれる（ハ）が応力腐食割れに対して活性となる。	・ 65 ～ 210 程度で運転されている（ニ）配管
保温外装が損傷して水分が侵入する。	・（水）が発生している配管 ・塗材（マスチック等）が劣化（亀裂、剥離、防水性能の劣化等）している配管

A 炭素鋼	B フェライト系ステンレス鋼	C オーステナイト系ステンレス鋼	D 屋内
E 栈橋上の保温	F 振動	G 硫化水素	H 塩素
I 150	J 210	K 315	

問 10	イ	ロ	ハ	ニ	水
解答					

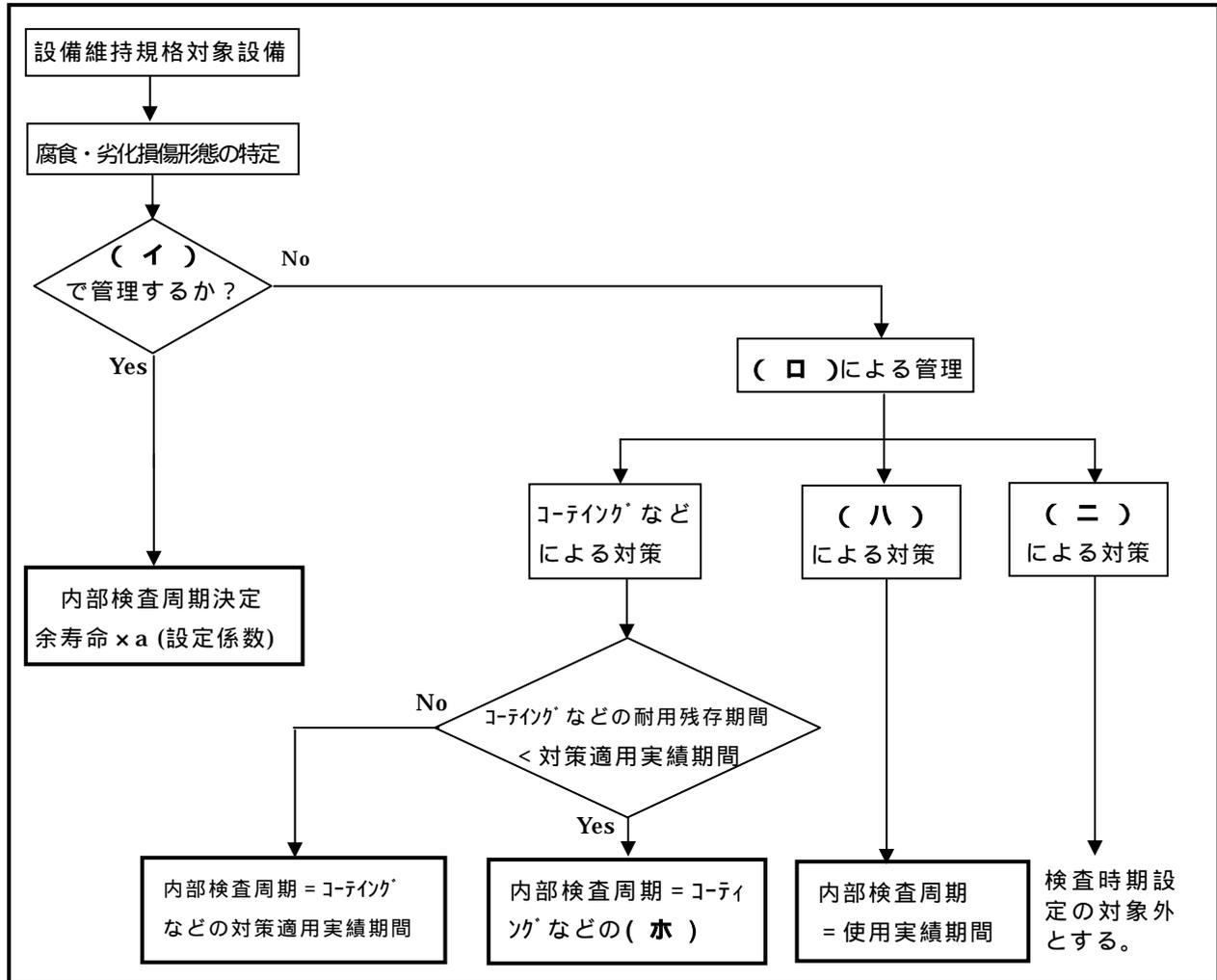
【問 11】 次の文は配管系の代表的な二種類の防食管理手法について記述している。文中の（イ）～（へ）内に最も適するものを下記 A～Mより選択せよ。

薬液などの注入	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、（イ）などの中和剤及び鋼材表面の腐食環境を遮断する（ロ）の薬液が使用される。
電気防食の適用	埋設配管、（ハ）配管などでは、電気防食の採用事例が多い。電気防食の方式は流電（ニ）方式及び（水）電源方式があり、稼動開始後は定期的な（へ）の測定を継続する。

A 苛性ソーダ	B 硫酸	C pH	D 還元剤	E 皮膜剤	F 陰極	G 陽極
H 屋内	I 海底	J 外部	K 内部	L 防食電位	M 防食電流	

問 11	イ	ロ	ハ	ニ	水	へ
解答						

【問 12】 次のフローは内部検査周期設定に関する基本的な手順を示している。(イ)～(ホ)内に最も適するものを下記A～Eより選択せよ。



- A 本体材料 B 損傷防止対策 C 余寿命予測 D 運転管理 E 耐用残存期間

問 12	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答					

【問 13】 次のイ～ニはバルブの検査に関する規格記載内容を記述したものであるが、適切な記述の組み合わせを下記の A～D より選択せよ。

- イ 日常検査では、バルブの操作時及び目視点検時に作動状況、各部からの漏れの有無、外部の異音発生状況などを検査する。
- ロ 定期検査では、バルブが円滑に作動機能を果たし、また、保安上支障のない状態であることを検査する。
- ハ 高差圧やスラリーサービスで使用されてエロージョンの恐れのあるバルブのシート、ディスク及びその上流側（常時閉止のバルブでもシート漏れの可能性があるものは対象とする。）は特に重点的な検査を行う必要がある。
- ニ 作動しないと逆流により過剰圧を引起こすような多段、高ヘッド遠心ポンプの吐出逆止弁などの重要な逆止弁は可動部内部状況と作動状況（特に、フラッパーが開位置に止まった状態になく、正常に作動することを確認）を重点的に検査する。

A : イ、ロ B : ロ、ハ C : ハ、ニ D : ロ、ニ

問 13	
解答	

【問 14】 次の文は補修などの一般管理について述べたものである。文中の（イ）～（ホ）内に最も適する語句を下記の A～I より選択せよ。

配管系の補修工事は、補修の方法により、部分取替え、当て板、肉盛りなどの（イ）補修、コーティング、ライニングなどの（ロ）補修、応急的に行われる（ハ）補修などに分類されるが、損傷状況、実施時期、施工環境などを考慮して、適切な方法で施工しなければならない。補修工事終了時には、本規格及び関連法規によりその系の（ニ）試験、気密試験を実施する。配管系のフランジ継手は、ボルトの締付管理を適切に行い、漏洩防止に努める。配管系の（ホ）による脆性破壊防止のためのホットテスト、ホットスタートの必要性についても考慮する。

A 溶接 B 機械的な漏洩防止 C 環境遮断対応 D 環境改善 E 焼戻し脆化
 F 液封 G 応力腐食割れ H 総合気密 I 耐圧

問 14	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答					

【問 15】 次の文は高温硫化物腐食について述べたものである。 文中の（イ）～（へ）内の語句 A、B で正しい方をそれぞれ選択せよ。

高温硫化物腐食は、高温状態にて主に（イ：A 水素、B 硫化水素）が鋼と直接化学反応を起し硫化鉄を生ずる腐食であり、蒸留、脱硫、分解装置の張込み系、反応系の高温部などに発生する。水素化脱硫装置の反応系では、水素が投入される（ロ：A 上流、B 下流）側に発生する。一般的に流体温度が高いほど腐食速度が（ハ：A 大きく、B 小さく）なるが、フランジ部近傍では放熱による温度低下が生じ腐食速度が（ニ：A 低下、B 上昇）するため実際の温度に留意することが必要である。

常圧蒸留装置オーバーフラッシュ配管、減圧蒸留装置スロップワックス抜き配管などの水平配管では、流量計のオリフィスプレートの上下流やポンプ出口下流で（ホ：A 凝縮、B 気液分離）が起り、硫化水素が配管（ヘ：A 上部、B 下部）に滞留し、腐食が発生した事例もあるので、腐食性ガスの滞留部にも注意が必要である。

問 15	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
解答						

【問 16】 次の表は設備の保全事例から得られた設計配慮事例を纏めたものである。（イ）～（ニ）に最も適する語句を下記の A～H より選択せよ。

分類	項目名	事例内容
配管外面の防食	架台接触部対策	・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することによる外面腐食を受けるので（イ）の取り付けを検討する。
劣化損傷対策	応力腐食割れ（SCC）対策	・スチームパージを行う配管で苛性ソーダやアミン配管及びこれらが混入するおそれのある配管は、濃度、温度に関係なくすべて溶接後に（ロ）を行う。
	熱疲労対策	・温度差のある流体の合流部は（ハ）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し、当該箇所が延性破壊した事例がある。事例に配慮して、逆止弁の取り付け位置、逆止弁バイパスの設置方法、逆止弁のディスクへの小径穴の設置などの安全対策を検討する。 ・ 蒸気抱線の加温不良があった場合に、凍結固化するような性状の流体は、部分的に凍結固化閉塞し、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ので保温施工の徹底に留意が必要である。

A スムースアップ	B インナーノズル	C 溶接後熱処理	D 保護板
E 液膨張（液体膨張）	F 邪魔板	G ロングネックノズル	H 固体膨脹

問 16	イ	ロ	ハ	ニ
解答				

【問 17】 次のイ～ホの防食に関する対応は、選択肢（A～D）に示す防食設計のいずれに属するか選択せよ。なお、分類は JPI-8R-11（防食管理）による分類とする。

イ	カソード防食法	ロ	クラッド鋼の採用	ハ	金属溶射
ニ	pH調整	ホ	溶存酸素除去		

- | |
|---|
| <p>A 材料選択による防食</p> <p>B 環境からの遮断による防食</p> <p>C 環境条件の制御による防食</p> <p>D 電気防食法</p> |
|---|

問 17	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答					

【問 18】 次のA～Dの文は水素化脱硫装置における腐食について述べたものであるが、間違っているものを選択せよ。

- | |
|--|
| <p>A エフルエントの冷却過程では、水素化脱硫、脱窒素反応などにより生成した多量の硫化水素、アンモニア、塩化水素（HCl）が存在し、アンモニウム塩として析出した後、腐食を招くため、熱交換器上流に水を注入しアンモニウム塩の溶解・除去を行う。</p> <p>B クーラー入口／出口の配管を左右対称なトーナメント構造として偏流を防止し、適正な流速に維持する。また、局所的にスケール堆積が起らないように配慮することも必要である。多数のクーラーを共通のヘッダーで使用するよりも、入口／出口の配管を対称な完全トーナメントにするほうが防食管理上、望ましい。</p> <p>C クーラーチューブで水硫化アンモニウム腐食が確認されたので、インコロイ系材料で更新した。インコロイ系材料は腐食に対して免疫的であるため今後の検査は不要である。</p> <p>D 水硫化アンモニウム腐食は、配管形状による問題以外に、局部加熱による腐食媒の濃縮及び局部冷却による凝縮水といった熱的な要素が問題となる場合がある。</p> |
|--|

問 18	
解答	

【問 19】 以下の各説明は、石油精製事業所内で必要な防食技術について述べたものであるが、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。

常圧蒸留装置のフィード系において発生する酸腐食の抑制法として、中和剤を塔内に注入する方法があるが、塔内で生成する中和生成塩を系外に排出することが難しく、熱交換器チューブの閉塞や（イ：A 二次腐食 B 割れによる破断）の問題を引き起す可能性もあるので、中和剤の選定においてはこの点に注意を要する。

（ロ：A アルキレーション B 流動接触分解）装置の反応系では、触媒として硫酸を使用するため、設備を構成する材料は耐硫酸性を考慮して選定する必要がある。炭素鋼における硫酸塩保護皮膜は、高流速で破壊されやすく、エロージョンが発生する可能性がある。従って、保護皮膜の破壊防止を考慮して（ハ：A 管内流速 B 廃硫酸量）を決定する必要がある。

腐食速度を表す単位のひとつに重量変化でみる（ニ：A mmd B mdd）があり、一日における 100cm^2 あたりの腐食減量で定義される。

一年あたりの減肉厚さに換算すると 100 （ニ：A mmd B mdd）（ホ：A 1.0 B 0.5）mm/Y となる。

問 19	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答					

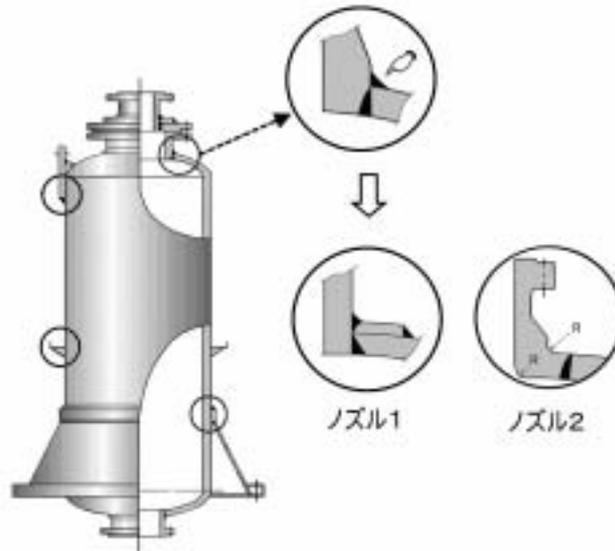
【問 20】 工業用水冷却水系におけるスケール障害に最も関係がある組み合わせのものを A～E から選択せよ。

- A 溶存酸素による腐食・炭酸カルシウムの溶解度・キャリオーバー
- B 循環水の濁度・炭酸カルシウムの溶解度・溶存酸素による腐食
- C 循環水の濁度・リン酸ナトリウムによるハイドアウト・Langelier 指数
- D 循環水の濃縮・炭酸カルシウムの溶解度・Langelier 指数
- E スライムボリューム・滞留時間・Ryznar 指数

問 20	
解答	

【問 21】 次の A ~ E の文はクリープの評価又は対応について述べたものであるが、下線部の内容が間違っているものを二つ選択せよ。

- A Cr-Mo 鋼の硬さは、クリープ損傷が大きくなるほど低下する。これは、炭化物の凝集粗大化（C 固溶量の低下）などの組織変化が大きな要因と考えられる。硬さを測定し、硬さとクリープ損傷度（消費寿命 / 寿命）の関係曲線から余寿命が予測できる。
- B 後熱処理温度を低めに設定すれば、後熱処理時の炭化物の析出及び凝集を容易にし、クリープ変形時の微細析出を低減するため、クリープ脆化の感受性を低下させることが可能である。
- C クリープ破断強さ（応力）を時間・温度を用いて整理するパラメータには、Larson-Miller、Manson-Haferd、Manson-Succop、Orr-Sherby-Dornなどがある。
- D クリープ歪み(%)を算出し、クリープ歪みとクリープ損傷度との関係曲線から余寿命を推定する。継続的な調査が必要であり、Cr-Mo 鋼製加熱炉管の場合、10%程度の周方向歪量が管理基準となる。
- E クリープは下図に示す様な反応塔のスカートバンド取付部、ノズル取付部などの機器外面の隅肉溶接部のような応力集中部で発生するため、ノズル取付部の改良型としてノズル 2 のタイプを採用した。



問 21		
解答		

【問 22】 次の表の中で、石油精製装置で発生する劣化損傷について正しい組み合わせを選択しているものを下記の A ~ E より選択せよ

選択肢	劣化損傷	評価又は対応
イ	反応塔におけるインターナル取付部の水素脆化	割れ感受性を下げるために溶接金属中のフェライトを低減し、また最終溶接部の後熟処理を省略した。
ロ	0.5Mo 鋼製配管の水素侵食	炭化物の形態により損傷感受性が異なるため、観察した結果、M ₂₃ C ₆ 比率が 100%であったため、水素侵食に対して十分安全に使用できると評価した。
ハ	圧力容器用鋼材 (SB 材) の黒鉛化	JIS 規格によると SB 材 (炭素鋼) においては 600 までは黒鉛化は生じない。
ニ	遠心 casting 管における浸炭	鑄放し状態で使用すると耐食酸化皮膜が破壊されやすくコーキングも生じやすいことから、浸炭が懸念される。そのため、内面を機械加工して健全な平滑面にした。
ホ	オーステナイトステンレス鋼のボイラ過熱器管におけるシグマ脆化	シグマ相が析出しても高温下では機械的性質の低下は僅かであり、シグマ相だけでは寿命とはならないので、シグマ相が成長し粗大化する場合も急激な熱応力や衝撃を与えなければ寿命とは関係ない。

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

問 22	
解答	

【問 23】 次のイ ~ ニは塩化物応力腐食割れ (以下、塩化物 SCC という。) とポリチオン酸応力腐食割れ (以下、ポリチオン酸 SCC という。) の特徴を述べたものである。両 SCC の特徴の記述として正しい組み合わせを下記の A ~ D より選択せよ。

- イ 装置の停止中など、硫化鉄が存在し、かつ水と酸素が存在する環境で発生する。
 ロ オーステナイト系ステンレス鋼で発生し、炭素鋼及びフェライト系ステンレス鋼では発生しない。
 ハ 割れ形態は主に粒内割れである。
 ニ 結晶粒界近傍にクロム欠乏層が形成されて、選択的に腐食を受け易い鋭敏化状態となり発生する。

選択肢	塩化物 SCC の特徴	ポリチオン酸 SCC の特徴
A	イ、ロ、ハ	ロ、ニ
B	ハ、ニ	ロ、ハ、ニ
C	ロ、ハ	イ、ロ、ニ
D	ロ、ニ	イ、ハ

問 23	
解答	

【問 24】 次の文は水素誘起割れ (HIC) の発生機構に関する事項を述べたものである。文中の (イ) ~ (ホ) 内に適する語句を下記の A ~ J より選択せよ。

HIC の発生機構は、炭素鋼及び低合金鋼が H_2S を含む (イ) 腐食環境に曝された場合、(ロ) により発生した水素が鋼中に侵入、凝集し、鋼材の圧延方向に平行な割れを発生する現象である。防食を目的にステンレス鋼が使用される場合があるが、これらについては HIC の発生を考慮する必要はない。また、(ハ) 等の非金属介在物を減らし清浄度を高くしたり、(ニ) の添加により鋼中への水素吸収濃度を減少させたり、あるいは Ca 添加により板状介在物を (ホ) 化する等の HIC 感受性を下げた種々の耐 HIC 鋼が開発、使用され寿命延長に良い効果を得ている。

- A 高温 B 腐食 C 拡散 D 湿潤 E Cu F Al G MnS
 H ZnS I 針状 J 球状

問 24	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答					

【問 25】 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) ~ (へ) 内の語句 A、B で正しい方をそれぞれ選択せよ。

超音波による肉厚測定は、1~数十 (イ : A MHz B KHz) の周波数をもつ超音波を利用した検査法で被検体内での超音波の音速を設定し、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。

放射線検査は X 線又は (ロ : A B) 線の写真作用、蛍光作用及び (ハ : 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。

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 (ニ : A 交流 B 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。検査速度が (ホ : 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。

光切断法はスリット状のレーザー光線を腐食面に対し (へ : A 斜め B 垂直) 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ズレ量を測定する方法である。

問 25	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
解答						

【問 26】 次のイ～ニ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下記の 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下げることにより、渦電流の浸透深さが大きくなる（探傷できる板厚が大きくなる）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 倍以上離し配置し、直接磁場で探傷する方法である。

A : イ、ロ B : ロ、ハ C : ハ、ニ D : イ、ニ

問 26	
解答	

【問 27】 次の文は水素侵食を検出する超音波法について述べたものである。文中の（イ）～（へ）内の語句 A、B で正しい方をそれぞれ選択せよ。

超音波後方散乱波法においては、水素侵食の有無を検出するためには、通常の探傷よりも感度を（イ : A 上げた B 下げた）探傷が行われる。このため、非金属介在物からのエコー又は組織的なノイズエコーも検出されることになることから、水素侵食によるエコーと識別することが必要である。（ロ : A 水素侵食 B 非金属介在物）の場合、エコーの立ち上がりがシャープで個々に分離可能であるのに対し、（ハ : A 水素侵食 B 非金属介在物）の場合、エコーは個別に分離不可能で、底面エコー近傍における内面エコー（後方散乱波）が、段々と高くなる様子が認められる。クリーピングウェーブ法は（ニ : A 表面近傍 B 内部）を伝播する一種の（ホ : A 縦波 B 横波）を使用しているため、溶接熱影響部に沿ったような肉厚方向に対して垂直方向の欠陥に関して通常の斜角探傷法よりも検出能が高く、（へ : A 厚肉 B 薄肉）の溶接部に対して、特に有利である。

問 27	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
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。このうち適切な組合せを下記の A ~ E より選択せよ。

選択肢	劣化損傷の種類	対象とする損傷の程度	検査方法
イ	チタン管の水素脆化	脆化の程度	渦流探傷法
ロ	オーステナイト系ステンレス鋼配管の鋭敏化	脆化の程度	電磁誘導法
ハ	炭素鋼配管の黒鉛化	黒鉛化の程度	超音波音速比法
ニ	2 ¹ / ₄ Cr-1Mo 鋼加熱炉管のクリーブ損傷	ボイドの連結	A パラメータ法

A : イ、ハ B : ロ、ニ C : ハ、ニ D : ロ、ハ E : イ、ニ

問 28	
解答	

【問 29】 次の文は耐圧試験媒体に関する内容を記述したものであるが、文中の (イ) ~ (ホ) 内に適する語句を下記の A ~ G より選択せよ。

水の凍結又はその他悪影響を及ぼす可能性がある場合若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 (イ) を使用する。温度、構造又はプロセス上の問題から、テスト流体に (イ) を使用することが現実的でない場合は、(ロ) を使用しても良い。

耐圧試験に使用する液体又は気体の (ハ) は、試験体が (ニ) 破壊を起こすおそれのない (ハ) とする。

オーステナイト系ステンレス鋼製設備の耐圧試験に用いる水は、Cl イオンによる応力腐食割れを防止するため、水分中に含まれる Cl イオンの (ホ) に留意する。

A 水などの安全な液体 B 空気、窒素などの気体 C 密度 D 濃度 E 温度
F 延性 G 脆性

問 29	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答					

【問 30】 次の文は耐圧試験圧力に関する内容を記述したものであるが、文中の（イ）～（ホ）内に最も適する語句を下記の A～F より選択せよ。

高圧ガス特定設備の耐圧試験の圧力は、第一種特定設備は設計圧力の（イ）倍以上、第二種特定設備は設計圧力の（ロ）倍に（ハ）係数を乗じて得た圧力以上とする。ただし、気体で行う場合は第一種特定設備は設計圧力の（ニ）倍以上、第二種特定設備は設計圧力の（ホ）倍に（ハ）係数を乗じて得た圧力以上とする。

A 1.1 B 1.25 C 1.3 D 1.5 E 安全 F 温度補正

問 30	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答					

【問 31】 次の イ～ホ の文は、気密試験における試験媒体、試験の方法について述べたものであるが、正しい記述の組み合わせを下記の A～E より選択せよ。

- イ 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。
- ロ 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などを使用してもよい。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。
- ハ 気密試験に使用する気体の温度は、試験体が脆性破壊を起こすおそれのない最低許容温度を超えないように留意する。
- ニ 硫化鉄スケールなどの存在する可能性がある場合は、窒素などの不活性ガスを試験媒体に使用する。
- ホ 気密試験の圧力保持時間は 5 分以上とする。

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

問 31	
解答	

【問 32】 ボルト締付け力の定量的管理方法でトルク管理と軸力管理について記載している。(イ) ~ (ニ)に入るべき用語をA ~ Fより選択せよ。

トルク管理の関係式
 トルク = (イ) × (ロ) × ボルト 1 本当りの有効断面積 × ボルトの応力

軸力管理の関係式
 ボルトの応力 = $\frac{\text{ボルト材料の縦弾性係数} \times [(\text{ハ}) - (\text{ニ})]}{(\text{ニ})}$

- | | |
|---|--|
| <p>A 締付け後のボルトの有効長さ</p> <p>C ボルトの外径</p> <p>E トルク係数</p> | <p>B 締付け前のボルトの有効長さ</p> <p>D ボルトの許容応力</p> <p>F ボルト材のポアソン比</p> |
|---|--|

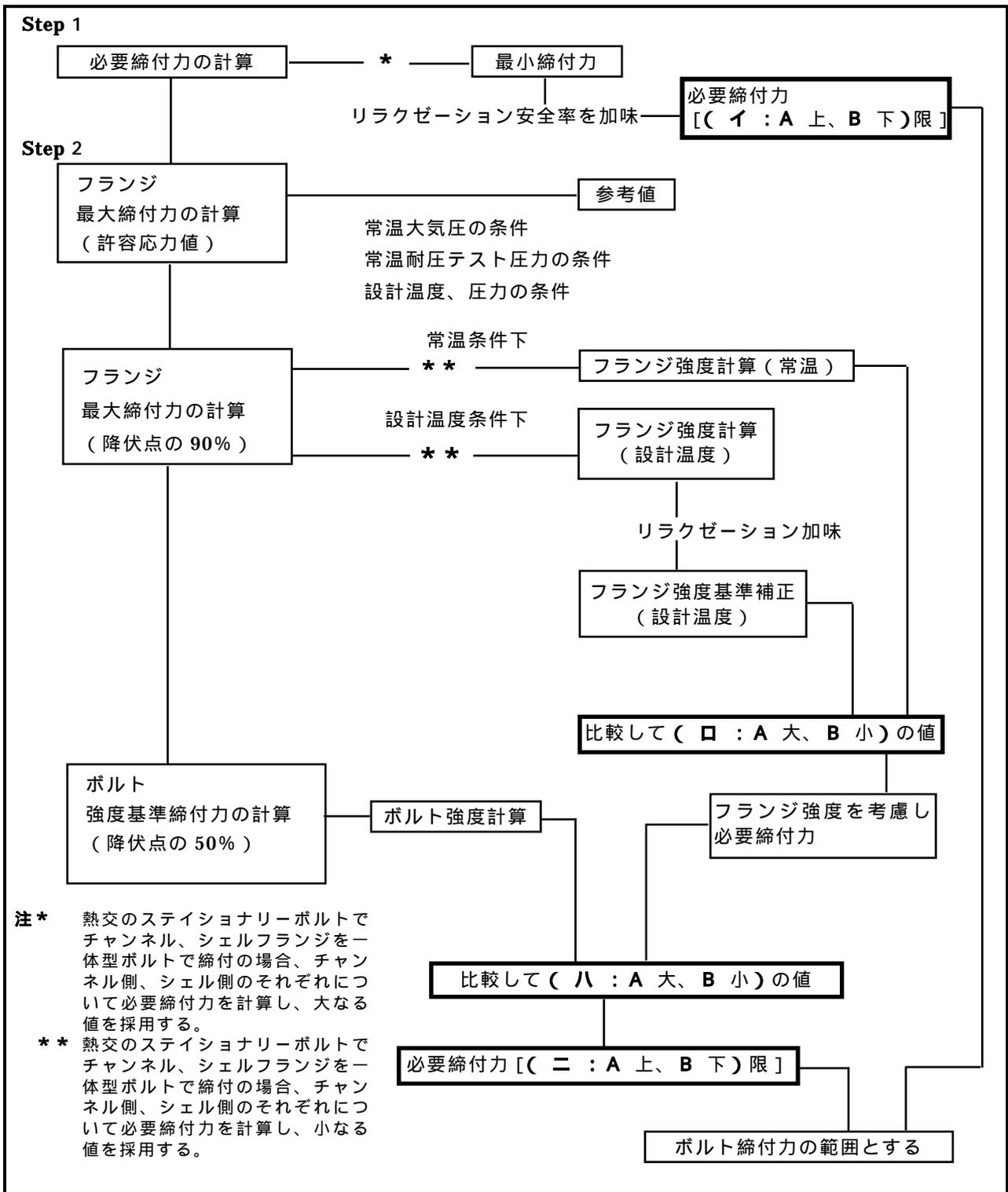
問 32	イ	ロ	ハ	ニ
解答				

【問 33】 次のA ~ E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選択せよ。

- A 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。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・確認するとともに、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 プリーチロック型フランジは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おり、これら構成部品の機能が発揮されるよう適切に点検・維持する必要がある。
- 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。シール性能が低下した場合には、グラフォイルテープを使用して復旧することが最も適切な対応である。
- 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。
- E 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。

問 33	
解答	

【問 34】 次のフローは締付力計算の概要を記載したものである。フロー中の (イ) ~ (ニ) 内の語句 A、B で正しい方を選択せよ。



問 34	イ	ロ	ハ	ニ
解答				

【問 35】 次は供用中の設備に損傷が発生し、溶接補修を行う場合の手順について並べた一例である。補修の進め方について、下記の（イ）～（へ）に最も適切な処置を下欄のA～Fより選択せよ。

- 1) 検出欠陥の評価と原因推定
- 2) （イ）
- 3) （ロ）
- 4) 補修溶接部の形状整形
- 5) （ハ）
- 6) （ニ）
- 7) 直後熱（強度の高い鋼の溶接時等）
- 8) （ホ）
- 9) （ヘ）
- 10) （水）
- 11) 溶接及び検査記録書のまとめ

- A 欠陥除去部の非破壊検査による確認
- B 溶接補修
- C 予熱
- D PWHT
- E 非破壊検査による溶接部検査
- F 溶接条件や供用期間の調査から補修範囲を決定し欠陥を除去

問 35	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ
解答						

【問 36】 次の用語欄 及び用語欄 内の語句は、溶接に関する用語を記述している。用語欄 のイ～ホに関連する用語を用語欄 のA～Hより選択せよ。

用語欄

イ WPS ロ SMAW ハ FCAW ニ PWHT ホ TIG

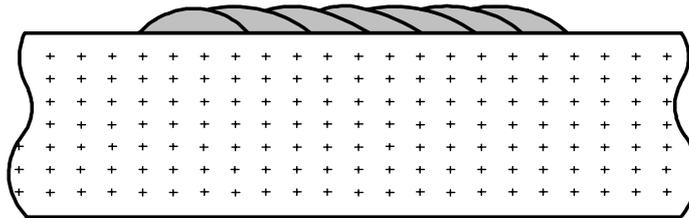
用語欄

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

問 36	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答					

【問 37】 次は溶接補修における代表的な積層法について述べたものである。積層法の説明について適切な組合せを A ~ E の中から選択せよ。

- イ 溶接グループ、開先部などに順次肉盛り溶接を行う方法をいう。経年劣化により溶接性が低下している場合又は溶接熱、溶接による応力で割れが発生しやすいケースで有効である。
- ロ 図に示すように前ビードに次のビードを重ねるように溶接する方法をいう。補修部へのアークを弱めにして、溶接棒又はフィラーメタルをできるだけ溶し込むことにより母材の希釈を軽減したビードを形成する。脆化による溶接性の低下で溶接熱、溶接による応力で割れやすい場合の補修溶接で有効な手法である。



図

- ハ 炭素鋼、Cr-Mo 鋼、高張力鋼に対して溶接 HAZ 部や溶接金属部を溶接熱で焼戻しすることにより硬さの低下や靱性の改善をねらった施工法である。PWHT 省略法としても適用されることがある。

- | | | | | | |
|-------|----------|---|----------|---|----------|
| A : イ | ハーフラップ法 | ロ | テンパービード法 | ハ | バタリング法 |
| B : イ | テンパービード法 | ロ | ハーフラップ法 | ハ | バタリング法 |
| C : イ | バタリング法 | ロ | テンパービード法 | ハ | ハーフラップ法 |
| D : イ | バタリング法 | ロ | ハーフラップ法 | ハ | テンパービード法 |
| E : イ | テンパービード法 | ロ | バタリング法 | ハ | ハーフラップ法 |

問 37	
解答	

【問 38】 次の文は、焼戻し脆化現象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。

焼戻し脆化現象は鋼を 360 ~ 575 の温度域に保持した場合、鋼中の不純物元素が (イ) に拡散偏析することにより、粒界強度が低下し (ロ) が生じやすくなる現象である。不純物元素が (イ) から (ハ) に拡散移行する約 580 以上の温度では、脆性が消失するという (ニ) を呈する。

- | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|-------|
| A 材料表層部 | B 脆性破壊 | C 結晶粒内 | D 結晶粒界 | E 高温側 |
| F 低温側 | G 可逆現象 | H 温度変化 | I 延性破壊 | |

問 38	イ	ロ	ハ	ニ
解答				

【問 39】 次のイ～ニの内容は、下記のどの用語を説明したものが、A～Gより最も適切なものを選択せよ。

- イ シャルピー衝撃試験片の破面が延性破面から脆性破面へ遷移する温度
- ロ 2.25Cr - 1.0Mo 鋼材中の微量不純物元素の含有量により、焼戻し脆化感受性を評価するパラメータ
- ハ 破壊に關与する欠陥先端の応力場の大きさを表す力学パラメータ
- ニ 材料の破壊抵抗性を示す材料特性値であり、シャルピー衝撃値と換算式より推定可能である

- | | | | |
|----------|---------------|----------|--------|
| A 焼戻し脆化 | B J - ファクター | C 応力拡大係数 | D FATT |
| E 最低加圧温度 | F ステップクーリング試験 | G 破壊靱性値 | |

問 39	イ	ロ	ハ	ニ
解答				

【問 40】 次のA～Dは、最低加圧温度の設定方法について記述したものであるが、誤っている記述を二つ選択せよ。

- A 最低加圧温度の設定法は、破壊力学的解析法、炭化物組成測定法、及び簡便導出法に大別される。
- B 破壊力学的解析法により最低加圧温度を設定する場合は、欠陥の想定 応力拡大係数 K の算出 破壊靱性値 K_c の推定 最低加圧温度の決定 というステップで検討を進める。
- C 破壊力学的解析法により最低加圧温度を評価する際、 $K < K_c$ となった時に、脆性破壊が発生する。
(ここで、 K : 応力拡大係数、 K_c : 破壊靱性値)
- D Barson-Rolfe Novak 実験式を用いて、シャルピー衝撃試験結果から破壊靱性値 K_c を推定した。

問 40		
解答		

問 1 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	へ
	A	B	A	A	A	B
問 2 解答	イ	ロ	ハ			
	C	A	B			
問 3 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	へ
	F	A	H	C	I	J
問 4 解答	D					
問 5 解答	イ	ロ	ハ	ニ		
	B	D	C	A		
問 6 解答	イ	ロ	ハ	ニ		
	E	A	D	G		
問 7 解答	順不同					
	C	D				
問 8 解答	イ	ロ	ハ	ニ		
	E	F	B	D		
問 9 解答	C					
問 10 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	
	E	I	H	C	F	
問 11 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	へ
	A	E	I	G	J	L
問 12 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	
	C	B	D	A	E	
問 13 解答	D					
問 14 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	
	A	C	B	I	E	

問 15 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	へ
	B	A	A	A	B	A
問 16 解答	イ	ロ	ハ	ニ		
	D	C	B	E		
問 17 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	
	D	A	B	C	C	
問 18 解答	C					
問 19 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	
	A	A	A	B	B	
問 20 解答	D					
問 21 解答	順不同					
	B	D				
問 22 解答	D					
問 23 解答	C					
問 24 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	
	D	B	G	E	J	
問 25 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	へ
	A	B	A	A	B	A
問 26 解答	B					
問 27 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	へ
	A	B	A	A	A	B
問 28 解答	E					

問 29 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	
	A	B	E	G	D	
問 30 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	
	D	C	F	B	A	
問 31 解答	D					
問 32 解答	イ	ロ	ハ	ニ		
	C	E	A	B		
	順不同					
問 33 解答	C					
問 34 解答	イ	ロ	ハ	ニ		
	B	B	B	A		
問 35 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	へ
	F	A	C	B	E	D
問 36 解答	イ	ロ	ハ	ニ	水	
	A	D	G	E	C	
問 37 解答	D					
問 38 解答	イ	ロ	ハ	ニ		
	D	B	C	G		
問 39 解答	イ	ロ	ハ	ニ		
	D	B	C	G		
問 40 解答	順不同					
	A	C				