

公益社団法人石油学会

2024 年度設備維持管理士

－配管・設備－

試験問題・解答用紙

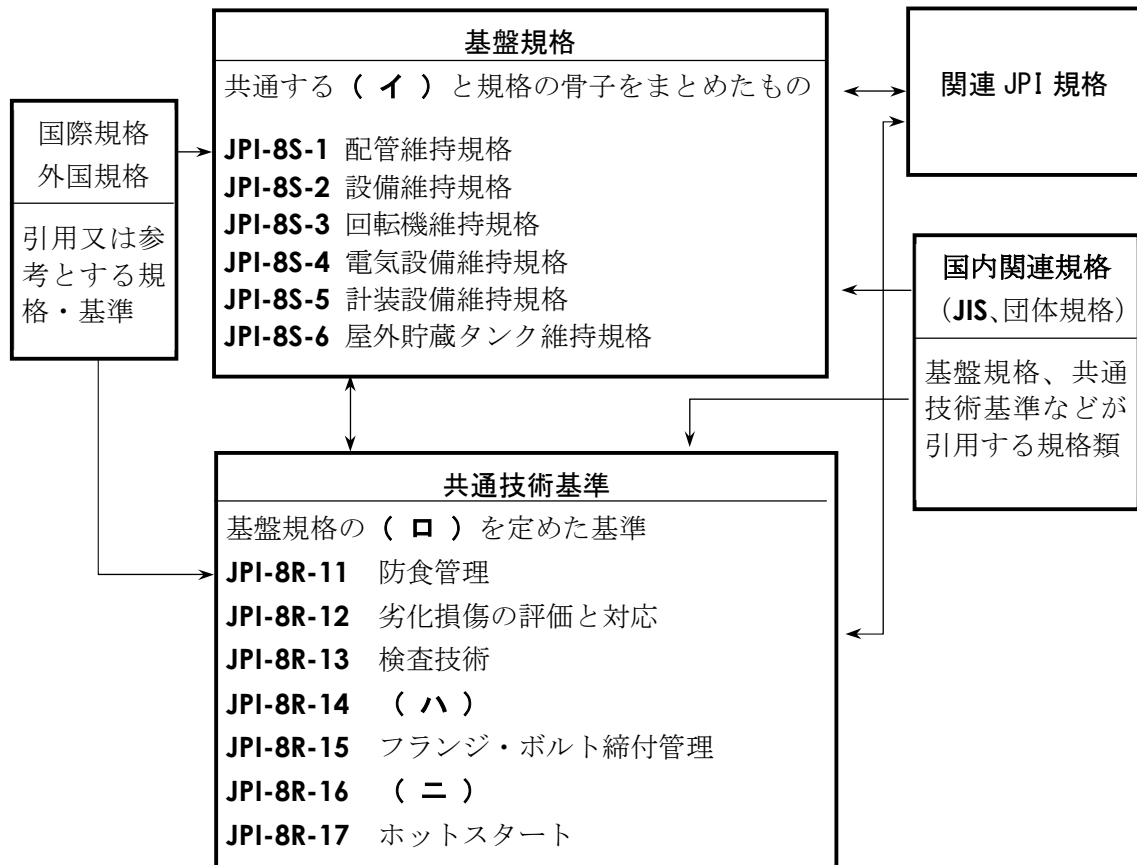
受験番号	(会場を○で囲む) 関東・関西	配管			
受験者氏名					
生年月日	1.昭和 年（西暦 年） 月 日生 2.平成				
就業業種	(番号記入)				

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、石油学会設備維持規格の体系を概念図として示したものである。図中の（イ）～（ニ）に該当する最も適切な語句を A ～ J より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

設 備 維 持 規 格 体 系 の 概 念



A 圧力容器構造	B 冷凍機設備維持	C 高圧容器
D 供用適性評価	E リスクマネジメント	F 耐圧・気密試験
G 基本的要求事項	H 具体的技術要求事項	I 法的要求事項
J 溶接補修		

問 1	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	G	H	F	J

【問2】次の A ～ C は、JPI-8S-2〔設備維持規格〕で定義されている用語の説明である。内容が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A** 内部検査とは、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、設備の内表面、耐圧部材内部及び内部品の腐食・劣化損傷状況を目視検査や非破壊検査にて把握し、設備の余寿命予測精度、損傷防止策の効果などを確認する。
- B** 破壊検査は、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”、“超音波探傷試験”、“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。
- C** 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。

問2	A	B	C
解答	○	×	○

【問3】次の文章は、腐食・エロージョンの検査箇所を選定する際に考慮すべき事項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、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

設備に発生する腐食・エロージョンの程度は、その内部流体の腐食性だけでなく、運転条件（温度、圧力、流速など）の影響を強く受ける。一般に金属材料が腐食を受けると、その表面に反応生成物の皮膜を形成し、この皮膜が金属を保護する役目を果たすが、流速が速く、さらに流体が気泡、異物を含み又は相変化を伴う場合には、これらの皮膜が継続的に（イ： A 損傷されて侵食が進む、 B 強固に形成し防食効果が強化される）ことがある。

逆に流速が低く、腐食反応物などが沈澱堆積する場合には、（ロ： A その堆積物下に局部腐食が発生する可能性がある、 B その堆積物下で防食効果が強化される）。

このようなことから、腐食・エロージョンの程度は（ハ： A 一様である、 B 一様ではない）。設備設計にあたってはこれらに対応して、構造、材料選択、表面被覆などの対策がとられているが、検査の計画、実施にあたっては、設備機器の構造、流体の挙動について十分に調査し、適切な検査箇所を選定する必要がある。

問3	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	A	A	B

【問4】次の A ～ D は、塔槽の本体及びノズルの検査、ならびに環境遮断の検査について述べたものである。下線部が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A ストリップライニングやスリーブ構造のノズルの溶接割れの確認を行う。割れがあった場合には母材の腐食が懸念されるため、母材の肉厚測定を行う。
- B 湿性硫化物腐食の環境下で、マンホールおよび流れのないノズルについては、流れがないため腐食の懸念はない。
- C 流入するノズル正面の胴、鏡板は、エロージョン、エロージョンコロージョンが発生しやすい。
- D ゴム、ポリエチレンライニング等の劣化による損傷については直管部と比較し、ノズル、マンホールやサポート周辺の構造不連続部や応力を受ける箇所で発生しにくい。

問4	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

【問5】次の文章は、保温材下腐食の発生しやすい環境と設備について述べたものである。
文中の（イ）～（ニ）に該当する最も適切な語句を、A ～ J より選択せよ。
なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- ・冷却塔付近、（イ）は水の飛散や水蒸気に直接曝される。
- ・（ロ）で運転されている炭素鋼製設備は運転条件から保温材内に水分を保持する可能性がある。
- ・65～210℃程度で運転されている（ハ）は保温材又は雨水に含まれる塩素が活性となり、塩化物応力腐食割れの懸念がある。
- ・設備の（ニ）部位は保温外装が損傷して水分が浸入する懸念がある。

- | | | |
|----------------------|---------|-----------------|
| A 空冷式熱交換器付近 | B 補修 | C スチームトラップ放出口付近 |
| D -4～150℃ | E 逆止弁付近 | |
| F オーステナイト系ステンレス鋼製の配管 | G 振動 | |
| H フェライト系ステンレス鋼 | I 炭素鋼 | J 150℃以上 |

問5	イ	ロ	ハ	ニ
解答	C	D	F	G

【問6】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。文章が正しいものには ○、誤っているものには × 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** シグマ脆化防止のため、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溶接後熱処理の前に行う。
- C** 高温の可燃性流体を取り扱う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、フランジ部に雨よけを設置する。
- D** 硫化物応力割れ防止のため、硫化水素雰囲気で使用するボルト・ナットには高強度材料を使用する。

問 6	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

【問7】次の文章は、石油精製事業所における機器の開放点検工事作業時の事故事例に基づく配慮事項を記したものである。（イ）～（ハ）の中の A 、 B のうち、より適切な対応をそれぞれ選択せよ。

（イ）腐食対策として内面にインナースリーブを設置している塔槽ノズルのテストホールにプラグ打ちを施工する場合は、スリーブの破損を防止するため、水分の浸入に注意し、

A： 運転開始後に温度が十分に上昇してからプラグ打ちを行う。

B： 運転開始前で温度が上昇する前にプラグ打ちを行う。

（ロ）サルファーピット内のポンプをメンテナンスのために運転中に取り外し、養生を行う場合は、事故防止のため、

A： 炭素鋼製の養生鉄板を使用し、かつ、空気流入防止措置を行う。

B： ステンレス鋼製の養生鉄板を使用し、かつ、空気流入防止措置を行う。

（ハ）廃棄のため、チタン製チューブバンドルのガス切断を行う場合、燃焼（メタルファイヤー）に至る恐れがあるので、これを避けるため、

A： 送風機を使用して風を送り、温度上昇を抑制する。

B： 積極的な空気の供給を避けるため、送風機は使用しない。

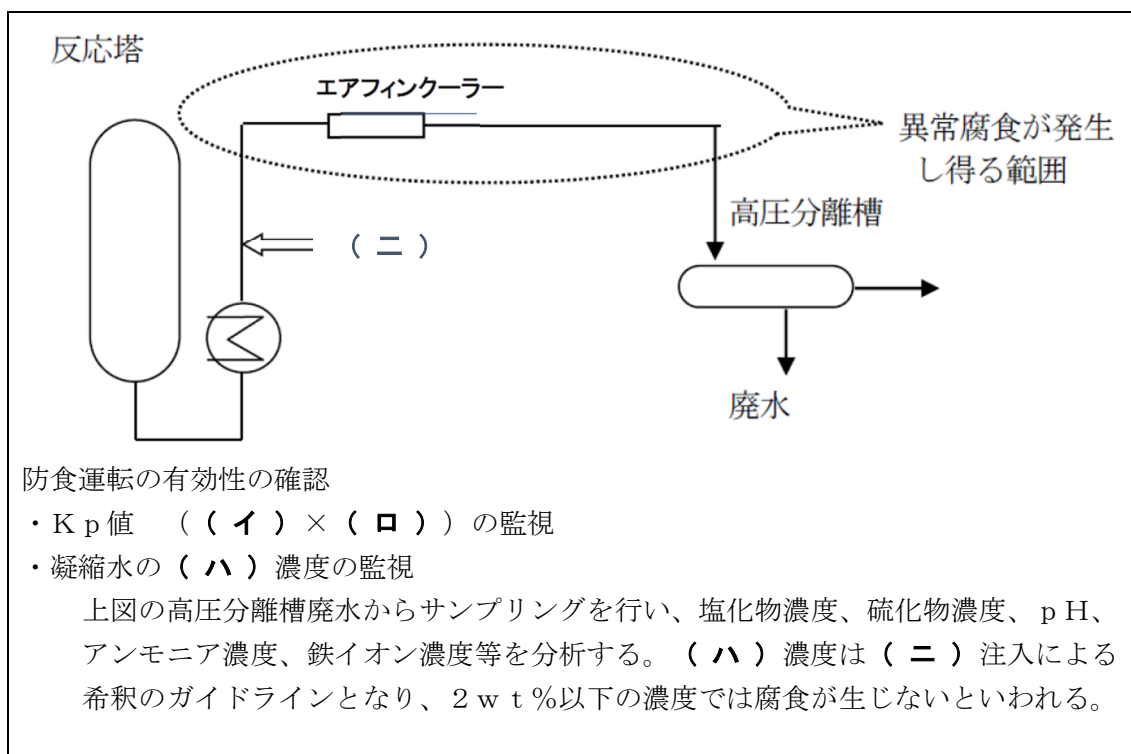
問7	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	A	B	B

【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。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 重質油水素化脱硫・水素化分解装置の反応塔入口加熱炉チューブではクリープ損傷だけでなく、水素脆化にも留意が必要である。
- B 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。
- C クリープ温度領域で使用されている加熱炉チューブの傾向監視の一つとして、定期的なチューブの外径測定がある。
- D 火炎が直接チューブに当たる箇所で、局所的なチューブの変色、高温酸化が発生することがある。

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）～（ニ）に入れる語句として、最も適切なものを A ～ I から
それぞれ選択せよ。なお、 選択肢の重複使用は不可とする。



- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| A m o l % H ₂ S | B m o l % H ₂ O | C m o l % H C l |
| D m o l % N H ₃ | E 水 | F リン酸 |
| G 水硫化アンモニウム | H 硫化水素 | I 中和剤 |

問9	順不同		(ハ)	(ニ)
	(イ)	(ロ)		
解答	A	D	G	E

【問 10】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）～（ト）に当てはまる最も適切な語句を A ～ G より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

＜湿性塩化物腐食＞

湿性塩化物腐食は、原料油中に含まれる塩化物（主に $MgCl_2$ 、 $CaCl_2$ ）の加水分解で塩化水素が発生し、（イ）では塔頂系の（ロ）で顕著な腐食が発生する。また、（ハ）では、触媒の活性を維持するために連続的に塩素を注入しており、微量の塩素が混入する副生ガスを処理する系統で湿性塩化物腐食が生じる。

＜エロージョン＞

エロージョンは、（ニ）または（ホ）の衝突によって材料表面が変形したり、摩耗・減肉したりする現象をいい、（ヘ）や乱流部で発生する。（ニ）衝突によるエロージョンは、（ト）の反応塔、再生塔セクションで、触媒によるエロージョンが発生する。（ホ）の衝突によるエロージョンでは、（ホ）が金属表面に繰り返し衝突することによって、材料表面にへこみや亀裂を発生するなどの損傷で、蒸気配管や蒸気タービンに見られる。

- | | | |
|---------------|------------|----------|
| A 高流速部 | B 初期凝縮部 | C 常圧蒸留装置 |
| D 連続再生式接触改質装置 | E 流動接触分解装置 | F 固体粒子 |
| G 液滴 | | |

問 10	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）	（ホ）	（ヘ）	（ト）
解答	C	B	D	F	G	A	E

【問 1 1】次の文章は、滞留部及びスケール堆積部などの腐食の特徴について述べたものである。文中の（イ）～（ヘ）に当てはまる最も適切な語句を A ～ H より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- ・滞留部と（イ）との境界付近は、特異な流れになりやすく、一様な腐食にならない。
- ・流れの（ロ）配管系では、立ち上がり部や（ハ）近傍の配管下部にスケールが堆積しやすく腐食しやすい。
- ・スチームトレースのある配管では、流体中の腐食性物質が（ニ）することにより、局部的に腐食することがある。
- ・長期間停止する配管では、スチームパージの残水に系内の腐食性物質が（ホ）して腐食することがある。特に滞留水の（ヘ）が腐食しやすい。

- | | | |
|-------|-------|---------|
| A 凝縮 | B 濃縮 | C 溶解 |
| D 流動部 | E 分岐部 | F 気液境界部 |
| G 速い | H 遅い | |

問 1 1	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）	（ホ）	（ヘ）
解答	D	H	E	B	C	F

【問 1 2】 次の文章は、保温のある配管系の外面腐食について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に当てはまる最も適切な語句を A ～ I より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- ・保温配管では、保温材下腐食発生の可能性を評価するため、保温、外装板、（イ）の健全性を点検することが重要である。
- ・目視点検が行き届きにくいラック上配管は、（ロ）による外装板の点検が有効である。
- ・（ハ）のために取り付けている保温材は、雨水が滞留しやすく外面腐食を生じやすいため、保温材から金網に変更することが望ましい。

- | | | |
|-------------|----------|---------|
| A 外装板継目のシール | B 配管内面 | C サポート |
| D ポールカメラ | E 赤外線カメラ | F 放射線撮影 |
| G 凝固防止 | H 火傷防止 | I 凍結防止 |

問 1 2	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	A	D	H

【問 13】 次の文章は、保温のない配管系の外部腐食について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）に当てはまる最も適切な語句を A ～ F より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

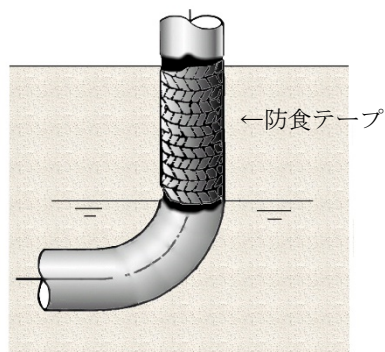
＜埋設配管立ち上がり部＞

（イ）及び（ロ）が腐食しやすい。特に防食テープが地中部分にしか巻いてないものは注意を払う必要がある。また、地中部分では（ハ）も腐食を受けやすい。

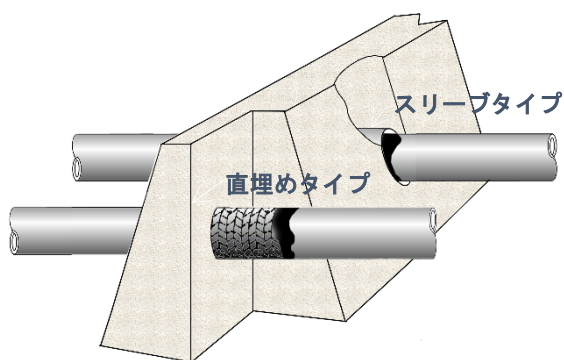
＜防油堤貫通部＞

直埋めタイプの場合は、（ロ）が腐食を受けやすい。スリーブタイプの場合は、（ニ）が劣化すると雨水が浸入して腐食を起こす。

＜埋設配管立ち上がり部＞



＜防油堤貫通部＞



A 地上

B 地表面付近

C 地下水位レベル付近

D 防油堤

E 防食テープ端部

F シール材

問 13	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	E	C	F

【問 14】次の表は、保温下外面腐食のスクリーニング検査の手法を分類したものである。
 表中の（イ）～（ニ）に当てはまる最も適切な語句を A ～ F より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

方式 \ 目的	（イ）技術	水分測定技術
（ロ）	・パルス渦流磁気検査法	
（ハ）	・リアルタイム（ハ）検査法 ・デジタル（ハ）検査法 ・フィルム式（ハ）検査法	・中性子水分計
（ニ）		・赤外線サーモグラフィ

A 超音波	B 放射線	C 電磁気
D 非破壊検査	E 表面温度	F 流体温度

問 14	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	D	C	B	E

【問 15】次の文章は、配管の劣化損傷について述べたものである。文中の（イ）～（ホ）に当てはまる最も適切な語句を A ～ J より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- ・塩化物応力腐食割れは、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（イ）ステンレス鋼配管で発生する恐れがある。
- ・オーステナイト系ステンレス鋼では、使用または溶接過程で金属組織が（ロ）する場合があるので、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中和洗浄を実施する。
- ・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温度で、炭素鋼の（ハ）が存在する箇所に発生する。炭素鋼配管の溶接部で（ニ）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。
- ・アミン応力腐食割れは、石油精製装置で使用されるアミン類（MEA、DEA、MDEA、DIPAなど）の環境下で、炭素鋼の（ハ）が存在する箇所に発生する。アミン応力腐食割れの発生は、アミン溶液の種類、溶液負荷、（ホ）、（ニ）の有無などによって異なる。

A フェライト系	B オーステナイト系	C 鋭敏化
D 窒化	E 引張応力	F 圧縮応力
G 圧力	H 温度	I 応力除去焼鈍
J 保温		

問 15	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）	（ホ）
解答	B	C	E	I	H

【問 16】次の文章は、配管の腐食、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。表中の（イ）～（ニ）に当てはまる最も適切な語句を A ～ H より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

目的	配慮事項
（イ）	アルカリ溶液を含む配管で、装置停止時にスチームパージを行うことが想定されるため、溶接後熱処理を行った。
（ロ）	流体に水硫化アンモニウムが含まれるため、空冷式熱交換器の入口／出口の配管をトーナメント構造とした。
（ハ）	脱硫装置リアクター系のクエンチ水素合流部に、インナーノズルを採用した。
（ニ）	冬季に使用停止する配管で、遊離水の滞留が懸念されるため、遊離水を抜く設備を付けた。

A 外面腐食対策	B 内面腐食対策	C 応力腐食割れ対策
D 振動疲労対策	E 熱疲労対策	F 液封対策
G 凍結対策	H 液撃対策	

問 16	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	C	B	E	G

【問 17】次の文章は、工事作業上の配慮事項例について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）に当てはまる最も適切な語句を A ～ H より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- ・配管架台接触部の点検で、サポート部分に錆こぶがあったため、配管を吊り上げる前に、（イ）で肉厚を確認した。
- ・配管の外表面腐食点検で、外表面に著しい錆こぶがあったため、ケレンする前に（ロ）による環境設定を行った。
- ・埋設配管の点検で、周辺配管を傷つけないよう、掘削する前に（ハ）を行った。
- ・外表面腐食検査後、腐食部に防食テープを施工するため、ケレンを行い、配管外表面に（ニ）がないことを確認した。

- | | | |
|----------|---------|---------|
| A 赤外線カメラ | B 放射線撮影 | C 耐圧テスト |
| D 液抜き | E 埋設物調査 | F ピグ検査 |
| G 溶接線 | H 錆 | |

問 17	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	D	E	H

【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。

＜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こされるため、溶存酸素の除去は腐食防止に有効である。

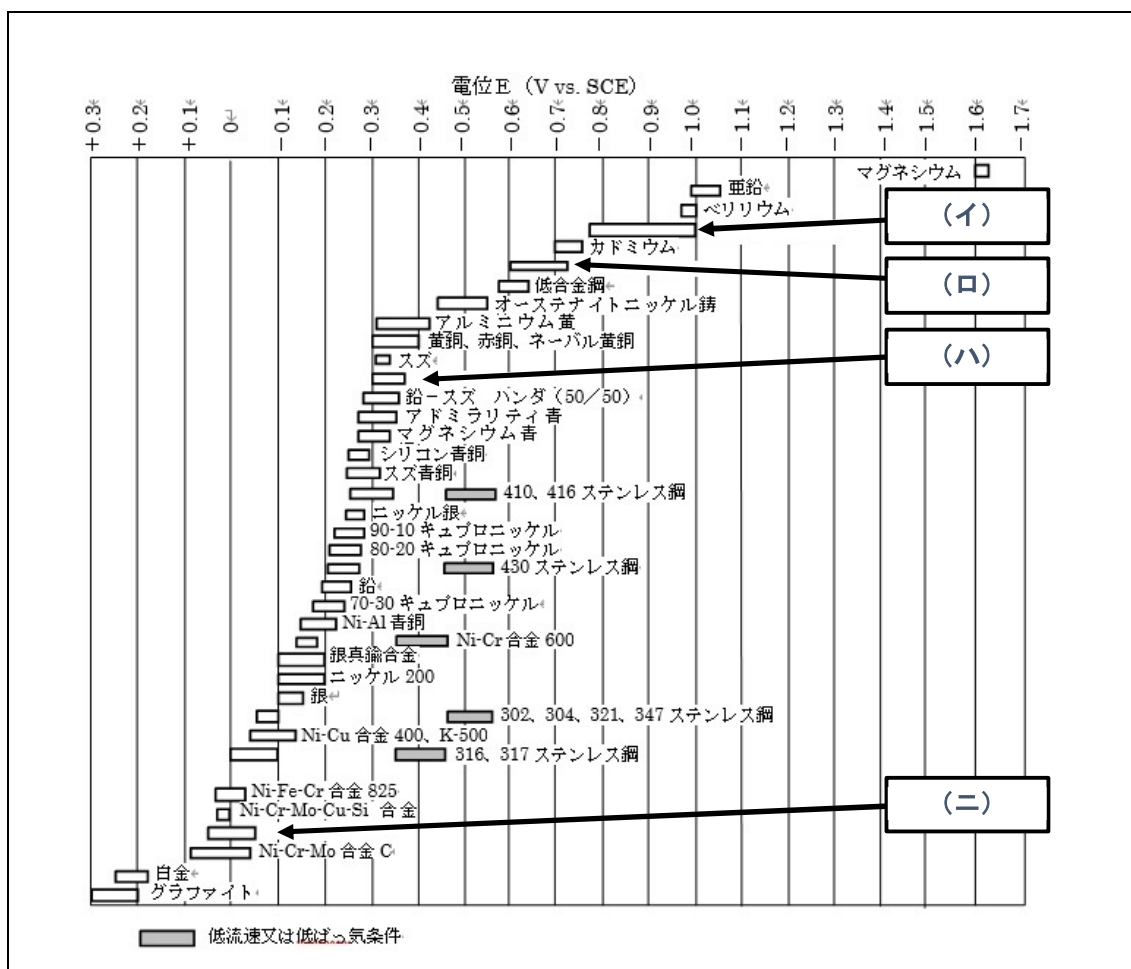
溶存酸素の除去には、（イ： **A 温度**、**B 圧力**）の上昇又は（ロ： **A 温度**、**B 圧力**）の降下による物理的方法、ヒドラジン又は（ハ： **A 次亜塩素酸ナトリウム**、**B 亜硫酸ナトリウム**）などの薬品を用いて溶存酸素を除去する化学的方法などがある。

＜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調整を目的とした苛性ソーダ、アンモニア、アミン類などの中和剤が用いられる。このうちの（ニ： **A 苛性ソーダ**、**B アミン類**）は不揮発性で強アルカリ性なため、常圧蒸留装置のフィード系及び一部の水系（デソルター排水、ファウルウォーター）を除き、プロセス中に投入されることはない。

問 18	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	B	A

【問 19】下図に、海水中における金属・合金の腐食電位列を示す。図の（イ）～（ニ）に入れるべき最も適切な金属を下記の A ～ D よりそれぞれ選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。



A チタン

B アルミ合金

C 銅

D 炭素鋼・铸铁

問 19	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	D	C	A

【問20】次の文章は、原油を処理する常圧蒸留装置における蒸留塔の塔頂系の露点温度の管理方法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、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

- （1）常圧蒸留装置における蒸留塔系の露点温度を次の①～④の手順で算出する。
- ① （イ： A 原料油の持ち込み水量、 B ストリッピングスチーム流量及び原油の持ち込み水量） から水のモル数を求める。
 - ② 主蒸留塔の塔頂抜き出しナフサ流量からナフサのモル数を求める。
 - ③ 水のモル数とナフサのモル数から主蒸留塔の塔頂運転圧力での水の分圧を求める。
 - ④ 蒸気表から水の分圧値における水の沸点温度を求める。
- （2）算出した露点温度より
（ロ： A 10～20℃高い値、 B 10～20℃低い値） を塔頂の温度管理値とする。
- （3）蒸留塔の塔頂温度が管理値を下回った場合は、塔頂リフラックスの温度アップ、ストリッピングスチームの （ハ： A 増量、 B 減量） などを実施する。

問20	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	B	A	B

【問 2 1】 次の各文章は、防食技術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) 流動接触分解装置（FCC）の主蒸留塔系では、分解工程で発生した硫化水素、アンモニア、（イ： **A** 塩素、 **B** シアン）化合物が水の存在下で腐食を引き起す。特にこのうちの（イ）は、鋼表面の硫化鉄保護皮膜を溶解除去する性質を持ち、腐食が加速される。
- (2) 水素製造装置の熱炭酸カリ水溶液を使用している脱炭酸系の炭素鋼部分の炭酸腐食を防止するためには、（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。
- (3) アルキレーション装置の濃硫酸タンク内に、屋根のブリーザーバルブから湿気（水分）を含んだ空気が侵入してタンク内の一部で硫酸濃度が低下し、炭素鋼製の（ハ： **A** 底板、 **B** 側板）に減肉が発生した事例があり、注意が必要である。
- (4) 硫黄回収装置のサルファコンデンサ（ボイラ水による冷却器）は、プロセス流体の（ニ： **A** 入口側、 **B** 出口側）の管板際のチューブ外面が、ボイラ水の沸騰によって発生した気泡の衝突により顕著なエロージョン減肉を受けることがあり、注意が必要である。

問 2 1	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	A	B	A

【問22】次の A ～ D 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。下線部が正しいものは ○、誤っているものは × を、それぞれ解答欄に記入せよ。

- A 熱交換器の黄銅製チューブは、海水に鉄イオン又は電解鉄を注入して腐食防止を図る。この方法では、初期に黄銅製チューブ表面に良好なオキシ水酸化鉄皮膜を形成する必要があり、初期の皮膜形成では海水中の鉄イオン濃度を高める必要がある。
- B 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、熱交換器のチャンネル部に犠牲陽極を取り付ける方法があるが、犠牲陽極としては、管の材質よりも貴な金属を選定する。
- C 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効果は同じである。
- D 生物皮膜の厚さと流速の関係を見ると、流速が高いほど生物皮膜は薄くなるが、流速を増加させるとエロージョンコロージョンが発生するため、銅合金管では流速増加による生物皮膜対策を採用することはできない。

問22	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

【問23】次の文章は、水素侵食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) 水素侵食が発生した場合、鋼材中に（イ： **A** 浸炭、 **B** 脱炭）、ミクロボイド、ミクロフィッシュが発生し、割れや材質劣化に至る。
- (2) ネルソン線図は、材料ごとに水素侵食が発生する条件を、温度と（ロ： **A** 時間、 **B** 水素分圧）の関係で線図として表したものである。
- (3) （ハ： **A** 炭素鋼、 **B** C-0.5Mn鋼）については、1990年の第4版で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推奨されている。
- (4) 2016年には溶接後熱処理なしの（ニ： **A** 炭素鋼、 **B** C-0.5Mn鋼）の管理曲線がネルソン線図に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23	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	B	B	A

【問24】次の A ～ D は、硫化物応力割れ（SSC）に関して述べたものである。下線部が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A NACE MR0103 [石油精製環境における硫化物応力割れの材質基準] によると、炭素鋼の溶接金属でSSCを防止するための限界硬度は310HVである。
- B SSCは炭素鋼、低合金鋼、高張力鋼及びフェライト系ステンレス鋼に発生しやすく、二相ステンレス鋼では発生しない。
- C 炭素鋼においてSSCの感受性を事前に把握するためには、使用材料の炭素当量や溶接施工方法の確認が有効である。
- D 炭素鋼のSSCの防止対策として、溶接部の溶接後熱処理が有効である。

問24	A	B	C	D
解答	×	×	○	○

【問25】次の A ～ D は、ポリチオン酸応力腐食割れ（SCC）の対策について述べたものである。文中の下線部が不適切なものを2つ選択せよ。

- A NACE SP0170** [精製設備におけるオーステナイト鋼のポリチオン酸SCC対策]によれば、304及び316ステンレス鋼の場合は370℃以上で長期間運転する設備がポリチオン酸SCCの検討対象となる。
- B** ポリチオン酸SCCが懸念される設備で耐圧部材にステンレス鋼を使用する場合、安定化元素（Ti、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。
- C** 安定化鋼種であっても、より高温で長時間使用する際には、ポリチオン酸SCC対策を検討する必要がある。この対策として固溶化熱処理が有効であり、通常、母材は製作時に溶接時は溶接後に行われる。
- D** 装置停止中の機器の保管又は開放時には、中和洗浄や希釈水洗浄などもポリチオン酸SCCの発生防止に有効である。

問25	順不同	
解答	C	D

【問26】次の A ～ D の文章は、アルカリ応力腐食割れ（SCC）について述べたものである。文章が不適切なものを2つ選択せよ。

- A 20℃でNaOH濃度20wt%のアルカリ溶液環境では、炭素鋼はアルカリSCCを発生しない。
- B アルカリSCCは炭素鋼で発生するが、オーステナイト系ステンレス鋼では発生しない。
- C 通常の運転においてアルカリSCCの発生しない安全領域であっても、停止時のスチームパージに起因してアルカリSCCが発生する可能性がある。対策としてスチームパージ前の系内の水洗浄が有効である。
- D 上流装置からNaOHを含む水分がエントレインしてアルカリSCCが発生した事例があるため、対策として系内の中和洗浄が有効である。

問26	(順不同)	
解答	B	D

【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には ○、誤りのあるものには × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 超音波垂直・斜角探傷法は、超音波パルスを試験体に入射させ、試験体のきずからの反射信号を受信し、反射源の位置及び大きさを知る方法である。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。
- B 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、2方向からの撮影や他の手法により肉厚を確認する必要がある。
- C 浸透探傷法は金属、非金属に関わらずほとんどの材料に適用でき、きずの深さが確認できる方法である。
- D 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±1.0～±1.5%前後である。

問27	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

【問28】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 ○、誤りのあるものは × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A チタン水素脆化の兆候、進展度の検査（チタン水素化物の検出）方法として、金属組織観察や渦流探傷法が適用される。
- B 水素誘起割れ（H I C）の形態の一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（S O H I C）の検査方法として、超音波斜角探傷法もしくはT O F D法が適用できる。
- C 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、超音波透過法が有効である。
- D 水素脆化によるオーステナイト系ステンレスオーバーレイ溶接部の剥離は内面からの超音波垂直探傷法が有効であり、外面からの探傷では検出できない。

問28	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

【問29】次の（１）～（４）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）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、選択肢の重複使用は不可とする。

- （１）鋭敏化の検査として、鋭敏化した材料中の再活性化電流値を基に鋭敏化度を評価する（イ）が適用できる。
- （２）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（ロ）による検査方法が適用されている。
- （３）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℃脆化の脆化度の検査方法としては、（ハ）がある。
- （４）シグマ脆化の検査としてシグマ相の析出状況を確認するためには、（ニ）が適用できる。

A 硬さ測定法	B EPR試験	C 電磁誘導法
D 放射線撮影法	E 金属組織観察	F 超音波水浸法

問29	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	C	A	E

【問30】次の A ～ D の文章は特殊検査技術の注意事項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 磁気飽和渦流探傷法（SLOFEC）は長大配管の全長検査やタンク底板等の広範囲の検査に用いることができるが、フランジ、分岐管などの障害物に未検査部分が残ることに注意する。
- 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一つであり、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 電位差分布測定法は防油堤貫通部の減肉状況や亀裂深さを推定することができ、内外面の腐食の判別も可能である。
- D 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の活用が可能であるが、爆発性雰囲気生成するエリアや火気の使用制限があるエリアでは非防爆型のドローンを使用できないことに注意する。

問30	A	B	C	D
解答	○	○	×	○

【問31】 次の A ～ D は、供用中設備の耐压・気密試験時の安全上の留意事項について述べたものである。文章中の下線部が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A 試験に先立ち仕切板（又はブラインドフランジ）挿入の有無、挿入位置など、加圧される範囲がテストフロー図で計画された通りであることを確認した。
- B 試験に先立ち、縄張り、立て看板などの必要な安全措置を講じた。また緊急の場合の避難に支障がないよう、試験場所及びその付近を整理・整頓した。
- C 加圧範囲内に逆止弁がある配管の気密試験であったので、試験範囲が確実に昇圧されるよう逆止弁の上流側のブリーダー（ドレン抜き弁）にホースを接続して昇圧し、試験後は同じブリーダーから脱圧した。
- D 液体による耐压試験が困難な配管系に対し気体により耐压試験を実施した。試験媒体は規格で「安全な気体」と定義された窒素を使用し、安全な気体であるため脱圧時は地上から操作可能な手近のブリーダーから放出し、特別な対策は講じなかった。

問31	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

【問32】 次の（１）～（４）は、供用中設備の液体による耐圧試験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）試験に使用する圧力計は、１年以内に校正済みのもので、J I S B 7 5 0 5
〔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もち、目盛盤の径は 1 0 0 mm 以上、圧力計の最大指度は、試験圧力の
（イ： **A** 1.5 ～ 3 倍、 **B** 3 ～ 5 倍） のものとする。
- （２）圧力容器に関しては、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、耐圧試験圧力まで昇圧して圧力を保持し、圧力の降下がないことを確認した後、
（ロ： **A** 大気圧、 **B** 常用圧力） まで降圧し、異常の有無を調べる。
ただし、耐圧試験後に気密試験を引き続き実施する場合は気密試験圧力まで降圧した状態で、異常の有無を調べることができる。
- （３）配管に関しては、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、耐圧試験圧力まで昇圧して圧力を保持し、圧力の降下がないことを確認した後、
（ハ： **A** 大気圧、 **B** 常用圧力） まで下げ、この圧力において異常の有無を調べる。
- （４）耐圧試験の圧力の保持時間は （ニ： **A** 5 分間、 **B** 1 0 分間） 以上を標準とする。

問 3 2	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	B	B

【問33】 次の A ～ D は、供用中設備の気体による耐圧試験について述べたものである。文章が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A** 試験媒体を気体として行う耐圧試験を気圧試験と呼ぶ。
- B** 耐圧試験の試験媒体は、原則として水などの安全な液体を使用するが、工程上有利な場合は、空気、窒素などの安全な気体を使用してもよい。
- C** 試験に先立ち、加圧範囲のうち耐圧性能を有することが明らかでない範囲がある場合には、その範囲の肉厚を測定する。
- D** 配管に対して行う気体による耐圧試験にあつては、試験圧力の 1/2 又は 170 kPa のいずれか小さい方に達するまで徐々に昇圧し、予備チェック後、配管のひずみが均等になるよう段階的に十分な時間を保持しながら徐々に試験圧力まで昇圧する。

問 3 3	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

【問34】 次の A ～ D は、供用中のフランジの開放／締結について述べたものである。下線部が正しいものには ○ 、誤っているものには × を解答せよ。

- A** ドラム内部整備のためマンホールフランジを開放した。通常の工具と手順で問題なく開放できたため、ボルト・ナットに対する特別な整備は行わず、マンホール近傍のステージ上に整理して置き、雨養生としてシートでカバーした。
- B** ドラム内部整備のためマンホールフランジを開放した。このフランジではうず巻形ガスケットが使用されていたが、それまでの運転で漏洩などの不具合を生じない良好な実績があったので、マンホール閉止時、このガスケットを再使用して復旧した。
- C** 熱交換器の適切なフランジ締結力を確認した。
 J I S B 8 2 6 5 に規定の手法でフランジを構成する各部材に生じる応力を計算し、以下の(1)～(3)のすべてを満足する最も大きい締付力を最大締付力とした。
 (1) ガスケット・・・J P I - 8 R - 1 5 に示された許容締付圧力以下
 (2) ボルト・・・規格に規定された許容引張応力以下
 (3) フランジ・・・規格の最小降伏点または 0.2 % 耐力の 9 0 % 以下
- D** 熱交換器のフランジ締結後にウェザーシールを復旧した。この熱交換器のウェザーシールは元々、円周方向に全周囲む構造だったが、これだと運転中の不具合を覚知しにくいと考え、点検しやすく風雨を効果的に防げるよう、円周方向上半分だけ囲む構造（下半分はウェザーシールなし）に変更して復旧した。

問 3 4	A	B	C	D
解答	×	×	×	×

【問35】 次の A ～ D は、ガスケットの選定について述べたものである。文章が正しいものには ○、誤っているものには × を解答せよ。

- A** リングジョイントガスケットを使用する場合、フランジ接合面になじみやすいよう、ガスケットの方がフランジ面より硬度が高くなるようにガスケット手配時指示する。
- B** フィラーに膨張黒鉛を使用しているうず巻形ガスケットは使用温度に注意する。膨張黒鉛は高温下では酸化減量するため、膨張黒鉛の内・外周への非石綿材又はマイカ材の取付け、酸化抑制剤の添加等を検討する。
- C** 平面座に使用するうず巻形ガスケットは外輪付内輪なしのものを選定する。
- D** 建設当時、石綿ジョイントシートガスケットが使用されていたフランジのガスケットを非石綿ガスケットに交換する際は、流体・運転条件を考慮した適切な仕様のガスケットを採用する。

問35	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問36】次の（１）～（３）は、供用段階にあるフランジ面の確認について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句 **A**、**B** のうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

- （１）ガスケットの当り面に、有害な傷あるいは異物等がないことを確認する。ガスケット当り面を現場で修正する場合は、ガスケットがうず巻形ガスケットの場合は中目のやすり仕上げ、リングジョイントガスケットの場合は、
（イ： **A** 粗目のやすり仕上げ、 **B** 細かいサンドペーパー及びコンパウンド磨き仕上げ）に手仕上げで修正する。
- （２）ガスケットの当り面に、有害なうねりや傾き等がないことを確認する。配管フランジに関しては、フランジ締付け前の時点で設計面からの傾き
（ロ： **A** 1/25以内、 **B** 1/250以内）（ただしフランジ外径端部で最大3mm）を参考に補修加工要否を判断する。
- （３）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、軸方向に1.5mm、回転方向に3.0mmとする。フランジ間の隙間の許容値は、適切な力でフランジを引き寄せた状態で、ガスケット厚さの
（ハ： **A** 2倍、 **B** 5倍）とする。

問36	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	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 のうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

- （1）フランジボルト本数が（イ： A 8本以下、 B 12本以上）の仮締付け及び本締付の順序は、対角方向に交互に行うことを基本とする。フランジボルト本数が（ロ： A 8本以下、 B 12本以上）については、仮締付けの方法、及び本締付けについて同一方向のみの周回方法が提案されているので参考とされたい。
- （2） ガスケット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 ボルトのリラクゼーション）を計測しながら締付を行うこととする。隣接配管などと接近していて作業性が悪い場合には締付力が不均一になりやすいため特に注意を要する。
- （3） ボルト締付け後の最終確認として（ニ： A 目視、 B テストハンマー）で緩みがないことを確認する。

問37	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	A	B

【問38】 次の A ～ D は、溶接仕上げについて述べたものである。内容が正しいものには ○ 、誤っているものには × を解答せよ。

- A アークの始点及び終点は、ブローホール、割れなどの溶接欠陥が発生しやすい。
- B 応力腐食割れ環境で使用される場合においては、溶接ビードをグラインダーでスムーズに仕上げるのが応力腐食割れ対策として有効である。
- C 溶接部及びその付近には割れ、アークストライクの跡、有害と認められるアンダーカット、オーバーラップ、ピット、治具跡などの欠陥がないことを確認する。
- D すみ肉溶接においては、脚長、形状が設計通りであることを確認する。

問38	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

【問39】次の A ～ C 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。
下線部に不適切な内容を含む文章を1つ選択せよ。

- A 遅れ割れは、炭素当量Ceq（又は割れ感受性組成PCM）が高く、継手の拘束度（又は板厚）及び溶接時の冷却速度が大きく、水素量が多い場合に起こりやすい。
- B 炭素鋼溶接時、厚肉や大きな構造物の溶接を実施する場合（特にすみ肉溶接）、又はショートビードで溶接補修を実施する場合は、溶接部の冷却速度が非常に大きくなり硬度上昇しやすい。
- C オーステナイト系ステンレス鋼の溶接においては、高温割れ防止のため溶接金属に1～3%のデルタフェライトを含有させる。

問39	C
解答	

【問40】次の A ～ D は、J P I - 8 R - 1 7 における最低加圧温度の設定方法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 最低加圧温度とは、機器スタートアップ時に加圧によって脆性破壊を発生させないために必要な最低の温度である。
- B 高温高压下で使用される低合金鋼製の圧力容器は、焼戻し脆化により靱性の遷移温度が上昇するため、常温付近では脆性破壊への配慮が必要である。
- C 脆性破壊の発生条件は一次一般膜応力が55MPaを超える圧力とされており、この圧力を超えて加圧する場合には機器を最低加圧温度以上に加温する必要がある。
- D J P I - 8 R - 1 7 は、経年脆化した低合金鋼製の圧力設備の最低加圧温度の設定法として、破壊力学的解析法のほか、J I S B 8 2 6 6 [圧力容器の構造-特定規格]による最低設計金属温度の設定法、及び簡便導出法を挙げている。

問40	D
解答	

【問41】次の各文章は、焼戻し脆化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）焼戻し脆化は、低合金鋼を
（イ： A 約360～575℃、B 約550～750℃）の温度域に長時間保持した場合、脆性破壊を生じやすくなる現象である。
- （2）焼戻し脆化は、低合金鋼の中では
（ロ： A 1Cr-0.5Mo鋼及び1.25Cr-0.5Mo鋼、
B 2.25Cr-1Mo鋼および3Cr-1Mo鋼）の脆化感受性が最も高い。
- （3）焼戻し脆化は微量不純物の影響を受け、
（ハ： A J-factor、B Larson Miller パラメータ）による長時間運転後のFATTの予測方法が提案されている。
- （4）焼戻し脆化量の試験評価方法として、（ニ： A ステップクーリング試験、
B 新材のシャルピー衝撃試験）により、最大脆化量を推定することが可能である。

問41	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	A	A

【問42】 次の A ～ D は最低加圧温度の導出方法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 破壊力学的解析法による最低加圧温度の検討では、材料の破壊靱性値 K_{IC} が、想定される応力拡大係数 K_I よりも大きく、かつ十分な安全率をもつような温度を検討する。
- B 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。
- C 応力拡大係数 K_I は欠陥の寸法、応力、欠陥部位などに依存し、き裂（二次元き裂）寸法 a の2乗に比例する。
- D 破面遷移温度FAT Tによる導出法では、最低加圧温度を K_{IC} の上部棚温度以上とし、長時間運転後のFAT Tをもとに最低加圧温度を設定することができる。

問42	C
解答	