

社団法人石油学会
2007 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	(会場記入)	配管			
受験者氏名					
生年月日	1.大正 年(西暦 年) 月 日生 2.昭和				
就業業種	(番号記入)				

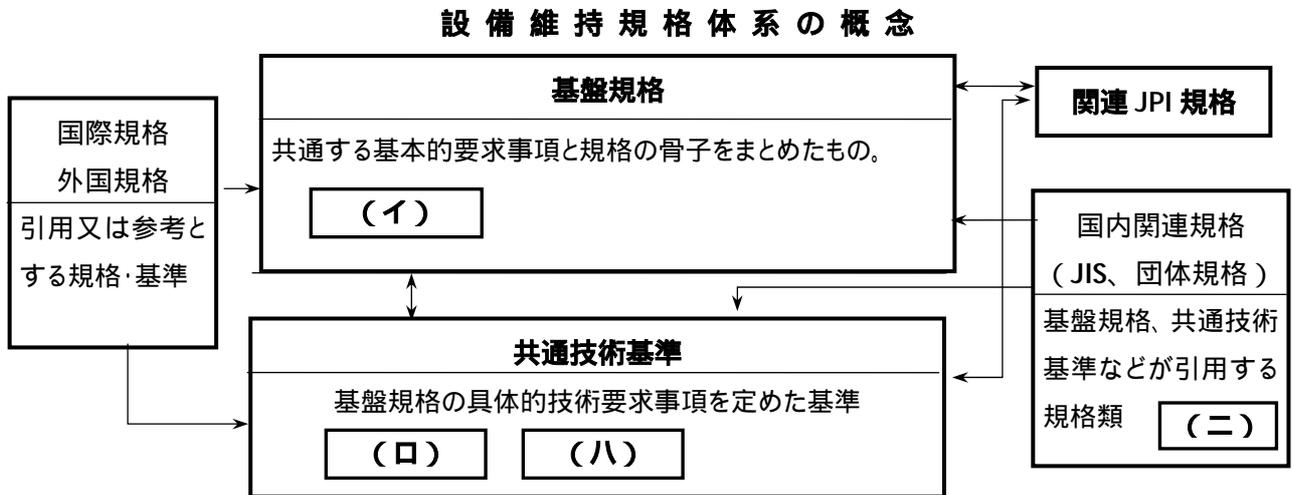
【問 1】 次のイ～ニの文章は石油学会設備維持規格作成の背景に関する内容である。正しい記述の組み合わせを下記の A～Eの中から選択せよ。

- イ 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、初めて自主保安の精神が盛り込まれた。
- ロ 自主保安の意味するところは、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。
- ハ 認定保安検査実施者が制度化され、運転中及び停止時の保安検査を事業者自ら実施可能となったが、高圧ガス施設の連続運転期間は従来通り1年間であり、2年を超える連続運転はできない。
- ニ 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回の保安検査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。

A イ・ロ、 B イ・ニ、 C イ・ハ、 D ハ・ニ、 E ロ・ハ

問1	
解答	A

【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)~(D) は(イ)~(二)のどの規格体系に分類されるか選択せよ。ただし、(口)(八)は順不同とする。



(A)

- ・ 耐圧気密試験
- ・ フランジ・ボルト締付管理
- ・ 溶接補修
- ・ ホットスタート

(B)

- ・ 供用適性評価ハンドブック
- ・ 圧力機器の亀裂状欠陥評価方法
- ・ 発電用原子力設備規格(維持規格)

(C)

- ・ 防食管理
- ・ 劣化損傷の評価と対応
- ・ 検査技術

(D)

- ・ 配管維持規格
- ・ 設備維持規格
- ・ 回転機維持規格
- ・ 電気設備維持規格
- ・ 計装設備維持規格

		順不同		
問2	イ	口	八	二
解答	D	A	C	B

【問3】 石油学会設備維持規格では、「常用圧力」を「通常の使用状態において、当該設備などに作用する圧力（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）」と定義しているが、各法規における「常用圧力」に相当する圧力名称を下記のA～Dより選択せよ。

法規名	圧力名称
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	最高使用圧力
ガス事業法	最高使用圧力

A 常用の圧力 B 常用圧力 C 最大常用圧力 D 最高使用圧力

問3	イ	ロ	ハ
解答	A	D	C

【問4】 次の文章は、設備維持規格で定義されている用語の内容であるが、それぞれの説明文中の(イ)～(へ)に該当する用語を下記のA～K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、外部付属物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行う検査をいう。
- (ハ) 計画的かつ定期的に行われる検査以外の非定期的に行われる検査をいう。
- (ニ) 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。
- (ホ) 腐食、損耗などによる減肉が予想される場合、計算厚さに付加される厚さをいう。
- (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、余寿命に乗ずる係数をいう。

A 定期検査、 B 臨時検査、 C 腐れ代、 D 日常検査
 E 目視検査、 F 内部検査、 G 防食管理、 H 腐食・劣化損傷
 I 重要度係数、 J 検査周期決定のための安全係数 K 外部検査

問4	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
解答	K	A	B	H	C	J

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

分類	項目名	事例内容
設備外面の防食	外部取付部品、表面被覆の処理	<ul style="list-style-type: none"> ・リフティングラグは、据付後（イ）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 200 以下の場合には、（ロ）を行う。150 超 200 以下の機器の突起物（取付金具、マンホール、ノズルなど）及び突起物まわりの本体 200mm の範囲には防食塗装を行う。 ・補強リングを設ける場合、（ハ）により雨水の滞留防止を考慮した構造とする。また、保温機器の場合には保温より突出させない。
衝撃緩和 侵食防止	塔槽類 熱交換器	<ul style="list-style-type: none"> ・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、保護板をつける。例えば、熱交換器のインピンジメントバッフルプレートなど。保護板に代えて（ニ）を採用する場合は、形状検討が重要となる。

A ドレンホール	B 錆止め塗装	C 外部環境の影響防止
D 溶接後熱処理	E 撤去	F 保護板
G インナーノズル	H 雨よけ	

問5	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	B	A	G

【問 6】 次の文章は、塔槽の内部検査、外部検査について述べたものであるが、誤っている記述を A ~ E より 2 つ選択せよ。

- A 清掃前検査では、清掃及び検査前処理の要否と仕様を決定するためのデータを採取するため、堆積(付着)物の種類、量及び詳細肉厚分布などを確認する。
- B 堆積(付着)物の種類が例年とは異なると判断されたときには、清掃前に堆積(付着)物のサンプルの採取を検討する。
- C 塔槽の内部検査において、外面に突起物がある部位ではフィン効果により内部で凝縮が起る可能性があるため、腐食が生じていないか慎重に観察すべきである。
- D スカート部の耐火被覆施工部では、本体より熱伝導を受け、高温であるため、吸湿による腐食は少ない。
- E スカートと本体との溶接部近傍では、本体より熱伝導を受け、温度が上昇する。このため疲労、クリープ損傷、水素侵食等を受ける環境にある。

問 6	順不同	
解答	A	D

【問 7】 次の文章は石油精製事業所において使用されるボイラの内部検査、外部検査について述べたものであるが、誤っている記述を A ~ E より 2 つ選択せよ。

- A 蒸気及び水ドラムの検査において、気水が分離する箇所では、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。
- B 蒸気及び水ドラムの検査において、流入するノズル正面の胴及び鏡板では、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 炉内の清掃前検査では、チューブ外面（壁管の場合は炉内側の面）の目視を実施し、腐食の進行が著しい箇所では付着物のサンプル採取、溶融塩分析を実施する。
- D 炉内より行うチューブ検査において、スーツブロワー噴流近接部ではエロージョン、摩耗が発生しやすく、慎重に目視検査すべきである。
- E 過熱器チューブUバンド部では管内面のエロージョン、摩耗が発生し易い。

問 7	順不同	
解答	A	E

【問 8】 次の(イ)～(ニ)は、環境遮断材による補修方法であるが、それぞれの補修方法の特徴や施工上の注意点について説明した下記のA～Dの中から最も適切なものをそれぞれに1つ選択せよ。

- (イ) 耐火、断熱、耐摩耗キャストダブル材による補修
- (ロ) 金属クラッド、オーバーレイ、ストリップライニング
- (ハ) 耐食金属及びセラミックス等による溶射被覆
- (ニ) 有機材料コーティング、ライニング

	特徴や施工上の注意点についての説明
A	金属被覆材の種類、被覆の方法、母材の損傷の有無により補修方法は異なる。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、少なくとも24時間放置後に検査を行うことが望ましい。
B	劣化損傷状況を確認し、補修材料選定、施工仕様などを含めて補修要領を作成する。トップコート(封孔材)は劣化損傷部分とその近接する範囲まで対象に施工する。
C	ピンホール、割れ、剥離などの損傷形態により、施工仕様、素地調整の不良箇所の有無などについても確認する。
D	アンカー、ヘクススチールなどの保持金具についても、再使用が不可と判断された場合、必要な補修を行う。

問8	イ	ロ	ハ	ニ
解答	D	A	B	C

【問 9】 次の(イ)～(ハ)の文章は、石油精製事業所における保全工事作業上の配慮事項について述べたものであるが、有効な防止対策として適切でないものをそれぞれA～Cの中から1つ選択せよ。

設問	工事作業上予測される設備の損傷例	有効な防止対策
(イ)	蒸留塔の内部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、機器開放工事の際にメタルファイヤーを生じた事例がある。	A 十分な空気置換 B 開放直後の内部散水 C 開放しない場合は窒素シールで保存する
(ロ)	蒸留塔外面の溶接工事で、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。溶接火花による火災に注意が必要である。	A 不燃性シートを用いた火の粉養生 B 作業前に油の染み込んだ保温材を入念に撤去する C 火気作業は極力短時間で終了させる
(ハ)	開放清掃に伴い装置内から排出したスラッジなどのスケール、及びこれらを含むウエスなどの廃棄物は、一時的に現場付近の廃棄物置場に仮置されることがあるが、スケール中に硫化鉄が含まれていると、仮置中に発熱し、ウエスや養生シートなどが燻り、火災となる恐れもある。	A 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 B 工事箇所周辺のガス検知確認を入念に行う C ウエスなどの燃えやすいものを付近に置かない

問9	イ	ロ	ハ
解答	A	C	B

【問 10】 次の文章は配管の検査箇所の選定について述べたものであるが、A～Eの下線部の内容で誤っているものを2つ選択せよ。

- (1) **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ペーパー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、配管系が腐食されることがある。(A)特に初期の凝縮液は、腐食性物質が希釈されるので腐食が激しくなる。 (B)初期凝縮の起る位置は運転条件、局部的冷却（フィン効果による）の有無などにも影響される。
- (2) **蒸発する箇所** ホットバイパスが混入する箇所、減圧箇所、本管の流れが停滞している場合のジャケット配管、(C)トレース付き配管などで配管系内の液体が蒸発することがある。 このとき(D)気相中に腐食性物質が濃縮され、配管が腐食される。 スチームトレースとの接触部は配管内部での液体の激しい蒸発によって、配管内面に形成されていた硫化鉄皮膜が破壊され、エロージョンが発生した事例があるので注意が必要である。またスチームコンデンサートの部分フラッシュにより(E)調節弁上流では、エロージョンが発生することがある。

問 10	順不同	
解答	A	E

【問 11】 次の文章は流れが絞られるなど、流れが急変する配管の検査箇所の選定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。

オリフィスの挿入箇所、管径や流路が急変する箇所では、流れの状態が変化する。オリフィスの例では、オリフィス口での流速の(イ)、オリフィス下流における(ロ)の発生が挙げられ、(ハ)回復点近傍までの箇所にエロージョンコロージョンの発生事例が多い。空気抜き等のためオリフィス上部に(ニ)が設けられている場合は下流部にエロージョンコロージョンが発生する可能性がある。

近年、発電所の二次冷却水系における配管オリフィス下流部がエロージョンコロージョンにより減肉開口した事故事例があったが、この事例ではオリフィス上部に設置された(ニ)下流部にも減肉が発生していた。

A 低下	B サポート	C 渦流	D 温度	
E 上昇	F 高周波	G 静圧	H 分圧	I ベント孔

問 11	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	C	G	I

【問 12】 次の文章は、滞留部及びスケール堆積部における配管内面腐食について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句 A、B のうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

通常運転時に他端が閉止状態にある枝管やエアフィンクーラーの出入口ヘッダー両端のキャップ部など流動がない滞留範囲には、スケールなどの堆積が生じやすく、堆積物下の腐食が生じる。滞留部と流動部との境界付近は（イ：A 常に腐食率が最も高い、B 一様な腐食とはならない）。更に、流れの遅い配管系では、スケールが堆積しやすく、スケール堆積部位では（ロ：A 水分が凝縮して溜まり、B 内部に腐食性ガスが発生し）腐食しやすい傾向にある。このような配管を長期間停止する場合には（ハ：A スチームパージを行えば十分である、B スチームパージを行っても腐食することがある）。

問 12	イ	ロ	ハ
解答	B	A	B

【問 13】 次の文章は、腐食の種類と発生範囲について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句 A、B のうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

- 湿性硫化物腐食は、湿潤環境下で硫化水素が解離し、これが鋼と反応することにより硫化鉄を生じる腐食である。この硫化鉄は耐食皮膜として機能することで腐食を抑制するが、pH が（イ：A 7を下回ると、B 7を超えると）、硫化鉄皮膜はもろくなり腐食が進行する。
- 常圧蒸留塔・塔頂系の湿性塩化物腐食は、特に塔頂部のストリップングスチームの（ロ：A 高流速部、B 凝縮部）で腐食が加速される。
- 原油中のナフテン酸によって生じるナフテン酸腐食は、（ハ：A 220 未満では、B 220 以上では）腐食速度は極めて低くナフテン酸腐食の問題は生じない。

問 13	イ	ロ	ハ
解答	B	B	A

【問 14】 次の文章は、腐食の種類と発生範囲について述べたものである。A～Dの中から不適切な記述を1つ選択せよ。

- A 水硫化アンモニウム腐食は、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。
- B 塩化アンモニウム腐食の防止対策として水などを注入した場合には、偏流部にてエロージョン・コロージョンを引き起す可能性があるため注意が必要である。
- C 炭酸腐食は、溶存酸素が存在すると促進される。炭酸水中の炭素鋼の腐食速度は、CO₂ガス分圧が高くなるに伴って上昇する。
- D 硫酸腐食は、主に硫酸濃度、温度及び流速に支配される。炭素鋼は、常温の場合でも濃硫酸と希硫酸では使用できず、硫酸濃度 30%～90%の間が使用可能な領域である。

問 14	
解答	D

【問 15】 次の表は、配管系の耐圧性能を確認するための肉厚測定検査点について説明したものである。(イ)～(ハ)内に最も適する語句をそれぞれ選択せよ。

検査点の分類	目的と設定
(イ：A代表点、B定点、C移動点)	系の腐食性を評価することを目的として設定され、他の検査点の増減や頻度検討に関して指標的な意味合いを持ち、測定結果によっては検査計画の見直しを提起する検査点である。
(ロ：A代表点、B定点、C移動点)	腐食の進行が確認され継続的に監視が必要となる部位に設置され、監視する配管系としての余寿命評価の役割を担う。この点は詳細検査などにより現に腐食・エロージョンが進行していると認められる箇所に設定する。
(ハ：A代表点、B定点、C移動点)	配管系の中で潜在的な腐食部位を把握するために、定点のような固定観測的な管理に加えて設定する点をいう。

問 15	イ	ロ	ハ
解答	A	B	C

【問 16】 次の文章は石油精製事業所における設備等の長期連続運転を目的とした改善例であるが、運転中の検査を可能とする改善内容として、正しい説明の組み合わせを解答例から選択せよ。

- イ) 緊急遮断弁のバイパス配管を設置した。
- ロ) 固定式肉厚測定センサーを設置した。
- ハ) 薬液注入による配管内防食方法の改善を行った。
- ニ) 小口径配管の厚肉化、不要ベント・ドレンコネクションを撤去した。
- ホ) 検査データの管理システムを改善し、記録解析フォーマットを整備した。
- ヘ) 流体滞留部をなくすような配管系の形状変更、支持機構の改善を行った。

【解答例】
 A イ・ロ B イ・ロ・ホ C イ・ニ D ロ・ヘ E ロ・ニ・ホ

問 16	
解答	A

【問 17】 次の各文章は、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、(イ) ~ (ホ) 内に最も適する語句を下記の A ~ J より選択せよ。

- (1) 腐食抑制剤は一般に防食剤をよばれ、少量を環境物質中に加えることによって、金属の腐食速度を効果的に減少させるような化学物質である。防食皮膜の特性によって防食剤を大別すると、(イ) 型、吸着皮膜型、酸化皮膜型に分類される。
- (2) (ロ) 装置における脱炭酸系では、特に腐食・損傷を受けやすいのは、吸収塔・再生塔の各充填物充填部上部側壁及び再生塔塔頂部分のフラッシュゾーン、配管における減圧部のエロージョンである。さらに注目すべき点は、脱炭酸系を終了したガスの次工程である。当ガスは、次段階で同伴する脱炭酸溶液を除くため、水洗浄される。この(ハ)を同伴したガスが高速で次工程の槽に流入し、異常減肉を発生させた事例が報告されている。
- (3) 硫黄回収装置における反応系では、一般に反応炉は炭素鋼に断熱耐火材のライニング、反応器は炭素鋼にキャストブ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ませんが、側板は(ニ)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。また、補修時には断熱材の(ホ)を考慮した施工を行う必要がある。

- | | | | | |
|--------|--------|--------|---------|--------|
| A 硫黄回収 | B 水素製造 | C 水 | D ヒドラジン | E 拡散浸透 |
| F 伸縮量 | G 脱炭酸性 | H 沈殿皮膜 | I 露点腐食 | J クリープ |

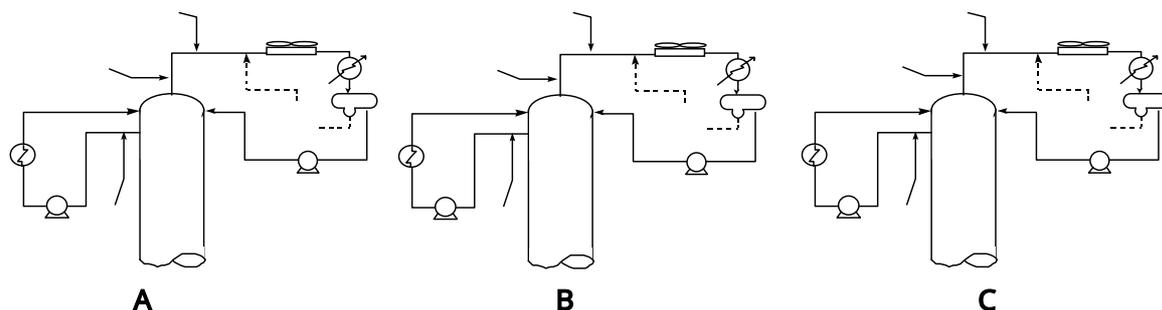
問 17	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	H	B	C	I	F

【問 18】 以下の文意に最も則した防食システムを A ~ C より選択せよ。

(図中の丸数字は、 皮膜剤、 中和剤、 洗浄水 とする)

原油常圧蒸留装置における主蒸留塔の頂部では、 $H_2S-HCl-H_2O$ 系と呼ばれる湿性塩化物腐食が起こりうる。腐食抑制法として、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二次腐食の問題を引き起す可能性もあるので、塔内中和を行わない防食システムを採用した。

一方、オーバーヘッド系では中和反応物の系外への排出が容易なため、適切な pH (6.0 ± 0.5) 範囲で硫化鉄皮膜が最も安定した状態で防食することとした。その際、洗浄水の併用で効率良い防食を狙った。



問 18	
解答	B

【問 19】 次の海水冷却系における熱交換器チューブの防食管理に関する文章において、正しい説明の組み合わせを下記の A ~ E の中から選択せよ。

- イ 犠牲陽極による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なう手法で、自家発電方式と犠牲陽極を取付ける方式がある。
- ロ 犠牲陽極としてはチューブ材質よりも貴な金属を選定し、必要サイズを決定する。
- ハ 塩素処理は生物皮膜対策として、最も効果的で経済的な方法である。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 生物皮膜の厚さと流速との関係を見ると、流速が高いほど生物皮膜は厚くなる。管内平均流速が同じ場合には管径が小さい方が管壁流速は高いため、生物皮膜の生成量も少ない。
- ホ 銅合金管では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、生物皮膜対策としての増速処理は採用できない。

A イ・ロ、 B ハ・ニ、 C ハ・ホ、 D ロ・ニ・ホ、 E イ・ニ・ホ

問 19	
解答	C

【問 20】 次の文章は重質油水素化脱硫装置における水硫化アンモニウム・塩化アンモニウム腐食について説明したものであるが、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。

この形態の腐食は配管形状による問題として、特にエフルエントクーラー入口側のトーナメントがクシ型の場合には、プロセス流体及び注入水の (イ: A 偏流、 B 拡散) が生じやすい。これが顕著になるとチューブ内流速の遅いチューブが閉塞するので、閉塞していないチューブの流速がより速くなり、また水硫化アンモニウム塩の濃度も濃くなることからチューブ管端部の (ロ: A エロージョンコロージョン、 B 隙間腐食) が加速された事例が報告されている。

熱的な要素による問題として、局部的な加熱及び冷却によって引き起される局所対流が、配管の形状による特異な流れとの組み合わせで、特定の場所に (ハ: A 水分、 B 触媒) や腐食性物質を供給し、又は滞留部や高流速部が形成されて、異常腐食が生じた事例が報告されている。

熱的な要素はスチームトレースによる局部加熱や配管フランジ等の (ニ: A フィン効果、 B 片締め) による局部冷却がある。

この腐食系においては、特に上記のような観点での 配管設計と運転管理が重要となる。

問 20	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	A	A

【問 21】 次の文章は、クリーブ損傷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) クリーブ損傷の発生機構は、高温域において金属材料に一定の荷重が加わった状態が続くとき、時間の経過とともに変形が進行し、結晶粒界で（イ：A クロム炭化物、B ボイド）が発生、結晶粒界割れへ進展、最終的に破断に至る現象である。
- (2) クリーブ脆化は、クリーブ中の組織変化などにより材料が脆くなる現象であり、クリーブ損傷の一種である。低合金鋼の溶接熱影響部（特に隅肉溶接部）では、（ロ：A 450、B 650）程度の温度を超えた辺りから割れ発生の可能性がある。
- (3) クリーブ損傷は、各種の余寿命予測方法が確立されており、代表的なものとして、（ハ：A P_v/P_w パラメータ、B Larson-Miller パラメータ）を利用した計算による余寿命予測方法がある。また、寸法検査により、クリーブ歪みとクリーブ損傷度の関係曲線から余寿命を推定する方法では、継続的な調査が必要であり、Cr-Mo 鋼製加熱管の場合、（ニ：A 0.5～1%、B 2～3%）程度の周方向歪量が管理基準となる（その後急激に増加して破断するため）。

問 21	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	B	B

【問 22】 次の文章は水素誘起割れ（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）内に最も適する語句を下記の A～I より選択せよ。

HIC の発生機構は、炭素鋼及び（イ）が H_2S を含む湿潤環境に曝された場合、腐食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（ロ）な割れを発生する現象である。防食を目的に（ハ）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、（ニ）等の介在物を減らし清浄度を高くしたり、（ホ）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球状化する等の 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：低合金鋼、B：ステンレス鋼、C：ZnS、D：MnS、E：Cu、F：Al、G：Fe、
H：平行、I：垂直

問 22	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	H	B	D	E

【問 23】次の文章は塩化物応力腐食割れ(塩化物 SCC)に関する事項を述べたものである。A ~ Dの中から不適切な記述 2 つを選択せよ。

- 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、主に粒界割れである。
- B 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。また、オーステナイトステンレスにおいて Ni 含有量の増加は塩化物 SCC の抵抗性を増す。
- C 塩化物 SCC が発生した場合、実機における寿命推定は、検査技術的に割れ深さの検出が十分でなく、塩化物濃度やその濃縮、負荷応力など不確定要因が多く困難な状況にある。
- D 耐圧部材にオーステナイト系ステンレス鋼を使用する場合は、SUS304L 鋼、SUS316 鋼等塩化物 SCC 感受性が小さい材料を使用することが望ましい。これらの材料を使用する場合は、塩化物 SCC の検査は必要ない。

問 23	順不同	
解答	A	D

【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)~(ハ)内の語句 A ~ C で、正しいものをそれぞれ選択せよ。

- (1) 材料の疲労特性を表すのに最も一般的に用いられるのは、S-N 曲線である。疲労破壊を起こさない限界の応力を疲労限度と呼ぶが、通常、(イ: A 10^5 、B 10^7 、C 10^9)回における破壊応力を用いることが多い。
- (2) 使用材料の平滑材の疲労強度(疲労限度)は、材料の疲労強度にほぼ比例しており、おおよそ引張強度の(ロ: A 1/10、B 1/4、C 1/2)程度である。
- (3) 疲労き裂の進展は、応力拡大係数 K がある一定以上のレベルに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: A K_c 、B K_{th} 、C K)と呼んでいる。

問 24	イ	ロ	ハ
解答	B	C	B

【問 25】 次の文章は非破壊検査方法検討のための確認事項の実施状況を述べたものであるが、その中で最も適切な記述の組み合わせを A ~ D より選択せよ。

- イ 検査目的が健全性の確認であることから検査精度は特に配慮せず検査方法を選択した。
- ロ 検査対象とする腐食・劣化損傷の種類、想定される位置、方向及び大きさを考慮して検査方法を選択した。
- ハ 運転中検査で高温の部位の超音波肉厚測定を行ったが、温度補正をせずに検査データを評価した。
- ニ 検査目的が減肉速度の経年変化を肉厚測定で追跡することから、検査精度を考慮して超音波肉厚測定を選択し、検査点のマーキングを要求した。

A イ・ロ、 B ロ・ニ、 C ハ・ニ、 D イ・ハ

問 25	
解答	B

【問 26】 次の文章は腐食・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検査方法で、機器精度としては(イ: A 0.1 mm以下、B 0.5 mm以下)である。
- (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。材質に(ロ: A あまり左右されず、B 左右されるが)、複雑な形状をもつ部位や遮蔽された部位にも適用できる利点がある。
- (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、検査速度が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。減肉率は位相解析法により推定している。位相解析法では腐食部の内外面の(ハ: A 区別ができない、B 区別ができる)。
- (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、腐食深さに対応して生じるスリット光の(ニ: A 輝度、B ズレ量)を測定する方法である。

問 26	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	B	B

【問 27】 次の文章は、クリープ損傷の損傷度を評価する手法について述べたものであるが、その中で適切な記述の組合せを下記の A ~ D から選択せよ。

- イ 硬度測定法は、診断部位の硬さを測定し、硬さと損傷量の関係を示すマスターカーブ（評価曲線）により損傷量を求める方法である。
- ロ 組織対比法は診断部位の組織から機械的損傷、金属組織、析出物分布について損傷の程度を求め、これらの損傷の程度を総合的に評価し、寿命を評価する手法であるが、析出物分布の損傷の程度はボイドやミクロ亀裂の発生状況を観察し評価する。
- ハ クリープ伸び測定法は加熱炉管などで行われており、管の周長、外径（クリープ伸びに相当する）を測定し、伸びとクリープ損傷との関連から余寿命を評価する。
- ニ ボイド面積率法は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、この割合と損傷量との関係を示すマスターカーブにより損傷量を求める。

A イ・ハ、 B ロ・ハ、 C ロ・ニ、 D イ・ニ

問 27	
解答	A

【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）～（ニ）内に最も適する語句を下記の A ~ H より選択せよ。

- (1) シグマ相の析出状況は硬度測定、金属組織検査又はこれらの組み合わせにより検査されているが、オーステナイト系ステンレス鋼の溶接部に対しては（イ）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 脆化の脆化度の検査方法としては、（ロ）が有効である。
- (3) 高温で使用されるオーステナイトステンレス鋼の鋭敏化の程度は（ハ）、金属組織検査により評価される。
- (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）による測定方法が広く活用されている。

A 超音波探傷検査、 B 硬度測定、 C フェライトメーター、 D スケールチェッカー、
E EPR 試験、 F 放射線透過試験、 G 電磁誘導法、 H 磁粉探傷試験

問 28	イ	ロ	ハ	ニ
解答	C	B	E	G

【問 29】 次の文章は、耐圧気密試験に使用する圧力計について述べたものである。文中の(イ)～(ニ)内の語句A、B又はA、B、Cのうち正しい方をそれぞれ選択せよ。

試験圧力は、試験時の試験体の(イ：A 頂部、B 底部)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し、その記録(必要に応じて写真撮影)をとる。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、少なくとも系内の(ロ：A 最高部、B 最低部)には必ず圧力計を取付け、試験圧力を確認する。また、系内に(ハ：A オリフィスプレート、B 逆止弁)がある場合は、その(ニ：A 上流、B 下流、C 前後)に必ず圧力計を取付け、試験圧力を確認する。

問 29	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	B	C

【問 30】 次の文章は、耐圧試験圧力について述べたものである。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) 法規による指定が無い場合、設備の耐圧試験圧力は常用圧力の(イ)以上とする。
- (2) 高圧ガス設備及び導管の液体を使用する耐圧試験圧力は常用圧力の(イ)以上(気体を使用する耐圧試験圧力は常用圧力の(ロ)以上)とする。ただし、特定則第2条第17項に規定する第二種特定設備にあっては、液体を使用する耐圧試験圧力は常用圧力の1.3倍以上(気体を使用する耐圧試験圧力は常用圧力の(ハ)以上)とする。
- (3) 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、材料の降伏点又は0.2%耐力の(ニ)を超えてはならない。

A 2倍	B 1.5倍	C 1.3倍	D 1.25倍	E 1.2倍
F 1.1倍	G 1倍	H 90%	I 2/3	J 1/2

問 30	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	D	F	H

【問 31】 次の文章は、長距離配管において放置法による気密試験を行う場合の注意事項について述べたものである。A ~ Eの中から不適切な記述を1つ選択せよ。

- A 放置法で気密試験を行う場合、開始前に、ブロックバルブに仕切板を入れる等により、バルブの内部漏洩による圧力低下を防ぐ処置を取る。
- B 試験は、配管内の試験媒体と外気温度が概ね平衡状態となってから開始する。長距離配管の試験時間は30分以上とする。
- C 試験中は、試験区間内の適切な位置において、配管内の圧力及び温度を記録する。試験区間内に安全弁が無い場合は、それに加えて、配管表面温度および外気温度を計測（保温配管の場合は外気温度のみ計測）し、急激な温度変化が無いことを確認する。
- D 試験媒体として気体を用いる場合の可否の判定は、試験圧力に10%以上の低下が見られないことをもって合格とし、判定に用いる試験圧力は温度補正された値を採用する。
- E 試験媒体として液体を使用する場合の試験圧力は、気体を使用する場合ほど温度変化の影響を受けないため、試験媒体個別に判定基準及び温度補正基準を設定する。

問 31	
解答	E

【問 32】 次の文章は、ガスケット選定の注意点を記載したものである。A ~ Eの中から不適切な記述を2つ選択せよ。

- A 締付力によって、ガスケット材が弾性又は塑性変形して相手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。
- B 流体圧力及び締付力によって破壊しない強さを有すること。
- C 使用する流体条件において、熱安定性、化学的安定性を有し、また、相手フランジ接合面を腐食させないものであること。
- D 接合面における締付応力は、圧力や温度の変動に応じて、大きく変動するものであること。
- E 気密性を保つために、相手フランジよりガスケット材のほうが硬質であること。

問 32	順不同	
解答	D	E

【問 33】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定める。

ここで、 $Wm_1 = (イ) + (ロ)$ とする。

(イ)、(ロ)それぞれに当てはまる荷重又は力を次のA～Eから選択せよ。

- | | |
|---|--|
| A | 内圧によってフランジに加わる全荷重 |
| B | ガスケット圧縮降伏応力の1/4の荷重 |
| C | 気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力 |
| D | 耐圧試験圧力時にフランジに加わる全荷重 |
| 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 33	順不同	
解答	A	C

【問 34】次の文章は、フランジ締め付けに関する最近の事事故事例の特徴と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1つを選択せよ。

- | | |
|---|---|
| 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、温度変動による影響を受け易い。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・確認することが必要である。 |
| C | フランジが取付けられる機器本体の材質により、フランジ継手部が異材フランジとなる構造がある。フランジ材質の違いによる熱膨張差によりボルト締付力が低下する場合があります、より精密な締付管理を行うことが重要である。 |
| 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。雨による温度変動の影響が大きいため、ウェザー・シールは、雨囲いを主眼として、フランジ上部を覆う構造が望ましい。 |

問 34	
解答	D

【問 35】 次の文章は補修溶接施工上の留意事項について記述したものである。最も適切な記述の組み合わせを下記の A ~ E より選択せよ。

- イ 炭素鋼は焼入れ硬化性がそれほど大きくなく、溶接部の硬さは溶接のままであまり高くなり、溶接性がよい。高張力鋼は、通常、その強度・板厚の増加とともに焼入れ硬化性が大きくなり溶接性が次第に悪くなる。
- 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、鋼材の水素吸収性であるから、可能な範囲で水素吸収性の低い鋼を選択するのが望ましい。
- ハ 炭素鋼溶接時の炭素当量、予熱条件、硬さの関係について、厚肉や大きな構造物の溶接を実施する場合は溶接部の冷却速度が大きくなり溶接性が悪化する。
- ニ 炭素鋼溶接時の炭素当量、予熱条件、硬さの関係について厚肉や大きな構造物の溶接を実施する場合、又はショートビードで溶接補修を実施する場合は、溶接入熱が過大となり非常に溶接部の冷却速度が小さくなり溶接性が悪くなる。

- | | | |
|--------|---------|----------|
| A イ・ニ、 | B ロ・ニ、 | C イ・ロ・ニ、 |
| D イ・ハ、 | E イ・ロ・ハ | |

問 35	
解答	D

【問 36】 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) WPS (ロ) GTAW (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 36	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	C	D	G	E

【問 37】 次の文はステンレス鋼の溶接について記載したものである。文中の（イ）～（ホ）内の語句 A、B のうち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

一般的なオーステナイト系ステンレス鋼（安定化鋼を除く）は、500～800 の温度範囲の加熱で（イ：A 相変化、B 鋭敏化）し耐食性が劣化する。また、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通常 5～10%の（ロ：A フェライト、B シグマ）を含有させる。この（ロ）の含有量によっては、機械的性質や耐食性が劣化することがあるので注意を要する。

鋭敏化防止と高温割れ防止のため、通常予熱（ハ：A を行い、B は行わず）パス間温度を 150 以下に保ち、かつ過大な入熱を避ける必要がある。

（２）マルテンサイト系ステンレス鋼

13Cr で代表されるマルテンサイト系ステンレス鋼は、通常 200～400 の予熱が必要である。延性・韌性・適性硬度確保などの目的で、溶接後熱処理（ニ：A が有効である、B は特に有効ではない）。

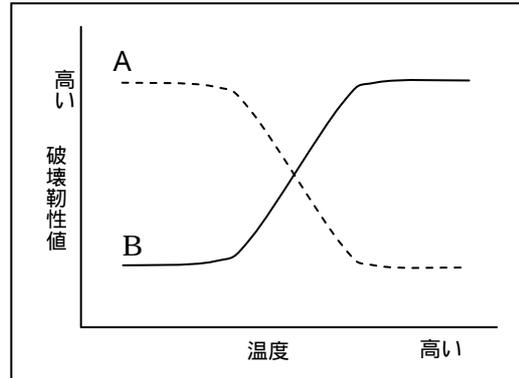
（３）フェライト系ステンレス鋼

13Cr-Al、17Cr などのフェライト系ステンレス鋼では、400～550 で 475 脆性、550～850 で（ホ：A 鋭敏化、B 相脆化）を起こすので、この範囲での加熱をできるだけ避ける。溶接後熱処理も通常行わない。しかし、溶接時には硬化・割れを防ぎ延性を保つために、通常 150 程度の予熱を行う。

問 37	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	A	B	A	B

【問 38】 次の文章は焼戻し脆化について記述したものである。文中の（イ）～（ホ）内の語句A、Bのうち正しい方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 一般に低合金鋼材の温度と破壊靱性値の関係は右図の（イ：A -----、B ——）に示すような曲線となる。
- (2) 上記(1)の曲線に関して、高温高圧下で長期間使用し焼戻し脆化を生じた材料では、未使用の同材料の曲線と比較すると、曲線の位置が（ロ：A 低温度側、B 高温度側）へ移行する。焼戻し脆化の進行は（ハ：A 約5万時間、B 約10万時間）でほぼ飽和に達するといわれている。
- (3) 上記(1)の曲線について、高温の運転状態では、破壊靱性値が（ニ：A 高い、B 低い）領域となるため、脆性破壊を起こす恐れは無いが、停止から運転状態に入る際には、脆性破壊を防止するために加圧（ホ：A 前に、B 後に）温度を上げるスタート方法についての検討が必要となる。



問 38	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	B	A	A	A

【問 39】 次の文章は焼戻し脆化について記述したものであるが、文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bのうち正しい方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 高温高圧下で長期間使用し焼戻し脆化を生じた材料では、（イ：A 粒内割れ、B 粒界割れ）を主とした脆性破壊が生じやすくなる。
- (2) クロムモリブデン鋼の内、（ロ：A 2.25Cr-1Mo 鋼、B 5Cr-0.5Mo 鋼）は焼戻し脆化傾向が顕著である。一方、炭素鋼は焼戻し脆化感受性が無い。
- (3) 脆化の感受性の程度は材料の（ハ：A 不純物元素濃度、B 溶接後熱処理の条件）が影響するので、これを評価するために J-Factor、 \bar{X} などの指標が用いられる。
- (4) 焼戻し脆化を起こした材料は（ニ：A 約 580 、B 約 450 ）以上に加温することにより脆化が解消される。

問 39	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	A	A

【問 40】 次の表は設備をスタートアップする際の最低加圧温度の設定方法についてまとめたものであるが、表中の (イ) ~ (ニ) 内に最も適するものを下記 A ~ I より選択せよ。

	最低加圧温度の設定方法	算出手順、手法の特徴、など
(1)	破壊力学的手法	欠陥の想定により応力拡大係数 K を算出 (イ) から得られた値を Barsom - Rolfe - Novak 実験式に当てはめることで破壊靱性値 K_{IC} を推定 脆性破壊が発生しない条件 (ロ) より最低加圧温度を算出する
(2)	経時靱性変化の予測法	鋼材の脆化感受性について (ハ) で表される脆化パラメータから、予測式を用いて FATT を算出 これらの予測式では FATT に関する実データのバラツキ上限を推定できるため、安全側の評価ができる
(3)	簡便導出法 (主な 3 手法)	ライセンス推奨値を採用する方法 製作時の衝撃試験や (ニ) 結果から得られた値を、 最低加圧温度 = FATT + \cdot FATT の推定式に当てはめることにより算出する方法 対象装置内に挿入したテストピースの分析により推定する方法

ここで、

FATT ; 機器製作時の衝撃試験から得られる 50% 脆性 - 延性破面遷移温度

FATT ; FATT 上昇量

; 靱性変化度合の補正係数

A クリープラプチャー試験	B シャルピー衝撃試験	C $K < K_{IC}$
D $K < K_{IC}$	E ステップクーリング試験	F 材料成分分析
G 破壊靱性値	H 応力拡大係数	I J-Factor 又は \bar{X}

問 40	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	D	I	E