

【問 1】 次の文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が、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。

高圧ガス保安法の設備維持検査には（ イ ）と定期自主検査とがあるが、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。

しかし、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。

今後は、事業者が、適切な設備管理を行うことにより、保安レベルの向上と生産の合理化を実現するためには、保安維持を適切に実施していることを自ら証明することが必要である。

そのためには、まず業界内での設備の検査・保全等の維持に関する統一基準が必要との共通認識に立った。しかし「（ ニ ）」については、各社固有の社内基準はあるものの、国内には、API にあるような統一基準が存在しなかった。そうした状況の中、石油業界では（ ホ ）の一つとして、「（ ニ ）」を作成することとした。

- | | | | | |
|--------|----------|------------|---------------|--------|
| A 透明性 | B 設備維持規格 | C 供用後の維持検査 | D 自主保安 | E 性能検査 |
| F 保安検査 | G 定期検査 | H 自主維持基準 | I 認定保安検査実施者制度 | |

【問 2】 次の文は、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）～（チ）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。
- （ロ） 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。
- （ハ） 同一の内部流体条件下にある相互に連結された配管の集合体であり、付属品及び支持構造物を含む。
- （ニ） 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。
- （ホ） 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。
- （ヘ） 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。
- （ト） 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の指標。
- （チ） 腐食・劣化損傷の防止・抑制を目的とした処置及び性能維持のために行うすべての活動をいう。

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 配管系
I 重要度	J 破壊検査	K 配管	L 外部検査

【問 3】 次のA～Eの文は供用後の設備維持管理の一般事項について述べたものであるが、その中から最も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た後、適用法規よりも生産計画を優先して立案・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ことが重要であるが、設備の腐食・劣化損傷状態に関する情報については、設備の運転管理部門に伝達される必要はない。
- C 計画上の次回停止時期より前に寿命に達する設備でも、機器の設計においては安全率を4倍取っているので安全に使用可能であり、次回停止時に取替を検討する。
- D 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。
- 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。ここで、内部流体の腐食因子濃度の定期的監視は運転中モニタリングとは異なる。

【問 4】 次のイ～トの腐食・損傷形態の中に、常圧蒸留装置のオ - バーヘッド系で通常発生しない腐食・損傷形態が含まれている。その腐食・損傷形態の組合せを以下の A～E より選択せよ。

イ 湿性塩化物腐食	ロ 湿性硫化物腐食	ハ 水素誘起割れ (HIC)
ニ ポリチオン酸 SCC	ホ アンモニア SCC	ヘ ナフテン酸腐食
		ト 塩化物 SCC

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

【問 5】 次の文は、製油所の加熱炉で近年発生した事故（平成 8 年、平成 15 年、平成 16 年）からの教訓に基づき、発行した追補である。追補では、JPI-8S-2「設備維持規格」第 4 章の「2.2.3 コーキング及びスケール堆積状況の検査」の項が変更となっている。文中の（イ）～（へ）に最も関連の深い内容を A～O より選択せよ。

2.2.3 コーキング及びスケール堆積状況の検査 以下に示すチューブは、温度の高い箇所の（イ）に付着物が発生しやすいので、主として当該部を対象に（ロ）などの検査を計画する。コーキングの検査および（ハ）の実施時期を計画するに際しては、コークは付着しだすと堆積厚さに依存し（ニ）に成長する傾向がある点に十分に考慮のうえ決定することが肝要である。

設計温度以上に過熱されたおそれのあるもの。

（ホ）

膨出及びしわが認められたもの。

（へ）

A クリーニング	B 直線形的	C 平均的	D 超音波探傷試験
E コーキング、スケール傾向のあるもの。			
F 高温腐食などによる減肉で、局部的に応力が高くなっているもの。			
G 加熱炉バーナーの焚き方が不均一であるもの。			
H 疲労又は熱疲労との相乗作用が想定されるもの。			
I 加速度的	J 非火炎側	K 停止検査	L 肉厚測定検査
M 磁粉探傷試験	N 放射線透過試験	O 火炎側	

【問6】 腐食・エロージョンの検査点の設定手順に関して、(イ)～(ハ)の手順に最も適する項目をA～Cより選択せよ。

D (イ) (ロ) (ハ) 検査点の設定

- A **管理対象設備の選定** 装置の中から、重要度要素評価も含めて重点的な管理が必要と判断される設備を確認する。また、選定した設備について、材質、内部温度、圧力、腐食要因など、腐食環境条件が同一と判断できる範囲を確認する。
- B **検査箇所の特定** 検対象部位の中から、腐食形態に応じた検査箇所を設定する。
- C **予想される腐食などの形態、発生予想個所の特定** 各設備の同一腐食環境範囲において、発生が予想される腐食形態、検査対象部位を特定する。
- D **予想される腐食などの種類の特定** 装置ごとに発生が予想される腐食などの種類及び注目すべき腐食・減肉の部位などを確認する。

【問7】 次のイ～ホの文は、どの劣化損傷の内容を説明したものが、A～Jの中より最も適切なものを選択せよ。

- イ 高温（低合金鋼の場合 450 以上）における経時的な損傷であり、ボイドからミクロクラックへと成長し、最終的に破損に至る現象である。この現象は、非常に長時間をかけて進展するため、一般的に採用されている破断試験による評価や Larson-Miller(ラーソン・ミラー)などのパラメーターを利用した累積損傷量の計算で安全サイドの評価ができる。
- ロ 検査の対象は、蒸留、脱硫及び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けるオーステナイト系ステンレス鋼製設備である。スタートアップ過程でドレン水が濃縮される箇所及び保温材下やサポート接触部の設備外面についても留意する必要がある。
- ハ 常圧蒸留装置のフィード系及び重質油水素化脱硫装置のガス洗浄系の苛性ソーダ環境の設備が対象となる。炭素鋼の溶接部で溶接後熱処理が実施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。
- ニ 硫化水素を含む湿潤環境下で使用されているすべての炭素鋼設備が対象となる。この割れは、鋼板の圧延方向に平行に発生する。鋼板内部に発生する割れについては、超音波探傷試験によりその発生範囲及び密度を確認する。
- ホ 流体が激しい温度変化を繰り返すことにより、構造部材が繰り返し熱応力を受けて、割れを発生することがある。温度差のある流体の合流部近傍では局部的にこの現象が生じ、割れを発生することがあるので注意しなければならない。

- 【劣化損傷】
- | | | | |
|---------------|--------------|----------------|---------|
| A 熱疲労 | B 水素侵食 | C クリープ損傷 | D 焼戻し脆化 |
| E 塩化物応力腐食割れ | F アルカリ応力腐食割れ | G 硫化物応力割れ | |
| H アンモニア応力腐食割れ | I チタン水素脆化 | J 水素誘起割れ (HIC) | |

【問8】 次の表は「各種劣化損傷に対する検査、評価方法及び損傷防止対策」を示すが、(イ) ~ (ホ) 内に最も適するものを下記のA ~ Hより選択せよ。

劣化損傷の種類	評価方法及び損傷防止対策
水素侵食	(イ) による評価 Pv 値による評価 Pw 値 (HAT チャート) による評価
焼戻し脆化	(ロ) \bar{X} 係数による評価 起動、停止時の系内温度管理
チタン水素脆化	水素吸収速度による余寿命の評価 (ハ) などの耐水素脆化材料の採用
アルカリ応力腐食割れ	(ニ) の実施
水素誘起割れ (HIC)	コーティング / 溶射の実施 耐 HIC 鋼の採用 (ホ) による評価

A 安定化鋼種	B 低合金鋼	C ネルソンチャート
D J-factor	E パラジウム処理	F TTS 線図
G 発生面積率の経年変化	H 応力除去焼鈍	

【問9】 次のA ~ Gの文は、多管式熱交換器類のインターナルについて腐食・エロージョン検査の着目点に関する検査実施上の留意事項について記述している。A ~ Gの中で「エロージョン・エロージョンコロージョンが発生しやすく、慎重に観察すべき部位」として、不適切なものを2つ選択せよ。

A	流入するノズル正面のバッフル、チューブ (インピンジメントバッフル近傍)
B	流れが停滞する箇所 (閉塞気味のチューブを含む)
C	スケールが堆積する箇所
D	液滴を含む気体の流路
E	気泡を含む液体の流路
F	水酸化アンモニウム、濃硫酸、熱炭酸カリ、スチームコンデンセート、劣化アミン (熱安定性塩) などの流れが乱れる箇所
G	曲率半径の小さいUチューブのU部

【問10】 次の文は、高温硫化物腐食の検査範囲に関する内容を記述したものであるが、文中の(イ)～(へ)内の語句A、Bで正しいほう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(ロ：A 水酸化鉄、B 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。また、高温硫化物腐食の発生の可能性のある常圧蒸留装置オーバーフラッシュ配管などの(ハ：A 水平、B 垂直)配管では、流量計のオリフィスプレートの上流で(ニ：A 乱流、B 気液分離)が起り、硫化水素が配管上部に滞留し、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。

なお、圧力配管用炭素鋼管(STPG)には、(ホ：A Si、B Cu)の含有量が規定されていないため、含有量が極端に(ヘ：A 多い、B 少ない)製品が混在していることがある。このような製品の場合には高温硫化物腐食に対する耐食性が劣るので、高温硫化物腐食環境でSTPGを使用する場合は、注意する必要がある。

【問11】 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予想箇所が不足している選択肢の組合せを下記のA～Eより選択せよ。

選択肢	腐食減肉の発生予想箇所	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
	主な腐食などの種類					
イ	ナフテン酸腐食					
ロ	湿性塩化物腐食					
ハ	水硫化アンモニウム腐食					
ニ	塩化アンモニウム腐食					
ホ	炭酸腐食					

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：ロ、ホ E：ハ、ニ

【問12】 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)～(ホ)内に最も適するものを下記A～J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
保温材に含まれる塩素が応力腐食割れに対して活性となる。	・65～(ハ)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。	・(ホ)配管 ・塗材(マスチックなど)が劣化(亀裂、剥離、防水性能の劣化など)している配管

備考 表中の温度は、配管内部流体温度を示す。

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 棧橋上の保温	F 振動
G 100	H 150	
I 210	J 315	

【問13】 次の文は、配管の肉厚検査の周期に関して記述している。文中の(イ)～(ホ)内に最も適するものを下記A～Iより選択せよ。

- 代表点	運転条件の変更などを考慮し、(イ)重要度などから(ロ)
- 定点	算定された余寿命に設定係数を乗じた期間以内で検査周期を決定する。なお、検査時期決定に係る設定係数aは、一般的に腐食・エロージョンは余寿命予測精度が高いことから、(ハ)程度で十分である。ただし、測定データの信頼性や安定性、取替え厚さ、重要度分類などに基づいて個別に設定する検査周期は、検査結果、(ニ)の測定値の傾向、その他の情報により必要に応じて見直しを行う。
- 移動点	移動点として継続するものは、運転環境、保全履歴(検査履歴、補修履歴)、重要度分類などを考慮し、(ホ)

A 運転時間	B 腐食速度	C 0.5	D 0.8	E 代表点
F 移動点	G 次期検査時期を定める	H 測定周期を定め、定期的に測定を行う		
I 1年に1回検査する				

【問 14】 次の文は、検査箇所を選定に関し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。

流れが絞られるなど、急変する箇所 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（イ）の上昇、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腐食の発生事例が多い。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。

最近の事例として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 渦流 | B 振動 | C 流速 | D ベント孔 | |
| E サポート | F 高周波 | G 静圧 | H 分圧 | I 温度 |

【問 15】 新設配管系及び運転条件が変更された配管系に関し、初回の肉厚測定時期を設定する際に誤った決定法を次の A～F より 2 つ選択せよ。

- | |
|---|
| A 腐食クーポンなどにより腐食速度を測定して設定する。 |
| B 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。 |
| C 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。 |
| D 最近では流動解析技術が発達しているため、設計寿命到達年に設定する。 |
| E 使用開始より可及的速やかな時期に肉厚測定を実施する。 |
| F 腐食浸漬試験結果による腐食速度の半分を見込んで設定する。 |

【問 16】 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	事例
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(□)の取り付けを検討する。
	保温、耐火被覆下防食策	・耐火被覆下の錆止塗装を行う。 ・保温外装の各合わせ目は、“さや”又はそれと同等となる方法で雨水浸入を防止する。合わせ目の隅角部には、パテなどでシールすることが望ましい。
配管内面の防食	構造面での対応	・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、(ハ)のトーナメント構造とする。 ・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ので、ロングネックボス・フランジの採用、(ニ)のサイズアップ、厚肉管の採用などを検討する。
劣化損傷対策	(イ)対策	・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、強固なサポートを設置する。 ・振動応力解析による対策を実施する場合は、拘束による熱応力を考慮する。
	熱疲労対策	・温度差のある流体の合流部は(ホ)を採用する。

A 高周波	B 振動疲労	C くし型	D シール剤	E インナーノズル
F 左右対称	G 保護板	H 口径	I インコロイ	
J フレキシブルチューブ				

【問 17】 原料油常圧蒸留装置における蒸留塔系の露点温度算出までのステップについて、(イ)～(ハ)に最も適する文章を下記のB～Gより選択せよ。

A (イ) (□) (ハ)

A ストリッピングスチーム流量および原油の持ち込み水量から、水の全モル数を求める。
B 主蒸留塔塔頂抜き出しナフサ流量から、ナフサのモル数を求める。
C 水のモル数とナフサのモル数から、主蒸留塔塔頂運転圧力での水の分圧を求める。
D 蒸気表から水の分圧値における水の沸点温度を求める。
E 蒸気表から水の分圧値における水の沸点温度を求めるが、管理上 10～20 程度を加えた値を露点とする。
F 塔内凝縮水の発生を許容できる管理もあることから、露点は 100 と見ておけば良い。
G 原料油の持ち込み水量から、水のモル数を求める。

【問18】 次のイ～への防食に関する対応は、下記の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	リン酸塩被覆	ロ	ゴムライニング	ハ	金属溶射
ニ	インヒビター	ホ	溶存酸素除去	ヘ	犠牲陽極法

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

【問19】 次のA～Eの文の中で、中・高圧ボイラの各種障害について説明した文を2つ選択せよ。

- | |
|--|
| <p>A キャリオーバー障害 タービン翼へ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。</p> <p>B 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。</p> <p>C 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、原因として、pHなどのボイラ水処理管理の不備や炭酸カルシウムの析出が考えられる。</p> <p>D 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。これらのスケールは熱交換効率の低下やポンプ圧の上昇、流量の低下等の原因となり、生産量の低下をきたすだけ出なく、許容値以上に付着すると、運転・操業の中断をまねくことがある。</p> <p>E 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。</p> |
|--|

【問20】 次の文は、防食剤の注入ノズルについて述べたものであるが、文中の(イ)～(ニ)内の語句A、Bで正しいほうをそれぞれ選択せよ。

クイル型は現在最も一般的に用いられているノズルである。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(イ：A 上流、B 下流)に向ける。防食剤を十分に(ロ：A 希釈、B 濃縮)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。

スプレーノズルで防食剤溶液を流体ガス中に注入する方法は、(ハ：A 分散、B 浸透)効率がすぐれている点では最も好ましい方法である。しかし実際には、ノズル先端部の小さい穴に(ニ：A 鉄錆、B スポンジボール)などが詰まりやすい欠点がある。したがって、注入液をフィルターに通すなど、十分な注意が必要となる。また、噴出液が直接、強く配管壁にあたらないように(ホ：A 粘度、B スプレー角)を考慮し、噴出液によるエロージョン・コロージョンを防止する必要がある。スプレーノズルは抜き出して清掃や取り替え可能な設備にしておく必要がある。

【問21】 次の文は水素脆化に関する事項を記述したものである。文中の(イ)～(ホ)内の語句A、Bで正しいほうをそれぞれ選択せよ。

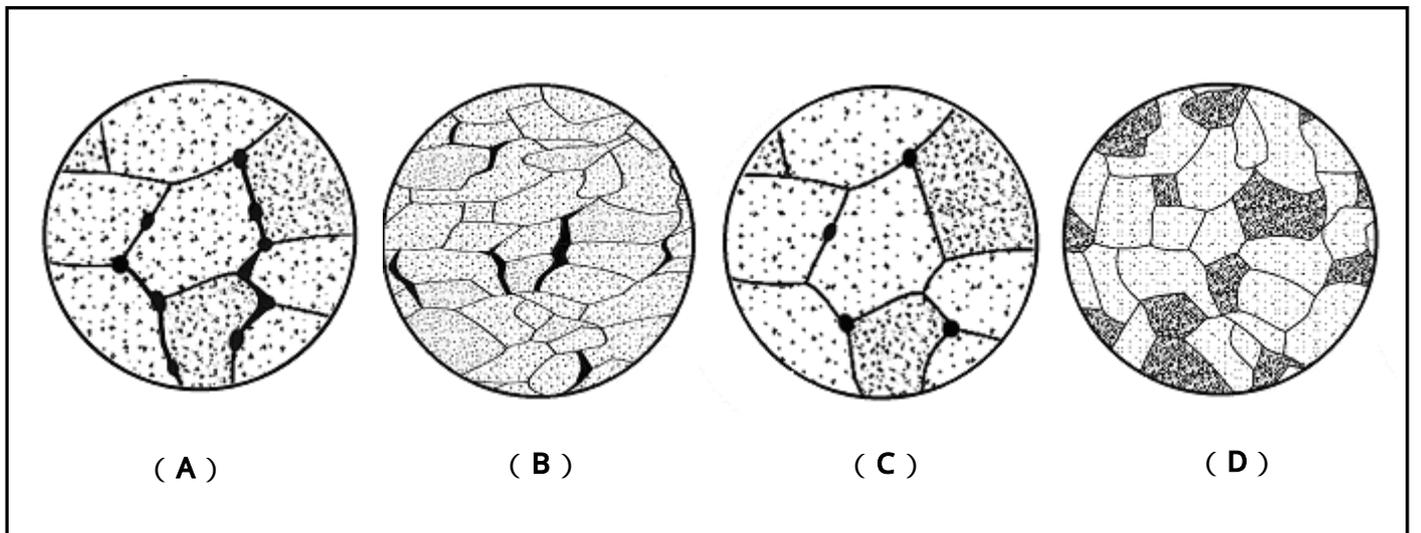
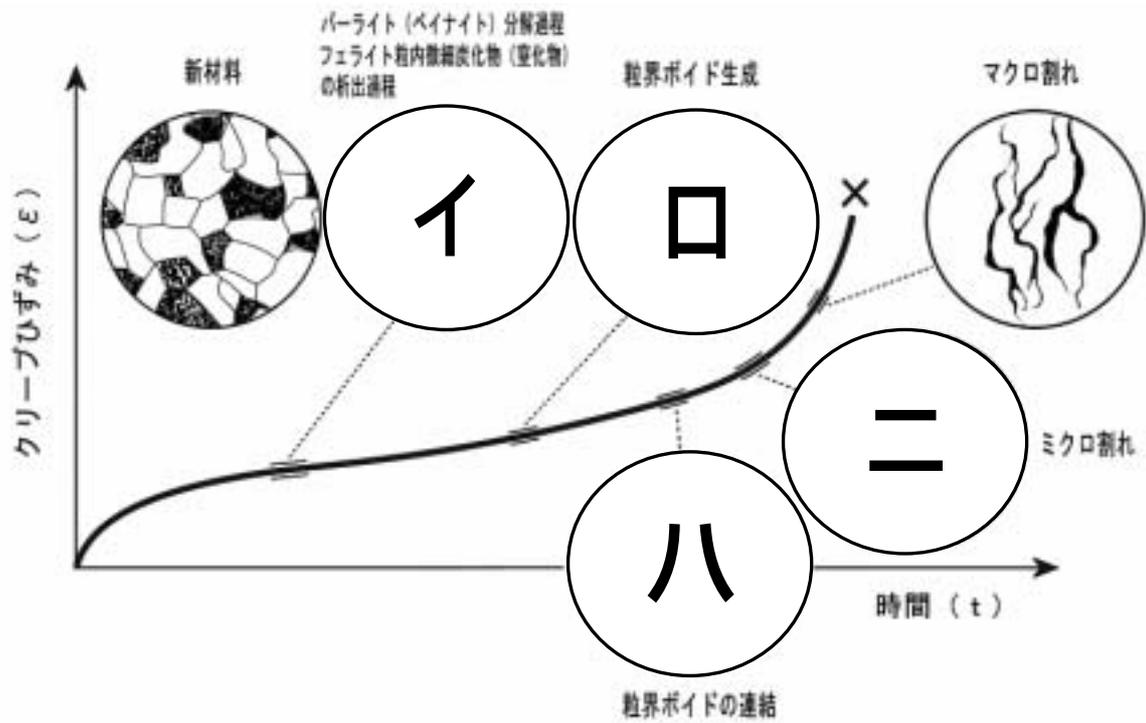
水素脆化は、金属中に固溶した原子状水素による脆化であって、引張強度や硬さには目立った変化はないが、常温付近での材料の伸び・絞りが(イ：A 低下、B 増加)する現象である。水素脆化は、ナフサ・軽質油・重質油の水素化脱硫装置の反応系などで発生し、「オーバーレイの剥離」(ロ：A 水素助長割れ、B 水素誘起割れ)、「インターナル取付部の割れ」の問題を生じる。

水素脆化は、運転停止操作時の冷却過程で、冷却速度を(ハ：A 早く、B 遅く)するなど運転中に吸収された水素を圧力容器外に散逸させ鋼材中に水素が残留しないようなシャットダウン操作が有効である。

オーステナイト系ステンレス鋼のオーバーレイを施された容器のインターナル取付部の割れに対しては、塑性歪み振幅を軽減させるような構造上の改善、溶接金属中のデルタフェライトの低減及び最終溶接部の後熱処理の(ニ：A 省略、B 実施)が有効である。

水素助長割れに対しては、水素吸蔵した場合の母材の靱性評価が重要である。特に 2.25Cr-1Mo 鋼、3Cr-1Mo 鋼については、(ホ：A 焼戻し脆化、B 475 脆化)との重畳作用についての評価も必要である。

【問 22】 次の図はクリープ損傷の発生機構・進展過程を示したものである。図中の（イ）～（ニ）に該当する金属組織を下記のA～Dより選択せよ。



【問23】 次のA～Fの文は、浸炭に関する事項を述べたものであるが、その中で誤っている文を2つ選択せよ。

- A 石油精製装置において浸炭の発生する可能性がある主要装置は、水素製造装置の改質系、連続再生式接触改質装置の反応系である。流動接触分解装置の再生系でもインターナルに浸炭が発生することがある。
- B Cr、Ni、Siなどの元素が耐浸炭性の改善に有効であり、特に高Si系HK40やHP材が開発、使用されて以降、浸炭損傷が激減している。
- C 硫黄分(S)の添加は浸炭を促進させる。これは、Sが金属表面に吸着し、炭素析出、浸炭速度を速めるためと説明されている。
- D 一般的に使用材料が浸炭すると、伸び又は延性は上昇する。
- E 一般に、高温ほど浸炭が促進されるが、COガスの場合は、COが高温ほど安定となって炭素が生じにくくなることから700℃付近が最も浸炭速度が大きくなる。
- F メタンなどの炭化水素による浸炭の場合は、温度が高くなるほど不安定となって炭素が生じやすくなることから、高温ほど浸炭が促進される。

【問24】 次の文は疲労損傷に関する事項を記述したものである。文中の(イ)～(ホ)内の語句A、Bで、正しいほうをそれぞれ選択せよ。

疲労は、使用材料に変動する荷重が負荷され続けた場合、材料の降伏点以下の応力で材料の損傷が生じる現象であり、主に構造不連続部などの(イ：A 応力分散部、B 応力集中部)を起点とし、その多くは材料(ロ：A 内部、B 表面)に優先的に発生する。

材料の疲労特性を表わすのに最も一般に用いられるのは、(ハ：A S-N曲線、B TTS線図)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(ニ：A 10^6 、B 10^7)回における破壊応力を用いることが多い。使用材料の平滑材の疲労強度(疲労限界)は、材料の引張り強度にほぼ比例しており、おおよそ引張り強度の(ホ：A $1/2$ 、B $1/4$)程度である。

【問25】 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)などの非金属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26】 次のA~Dの文の中で、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、留意事項を述べたものとして、下線部の記載内容のうち最も適切なものを選択せよ。

- A 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。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斜角探傷波形を測定する方法が用いられている。
- B 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交流磁界が発生し、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り、短時間にチューブ全長の肉厚を直接測定できるため銅合金、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とした検査が行われている。
- C レーザ形状測定法は腐食・エロージョンによる形状不連続部にレーザをあて、腐食の深さを測定するもので、光切断法はスリット状のレーザ光線を腐食面に斜めから照射したときに、腐食深さに対応して生じるスリット光のズレ量を測定し、孔食深さを測定する方法である。
- D 光切断法では、レーザ光線の入射角が浅い装置では測定精度を高くすることができる一方、開口径に比べ深さの小さな孔食ではきずの最大減肉部(頂点)にレーザ光線が当たらず深さを過小評価することがあるので、注意を要する。

【問27】 次の文は放射線検査の原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~Lより選択せよ。

放射線検査はX線又は(イ)線(以下、放射線という)の写真作用、蛍光作用及び(ロ)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。材質にあまり左右されず、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。広く用いられているフィルム撮影法は腐食部を撮影すると放射線の吸収係数が異なるため、放射線の(ハ)の差がX線フィルムの(ニ)として識別される。この(ニ)から腐食・エロージョンによる減肉などを観察する。配管の場合は、フィルム上の見かけの外径と公称外径から算出した(ホ)を用い、見かけの肉厚から補正して配管肉厚を求める。フィルムの(ニ)から腐食の分布状況を把握することもできる。保温材などで遮蔽されたノズル、バルブ及び配管の肉厚測定に適用されている。

A	B	C	D	化学	E	電離	F	分解	G	透過量
H	反応量	I	濃度差	J	感度差	K	拡大率	L	面積率	

【問28】 次のイ~ニの文は、クリープ損傷を非破壊検査を用いて損傷度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、初期硬さ(又は推定初期硬さ)からの低下量、低下比の関係から、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をレプリカなどに転写し、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ポイドやマイクロ亀裂の発生状況を観察し評価する。
- ハ Aパラメータ法は診断部位の組織をレプリカなどにより転写し、単位面積あたりに占めるポイドの面積を求め、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。
- ニ 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が評価される。

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

【問29】 次の表の中で、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として、適切な組合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	劣化損傷の種類	対象とする損傷の程度	検査方法
イ	C-0.5 鋼配管の水素侵食	粒界マイクロフィッシャー	磁粉探傷試験
ロ	12%以上のフェライト系ステンレス鋼トレイの475 脆化	脆化の程度	硬度測定
ハ	チタンチューブの水素脆化	脆化の程度	超音波音速比法
ニ	オーステナイト系ステンレス鋼配管の鋭敏化	鋭敏化の程度	EPR 法

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

【問30】 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)～(へ)内に最も適する語句を下記のA～I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。

ここで、“(イ)”とは、(ロ)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、当該液体の沸点(ハ)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43(ニ)で、かつ、耐圧試験中における当該液体の温度が常温(ホ)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(イ)を使用することが現実的でない場合は、(へ)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、対策すると共に、必要に応じ非破壊検査を行い安全性を確認しなければならない。

A 水などの安全な液体 B 空気、窒素などの気体 C 水 D 実ガス
E 以下 F 未満 G 以上 H 気体 I 目視検査

【問31】 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32】 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、正しい記述の組合せを下記の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なくてもよい。
- 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以上とする。
- 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 被試験体がフェラ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。

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

【問33】 次のA～Eの文の中で、フランジガスケットの管理方法の注意点として、設備管理上、最も適切な方法を記述しているものを選択せよ。

- A 平型金属ガスケット(メタルソリッドガスケット)を使用するフランジで、ガスケット当り面を横断する傷があったが、分解前は漏洩していなかったため、その状態で新しいガスケットに交換して復旧した。
- B 平型金属ガスケット(メタルソリッドガスケット)を使用するフランジで、前回の運転開始時に漏洩した実績があったため、接着剤をガスケット面に塗布して復旧した。
- C リングジョイントガスケットについては、機器・配管開放時にフランジを緩めた場合に検査を行い、当り面の健全性が確認できれば、再使用してもよい。
- D 渦巻形金属ガスケット及び平形金属被覆ガスケットについて、使用期間が5年以内であれば再使用しても良い。
- E 変形による漏れを防止するため、ガスケットシール材はフランジ接合面材質より硬度が高い材料の使用が望ましい。

【問 34】 次の文は運転変動時のフランジ締付力の変化を記述したものである。文中の(イ)～(ニ)内の語句A、Bで、正しいほうをそれぞれ選択せよ。

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(イ：A 大きく、B 小さく)なり、締付力が低下し、漏洩する可能性がある。通常の運転停止においては、一般的に徐々に温度を下げていくため、ボルトとフランジ本体の温度低下率はボルトのほうが(ロ：A 小さい、B 大きい)ため(ハ：A 緩み、B 締まり)勝手となる。しかし、電気系統トラブルを発端とした全停電等による緊急運転停止の場合、運転操作によっては、フランジ本体の温度低下率がボルトのそれを(ニ：A 上回る、B 下回る)場合があり、締付力の低下を招き、漏洩、火災にいたる事例報告が少なくない。

【問 35】 次表は締付管理方法の特徴と締付精度を比較したものである。表中の(イ)～(ニ)に該当する締付管理方法を下記のA～Gの方法より選択せよ。

締付管理方法	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
特 徴	最適軸力の基礎データ収集に便利であり、軸力設定値の変更も容易である。高温での測定は難しい。	所定の締付軸力に達すると、コントロールキャップが回らなくなるので、施工管理は容易である。	ボルト締付と軸力管理が同時にできる。ボルト片側にダブルナット分のつかみ長さが必要。	簡単な準備で締付作業ができる。
締付精度	±10%程度	工場加工精度は±5%とされているが、実行上は±10%程度	±10～20%程度	ナット/フランジ間の摩擦係数のばらつきで、誤差が大きい。

A トルク管理 B 超音波測定軸力管理 C ローターボルト D 皿バネ
 E ボルトテンショナー F 歪ゲージ法 G ダイヤルメータ法

【問36】 次の文はオーステナイト系ステンレス鋼に発生する損傷及び溶接上の留意事項について述べたものである。文中の(イ)～(ト)内の語句A～Cで、正しいものをそれぞれ選択せよ。

供用中のオーステナイト系ステンレス鋼に発生する代表的損傷としては、(イ)：A 塩化物 SCC、B 水素侵食)があり、石油精製装置のうち脱硫装置においてはポリチオン酸 SCC も発生する。ポリチオン酸 SCC の発生要因の一要素として、ステンレス鋼特有の(ロ)：A 鋭敏化、B 水素脆化)が挙げられる。この現象の防止のために(ハ)：A 脱水素処理、B 固溶化熱処理)が実施される場合もある。

オーステナイト系ステンレス鋼の溶接においては、オーステナイト単相のため結晶が(ニ)：A 細粒化、B 粗粒化)しやすく、また熱膨張係数が炭素鋼に比べ(ホ)：A 大きい、B 小さい、C 同等の)ため収縮応力が(ヘ)：A 大きい、B 小さい、C 同等である)ことなどの理由により、(ト)：A 高温割れ、B 低温割れ)が発生しやすい。

【問37】 次の文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述べたものであるが、文中の(イ)～(ト)内に最も適する語句を下記のA～Iより選択せよ。

溶接補修を計画するに当たっては、まず材質、溶接方法等の(イ)と供用期間や温度等の(ロ)を確認する。損傷形態を目視や非破壊検査により確認し損傷の(ハ)を行い、補修の可否について検討するため、欠陥発生部位、寿命消費率、劣化の程度等の(ニ)を実施する。

以上より更新も含めての補修計画を起案し、最も溶接性が高い案を採択し、補修要領を策定する。次に補修要領の概要を示す。

補修範囲の決定

(ホ)(水素吸蔵が懸念される場合に実施)

欠陥の除去及び欠陥除去部の非破壊検査による確認

補修溶接部の形状整形

予熱

(ヘ)

直後熱(強度の高い鋼の溶接時等)

(ト)

PWHT

(ト)

- | | | | |
|--------------|--------|----------|-------------|
| A 非破壊検査による検査 | B 溶接条件 | C クリーブ脆化 | D 欠陥(きず)の評価 |
| E 溶接補修 | F 運転条件 | G 原因推定 | H 脱水素処理 |
| I 脱脆化処理 | | | |

【問 38】 次の用語欄 及び用語欄 内の語句は、溶接や補修材料に関する用語を記述してある。用語欄 のイ～ヌに関連の深い用語を用語欄 のA～Oより選択せよ。

用語欄					
イ FFS	ロ SMAW	ハ TIG	ニ PQR	ホ FCAW	ヘ PWHT
ト 1.25Cr-0.5Mo 鋼		チ SUS 304	リ SPV 510	ヌ インコネル鋼	

用語欄					
A 低合金鋼	B マルテンサイト系ステンレス鋼	C 高 Ni 鋼			
D 溶接施工要領書	E 溶接施工法確認試験記録	F ティグ溶接			
G 被覆アーク溶接	H 高張力鋼	I オーステナイト系ステンレス鋼			
J 供用適性評価	K 溶接後熱処理	L 予熱	M フェライト系ステンレス鋼		
N フラックス入りワイヤーを使用した溶接法	O サブマージ溶接				

【問 39】 次の文は、焼戻し脆化現象とホットスタートの目的とを述べたものであるが、文中の（イ）～（ホ）内に最も適する語句を下記のA～J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 P、Sn、As、Sb などの不純物元素が結晶粒界に拡散偏析することにより、（イ）強度が低下し粒界破壊を伴う脆性破壊が生じやすくなる現象であり、鋼材に含まれる（ロ）に脆化の度合が強く依存している。また、不純物元素が粒界から粒内に（ハ）する約 580 以上の温度では、脆性が消失するという（ニ）脆化現象を呈することが特徴である。

焼戻し脆化量は破壊靱性値(衝撃値など) - 温度曲線により、新材に対する遷移温度の（ホ）として与えられる。

A 疲労	B 拡散移行	C 不純物元素濃度	D 上昇量	E 粒界
F 焼戻し	G 可逆的	H 絶対値	I 炭素量	J 凝集

【問 40】 ここに十分に不純物規制されて製作された圧力容器がある。与えられた機械試験結果を用いて最低加圧温度を算出し、下記 A ~ E より選択せよ。

なお、長期供用時の靱性変化度合の補正係数は 3.0 とする。

< 製作時の機械試験結果 >

材料 ; 2.25Cr-1Mo 鋼 (J-Factor 100 にコントロールされた場合の例)

機器製作時の FATT 実測値 * ; - 15.0

ステップクーリング試験から得られる FATT 上昇量 ; 8.0

常温引張強さ ; 557.9 MPa

供用される地域における気温 (年間平均) ; 15.0

* 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 ()

A - 15

B - 7

C 0

D 9

E 39

