

公益社団法人石油学会
2022 年度設備維持管理士
-配管・設備-

試験問題・解答用紙

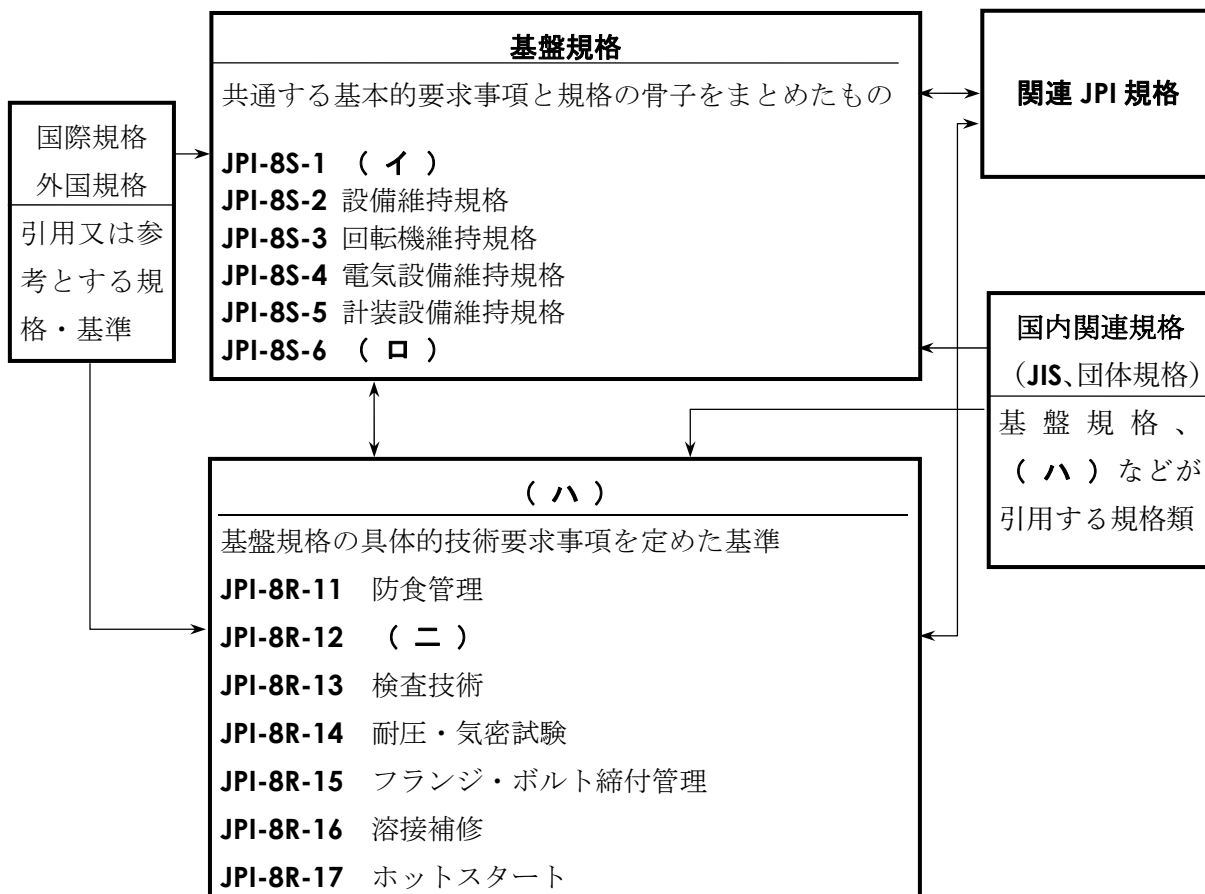
受験番号	(会場を○で囲む) 関東・関西	配管			
受験者氏名					
生年月日	1.昭和 年（西暦 年） 月 日生 2.平成				
就業業種	(番号記入)				

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）に当てはまる最も適切な用語又は規格のタイトルを A～K 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 圧力容器構造規格 | B 屋外貯蔵タンク維持規格 | C 配管維持規格 |
| D 冷凍機設備維持規格 | E 高圧容器規格 | F 共通技術基準 |
| G 共通維持基準 | H 供用適性評価 | I 一般基準 |
| J 劣化損傷の評価と対応 | K リスクマネジメント | |

問1	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	C	B	F	J

【問2】 次の A ~ D の文章は、設備維持規格（JPI-8S-2）で定義されている用語の説明である。下線部が正しいものは ○、誤っているものは × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 定期検査とは、設備、部品の余寿命を推定することを目的として実施する検査である。設備の外部は対象とせず、設備の内面及び耐圧部材内部を対象としている。
- B 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。
- 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。
- D 破壊検査とは、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”、“放射線透過試験”及び“機械的強度試験（引張り、曲げ、衝撃、疲労、クリープ試験など）”などがある。

問2	A	B	C	D
解答	×	○	○	×

【問3】 次の **A ~ D** 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。不適切な文章を1つ選択せよ。

- A** 設備内面の腐食・エロージョンの発生、進行状況は、設備内容物の腐食性だけでなく、設備の形状や運転条件（温度、圧力、流速など）にも影響される。
- B** 金属材料が腐食を受けると、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。
- C** 流速が遅く、腐食反応物などが沈殿堆積する場合には、その堆積物下では、保護皮膜の形成により、防食効果が発揮される。
- D** 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	C
解答	

【問4】 次の A ~ D の文章は、環境遮断材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 ○、誤っているものは × を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 環境遮断材の選択は、材料の耐食性、機械的特性、溶接性などを加味して決定する。運転条件の変更などの環境変化が生じなければ、環境遮断材の防食性能の維持状況を確認する必要はない。
- B オーバーレイやクラッドに割れを認めても、母材との密着性が高く腐食の懸念はないため母材の検査の必要はない。
- C ライニング／コーティングに割れやピンホールを検出した場合は、母材の腐食を懸念した母材の検査を行うとともに、ライニング／コーティングの補修を行う。
- D 耐食金属の溶射皮膜については、母材の露出の有無と錆の浮きだしの有無を確認するとともに膜厚測定を行う。

問4	A	B	C	D
解答	×	×	○	○

【問5】 次の表は、代表的な腐食・エロージョンの種類と注目すべき腐食減肉箇所との関係を示したものである。○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している。表中（イ）～（ヌ）のうち、○印に該当するものの組合せとして最も適切なものを、A～D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
高温硫化物腐食	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）	（ホ）
湿性硫化物腐食	○	○		○	
ナフテン酸腐食	○				
湿性塩化物腐食		○	○	○	○
水硫化アンモニウム腐食	○	○	○	○	
塩化アンモニウム腐食	○	○	○	○	
アミン腐食	（ヘ）	（ト）	（チ）	（リ）	（ヌ）
アルカリ腐食	○				
硫酸腐食	○	○			○
酸露点腐食		○	○	○	
炭酸腐食	○		○		
腐食・減肉の形態 (具体的な発生箇所)	エロージョン コロージョン による局部減 肉（高流速部、 乱流部、衝撃 部、流速加速 部、フラッシュ 部、スラグフロ ー・プラグフロ ー部、スラリ ー・固体移送 系)	堆積物下の局 部腐食（低流速 部、滞留部、流 速低下部、重合 物の発生部、析 出部）	温度変化によ る局部腐食（滞 留部、初期凝縮 部、偏流部、外 部からの冷却 部、局部加熱 部）	局部腐食〔異種 金属接触部、溶 接部（溶接金 属、HAZ）〕	局部腐食（気/ 液境界部など）

- | | | | |
|---|---------|---|---------|
| A | ロ、ホ、ヘ、チ | B | イ、ヘ、ト |
| C | イ、ハ、ニ、ト | D | ロ、ニ、チ、ヌ |

問5	B
解答	

【問6】 次の文章は、熱交換器内部品のうち、チューブバンドル管束部の目視などの検査について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に入れる語句として、適切なものを **A～C** 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。

<チューブバンドル管束部>

詰まり、腐食、損傷及び変形の有無を確認する。特に、次の箇所については留意する。

- ・（イ）……（隙間腐食、摺動損傷の有無を確認）
- ・（ロ）……（管内視鏡、シリンダーゲージ又はひっかき棒を用いて
インレットアタック、デポジットアタックなどの有無を確認）
- ・（ハ）……（隙間腐食、異種金属接触腐食の有無を確認）

- | | |
|------------------|---------------------------|
| A チューブ拡管部 | B チューブとチューブシート孔の隙間 |
| C バッフル貫通部 | |

問6	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	C	A	B

【問7】 次の **A ~ D** の文章は、設備維持規格（JPI-8S-2）に基づく構造設計上の配慮事項について述べたものである。文章が正しいものは ○、文章に誤りがあるものは × 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し、保温材を施工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** ダビットは、機器の取付部分において外面腐食の原因となることから、極力設置しない。
- C** 機器のスカートに耐火被覆を施す場合は、スカートの外面腐食防止のための錆止め塗装を省略することができる。
- D** シェル側流体が硫化水素を含んでいる多管式熱交換器は、フローティングヘッドカバーの締付ボルト・ナットには高強度材料を使用し、硫化物応力割れを防止する。

問7	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

【問8】 次の A ~ D の文章は、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 加熱炉チューブ（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。
- B 加熱炉チューブ（ラディエーション部）は火炎に面する側、また入口に近いほど腐食されやすいので必要に応じて測定点を追加する。
- C 重質油水素化脱硫・水素化分解装置の反応塔入口に設置されている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。
- D 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1つとして、定期的なチューブの外径測定がある。

問8	A	B	C	D
解答	○	×	×	○

【問9】 次の(1)～(4)の文章は、ボイラの検査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。

<ドラム検査>

- (1) (イ: A 煤の堆積箇所、 B 隅肉溶接箇所)では腐食が発生しやすいため、慎重に観察すべきである。
- (2) (ロ: A 気水の界面、 B 流入するノズル正面)付近では、エロージョンコロージョンが発生しやすいため、慎重に観察すべきである。

<チューブ検査>

- (3) (ハ: A 節炭器、 B 空気予熱器)チューブUベンド部ではエロージョンが発生しやすいため、慎重に観察すべきである。
- (4) (ニ: A スーツブロー噴流、 B 炉床下チューブ)近接部ではエロージョンが発生しやすいため、慎重に観察すべきである。

問9	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	A	B	A	A

【問10】 次の文章は、一般的な防食管理手法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。

<薬液などの注入>

石油精製プロセスにおいて、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（イ：**A 中和剤、 B 洗淨剤**）及び鋼材表面の腐食環境を遮断する（ロ：**A 皮膜剤、 B 分散剤**）の薬液が使用される。

<電気防食の適用>

埋設配管、海底配管などでは、電気防食の採用事例が多く、電気防食の方式には流電陽極方式及び外部電源方式があり、設備の腐食環境、構造などを考慮して採用されている。稼動開始後は定期的な（ハ：**A 防食電位、 B 自然電位**）の測定を継続する。

問10	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	A	A	A

【問11】次の A ~ D 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。下線部が正しいものは○、誤っているものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

<炭酸腐食>

- A 水素製造装置の炭酸ガス化・分離工程（変性系・脱炭酸系）ではスチームの凝縮によって炭素鋼・低合金鋼に腐食が発生する。
- B 炭酸水中の炭素鋼の腐食速度は、CO₂ ガス分圧が低くなるに伴って上昇する。

<高温硫化物腐食>

- C 高温状態にて主に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、水素化脱硫装置の反応系では、水素が投入される上流側に発生する。
- D 配管内の流速が低いと保護皮膜である硫化鉄皮膜が剥離し、腐食が進行する。

問11	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

【問12】次の A ~ D の文章は、滞留部及びスケール堆積部などの腐食の発生しやすい部位について述べたものである。より適切な文章を2つ選択せよ。

- A 滞留部がスチームトレースで加熱されていた場合、配管下部よりもスチームトレース近傍で流体中の塩分が濃縮して局部的に腐食することがある。
- B 流れの遅い配管系では、立上がり部や分岐部近傍の配管下部にスケールが堆積しやすく、スケール堆積部位では水分が蒸発して、腐食しやすい傾向にある。
- C ドレン抜き配管部は、長期間経過中に水分が滞留し腐食傾向にあるので、定期的なパージなどが望ましい。
- D オフサイトスロップ配管など広範囲に及ぶ配管は、間欠運転など、運転状況が異なる部分があるが、スケール堆積や腐食状況については一様となるため代表点検査が有効である。

問12	順不同	
解答	A	C

【問13】 次の文章は、変更に伴うトラブルと配慮事項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次の A～H より選択せよ。

トラブル内容	配慮事項
<p>【運転の変更】 配管のサービス変更に伴い保温が施工されたが、保温の仕様に関する検討が不十分であり、（イ）の防止を考慮した塗装等の選定が行われなかった。加えてサポート部に切り欠きがある状態で施工されたため、（イ）が進行し漏洩した。</p>	<p>（ロ）に保温を後付けする際は、配管の使用温度等から（イ）の発生環境であるか確認し、環境に適した塗装等を選定すること。また、施工の際は切り欠き部等を発生させないようにするか、シーล材による雨水浸入防止を図ること。</p>
<p>【設備の変更】 ラック上配管の小径ドレン配管において、作業性改善のためにドレンバルブを地上部に追設し、地上バルブで閉止管理した結果、ラック～地上部の間が滞留部となり、腐食が進行して漏洩に至った。</p>	<p>ドレン配管などのバルブ閉止位置を変更すると滞留範囲が変化するため（ハ）が変化する。作業性の改善などの小改造においても、保全部門と（ニ）で情報を共有化し、配管の運用方法や（ハ）の見直しの可否を検討する必要がある。</p>

A 内面腐食	B 外面腐食	C エロージョン
D 保安部門	E ステンレス鋼配管	F 運転部門
G 裸配管	H 検査ポイント	

問13	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	G	H	F

【問14】次の(1)～(4)の文章は、環境による割れ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) 水素誘起割れ(HIC)は硫化水素を含む湿潤環境下で使用されている炭素鋼において、鋼板の圧延方向に (イ： A 垂直、 B 平行) に発生する。
- (2) アミン応力腐食割れは石油精製装置で使用するアミン類(MEA、DEA、MDEA、DIPA など)の環境下で、特定の鋼種の (ロ： A 圧縮応力、 B 引張応力) が存在する箇所に発生する。
- (3) ポリチオン酸応力腐食割れは (ハ： A オーステナイト系、 B フェライト系) ステンレス鋼で、使用温度又は溶接過程において金属組織が鋭敏化することで発生する。
- (4) 硫化物応力割れは硫化水素を含む湿潤環境下で使用されている炭素鋼配管の溶接部などの硬度が (ニ： A 高く、 B 低く) なる部位で発生する。

問14	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	B	B	A	A

【問15】 次の（イ）～（ニ）の文章は、設備の信頼性向上に有益と判断される構造設計上の配慮事項例を述べたものである。正しいものは○、誤っているものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- （イ） 外面腐食防止の観点から、シューサポート部等の配管への保護板の取付は、断続溶接（タック溶接等）とすることが望ましい。
- （ロ） 水洗をせずに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熱処理を行う。
- （ハ） 安全弁行き配管は、下向きに取り出すなど、スケールが溜まりにくい構造とする。
- （ニ） フレキシブルホースを選定する際は、曲がり部の位置、数、長さ、変位量、最小半径等が、ホースの設計仕様内となるように留意する。

問15	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	×	○	×	○

【問16】 次の A ～ D の文章は、工事作業上の配慮事項例を述べたものである。不適切な文章を1つ選択せよ。

- A 隅肉溶接線などで検査用の下地処理を行う場合、グラインダー処理を行うと隅肉部を削りすぎる可能性があるため、バフ掛け処理を実施した。
- B 溶融硫黄やアスファルトなどの配管のフランジ開放に際して、固化させてから開放する際に、開放前にスチームトレースの停止のみ確認して開放した。
- C 可とう性のない配管に対する工事を行う際に、配管に有害な拘束外力を与える懸念のあるフランジの面間寸法不良があったため、面間調整を行った。
- D 可燃物が流出あるいは飛散して周辺設備や保温材に付着あるいは染み込んだため、配管・設備から付着油を完全に除去し、内部流体温度によらず油が付着した保温材は取り替えた。

問16	
解答	B

【問17】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。

- (1) **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、温度の（イ： **A 上昇、 B 降下**）又は圧力の（ロ： **A 上昇、 B 降下**）による物理的方法、亜硫酸ナトリウム又は（ハ： **A 次亜塩素酸ナトリウム、 B ヒドラジン**）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。
- (2) **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17	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	B	A

【問18】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。

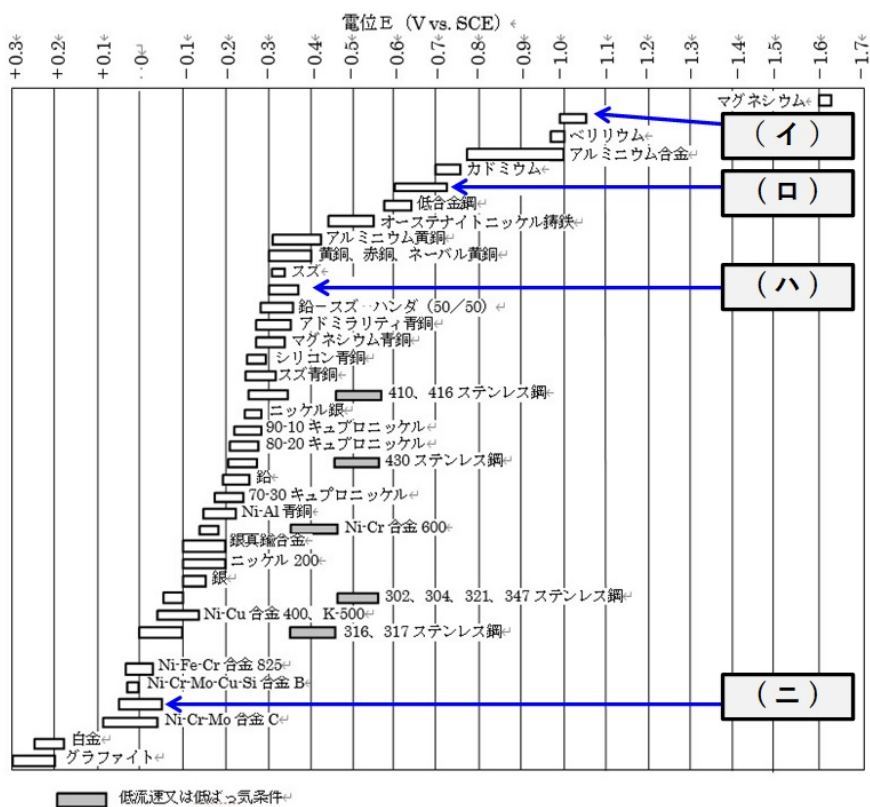


図 海水中における金属・合金の腐食電位列

F. L. LaQue, Marine Corrosion, John Wiley & Sons Inc, p.179 (1975)

A	炭素鋼、铸铁	B	亜鉛	C	チタン	D	銅
---	--------	---	----	---	-----	---	---

問18	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	B	A	D	C

【問19】 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系の露点温度算出までのステップについて述べたものである。(イ) ~ (ハ) に当てはまる最も適切な説明を、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。

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

(イ) → 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 → (ロ) → (ハ)

- A 原料油の持ち込み水量から、水のモル数を求める。
- 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。
- C 蒸気表から水の分圧値における水の沸点温度を求める。
- D 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。

問19	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	B	D	C

【問20】 次の **A ~ C** の文章は、ボイラの水に起因する障害を防止し、安全に、かつ効率よく運転するための水質管理の方法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** アルカリ処理は、ボイラ水の pH を主に水酸化ナトリウムとリン酸ナトリウムで調節する処理方法で、軟化水又は原水を給水とする低圧ボイラでは、腐食障害やスケール障害を防止するために、ボイラ水の pH を 9 以下で管理する。
- B** リン酸塩処理は、ボイラ水の pH をリン酸ナトリウムで調節する処理方法で、ヒドアウトが生じても遊離アルカリが発生しないよう、中・高圧ボイラにおけるボイラ水中のモル比 ($\text{Na}^+/\text{PO}_4^{3-}$) は 2.6~3.0 程度で管理する。
- C** 揮発性物質処理は、アルカリ腐食又はヒドアウト現象を防止するために、ヒドラジン、アンモニア、揮発性アミンなどの揮発性物質のみでボイラ水の pH を調節する処理方式で、リン酸塩処理に比較して蒸発管内のスケール付着が少ない。

問20	A	B	C
解答	×	○	×

【問21】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。
- B 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・海水の直流分解のいずれであっても効果は同じである。
- C 付着した生物の除去方法は、運転を一時停止して行う機械的掃除及び化学的掃除方法の他に、スポンジボール洗浄法があるが、付着直後の大型付着生物の除去はできない。
- 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、銅合金管では生物皮膜対策として増速処理を採用することはできない。

問21	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問22】 次の文章は、軽質油水素化脱硫装置の液・ガス分離系についての説明である。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。

軽質油水素化脱硫装置の液・ガス分離系は、エフルエントを未反応水素、液及び反応により副生されるガス分に分離するセクションである。この系で発生する防食上の問題点としては、以下のようなものがある。

水素誘起割れ 低温域での硫化水素は、腐食性が緩やかで一般には（イ： **A 炭素鋼、 B ステンレス鋼**）が用いられる。湿性硫化水素雰囲気では、水素誘起割れを防止する目的で、機器のシェルに（ロ： **A 低合金鋼、 B 耐HIC鋼**）を用いることがある。

水硫化アンモニウム・塩化アンモニウム腐食 生成した水硫化アンモニウム、塩化アンモニウムなどのアンモニウム塩の析出・堆積による閉塞防止や活性な腐食環境を緩和するため（ハ： **A 冷却、 B 水注入**）などの方策が、この系ではしばしばとられている。熱交換器チューブのように高速で流体が流れる部位や停滞部においてしばしば激しい腐食が発生する。腐食抑制のためには、流速管理や分離槽のドレン水の（ニ： **A 塩化アンモニウム、 B 水硫化アンモニウム**）の濃度管理が重要である。

問22	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	B	B

【問23】次の(1)～(4)の文章は疲労損傷に関し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) 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も材料の損傷が生じる現象であり、主に(イ：A 構造不連続部などの応力集中部、 B 冷間加工部)を起点として、材料表面を起点に発生する。
- (2) 材料の疲労特性を表すのに、(ロ：A 修正グッドマン線図、 B S-N 線図)が最も一般的に用いられるが、この線図は材料に作用する繰り返し応力と破断までの繰り返し数との関係を示したものである。
- (3) 疲労破壊を起さない限界の応力を疲労限度と呼び、通常、(ハ：A 7000回、 B 10⁷回)における破壊応力を用いることが多い。
- (4) 使用材料の平滑材の疲労限度は、材料の引張強度にほぼ比例しており、およそ引張強度の(ニ：A 1/2程度、 B 1/4程度)である。

問23	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	A	B	B	A

【問24】 次の **A ~ F** の文章は、チタンの水素脆化について述べたものである。最も適切なものを3つ選択せよ。

- A** 運転停止時に金属中に残留した原子状水素による脆化であり、常温付近での伸び・絞りが低下する現象である。
- B** 腐食などに伴う水素を吸収し、材料表面に水素化物を析出して脆化する現象である。
- C** 使用条件が70℃以下及び硫化水素濃度1wt%未満では問題ないが、それを超える場合は注意が必要である。
- D** 事例調査から、発生温度は硫化水素濃度にかかわらず30～65℃の範囲に多い。
- E** 起動停止時に水素が残留しないようなシャットダウン操作（脱水素操作）やホットスタートの検討を行う必要がある。
- F** 熱交換器チューブは、開放作業などにおいて外力が作用したときに、破断に至る場合があるため注意が必要である。

問24	順不同		
解答	B	C	F

【問25】 次の A ~ D の文章は、水素侵食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、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A 水素侵食は、高温高圧の水素雰囲気中で、鋼材に侵入した水素と鋼中の炭素との反応によりメタンが生成し、結晶粒界等にマイクロフィッシュが発生し、減肉及び材質劣化を起す現象である。
- B 水素侵食の評価は、運転温度及び水素分圧によって、ネルソン線図を用いて評価する。
- C C-0.5Mo 鋼については、ネルソン線図から管理曲線が削除されているため、Pv、Pwパラメータなどによる管理が必要である。
- D ネルソン線図は設備の使用実績に基づいてたびたび改訂されており、2016年には溶接後熱処理していない炭素鋼の限界条件が、損傷事例に基づいて見直されたため、最新の基準により評価する必要がある。

問25	A	B	C	D
解答	×	○	○	○

【問26】次の(1)～(3)の文章は、ポリチオン酸応力腐食割れの対策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。

- (1) ポリチオン酸応力腐食割れ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、(イ: A Ti又はNb、 B Mo又はW)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。
- (2) 装置停止中の機器の保管又は開放時においては、酸素侵入の防止や(ロ: A 湿潤状態の保持、 B 中和洗浄)などもポリチオン酸応力腐食割れの発生防止に有効である。
- (3) 安定化ステンレス鋼は、使用温度に応じて、運転中の鋭敏化防止を目的に溶接後に(ハ: A 安定化熱処理、 B 固溶化熱処理)を実施する。

問26	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	A	B	A

【問27】次の A ~ E の文章は、硫化物応力割れ (SSC) に関する事項を述べたものである。下線部が不適切な文章を2つ選択せよ。

- A **NACE MR0103** 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 は室温近傍が最も割れやすく、温度上昇とともに割れにくくなる。
- C 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、2相ステンレス鋼では発生しない。
- D 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の確認や溶接施工方法のチェックが有効である。
- E 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27	順不同	
解答	A	C

【問28】 次の(1)～(4)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。文中の(イ)～(ニ)に入れる語句として、最も適切なものをA～Hからそれぞれ選択せよ。なお、A～Hの語句の重複使用は不可とする。

- (1) 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(イ)な拡がりを持つきずが最も検出しやすい。
- (2) 磁粉探傷法は、表面の割れを検出する方法であり、携帯性、簡便性に優れているが、(ロ)には使用できない。
- (3) 放射線法はX線又は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、(ハ)撮影や他の検査手法により肉厚を確認する必要がある。
- (4) 浸透探傷法は、きずの表面分布状況が確認できるが、試験体及び検出するきずの種類によって適切な浸透温度と(ニ)を選択する必要がある。

A 平行	B 垂直	C 浸透時間	D 片肉
E 非磁性体	F 浸透圧	G 2方向	H 磁性体

問28	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	B	E	G	C

【問29】 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（HIC）の評価方法は HIC 発生面積率などで評価されており、超音波垂直探傷法が適用されている。
- 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、超音波透過法が適用できる。
- D 水素脆化によるオーステナイト系ステンレス鋼でオーバーレイ溶接の剥離は内面からの超音波垂直探傷法が有効であるが、外面から確認しても、管理上の問題は無い。

問29	A	B	C	D
解答	○	○	×	○

【問30】次の A ~ D の文章は、多管式熱交換器チューブ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 渦流探傷法は検査速度が速く、全数検査が可能といった長所を有している。また、内外面の損傷に適用することができる。
- B 超音波水浸法は、内外面損傷を同時に計測でき、測定値の精度が高い。特に、針状の孔食など面積が小さい損傷に適用することができる。
- C アルミナイズを施したチューブをサンプリングする場合、表面層のバラツキが多いことを考慮し、検査抜き取り率を検討する。
- D レーザ形状測定法を用いて孔食を計測する場合、開口幅が狭いと過大評価することがあるので、検査前の内面目視確認が有効である。

問30	A	B	C	D
解答	○	×	○	×

【問31】 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** 電位差分布測定法は防油堤貫通部の減肉状況やき裂深さを推定することができるが、内面腐食か外面腐食かの判別が不可であることに注意する。
- C** 低周波電磁誘導法は長大配管の全長検査に用いられ、全体の減肉傾向を把握できるが、表面状態（錆こぶ、防食テープなど）の影響が大きいことに注意する。
- D** 周方向超音波透過法は配管を吊り上げることなく、配管架台接触部の検査が可能であるが、減肉率が60%を超えると推定される箇所については、判定精度が低下することに注意する。

問31	A	B	C	D
解答	○	○	×	○

【問32】 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、A～Fの語句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2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、オーステナイト系ステンレス鋼溶接部がシグマ相に変態した分だけ磁性(フェライト量)が減少することを利用した(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 磁気検査法 | F 超音波水浸法 |

問32	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	B	C	A	E

【問33】 次の **A ~ D** の文章は、供用中設備の耐圧試験について述べたものである。文中の下線部において適切な記述が含まれているものを2つ選択せよ。

- A** 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る。また、試験を行う場所及びその付近は、よく整頓して、緊急の場合の避難に支障がないようにする。特に耐圧試験の昇圧過程及び試験圧力に保持されている間は、周囲の人との間に保安距離を確保する必要がある。
- B** 試験に使用する圧力計は、1年以内に校正済みのもので、目盛盤の径は100mm以上、圧力計の最大指度は、試験圧力の3~5倍のものとする。
- C** 逆止弁が加圧範囲内にある場合は、逆止弁の上流側から昇圧及び降圧する。
- D** 圧力は常に安全な場所から読み取る。それが難しい場合は、対策の1つとして圧力センサーを使用して遠隔で測定する安全対策を講じる。

問33	順不同	
解答	A	D

【問34】 次の文章は、供用中の圧力容器及び配管の耐圧試験及び判定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) 液体による耐圧試験では、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、規定の試験圧力まで昇圧し、規定の時間保持した後、圧力容器に関しては
（イ： **A** 常用圧力、 **B** 大気圧）、配管に関しては
（ロ： **A** 常用圧力、 **B** 大気圧）まで圧力を下げて、この圧力において漏れ、局所的な膨らみ伸びなどの異常の有無を確認し、異常のない場合に合格とする。
- (2) 気体による耐圧試験（気圧試験）では、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、規定の試験圧力まで昇圧し、規定の時間保持した後、圧力容器に関しては
（ハ： **A** 常用圧力、 **B** 大気圧）、配管に関しては
（ニ： **A** 常用圧力、 **B** 大気圧）まで圧力を下げて、この圧力において漏れ、局所的な膨らみ伸びなどの異常の有無を確認し、異常のない場合に合格とする。

問34	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	A	B	A

【問35】 次の文章は、供用中静機器の耐圧試験における圧力について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内に当てはまる最も適した語句を下記の A～H より選択せよ。

- (1) 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（イ）の1.5倍以上（気圧試験圧力は（イ）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つては、液体を使用する耐圧試験圧力は（イ）の（ハ）（気圧試験圧力は（イ）の1.1倍以上）とする。
- (2) 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（ニ）の90%を超えてはならない。

- A 設計圧力 B 常用の圧力 C 1.3倍 D 1.25倍 E 1.0倍
 F 許容応力 G 引張強さ H 降伏点又は0.2%耐力

問35	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	B	D	C	H

【問36】 次の（イ）～（ニ）の文章は、ガスケットの確認について述べたものである。文章が正しいものは○、文章に誤りのあるものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- （イ） リングジョイントガスケットは、その種類によらず開放時にすべて新規のガスケットを使用しなければならない。

- （ロ） 使用するガスケットが、仕様（レーティング、サイズ、型式、材質、硬度等）に適合していることを確認する。

- （ハ） ガスケットの表面に有害なきず又は異物などの付着がないことを確認する。

- （ニ） ガスケットペーストを使用する場合は、仕様が適合していることを確認し、ガスケットに均一に厚く塗布する。

問36	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	×	○	○	×

【問37】 次の A ~ D の文章は、ボルトの締付力（下限）の計算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含む文章を1つ選択せよ。

- A 必要締付力（下限）は、圧力容器の構造 - 一般事項（JIS B 8265）で規定された必要締付力×（安全率）×（リラクゼーションファクター）により算出する。
- B y 値（ガスケットの最小設計締付圧力）が大きいほど、 $Wm2$ （ガスケット締付時に必要な最小のボルト荷重）は大きくなる。
- C 圧力容器の構造 - 一般事項（JIS B 8265）の必要締付力は、 $Wm1$ （使用状態における必要な最小のボルト荷重）と $Wm2$ （ガスケット締付時に必要な最小のボルト荷重）のいずれか大きい方の値とする。
- D m 値（ガスケット係数）が小さいほど、また、圧力が高いほど、 $Wm1$ （使用状態における必要な最小のボルト荷重）は大きくなる。

問37	D
解答	

【問38】 次の A ～ C の文章は、供用後設備の溶接施工における配慮事項に関して記述したものである。最も適切な文章を1つ選択せよ。

- A 長時間使用で脆化した材料の溶接補修に際しては、溶接前に脱脆化を目的とした熱処理が有効であり、炭素鋼及び Cr-Mo 鋼における水素侵食は、熱処理により溶接性を回復させることができる。
- B 開先面及び開先部付近は、溶接に先立ち、油脂、不純物、水分などを完全に除去する。オーステナイト系ステンレス鋼の場合、清浄作業に炭素鋼製のワイヤーブラシを用いるともらい錆の原因となるため、亜鉛メッキ鋼線のワイヤーブラシを使用する。
- C 溶接機器の設置場所及びアースのセット位置の環境についても火気使用場所としての管理が必要であり、アースをセットする際は、アースピースの錆や汚れを除去し、十分な接地面積を確保したうえでアースクランプを固定する。

問38	C
解答	

【問39】 次の **A ~ D** の文章は、溶接後熱処理 (PWHT) に関連する内容について述べたものである。文章が正しいものは **○**、文章に誤りがあるものは **×** を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A** 厚肉炭素鋼、高張力鋼、**Cr-Mo** 鋼など硬化しやすい材料は、水素による遅れ割れが懸念される。これらの材料の溶接では、溶接終了後 **PWHT** を実施することが困難な場合は、速やかに直後熱を実施することで代替とすることができる。
- B** 炭素鋼及び低合金鋼は、**PWHT** により強度低下を生じる。**PWHT** 1 回あたりの強度低下は焼戻しパラメータを用いて推定できるが、このパラメータは熱処理条件の加熱温度と加熱時間の関数である。
- C** フェライト系ステンレスクラッド鋼の溶接部は、共金系の溶接を使用する場合を除いて **PWHT** を行う。
- D** **PWHT** の代替法には、テンパービード法、**Ni** 系溶接材による溶接、ショットピーニングによる残留応力の緩和がある。

問39	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問40】 次の文章は、ビードオンテストによる溶接性確認方法について述べたものである。文中（イ）にあてはまる最も適切なものを下記の A ～ F より1つ選択せよ。

使用材料の経年劣化により溶接性の低下が予想される場合には、次に示すビードオンテストによる溶接性確認方法が有効である。ただし、この方法では溶接拘束条件が厳しくな
 いため、溶接補修部の拘束が厳しくなる場合には注意が必要である。

- a) 溶接補修対象部又はその周辺に約 100mm 長さのビードを置く。
- b) 浸透探傷試験又は磁粉探傷試験を行う。
- c) 欠陥が検出された場合、次のような改善策を検討し、再試験を行う。
 - ・ 予熱、電流、入熱などの溶接条件の変更
 - ・ ピーニング等による溶接補修部の応力緩和
 - ・

（イ）

- d) 改善策をとっても欠陥が防止できない場合には、溶接補修を断念し、他の処理方法を検討する。

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> A 焼戻しパラメータの考慮 C 当て板等による漏洩防止策の検討 E 気密試験による気密性の確認 | <ul style="list-style-type: none"> B コーティングによる環境遮断の実施 D 溶接性改善のための熱処理 F 非破壊検査手法の見直し |
|---|---|

問40	D
解答	

【問41】次の A ~ D の文章は、焼戻し脆化について述べたものである。不適切な文章を1つ選択せよ。

- A 焼戻し脆化は、低合金鋼を約 360～575℃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。
- B 焼戻し脆化は常温付近で問題となる脆化であり、運転温度では脆性破壊は問題とならない。
- C 焼戻し脆化は、2.25Cr-1Mo 鋼及び 3Cr-1Mo 鋼で脆化感受性が最も高い。
- D 焼戻し脆化量の試験評価方法として、金属組織観察法が有効である。

問41	D
解答	

【問42】 次の(1) ~ (3)の文章は、破壊力学的アプローチによる最低加圧温度の設定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。

- (1) 応力拡大係数 K_I は、破壊に関与するき裂先端の応力場の大きさを表す力学的パラメータであり、き裂寸法の (イ: A 2乗、 B 1/2乗) に比例する。
- (2) 材料の破壊靱性値 K_{Ic} としては、経時脆化データとして蓄積が豊富な (ロ: A シャルピー衝撃値、 B ビッカース硬さ) からの換算値を用いることができる。
- (3) 最低加圧温度の設定にあたっては十分安全側になるよう、(ハ: A $K_I/K_{Ic} < 1$ 、 B $K_I/K_{Ic} > 1$) を満足し、かつ適切な安全率を確保した温度とする必要がある。

問42	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	B	A	A