

公益社団法人石油学会
2018 年度設備維持管理士
-配管・設備-

試験問題・解答用紙

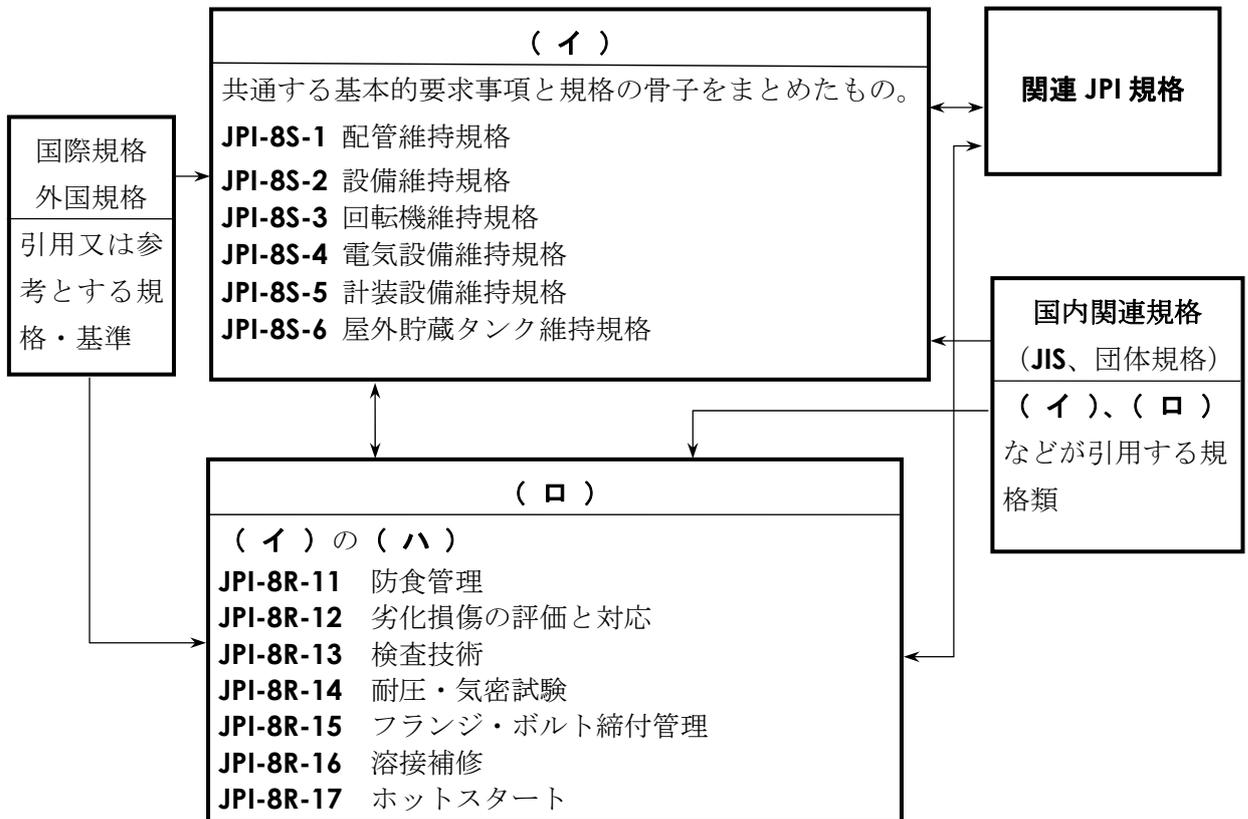
受験番号	(会場を○で囲む) 関東・関西	配管			
受験者氏名					
生年月日	1.昭和 年（西暦 年） 月 日生 2.平成				
就業業種	(番号記入)				

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】 次の図表は、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）～（ハ）に当てはまる最も適切な用語を次のA～Gより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

図.設備維持規格体系の概念



- | | | | |
|--------------------------|---------------------|---------------|---------------|
| A 共通技術基準 | B 共通維持基準 | C 基盤規格 | D 一般規格 |
| E 法的要求事項を定めた基準 | F 共通する一般要求事項 | | |
| G 具体的技術要求事項を定めた基準 | | | |

問1	イ	ロ	ハ
解答	C	A	G

【問2】 次の **イ** ～ **ニ** の文章は、定期検査終了後に実施する総合気密試験について述べたものである。文章が正しいものは○、誤りのあるものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- イ** 構造的に加圧できない機器、逆止弁により圧力がかからない部位及び安全弁に直接圧力がかかるなどの不都合がある場合は、当該機器又は部位を総合気密試験範囲とは分離し、ブロックテストを行う。
- ロ** ホットスタートを行う系（脆性破壊の恐れのあるリアクター系など）は、実流体を使って総合気密試験を行ってはならない。
- ハ** 昇圧の過程で漏洩を発見した場合は、増し締め可否、昇圧の停止・脱圧の要否を検討の上、速やかに必要な処置を行う。
- ニ** 試験媒体は、窒素などの危険性のない気体とする。ただし、設備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。

問2	イ	ロ	ハ	ニ
解答	○	×	○	○

【問3】 次の**A～G**の語句は、塔槽の本体およびノズルにおける腐食・エロージョン検査の着目点である。エロージョンやエロージョンコロージョンが発生しやすい箇所として最も適切なものを**A～G**の中から3つ選択せよ。

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| A 異種金属の接合境界部 | B 液滴を含む気体の流路 |
| C 凝縮が起こる箇所 | D マンホールおよび流れがないノズル |
| E 渦の発生するノズル近傍 | F 気液の界面付近 |
| G 流体入口ノズル正面の胴・鏡板 | |

問3	順不同		
解答	B	E	G

【問4】 次の文章は、加熱炉の運転中検査と加熱炉チューブのコーキングの検査について述べたものである。次の文章（イ）～（ニ）の正誤の組み合わせを次のA～Eより選択せよ。

- (イ) 加熱炉内のチューブスキン温度の監視をくまなく行うため、定期的に、放射温度計による測定を実施する。
- (ロ) 火炎が直接チューブに当たっていると懸念される場合は、直ちに運転上の改善を図るとともに、局部的に過熱されたチューブは引張り強さ及び靱性の低下が起こることがあるため、開放検査時に当該チューブの材質劣化に関する検査を計画する。
- (ハ) のぞき窓から、火炎の状態、ホットスポットの有無、異常振動の有無、輻射部の管の曲り、変色、汚れ状況等を確認する。
- (ニ) コーキングの検査及びクリーニングの実施時期を計画する際は、コークは付着しだすと堆積厚さに依存し、加速度的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。

A	イ	正	ロ	正	ハ	正	ニ	正
B	イ	誤	ロ	正	ハ	誤	ニ	誤
C	イ	正	ロ	正	ハ	誤	ニ	誤
D	イ	正	ロ	誤	ハ	正	ニ	正
E	イ	正	ロ	正	ハ	正	ニ	誤

問4	A
解答	

【問5】 次の文章は、石油精製事業所内で使用される設備等に発生する腐食・エロージョンについて述べたものである。次のA～Dの中から下線部に不適切な記述を含む文章を2つ選択せよ。

- A ナフテン酸腐食は、主に常圧蒸留装置の加熱炉入口までの予熱系の配管で発生する。
- B 水素化脱硫、脱窒素反応などにより反応塔生成油中に生じた硫化水素とアンモニアが水酸化アンモニウムとなり、冷却の過程にてエフルエントクーラーなどに析出し、閉塞や腐食を引き起こす。
- C 異種金属接触腐食は、二つの異なる金属が電解質中で電気的な接触により電位差を生じ、より貴な電位の金属の腐食が促進される現象である。
- D バナジウムアタックは、重油を燃料に使用する加熱炉及びボイラのチューブ、各種金具、バーナーノズルなどの内部部材に燃焼灰が付着し、灰の熔融温度域で発生する。

問5	順不同	
解答	A	C

【問6】 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策をまとめたものである。表中の（イ）～（ニ）に入れる劣化損傷として、最も適切なものをA～Gからそれぞれ選択せよ。なお、用語の重複使用は不可とする。

表. 各種劣化損傷に対する検査、評価方法及び損傷防止策

劣化損傷の種類	検査方法	評価方法及び損傷防止策
(イ)	磁粉探傷/浸透探傷法 超音波法 金属組織検査法 切り粉分析法 電気抵抗法	鋼種別感受性評価 CEF (Creep Embrittlement Factor) による評価 脆化促進元素低減材の採用 構造的連続部の形状改善
(ロ)	切り粉分析法 電気抵抗法	J-factor、 $\bar{\alpha}$ 係数による評価 起動、停止時の系内温度管理
(ハ)	浸透探傷法 超音波法 金属組織検査法	フェライト系ステンレス鋼の採用 2相ステンレス鋼の採用 コーティングの実施
(ニ)	磁粉探傷/浸透探傷法 超音波法 金属組織検査法	硬度対割れ感受性評価 低強度材の採用 応力除去焼鈍の実施 コーティング/溶射の実施

A 塩化物応力腐食割れ	B 水素誘起割れ
C 硫化物応力割れ	D 475℃脆化
E クリープ損傷	F 焼戻し脆化
G クリープ脆化	

問6	イ	ロ	ハ	ニ
解答	G	F	A	C

【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1つ選択せよ。

- A** ドラム検査において、煤、灰の堆積箇所では腐食が発生し易いため、慎重に観察すべきである。
- B** チューブ検査において、過熱器チューブUバンド部では腐食が発生し易いため、慎重に観察すべきである。
- C** 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、摩耗が発生し易いため、慎重に観察すべきである。
- D** ドラム検査において、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易いため、慎重に観察すべきである。
- E** ドラム検査において、気水の界面付近では、エロージョンコロージョンが発生し易いため、慎重に観察すべきである。

問7	E
解答	

【問8】 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～Jからそれぞれ選択せよ。なお、用語の重複使用は不可とする。

1) 防食運転の有効性の確認

- ・Kp値（（イ）×（ロ））の監視
- ・凝縮水の（ハ）濃度の監視

上図の高压分離槽廃水から凝縮水のサンプリングを行い、塩化物濃度、硫化物濃度、PH、アンモニア濃度、鉄イオン濃度、シアン化合物濃度等を分析する。（ハ）濃度は水注入による（ニ）のガイドラインとなり、2wt%以下の濃度では腐食が生じないといわれる。

- | | | | | | | | |
|---|----------------------|---|----------------------|---|-----------|---|----------------------|
| A | mol%H ₂ S | B | mol%H ₂ O | C | mol%HCl | D | mol% NH ₃ |
| E | リン酸 | F | 希釈 | G | 水硫化アンモニウム | H | 堆積スケール |
| I | 温度調整 | J | 硫化水素 | | | | |

問8	順不同		ハ	ニ
	イ	ロ		
解答	A	D	G	F

【問9】 次の文章は、石油精製事業所内における熱交換器チューブの検査に際して留意すべき事項を記したものである。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。

- ・内部流体が循環式冷却水の場合、熱交換器出口の水温の（**イ**：**A** 高い、**B** 低い）チューブ、流速が極端に遅い又は早いチューブに留意する必要がある。
- ・高温硫化物腐食、アルカリ腐食環境などでは（**ロ**：**A** 低温部、**B** 高温部）を選定し、湿性塩化物腐食環境、炭酸腐食環境などでは（**ハ**：**A** 凝縮部、**B** 気相部）を選定する必要がある
- ・内部流体が海水で銅及び銅合金チューブの場合、鉄イオン注入を行っているが、レイアウト上、鉄イオン注入部から（**ニ**：**A** 遠い、**B** 近い）位置に設置されている熱交換器は、鉄イオン被膜が緻密にならない恐れがある点に留意する。

問9	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	A	A

【問 10】 次の文章は、運転中のモニタリングについて述べたものである。文中の（イ）～（ニ）に、最も適切な語句を次のA～Hより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- a) **運転条件のモニタリング** （イ）などの運転条件及び塩素、（ロ）などの腐食因子濃度を連続的又は定期的に観測することによって腐食・劣化環境を把握し、設備の腐食・劣化状況を推定するために行う。
- b) **防食措置の有効性のモニタリング** （ハ）のような防食対策が施されている場合、防食電位や防食剤濃度などを連続的又は定期的に観測することによって、防食対策が適正に実施され、期待された効果を発揮しているかどうかを監視するために行う。
- c) **設備等の腐食・劣化状態のモニタリング**
- － 超音波厚さ計による肉厚測定など、運転中に非破壊検査技術を利用して直接的に設備等の腐食・劣化の進行状況を把握するために行う。
 - － （ニ）、電位差法、テストクーポン法などのセンサーを利用して流体の腐食性を監視するとともに、AE（アコースティックエミッション）及び赤外線カメラを用いて、連続的又は定期的に監視を行い、間接的に設備等の腐食・劣化の進行状況を推定するために行う。

- | | | |
|-----------------|----------|--------------|
| A 振動計 | B 水素 | C 硫化水素 |
| D 電気抵抗法（コロゾメータ） | E 渦流探傷法 | F 運転温度、圧力、流速 |
| G 防食剤の注入や電気防食 | H コーティング | |

問 10	イ	ロ	ハ	ニ
解答	F	C	G	D

【問 11】 次の各説明は、配管内面の腐食及び劣化損傷について、構造設計上の配慮事項例を述べたものである。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) 薬液注入箇所は薬液による注入部近傍本管の (イ : **A 局部 B 全面**) 腐食、注入部下流エルボの腐食などが生じるおそれがあるため、インナーノズルの採用、インナーノズルの構造、ノズル取付位置など防食を考慮した設計を行う。
- (2) 本管から小口径の取出し配管（計装用など）でシールポットなどの重量を持った容器を設置する場合は、本管の振動が増幅されて伝達されるため、適切な (ロ : **A ステージ B サポート**) を設置する。
- (3) 構造上液封状態となっている配管系の内圧が昼夜の温度差などにより変動し、ガスケットが破断した事例がある。このような配管系には、(ハ : **A 逆止弁 B 逃し弁**) を設ける等、液封対策を実施する。
- (4) スチームトレース等による加温配管は、配管内部流体が停止すると配管温度が (ニ : **A 上昇 B 低下**) し、より大きな熱伸びが発生することに留意する。

問 11	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	B	A

【問 12】 次のイ～ニの文章は、配管滞留部及びスケール堆積部で発生する腐食について述べたものである。下線部の文章が正しいものは○、誤りのあるものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- イ 通常運転時に他端が閉止状態にある枝管やクーラー出入口ヘッダー両端のキャップ部などで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特異な流れ状態となっていることが多く一様な腐食となる。
- ロ 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、腐食しやすい傾向にある。
- ハ 滞留部がスチームトレースで加熱されていたために、配管下部よりもむしろ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ため注意が必要である。
- ニ 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、定期的なパーズなどが望ましい。

問 12	イ	ロ	ハ	ニ
解答	×	×	○	○

【問 13】 次のイ～ホの文章は、保温材下腐食などが発生し易い配管の例である。正しいものは○、誤りであるものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- イ スチームトレース配管の腐食や損傷による開口で湿潤環境になった配管
- ロ 大雨、高潮などによって冠水した配管
- ハ 内部流体温度が 150℃を超え、間欠運転や滞留部のない配管
- ニ 保温施工された遊休配管
- ホ 65℃未満で運転されているオーステナイト系ステンレス鋼配管

問 13	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	○	○	×	○	×

【問 14】 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）に最も適切な語句を次のA～Iより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

トラブル内容	配慮事項
<p>【運転の変更】 連続再生式接触改質装置で使用する触媒を変更した結果、触媒を循環させる触媒移送ガス量が増えたことで触媒による（イ）が助長され、触媒移送管が開口した。</p>	<p>使用する触媒を変更する前に、変更に伴う運転状況の変化に関して（ロ）と（ハ）が共同で変更管理を実施し、フォローアップを確実にこなう。を強化する。</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、スケール堆積下の湿性硫化物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と（ニ）が変化する。作業性の改善などの小改造においても、（ロ）と（ハ）で情報を共有化し、配管の運用方法や（ニ）の見直しの要否を検討する必要がある。</p>

A 反応	B 腐食	C エロージョン
D 保安部門	E 保全部門	F 運転部門
G バイパス	H 検査ポイント	I 検査周期

		順不同		
問 14	イ	ロ	ハ	ニ
解答	C	F	E	H

【問 15】 次の文章は、環境による脆化及び割れ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、最も適切なものを次のA～Hより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- (1) 塩化物応力腐食割れの検査の対象は、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）ステンレス鋼配管となる。
- (2) 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、特定の鋼種の（ロ）が存在する箇所に発生する。炭素鋼配管の溶接部で（ハ）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。
- (3) 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、特定の鋼種の（ロ）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、（ニ）、（ハ）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 引張応力 |
| D 圧縮応力 | E 圧力 | F 温度 |
| G 応力除去焼鈍 | H 保温 | |

問 15	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	C	G	F

【問 16】 次の文章は、配管工事作業上の配慮事項例を述べたものである。イ～ニの中から不適切な記述がある文章を1つ選択せよ。

- イ 運転中など残圧の可能性がある状態でフランジを開放する場合、開放するフランジ上流のバルブの閉止や圧力の状態を確認するなどの適切な措置を行うことが大切である。
- ロ 配管内（特に、エキスパンション（伸縮継手））の滞油処理を行う際には最下部から油抜きを行わないと多量の油が残る可能性はあるが、配管の取り外しを行う際は、十分な油抜きと油受け養生等の流出防止対策は不要である。
- ハ 高温配管の保温材を剥離して検査等を実施する場合は、耐熱シートや難燃シートに油が付着していないことを確認する。
- ニ 外面腐食部への処置（防食塗装、防食テープ施工等）を行う場合には、確実なケレンを行った上で施工する。ケレンが不十分なまま防食テープを施工し、不具合となった事例がある。

問 16	
解答	ロ

【問 17】 次の文章は、CUI（保温材下外面腐食）の原因である水膜の形成と、CUI の加速要因の 1 つである温度について述べたものである。文中の（イ）～（ホ）内の語句 A、B のうち、適切な方をそれぞれ選択せよ。

*** 温度**

- 腐食にとっては（イ： **A 運転温度よりも配管表面温度 B 配管表面温度よりも運転温度**）の方が重要である。
- （ロ： **A 高い B 低い**）運転温度は腐食反応を加速する。しかし（ロ）温度になるに伴い水膜の（ハ： **A 保持力 B 酸素溶解度**）が低下する為に、その効果は単調な増加とはならない。
- このため大気開放系の水中での腐食速度は室温から温度の（ニ： **A 上昇 B 下降**）とともに増加し、（ホ： **A 150℃ B 80℃**）で腐食速度の極大を示す。

問 17	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	A	B	A	B

【問 18】 次の表は、中高圧ボイラの各種障害をまとめたものである。表中の（イ）～（ホ）に入れる語句として、最も適切なものを以下の A～H からそれぞれ選択せよ。なお、A～H の選択肢の重複使用は不可とする。

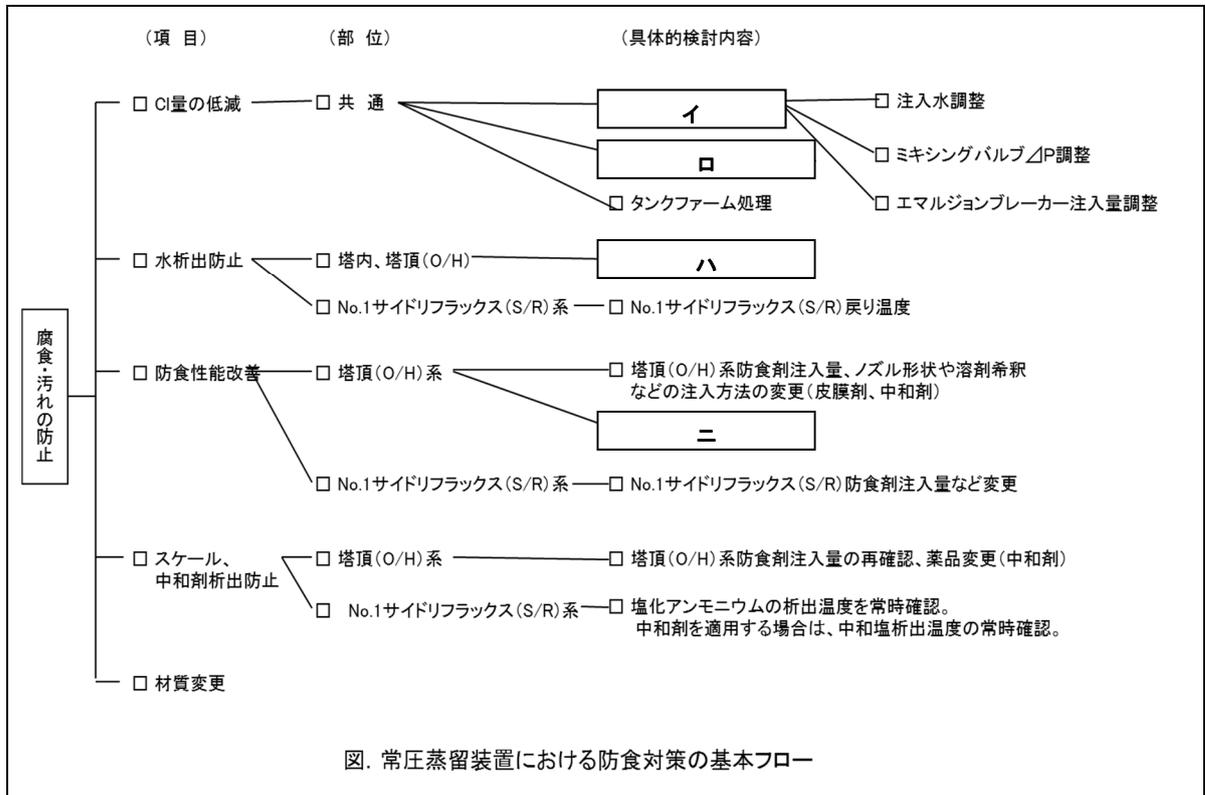
表 中・高圧ボイラの各種障害

原因項目	障害の現象	障害の原因
① （イ）障害	・鉄などの金属酸化物が熱負荷の（ハ）部分に付着し、管が膨出、破裂する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラ用水の汚染と樹脂の汚染。 ・前処理装置の不調による金属水和物（例えばアルミフロック）又は樹脂の持ち込み。 ・給水、復水系の腐食生成物のボイラへの持ち込み（復水系の腐食、熱交換器の腐食）。 ・製造プロセスからの不純物の漏えい。
② 腐食障害	<ul style="list-style-type: none"> ・高濃度の（ニ）によって腐食が発生する。 ・溶存ガスによって、給水、復水系の配管、熱交換器に腐食が発生する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・pH などのボイラ水処理管理の不備。 ・純水製造装置（特に、2床3塔型）からの Na イオンリークによるボイラ水 pH の上昇。 ・ボイラ停止又は保缶中の処理の不備。
③ （ロ）障害	<ul style="list-style-type: none"> ・過熱器が膨出又は破損する。 ・タービン翼ヘスケールが堆積しタービン効率が低下する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・給水処理装置の不調又は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。 ・ボイラ水の（ホ）管理の不備。 ・負荷の急変。 ・製造プロセスからのボイラへの不純物の混入。

A	キャリーオーバー	B	スケール	C	高い
D	低い	E	酸	F	アルカリ
G	ブロー	H	ヒドラジン		

問 18	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	A	C	F	G

【問 19】 次の図は、常圧蒸留装置における防食対策の基本フローを示したものである。図中の **イ** ~ **ニ** に入れる語句として、最も適切なものを **A** ~ **D** よりそれぞれ選択せよ。なお、語句の重複使用は不可とする。



- | | |
|--------------------|-------------------------|
| A 洗浄水量の適正化 | B 脱塩原油への NaOH 注入 |
| C デソルター運転改善 | D 塔頂 (O/H) 露点管理 |

問 19	イ	ロ	ハ	ニ
解答	C	B	D	A

【問 20】 次の文章は、水素化脱硫装置で発生する水硫化アンモニウム腐食及びその事例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。

重質油水素化脱硫装置の液・ガス分離系では、アンモニウム塩が析出し閉塞及び腐食を招く。アンモニウム塩による腐食は、その濃度と流速によって熱交換器チューブ及び配管に局部的な異常腐食を起こす。この腐食は、保護作用のある（イ：**A 硫化鉄被膜 B 酸化鉄被膜**）が水硫化アンモニウムとの反応により剥がれるため発生するといわれている。

なお、長期間使用した配管に比べ比較的新しい配管で激しい腐食が発生した下記のような事例がある。

（事例）2017年1月、和歌山県の製油所において、水素化脱硫装置の高圧低温分離槽下流のガス配管が、水硫化アンモニウム腐食により穿孔して可燃性ガスを噴出し、火災が発生した。調査結果、原料油の（ロ：**A 重質化 B 軽質化**）に伴い、（ハ：**A 水分 B 硫化水素**）濃度、（ニ：**A 塩素 B アンモニア**）濃度が徐々に増加し、特に2014年設置配管で高い腐食速度になっていたことが判明した。その原因は、腐食により生成された被膜の種類の違いによる可能性がある。（石連事故事例報告 保安 No.549）

問 20	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	B	B

【問21】 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。
不適切な記述を含む文章を一つ選択せよ。

- A アルカリ SCC は、一定のアルカリ濃度及び温度以上で使用される炭素鋼やオーステナイト系ステンレス鋼などにおいて発生する。
- B 炭素鋼については、損傷防止対策として、溶接部の応力除去焼鈍の有効性が確認されている。
- C 応力除去焼鈍していない炭素鋼製設備のアルカリ SCC 対策として、運転停止時のスチーミング（スチームパージ）が有効である。
- D 上流に NaOH を含む設備がある場合、NaOH を含む水分の下流へのエントレインを想定して検査を計画する必要がある。

問 21	
解答	C

【問22】次の文章は、水素侵食について述べたものである。下線部に不適切な記述がある文章を以下のA～Dの中から1つ選択せよ。

- A 水素侵食は、高温高压の水素雰囲気中で、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、割れ又は材質劣化を起こす現象である。
- B 水素侵食の評価は、設備の温度およ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2.25Cr-1Mo 鋼の限界条件が、損傷事例にもと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 22	D
解答	

【問23】 次の表中の文章は水素に関連した劣化損傷について述べたものである。表中の（イ）～（ハ）に入れる語句として、最も適切なものを、次のA～Dよりそれぞれ選択せよ。なお、A～Dの選択肢の重複使用は不可とする。

劣化損傷	解説
（イ）	ステンレス鋼オーバーレイにサポートリングなどが溶接されている場合に、吸収した水素に起因した割れがすみ肉溶接部に発生する現象で、溶接金属中のシグマ相に影響を受ける。
（ロ）	鋼が硫化水素を含む湿潤環境にさらされた場合、腐食により発生した水素が鋼中に侵入し、圧延方向に平行な割れを発生する現象である。ステップ状の割れとなった場合には、材料強度に悪影響を及ぼす可能性があることから注意が必要である。
（ハ）	材料表面に金属水素化物を生成し、材料が脆化する現象である。進行程度の確認には、精密渦流探傷法や、サンプリング調査による板厚方向の水素吸収量の調査が有効である。

- | | |
|----------------|-----------|
| A 水素脆化(チタンを除く) | B チタン水素脆化 |
| C 水素誘起割れ | D 水素侵食 |

問 23	イ	ロ	ハ
解答	A	C	B

【問 24】 次の文章は、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（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) ポリチオン酸 SCC が懸念される設備で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、(イ：A Ti 又は Nb、B：Cr 又は Mo) を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 散水による湿潤環境の保持、B 中和洗浄)などもポリチオン酸 SCC 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、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 24	イ	ロ	ハ
解答	A	B	A

【問 25】 次の文章は、石油精製装置で発生する劣化損傷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）475℃脆化は約 320～540℃の範囲で長時間加熱したときに発生する脆化であり、主に（イ：A フェライト系及びマルテンサイト系ステンレス鋼、B オーステナイト系ステンレス鋼）が対象になる。

（2）シグマ脆化の原因となるシグマ相は、500℃から 900℃で長時間加熱すると生成しやすく、特にオーステナイト系ステンレス鋼の溶接部では、（ロ：A Cr 欠乏層、B デルタフェライト）からシグマ相が生成し、脆化しやすい。

（3）浸炭は、高温の CO/CO₂ 雰囲気又は炭化水素雰囲気に曝されたとき、鋼中に炭素が侵入拡散する現象である。接触改質装置の加熱炉管では 9Cr-1Mo 鋼の場合は、管壁温度が（ハ：A 450℃、B 650℃）以上になると浸炭が激しくなると言われている。

問 25	イ	ロ	ハ
解答	A	B	B

【問 26】 次のA～Dの文章は疲労損傷に関する事項を述べたものである。下線部に不適切な記述を含む文章を1つ選択せよ。

- A 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、主に構造不連続部などの応力集中部を起点として、材料表面に優先的に発生する。
- B 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（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す曲線）である。
- C 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、 10^7 回における破壊応力を用いることが多い。
- D 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1/4程度である。

問 26	D
解答	

【問 27】 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。表中の（イ）～（ニ）に最も適する語句を下記の A ～ H より選択せよ。
 なお、選択肢の重複使用は不可とする。

- （１）超音波法による肉厚測定は1～数十（イ）の周波数を持つ超音波を利用した検査法で被試験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。
- （２）放射線法はX線またはγ線の写真作用、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。
- （３）渦流探傷法は、導体に近づけたコイルに（ハ）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。
- （４）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（ニ）状況が確認できる方法である。

A	MH z	B	表面分布	C	電離	D	k H z
E	交流	F	深さ	G	直流	H	化学

問 27	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	C	E	B

【問 28】 次の文章は、熱交換器チューブ検査について述べたものである。 **A ~ E** の中から不適切な文章を1つ選択せよ。

- A** 超音波水浸法は、内外面の損傷を同時に計測でき、測定値の精度が高い。但し、測定しようとする損傷が、ある程度の大きさを有していることが測定の必要条件となる。
- B** チューブの検査前処理としてハイドロジェットクリーニング、化学洗浄、メカニカルクリーニング、ブラスト洗浄などが一般的に使用される。
- C** 非磁性材料のチューブ検査では渦流探傷法が多用されており、全数検査が主流となっている。
- D** アルミナイズを施したチューブにおいて抜き取り検査を実施する場合、表面層のバラツキが少ないことを考慮し、検査抜き取り率を検討する。
- E** リモートフィールド渦流探傷法は間接伝搬磁場が支配的な領域で探傷を行う手法であるが、浸透深さを確保するためチューブ肉厚又は透磁率の増加に伴って探傷周波数を下げることが必要である。

問 28	
解答	D

【問 29】 次の文章は、劣化損傷の検査について述べたものである。次の文章（イ）～（ハ）の正しい説明の組み合わせを A ～ G より選択せよ。

- イ 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、超音波音速比法、超音波減衰法等がある。
- ロ 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。
- ハ チタン水素脆化の兆候、進展度の検査の一つとして渦流探傷法が適用される。

A イ B ロ C ハ D イ・ロ
E ロ・ハ F イ・ハ G イ・ロ・ハ

問 29	G
解答	

【問 30】 次の文章は特殊部位の検査技術、データ処理技術について述べたものである。
 次の文章（イ）～（ニ）の語句A、Bのうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

- イ 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に、中性子水分計による水分測定や、保温材外装板の外表面から検査可能な、
（ A パルス渦流磁気検査法、 B ガイド波超音波検査法 ）が適用できる。
- ロ 配管を吊り上げることなく配管架台接触部を検査する手法としては、超音波透過法や
（ A 超音波表面波法、 B 超音波斜角探傷法 ）などがある。
- ハ 埋設（海底）配管の検査ピグがスタックせずに安全に通過することが可能か否かを確認するために、事前にキャリパーピグ、プロファイルピグなどを用いて、（ A 配管の汚れ状況、 B 配管の内径形状 ）の確認が必要である
- ニ 配管の架台接触部の超音波透過法検査における推定減肉率の算出は、健全部を基準とし、その基準点と腐食部での超音波減衰量との差を用い、検量線より算出する。検出精度は（ A $\pm 0.1\sim 0.5\%$ 、 B $\pm 10\sim 15\%$ ）である。

問 30	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	B	B

【問 31】 次の A ~ D の文章は超音波垂直・斜角探傷法の原理、留意事項について述べたものである。A ~ D の中から、下線部に不適切な記述を含む文章を1つ選択せよ。

- A 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。
- B 垂直探傷法、斜角探傷法とも、超音波の伝搬方向に対して平行な拡がりを有するきずが最も検出しやすいことから、最適な入射方向となる方法を選択することが必要である。
- C 超音波の音速は温度により変わるため、高温部の測定では補正を行う必要がある。
- D きず高さ（欠陥指示高さ）測定方法には端部エコー法、TOFD法、表面波法等がある。

問 31	B
解答	

【問 32】 次の文章は、供用段階にある圧力容器及び配管の耐圧試験の方法について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句A、Bのうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) 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、（イ： A 変形がないこと、B 圧力の降下がないこと）を確認した後、（ロ： A 常用圧力まで圧力を下げ、この圧力において、B 大気圧まで降圧し）、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。
- (2) 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、（ハ： A 変形がないこと、B 圧力の降下がないこと）を確認した後、常用圧力まで圧力を下げ、この圧力において、異常の有無を調べる。

問 32	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	B	B	B

【問 33】 次の文章は、供用段階にある圧力容器及び配管の耐圧・気密試験の試験前の確認事項及び試験媒体について述べたものである。次の **A～D** の下線部で不適切な記述を 1 つ選択せよ。

- (1) 耐圧試験時の保安距離は耐圧試験実施者がリスクを評価した上で決定するものとするが、気圧試験実施時の保安距離については ASME PCC-2 Article 5.1 を参考にして設定することが望ましく、A : 爆風距離や破片飛散距離を考慮する。
- (2) 耐圧試験に使用する液体の温度は、試験体が脆性破壊を起こすおそれのない温度以上とする。最低加圧温度は、JPI-8R-17 によって設定される温度とする。ただし、装置のスタートアップ時に実ガスによって加圧する場合と比べて、耐圧試験時の試験媒体は温度が低下しやすいため、試験時の気温や風速等の気象条件、断熱材やヒーター等の保温措置状況に応じて、B : 試験媒体温度が常に JPI-8R-17 によって設定される温度以上となるよう、耐圧試験実施者が個別に最低加圧温度に対する余裕温度を設定する。
- (3) 液体による耐圧試験を寒冷時に行う場合は、凍結しない温度とする。C : 耐圧試験中に周辺温度が 2℃以下になる場合、凍結防止のための試験媒体として不凍液の使用を検討する必要がある。
- (4) 総合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。ただし、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、漏れ、破損などによる事故の危険がないと判断される場合は、D : 貯蔵又は処理される実ガスを使用してもよい。

問 33	
解答	B

【問34】 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点について述べたものである。次のA～Dの計算式のうち最も適切なものを1つ選択せよ。

試験媒体として気体を使用する場合の可否の判定は、試験開始時と終了時のゲージ圧力を比較した結果10%以上の低下が見られないことをもって合格とする。ただし、試験終了時のゲージ圧力は温度補正した上で判定に用いる。この時、温度補正は次の式による。

[気体で試験を行う場合の温度補正簡易式]

A

$$\left[\begin{array}{l} \text{判定に用いる} \\ \text{試験終了時} \\ \text{ゲージ圧力} \\ \text{MPa(G)} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{実測された} \\ \text{試験終了時} \\ \text{ゲージ圧力} \\ \text{MPa(G)} \end{array} \right] \times \left[\frac{\text{試験開始時絶対温度 K}}{\text{試験終了時絶対温度 K}} \right]$$

B

$$\left[\begin{array}{l} \text{判定に用いる} \\ \text{試験終了時} \\ \text{ゲージ圧力} \\ \text{MPa(G)} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{実測された} \\ \text{試験終了時} \\ \text{ゲージ圧力} \\ \text{MPa(G)} \end{array} \right] \times \left[\frac{\text{試験開始時温度}^{\circ}\text{C}}{\text{試験終了時温度}^{\circ}\text{C}} \right]$$

C

$$\left[\begin{array}{l} \text{判定に用いる} \\ \text{試験終了時} \\ \text{ゲージ圧力} \\ \text{MPa(G)} \end{array} \right] = \left\{ \left[\begin{array}{l} \text{実測された} \\ \text{試験終了時} \\ \text{ゲージ圧力} \\ \text{MPa(G)} \end{array} \right] + 0.1\text{MPa} \right\} \times \left[\frac{\text{試験開始時絶対温度 K}}{\text{試験終了時絶対温度 K}} \right] - 0.1\text{MPa}$$

D

$$\left[\begin{array}{l} \text{判定に用いる} \\ \text{試験終了時} \\ \text{ゲージ圧力} \\ \text{MPa(G)} \end{array} \right] = \left\{ \left[\begin{array}{l} \text{実測された} \\ \text{試験終了時} \\ \text{ゲージ圧力} \\ \text{MPa(G)} \end{array} \right] + 0.1\text{MPa} \right\} \times \left[\frac{\text{試験開始時温度}^{\circ}\text{C}}{\text{試験終了時温度}^{\circ}\text{C}} \right] - 0.1\text{MPa}$$

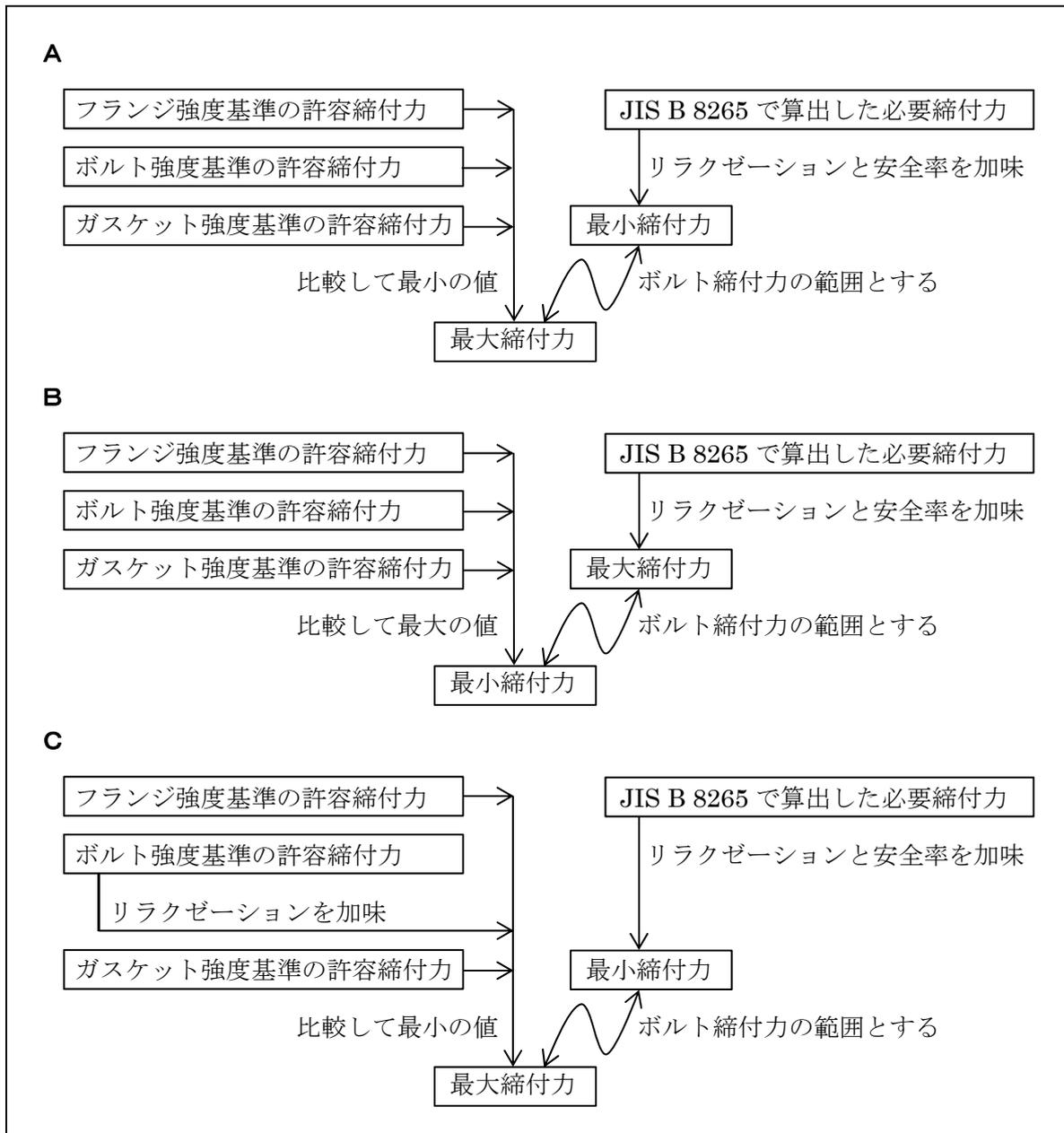
問 34	
解答	C

【問35】 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。詳細は、JIS B2251（フランジ継手締付け方法）を参照のこと。
- (2) ガasket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。
- (3) ボルト最小締付力は、ガasketの締付けに必要な最小締付力に、安全率とリラクゼーションを考慮した締付力を採用する。ここで安全率とは、ボルト軸力のばらつきを考慮して計算値に対して見込む余裕代で、トルク管理を行う場合は (ニ： A 1.2、B 1.05) とする。

問 35	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	A	B	A	A

【問 36】 次の図表は、供用段階にあるフランジのボルト締付力計算の概要を表したものである。図表A～Cのうち最も適切なものを選択せよ。



問 36	
解答	A

【問 37】 次の文章は、供用段階にあるフランジ、ボルト、ガスケットの不具合への対応事例について述べたものである。不具合への対応事例として **A～D** の下線部の内容で不適切なものを1つ選択せよ。

- (1) ガスケットのシール性を確保するため膨張黒鉛シートを貼付する場合があるが、現場で施工した結果、運転中に継ぎ目より漏洩した事例があるため、**A**：施工前にガスケットメーカーと協議するなど品質面で注意が必要である。
- (2) 自緊式リングジョイントガスケットの場合は、**B**：当たりが外側となっていることを確認する。
- (3) スペーサー付きフランジは、スペーサーを挟んでボルトを締付けることから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。このため、スペーサー付きフランジ部から漏洩し、火災に至った事例も報告されており、**C**：フランジにウェザー・シールを設置し、ボルトの温度が変動しないよう完全な密閉構造とする。
- (4) スタートアップ時、流体の規定運転温度に到達していても流量が極めて低い場合、伝熱によるボルトの伸びが少なく、ホットボルティングの実施タイミングとして不適切な場合があるため、ホットボルティングの実施時期は、**D**：フランジ表面温度などを接触式温度計で測定するか、または赤外線カメラなどで締結部位の全体温度を確認した上で判断するなどの対応が有効である。

問 37	
解答	C

【問38】 次の文章は、供用段階にあるフランジのボルト締付力の定量的管理方法について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句A、Bのうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

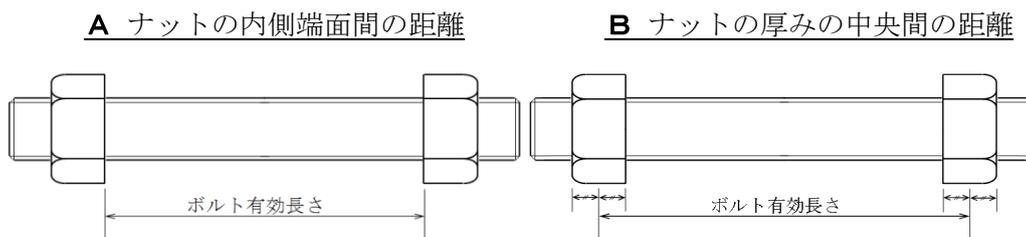
- (1) 軸力管理の方法は、ボルト締付けに伴うボルトの伸び測定又は（イ： **A** ボルトテンショナーを用いて直接ボルトの軸力を測定、**B** 隙間ゲージを用いてフランジの面間を測定）することにより、ガスケットの適正な締付管理を行う。
- (2) 軸力管理を施したボルトの締付力は、トルク管理を施した場合に比べて、締付け力のバラつきが（ロ： **A** 大きい、**B** 小さい）。
- (3) 軸力管理において、ボルトの応力と伸びの関係は、次式による。

$$\sigma = \frac{E(L - L_0)}{L_0}$$

ここに、

- σ : ボルトの応力 (N/mm²)
 E : ボルト材料の縦弾性係数 (N/mm²) で、材料規格による。
 L : 締付け後のボルトの有効長さ (mm)
 L_0 : 締付け前のボルトの有効長さ (mm)

ここで、呼び径と等しい高さの六角ナットを有するボルトの有効長さは、（ハ： **A** ナットの内側端面間の距離、**B** ナットの厚みの中央間の距離）とする（ただし、植込みボルトは除く）。



問 38	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	A	B	B

【問 39】 次の文章は、溶接仕上げについて述べたものである。文中の（イ）～（ニ）に入る語句として、最も適切なものを **A～H** からそれぞれ選択せよ。なお、語句の重複使用は不可とする。

- アーク溶接の始点及び終点は、（イ）、割れなどの溶接欠陥が発生しやすく、注意が必要である。それらの欠陥の発生を避けるために、（ロ）が実施されることがある。
- ビードの仕上げ形状は、一様で（ハ）などが付着していないことを確認する。また、すみ肉溶接においては、（ニ）が設計どおりであることを確認する。

- | | |
|------------------------|------------------|
| A 脚長 | B アンダーカット |
| C スラグ、スパッター | D クレータ処理 |
| E ブローホール | F 溶け込み |
| G グラインダーでスムーズ処理 | H オーバーラップ |

問 39	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	D	C	A

【問 40】 次の文章は、炭素鋼の予熱に関して述べたものである。A ~ Dの中から不適切な記述がある文章を1つ選択せよ。

- A** 厚肉や大きな構造物を溶接する場合（特にすみ肉溶接）は、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るため、その対応の一つとして予熱を実施する。
- B** 炭素鋼の TIG 隅肉溶接の場合、予熱温度が同じ場合であっても、2層溶接を行うことで1層溶接時に比べ溶接後の硬度を低減することができる。
- C** 炭素鋼の TIG 隅肉溶接の場合、予熱温度が高いほど、溶接後の硬度は上昇する。
- D** 炭素鋼の遅れ割れは、炭素当量 C_{eq} が高く、継手の拘束度と溶接時の冷却速度が大きく、水素量が多い場合に発生しやすいので、炭素当量と板厚に応じて予熱および低水素系の溶接棒を用いる。

問 40	
解答	C

【問 41】 次の文章は、ホットスタートと最低加圧温度について述べたものである。A～Dの中から、下線部に不適切な記述を含む文章を1つ選択せよ。

- A 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加圧開始温度は、最低加圧温度と呼ばれる。
- B JPI-8R-17 では、最低加圧温度の設定法として、破壊力学的解析法のほか、破面遷移温度 FATT による導出法及び簡便導出法（ライセンサーリコメンデーションなど）を挙げている。
- C 焼き戻し脆化は、材料を高温で長時間保持した場合に生じる脆化であり、古い年代で製造された低合金鋼製の高圧機器において特に配慮が必要である。
- D ホットスタートにおいては、機器を運転圧まで加圧した後、速やかに最低加圧温度以上に機器温度を昇温する必要がある。

問 41	D
解答	

【問42】 次の文章は焼き戻し脆化について述べたものである。文中の下線部(イ)~(ニ)の正誤の組み合わせを次のA~Dより選択せよ。

- ・ 焼き戻し脆化の程度は、J-Factor及びX-barで表される不純物濃度のパラメータと相関があることが知られている。J-Factorは主に(イ) 2.25Cr-1Mo鋼、X-barは主に(ロ) 1.25Cr-0.5Mo鋼の脆化感受性を評価するのに用いられる。
- ・ 下図はJ-Factorと長期使用した低合金鋼の延性脆性遷移温度FATTの関係を示した図である。この図から、J-Factor=250の鋼材の長期使用後のFATTは、99%信頼限界で見た場合、(ハ) 約90℃であると推定される。
 一方、不純物濃度を下げた J-Factor=100 の鋼材の場合、FATT は 99%信頼限界でも(ニ) 約 20℃であることがわかる。

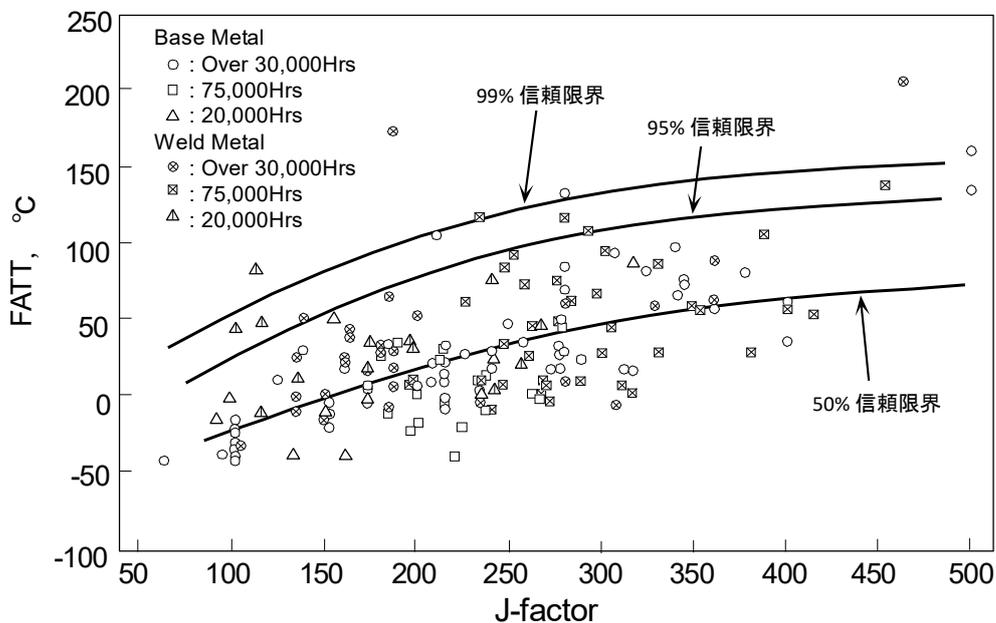


図 J-FactorとFATTの関係

A	イ	正	ロ	正	ハ	正	ニ	正
B	イ	誤	ロ	正	ハ	誤	ニ	誤
C	イ	正	ロ	正	ハ	誤	ニ	誤
D	イ	正	ロ	誤	ハ	正	ニ	正

問 42	
解答	C