

社団法人石油学会

2008 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) 東京・大阪	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。文中の（イ）～（ホ）内の語句A、Bで正しい方をそれぞれ選択せよ。

高圧ガス保安法の設備維持検査には（イ：A 保安検査、B 性能検査）と定期検査があるが、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」となっている。法の（ロ：A 仕様規定化、B 性能規定化）が完了したにもかかわらず供用中の維持検査においては、設計時の基準維持が要求されている。

また、（ハ：A 認定保安検査実施者制度、B 認定完成検査実施者制度）がスタートし、運転中及び停止時の（ニ：A 保安検査、B 性能検査）が事業者自ら実施可能となるとともに、高圧ガス施設の連続運転期間は事業者が自らの申告により決定することが可能となった。

2005年3月には、保安検査の方法について省令改正が実施され、（ホ：A ボイラー協会、B 高圧ガス保安協会）作成の民間規格（保安検査基準）が初めて告示化された。

石油学会の進める維持規格策定においては、APIは参考に留め日本の石油業界独自の設備維持基準作成を目指した。そのため、維持規格策定には多くの石油会社が参加しており、設備維持規格は、設備維持管理に係る石油業界の設備維持に関する技術的な内容の経験・ノウハウから「設備維持に係わる推奨する方法」を記載したものである。

問1	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	B	A	A	B

【問 2】 次の内容は、設備維持規格で定義されている用語の説明であるが、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
- （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を実施する検査
- （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
- （ニ） 恒久補修が行われるまでの間、十分な健全性を回復して、安全運転を継続するために行う補修
- （ホ） 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・重要性の指標
- （へ） 設備を破壊せずに腐食・劣化損傷状況を確認する検査手法であり、予想される腐食・劣化損傷に対応した各種の検査手法

- | | | | |
|---------------|-----------------|----------------|---------------|
| A 定期検査 | B 臨時検査 | C 応急補修 | D 日常検査 |
| E 外部検査 | F 内部検査 | G 非破壊検査 | H 破壊検査 |
| I 重要度 | J モニタリング | K 配管 | |

問 2	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
解答	E	A	B	C	I	G

【問 3】 次の文章は減肉損傷の評価から次回の内部検査時期を求めたものである。文中の（イ）～（へ）内に該当する語句・数字を下記のA～Kより選択せよ。
 なお、ここでは簡単にするため、減肉損傷の検査結果による長期腐食速度を用いる。

ある圧力容器の肉厚測定結果（最も減肉している検査点における同一測定点）

使用開始時 1989年2月15日 20.0 mm

肉厚測定結果 2007年2月15日 18.2 mm

設計圧力、設計温度及び自重などの付加荷重を考慮した必要計算肉厚 16.6 mm

長期における腐食速度 = $(20.0 - 18.2) / (\text{イ}) = (\text{ロ}) \text{ mm/y}$

余寿命の計算（2007年2月15日時点）

余寿命 = $((\text{ハ}) - (\text{ニ})) / (\text{ロ}) = (\text{ホ}) \text{ 年}$

次回の内部検査は、（へ）年2月15日までに実施しなければならない。

ただし、検査周期設定係数（開放周期決定のための安全係数）は、0.5とする。

A	20.0	B	18.2	C	16.6	D	0.1
E	0.2	F	20	G	18	H	16
I	35	J	2015	K	2019		

問3	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
解答	G	D	B	C	H	J

【問 4】 次の文章は、石油精製事業所内で使用される圧力設備の溶接補修について述べたものである。A ～ Dの中から不適切な記述 2 つを選択せよ。

- A 硫化水素雰囲気でも継続使用された圧力設備については、母材内部への硫化水素の侵入が想定されるので、脱硫化水素処理の実施が必要である。
- B Cr-Mo 低合金鋼では遅れ割れの影響を殆ど受けないので、遅れ割れを考慮することなく、溶接補修完了後に速やかに検査を行う。
- C 補修溶接は一般的に施工環境が悪く、かつ施工期間の制約もある場合が多いので、溶接品質保持のため施工管理に対する十分な配慮が必要である。
- D 補修溶接のため溶接設計については、補修の目的達成の範囲内で、できるだけ容易な施工仕様とする。

問 4	順不同	
解答	A	B

【問 5】 次の文章は、石油精製事業所内で使用される圧力設備の応急補修について述べたものである。A ～ Dの中から最も適切な記述 1 つを選択せよ。

- A 応急補修に使用する材料は、可能な限り速やかに実施するために、入手可能な材料を優先的に用い、母材の材質を考慮する必要性は少ない。
- B 補修範囲が広範囲で（例えば全面腐食）、かつ、設備材料が高張力鋼でない場合は、全周バンド及び当て板すみ肉溶接による応急溶接補修を適用することができる。
- C 応急溶接補修は、原則として次回の保守機会に撤去し、恒久補修を実施しなければならない。
- D 溶接補修後にPWHTを行う場合には、耐圧試験を行ってからPWHTを行う。

問 5	C
解答	

【問6】 次の表は、JPI-8S-2における「構造設計上の配慮事項例」からの抜粋であるが、文中の（イ）～（ハ）に最も適切な内容を下記のA～Fの中から選択せよ。

分類	項目名	事例内容
劣化損傷 対策	シグマ相脆化	・ 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（イ）に行う。
	応力集中の低減	・ リアクターの応力集中などを抑制するために（ロ）グループコーナーのRに対する配慮を行う。
空冷式 熱交換器	流速調整	・ 脱硫装置エフルエント流体では流速を（ハ）に設定する。 (Kp 値 0.07～0.5)

A 溶接後熱処理前 B 溶接後熱処理後 C 平面座ジョイント D リングジョイント
E 0.7m/s 以上 F 4.6～6.1m/s

問6	イ	ロ	ハ
解答	B	D	F

【問7】 次のイ～ハは、石油精製事業所内で使用される設備等の長期連続運転を行う場合の改善について述べたものである。改善事例として適切なものを下記のA～Cの中からそれぞれに1つ選択せよ。

イ 運転中検査を可能とする改善
ロ 設備の信頼性改善（設備の改善）
ハ 設備の信頼性改善（設備管理・運転管理方法の改善）

A ノズル、支持構造の改善
（小径ノズルの厚肉化、不要ベント・ドレンコネクシオンの撤去、支持機構の改善、他）
B 検査点の増強、検査箇所及び検査種類の見直し
C 緊急遮断弁のバイパス設置

問7	イ	ロ	ハ
解答	C	A	B

【問 8】 次のイ ~ ニは、圧力逃し設備の検査ポイントである、それぞれの検査着目点の留意事項として最も適している内容を下のA ~ Dより選択せよ。

	検査ポイント
イ	清掃前検査
ロ	弁箱、ふた などの検査
ハ	弁体、弁座 などの検査
ニ	弁棒、ばね、調整ねじなどの検査

	検査着目点の留意事項
A	劣化損傷が発生しやすく、慎重に観察すべき部位の例 ① 盛金などの溶接部 ② 高強度、高硬質材料 ③ 形状の不連続な部位 ④ スケール付着部
B	次のような場合は、付着物のサンプルの採取を検討する。 ・装置の運転状況などから従前とは異なる腐食生成物や付着物が予想されるとき ・付着物の種類が例年とは異なると判断されたとき
C	出口側がフレアー系統に接続している場合、腐食雰囲気に接する可能性がある。 その場合、ばねの硫化物応力割れに注意が必要である。
D	劣化損傷が発生しやすく、慎重に観察すべき部位の例 ① 形状の不連続な部位 ② リングジョイント溝 ③ スケール付着部

問 8	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	D	A	C

【問 9】 次の A ~ E の文章は、検査担当者が滞留部及びスケール堆積部の検査計画時に留意した事項について述べたものである。不適切な記述を A ~ E より 2 つ選択せよ。

- A 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は流動がなく、スケールなどの堆積による堆積物下の腐食が生じ易いので当該部位を選定した。
- B 検査計画策定中に長期間使用停止した行き止まり配管を再使用することを聞いたが、停止時にスチームパージを実施していることから、スケール堆積による腐食のおそれはないと判断した。
- C 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、一様な腐食とはならないと考え、当該部位の測定を追加した。
- D オフサイトスロップ配管は、色々なスロップ発生元があるが腐食性が変わらないものとして、計画を立案した。
- E 流れの遅い配管系の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凝縮して溜まり腐食しやすい傾向にあると考え、当該部位を選定した。

問 9	順不同	
解答	B	D

【問 10】 次の文章は石油精製事業所内において発生する腐食について述べたものである。文中の (イ) ~ (ニ) 内の語句 A、B のうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

原油中の(イ: A ポリチオン酸、B ナフテン酸)によって生じる(イ)腐食は、全酸価(TAN)の高い原油を処理する石油精製装置において、主に常圧蒸留装置の加熱炉チューブ、減圧蒸留装置の加熱炉チューブ、トランスファーライン、中段トレイなどの部位で発生する。(イ)と鉄の腐食反応生成物は、(ロ: A 油溶性であるため安定な皮膜の形成がなされず系外に溶出する、B 強固な不動態皮膜を形成する)。(イ)腐食は(ハ: A 約 390、B 約 220)℃まで、温度の上昇とともに腐食は増加傾向を示し、(ニ: A 減圧蒸留装置に比べ常圧蒸留装置、B 常圧蒸留装置に比べ減圧蒸留装置)での腐食事例が多く、また、同等の TAN、温度域であっても原油の種類、留分によって腐食性が異なる。

問 10	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	A	B

【問 11】 次の文章は流れの分流・合流箇所、流れが絞られるなど流路が急変する箇所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。

- 分流、合流及びそれに伴う偏流によって流れの状態が変化する箇所及び流体が管壁に衝突する箇所では、（イ：A エロージョンコロージョン、B 堆積物下の局部腐食）が発生する。特にティー部のような構造上流動状態が変化する部位では局所的な乱流が発生するが、減肉は（ロ：A 局部的、B 広範囲）であることに留意する必要がある。
- オリフィスの挿入箇所、バルブ下流など、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（ハ：A 低下、B 上昇）、オリフィス下流における（ニ：A 渦流、B 高周波）の発生が挙げられ、静圧回復点近傍までの箇所に腐食の発生事例が多い。

問 11	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	B	A

【問 12】 次の文章は JPI-8S-1 に規定する耐圧性能を確認するための肉厚測定検査点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2つ選択せよ。

- A 検査点は肉厚測定のために特定された単一の測定点であり、この点ごとに腐食速度を求め、余寿命を算出する。
- B 配管は、全長が長大で腐食環境が多様であるので、腐食系を単位としてそれぞれ目的を持たせた検査点を設定し管理する必要がある。
- C 定常的な管理と変更管理の側面から代表点、定点、監視点の3種類に分類している。
- D 代表点は系の腐食性を評価することを目的として設定し、他の検査点の増減や頻度を検討する際に指標とする。各腐食系に対して1箇所以上設定する。
- E 定点は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する。肉厚測定結果の傾向により継続して測定する必要がないと判断された場合には廃止することができる。

問 12	順不同	
解答	A	C

【問13】 次のA～Eの文章は、バルブの検査について述べたものである。不適切な記述を1つ選択せよ。

- A 日常検査又は定期検査の結果、異常が認められた場合には、定期修理時期等に必要に応じて分解検査を行う。
- B バルブの定期検査では、バルブが円滑に作動機能を果たし、また、保安上支障のない状態であることを検査する。
- C 急激な温度変化が繰り返され、熱疲労による割れ発生の可能性があるバルブは、弁箱について重点的な検査を行う必要がある。
- D 高差圧やスラリーサービスで使用されてエロージョンの恐れのあるバルブは、シート、ディスク及びその下流側について重点的な検査を行う必要がある。
- E 逆流により過剰圧を引き起こすような重要な逆止弁は、重点的な検査ポイントとして、逆止弁下流配管の閉塞状況について重点的な検査を行う必要がある。

問13	E
解答	

【問14】 次の文章は、埋設配管および安全弁放出配管について述べたものである。文中の（イ）～（ホ）内の語句A、Bのうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

- (1) 埋設配管の腐食を推定するデータとして、地上敷設部で、（イ：A 外面腐食、B 内面腐食）が最も著しいと予想される部位を1箇所以上選定し、定期的に肉厚測定を行う。
- (2) 防食塗覆装又はコーティングを施した埋設配管にあつては、防食塗覆装又はコーティングが最も損傷を受け易い部位として、（ロ：A 最深部（最大重量負荷部）、B 埋設部と地表部との境界部分）の防食塗覆装又はコーティングの剥離、膨れなどの異常の有無を確認する。
- (3) 電気防食（犠牲陽極方式）が施工されている埋設配管は、防食状態を最も良く表すデータとして、（ハ：A 対地電位、B 防食電流）を測定し、その値が規定値範囲内であることを確認する。
- (4) 安全弁放出配管のうち、特に、（ニ：A タンク元弁のタンク側に接続している放出配管、B 大気放出している長大な放出配管）は、配管内面スケールが閉塞しやすい。
- (5) 安全弁整備時に放出配管全長が内部目視できないような長い配管については、スチーミングによる（ホ：A スケール洗浄、B 貫通確認検査）を行う。

問14	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	B	A	B	B

【問 15】 次のイ ~ ニの文章は、配管の応急補修工法について述べたものである。それぞれの施工法の名称を下記の A ~ G より選択せよ。

- イ バルブ付きの分岐を設ける工法である。緊急分岐を設置する場合に採用される。配管内条件、取り付け部の健全性を確認のうえ実施する。
- ロ 配管、フランジに対し二つ割又は局部の当て板をシール材を介して設定し、締付ける。
- ハ ファーマナイトなどをフランジ接合部、バルブのグランド部又はバンド部などの当該部に注入する。
- ニ 小口径配管を押し潰し機にて圧接し、流れを止める工法である。

- | | | | |
|----------------|-------------------|------------------|------------------|
| A バンド工法 | B ホットタッパ工法 | C 樹脂注入工法 | D ピンチング工法 |
| E プラグ工法 | F コーキング工法 | G ライニング工法 | |

問 15	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	C	D

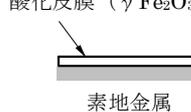
【問 16】 次のイ ~ ニの文章は、資材管理について述べたものである。正しい説明の組合せを解答例の A ~ E から選択せよ。

- イ 低合金鋼及び高合金鋼製の配管、バルブ、ボルト・ナット、フランジについては、鋼種により全数又は抜取りにより材料、溶接後熱処理及び硬度などの確認を行うが、少なくともステンレス鋼の硬度確認については全数行なう必要が有る。
- ロ 配管、バルブ、ボルト・ナット、フランジなどの資材の材料確認を行なう場合、材料証明書並びに刻印で行ってよいが、疑義がある場合には現場的な材料確認手法として、スペクトルアナライザー、蛍光 X 線分析器などによる手法がある。
- ハ 溶接に用いる材料について材料証明書が無い場合には、スペクトルアナライザーで炭素当量を確認する。
- ニ 材料誤用を避けるために、視覚的に訴えることができる手段として、色別やステンシル表示などがある。

- 【解答例】**
- | | | | | | | | | | |
|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|
| A | イ・ロ | B | イ・ニ | C | ロ・ハ | D | ロ・ニ | E | ハ・ニ |
|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|

問 16	
解答	D

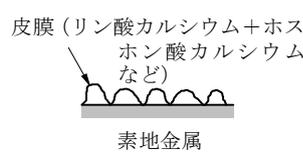
【問 17】 次の表は石油精製事業所内で使用される防食管理技術の内、腐食抑制剤（インヒビター）を皮膜の特性によって分類したものである。（イ）～（ニ）内に最も適する説明および図を下記の A ～ D より選択せよ。

防食剤の分類	説明／特徴	皮膜の模式図
沈殿皮膜型（水中イオン型）	（イ）	（ハ）
吸着皮膜型	この型の防食剤は、同一分子内に極性基（金属表面に吸着）と疎水性基をもつ有機物質が多い。	（ニ）
酸化皮膜型	（ロ）	酸化皮膜（ $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ など） 

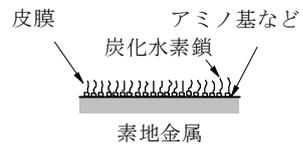
A この型の防食剤は不動態化剤ともいわれ、鋼材の電位を貴に上げ表面に皮膜を形成して防食する。ち密で薄い防食皮膜を形成するが、低濃度で使用すると局部腐食になりやすい。

B この型の防食剤の一例として、金属のカソード表面における pH 上昇に伴って表面に析出し腐食を抑制するものがある。

C



D



問 17	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	C	D

【問 18】 原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)に最も適する説明を下記のA～Fより選択せよ。

(イ) → E → (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および原油の持ち込み水量から、水の全モル数を求める。
- 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、10～20℃程度を加えた値が露点である。
- E 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。
- F 蒸気表から水の分圧値における水の沸点温度を求める。

問 18	イ	ロ	ハ
解答	B	C	F

【問 19】 次のA～Eの文章のうち、工業用水冷却水系における各種障害についての正しい説明を2つ選択せよ。

- A **スライム障害** 藻類、ゾーグレア、スフェロチルスなどの細菌類及びカビに起因する障害を指し、特にゾーグレア状細菌はプラントの種類に関係なく出現する。
- B **キャリオーバー障害** チューブ表面にスケールが堆積し熱交換効率が低下する障害で、原因として、冷却水のブロー管理の不備やコロイダルシリカの影響によって冷却塔への多量のシリカの持ち込みが挙げられる。
- C **スケール障害** 金属酸化物が熱負荷の高い部分に付着し肌荒れ状態になると、障害が顕在化する。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）や樹脂の持ち込みが考えられる。Ryznar 指数=6が障害発生の目安となる。
- D **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、冷却水の流れに従ってチューブ温度も下がるので、下流に行くほどチューブ材質は高級となる。またハイドアウトも発生しやすくなる。
- E **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。りん酸カルシウムのスケールは防食剤として添加した薬剤が防食皮膜以上に付着した場合にスケールと呼ばれる。

問 19	順不同	
解答	A	E

【問 20】 次の文章は石油精製事業所内で必要な防食管理技術に関して述べたものである。文中の（イ）～（ホ）内の語句A、Bのうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

- (1) 連続再生式接触改質装置における精留系では、精留塔塔頂の LPG 留分には少量の塩化物が含まれており、下流装置の塩化物による腐食、詰まりを防止するために（イ： A クロライドトリーター、 B 水注入による水洗浄）で処理することがある。精留塔のオーバーヘッド系では、微量の塩素、水分の凝縮部において湿性塩化物腐食が生じる点に留意する。
- (2) 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がされており、直接的酸性ガスによる腐食は受けないが、側板は（ロ： A 露点腐食、 B 浸炭による粉化）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（ハ： A 伸縮量、 B 靱性）を考慮した施工を行う必要がある。
- (3) 腐食速度を表す単位のひとつに重量変化でみる（ニ： A mmd、 B mdd）があり、一日における 100cm^2 あたりの腐食減量で定義される。これを鋼材材料の一年あたりの減肉厚さに換算すると、 $100(\text{ニ}) \div (\text{ホ： A } 1.0、\text{ B } 0.5)$ mm/年となる。なお鉄の比重は $7.8(\text{g}/\text{cm}^3)$ とする。

問 20	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	A	A	B	B

【問 21】 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のうち正しい用語をそれぞれ選択せよ。

- (1) ネルソンカーブは、1949年の発表以降、設備の使用実績に基づいてたびたび改訂されており、1990年の第4版では、（イ： A C-0.5Mo 鋼、 B 1.25Cr-0.5Mo 鋼）の損傷事例にもとづいて、同鋼種の曲線が削除された。
- (2) C-0.5Mo 鋼の水素侵食パラメータのうち、 P_w は P.G.Shewman が（ロ： A 水素分子、 B メタンバブル）の生成における膨張速度式を基にして提案したものである。
- (3) 最近の調査によれば、C-0.5Mo 鋼の水素侵食の感受性は、金属組織と塊状 $M_{23}C_6$ 炭化物に密接に関係があり、金属組織中に（ハ： A フェライト、 B パーライト）の比率が高いほど塊状 $M_{23}C_6$ 炭化物が増加し、水素侵食に対する感受性が高くなるとされている。
- (4) 一般に溶接熱影響部は、母材よりも水素侵食を（ニ： A うけやすい、 B うけにくい）。

問 21	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	B	A

【問 22】 次の A ~ D の文章は、水素脆化について述べたものである。不適切な記述を 1 つ選択せよ。

- A 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・絞りが低下する現象である。
- B オーステナイト系ステンレス鋼がクラッドやオーバーレイとして使用されている場合、水素の拡散速度がオーステナイト系ステンレス鋼部で大きく、母材部（Cr-Mo 鋼）で小さいため、境界層への水素の集積（水素脆化）により割れ（剥離）を生じることがある。
- C インターナル取付け部の割れは、オーステナイト系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、すみ肉溶接部に発生する割れで、溶接金属中のデルタフェライト又はシグマ相が水素脆化することによって発生する。
- D 水素脆化の対応として、運転停止操作時の冷却過程で、運転中に吸収された水素を圧力容器外に散逸させる目的で、冷却速度の低減、高温での脱圧・保持操作などが有効である。

問 22	B
解答	

【問 23】 次の文章は応力腐食割れの特徴を記載したものである。塩化物応力腐食割れ（以下、塩化物 SCC という。）とポリチオン酸応力腐食割れ（以下、ポリチオン酸 SCC という。）の特徴の記述として正しい組み合わせを下記の A ~ D より選択せよ。

- イ 炭酸塩を含む湿潤環境下で作用応力、金属組織変化、残留応力が複合し生じる割れである。
- ロ オーステナイト系ステンレス鋼で発生し、炭素鋼では発生しない。
- ハ 割れ形態は主に粒内割れであるが、溶接や熱処理による鋭敏化により粒界割れを発生することもある。
- ニ 結晶粒界近傍にクロム欠乏層が形成されて、選択的に腐食を受け易い鋭敏化状態となり、発生する。

	塩化物 SCC の特徴	ポリチオン酸 SCC の特徴
A	イ、ロ	ロ、ハ
B	イ、ハ	ロ、ニ
C	ロ、ハ	ロ、ニ
D	ロ、ニ	イ、ハ

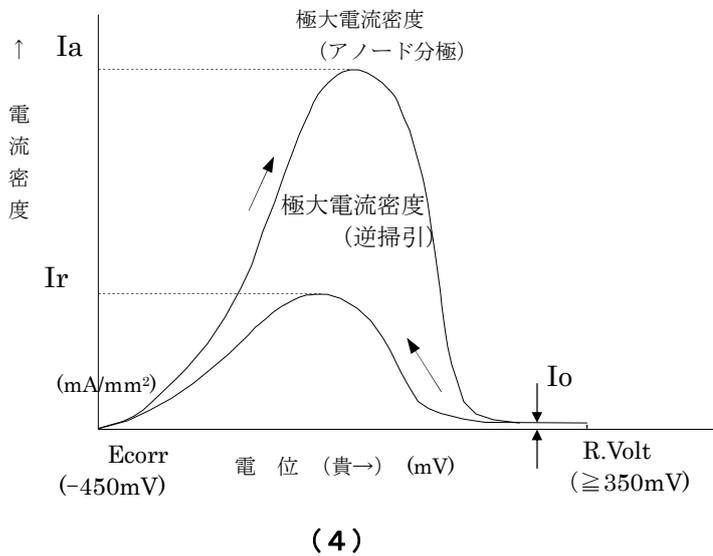
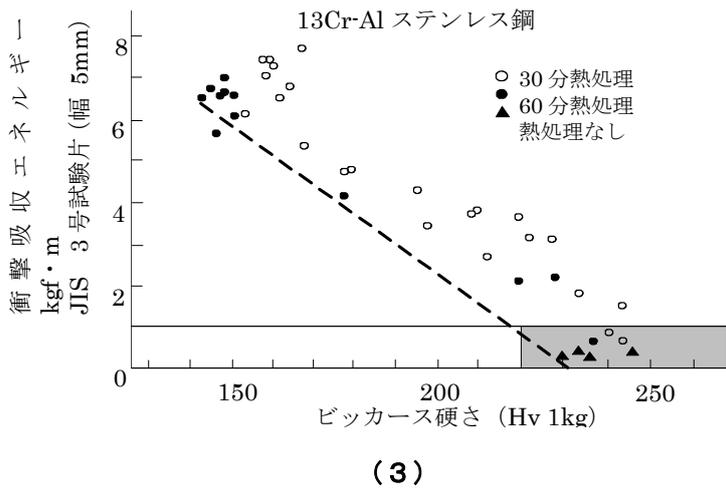
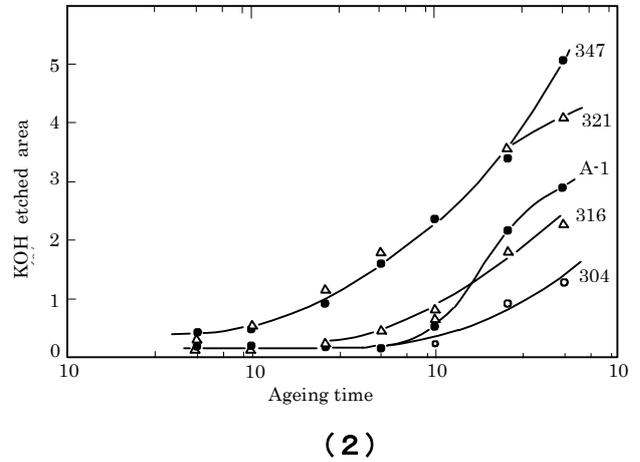
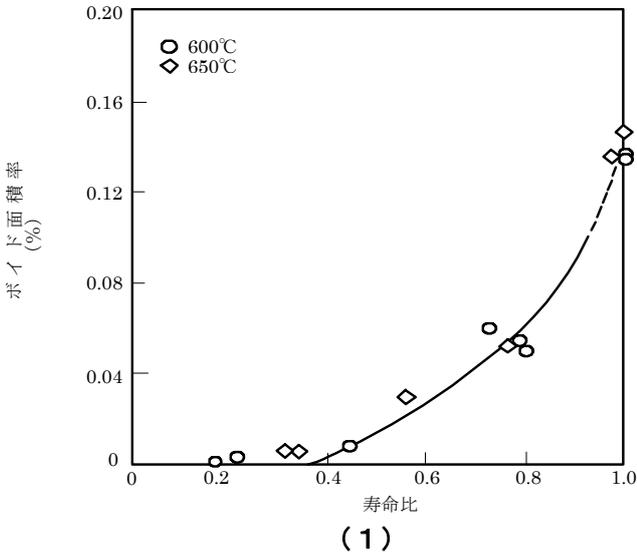
問 23	C
解答	

【問 24】 次の文章は硫化物応力割れ（以下、SSC という）に関する事項を述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bで、正しいものをそれぞれ選択せよ。

- (1) SSCは（イ： A 硫化鉄、 B 硫化水素）を含む湿潤環境下で、金属組織変化及び応力の作用により生じる割れである。
- (2) 炭素鋼、低合金鋼、高張力鋼及び（ロ： A オーステナイト系、 B フェライト系）ステンレス鋼に発生しやすい。
- (3) 割れ感受性は硬度の影響を受けやすく、硬度 H_{RC}22（ハ： A 以上、 B 以下）で割れを発生する可能性がある。
- (4) 割れの発生は、腐食生成物皮膜の違いに影響をうけるが、環境のpHが（ニ： A 酸性側、 B アルカリ性側）ほど発生しやすい。

問 24	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	A	A

【問 25】 次の (1) ~ (4) の図は劣化損傷の検査方法に対するマスターカーブ若しくは裏付けデータなどを示している。イ~ニに示す図の説明の内、最も適切な組み合わせを解答例の A ~ D より選択せよ。



- イ 図(1)はクリープ損傷の寿命評価に用いられるマスター線図で、掲載の線図を用いてどの材料のクリープ損傷でも評価することができる。
- ロ 図(2)は各種ステンレス鋼の475°C脆化傾向のデータを示しており、鋼種によって違いがあることが分かる。
- ハ 図(3)は475°C脆化を受けた材料の硬度と脆化度の関係を示している。
- ニ 図(4)はオーステナイト系ステンレス鋼の鋭敏化度の測定に用いられるEPR試験の原理を示したものである。

【解答例】

A イ・ロ B ロ・ニ C ハ・ニ D イ・ハ

問 25	C
解答	

【問 26】 次のイ ~ ニの文章は腐食・エロージョンの検査方法について述べたものである。文中の下線部の正誤を以下の解答例の A ~ E より選択せよ。

- イ 超音波による肉厚測定は被検体内での超音波の強度を調整することにより、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 0.1mm 以下である。
- ロ 放射線検査は X 線又はα 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。
- ハ 渦流探傷法では、減肉率は位相解析法により求めるが、位相解析法では腐食部の内外面の区別ができない。
- ニ AE 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ズレ量を測定する方法である。

【解答例】				
A	イ 正	ロ 誤	ハ 正	ニ 誤
B	イ 誤	ロ 誤	ハ 誤	ニ 誤
C	イ 誤	ロ 誤	ハ 正	ニ 正
D	イ 正	ロ 正	ハ 誤	ニ 誤
E	イ 正	ロ 正	ハ 正	ニ 正

問 26	B
解答	

【問 27】 次の A ~ F の各劣化損傷の兆候や脆化進行程度を評価する場合、硬度測定は有効な手段である。ここで各劣化損傷の発生メカニズムを考慮した場合、磁性を検査することで同様の評価が可能となる劣化損傷を 2 つ選択せよ。

A クリープ損傷	B チタン水素脆化	C シグマ脆化
D 475℃脆化	E ガンマプライム脆化	F 浸炭

問 27	順不同	
解答	C	F

【問 28】 次のイ ~ ホの文章は、熱交換器チューブ検査について述べたものである。正しい説明の組み合わせを解答例の A ~ E より選択せよ。

- イ 検査前処理は検査品質、検査速度を決定する要因であることから重要な工程である。特に磁性チューブの代表格である炭素鋼管は、非磁性チューブに比べてさび（錆）などのスケールを生成しやすく、検査精度が落ちる原因となる。
- ロ 検査方法は磁性を有する材料と非磁性の材料とによって検査方法が大別されている。非磁性材料の熱交換器チューブ検査では渦流探傷法が多用されていることから、全数検査は行われない傾向がある。
- ハ チューブ仕様においてはアルミナイズを施したチューブは表面層のバラツキが多いことを考慮して、検査抜き取り率を検討する必要がある。
- ニ チューブの割れは一般的に検査品質、経済性の両面に優れるよい検査手法は確立されていない。しかし重要度の特に高いチューブなどについては渦流探傷法や放射線法等が利用されている。
- ホ リモートフィールド渦流探傷法は、相互誘導型の励磁コイルと検出コイルを用いて、チューブ外面を伝搬する間接伝搬磁場が支配的な領域で探傷を行う手法である。また、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上げることが必要である。

【解答例】

A イ・ロ B イ・ハ・ニ C イ・ハ・ホ D ロ・ニ E ハ・ニ・ホ

問 28	B
解答	

【問 29】 次の文章は、供用段階にある静機器の耐圧試験の試験媒体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。

水の凍結又はその他悪影響を及ぼす可能性がある場合も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、原則として水（工業用水又はボイラー給水）などの安全な液体を使用する。

ここで、“水などの安全な液体”とは、水に加えて、次にあげるものをいう。

- － 耐圧試験における液体の温度が、（イ：A 65℃、B 当該液体の沸点）未満であるもの。
- － 可燃性の液体を使用する場合にあっては、当該液体の（ロ：A 着火点が 65℃以上、B 引火点が 43℃以上）で、かつ、耐圧試験中における当該液体の温度が（ハ：A 常温以下、B 43℃未満）であるもの。

温度、構造又はプロセス上の問題から、テスト流体に水などの安全な液体を使用することが現実的でない場合は、（ニ：A 蒸気、B 空気、窒素などの気体）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、対策を取らなければならない。

問 29	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	A	B

【問 30】 次の文章は、供用段階にある静機器の耐圧気密試験における昇圧方法及び圧力保持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～Gより選択せよ。なお、A～Gの用語は回答として複数回使用しても良い。

- （1）気圧試験を行う場合は、まず常用圧力又は試験圧力の（イ）の圧力まで圧力を上げ、その後常用圧力又は試験圧力の（ロ）の圧力ずつ段階的に圧力を上げて試験圧力に達したとき漏洩等の異常の有無を確認し、再び常用圧力まで圧力を下げて、この圧力において異常の有無を調べる。
- （2）気密試験又は総合気密試験を行う場合には、試験圧力の（ハ）程度の圧力まで徐々に昇圧して異常のないことを確認し、その後は徐々に昇圧して、その都度、異常のないことを確認しながら試験圧力に達するまで昇圧する。
- （3）耐圧試験及び気密試験の圧力の保持時間は、（ニ）以上を標準とする。

A 1/10	B 1/5	C 1/2	D 2/3	E 10 分間
F 30 分間	G 1 時間			

問 30	イ	ロ	ハ	ニ
解答	C	A	C	E

【問 31】 次のイ ~ ニの文章は、供用段階にある多管円筒形熱交換器の耐圧試験又は気密試験における注意事項について述べたものである。正しい説明の組合せを解答例の A ~ E から選択せよ。

- イ フローティングヘッド型熱交換器でフローティングヘッドカバーの気密試験を行う際には、テスト中の安全確保のため、シェルカバーを閉めた状態で実施する。
- ロ チューブシートがシェル側とチューブ側との差圧で設計している場合で、気密試験を行う時は、高圧側および低圧側をそれぞれ単独に常用圧力まで加圧しなければならない。
- ハ チューブ内にスプリング式のチューブ内汚れ防止器具（ターボタルなど）を装着している場合は、チューブ内の液の上流方向から昇圧し、その下流方向から降圧する。
- ニ 脆性破壊に対する破壊力学上の安全性評価などを考慮し、試験媒体の温度を試験体が脆性破壊を起こすおそれのない温度まで上げて加圧する必要がある。

【解答例】

A イ・ハ B ロ・ハ C イ・ニ D ロ・ニ E ハ・ニ

問 31	E	
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 PTFE ソリッドガスケットはコールドフロー（クリープ）特性を有するので、大きな締付力で締結管理する。
- 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 圧力変動、温度変動などに追従し、接合面における締付応力の変動が少ないものであること。
- 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	B	E

【問 33】 次の文章は、フランジ締め付けに関する最近の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一つを選択せよ。

- A 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。
- B 急激な運転停止で、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場合には、ボルトよりフランジ本体の熱収縮量が大きくなり、締め付け力が増大するために、ガスケットの変形を生じやすく漏洩の原因となる。
- C フランジを有す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り熱膨張差が生じ、ボルト締め付け力が低下する場合があります、より精密な締め付け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。ウェザー・シールは密閉されない構造とした上で、円周方向には部分的でなく全周にわたって囲むことが望ましい。

問 33	B
解答	

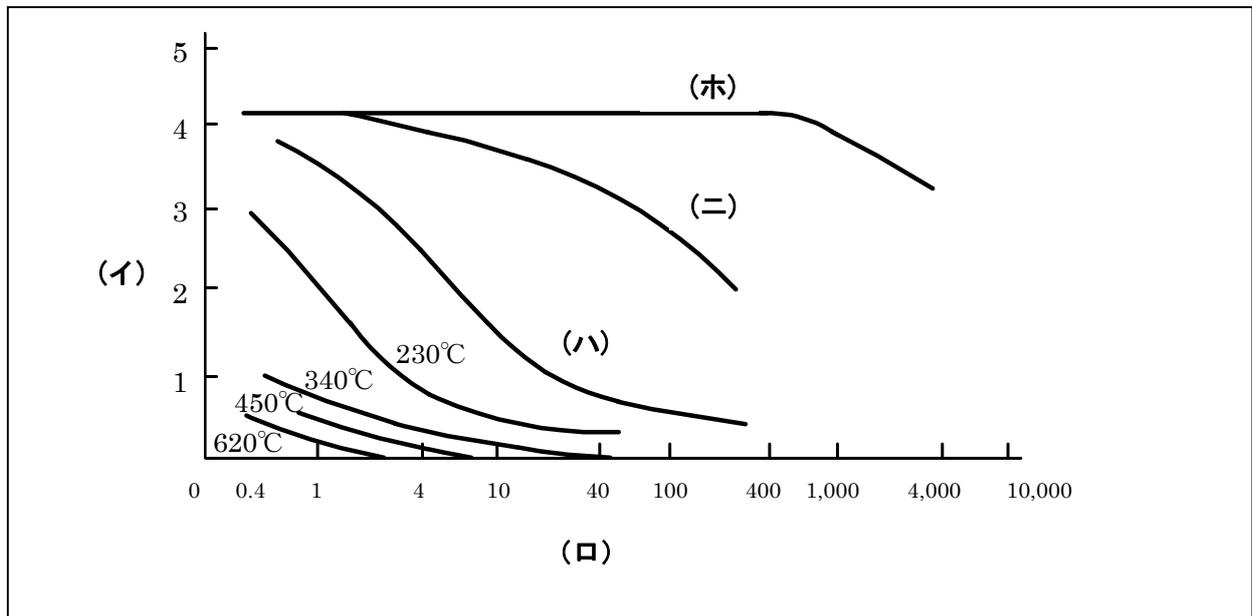
【問 34】 フランジ締め付けを実施する際の設備管理方法として、軸力管理を適用すべき対象として最もふさわしい組み合わせを、次の解答例のA ~ Eから選択せよ。

- イ 高温高压の流体を扱う、機器や配管のフランジ継手
- ロ 内部流体（HC、H₂、H₂Sを含む可燃性流体）温度が自然発火温度以上であるフランジ継手。
- ハ ボルト径が小さく、かつボルト本数が多い、大口径で低圧の機器フランジ継手。
- ニ フランジ面のひずみが発生し漏洩履歴があるために、過大な締め付け力を要するフランジ継手。
- ホ 大径のボルトを使用している機器本体や配管のフランジ継手。

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

問 34	E
解答	

【問35】 次の図は長時間使用され拡散性水素を吸蔵した材料の加熱による拡散性水素量の減少例であり、脱水素処理の検討を行う際に利用される。図中の（イ）～（ホ）に最も適した名称を下欄の A ～ I より選択せよ。



- | | | |
|----------------------------|---------------------------|--------------------|
| A 300℃ | B 23℃ | C 170℃ |
| D 120℃ | E 水素含有量 (l/100g) | F 保持時間 (時間) |
| G 水素含有量 (ml/100g) | H 水素分圧 (MPa) | I 温度 (℃) |

問 35	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	G	F	C	D	B

【問 36】 次の用語欄 I 及び用語欄 II 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 I の（イ）～（ホ）に関連する用語を用語欄 II の A ～ J より選択せよ。

用語欄 I									
（イ）	PQR	（ロ）	SAW	（ハ）	SMAW	（ニ）	WPS	（ホ）	PWHT

用語欄 II					
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	サブマージアーク溶接		
I	応力腐食割れ	J	供用適性評価		

問 36	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	H	D	A	E

【問 37】 次の文章は炭素鋼・高張力鋼の補修溶接施工上の留意事項である。文中の（イ）～（ニ）に最も適した語句を下記の A ～ H より選択せよ。

- (1) 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（イ）なり溶接性が次第に悪くなる。
- (2) 鋼の溶接部では、熱影響部が急冷によって硬化する傾向をもっている。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（ロ）であるから、可能な範囲で（ロ）の低い鋼を選択するのが望ましい。また、低合金高張力鋼の溶接低温割れ評価をするのに（ハ）も用いられる。
- (3) 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（ニ）で溶接補修を実施する場合は、溶接入熱不足により非常に溶接部の冷却速度が大きくなり溶接性が悪くなる。その対応の一つとして予熱を実施する。

- | | | |
|--------------|-----------|-------|
| A 炭素当量 | B ショートビード | C 小さく |
| D サブマージアーク溶接 | E 大きく | F 予熱 |
| G 水素分圧 | H 割れ感受性指数 | |

問 37	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	A	H	B

【問 38】 次の文章は、石油精製事業所内で適用されるホットスタートについて述べたものである。イ～ハ内の語句A、Bで正しい方をそれぞれ選択せよ。

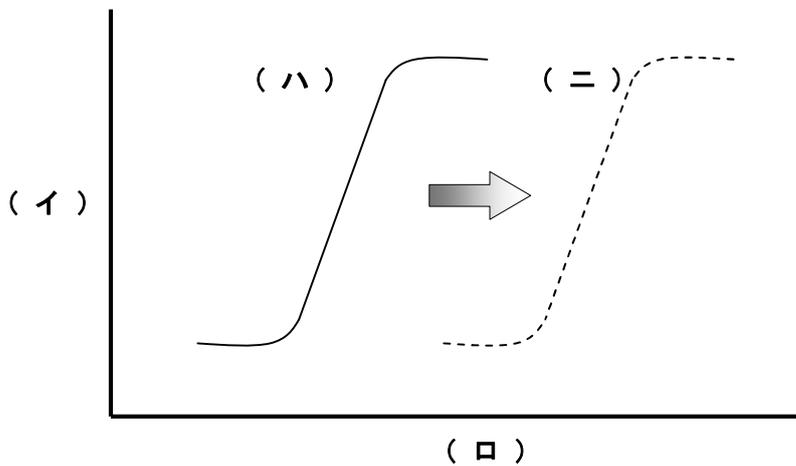
高温高圧下で使用される低合金鋼製の圧力容器をある温度域に長時間保持した場合、使用材料の破壊靱性が経時劣化することがあり、これを（イ：A 焼戻し脆化、B シグマ相脆化）と称している。

高温下の定常運転における材料の破壊靱性値は、一般に靱性遷移温度曲線の（ロ：A 上部棚域、B 下部棚域）に相当するため、（ハ：A 延性破壊、B 脆性破壊）に対して十分な安全性を持っているが、起動停止から運転に入る段階では、（ハ）を起こさない温度域で加圧する、いわゆるホットスタートの検討を行う必要がある。

問 38	イ	ロ	ハ
解答	A	A	B

【問 39】 次の図は、脆化材の遷移温度上昇の概念図である。文中の（イ）～（ニ）内に最も適する語句を下記のA～Fより選択せよ。

縦軸は（イ）、横軸は（ロ）を示す。また、図中の実線は（ハ）を、点線は（ニ）の遷移曲線を示す。



- | | | |
|------------------|-------|--------|
| A 吸収エネルギー又は破壊靱性値 | B 拘束度 | C 温度 |
| D 脆化材 | E 新材 | F 焼戻し材 |

問 39	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	C	E	D

【問 40】 次の文章は、最低加圧温度設定法の一つである破壊力学的解析法ならびに経時靱性変化の予測法について述べたものである。(イ) ~ (ホ) 内に最も適する語句を下記の A ~ J より選択せよ。

(破壊力学的解析法)

応力拡大係数 K_I は破壊に関与する欠陥先端の応力場の大きさを表す力学パラメータである。又、破壊靱性値 K_{IC} は材料の破壊抵抗性に相当する材料特性値であり、応力拡大係数と同じディメンジョンで表されるため、脆性破壊が発生するクリティカル条件は式 (イ) で表す事ができる。ここに、 $K_I = (\text{ロ})$ である。

σ : 負荷応力

a : 欠陥寸法

A : 欠陥の位置や形状による係数

(経時靱性変化の予測法)

焼戻し脆化量は (ハ) 及び (ニ) で表されるパラメータと相関があり、長時間高温保持後の (ホ) が (ハ)、(ニ) をもとに整理できる。

- | | | | | |
|------------------|---------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------|
| A $K_I < K_{IC}$ | B $K_I \geq K_{IC}$ | C $A\sigma\sqrt{\pi a}$ | D $A\sigma/\sqrt{\pi a}$ | E J-Factor |
| F P_v | G \bar{X} | H P_w | I FATT | J $\Delta FATT$ |

		順不同			
問 40	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	C	E	G	I