

社団法人石油学会

2009 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) 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】 次の文は石油学会維持規格作成の背景に関する内容である。(イ)～(ホ)の文で不適切なものの組み合わせを下記のA～Eより選択せよ。

- (イ) 高圧ガス保安法の設備維持検査には定期自主検査と保安検査がある。
- (ロ) 高圧ガス保安法の目的は、「公共の安全を確保する」ことであり、年1回の保安検査は常に官によってなされるべきであり、施設保有者による自主的な保安検査は認められてない。
- (ハ) 保安検査は、高圧ガス保安協会作成の民間規格（保安検査基準）に沿って実施することが、告示化されている。
- (ニ) 高圧ガス保安協会作成の民間規格（保安検査基準）の中では、設備の余寿命管理が的確に行われている設備は、外部の目視検査を除き、余寿命予測結果に応じた期間内で耐圧性能・強度に係わる検査を実施可能となっている。
- (ホ) 労働安全衛生法のボイラ・圧力容器設備で、年1回実施する検査を保安検査と呼ぶ。

A イ、ハ B イ、ロ C ロ、ホ D イ、ハ、ニ E ロ、ハ、ホ

問1 解答	C
----------	---

【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。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、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実施する検査。
- (ロ) 被検査材から試験材を採取し、材料の強度などを破壊によって調べる検査をいう。
- (ハ) 算出された余寿命から次回の内部検査時期を決定するときに、余寿命に乗ずる係数をいう。
- (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 内部検査周期設定係数	

問2 解答	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
	A	H	K	C	I	G

【問3】 次のイ～ニの文は「設備の維持管理」の内部検査及び外部検査について述べたものである。不適切な記述の組み合わせを下記のA～Eの中から選択せよ。

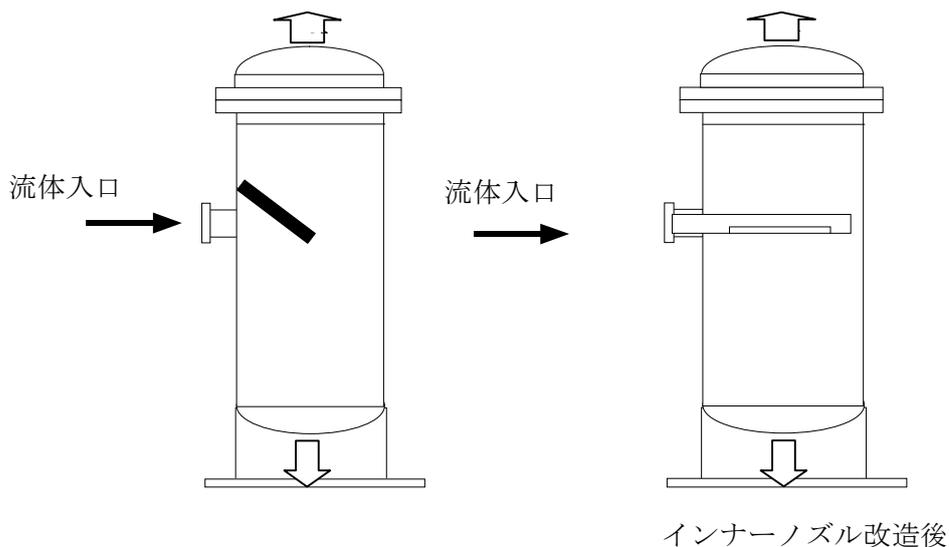
- イ 内部検査は、設備の内側から行う。設備の外側から実施する検査は、すべて外部検査である。いずれの側から検査を行うかは、想定される腐食・劣化損傷の種類、範囲及び検査精度並びに設備の重要度などを総合評価して決定する。
- ロ 設備を開放しての検査（開放検査）は、目視又は検査機器を用いて実施し、検査の結果によっては、破壊試験のための試料の採取を行う。また、開放検査では、設備内の汚れ、堆積物、詰まりの有無などの運転性能に関する事象についても、十分な確認を行う。
- ハ 内部検査周期とは、検査計画を立案する時点から次回内部検査までの間隔をいう。
- ニ 外部検査の検査周期は、設備の重要度、外部環境、腐食・劣化損傷の種類などを勘案して決定する。

A イ、ロ B イ、ハ C ロ、ハ D イ、ニ E イ、ロ、ハ

問3 解答	B
----------	---

【問4】 次の文章は、容器の更新を行う際にインターナルの改造を行った例である。変更管理として検討すべき内容を記した文 **A** ~ **D** の中から不適切な記述 2 つを選択せよ。

『事例』水素製造装置炭酸ガス吸収塔後段のコンデンセートセパレーターのシェル（入口ノズル流体衝突部）が減肉したので更新した。更新前には、入口ノズルにインピンジメントバッフルが設置されていたが、入口ノズルからの流体衝突部シェルが減肉した。そのため更新の際、図のように入口ノズル部に設置されていたインピンジメントバッフルを止め、下向きの内側ノズルタイプへ変更し、流れが下向きになるようにした。



『変更管理』

- A** 流れが下向きになるよう改善したので、シェルの肉厚管理は中止する。
- B** インターナル変更の際し、内部の流れがどのように変化するかをシミュレーションにより確認する。
- C** 入口ノズル対面のシェルの減肉が計画通り緩和されたことを、供用後、定期的に確認する。
- D** 改造前に減肉の発生した部位を改造後に肉厚測定し、減肉を認めないことをもって、改造後の評価とする。

問 4 解答	順不同	
	A	D

【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ガスケットの管理について記したものである。A ~ Dの中から不適切な記述を1つ選択せよ。

- A ガスケットのサイズ、材質、型式などが適正な仕様であることを確認する。
- B ガスケット挿入時には、損傷、錆、ゴミなどの付着物の無いことを確認する。
- C 開放工事などでフランジ部を緩めた場合は、原則としてガスケットを取り替える。ただし、渦巻き型ガスケットは当たり面の健全性が確認できれば再使用できる。
- D 気密試験時において、ガスケット部漏洩個所の外観検査により、片締めなどの施工不良以外の要因が漏洩原因として考えられる場合には、ガスケットを抜き取り、詳細検査を行う。

問5 解答	C
----------	---

【問6】 次の文章は石油精製事業所内で使用される炭素鋼製圧力設備の溶接補修時の溶接後熱処理（PWHT）について記したものである。A ～ Dの中から不適切な記述を1つ選択せよ。

- A PWHTによって生じる変形や歪を考慮する。特に塔槽類では、座屈の発生に注意を払う。
- B PWHTの温度は、一般的に再固溶する温度で均一に加熱、保持する。
- C PWHTを行う部分に含まれる枝管及び付属品に対しても、加熱制御を行う。
- D 必要なPWHT温度が、溶接部から測定して母材厚さの二倍を超える距離にわたって維持されていることを、適切な数の温度計で監視する。

問6 解答	B
----------	---

【問7】 次の文章は石油精製事業所内で使用される圧力設備の開放清掃に伴い発生する廃棄物の仮置きに対する配慮事項について記したものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句A、Bで、正しい方をそれぞれ選択せよ。

- ・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（イ：A 酸化鉄、B 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ので注意が必要である。
- ・このような廃棄物を仮置きする際には、（ロ：A 乾燥、B 湿潤）状態を保つこと、（ハ：A 空気、B 窒素）との接触を避けること、ウエスなどの燃えやすいものを付近に置かないことが重要である。

問7 解答	イ	ロ	ハ
	B	B	A

【問8】 次の文章は石油精製事業所内での資材管理について記述したものである。A ~ Dの中から不適切な記述を1つ選択せよ。

- A 一般的な材料の手配を施工会社に任す場合は、その調達管理区分の決定、受け入れ検査、現場管理について明確な基準を設け、各事業所が適切に管理できる体制とする。
- B 資材の材料証明確認については、その基準を明確に定め、所内の品質保証体制で随時監視、確認し、その結果を文書化する。
- C 低合金鋼及び高合金鋼製の配管並びに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確認を行う。一方、低合金鋼及び高合金鋼製のボルト・ナットについては、内部流体と直接には接しないことから材料確認は不要である。
- D 材料確認方法は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（スペクトルアナライザー、X線蛍光分析器などによる手法）を必要により採用する。

問8
解答

C

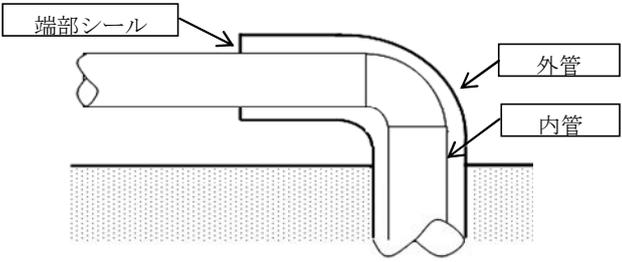
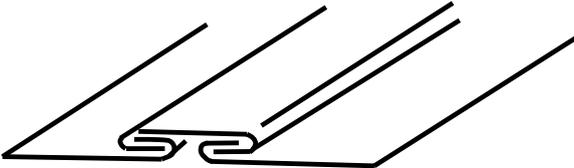
【問9】 次の文は、配管系の検査箇所を選定に関して述べたものである。文中の(イ)~(ニ)内に最も適する語句を下記のA~Iより選択せよ。

- **流れの分流・合流箇所** 分流、合流及びそれに伴う偏流によって(イ)が変化する箇所及び流体が管壁に衝突する箇所では、エロージョン及びエロージョン/コロージョンが発生する。特にティー部のような構造上(イ)が変化する部位では局所的な(ロ)が発生するため、減肉は広範囲に及ぶ可能性があることに留意する必要がある。
- **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、バルブ下流など、管径や流路が急変する箇所では、(イ)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上昇、オリフィス下流における渦流の発生が挙げられ、(ハ)回復点近傍までの箇所に腐食の発生事例が多い。空気抜きなど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。またバルブ下流側に生じる流れの乱れにより、エロージョン/コロージョンが発生する事例も報告されている。

A 乱流 B 動圧 C 静圧 D サポート E ベント孔
F 流動状態 G 高周波 H 温度 I 振動

問9 解答	イ	ロ	ハ	ニ
	F	A	C	E

【問 10】 次の表は、配管の腐食に対する構造設計上の配慮事項についてまとめたものである。不適当な組み合わせとなっているものを下記のA～Dから1つ選択せよ。

記号	事 象	構造設計上の配慮事項
A	架台接触部の外面腐食	丸棒等の取り付けにより、サポートとの隙間に雨水が滞留することを防止する。
B	配管の内面腐食	腐食性流体の配管は、ティー／エンドキャップ等の設置により、極力行き止まり構造とする。
C	二重管式埋設配管の地上境界部における外面腐食	二重管端部を地上立ち上がり後、水平部まで延長し、端部の雨水シールを行う。 
D	保温下配管の外面腐食	保温外装の各合わせ目は、下図に示すような“さや”又はそれと同等となる方法で雨水浸入を防止し、合わせ目の隅角部には、パテなどでシールする。 

問 10 解答	B
------------	---

【問 11】 次の表は、配管系の耐圧性能を確認するために肉厚測定を行う点について説明したものである。(イ)～(ニ)内に最も適する点の名称を下記のA～Dより選択せよ。

分類	目的と設定方法
(イ)	系の腐食性を評価することを目的として設定され、他の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点である。一般的には、腐食因子、運転条件、流動条件などの運転条件の変更や運転変動を的確に補足できる部位を選び、各腐食系に対して1箇所以上設定する。
(ロ)	検査箇所において肉厚測定を行う特定された点であり、単一の測定点を示すものではなく、複数の測定点のまとまりからなる。これらは、定常的な管理と変更管理の側面から設定されるべきであり、(イ)(ハ)(ニ)の3種類に分類される。
(ハ)	配管系の中で潜在的な腐食部位を把握するために、(ニ)のような固定観測的な管理に加えて設定する点をいう。また、検査結果から既存点の有効性評価も行う。
(ニ)	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。

A 検査点 B 代表点 C 定点 D 移動点

問 11	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	D	C

【問 12】 次の文章は、腐食の種類と特徴について述べたものである。A～Dの下線部において、不適切な記述が含まれているものを1つ選択せよ。

- A** 水硫化アンモニウム腐食は、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発生し、流体中の硫化水素濃度、アンモニア濃度および流速が加速要因となる。局所的に発生する高流速部において腐食は促進され、その一方で極度の低流速部や滞留部でも、堆積物下に水硫化アンモニウムの高濃度部位が生じ腐食することがある。
- B** アミン腐食は、硫化水素、炭酸ガスなどの酸性ガスを吸収したアミン溶液による腐食であり、アミン劣化物、反応生成物および不純物により大きく影響される。この劣化物は、アミンが長期間の運転により構造的に異なった生成物に変化した物質で“変質アミン”と呼ばれ、腐食を促進させ、塔内にスケール等を生成させトレイの減肉及び作動不良の原因となる。
- C** 炭酸腐食は、炭酸ガスを溶解した弱酸性水溶液による腐食であり、全面腐食の形態を示す。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。水素製造装置の高温変性系においては、流体が常時流れている場所で炭酸腐食が発生しやすいが、ドレンノズル、ベントノズルなど常時流体の流れの無い箇所での炭酸腐食は発生しない。
- D** 硫酸腐食は、主に硫酸濃度、温度及び流速に支配される。アルキレーション装置で用いられる硫酸濃度は90～98%で温度は常温であり、硫化鉄不動態皮膜の形成により炭素鋼が使用可能な領域である。不動態皮膜は、高流速で破壊されやすくエロージョンが発生する可能性があり、流速と腐食速度は、ほぼ直線関係にある。

問 12
解答

C

【問 13】 次の文章は劣化損傷の種類、特徴、評価、検査周期について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bのうち最も適切な用語をそれぞれ選択せよ。

- 配管系で予想される高温劣化損傷は、（イ：A 水素侵食、 B 水素誘起割れ）、クリープ損傷、黒鉛化、等温時効脆化である。
- 疲労割れの余寿命については、（ロ：A 応力拡大係数、 B S-N 線図）などによる推定も可能であるが、亀裂発生後の進展速度が（ハ：A 速いため、 B 遅いため）、事前に振動などの監視を行い、必要に応じてサポート補強、配管の厚肉化などの対策を講じることが望ましい。
- （ニ：A 材料選定や応力除去焼鈍、 B 樹脂コーティングや溶射）による損傷防止策を実施している配管系では、直近の検査時点から当該損傷防止策の耐用期限までの期間以内であって、損傷防止策実施後から直近の検査で損傷のないことが確認された時期までの期間（対策適用実績期間）を内部検査周期とする。

問 13	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	A	B

【問 14】 次のイ～ニの文章は、配管付属品および特定配管の検査について述べたものである。最も適切な説明の組合せを解答例のA～Eから選択せよ。

- イ 伸縮継手のベローズに局部的な内面腐食が懸念される場合には、耐圧試験により局部腐食を見つける必要がある。
- ロ 伸縮継手のベローズは、運転中における振動の発生の有無についても確認する必要がある。ベローズが振動により破損した事例がある。
- ハ 腐食性がある流体を扱う配管に付属するねじ込み部は、ねじ山の腐食傾向に留意する必要がある。ねじ山の検査を行う場合には放射線検査が適している。
- ニ 溶融アルミニウムめっき炭素鋼配管は、アルミめっき合金層が局部的に剥れても、その周辺のアルミめっき合金層が犠牲陽極となって炭素鋼配管は腐食から保護される。

【解答例】
 A イ・ロ B イ・ニ C ロ・ハ D ロ・ニ E ハ・ニ

問 14	C
解答	

【問15】 次の文章は、変更の管理について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句 A、B のうち最も適切な用語をそれぞれ選択せよ。

- (1) 数年間、未使用であった原油揚荷配管においてスケール堆積下で孔食により漏洩した事例が有るが、このような場合の配慮事項として、滞留部の腐食進行を防止するため仕切り板による縁切りや（イ：A 油抜き、B 海水置換）などを決め、フォローアップを確実に行う。
- (2) 常圧蒸留装置主蒸留塔に持ち込まれる（ロ：A 塩化水素、B 硫酸）が増加したため、主蒸留塔の粗製ガソリン抜き出し配管の腐食環境が変化し、著しい（ハ：A 塩酸腐食、B 硫酸腐食）により漏洩した事例が有るが、運転監視項目、モニタリング方法、環境条件の制御方法を決め、適切な防食管理を実施する。
- (3) 常圧蒸留塔でインナーノズルの設置改造により、本体接続の安全弁取付け配管の腐食環境が大きく悪化し、（ニ：A 塩化アンモニウム腐食、B 高温硫化物腐食）による著しい減肉を受け、開口部から原油が漏洩した事例では、流体の流れが発生して温度が上昇したことに起因している。設備改造を行う場合には、計画段階でプロセス環境の変化が腐食・劣化損傷、汚れなど運転継続のための阻害要因への影響を検討し、フォローアップを確実に行う。

問 15 解答	イ	ロ	ハ	ニ
	A	A	A	B

【問16】 次の A ～ D は配管系において各劣化損傷の発生の可能性がある石油精製事業所内の主要装置・システムの組合せである。A ～ D の中から最も適切な組合せを 2 つ選択せよ。

- A 水素侵食**
常圧蒸留装置、減圧蒸留装置、ナフサ水素化脱硫装置、軽質油水素化脱硫装置、重質油水素化脱硫装置、接触改質装置、連続再生式接触改質装置、水素製造装置
- B 黒鉛化**
流動接触分解装置、アルキレーション装置
- C ポリチオン酸応力腐食割れ**
軽質油水素化脱硫装置、ナフサ水素化脱硫装置、重質油水素化脱硫・水素化分解装置
- D 水素誘起割れ**
常圧蒸留装置、減圧蒸留装置、軽質油水素化脱硫装置、ナフサ水素化脱硫装置、重質油水素化脱硫・水素化分解装置、流動接触分解装置

問 16 解答	順不同	
	C	D

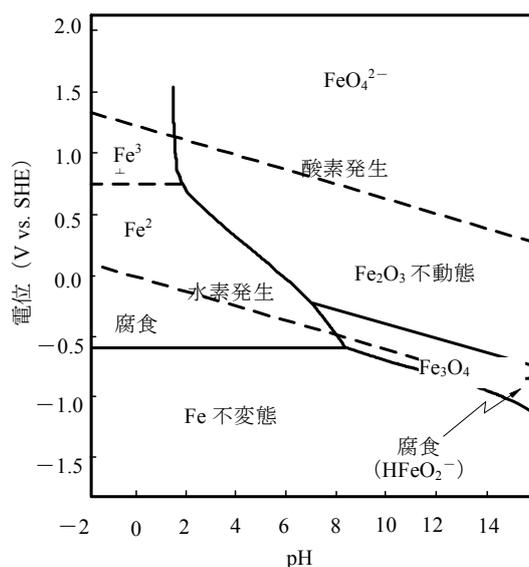
【問 17】 次の文章は、石油精製事業所で行われている防食技術について述べたものである。不適切な記述を A ~ D より 2 つ選択せよ。

A 腐食抑制剤は一般に防食剤とよばれ、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り沈殿皮膜型、吸着皮膜型、拡散浸透型の 3 タイプに大別される。

B 溶存酸素の除去は腐食防止に有効であり、防食措置として溶存酸素の除去が行われているが、防食的な不動態皮膜生成を目的として、微量の溶存酸素を添加する手法も一部のボイラ水系で実施されることがある。

C 一般に金属は、中性付近では酸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使用されている。

D 次の図は鉄-水系の Pourbaix 線図であるが、この図において、「鋼材の電位を貴方向へ移動させ不動態域とする方法」をカソード防食といい、「鋼材の電位を卑方向へ移動させ不動態域とする方法」をアノード防食と呼ぶ。



問 17 解答	順不同	
	A	D

【問 18】 次の文章は常圧蒸留装置の原油予熱系工程で行われる苛性ソーダなどの注入についての配慮事項を述べたものである。最も適切な組み合わせを下記の **A ~ E** より選択せよ。

- イ** 苛性ソーダの添加方法としてスリップストリーム法を採用しているので、チャージ原油本管への注入箇所にクイル型注入ノズルを使用せず直付けとした。
- ロ** 予め処理原油毎の主蒸留塔塔頂受槽への持ち込み塩化物イオン濃度のデータを採取しておき、処理原油見合いで苛性ソーダ注入量を設定した。
- ハ** 主蒸留塔塔頂系の腐食管理の改善を目的として、苛性ソーダの代わりに、加水分解の心配がない炭酸ソーダ水溶液を注入する方法を選択した。
- ニ** 苛性ソーダはできるだけ希釈するのが好ましいので 2%水溶液を注入することとした。
- ホ** 苛性ソーダの注入量が増加しても注入コストは安いので、主蒸留塔塔頂系の防食の配慮から苛性ソーダの注入量は過剰に注入することとした。

【解答例】

A イ・ホ **B** ロ・ニ **C** ハ・ニ **D** イ・ハ **E** ロ・ホ

問 18 解答	B
------------	----------

【問 19】 次の表は代表的なボイラ給水処理薬品とその作用を示したものである。表中の（イ）～（ニ）内に最も適する薬品を下記の A ～ D よりそれぞれ選択せよ。

作用	薬品名
<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラ本体での硬度成分やシリカによるスケール付着を防止する。 ・ボイラ水の pH 又は酸消費量(pH8.3)を調節し、スケールの付着と腐食を防止する。 	(イ)
<ul style="list-style-type: none"> ・給水中の溶存酸素を除去して腐食を防止する。 	(ロ)
<ul style="list-style-type: none"> ・蒸気／復水系の二酸化炭素腐食を防止する。 	(ハ)
<ul style="list-style-type: none"> ・ボイラ水中の硬度成分及び酸化鉄のスラッジを微粒子状に分散し、ブローにより系外に排出する。 	(ニ)

A アンモニア B ヒドラジン C ポリメタクリル酸塩 D リン酸塩

問 19	イ	ロ	ハ	ニ
解答	D	B	A	C

【問 20】 次の文章は石油精製事業所で必要な防食管理技術について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）の語句 **A**、**B** のうち最も適切な用語をそれぞれ選択せよ。

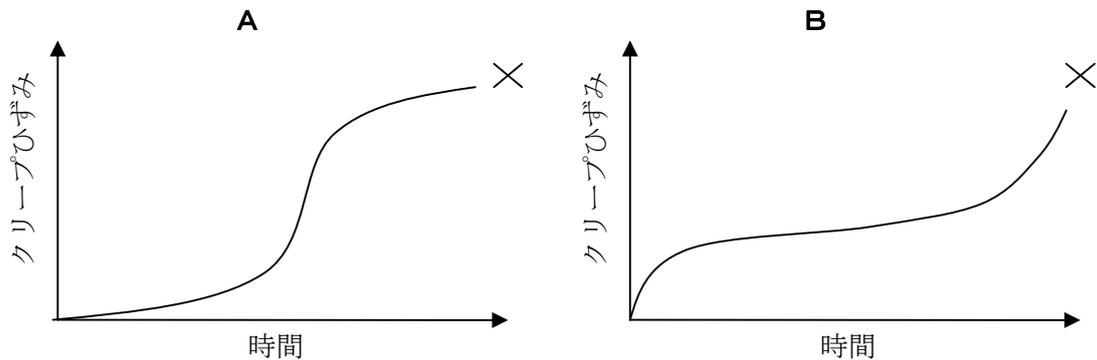
(1) 重質油水素化脱硫装置反応塔エフルエントの冷却過程で発生する水硫化アンモニウム腐食の腐食防止対策として水硫化アンモニウム濃度の管理がおこなわれるが、ドレン中の水硫化アンモニウム濃度（**イ**：**A** 2wt%以下、**B** 15wt%以下）の場合は、腐食が生じないといわれ、水注入による希釈のガイドラインとなる。

(2) 触媒として硫酸を使用するアルキレーション装置では設備を構成する材料は耐硫酸性を考慮して選定する必要がある。この装置での硫酸濃度は（**ロ**：**A** 90～98wt%、**B** 15～20wt%）、運転温度は常温又はそれ以下の温度であり、炭素鋼が使用可能な領域である。流速の制限に関しては、NACE RP 0391-2001によれば、流体温度が常温（50℃以下）で低流速（**ハ**：**A** 2m/sec以下、**B** 0.9m/sec以下）の条件下では炭素鋼が使用でき、（**ニ**：**A** 3m/sec以下、**B** 1.8m/sec以下）の流速であれば SUS316L を用いる。

問 20	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	B	B

【問21】 次の文章は、クリープ損傷について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の図又は語句A～Bのうち最も適切な図又は用語をそれぞれ選択せよ。

（1）下図（イ：A、B）は、低合金鋼のクリープ損傷発生過程を概念図として示したものである。



（2）Larson-Miller などのパラメータを利用した計算によるクリープ損傷の余寿命予測： 使用温度、負荷応力の時間変化が読み取れるデータが整理されていれば、計算によって余寿命を推定することができる。API std 530 に示された余寿命予測手法では、期間によって使用温度、負荷応力条件が異なる場合は（ロ：A 各期間の使用温度と負荷応力条件の組合せで各期間の消費寿命を計算し、その合計で、B 設計温度と製作板厚における負荷応力条件の組合せで）全期間の消費寿命を計算する。

（3）寸法検査によるクリープ損傷の余寿命予測： クリープ歪み(%)を算出し、クリープ歪みとクリープ損傷度の関係曲線から余寿命を推定する。Cr-Mo 鋼製加熱管の場合、（ハ：A 7～10%、B 2～3%）程度の周方向歪量が管理基準となる（その後急激に歪みが増加するため）。

（4）組織検査によるクリープ損傷の余寿命予測： 金属組織をレプリカにとり、分析電子顕微鏡により観察し、余寿命を予測する。パラメータとしては、結晶粒径、（ニ：A ボイド、B ベイナイト）の発生程度、炭化物の組成変化が主なものである。

問 21	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	B	A

【問 22】 次のイ～ニの文章は、黒鉛化、焼戻し脆化、475℃脆化、シグマ脆化の発生機構について記載したものである。それぞれの損傷の発生機構の記述として最も適切な組み合わせを下記の A～D より選択せよ。

- イ 黒鉛化は、炭素鋼や C-0.5Mo 鋼が 450℃程度以上の高温に長期間曝されると、パーライト組織やベイナイト組織中の炭化物が分解し炭素が凝集析出し、強度低下を招く現象であり、温度－時間依存型の劣化現象である。
- ロ 焼戻し脆化は、Cr-Mo 鋼などの低合金鋼を約 360～575℃の温度範囲に長時間保持した時に生じる脆化現象であり、焼戻し脆化しても常温では靱性が回復している。
- ハ 475℃脆化とは、Cr 量が約 12%以上のフェライト系、マルテンサイト系及び二相系ステンレス鋼を約 320～540℃の範囲で長時間加熱又はこれより高い温度に加熱後この温度域で徐冷したときに、常温での硬度、強度が上昇し、延性、靱性が低下する現象である。
- ニ シグマ脆化の原因となるシグマ相は、炭素鋼、C-0.5Mo 鋼、フェライト系ステンレス鋼を 500℃～900℃で長時間高温加熱することにより発生する。シグマ相は Fe-C が 1 : 1 の極めて硬く、もろい金属間化合物であり、これが析出すると、延性及び靱性が低下する。

【解答例】
 A イ・ロ B ロ・ニ C ハ・ニ D イ・ハ

問 22	D
解答	

【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。不適切な記述二つを選択せよ。

- A 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。
- B オーステナイト系ステンレス鋼における割れ発生要因として、塩化物濃度、温度、残留応力等が関係する。
- C 塩化物 SCC が発生した場合、実機における寿命推定は、割れ深さと塩化物濃度が把握し易いので、比較的精度良く推定が可能である。
- 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	C	D

【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、最も適切なものをそれぞれ選択せよ。

- (1) 炭素鋼の溶接金属では、硬度（イ：A 100HBW、B 200HBW）以上でSSCを生じ易い。
- (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（ハ：A 酸性側、B アルカリ性側）ほど発生しやすい。
- (4) 室温近傍で最も割れやすく、温度上昇と共に割れにくくなる。これは温度上昇と共に水中のH₂S濃度が（ニ：A 増加、B 減少）するためと考えられる。

問 24	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	A	B

【問 25】 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～Gより選択せよ。

HICの発生機構は、炭素鋼及び（イ）がH₂S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、鋼材の圧延方向に平行な割れを発生する現象である。防食を目的に（ロ）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、（ハ）等の介在物を減らし清浄度を高くしたり、（ニ）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（ホ）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 Ag	D Cu
E Al	F MnS	G Ca	

問 25	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	B	F	D	G

【問 26】 次の文は、検査技術のうち、放射線法の原理について述べたものである。文中の（ イ ）～（ ホ ）内に最も適する用語を下記の A～L より選択せよ。

放射線法は 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 α B β C γ 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 面積率 L 拡大率

問 26	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	C	E	G	I	L

【問 27】 次の文は腐食・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で最も適切な用語をそれぞれ選択せよ。

- (1) 超音波による肉厚測定は、1～数十 MHz の周波数をもつ超音波を利用した検査法で、超音波パルスが板中を(イ: A 0.5 往復 B 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) リモートフィールド渦流探傷法は、励磁コイルと検出コイルを管径の 2 倍以上離して配置し、(ロ: A 直接磁場 B 間接磁場)で探傷する方法である。
- (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、導体に近づけたコイルに(ハ: A 直流電流 B 交流電流)を流してコイルの周りに磁界を発生させ、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。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。
- (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、(ニ: A 板厚 B 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。

問 27	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	B	B

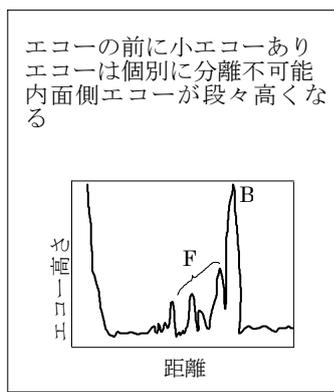
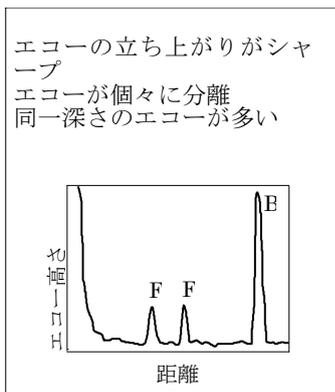
【問 28】 次の(1)～(4)の図は劣化損傷の検査方法に対するマスターカーブ若しくは裏付けデータなどを示している。イ～ニに示す図の説明のうち最も適切な組み合わせをA～Dより選択せよ。

- イ (1) 図は超音波後方散乱法で水素侵食を検査する場合の水素侵食と介在物のエコーの違いを示す模式図であるが(a)は水素侵食の場合に、(b)は介在物の場合に認められるエコーである。
- ロ (2) 図は 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。
- ハ (3) 図はクリープ損傷による寿命評価に用いられている A パラメータ法の評価線図である。
- ニ (4) 図は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】

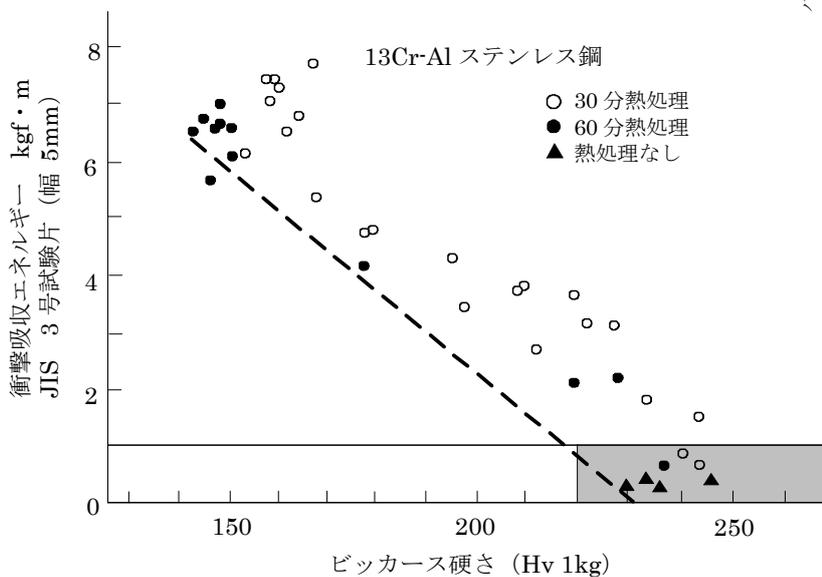
A イ・ロ B ロ・ハ C ハ・ニ D イ・ニ

問 28 解答	B
------------	---

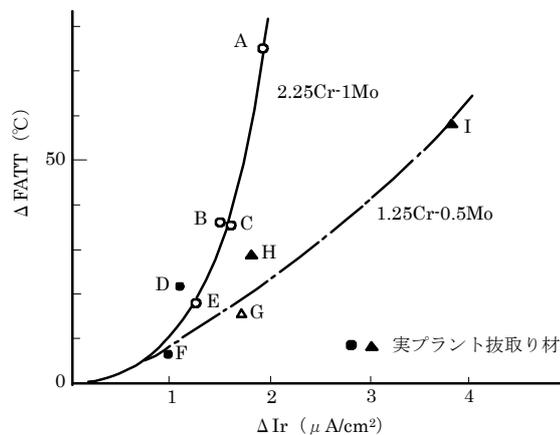
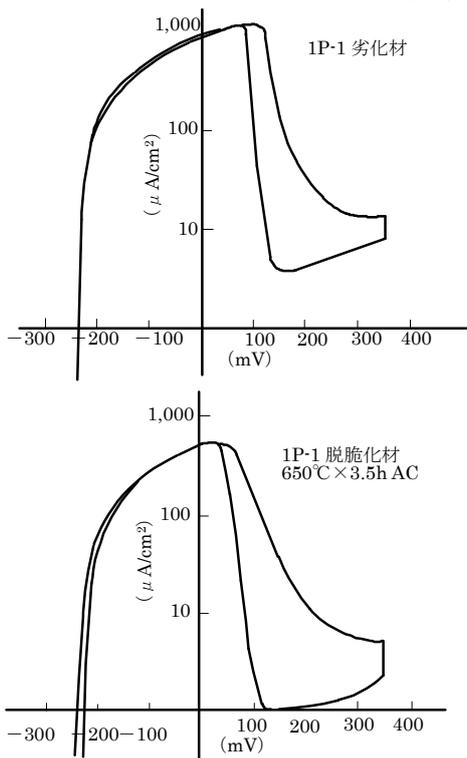


(a) (b)

(1)



(2)



- | | |
|-------------------------|--------------|
| A 482°C×1,000 時間 | F 380°C×8 年 |
| B ステップクーリング | G ステップクーリング |
| C 450°C×3,000 時間、210MPa | H 500°C×8 年 |
| D 330°C×14 年 | I 540°C×14 年 |
| E 450°C×3,000 時間 | |

(4)

【問 29】 次の文章はチタンの水素脆化の検査方法として適用される渦流探傷法について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）の語句A、Bのうち最も適切な用語をそれぞれ選択せよ。

(1) チタンの水素固溶度は、常温近辺で数十 ppm と極めて少ないため、水素を吸収するとその殆どは（イ：A 水素化物、B 炭化物）として析出する。この（イ）の（ロ：A 比重、B 比抵抗）はチタンに対して約 30%大きいこと（導電率が 30%程度小さいことを意味する。）、（イ）が結晶粒界（含む双晶粒界）に析出して渦電流の流れを阻止する。（イ）の量が増加すると、（イ）析出層の厚さが厚くなり、渦電流の量が厚さに比例して小さくなることから、コイルの（ハ：A リガメント、B インピーダンス）を求めればチタンの水素量を推定することができる。

(2) 実際の適用にあたっては、（ニ：A 圧力変動、B 内径変動）及びバッフルの影響を補正するなどの技術が必要であるが、このような補正の結果、出力信号の絶対値と水素吸収量の良い相関が得られている。

問 29	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	B	B

【問 30】 次の文章は、供用段階にある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）～（ホ）内に最も適した用語を下記のA～Jより選択せよ。

- (1) 高压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（気体を使用する耐圧試験圧力は（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1.3倍以上（気体を使用する耐圧試験圧力は（イ）の1.1倍以上）とする。
- (2) 法規による指定が無い場合、設備の耐圧試験圧力は（イ）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（ニ）の（ホ）を超えてはならない。

A 設計圧力 B 常用圧力 C 1.5倍 D 1.25倍 E 1.1倍
 F 90% G $\frac{2}{3}$ H 許容応力 I 引張強さ
 J 降伏点又は0.2%耐力

問 30	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	B	D	C	J	F

【問 31】 次の文章は、供用段階にある静機器および配管の気密試験および総合気密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）に最も適した用語を下記のA～Fより選択せよ。なお、A～Fの用語は回答として複数回使用しても良い。

- (1) 気密試験の試験圧力は、（イ）以上とする。ただし、高压ガス保安法に定める導管の保安検査または定期自主検査における気密試験の試験圧力は、（ロ）とする。
- (2) 総合気密試験の試験圧力は、原則として対象プラント又はブロックの（ハ）以上とする。なお、実ガスを使用する場合の試験圧力は、（ニ）以上とする。

A 設計圧力 B 常用圧力 C 常用圧力の1.1倍 D 安全弁の吹出し圧力
 E 安全弁の吹出し圧力の90% F 運転状態の圧力（又は運転圧力）

問 31	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	F	B	F

【問 32】 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 (W_{m1}) 又はガスケット締付時に必要な最小のボルト荷重 (W_{m2}) の大きい方を採用し、安全率等を考慮して定める。

ここで、 $W_{m1} = (イ) + (ロ)$ 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** ガスケット圧縮降伏応力の 1/4 の荷重
- B** 内圧によってフランジに加わる全荷重
- 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** 設計温度における、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 32 解答	順不同	
	B	C

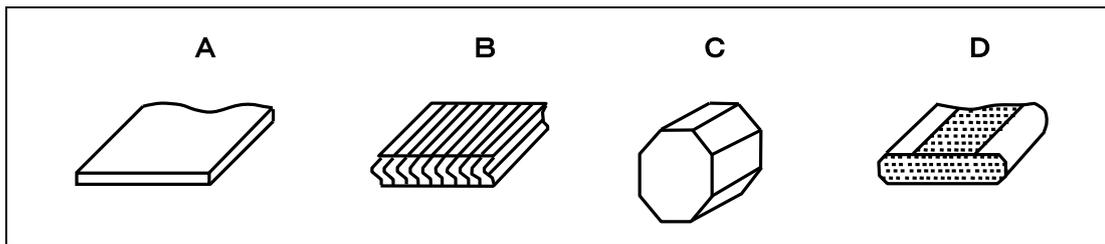
【問 33】 次の文章は、フランジ締め付けに関する最近の事故事例の特徴と注意点を記載したものである。**A～D**の中から不適切な記述 1 つを選択せよ。

- 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、締付力が増大し、ガスケット当り面が変形することにより漏洩する可能性がある。
- 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やすく、不均一な締付力になりやすい。
- C** フランジ継手部が異材フランジ構造の場合、フランジ材質の違いによる熱膨張差で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。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 解答	A
------------	---

【問34】 下欄のそれぞれは、代表的なガスケットの種類と断面形状の概念図を記載したものである。ガスケットの種類（イ）～（ニ）に対応する断面形状の概念図をA～Dの中から選択せよ。

（イ）	ジョイントシート	（ロ）	平形金属被覆ガスケット
（ハ）	渦巻形ガスケット	（ニ）	リングジョイントガスケット



問34	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	D	B	C

【問35】 次の（イ）～（ホ）の文は、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。最も適切な内容の組み合わせを下欄のA～Eより選択せよ。

- （イ）炭素鋼でNaOH、DIPA、DEA、K₂CO₃を取扱うなど、アルカリ雰囲気を使用する設備の溶接部はPWHTを行うべきである。
- （ロ）低合金鋼の溶接部は、溶接後熱処理を行う必要はない。
- （ハ）炭素鋼、高張力鋼、低合金鋼では、補修後のPWHTの繰り返しにより機械的性質の低下は発生しない。
- （ニ）PWHTの代替法には、テンパービード法、インコネル系溶接材による溶接、溶接後のショットピーニングなどがある。
- （ホ）機器、配管などの現場補修後での局部熱処理では、変形や座屈を防止するために、機器、配管などの内外面よりサポートリングなどの十分な補強を行って実施する。

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

問35	D
解答	

【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）FCAW （ロ）SMAW （ハ）GTAW （ニ）WPS （ホ）PQR

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 ガスタングステンアーク溶接
 D 被覆メタルアーク溶接 E 溶接後熱処理 F 予熱
 G フラックス入りワイヤーメタルアーク溶接 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 解答	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
	G	D	C	A	B

【問 37】 次の文章はステンレス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 ～ I より選択せよ。

- a) **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）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）を含有させる。
- b) **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、320～540℃で 475 脆性、500～900℃で（ハ）を起こすので、この範囲での加熱をできるだけ避ける
- c) **FCAW の注意条項** 550℃以上の高温サービスで使用されるオーステナイト系ステンレス鋼を FCAW により補修溶接を実施する場合には、フラックス中に含まれる（ニ）が、溶接施工性を損ない運転中に損傷（再熱割れ）を発生する場合がある。高温サービスで使用する設備の溶接金属に含まれる（ニ）含有量は 0.001%以下にする必要がある。

- | | | |
|----------|----------------|-------|
| A 変形相 | B σ 相脆化 | C 鋭敏化 |
| D 溶接後熱処理 | E フェライト | F 予熱 |
| G Mn | H 焼き戻し脆化 | I Bi |

問 37	イ	ロ	ハ	ニ
解答	C	E	B	I

【問 38】 次の文章は焼戻し脆化現象について記したものである。A～D の中から不適切な記述を 1 つ選択せよ。

- A 焼戻し脆化現象は、低合金鋼中の 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、粒界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る。
- B 焼戻し脆化現象は、低合金鋼材に含まれる不純物元素濃度に脆化の度合いが強く依存している。
- C 焼戻し脆化現象は、約 580℃以上の温度では脆性の度合いがより厳しくなるという非可逆的脆化現象である。
- D 焼戻し脆化現象は、クロムモリブデン鋼、特に 2.25Cr-1Mo 鋼、3Cr-1Mo 鋼でその傾向が顕著であり、1.25Cr-0.5Mo 鋼にもその傾向が認められ、炭素鋼には焼戻し脆化感受性がないことが知られている。

問 38 解答	C
------------	---

【問 39】 次の文章は低合金鋼製の圧力設備の最低加圧温度について記述したものである。
 文中の (イ) ~ (ハ) 内の語句 A、B で、正しい方をそれぞれ選択せよ。

下図は、約 7 年間運転された 2.25Cr-1Mo 鋼の靱性劣化の度合を評価した例である。シャルピー衝撃試験及び破壊靱性値 (K_{IC}) 計測試験から求めた靱性遷移温度曲線は、共に (イ: A 低温度側、B 高温度側) へ遷移しており、長期運転時の焼戻し脆化の進行が認められる。これらの 2 種類の靱性遷移温度曲線において延性破面から脆性破面へ遷移する (ロ: A 破面遷移温度、B 塑性崩壊温度) 及び (ハ: A 下部棚、B 上部棚) 靱性値を示す遷移温度は、脆性破壊の生じない加圧開始温度を決定する上で、重要な材料特性値となる。

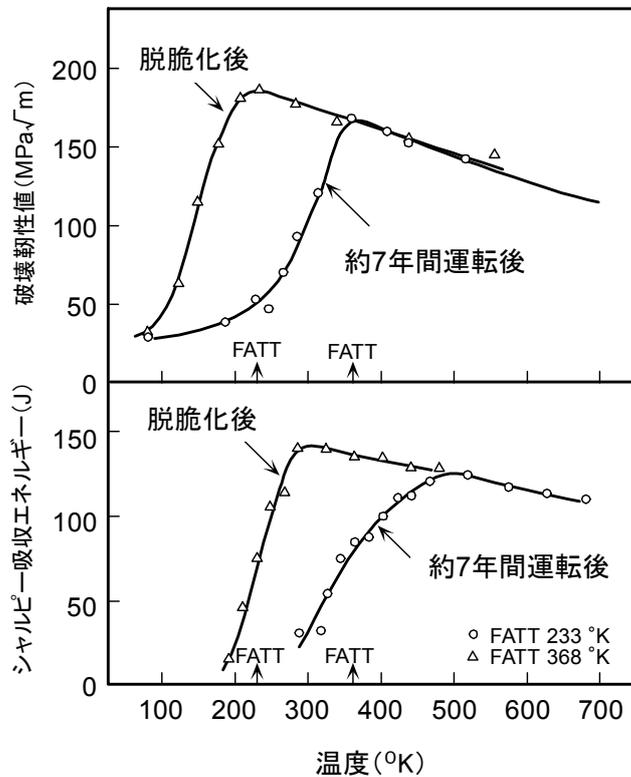


図 420°Cで約 7 年間運転された 2.25Cr-1Mo 鋼圧力容器材における運転後と脱脆化後の K_{IC} 及びシャルピー吸収エネルギーの遷移挙動

問 39	イ	ロ	ハ
解答	B	A	B

【問 40】 次の文は破壊安全率、最低加圧温度のケーススタディについて記述したものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句A、Bで、正しい方をそれぞれ選択せよ。

2.25Cr-1Mo 鋼製機器を対象に 1 つのケーススタディとして、欠陥の寸法を 25mm の半楕円状表面欠陥、負荷応力を当該機器材料の降伏強さの規格下限値に仮定し、破壊安全率（イ：A K_{Ic}/K_I 、B K_I/K_{Ic} ）と加圧温度の関係を下図に示した。

下図は経時（ロ：A 脆性、B 靱性）劣化を考慮し、J-Factor が 50、100、200 及び 300 の 4 つのケースについて破壊安全率の検討を行ったものである。

また、下図において破壊安全率を 2.0 と設定し最低加圧温度を検討する場合、式（1）から負荷応力で 2 倍又は欠陥寸法で（ハ：A 4、B $\sqrt{2}$ ）倍の安全率を考慮した加圧温度の推定値となる。

ここで、 K_{Ic} ならびに K_I は、それぞれ破壊靱性値と応力拡大係数を意味する。

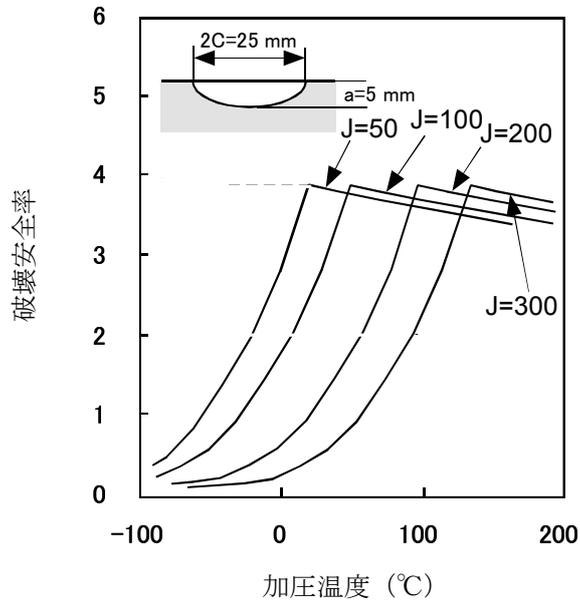


図 破壊安全率と加圧温度の関係

$$K_I = A \sigma \sqrt{\pi a} \dots\dots\dots (1)$$

σ ; 負荷応力

a ; き裂寸法

A ; 欠陥の位置や形状による係数

問 40	イ	ロ	ハ
解答	A	B	A