

公益社団法人石油学会
2021 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】下記のA～Oは各種団体で発行された規格のタイトルを表示したものである。石油学会設備維持規格として発行された基盤規格や共通技術基準でないものを3つ選択せよ。

A 設備維持規格 B 圧力容器構造規格 C 高圧容器規格 D 溶接補修
 E 防食管理 F 回転機維持規格 G ホットスタート H 検査技術
 I 配管維持規格 J 電気設備維持規格 K 発電用設備規格 L 耐圧・気密試験
 M 劣化損傷の評価と対応 N 計装設備維持規格 O フランジ・ボルト締付管理

問 1	順不同		
解答	B	C	K

【問2】次のA ～ Cの文章は、設備維持規格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** 非破壊検査手法のうち、内面又は外面の腐食・磨耗状況および表面又は内在きずを検出するための検査手法の例として“超音波探傷試験”、“放射線透過試験”、“断面組織試験”などがある。
- B** 内部検査は、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、設備の内側からのみ行う。設備の内表面、耐圧部材内部および内部品の腐食・劣化損傷状況を目視検査や非破壊検査にて把握し、設備の余寿命予測精度、損傷防止策の効果などを確認する。
- C** 外部検査は、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ならびに断熱材又は被覆材で覆われた設備外表面の腐食損傷状況などを、目視検査や非破壊検査により検査する。

問2	A	B	C
解答	×	×	○

【問3】 次のA ～ Dは、塔槽の本体およびノズルの検査、ならびに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 オーバーレイ、クラッドに割れがあった場合、母材への進展の懸念はないため母材の検査の必要はない。
- B マンホールおよび流れのないノズルについては、スケールなどが堆積し、堆積物下の腐食が発生しやすいため注意が必要である。
- C ストリップライニングやスリーブ構造のノズルの溶接部に割れがあった場合、母材の腐食の懸念はないため母材の検査の必要はない。
- D 耐食金属の溶射皮膜については、目視検査や膜厚測定を行う。溶射皮膜はポーラスであるため錆の浮き出しの有無を注意深く検査する。

問3	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問4】 次のA ～ Cの文章は、石油精製事業所内で使用される圧力設備に発生する腐食・エロージョンについて述べたものである。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 苛性ソーダによるアルカリ腐食は、溶液濃度が高くなると腐食減肉が激しくなる。
- B アミン腐食は、アミン劣化物・アミン塩による腐食と、リッチアミン溶液系でのエロージョンコロージョンに大別される。リッチアミン溶液系では、溶液中の酸性ガス濃度が高くなるほど腐食が顕著になり、また温度は常温（40℃）付近で最も腐食が顕著になる。
- C 硫酸腐食は、強酸である硫酸による炭素鋼、ステンレス鋼の著しい腐食である。硫酸濃度 90～98%で、温度が常温の場合は、硫化鉄不動態被膜の形成によって炭素鋼が使用可能な領域である。

問4	A	B	C
解答	○	×	○

【問5】次のA ～ Dの文章は、構造設計上の配慮事項について述べたものである。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。

- A** 常用温度が232℃以上の設備のスカート取付部には、ホットボックスを設置する。機器外面保温はホットボックス保温上面より下側へ伸ばし、耐火被覆は施工しない。
- B** ブリーチロック熱交換器などの一部例外を除き、多管式熱交換器のフランジのガスケット接触面は、きずつきやすく、その部分から漏れる危険性のあるナピンを設けた設計は避ける。
- C** 硫化水素環境で使用する、多管式熱交換器のフローティングヘッド部のボルト・ナットは、硫化物応力割れ防止のため、高強度材料を使用する。
- D** 応力腐食割れ（SCC）防止のため、水洗等を行わずにスチームパージを行う炭素鋼製設備の苛性ソーダやアミンに接触する部分は、それらの濃度や温度に関係なく、全て溶接後熱処理を行う。

問5	A	B	C	D
解答		○	×	○

※設問Aが不適切問題であり、問5は問題から除外します。

【問6】 次の文章は、長期連続運転のための諸施策について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に該当する最も適切な語句を A ～ F 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。

a) 運転中検査を可能とする改善

- 1) 遮断弁二重化などの設備の改善。
- 2) 固定式肉厚測定センサーの設置など検査機器・検査方法の改善。

b) 設備の信頼性向上のための改善

1) 設備の改善

- － 設備設計構造の検討、材料変更、（イ）などによる設備寿命の延長。
- － ノズル、支持構造の改善。
 小径ノズル厚肉化、（ロ）をなくすような形状変更、支持機構の改善。

2) 設備管理・運転管理方法の改善

- － 検査点の増強、検査箇所および検査種類の見直しによる設備管理。
- － 検査技術の改善、新技術の採用。
- － （ハ）の強化、関連部署間の連携強化などによる腐食・劣化損傷傾向の早期把握。

A 流体変更

B 滞留部

C 運転中火気管理

D 配管水平部

E コーティング

F 運転中モニタリング

問6	イ	ロ	ハ
解答	E	B	F

【問7】 次のA ～ Dの文章は石油精製事業所において使用される加熱炉チューブ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 加熱炉チューブ外面に高温酸化によるスケールアップが認められる場合は、加熱炉チューブ等の劣化の有無やチューブ内面のコーキング検査を検討する。
- 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 加熱炉チューブ内面の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を十分に考慮する。
- 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7	A	B	C	D
解答	○	×	○	○

【問8】次の（１）～（３）の文章は石油精製事業所内における多管式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、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

- （１）内部流体が海水で銅およ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（イ： 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。
- （２）冷却水環境に関しては、一般的に、チューブ外面側が冷却水となる環境の方が、チューブ内面側が冷却水となる環境と比べ腐食が発生し（ロ： A にくい B やすい）
- （３）アルカリ腐食環境では（ハ： A 高温 B 低温）部を選定し、湿性塩化物腐食環境では（ニ： A 気相 B 凝縮）部を選定する必要がある。

問8	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	A	B

【問9】次のA ～ Dの文章は運転中モニタリングについて記述したものである。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 水素化脱硫装置の高圧分離槽廃水の水硫化アンモニウム濃度はエフルエント系の水注入による希釈のガイドラインとして用いられる。
- B 脱硫装置反応系機器配管は水素侵食評価のために運転温度と水素分圧の監視を行う必要がある。
- C 常圧蒸留塔の塔頂系の防食対策として皮膜剤の注入量が適正かどうか確認するため、凝縮水のpHの監視を行った。
- D 流体の腐食性を常時監視する代表的な方法として、設備にセンサーを取り付けて行う、テストクーポン法、連続肉厚測定法がある。

問9	A	B	C	D
解答	○	○	×	

※設問Dが不適切問題であり、問9は問題から除外します。

【問10】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。

＜塩化アンモニウム腐食＞

- A 常圧蒸留塔塔頂系の湿性硫化物腐食を防止する目的で注入したアンモニア等が、塩化水素と結合し塩化アンモニウムが生成され、その塩の析出に伴い発生する腐食である。
- B 塩化アンモニウム塩の析出・堆積するような滞留部に発生する。また、防止対策として水などを注入した場合には、偏流部にてエロージョンコロージョンを引き起こす可能性がある。

＜高温酸化＞

- C ステンレス鋼の場合、200～300℃から表面に薄い酸化被膜が形成されるようになり、500℃付近から本格的な酸化を受け、約 600℃から急速に進行し酸化被膜も厚い脆弱なものになる。
- D 鋼材中のクロム濃度が高いほど保護性のある酸化被膜ができるが、外力等により酸化被膜が破壊される場合は高温酸化が進展しやすいので注意が必要である。

問10	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問 1 1】次の A ～ D の文章は、配管内外面の腐食およ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。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 腐食性流体の配管はティーエンドキャップをエルボにするなどして、極力デッドスペースを作らない構造とする。
- B 海塩粒子に曝される環境下においてフェライト系ステンレス鋼配管を使用する場合は、塩化物 SCC 感受性が高いため、塗装等の環境遮断を検討する。
- C 水硫化アンモニウム、塩化アンモニウム腐食環境の空冷式熱交換器入口／出口配管は偏流を防止し適正な流速に維持するため、くし形構造とする。
- D ダミーサポートの構造についてはパイプ形状とした場合、サポート内部が湿潤環境となりやすいため、外面腐食防止の観点から H 鋼などの型鋼形状の採用が望ましい。

問 1 1	A	B	C	D
解答	○	×	×	○

【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の例を表したものである。下表の（イ）～（ホ）に該当する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。

表 保温材下腐食などの発生しやすい環境と配管系

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。	・（イ） ・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 ・海水等のドレンのかかる配管 ・（ロ） ・隣接配管の（ハ）によって、水等の飛沫の影響を受けた配管
保温材内に湿気を吸収蓄積する可能性がある。	・－４℃～（ニ）℃程度で運転されている炭素鋼・低合金鋼配管 ・通常は氷点下で大気中の水分は配管表面に氷結するが、間欠運転であるために付着している氷が度々融解し、湿潤環境となる炭素鋼・低合金鋼配管 ・本管から分岐され（ニ）℃以下となる滞留部および付属品や（ホ） ・ステージ貫通部やウィープホール等の影響で雨滴に著しく曝される箇所

Ａ 80	Ｂ 150	Ｃ 200	Ｄ 振動	Ｅ たわみ
Ｆ 漏洩	Ｇ 冷却塔付近の配管	Ｈ 計装機器への導圧配管		
Ｉ 大雨、高潮などによって冠水した配管				

問 1 2	順不同		ハ	ニ	ホ
	イ	ロ			
解答	Ｇ	Ｉ	Ｆ	Ｂ	Ｈ

【問１３】次のイ ～ ニの文章は、腐食・エロージョンの検査箇所について述べたものである。不適切な文章の組み合わせを、以下のＡ ～ Ｄより選択せよ。

イ	＜管路の曲り箇所＞ エルボやベンドなどの流れ方向が急激に変化する箇所では、流速の低下、偏流および旋回流が発生し、局所的に大きい腐食・エロージョンを生ずる。
ロ	＜固体又は、液滴、気泡を含む流速のある流体の配管系＞ 触媒などの固体を含む流体や、スチームコンデンセートなどの液滴を含む気体の流れの方向を変える部位でエロージョンが発生しやすい。
ハ	＜凝縮部＞ 凝縮部の腐食防止のためにスチームトレースを取り付けている場合は、その機能が保たれていることを定期的を確認する必要がある。
ニ	＜蒸発する箇所＞ スチームコンデンセートの部分フラッシュによって調節弁上流では、エロージョンが発生することがある。

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

問１３	Ｃ
解答	

【問 1 4】 次の（１） ～ （４）の文章は、劣化損傷について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）に該当する最も適切な語句を次の A ～ H より選択せよ。

（１）	（イ）	は、炭素鋼又は、C-0.5Mo 鋼が 450℃程度以上に長時間曝されたときに、金属組織内の炭化物が分解、凝集過程を経て、強度低下を招く現象である。
（２）	（ロ）	は、高温、高圧の水素雰囲気中で鋼中に拡散した水素原子が鋼中の炭化物と反応してメタンを生成して鋼材の脆化、割れを生ずる現象である。
（３）	（ハ）	は、高温領域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。
（４）	（ニ）	は、低合金鋼が 400℃を超えて長時間使用された場合、機械的性質、特に延性および靱性の低下を示す現象であり、微細な炭化物が鋼材のフェライト地に析出することによって発生する。

A	水素誘起割れ	B	等温時効脆化	C	焼戻し脆化	D	クリープ損傷
E	黒鉛化	F	浸炭	G	水素侵食	H	熱疲労

問 1 4	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	G	D	B

【問１５】次のイ ～ ニの文章は、配管工事作業上の配慮事項例を述べたものである。適切な文章の組み合わせを、以下のＡ ～ Ｆより選択せよ。

イ	著しい錆こぶなど、ケレンにより内部流体の漏洩が懸念される場合には、ケレン前に残肉厚の確認や液抜き等の環境設定作業に配慮する。
ロ	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。
ハ	配管の吊り上げ、ジャッキアップ、配管固定用バンドやサポートの取り外しおよび取り付けの際には、配管外面のスケールの付着状況に応じて放射線撮影等のスケールを剥離させない手法で検査を実施し、施工可否および施工前の安全対策の要否を検討する。
ニ	埋設配管近傍の工事を行う際には、既設配管の防食テープ等をきずつけないよう注意する。

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

問 1 5	F
解答	

【問 16】 次の文章は、減肉損傷の評価から次回の検査時期を求めたものである。文中の（ イ ）～（ ニ ）に該当する最も適切な数字を次の A ～ J より選択せよ。

ある配管の肉厚測定結果（最も減肉している検査点における同一測定点）は次のとおりであった。

使用開始時	1987 年 1 月 23 日	7.2mm
過去の肉厚測定結果	2007 年 1 月 23 日	6.2mm
最新肉厚測定結果	2022 年 1 月 23 日	4.4mm
必要計算厚さ	2.0mm	

これらのデータから、長期腐食速度と短期腐食速度を算出すると次のとおりとなる。

長期腐食速度＝（ イ ） mm/年

短期腐食速度＝（ ロ ） mm/年

安全のため、これら 2 つのうちの大きい方の腐食速度を用いて必要計算厚さに到達するまでの予想寿命（余寿命：2022 年 1 月 23 日時点）を算出すると次のとおりとなる。

余寿命＝（ ハ ） 年

検査周期決定のための安全係数を 0.5 とすると、次回の検査は（ ニ ）年 1 月 23 日までに実施しなければならない。

なお、上記期間中に、運転変更等を行っていないものとする。

A	0.08	B	0.10	C	0.12	D	20	E	24	F	30
G	2032	H	2034	I	2037	J	2042				

問 16	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	C	D	G

【問 17】 次の文章は、応急溶接補修工法についての説明である。文中の下線部が不適切なものを **A ～ D** より 1 つ選択せよ。

応急溶接補修工法には、全周重ねバンド工法、当て板工法、ボックスイン工法、ホット
タップ工法などがある。補修に使用する材料は、 **A**：設計強度を満たしていれば材質を
問わない。

なお、当て板補修を実施する場合、次の条件を満足していなければならない。

- ・母材部分又は、当て板において **B**：膜応力が許容応力を超えない。
- ・当て板の歪によって発生する **C**：すみ肉溶接部の応力が、許容応力を超えない。
- ・当て板のコーナー部分に **D**：適切な **R** を持たせる。

問 17	A
解答	

【問１８】次の各説明は、防食技術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）防食剤の注入を行うノズルで現在最も一般的に用いられているのはクイル型である。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の（イ： **A 上流、 B 下流**）方向に向ける。
- （２）水素製造装置のベンフィールド溶液（熱炭酸カリ水溶液）を使用している脱炭酸系の炭素鋼部分の炭酸腐食を防止するためには、
（ロ： **A 五酸化バナジウム、 B リン酸ナトリウム**）の添加が必要である。また、系内で腐食が発生すると、溶液中の
（ハ： **A 硫化水素濃度、 B 鉄イオン濃度**）が上昇し始めるので、その分析も防食管理上非常に重要である。

問１８	イ	ロ	ハ
解答	B	A	B

【問 19】 次の文章は鉄—水系の電位—pH 線図（プルベダイアグラム）について述べたものである。図中の（イ）～（ハ）に該当する最も適切な語句を A ～ C からそれぞれ選択せよ。なお、A ～ C の語句の重複使用は不可とする。

金属が腐食するか否かは、金属の電位と溶液の水素イオン濃度がわかれば判定できる。途中の計算過程を省略して結果のみを示すと、下図のようになる。腐食領域は金属が活性であり、アノード反応とカソード反応が同時に起こる領域である。不活性領域はアノード反応が起こらない領域で、金属は決して腐食することはない。不動態領域は、環境中に塩化物イオンのような不動態被膜破壊イオンが存在しない場合、ほとんど腐食しない。

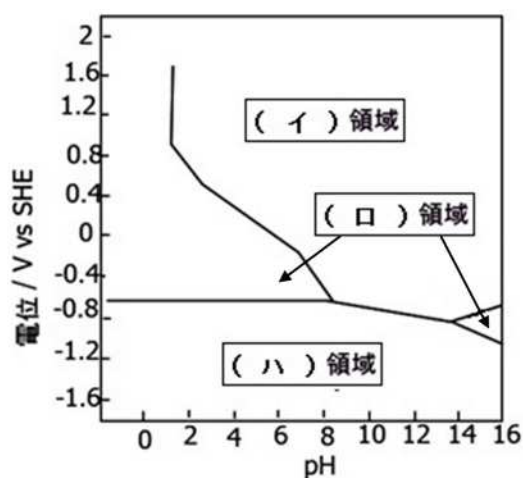


図 鉄のプルベダイアグラム

A 腐食

B 不活性

C 不動態

問 19	イ	ロ	ハ
解答	C	A	B

【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。

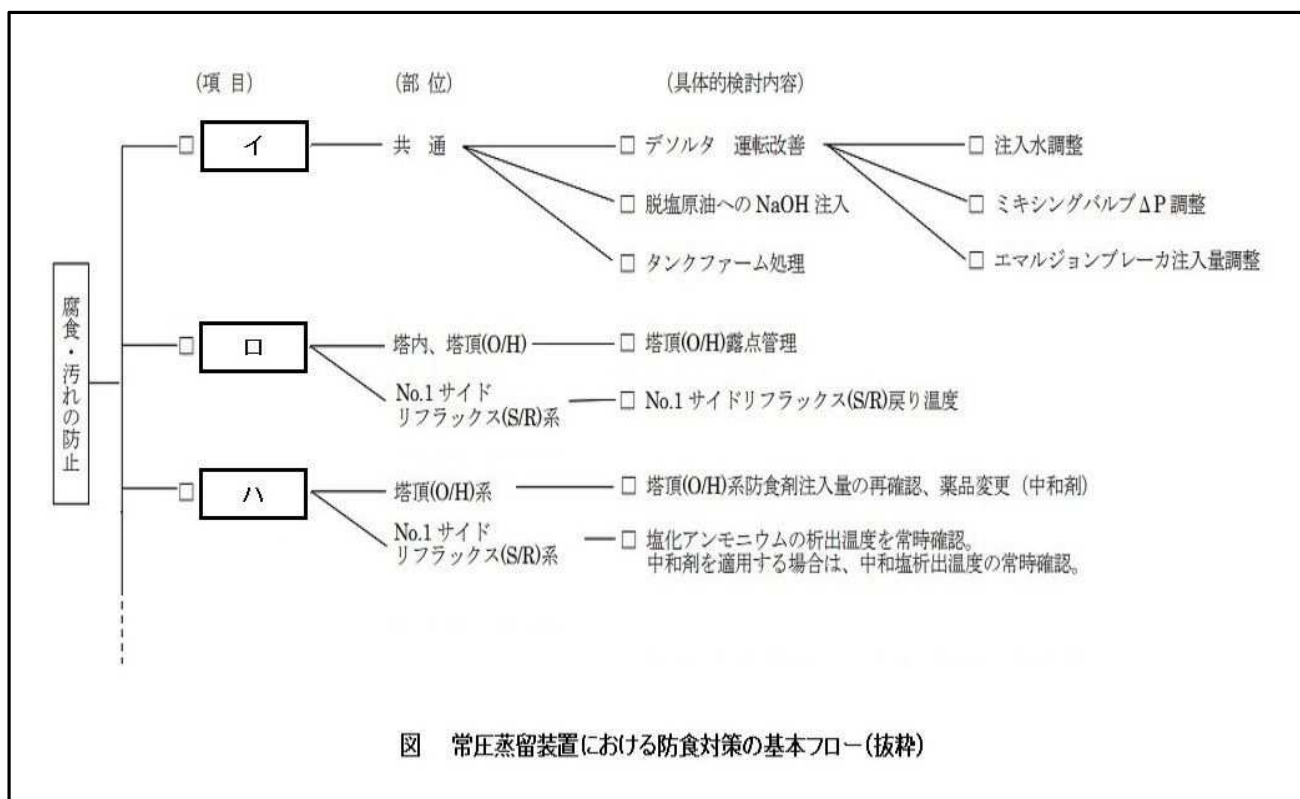
重質油水素化脱硫装置の液・ガス分離系では、アンモニウム塩が析出し、閉塞および腐食を招く。この水硫化アンモニウム腐食は、硫化水素、アンモニア濃度の高い、すなわち高濃度の水硫化アンモニウムを含む湿潤環境において、保護作用のある硫化鉄被膜が水硫化アンモニウムとの反応により剥がれるため腐食を引き起すといわれており、流体中の硫化水素濃度、アンモニア濃度および流速が腐食の要因として考えられている。

— NH_4HS 濃度管理

ドレン中の水硫化アンモニウム濃度が（イ： **A** 2wt%、**B** 4wt% ）以下の場合、腐食が生じないといわれている。ただし、近年では、流速 3.5m/sec 以下では（ロ： **A** 10wt%、**B** 20wt% ）以下、流速 3.5m/sec を超える場合には（ハ： **A** 4wt%、**B** 10wt% ）以下が、実用的な許容範囲とされている。

問20	イ	ロ	ハ
解答	A	A	A

【問 2 1】次の図は、常圧蒸留装置における防食対策の基本フローの一部である。図中の **イ** ~ **ハ** に該当する最も適切な語句を **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 水の凝縮防止

B スケール、析出防止

C 材質の変更

D 塩素 (Cl) 量の低減

問 2 1	イ	口	ハ
解答	D	A	B

【問22】次の文章は、鋼の隙間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、より適切なものをそれぞれ選択せよ。

- ・隙間腐食は（イ： **A 炭素鋼**、**B ステンレス鋼**）などのように不動態化しやすい金属に多くみられる現象であり、
（ロ： **A エルボ背部**、**B ガスケット当り面**）などで腐食が食孔状（孔食状）に進行する現象である。
- ・水と酸素が存在する環境では、隙間内部において、酸素の供給が不十分となって隙間の外側の酸素濃度の高い部分との間で酸素濃度差を生じて、隙間内部の酸素濃度の低い方が（ハ： **A アノード**、**B カソード**）、外側の高酸素濃度のところが（ニ： **A アノード**、**B カソード**）となって、いわゆる酸素濃淡電池（通気差電池）が形成される。その結果、隙間内部において腐食が促進される。

問22	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	A	B

【問23】次の（１）～（４）の文章は、水素侵食およびP_vパラメータによる評価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）P_vパラメータは水素侵食の発生条件から、水素分圧、温度および（イ： **A 時間、B 負荷応力**）の関係をパラメータとして整理したものである。
- （２）炭素鋼製設備で運転温度および水素分圧のネルソン線図上のプロット点が、炭素鋼の材料線より上の領域に位置する場合には、（ロ： **A P_vパラメータによる管理が推奨されている、B 水素侵食は生じると評価する**）。
- （３）C-0.5Mo 鋼の P_v パラメータの水素侵食発生限界値には溶接後熱処理の有無が考慮されて（ハ： **A いる、B いない**）。
- （４）C-0.5Mo 鋼の水素侵食感受性は、（ニ： **A 金属組織、B 炭素当量**）に密接に関係があり、その状態に応じて P_v パラメータの水素侵食発生限界値が整理されている。

問23	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	A	A

【問24】次のA～Dの文章は、アミン応力腐食割れ（アミン SCC）について述べたものである。文章が正しいものは○、誤っているものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- A** アミン SCC の感受性は、アミンの種類に依存し、DEA を使用している機器・配管類は、MEA よりも SCC 感受性が高い。
- B** 炭素鋼のアミン SCC の対策として PWHT の有効性は認められているが、例外的に PWHT を実施した機器にも SCC が発生した事例がある。
- C** アミン SCC の対策として、炭素鋼の非金属介在物を減らし清浄度を高くした高純度鋼の使用が有効である。
- D** オーステナイト系ステンレス鋼の使用は、アミン SCC の防止策として有効である。

問24	A	B	C	D
解答	×	○	×	○

【問25】次のA～Eの文章は、水素誘起割れ(HIC)について述べたものである。文中の下線部に不適切な記述の含む文章を2つ選択せよ。

- A HIC は高圧水素を含む湿潤環境で鋼中に割れを発生する現象である。
- B HIC は、高密度で発生しステップ状の割れとなった場合に、材料強度に悪影響を及ぼす可能性があることから注意する必要がある。
- C HIC の発生温度は 25～150℃にわたっているが、その中でも常温付近で発生しやすい。
- D HIC の余寿命評価は、健全厚さや水素吸収量などをもとに行う。
- E HIC の形態の1つである SOHIC(Stress-Oriented HIC)は応力の影響を受け、板厚方向に進展する場合があるので、特に注意が必要である。

問25	順不同	
解答	A	D

【問26】次の（１）～（４）の文章は、クリープに関する事項を説明したものである。文中の下線部（イ）～（ニ）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）クリープ劣化は高温域における劣化損傷であり、低合金鋼の場合は
（イ： A 約 350℃以上、 B 約 450℃以上） が対象となる。
- （２）Larson-Miller のパラメータのマスターカーブは、材料ごとにクリープ破断強度と
（ロ： A 温度・時間、 B 温度・ひずみ） の関係を整理したものであり、これを利用して、使用条件をもとに計算によって余寿命を推定することができる。
- （３）寸法検査によりクリープひずみ量から余寿命予測する場合、Cr-Mo 鋼では、（ハ： A 2～3%、 B 10～15%） の周方向ひずみが管理基準となる（それを超えると急激にひずみが増加して破断するため）。
- （４）クリープ脆化は、高温環境で材料を使用した際に、組織変化などによりクリープ延性が低下し、通常の予測より早期に割れが発生する現象であり、Cr-Mo 鋼の中で、
（ニ： A 1.25Cr-0.5Mo 鋼、 B 2.25Cr-1Mo 鋼） は割れ感受性が特に高い。

問 2 6	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	A	A

【問27】次の（１）～（３）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、より適切なもの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 フェライト系およ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、500～900℃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 9Cr-1Mo 鋼製の加熱炉管では、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27	イ	ロ	ハ
解答	A	B	B

【問28】次のA～D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。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 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、反射源の位置および大きさを知る方法である。超音波の伝搬方向に対して垂直な拡がりを有するきずが最も検出しやすい。
- B 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、2方向撮影や他の手法により肉厚を確認する必要がある。
- C 浸透探傷法は金属、非金属にかかわらずほとんどの材料に適用でき、きずの深さが確認できる方法である。
- D 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、推定減肉率の精度は $\pm 1.0 \sim \pm 1.5\%$ 前後である。

問28	A	B	C	D
解答	○	○	×	×

【問29】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）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）浸炭の検査方法として、浸炭層の境界面にある炭化物からの散乱波を検出して、外面から炭化物までの距離を測定する超音波（イ： A 透過法 B 音速比法）が適用できる。
- （２）水素侵食の検査として、鋼中に伝播する超音波のエネルギーの低下が、水素侵食を起こした材料では健全材に比べて、大きくなることを利用した超音波（ロ： A 減衰法 B 水浸法）が適用できる。
- （３）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（ハ： A EPR 試験 B 電気抵抗法）が適用できる。
- （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： A 電磁誘導法 B 磁気検査法）が適用できる。

問29	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	A	A	B

【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。下線部が不適切な文章を2つ選択せよ。

- A 渦流探傷法の特徴は検査速度が速く、全数検査が可能といった長所を有しており、また、内外面の損傷に有効である。
- B 検査前処理は、検査精度を決定する要因であることから重要な工程である。特に非磁性チューブはさび（錆）などのスケールを生成し易く、多くの場合疑似信号の原因になる。
- C 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、表面層のばらつきが大きいことを考慮し、検査抜き取り率を検討する。
- D 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有効である。

問30	順不同	
解答	B	D

【問3 1】次のイ ～ ニの文章は特殊検査技術の留意事項について述べたものである。下線部が不適切な文章の組み合わせを、以下のA ～ Hの中から選択せよ。

- イ 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、極端に小さく局所的な外面腐食等の体積欠損が少ない減肉に適用が難しいことに注意する。
- ロ 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、測定した値は推定減肉率であるため、詳細な情報が必要な部位に対しては、他の高精度の検査手法を併用する必要がある。
- ハ 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、透過波レベルのばらつきが大きくなり、判定精度が低下することに注意する。
- ニ 低周波電磁誘導法は長大配管の全長検査に用いられ、内外面の減肉を同時に検出することが可能であるが、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。

A イ	B ロ	C ハ	D ニ
E イ、ニ	F ロ、ハ	G イ、ハ	H ロ、ニ

問3 1	D
解答	

【問32】次の文章は、クリープ損傷の兆候の確認段階に用いられる検査方法について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に該当する最も適切な語句を下記のA～Fより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

（イ）：診断部位の組織をレプリカなどにより転写し、ボイドが生成している粒界の割合を求める方法。

（ロ）：加熱炉チューブなどが対象で、管の周長、外径の変形量とクリープ損傷の関連から余寿命を求める方法。

（ハ）：クリープ破断特性データ（応力－温度・時間パラメータ線図）を用いて、マスターカーブを作成し、検査結果から損傷量（余寿命）を求める方法。

A クリープ伸び測定法

B Aパラメータ法

C 組織対比法

D EPR 法

E 硬度測定法

F クリーピングウェーブ法

問32	イ	ロ	ハ
解答	B	A	E

【問33】次のA～Dの文章は、供用段階にある静機器の耐圧気密試験時の試験媒体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** 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。
- B** “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、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つては、当該液体の引火点が 43℃未満でかつ、耐圧試験中における当該液体の温度が常温以下であるもの。
- C** 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、空気、窒素などの安全な気体を使用してもよい。
- D** 具体的に「水圧試験が現実的でない」状況として、①設備の使用において僅かな水分の混入も許容されない場合、②設備、架構又は、基礎などが水張り重量において設計されていない場合、③液体では安全な温度で加圧することが困難な場合、などが考えられる。

問 3 3	B
解答	

【問34】 次のA ～ Dの文章は、供用段階にある圧力容器および配管の耐圧・気密試験時の昇圧の方法および試験媒体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** 気密試験に使用する媒体は、危険性のない気体とする。ただし、配管系およ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、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。
- B** 法規その他の個別仕様で規定されていない限り、配管の気圧試験にあつては、試験圧力の1/2又は、170kPaのいずれか小さい方に達するまで徐々に昇圧し、予備チェック後、配管の歪が均等になるよう段階的に十分な時間を保持しながら徐々に試験圧力まで昇圧する。
- C** 常用圧力に関係なく Non Code の容器については、個別にリスクを検討して昇圧要領を規定することができる。
- D** 耐圧試験に使用する液体又は、気体の温度は、試験体が脆性破壊を起こす恐れのない温度以上とする。

問34	C
解答	

【問35】次の（１）～（５）の文章は、供用段階にある設備等の耐圧試験の試験圧力について述べたものである。文中のA～Fの下線部のうち、誤っているものを2つ選択せよ。

- （１）法規による指定がない場合、設備の耐圧試験圧力は A：常用圧力以上とする。
- （２）高压ガス設備および導管の液体を使用する耐圧試験圧力は B：常用圧力の1.5倍以上（気圧試験圧力は常用圧力の1.25倍以上）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 C：常用圧力の1.3倍以上（気圧試験圧力は常用圧力の1.1倍以上）とする。
- （３）労働安全衛生法の圧力容器構造規格に定める鋼製の第1種および第2種圧力容器の水圧試験圧力は D：最高使用圧力に（ σ_n / σ_a ）を乗じた圧力とする。
 σ_n ：試験温度における材料の許容引張応力（N/mm²）
 σ_a ：使用温度における材料の許容引張応力（N/mm²）
- （４）電気事業法適用のボイラー、熱交換器などの耐圧試験の圧力は、最高使用圧力の1.3倍（20MPaを超える水素を通ずるものにあつては1.5倍）とする。ただし、気圧試験を行う場合の圧力は、E：最高使用圧力の1.1倍（20MPaを超える水素を通ずるものにあつては1.25倍）とする。
- （５）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 F：降伏点又は、0.2%耐力の90%を超えてはならない。

問35	順不同	
解答	A	D

【問36】次のイ～ハの文章は、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。文章が正しいものは○、誤っているものは×を、解答欄にそれぞれ記入せよ。

- イ 締付方法は手締め、トルクレンチ、パワーレンチ、ボルトテンショナーなどの方法があるが、各締付管理に適した方法を選択する。なお、ボルト締付力の定量的管理を実施したボルトの増し締めを行う場合は、同じ締付方法を選択する。
- ロ JPI-8R-15「フランジ・ボルト締付管理」およびJIS B2251「フランジ継手締付け方法」によればフランジのボルト本数が8本以下については、仮締付けの方法、およ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る。
- ハ ガasketの片締めは絶対に行わないこととし、必要に応じフランジ面間を計測しながら締付を行うこととする。

問36	イ	ロ	ハ
解答	○	×	○

【問37】次のイ～ニの文章は、JPI-8R-15「フランジ・ボルト締付管理」で使用する用語の定義について述べたものである。下線部の正誤の組み合わせを次のA～Fより選
 択せよ。

- イ **軸力管理** ボルトの締付力を管理することにより、ガスケットの締付圧力を適正に管理する手法をいう。ボルトの締付力は、ボルト締付に伴うボルトの伸びからボルト軸力を算出する方法、フランジの面間距離から算出する方法などを用いて求める。
- ロ **トルク管理** ナットの回転角度を管理することにより、ガスケットの締付圧力を適正に管理する手法をいう。
- ハ **ホットボルティング** 昇温した時のフランジ継手各部の熱膨張差を原因として生じる可能性のある漏洩を防止するために、昇温状態で行うボルトの締付（増締め）をいう。
- ニ **コールドボルティング** 高温機器を降温した時のフランジ継手各部の熱収縮差を原因として生じる可能性のある漏洩を防止するために、降温前に行うボルトの締付をいう。

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

問37	E
解答	

【問38】次の（１）～（３）の文章は、供用段階にあるフランジの漏洩につながるメカニズムを記載したものである。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） 高温、高圧サービスでは、仕切り板の厚さに相当するフランジ面間を予め確保する目的で、スペーサー付きフランジを設置することがある。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（イ： **A** 太いボルトを使用する **B** 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。
- （２） ウェザー・シールは、完全な密閉構造と（ロ： **A** なるようにする **B** ならないようにする）。また、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。
- （３） 電気系統トラブルを発端とした全停電など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温度低下率を（ハ： **A** 上回る **B** 下回る）場合があり、締付力の低下を招き、漏洩し火災が発生した事例が有る。

問38	イ	ロ	ハ
解答	B	B	A

【問39】次の用語欄Ⅰおよび用語欄Ⅱ内の語句は、溶接に関する用語を記述したものである。用語欄Ⅰの（イ）～（ニ）に対応する用語を用語欄ⅡのA～Gより選択せよ。

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

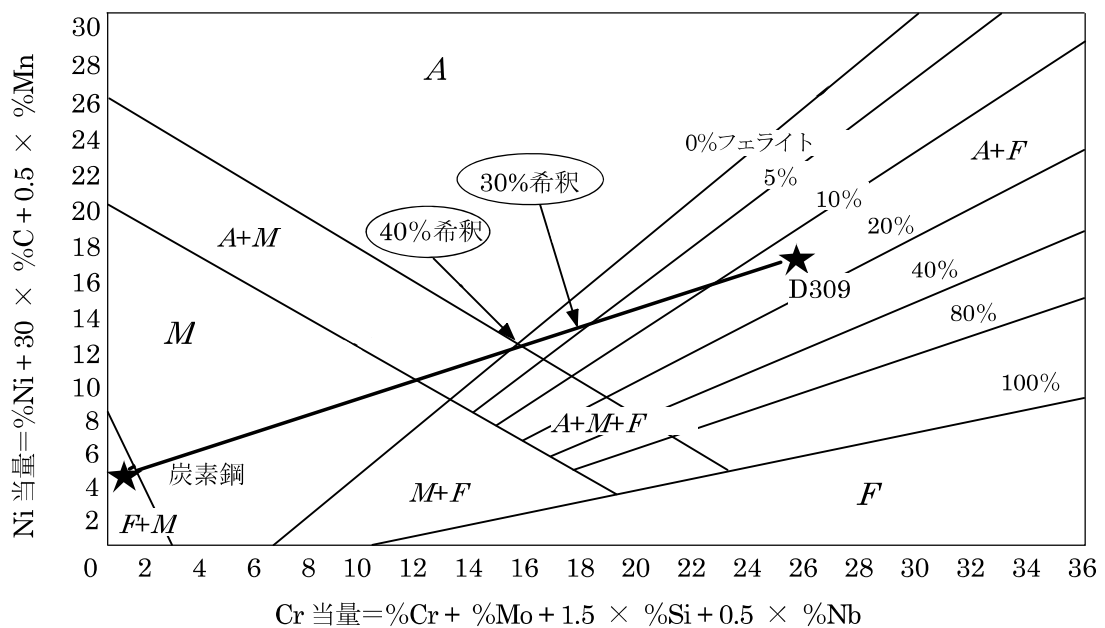
用語欄Ⅱ					
A	溶接施工要領書	B	溶接施工法確認試験記録	C	溶接後熱処理
D	被覆メタルアーク溶接	E	フラックス入りワイヤーメタルアーク溶接		
F	ガスタングステンアーク溶接	G	サブマージアーク溶接		

問39	イ	ロ	ハ	ニ
解答	G	D	A	B

【問40】次の文章は炭素鋼、オーステナイト系ステンレス鋼の異材溶接における希釈率について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）に該当する最も適切な語句をA～Fより選択せよ。

ステンレス鋼の異材溶接では、図に示すようにシェフラー組織図を用いて溶接金属の化学組成とミクロ組織変化を予測することができる。炭素鋼上にD309ビードを置いた場合の溶接金属組織を検討するには、シェフラー組織図上に、D309と炭素鋼の位置をそれぞれの化学成分（Ni当量、Cr当量）からプロットする。

溶接金属の化学成分と組織は炭素鋼とD309の点を結ぶ線上にあり、母材（炭素鋼）からの希釈率に応じて、左側に移行する。すなわち、希釈率が大きくなるに従って溶接金属中の（イ）量が低下し、希釈率が約40%で（イ）量が0になり、（ロ）が生成される領域となる。（ハ）防止には4%以上の（イ）量が必要であるため、適性希釈率は30%以下に管理することが必要であることが分かる。



(図中 A: オーステナイト F: フェライト M: マルテンサイト)

A デルタフェライト	B オーステナイト	C マルテンサイト
D 再熱割れ	E 遅れ割れ	F 高温割れ

問40	イ	ロ	ハ
解答	A	C	F

【問4 1】次のA ～ C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。下線部が不適切な記述を含む文章を1つ選択せよ。

- A 高温の定常運転においては脆性破壊に対して十分な安全性を持っている設備でも、停止から運転に入る段階では脆性破壊を起こす可能性があるため、ホットスタートを検討する必要がある。
- B 低合金鋼製の圧力容器では、焼戻し脆化などの経年的な靱性劣化により、材料の破面遷移温度が低下するため、脆化に対して配慮が必要である。
- C 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温度は最低加圧温度と呼ばれ、一次一般膜応力が 55MPa を超える圧力に加圧する場合
には機器を最低加圧温度以上に加温する必要がある。

問 4 1	B
解答	

【問42】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。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** 焼戻し脆化は、低合金鋼を 550～700℃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、Cr-Mo 鋼のうち、1Cr-0.5Mo 鋼および 1.25Cr-0.5Mo 鋼で脆化感受性が最も高く、その他の鋼種は、ある程度の脆化傾向を持つか、又は、ほとんど脆化感受性を持たない。
- C** 低合金鋼の焼戻し脆化量の試験評価方法として、ステップクーリング試験が有効である。
- D** 焼戻し脆化に対する対応として、脆化量と化学成分、温度、時間の関係をもとにした余寿命予測が有効である。

問42	A	B	C	D
解答	×	×	○	×