公益社団法人石油学会

2017 年度設備維持管理士

−配管・設備−

試験問題・解答用紙

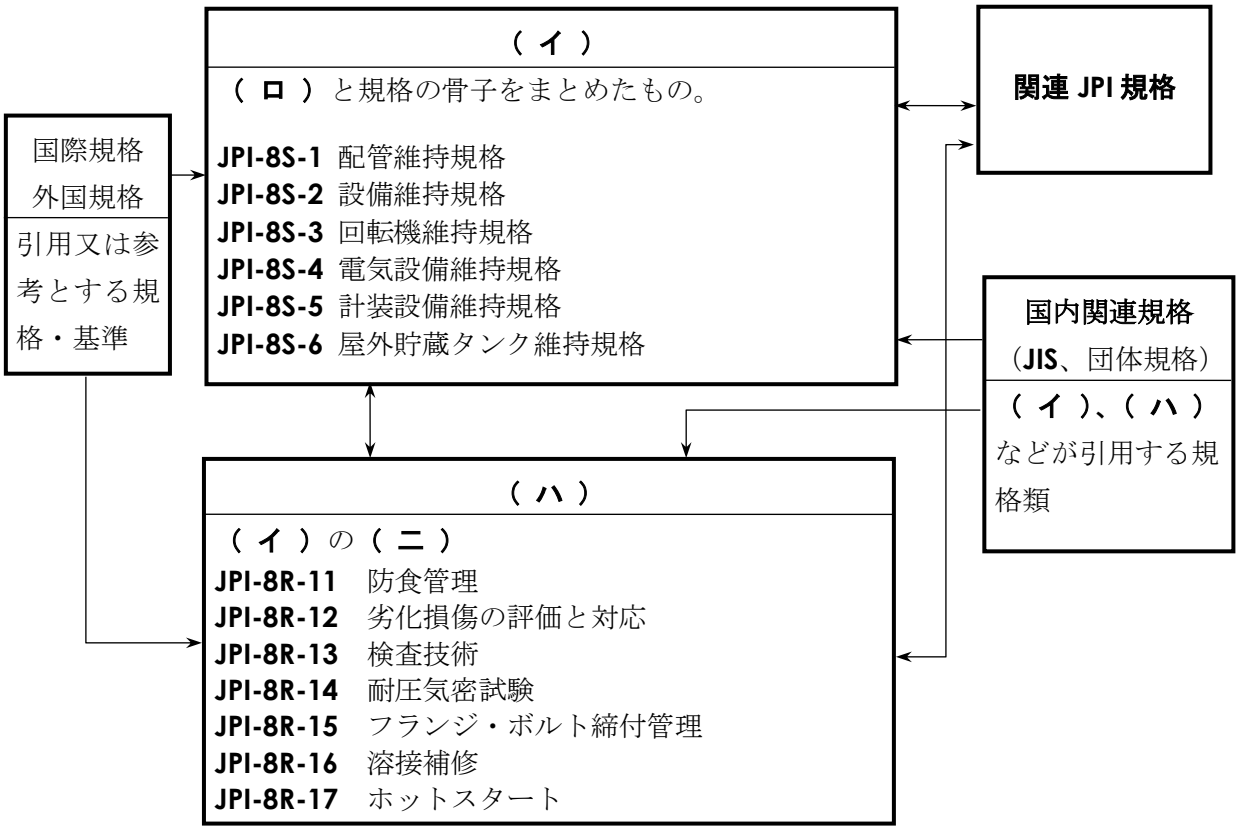
受験番号	（会場を〇で囲む） 関東・関西	配管			
受験者氏名					
生年月日	1.昭和 2.平成	年（西暦　　年）　　月　　日生			
就業業種	（番号記入）				

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

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	共通する基本的要求事項			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			H	法的要求事項を定めた基準		

問 1	イ	ロ	ハ	ニ
解答	C	E	A	G

【問 2】 次の文章は、設備維持規格で定義されている用語の説明である。(イ)～(ヘ) に該当する最も適切な用語を次のＡ～Ｋより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

(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に実施する検査
(ハ)	運転中の設備の異常や劣化状態を、日常的に五感又は検査器具を用いて定量的又は定性的に確認する検査
(ニ)	恒久補修が行われるまでの間、十分な耐圧性能を回復して、安全運転を継続するために行う補修
(ホ)	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
(ヘ)	設備等の耐圧部材外表面より内側の領域を対象とする検査

A	定期検査	B	臨時検査	C	応急補修	D	塗装補修
E	日常検査	F	開放検査	G	外部検査	H	外観検査
I	非破壊検査	J	破壊検査	K	内部検査		

問 2	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ
解答	G	A	E	C	I	K

【問3】 次の（ イ ）～（ ホ ）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。適切な文章の組み合わせを、次のＡ～Ｊより１つ選択せよ。

（イ）	設備に発生する腐食・エロージョンの程度は、その内部流体の腐食性だけでなく、運転条件の影響を強く受ける。
（ロ）	一般に金属材料が腐食を受けると、その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。
（ハ）	検査計画、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。
（ニ）	流速が速く、更に流体が気泡、異物を含む又は相変化が伴う場合には、保護皮膜が強固に形成し、防食効果が強化される。
（ホ）	流速が遅く、腐食反応物などが沈殿堆積する場合には、その堆積下に皮膜形成により防食効果が発揮される。

Ａ　イ・ロ	Ｂ　イ・ハ	Ｃ　イ・ニ	Ｄ　ロ・ハ	Ｅ　ロ・ホ
Ｆ　ニ・ホ	Ｇ　イ・ロ・ハ	Ｈ　イ・ロ・ニ	Ｉ　イ・ニ・ホ	
Ｊ　イ・ハ・ニ・ホ				

問３	
解答	G

【問 4】 次の（ イ ）～（ ハ ）の文章は、多管式熱交換器の劣化損傷検査および機能確認検査について述べたものである。適切な文章の組み合わせを、次のＡ～Ｅより１つ選択せよ。

（イ） 振動発生の疑いがある熱交換器は、チューブとバッフルなどの隙間部について慎重に観察する。

（ロ） チャンネル仕切り板について、ショートパス防止のためガスケット座とチューブシートのガスケット溝の当り（はめ合い）の確認を行う。

（ハ） 長手バッフルのシール板について、ショートパス防止のためシール板の状態の確認を行う。

Ａ　イ	Ｂ　イ、ロ
Ｃ　イ、ハ	Ｄ　ロ、ハ
Ｅ　イ、ロ、ハ	

問 4	E
解答	

【問 5】　次の表は、各種劣化損傷に対する評価方法及び劣化損傷対策をまとめたものである。表中の（　イ　）～（　ホ　）に入れる劣化損傷として、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。

表. 各種劣化損傷に対する評価方法及び劣化損傷対策

劣化損傷の種類 （主な検査対象鋼種）	評価方法及び損傷防止策
（ イ ）	Cu-Ni 系銅合金の採用 コーティング／溶射の実施
（ ロ ）	J-factor、$\overline{X}$ 係数による評価 起動、停止時の系内温度管理
（ ハ ） （オーステナイト系ステンレス鋼）	TTS 線図による評価 安定化鋼種の採用
（ ニ ） （炭素鋼） （C-0.5Mo 鋼）	ネルソンチャートによる評価 Pv 値による評価 Pw 値による評価
（ ホ ） （炭素鋼） （高張力鋼）	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	水素侵食	B	等温時効脆化
C	カーボネイト応力腐食割れ	D	アンモニア応力腐食割れ
E	硫化物応力割れ	F	水素誘起割れ
G	焼戻し脆化	H	ポリチオン酸応力腐食割れ

問 5	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	D	G	H	A	E

【問 6】　次の表は、8S-2 「付表 3-2 工事作業上の配慮事項例」の一部と、規格に反映する基となった石連事故事例である。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～J より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

表．工事作業上の配慮事項

項目名	配慮事項例
開放清掃に伴い発生する廃棄物の仮置きに対する配慮	・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　）が含まれていると、仮置中に発熱し、ウエス又は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　）状態を保つこと、（　ハ　）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り、スケールを系外へ排出した時点で直ちに（　ニ　）に浸し、袋詰めの後ドラム缶に入れるなど、作業手順を定め、きめ細かく管理する必要がある。(事例 14)

（事例 14）

平成 18 年 7 月、山口県の製油所で発生した熱交洗浄場に仮置きしていたスラッジなどのスケールで燻りを生じた事例を反映させた。（石連事故事例報告書　保安 No.89）

A	乾燥	B	硫化鉄
C	ケロシン	D	可燃性ガス
E	酸化鉄	F	湿潤
G	空気	H	苛性ソーダ
I	水	J	硫酸鉄

問 6	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	F	G	I

【問７】 次の文章は、加熱炉チューブの腐食･エロージョン検査について述べたものである。文中の（ イ ）～（ ニ ）内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。

（１） コンベクション部の燃焼ガス温度が低い箇所では、（ イ ）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。

（２） 肉厚測定の定点を決める時は、形状及び測定位置を考慮し、腐食の発生するおそれのある箇所及び（ ロ ）箇所を選び測定する。

（３） チューブとチューブサポートの接触部では、運転中の（ ハ ）が、生じていないか点検する。

（４） 内面に孔食、エロージョンなどの局部腐食の発生が懸念されるチューブは、（ ニ ）などで減肉状況を確認し、寿命評価を行う。

A	腐食状況を代表する	B	割れの発生しやすい	C	振動による摩耗
D	放射線透過試験	E	浸透探傷試験	F	ハンマーテスト
G	硫酸露点腐食	H	高温硫化物腐食	I	高温酸化

問７	イ	ロ	ハ	ニ
解答	G	A	C	D

【問 8】　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。不適切な記述を 2 つ選択せよ。

A	常圧蒸留塔塔頂系の腐食環境評価のため、レシーバードレン水中の塩素イオン濃度の監視を行った。
B	脱硫装置反応系機器配管の水素侵食評価のため、運転温度と水素分圧の監視を行った。
C	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	割れ及び腐食の進行を常時確認するため、電気抵抗法（コロゾメーター）による監視を行った。

問 8	順不同	
解答	C	D

【問 9】　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 ）～（ ホ ）に、最も適切な語句を次のＡ～Ｋより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

＜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　）、及び鋼材表面の腐食環境を遮断する（　ロ　）が使用される。また、塩化物などの析出、堆積による腐食、閉塞対策として（　ハ　）の注入が行われる。これら薬液等の注入は運転中モニタリングなどから得られた情報によって適切な管理を行う。
＜使用材料の選択、ライニングの適用＞
使用材料の選択は、材料の耐食性、機械的特性、（　ニ　）などを加味して選択する。腐食環境では耐食性のある（　ホ　）の採用又はライニング、コーティングなどの環境遮断材の適用を検討する。稼動開始後は、耐食性能の維持状況を確認する。

A	中和剤	B	分散剤	C	酸化剤	D	皮膜剤	E	洗浄剤	F	水
G	窒素	H	溶接性	I	安定性	J	高合金鋼	K	炭素鋼		

問 9	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	D	F	H	J

【問 10】　次の文章は、配管系の腐食・エロージョンの検査箇所を選定する際に、腐食形態毎の考慮を要する事項について述べたものである。文中の（ イ ）～（ ホ ）の語句Ａ，Ｂのうち、より適切な方をそれぞれ選択せよ。

＜湿性硫化物腐食＞

・湿性硫化物腐食は、湿潤環境下で硫化水素が解離し、鋼と反応することによって硫化鉄を生じる腐食である。この硫化鉄は鋼の保護作用を有するが、pH が 7 を（イ：Ａ　上回る　　Ｂ　下回る）と脆くなって腐食が進行する。

・流動接触分解装置のように、（ロ：Ａ　塩化物　　Ｂ　シアン化合物）が存在する環境では、流速の（ハ：Ａ　低い　　Ｂ　高い）部位で硫化鉄皮膜が破壊され、腐食が更に加速される。

＜水硫化アンモニウム腐食＞

・水硫化アンモニウム腐食は、濃度の高い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（ニ：Ａ　硫化鉄皮膜　　Ｂ　酸化鉄皮膜）が水硫化アンモニウムとの反応によって剥がれるため腐食を引き起すもので、流体中の硫化水素濃度、アンモニア濃度及び（ホ：Ａ　水素分圧　　Ｂ　流速）が腐食の要因である。

問 10	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	B	B	A	B

【問 11】　次の表は、保温材下腐食などの発生し易い環境と配管系の例を表したものである。下表の（　イ　）～（　ヘ　）に最も適切な語句を次のＡ～Ｋ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、海水飛沫に直接さらされる。	・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 ・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 ・（　イ　） ・（　ロ　） ・（　ハ　）
保温材内に湿気を吸収蓄積する可能性がある。	・使用中は（　ニ　）℃以上であるが、間欠運転される炭素鋼配管 ・本管から分岐され（　ニ　）℃以下となる滞留部及び付属品 ・本管に設置されたサポート及びストッパーのフィン効果によって局部的に（　ニ　）℃以下となる本管 ・（　ホ　）
保温材に含まれる塩素が応力腐食割れに対して活性となる。	・65~210℃程度で運転されている（ ヘ ）

備考　表中の温度は、配管内部流体温度を示す。

A	大雨・高潮などによって冠水した配管	**B**	150	**C**	200	**D**	350
E	オーステナイト系ステンレス鋼配管	**F**	フェライト系ステンレス鋼配管				
G	炭素鋼配管	**H**	桟橋上の配管	**I**	振動のある配管		
J	保温施工された遊休配管	**K**	冷却塔付近の配管				

問 11	イ、ロ、ハ（順不同）			ニ	ホ	ヘ
解答	A	H	K	B	J	E

【問 12】　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　）内に最も適切な数字を次のＡ～Ｊより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

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）は次の通りであった。

使用開始時	1997 年 2 月 10 日	20.0mm
過去の肉厚測定結果	2007 年 2 月 10 日	19.2mm
最新肉厚測定結果	2017 年 2 月 10 日	18.0mm
必要計算肉厚	16.8mm	

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通りとなる。

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肉厚に到達するまでの予想寿命（余寿命；2017 年 2 月 10 日時点）を算出すると次の通りとなる。

余寿命＝（　ハ　）年

検査周期決定のための安全係数を 0.8 とすると、次回の検査は（　ニ　）年 2 月 10 日までに実施しなければならない。

A	0.08	B	0.10	C	0.12	D	15	E	12	F	10
G	2025	H	2026	I	2027	J	2029				

問 12	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	C	F	G

【問 13】　次の文章は、高温劣化損傷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）　水素侵食は、高温、高圧の水素雰囲気で鋼中に拡散した水素原子が鋼中の炭化物と反応して（　イ　）を生成して鋼材の脆化、割れを生ずる現象である。

（２）　クリープ損傷は、高温クリープ領域における経時的な損傷であり、（　ロ　）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。

（３）　黒鉛化は、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、（　ハ　）過程を経て黒鉛化し、強度低下を招く現象である。

（４）　等温時効脆化は、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、特に延性及び靭性の低下を示す現象であり、微細な（　ニ　）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	凝集	Ｂ	エタン
Ｃ	炭化物	Ｄ	ボイド
Ｅ	メタン	Ｆ	窒化物
Ｇ	ビーチマーク	Ｈ	浸炭

問 13	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	D	A	C

【問 14】 次の文章は、非溶接補修工法についての説明である。文中の（ イ ）～（ ホ ）に入れるべき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。

応急的に実施される非溶接補修法には、シール材などを介して機械的に配管、フランジ、バルブなどを締付ける（ イ ）工法及びバンド工法、急速硬化型の樹脂（鉄セメント系）を塗布したガラスクロスなどを巻きつける（ ロ ）工法、当該部に直接又はボックス若しくはバンドにて周囲に密閉系を作ってシール材の（ ハ ）を充填する工法、当該部分を切り離すために迂回経路を設ける（ ニ ）工法、緊急的にピンホールなどの微小漏れを止める（ ホ ）工法、また、それらを組合せた工法などがある。

A コーキング	B バイパス	C ライニング
D 硬化性樹脂	E クランプ	F コーティング
G ホットタップ	H 焼付き防止剤	

問 14	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	E	C	D	B	A

【問 15】　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）　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（イ　：Ａ　気液混相部、Ｂ　デッドスペース）を作らない構造とする。

（２）　水硫化アンモニウム、塩化アンモニウム腐食の環境の空冷式熱交換器の入口／出口の配管は偏流を防止し適正な流速に維持するため、（ロ　：Ａ　トーナメント　Ｂ　くし型）構造とする。

（３）　主配管から枝取りする小口径ノズルは振動などによって損傷を受ける可能性が高いので、ロングネックボス・ロングネックフランジの採用、口径の（ハ　：Ａ　サイズアップ　Ｂ　サイズダウン ）、厚肉管の採用などを検討する。

（４）　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、応力腐食割れ対策として、濃度、温度に関係なくすべて（ニ　：Ａ　溶体化処理　Ｂ　溶接後熱処理 ）を行う。

問 15	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	A	B

【問 16】　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 ）～（ ヘ ）に最も適切な語句を次のA～K 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
【運転の変更】 主配管に T 字型配管が合流するような配管合流部において、主配管の運転が連続からバッチ運転に変更された結果、枝配管側流体に同伴されたミストが T 字型配管底部に直接衝突することとなり、エロージョンコロージョンが顕著化し、開口、漏洩した。	T 字型配管合流部においては、配管流量が（ イ ）場合であっても、エロージョンコロージョンが顕著になる場合がある。運転条件を変更する場合は、（ ロ ）と（ ハ ）が協同で変更管理を実施する。また、（ ニ ）を強化する。
【設備の変更】 （ ホ ）を含む常圧蒸留装置由来の LPG と（ ヘ ）を含むドライな接触改質装置由来の LPG とが、運転変更に伴う配管新設によって混合されるようになり、配管合流部で腐食環境を形成し、開口、漏洩した。	単独では腐食性を示さない流体を混合することによって、予期せぬ腐食環境が形成される場合がある。運転変更前に、（ ロ ）と（ ハ ）が協同で変更管理を実施する。

A	減少する	B	保全部門	C	増加する
D	モニタリング	E	塩素	F	遊離水
G	溶解平衡水	H	運転部門	I	硫酸
J	パトロール	K	保安部門		

順不同

問 16	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ
解答	A	H	B	D	F	E

【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　）～（　ヘ　）に入れる語句として、最も適切なものを次のＡ～Ｊより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

（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　）又は圧力の（　ロ　）による物理的方法、亜硫酸ナトリウム又は（　ハ　）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 調整を目的として中和剤が用いられる。（　ニ　）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を除き、プロセス中に投入されることはない。通常、プロセス中には、揮発性がよい（　ホ　）、（　ヘ　）が用いられる。ただし、（　ホ　）は、蒸留塔オーバーヘッド系などの初期凝縮部の防食にあまり効果がないことから好まれない傾向にある。（　ヘ　）は、薬品メーカーが中和能力及び揮発性ごとに各種ブレンド品を用意している。

A	中和	B	苛性ソーダ
C	アンモニア	D	ヒドラジン
E	昇華	F	降下
G	上昇	H	アミン類
I	次亜塩素酸ナトリウム	J	硫化水素

問 17	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	ヘ
解答	G	F	D	B	C	H

【問 18】　次の文章は、原油常圧蒸留装置の原油予熱系で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、適切な方をそれぞれ選択せよ。

（１）　加熱炉出口配管の腐食は、ほとんどが高温硫化物による（イ：Ａ　全面　Ｂ 局部）腐食と高流速によるエロージョンコロージョンの複合腐食である。

（２）　（ロ：Ａ　Ｋｐ値　Ｂ　全酸価（ＴＡＮ））の高い原油を処理している場合は、高温部でナフテン酸腐食も重なっている場合もある。

（３）　ナフテン酸腐食には 2.5%以上の（ハ：Ａ　Ｍｏ　Ｂ　Ｖ ）が効果的とされていることから SUS316 あるいは SUS317 の使用が特に効果的である。

（４）　主蒸留塔の塔頂防食のため、加熱炉上流に苛性ソーダを注入するケースがある。その場合、注入量は主蒸留塔への持ち込み（ニ：Ａ　ナフテン酸　Ｂ　塩化水素 ）量見合いで決定される。

問 18	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	A	B

【問 19】 次の文章は、防食技術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） 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る。防食皮膜の特性によって防食剤を大別すると、（イ:Ａ　拡散浸透型　Ｂ　沈殿皮膜型）、吸着皮膜型、酸化皮膜型に分類される。

（２） 重質油水素化脱硫装置の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（ロ:Ａ　２wt%以下　Ｂ　８wt%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。

（３） 腐食速度を表す単位のひとつに重量変化でみる（ハ: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（ ハ ）≒（ニ:　Ａ　1.0　Ｂ　0.5 ）mm/年となる。なお、鉄の密度は 7.8g/cm^3 とする。

問 19	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	B	B

【問 20】 次の文章は、応力腐食割れについて述べたものである。文中の **（ イ ）～（ ホ ）** に入れる語句として、最も適切なものを 次の**A～K**より選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

応力腐食割れ（stress corrosion cracking、SCC）は、金属材料が（ **イ** ）下で特定の腐食環境中に暴露されると、金属が環境の影響を受けて（ **ロ** ）的に割れる時間依存型の破壊である。割れは、図の模式図に示すように材料、環境、および応力の 3 因子がある一定の条件を満足する場合において生ずる。応力腐食割れに必要な（ **イ** ）としては、直接材料に負荷された応力であったり、または（ **ハ** ）であったりする。冷間加工、溶接、熱処理、機械加工、研磨作業などの様々の原因により（ **ハ** ）が導入される場合もある。炭素鋼や低合金鋼は、高温高濃度アルカリ溶液や硝酸塩溶液環境中、ステンレス鋼、アルミニウム合金およびマグネシウム合金などは、酸素と（ **ニ** ）イオンの共存下、また黄銅は（ **ホ** ）と酸素の共存下で応力腐食割れを生じやすい。

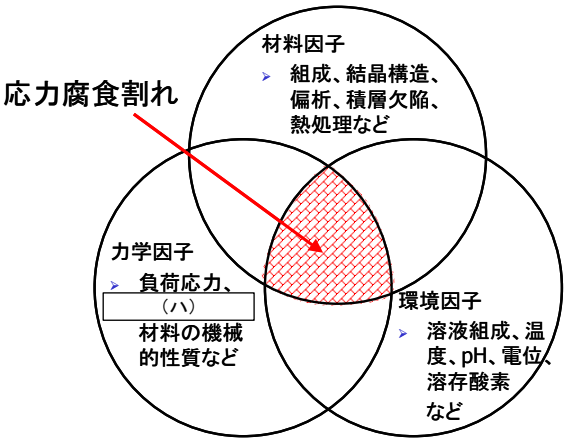


図　応力腐食割れ（SCC）に及ぼす 3 要因

A	引張応力	**B**	圧縮応力	**C**	残留応力	**D**	せん断応力
E	脆性	**F**	延性	**G**	可塑性	**H**	硫化物
I	塩化物	**J**	硫化水素	**K**	アンモニア		

問 20	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	E	C	I	K

【問21】　次の文章は、クリープ損傷に関する事項を説明したものである。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。

（１）　クリープ劣化は高温域における劣化損傷であり、低合金鋼の場合は約（イ：　Ａ　360℃　Ｂ　450℃）以上が対象となる。

（２）　クリープ劣化の評価には、（ロ：　Ａ　Larson-Miller などのパラメータ　Ｂ　Sb，Sn，As，P などの粒界偏析元素によるパラメータ）を利用した余寿命予測が活用できる。

（３）　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延性が低下する現象であり、Cr-Mo 鋼の中で 2.25Cr-1Mo 鋼は割れ感受性が（ハ：　Ａ　特に高い　Ｂ　比較的低い）。

（４）　反応塔におけるクリープ脆化割れの報告によれば、割れは（ニ：　Ａ　セットイン型ノズルの取付溶接部　Ｂ　ツバ付きノズルの突合せ溶接部）やスカート取付溶接部で検出されており、これらの箇所が検査ポイントとなる。

問 21	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	B	A

【問 22】　次の（　イ　）～（　ニ　）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。不適切な記述がある文章の組み合わせを次のＡ～Ｅより選択せよ。

（イ）　アルカリＳＣＣは、一定のアルカリ濃度及び温度以上で、溶接や冷間加工による残留応力又は負荷応力による引張応力が存在する箇所に発生する。

（ロ）　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おり、一定の温度およびアルカリ濃度までは応力除去焼鈍した炭素鋼が使用される。

（ハ）　オーステナイト系ステンレス鋼やモネル、インコネルなどの高 Ni 合金は、高温高アルカリ濃度環境下でもアルカリＳＣＣを発生しない。

（ニ）　アルカリＳＣＣは、常圧蒸留装置のフィード系で発生する可能性がある。

Ａ　イ、ロ　　Ｂ　ロ、ハ　　Ｃ　ハ
Ｄ　ハ、ニ　　Ｅ　イ、ロ、ニ

問 22	C
解答	

【問 23】 次の文章は、水素誘起割れ(HIC)について述べたものである。文中の（ イ ）～（ ホ ）内の語句Ａ、Ｂのうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

（１） HIC は腐食により発生した水素が鋼中に侵入し、鋼材の圧延方向に（イ：Ａ　平行　Ｂ　垂直）な割れを発生する現象である。

（２） HIC が板厚方向に高密度で発生し、（ ロ：Ａ　クレータ　Ｂ 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する必要がある。

（３） 一般に酸性域ほど発生しやすいが、NH_3 と H_2S を含むアルカリ性環境でも発生し、環境中の（ハ：Ａ　シアン化合物　Ｂ　アミン）の共存は加速要因となる。

（４） NACE が行ったアンケート結果では、HIC の発生温度は 25～150℃に渡っているが、（ ニ：Ａ　室温付近　Ｂ　高温）の方が発生しやすい。

（５） HIC の評価は、健全厚さや（ ホ：Ａ　HIC の面積率　Ｂ　内表面の組織変化）などをもとに行う。

問 23	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	B	A	A	A

【問24】　次の文章は、熱疲労の発生範囲と対策について述べたものである。文中の（　イ　）～（　ニ　）内に最も適した語句を次のA～Hより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

（1）　圧力容器のノズル部や（　イ　）などに、装置の起動・停止による負荷の変動により熱疲労を発生することがある。石油精製設備では、通常、起動停止頻度が低く、応力の繰返し数が極めて少ないが、起動停止に伴う温度変化により変位を生じる配管系で、（　ロ　）がある場合に注意が必要である。

（2）　（　ハ　）流体合流部近傍では、熱疲労割れを発生することがある。水素化脱硫装置反応系で水素クエンチを実施している部位はその一例として挙げられる。この対策として（　ニ　）なども有効である。

A	サポート部	B	本体の周溶接部	C	フレキシブルチューブ	D	変位の拘束
E	高温の	F	温度差が大きい	G	インナーノズル設置	H	保温強化

問 24	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	D	F	G

【問 25】　次の（　イ　）～（　ニ　）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。文中の下線部の正誤の組み合わせを次のＡ～Ｆより選択せよ。

（イ）　超音波法の反射法は、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方法で、実機の測定精度は±0.1～0.5mm 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）　磁粉探傷法は、磁性体の試験体を電磁石又は永久磁石の磁極間において磁化し、表層部に存在するきずから漏えい磁束を発生させて、磁粉を試験面に適用し、きず磁粉模様を形成させて表面の割れを検出する方法である。

（ニ）　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、きずの表面分布状況および深さが確認できる方法である。

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

問 25	E
解答	

【問 26】　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。適切な説明の組み合わせを次のＡ～Ｋ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重要な工程である。特に炭素鋼チューブは非磁性チューブに比べてさびなどのスケールを生成しやすく、多くの場合疑似信号の原因となる。

（ロ）　検査方法は、試験体が磁性を有する材料と非磁性の材料とに大別されており、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。

（ハ）　リモートフィールド渦流探傷法は、内外面の損傷を区別できるが、バッフルプレート・チューブシート直下及び近傍の損傷については検出できない。

（ニ）　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。

（ホ）　レーザ形状測定法を用いて孔食を計測する場合、孔食内にスケール、スラッジなどの堆積物だけでなく、油、水などが溜まっていないことに留意すべきである。

Ａ　イ・ロ	Ｂ　イ・ニ	Ｃ　ロ・ホ	Ｄ　ニ・ホ
Ｅ　イ・ロ・ハ	Ｆ　イ・ロ・ニ	Ｇ　イ・ニ・ホ	Ｈ　ロ・ニ・ホ
Ｉ　イ・ロ・ニ・ホ	Ｊ　イ・ハ・ニ・ホ	Ｋ　イ・ロ・ハ・ニ・ホ	

問 26	
解答	I

【問 27】　次の（　イ　）～（　ニ　）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。文中の正誤を次のＡ～Ｆより選択せよ。

（イ）　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。

（ロ）　垂直探傷法は、探傷面に対して垂直に横波を送受して探傷する方法であり、超音波の伝播方向に対して垂直に遮るような広がりを持つきずが最も検出しやすい。

（ハ）　斜角探傷法は、ビーム路程、探触子の入射点及び屈折角を用いた三角関数の関係式により反射源の位置を幾何学的な作図から推定する必要がある。

（ニ）　きず高さ（欠陥指示高さ）測定方法には端部エコー法、TOFD 法、表面波法などがある。

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

問 27	B
解答	

【問 28】　次の文章は、検査技術について述べたものである。文中の（　イ　）～（　ハ　）に最も適切な語句を次のＡ～Ｆより選択せよ。なお、選択肢の重複使用は不可とする。

（１）　磁気飽和渦流探傷法の利点を活かした（　イ　）は、タンク底板等の広範囲の検査に用いるシステムと、長大配管の全長検査等に用いるシステムがある。
（２）　配管を吊り上げることなく、配管架台接触部を検査する代表的な手法として、（　ロ　）がある。
（３）　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、保温材外装板の外面から検査可能な（　ハ　）がある。

Ａ　周方向超音波透過法	Ｂ　パルス渦流磁気検査法	Ｃ　ガイド波超音波検査法
Ｄ　超音波斜角探傷法	Ｅ　ＴＯＦＤ	Ｆ　ＳＬＯＦＥＣ

問 28	イ	ロ	ハ
解答	F	A	B

【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前の確認事項、及び圧力の測定方法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） 設備等の耐圧試験を**（イ： A 水などの安全な液体、B 空気や窒素などの安全な気体）**によって行う場合で、脆化による破壊が考えられる場合には、当該作業の安全を確保するため、当該設備の長手継手、周継手及び鏡板を作るための継手に係る突合せ溶接による溶接部について、試験前に放射線透過試験を行い、その等級分類が1類又は2類であることを確認する

（２） 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、良く整頓して、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**（ロ： A 昇圧過程および試験圧力に保持されている間は B 昇圧過程および降圧過程では ）**、周囲の人との間に保安距離を確保する必要がある。

（３） 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**（ハ： A 1.5～3倍 B 3～5倍 ）**のものとする。

（４） 試験圧力は、試験時の試験体の頂部における圧力とし、2個以上の圧力計を原則として別の位置に取付けて試験中の圧力を測定する。逆止弁がある場合は、**（ニ： A その上流側ではなく必ず下流側に B その前後にも必ず ）**圧力計を取り付け、試験中の圧力を測定する。

問 29	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	A	B

【問 30】 次の（　イ　）～（　ニ　）の文章は、供用段階にある静機器及び配管の耐圧・気密試験時の昇圧の方法及び試験媒体について述べたものである。下線部の記述が適切な組み合わせを次のＡ～Ｊより選択せよ。

（イ）　耐圧試験は、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、試験圧力に達したときに圧力の降下がないことを確認し、再び常用圧力以上の圧力まで下げ、この圧力において異常の有無を調べる。

（ロ）　非高圧ガス配管の気圧試験にあっては、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。

（ハ）　気密試験を行う際、硫化鉄スケールなどの存在する可能性がある場合は、乾燥した清浄な空気を試験媒体に使用する。

（ニ）　総合気密試験を行う際、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、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。

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

問 30	
解答	E

【問31】 次の文章は、供用段階にあるフランジ締付力の注意点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） 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 ボルトが長くなるため　Ｂ ボルトに高い強度が要求されるため ）**、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） フランジ設計にあたり、フランジのガスケット当り面にナビンを設け、シール性能を向上させる設計が行われることがあるが、**（ロ： Ａ 使用中の経年劣化（打傷、減肉など）　Ｂ ナビンからのガスケット脱落 ）**によりシール性能が低下する可能性がある。

（３） 一時的な雨や風によるフランジへ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**（ハ： Ａ 完全な密閉構造とする　Ｂ 完全な密閉構造とならないようにする ）**。

問 31	イ	ロ	ハ
解答	A	A	B

【問32】　次の文章は、供用段階にあるフランジの締付管理に関する用語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） **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（イ：Ａ 硬度　Ｂ 伸び ）からボルト軸力を算出する方法、ボルト軸力を直接測定する方法などを用いて求める。

（２） **トルク管理**　ボルトの（ロ：　Ａ 締付トルク　Ｂ 伸び ）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。

（３） **ホットボルティング**　昇温時の（ハ：　Ａ ボルトのリラクゼーション　Ｂ 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。

（４） **コールドボルティング**　高温機器を降温した時の（ニ：　Ａ ボルトの熱収縮　Ｂ 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、降温過程又は降温後常温で行うボルトの締付をいう。

問 32	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	B	B

【問 33】 次の文章は、フランジ及びボルト・ナットの事前確認について述べたものである。次の**A～E**の下線部で不適切な記述を２つ選択せよ。

（１）リングジョイントフランジの場合は、合マークを合わせて摺合せを行い、光明丹などにより切れ目なく **A：当たりが溝の底部にあることを確認する。**ただし、オーステナイト系ステンレス鋼の場合は、かじり及び焼き付き防止の観点から **B：共摺りしないことが望ましい。**

（２）ボルト・ナットは、予め手入れをし、**C：潤滑剤（錆付き・焼付き防止剤）を塗布しておく**。

（３）ボルト・ナットを再使用する場合は、**D：ブラシなどで錆を落とした後で、ナットがボルトに対して十分な摩擦抵抗を持っていることを確認する**。

（４）ワッシャーが傷や凹みを受けた場合は、**E：表面硬化ワッシャーではなく、全厚硬化ワッシャーで取替える**。

問 33	順不同	
解答	A	D

【問 34】 次の文章は、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、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　JIS B 8265 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。

C　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。

D　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。

問 34	
解答	C

【問 35】　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。不適切な記述を含むものを１つ選択せよ。

A　炭素鋼、高張力鋼、低合金鋼では補修後の PWHT の繰返しにより機械的性質の低下が考えられるため、溶接補修後に PWHT を行う場合は、焼戻しパラメータにより強度上の問題がないことを確認する。

B　低温用合金鋼のうち 2.5%、3.5%ニッケル鋼を使用した母材で厚さが 16mm 以下の機器は、溶接部の PWHT を行わなくてよい。

C　HIC 発生環境で耐 HIC 鋼製の機器を使用している場合は、硫化物応力割れの対策として、溶接部の硬度の確認、PWHT は行わなくてよい。

D　アルミニウム系合金、銅系合金及びチタンを使用した母材の溶接部は、PWHT を行わなくてよい。

問 35	C
解答	

【問 36】　次の文章は、材料別の溶接施工上の留意事項について述べたものである。次の**Ａ～Ｄ**の中から不適切な記述を１つ選択せよ。

A　Cr-Mo 鋼は、焼入性が高く、予熱・パス間温度を適切に管理しないと低温割れが生ずる。

B　マルテンサイト系ステンレス鋼は､急冷により硬化し割れが発生することがあるので、通常２００～４００℃の予熱が必要である。また、延性・靭性・適正硬度確保などの目的で、PWHT が必要である。

C　炭素鋼の遅れ割れは、炭素当量 Ceq 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。

D　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、高温割れ防止のため溶接金属に通常２０～３０％のフェライトを含有する。このフェライトの含有量によって、機械的性質及び耐食性が劣化することがあるので注意を要する。

問 36	D
解答	

【問37】　次の文章は、約17年使用した接触改質装置の低合金鋼リアクターの入口ノズルの溶接補修要領である。次頁の溶接補修事例を参考に（ イ ）～（ ニ ）について、それぞれの正誤の適切な組合せを次のＡ～Ｈより選択せよ。

（イ）　材質および内部流体から、脱水素処理を不要と判断した。

（ロ）　割れ及び劣化部の除去の確認については、MT による確認に加えて、ミクロ組織調査（SUMP など）を行った。

（ハ）　鋭敏化防止のため、予熱および後熱処理を行った。

（ニ）　溶接後の MT で合格であったため、PWHT 後の MT を省略した。

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

問 37	F
解答	

＜溶接補修事例＞

1.　設備仕様

機器名　　：接触改質装置リアクター

材質、板厚　：A387Gr.C（1.25Cr-0.5Mo 鋼）、83^{t}mm

2.　運転条件

使用期間　　：約 17 年

温度、圧力　：530℃、3.72MPa

内部流体　　：ナフサ、水素

3.　損傷状況　　きずはリアクター入口ノズルの取付溶接部外面の鏡板側 HAZ 部、90°（HAZ 縦方向）に長さ最大 15mm×2 箇所検出された。損傷形態は、SUMP 試験の結果、HAZ 粗粒域の粒界割れ及び粒界へのボイド発生であった。

4.　原因推定　　当該損傷は HAZ 粗粒域が長時間使用中にクリープ脆化し、きず（クリープ脆化割れ）を生ずるに至ったものと推定された。

5.　欠陥評価　　きずの深さは数 mm と推定されるが、損傷原因から判断して進展性があり、完全に除去する必要がある。溶接補修の要否については、欠陥除去後の残存肉厚が必要計算肉厚を下回るか否かで判断されるが、クリープ脆化割れと推定されることから、HAZ の劣化部を十分に削り取るとともに、寿命消費率など、劣化の程度を考慮して総合判断する必要がある。

6. 補修計画・要領

クリープ脆化割れと推定され、高応力部は局部的にほぼ設計寿命に達していると考えられるため、恒久対策としては全体更新が最も望ましいが、当面の対策として溶接補修による応急処置を取ることとした。

【問 38】　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。次の A ～ D より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　最低加圧温度の設定法には、破壊力学的解析法、破面遷移温度による導出法、簡便導出法（ライセンサーリコメンデーションなど）が挙げられる。

C　焼戻し脆化は、360~575℃の温度域に保持した場合、不純物元素が粒界偏析することによって生じる脆化であり、古い年代で製造された炭素鋼製機器において特に配慮が必要である。

D　最低加圧温度を設定する際に、破壊力学的解析法で使う破壊靭性値は、経年脆化材のシャルピー衝撃値データをもとに推定することができる。

問 38	C
解答	

【問 39】 次の文章は、焼戻し脆化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） 一般に金属材料の温度と破壊靭性値の関係は下図の（イ：Ａ ―――― Ｂ －－－－）に示すような曲線となる。

（２） 上記（１）の曲線に関して、焼戻し脆化が生じた材料では、未使用の同材料の曲線と比較すると、曲線の位置が（ロ：Ａ 低温度側 Ｂ 高温度側）へ移行する。

（３） 焼戻し脆化の（ハ：Ａ 脆化量 Ｂ 発生条件）の確認のために、製作時のステップクーリング試験が有効である。

（４） 焼戻し脆化による靭性低下が問題になるのは常温時であるため、スタートアップ時には（ニ：Ａ 昇温先行型 Ｂ 昇圧先行型）の手順がとられる。

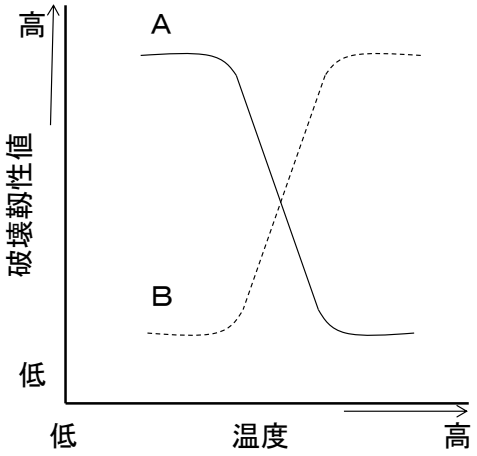


図. 破壊靭性値と温度の関係

問 39	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	A	A

【問 40】　次の文章は、応力拡大係数（K_I）について述べたものである。文中の（　イ　）～（　ハ　）内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。

・破壊力学的解析法で用いる 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パラメータであり、（1）式のとおり表すことができる。

K_I ＝（　イ　）…… (1)

ここに

σ ；負荷応力

a ；き裂寸法

A ；（　ロ　）

・破壊力学的解析法で最低加圧温度を設定する場合、脆性破壊を発生しない条件として、（　ハ　）を満足する必要がある。ただし、K_{IC} は材料の破壊靭性値とする。

A　$A\sigma\sqrt{\pi a}$　　B　$A\pi\sqrt{\sigma a}$　　C　$Aa\sqrt{\pi\sigma}$

D　温度による係数　　E　材料強度による係数

F　欠陥の位置及び形状による係数　　G　$K_I < K_{IC}$

H　$K_I > K_{IC}$

問 40	イ	ロ	ハ
解答	A	F	G