

公益社団法人石油学会

2015 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

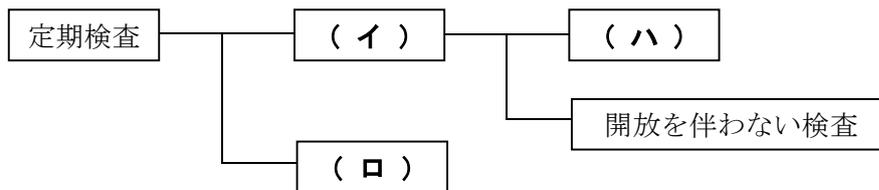
【問1】 次の文章（イ）～（ニ）は石油学会設備維持規格作成の背景および規格の構成に関する内容である。不適切な文章の組み合わせを、以下のA～Eより選択せよ。

- （イ） 高圧ガス保安法の目的に「保安に関する自主的な活動を促進し、もって公共の安全を確保する」と、自主保安の精神が盛り込まれた。
- （ロ） 高圧ガス保安法の保安検査は「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」となっており、法の性能規定化が完了したにも関わらず供用後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。
- （ハ） 基盤規格は共通する基本的要求事項と規格の骨子をまとめたもので、例えば JPI-8R-13 検査技術がある。
- （ニ） 共通技術基準は基盤規格の具体的技術要求事項を定めた基準として、例えば JPI-8S-2 設備維持規格がある。

- A （イ）（ハ） B （ロ）（ニ） C （ハ）（ニ）
 D （イ） E （ロ）

問1	
解答	C

【問2】 次の図は、定期検査の構成を示したものである。（イ）～（ハ）に当てはまる最も適切な語句を、A～Fの中から選択せよ。



- A 保安検査 B 内部検査 C 開放検査
 D 外部検査 E 定期自主検査 F 非破壊検査

問2	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	B	D	C

【問3】 次の表は、環境遮断材の劣化・損傷に関するものである。表中の（イ）～（ニ）に入れる語句として、最も適切なものを、以下のA～Dより選択せよ。ただし、選択肢は複数回使用しないものとする。

環境遮断材の種類	特徴的な劣化・損傷
耐食金属及びセラミックス溶射被覆	膨れ、剥離、減耗など。
（イ）	割れ、剥離・浮上がり、摩耗、ヘックスメッシュ・アンカーなどの金物の異常、ジョイント部目地の脱落など。
（ロ）	膨れ、剥離、ピンホール、膨潤・軟化、摩耗など。
（ハ）	膨れ、割れ、剥離、腐食・エロージョンの有無、材質劣化など。
（ニ）	割れ、剥離・浮上がり、中性化など。

- A 金属クラッド、オーバーレイ、ストリップライニング
 B モルタル及びコンクリートライニング
 C 有機材料コーティング／ライニング
 D 耐火、断熱、耐摩耗キャスダブル材

問3	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	D	C	A	B

【問4】 次のA～H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。エロージョン及び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 マンホール D 凝縮が起こる箇所(フィン効果による冷却部など)
 E 渦の発生するノズル近傍 F 気液の界面付近
 G ガスケット座 H 流体入口ノズル正面の胴・鏡板

問4	順不同		
解答	B	E	H

【問5】 次の表は、各種劣化損傷に対する検査、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）～（ハ）に入れる語句として、最も適切なものをA～Hからそれぞれ選択せよ。

表. 各種劣化損傷に対する検査、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)	検査方法	評価方法及び損傷防止策
硫化物応力割れ (炭素鋼) (高張力鋼)	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 <input type="text" value="(イ)"/> 応力除去焼鈍の実施 コーティング/溶射の実施
水素誘起割れ (炭素鋼)	磁粉探傷/浸透探傷法 超音波法 金属組織検査法	コーティング/溶射の実施 <input type="text" value="(ロ)"/> 発生面積率の経年変化による評価
疲労	磁粉探傷/浸透探傷法 超音波法 放射線透過法 金属組織検査法 渦流探傷法 AE法	S-N線図による評価 振動解析の実施 サポートの強化 <input type="text" value="(ハ)"/> 部材の厚肉化 溶接部の補強 その他の構造改善

A ネルソンチャートによる評価	B 起動、停止時の系内温度管理
C 安定化鋼種の採用	D 耐HIC鋼の採用
E 低強度材の採用	F 高強度材の採用
G J-Factorによる評価	H 応力集中箇所の減少

問5	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	E	D	H

【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）に入れる語句として、最も適切なものをA～Gからそれぞれ選択せよ。

a) 運転中検査を可能とする改善

- 1) 緊急遮断弁のバイパス設置などの設備の改善。
- 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、（イ）、内外面コーティングなどによる設備寿命の延長。
- － ノズル、支持構造の改善。
小口径ノズルの厚肉化、不要ベント・ドレンコネクションの撤去、（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、検査箇所及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 流体滞留部 | C 運転中火気使用 |
| D 流体水平部 | E 材料変更 | F サポート |
| G 運転中モニタリング | | |

問6	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	E	B	G

【問7】 次の文章は、加熱炉管の腐食・エロージョン検査、および劣化損傷検査の着目点について述べたものである。A～Dの中から不適切な文章を1つ選択せよ。

- A 加熱炉管コンベクション部ダクト側の燃焼ガス温度が低い箇所では、硫酸露点腐食が発生する事例がある。また、フィン又はスタッドが硫酸露点腐食により著しく減肉することがある。
- B チューブとチューブサポート又はチューブシートなどとの接触部について、運転中の振動などによる著しい磨耗がないかどうか点検する。
- C 一般に出口に近づくほど、また火炎に面する側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。
- D 鋭敏化が発生したチューブは、定期的にチューブの外径測定を行い、その変化量の傾向管理を行う。

問7	D
解答	

【問8】 次の文章は運転中モニタリングについて述べたものである。A～Eの中から不適切な記述がある文章を1つ選択せよ。

- A 常圧蒸留塔の塔頂系腐食因子濃度：レシーバードレン水の塩素イオン濃度の監視
- B 中和剤の注入量：凝縮水量の監視
- C 皮膜剤の注入量：皮膜剤の残留濃度やFeイオン濃度の監視
- D 加熱炉チューブの高温硫化物腐食、クリープ損傷：スキン温度の監視
- E 脱硫装置反応系機器配管の水素侵食：運転温度と水素分圧の監視

問8	B
解答	

【問9】 次の文章は、疲労の種類と特徴について述べたものである。文章の正誤を下記のA～Hより選択せよ。

- (イ) 振動疲労 構造部材に変動荷重が繰り返し負荷され続けた場合、材料の降伏点以下の応力で疲労による割れを発生することがある。
- (ロ) 疲労割れ 疲労割れについては初期亀裂発生後の進展速度が遅いため、S-N線図などによる余寿命推定が有効である。
- (ハ) 熱疲労 流体が激しい温度変化を繰り返すことによって、構造部材が繰り返し熱応力を受けて疲労し、割れを発生することがある。温度差のある流体の合流部近傍では局部的にこの現象が生じ、熱疲労割れを発生することがある。

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

問9	
解答	B

【問10】 次の文章は配管の構造設計上の配慮事項に関するものである。それぞれの説明文中の（イ）～（ニ）について適切な文章の組み合わせを下記のA～Fより選択せよ。

- （イ） 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。
- （ロ） 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廻りの配管は偏流を防止し適正な流速に維持するため、入口側のみ左右対称なトーナメント構造とする。
- （ハ） 主配管から枝取りする小口径ノズルは内部流体の滞留による腐食、並びに振動などによって損傷を受ける可能性が高いため、ロングネックボス・フランジの採用、口径のサイズアップ、厚肉管の採用などを検討する。
- （ニ） 薬液注入箇所は薬液による注入部近傍本管の局部腐食、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。

- | | | |
|---------------|-----------|---------------|
| A （イ）、（ロ）、（ハ） | B （イ）、（ハ） | C （ハ）、（ニ） |
| D （ロ）、（ニ） | E （ロ）、（ハ） | F （イ）、（ハ）、（ニ） |

問 10	F
解答	

【問11】 次の内容は、配管の割れについて説明したものである。文章の正誤を下記のA～Hより選択せよ。

- (イ) 塩化物応力腐食割れ 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オーステナイト系ステンレス鋼配管となる。スタートアップ過程でドレン水が濃縮される箇所、保温材下及びサポート接触部の配管外面についても注意する。
- (ロ) アルカリ応力腐食割れ 常圧蒸留装置のフィード系、重質油水素化脱硫装置のガス洗浄系の苛性ソーダ環境の配管が対象となる。アルカリ応力腐食割れはこのようなアルカリ環境下で、一定のアルカリ濃度及び温度で、特定の鋼種の圧縮応力が存在する箇所に発生する。
- (ハ) 水素誘起割れ 硫化水素を含む湿潤環境下で使用されている炭素鋼配管が、検査の対象となる。ただし、水素誘起割れは、鋼板の圧延方向に平行に発生するため、複数の割れが階段状に結合し進展することがなければ問題となることはない。

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

問 11	
解答	B

【問12】 次の表は、設備の劣化・損傷に対する評価方法または損傷防止対策についてまとめたものである。このうち不適切な内容が含まれているものを1つ下記のA～Dから選択せよ。

記号	劣化損傷の種類	評価方法または損傷防止対策
A	水素侵食	Pw 値 (HAT チャート) による評価
B	等温時効脆化	A パラメーター法
C	ポリチオン酸応力腐食割れ (オーステナイト系ステンレス鋼)	安定化鋼種の採用
D	アミン応力腐食割れ	応力除去焼鈍の実施

問 12	B
解答	

【問13】 次の文章は、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）の語句A、Bのうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

高温硫化物腐食は、高温状態にて主に硫化水素が鋼と直接化学反応を起こし硫化鉄を生じる腐食である。一般的に流体温度が（イ：A 高い B 低い）ほど腐食速度が大きくなるが、フランジ部近傍では放熱による温度低下が生じ、腐食速度が（ロ：A 増大 B 低下）するため、実際の温度に留意することが必要である。流速が速いと硫化鉄皮膜が剥離し、（ハ：A 硫化物応力割れ B エロージョンコロージョン）が発生する。

なお圧力配管用炭素鋼鋼管(STPG)には、Siの含有量が（ニ：A 極端に多い B 極端に少ない）製品が混在していることがあり、（ニ）製品の場合には高温硫化物腐食に対する耐食性が劣るので注意を要する。

問 13	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	A	B	B	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下記のA～Eから選択せよ。

- （イ）伸縮継手のベローズは、振動により破損した事例があるので、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。
- （ロ）高差圧及びスラリーサービスで使用されるバルブのシート／ディスクは重点的に検査することが必要であるが、常時閉止使用であれば検査する必要はない。
- （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目視および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。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| A (イ)・(ロ) | B (イ)・(ニ) | C (イ)・(ハ) |
| D (ロ)・(ハ) | E (ハ)・(ニ) | |

問 14	
解答	C

【問15】 次の文章は流れが絞られるなど、流れが急変する配管の検査箇所を選定について述べたものであるが、文中の（イ）～（ニ）内に最も適する語句を下記のA～Hより選択せよ。

オリフィスの挿入箇所、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（イ）、オリフィス下流における（ロ）の発生が挙げられ、（ハ）回復点近傍までの箇所にエロージョンコロージョンの発生事例が多い。空気抜き等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。

A 低下	B サポート	C 渦流	D ベント孔
E 上昇	F 高周波	G 静圧	H 分圧

問 15	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	E	C	G	D

【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・系統の組合せである。A～Dの中から不適切な装置を含むものを2つ選択せよ。

- A ナフテン酸腐食
常圧蒸留装置、減圧蒸留装置、接触改質装置
- B 水素侵食
水素製造装置、重質油水素化脱硫・水素化分解装置
- C 炭酸腐食
水素製造装置、連続再生式接触改質装置、アルキレーション装置
- D 水素誘起割れ
常圧蒸留装置、軽質油水素化脱硫装置、流動接触分解装置

問 16	順不同	
解答	A	C

【問17】 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）～（ニ）内の語句A、Bのうち、適切な方をそれぞれ選択せよ。

(1) 脱硫装置エフルエント系の冷却過程では、水硫化アンモニウム濃度とガス流速によってはエロージョンコロージョンを助長し、熱交換器のチューブや配管に局所的な異常腐食を起す。そのためドレン水中の水硫化アンモニウム濃度が （イ： A 2wt%、B 12wt%） 以下となるように水注入を行うのが一般的である。

(2) （ロ： A 水素製造、B 硫黄回収） 装置における反応系では、一般に反応器は炭素鋼にキャストブルがライニングされており、酸性ガスによる直接的な腐食は受けないが、耐圧強度部材であるシェル／ヘッド等は露点腐食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。

(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、 $100（ハ）\div（ニ： A 1.0、B 0.5）$ mm/年となる。なお鉄の比重は7.8とする。

問 17	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	A	B	B	B

【問18】 次の文章は、アルキレーション装置についての説明である。文中の(イ)~(ホ)に入れる語句として、最も適切なものをA~Lからそれぞれ選択せよ。

アルキレーション装置は、接触分解、接触改質装置によって副生されるイソブタンなどに低級(イ)(プロピレン、ブチレンなど)を付加し、オクタン価の高い(ロ)と呼ばれるガソリン基材を製造する装置である。

この装置では触媒として主に硫酸を使用し、反応系及び洗浄系の一部では硫酸が通るため、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。ここでの硫酸濃度は(ハ)wt%、運転温度は(ニ)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。炭素鋼の硫酸に対する耐食性は、その表面に(ホ)のような十分密着性を持つ硫酸塩保護皮膜が形成されることによる。

- | | | |
|-----------------|----------------------------|---|
| A パラフィン | B キシレン | C オレフィン |
| D アルキレート | E ラフィネート | F アロマ |
| G 98~90 | H 90~80 | I 80°C |
| J 常温 | K FeSO ₄ | L Fe ₂ O ₃ |

問 18	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)	(ホ)
解答	C	D	G	J	K

【問19】 次の文章は、ボイラ装置のスチーム系についての説明である。文中の（イ）～（へ）に入れるべき最も適切な語句を下記のA～Kより選択せよ。なお、（イ）、（ロ）、（ハ）、（ニ）（下線部）には次頁の工程図中の③～⑨のストリーム番号を選択せよ。

（イ）給水は、節炭器（エコマイザー）で予熱されスチームドラムに入り降水管を下
降し、火炉水壁管と後部伝熱部側水壁管の下部管寄せに入り受熱・蒸発しながら上昇し
（ロ）汽水混合の状態ですチームドラムに戻る。ここで汽水分離が行われ、スチームの
みは過熱器に導かれて所定温度の（ハ）過熱スチームとなりタービンなどの使用先に送
られる。タービン等容器内に用いられたスチームは、復水器を通過して（ニ）凝縮水とな
り再び給水系に戻る。

給水系における水処理管理が不十分だと、pH 低下や（ホ）によって生じる金属イオン又
は酸化鉄がスケール及び付着物（デポジット）生成の原因となり、局部腐食や局部過熱（オー
バーヒート）、エロージョンコロージョンが生じる。また、過熱器管では（へ）によるス
ケールの生成や剥離が局部過熱や下流のタービン・ブレード損傷の原因となることがある。

A	③	B	④	C	⑤	D	⑥	E	⑦	F	⑧	G	⑨
H	溶存炭酸	I	水蒸気酸化	J	水蒸気還元	K	溶存酸素						

問19	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）	（ホ）	（へ）
解答	F	C	A	B	K	I

- 凡例 -

- 主にステンレス・低合金鋼
- ステンレス・低合金鋼と炭素鋼混在
(炭素鋼にステンレスクラッドしたものを含む)
- 主に炭素鋼

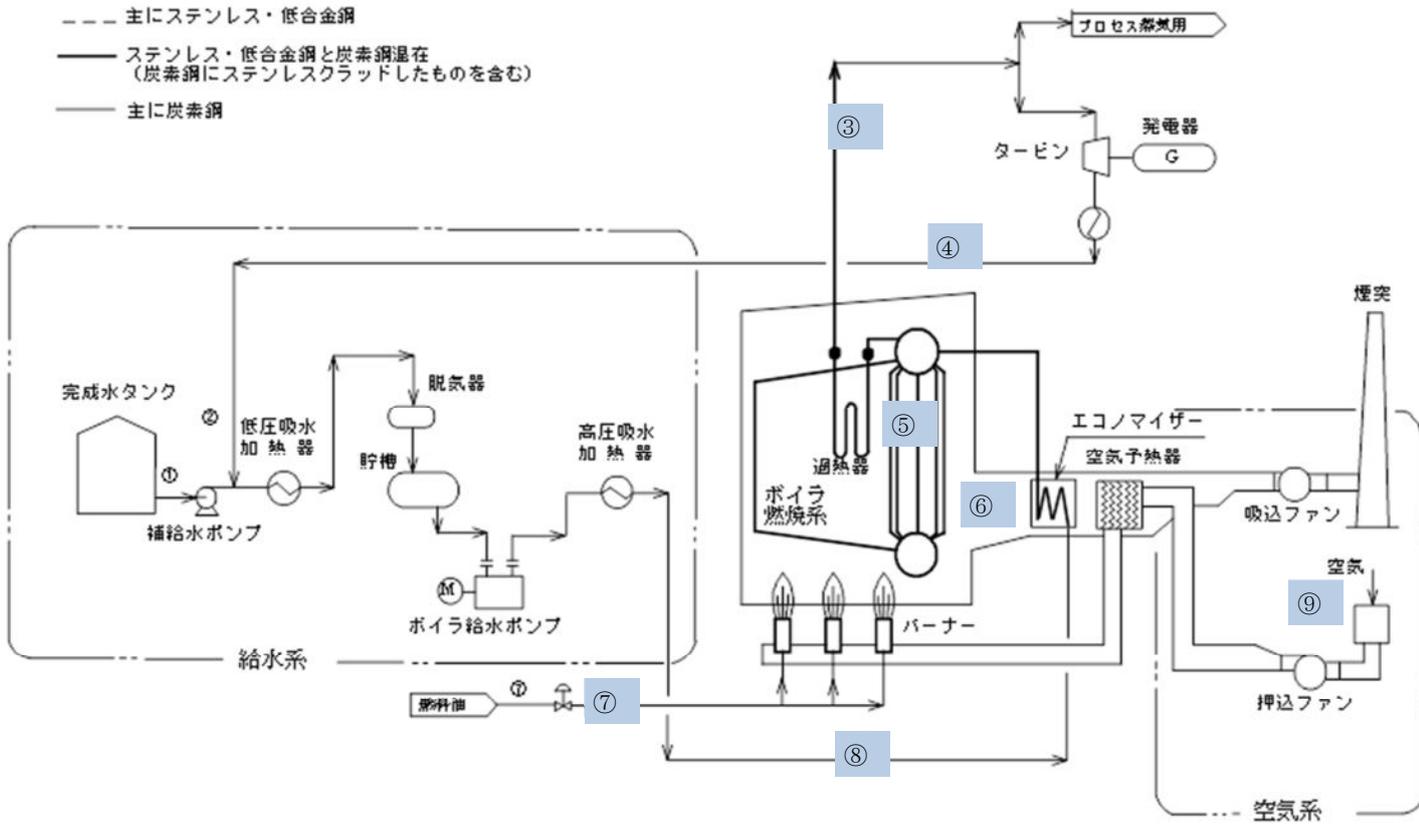


図. ボイラ装置工程図

【問20】 次の文章は、湿食状態にある鉄がとる3つの表面状態についての説明である。図中の（イ）～（ニ）内に入れるべき最も適切な語句を下記のA～Hより選択せよ。

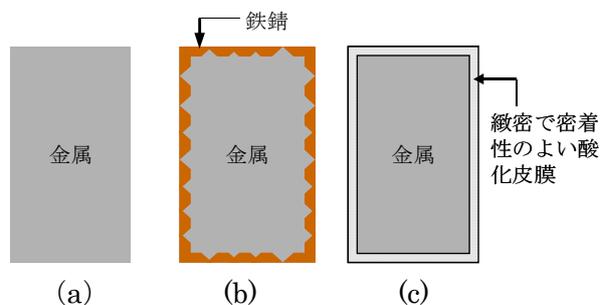


図 湿食状態にある鉄がとる表面状態

(a) は（イ）といい、鉄は腐食しない。一般的に（ロ）を行った際の鉄の表面状態に相当する。(b) は（ハ）といい、鉄は腐食する。通常鉄がとる表面状態である。(c) は不動態といい、鉄はほとんど腐食しない。

不動態は金属表面上に生じた 10^{-9} m 程度の非常に薄い緻密な酸化皮膜である。このような皮膜を不動態皮膜とも言う。ステンレス鋼等の実用的な耐食性金属は不動態皮膜によって耐食性を持たせている。しかし、不動態皮膜も万能ではない。環境中に不動態皮膜を破壊するイオンが存在すると、皮膜が破壊され腐食が生じる可能性がある。代表的な不動態皮膜破壊イオンとして（ニ）イオン等のハロゲン化物イオンがある。

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| A 活性態 | B 不活性態 | C 反不動態 | D 陽極酸化 |
| E 電気防食 | F 塩化物 | G 硫化物 | H 水酸化物 |

問 20	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	B	E	A	F

【問21】 次の（イ）～（ホ）の文章は、アミン応力腐食割れ（以下SCCと記す）の対策について述べたものである。対策として適切な文章の組合せを解答例のA～Eから選択せよ。

- （イ）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。
- （ロ）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。
- （ハ）アミン SCC の割れ形態は粒内割れが支配的である。
- （ニ）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。
- （ホ）アミン SCC の防止策としてオーステナイト系ステンレス鋼の使用も有効である。

【解答例】

A （イ）・（ロ） B （イ）・（ハ） C （ハ）・（ニ）
D （ロ）・（ホ） E （ニ）・（ホ）

問 21	D
解答	

【問22】 次の文章は γ' （ガンマプライム）脆化について記載したものである。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) γ' 脆化はアロイ 800 を （イ： A 600°C、 B 800°C） 前後で運転する設備に見られる脆化現象である。
- (2) γ' 相または γ'' （ダブルプライム）相が析出することによって粒内が強化され、その結果、（ロ： A 粒界割れ、 B 粒内割れ） 感受性が高くなる。
- (3) アロイ 800 の成分のうち、Ti、Al 濃度が （ハ： A 低いほど、 B 高いほど）、脆化感受性が高い。

問 22	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	A	A	B

【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）～（ニ）に入れる語句として、最も適切なものを、以下のA～Eからそれぞれ選択せよ。なお、A～Eの選択肢は複数回使用しないものとする。

劣化損傷	解説
（イ）	材料中に侵入した水素が炭素と反応してメタンを生成、集積し、マイクロフィッシュヤを発生する現象であり、ネルソン線図に基づいて管理すべきである。
（ロ）	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、溶接金属中のデルタフェライトまたは σ 相の影響を受ける。
（ハ）	腐食反応によって生じた水素原子が鋼中に侵入し、その結果生じる割れであり、その感受性は鋼材の硬さに依存するため、対策として材料ごとに硬さ上限が定められている。
（ニ）	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 チタンの水素脆化 |
| C 水素誘起割れ | D 水素侵食 |
| E 硫化物応力割れ | |

問 23	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	D	A	E	B

【問24】 次の文章はクリープ損傷およびクリープ脆化に関する事項を説明したものである。

A～Dの中から不適切な記述を含む文章を一つ選択せよ。

- A クリープ損傷は時間の経過とともに変形が進行し、結晶粒界にボイドが発生、粒界割れへと進展し、最終的に破断に至る現象である。
- B クリープ脆化は、クリープ損傷の一種であり、1.25Cr-0.5Mo 鋼などを高温で使用した場合に溶接熱影響部で割れが発生する可能性がある。
- C クリープ脆化は、運転中の高温下では機械的性質の低下がわずかだが、常温付近の靱性が低下するため、装置停止時に配慮が必要である。
- D クリープ脆化割れの対策として、最近の設備では材質の不純物濃度の低減と応力集中部の形状の改善が図られている。

問 24	C
解答	

【問25】 次の文章は腐食・エロージョン検査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。

- (1) 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（イ）である。超音波の音速が温度により変化するため、高温部での測定では音速の補正を行う必要がある。
- (2) 放射線法は、X線またはγ線の写真作用、蛍光作用及び電離作用を利用して観察する方法であり、材質にあまり左右されない。保温材などで遮蔽された部位などに（ロ）。
- (3) 渦流探傷法は、銅合金、オーステナイトステンレス鋼などのチューブを対象に用いられる。腐食形態（形状、寸法等）に影響されるが、推定減肉率の精度は（ハ）前後である。
- (4) 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2～3倍以上離して配置し、間接磁場で探傷する方法であり、内外面の腐食を（ニ）。

- A ±1.0～1.5% B 区別できない C ±0.5～1.0mm D 適用できる
 E 適用できない F ±0.1～0.3mm G 区別できる H ±10～15%

問25	（イ）	（ロ）	（ハ）	（ニ）
解答	F	D	H	B

【問26】 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 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大別されており、非磁性の材料のチューブとしては渦流探傷法が多用されている。
- B アルミナイズドチューブは、表面層のばらつきが多いことを考慮して、検査抜取率を検討する必要がある。
- C 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。
- D 超音波水浸法は、検査精度は良好であるが、内外面の損傷を区別できない。
- E リモートフィールド渦流探傷法は、バッフルプレート・チューブシート直下および近傍の損傷については検出することができないことに留意すべきである。

問 26	D
解答	

【問27】 次の文章は、劣化損傷の検査について述べたものである。文中の(イ)～(ハ)内の語句A、Bのうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) クリープ損傷に対して、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(イ: A ボイド面積率法、 B Aパラメータ法)が適用できる。
- (2) 浸炭の検査方法として、(ロ: A 超音波透過法、 B レーザ形状測定法)などが適用できる。
- (3) 鋭敏化に適用できる検査手法のうち、(ハ: A 金属組織検査、 B EPR 試験)は定量的に鋭敏化度を評価することが困難である。

問 27	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	B	A	A

【問28】 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。下線部に不適切な記述がある文章の組み合わせを以下のA～Eの中から選択せよ。

- (イ) 配管の防油堤貫通部を検査する手法として、超音波斜角探傷法がある。
- (ロ) 探傷面に接触することなく、高速で被検査物の減肉に関するデータを採取可能という利点を活かした磁気飽和渦流探傷法は、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。
- (ハ) 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、保温材外装板の外面から検査可能なガイド波超音波検査法がある。
- (ニ) 配管架台接触部を検査する手法として、周方向超音波透過法がある。

- A (イ)、(ロ) B (ハ)、(ニ) C (イ)、(ハ)
D (ロ)、(ニ) E (イ)、(ロ)、(ハ)

問 28	C
解答	

【問29】 次の文章は、供用段階にある設備等の耐圧試験の試験前の確認事項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) 設備等の耐圧試験を空気その他の気体によって行う場合で、（イ： A 腐食減肉、B 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部について、気圧試験前に放射線透過試験、磁粉探傷試験又は浸透探傷試験を行い、有害なきずがないことを確認する。（配管及び導管にあつては、その設置場所で溶接を行った外径160mmを超える管の周継手に限って上記検査対象とする）
- (2) スプリングハンガーで支持されている配管は、スプリングのロックが（ロ： A セットしてある、B 外してある）ことを確認した後、水張りを行う。
- (3) 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（ハ： A 昇圧過程および降圧過程において、B 昇圧過程および試験圧力に保持されている間）は、周囲の人との間に保安距離を確保する必要がある。

問 29	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	B	A	B

【問30】 次の文章は、供用段階にある設備等の耐圧試験の試験圧力、及び昇圧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) 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（イ： A 許容応力、B 降伏点又は0.2%耐力の90%）を超えてはならない。
- (2) 耐圧試験とは、設備の構造健全性を確認する試験であり、試験圧力で有害な変形を生じない（残留変形のない）ことを確認する試験である。（ロ： A 気圧による耐圧試験時は、B 液圧か気圧かに関わらず耐圧試験時は）、法規その他の個別仕様で規定されていない限り、試験圧力で保持し圧力の降下がないことを確認した後、（ハ： A 常用圧力以上、B 常用圧力の1.5倍以上）の圧力まで下げ、この圧力において異常の有無を調べる。

問 30	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	B	B	A

【問31】 次の文章は、供用段階にある設備等の耐圧試験における試験媒体及び機種ごとの注意点について述べたものである。文中の（イ）～（ハ）内に最も適した用語を下記のA～Gより選択せよ。

(1) 塔、槽、反応塔の強度部材などの改修工事が行われた場合は、適用法規により機器単体での耐圧試験及び気密試験が必要となるが、この場合は実施方法・機器の強度検討など、次の留意点を含め確実に検討して要領書を作成する。

- － 耐圧試験時の水張り重量で基礎に問題ないか
- － 改修部以外の母材が試験圧力に耐えられるか（材質劣化や腐食等で減肉していないか）
- － 機器材質によっては（イ）の危険はないか（試験媒体・試験温度などの検討）

(2) 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、（ロ）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℃以上で、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

(3) 長距離配管において放置法による気密試験を行う時、試験媒体として気体を使用する場合の可否の判定は、試験圧力に10%以上の低下が見られないことをもって合格とし、判定に用いる試験圧力は次の式により温度補正された値を採用する

[気体で試験を行う場合の簡易式温度補正]

$$\text{判定試験絶対圧力MPa} = \text{実測試験絶対圧力MPa} \times (\text{ハ})$$

- A 脆性破壊 B 延性破壊 C 43℃ D 当該液体の沸点
- E (試験中最低温度℃+273) / (実測温度℃+273)
- F (実測温度℃+273) / (初期温度℃+273)
- G (初期温度℃+273) / (実測温度℃+273)

問 31	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	A	D	G

【問32】 次の文章は、供用段階にあるフランジ締付の準備作業として、フランジ面の確認、及びガスケットの選定について述べたものである。文中の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。

- (1) リングジョイントフランジにおいて、リングジョイントガスケットの場合は、合マークを合わせて摺合せを行い、光明丹などにより当たりが切れ目なく、A：溝の底部にあることを確認する。自緊式ガスケットの場合は、当たりが切れ目なく、B：溝の外側となっていることを確認する。ただし、オーステナイトステンレス鋼の場合は、C：焼き付き防止の観点から共摺りしないことが望ましい。
- (2) 締付力によって、ガスケットが弾性又は塑性変形して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。また、このとき、D：フランジの接合面を傷めないように、ガスケットのほうが軟質でなければならない。

問 32	A
解答	

【問33】 次の文章は、供用段階にあるフランジのボルト締付力の計算について述べたものである。文中の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。

- (1) 必要締付力（上限）は、A：フランジ、ボルト、ガスケットに許容される限界の締付力の内いずれか最も小さい締付力を採用している。
- (2) フランジ強度基準（常温）締付力と B：フランジ強度基準（設計温度）にボルトリラクゼーションファクターを掛けた締付力 のいずれか小さいほうを、フランジ強度を考慮した必要締付力（上限）とする。フランジ強度基準（常温および設計温度）締付力の計算において、C：フランジに関しては実際のフランジの厚みで計算してよい。腐食によるフランジ強度の低下は、広い範囲で減肉している場合には考慮する必要がある。
- (3) 必要締付力（下限）～必要締付力（上限）を適正な締付力の範囲とする。ただし、実際の締付け時には、D：適性な締付力の上限値を超えない範囲で極力強く締付けることが望ましい。

問 33	B
解答	

【問34】 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) トルク管理を行う場合、ボルト・ナットを再使用する場合には、ボルト・ナットの点検を行い、（イ： A ナットが軽く手で廻るようになるまで、B ナットが手動では廻らない程度まで）整備する。ただし、整備不可の場合は取替える。
- (2) トルク管理を行う場合、ボルト・ナットねじ面及びナット座面には、潤滑剤（焼付防止剤）を（ロ： A 塗布する、B 塗布してはならない）。
- (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。

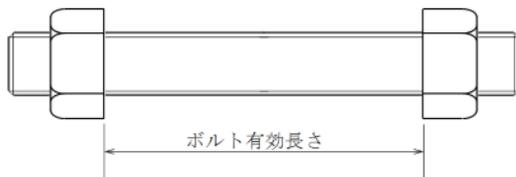
$$\sigma = \frac{E(L - L_0)}{L_0}$$

ここに、

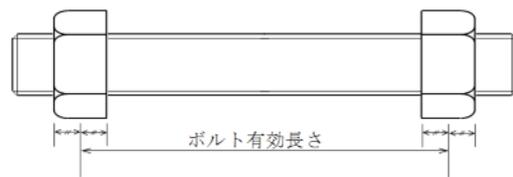
- σ : ボルトの応力 (N/mm²)
 E : ボルト材料の縦弾性係数 (N/mm²) で、材料規格による。
 L : 締付け後のボルトの有効長さ (mm)
 L_0 : 締付け前のボルトの有効長さ (mm)

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）。

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



問 34	(イ)	(ロ)	(ハ)
解答	A	A	B

【問35】 次の文章は、ビードオンテストによる溶接性確認方法について述べたものである。
文中（イ）にあてはまる最も適切な文章を、以下のA～Fより1つ選択せよ

使用材料の経年劣化により溶接性の低下が予想される場合には、次に示すビードオンテストによる溶接性確認方法が有効である。ただし、この方法では溶接拘束条件が厳しくないため、溶接補修部の拘束が厳しくなる場合には注意が必要である。

- a) 溶接補修対象部又はその周辺に約 100 mm長さのビードを置く。
- b) 浸透探傷試験又は磁粉探傷試験を行う。
- c) 割れが検出された場合、次のような改善策を検討し、再試験を行う。
 - ・ 予熱、電流、入熱などの溶接条件の変更
 - ・

(イ)

 - ・ 溶接性改善のための熱処理（脱脆化处理、脱水素処理等）
- d) 改善策をとっても割れが防止できない場合には、溶接補修を断念し、他の処理方法を検討する。

- | | |
|----------------|-----------------------|
| A 非破壊検査手法の見直し | B 環境遮断材の活用 |
| C テンパーパラメータの考慮 | D ピーニング等による溶接補修部の応力緩和 |
| E 開先形状の変更 | F 気密試験による気密性の確認 |

問 35	(イ)
解答	D

【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。文中の（A）～（C）の中で不適切な文章を1つ選択せよ。

- A SUS329J4L に代表される二相ステンレス鋼の溶接に際しては入熱量を低くし、予熱はせずパス間温度もなるべく低くすることが望ましい。また、PWHT は通常行わない。
- B 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。
- C 高張力鋼の焼入硬化性はそれほど大きくなく、溶接部の硬さは溶接のままでもあまり高くならず、溶接性がよい。

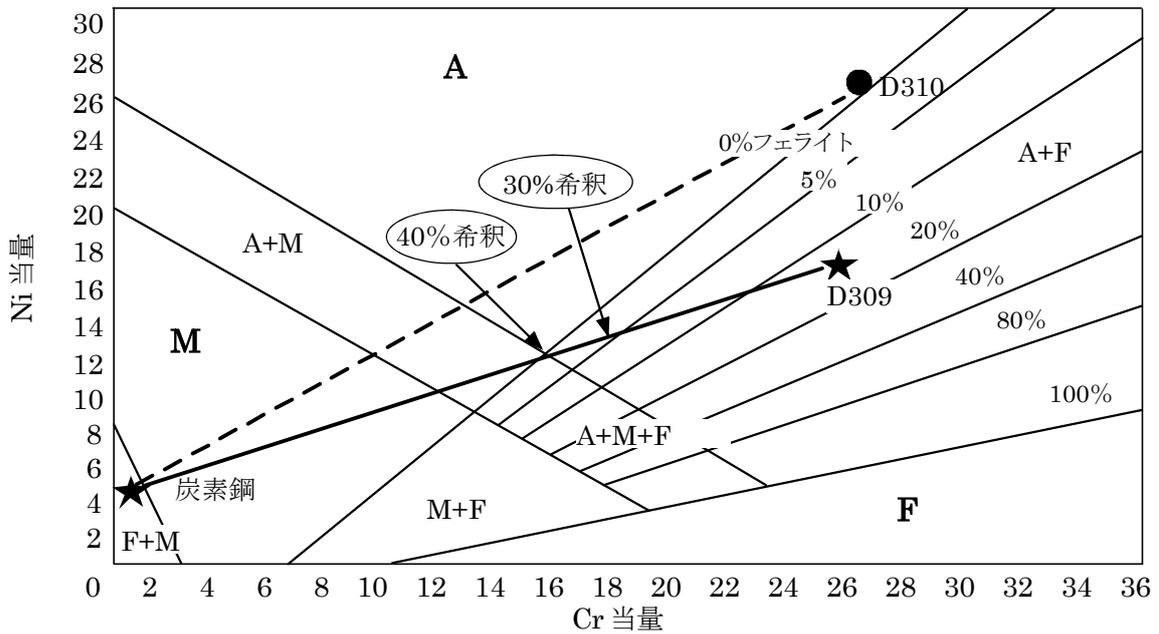
問 36	
解答	C

【問37】 次の文章はオーステナイト系ステンレス鋼の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）～（ニ）に最も適した語句を下記の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マイ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。

同様に D310 で溶接した場合、D310 は完全（ニ）組織を有し、母材からの希釈を受けても、（イ）は生成せず、（ニ）領域に存在するため非常に（ハ）感受性が高いことが理解できる。



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

問 37	(イ)	(ロ)	(ハ)	(ニ)
解答	B	C	D	A

【問38】 次の文章は焼き戻し脆化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一つ選択せよ。

- A 焼き戻し脆化は、約 360～575℃で長時間使用した低合金鋼製設備に見られる脆化現象である。
- B 焼き戻し脆化は、供用期間に比例して進行する脆化現象であり、供用期間が長ければ長いほど遷移温度が上昇する。
- C 低合金鋼に含まれる不純物元素濃度に脆化の度合いが強く依存する。
- D 低合金鋼の中では、2.25Cr-1Mo 鋼は他の鋼種に比べて焼き戻し脆化感受性が高い。

問 38	B
解答	

【問39】 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）、（ロ）内に最も適する語句を下記のA～Fから選択せよ。

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。この式から、 K_I は負荷応力に対して比例し、き裂寸法の0.5乗に比例することが分かる。

$$K_I = (\text{イ}) \dots\dots\dots (1)$$

ここに、式中の σ は負荷応力、 a はき裂寸法であり、 A は（ロ）である。

- | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| A $A\sigma\sqrt{\pi a}$ 、 | B $A\pi\sqrt{\sigma a}$ 、 | C $Aa\sqrt{\pi\sigma}$ |
| D 鋼種による係数 | E 欠陥の位置や形状による係数 | |
| F 温度による係数 | | |

問 39	(イ)	(ロ)
解答	A	E

【問40】 次の文章は設備をスタートアップする際の最低加圧温度の設定方法についてまとめたものである。文中の（イ）～（ハ）内の語句A、Bのうち適切なものをそれぞれ選択せよ。なお、文中のFATTは50%破面遷移温度、 K_I は応力拡大係数、 K_{IC} は破壊靱性値とする。

- (1) 破壊力学的解析法で最低加圧温度を設定する場合、脆性破壊が発生しない条件として、（イ：A $K_I < K_{IC}$ 、B $K_I \geq K_{IC}$ ）を満足する必要がある。
- (2) 鋼材の K_{IC} は、 K_{IC} 試験データのほか、（ロ：A シャルピー衝撃値、B 硬さ測定値）からの推定値が適用される。
- (3) 鋼材の脆化感受性については、（ハ：A C_{eq} 又は P_{CM} 、B J-Factor 又は \bar{X} ）で表される脆化パラメータによる推定が有効であり、これらのパラメータを用いてFATTの推定が可能である。

問 40	（イ）	（ロ）	（ハ）
解答	A	A	B