

公益社団法人石油学会

2012 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のうち適切な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た。

また、1997年に（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。

2011年5月31日認定要件に関する内規が改正され、供用適性評価に基づく次回検査時期設定基準（KHKS 0851）が取り入れられた。KHKS 0851の技術上の基準には、石油学会の維持規格の一部が加えられた。また、KHKS 0851を適用するためには、評価者の資格要件が定められているが、その資格要件の1つとして石油学会維持管理士も加えられた。

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～L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ことをいう。
- （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 配管 | L 強度率 |

問2	イ	ロ	ハ	ニ	ホ	へ
解答	E	A	D	C	I	G

【問3】 次の文章は、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。A～Dの中から不適切な記述を2つ選択せよ。

- A** ナフテン酸腐食は、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入口までの予熱系の配管などで発生する。
- B** 水硫化アンモニウムは、水素化脱硫、脱窒素反応などにより反応生成物油に生じた硫化水素とアンモニアが水硫化アンモニウムとなり、冷却の過程でエフルエントクーラーなどに析出し、閉塞や腐食を引き起こす。
- C** 石油精製装置では、脱硫装置などのガス洗浄系で酸性ガスを除去するためにアミン溶液を用いるが、ガスを吸収したアミン溶液や劣化したアミンにより腐食が生じる。
- D** バナジウムアタックは、原油中に含まれる微量のバナジウムが、高温状態に加熱されると、低融点化合物を生成し、激しい腐食を発生する現象である。主に加熱炉チューブの内面で発生する。

問3	順不同	
解答	A	D

【問4】 次の文章は、石油精製事業所内で発生する腐食・エロージョンの発生箇所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1つ選択せよ。

- A** 高流速部、設備出入口、ヘッダー、内部構造などによる流路の曲り箇所、分岐、合流、流路の縮小など、流路状況が急変する箇所では、局部的に大きいエロージョンコロージョンが発生する。
- B** 設備内で流動がない液の滞留範囲には、スケールなどの堆積が生じやすく、堆積物下の腐食が生じる。
- C** 流体が機器本体の内面や内部構造物に高流速で衝突する箇所では、エロージョンあるいはエロージョンコロージョンが発生することがある。
- D** 常圧蒸留塔の塔頂系などで、ベーパーが部分的に凝縮する際、凝縮液（特に凝縮水）中に腐食性物質が濃縮し、設備及び配管が腐食される。ただし、初期の凝縮液は、腐食性物質の溶解が少なく、腐食はマイルドである。

問4	D
解答	

【問5】 次の文章は、加熱炉及び圧力逃がし設備（安全弁）の検査の留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。

- ・加熱炉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、主に（イ：A 湿性硫化物腐食、B 硫酸露点腐食）が発生する事例がある。
- ・加熱炉チューブサポート、コーンサポート、ハンガーピンなどに、フェライト相を含むステンレス鋼を使用している場合は、（ロ：A クリープ脆化、B シグマ脆化）による材料の劣化が生じるので、低温での取り扱いに注意するとともに、割れ、損傷の有無を検査する。
- ・安全弁の出口側がフレアー系統に接続している場合、弁棒及びばねは腐食雰囲気に接する可能性がある。その場合、（ハ：A 弁棒、B ばね）の硫化物応力割れに注意が必要である。

問5	イ	ロ	ハ
解答	B	B	B

【問6】 次の文章は、石油精製事業所における供用後の保全事例に基づく設備の設計配慮事項で、設備の信頼性向上に有益と判断される事項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含む文章を1つ選択せよ。

- A リフティングラグは、据付け後撤去することを原則とする。保温する機器については少なくとも保温板金より突出しないように切断する。
- B ベント穴、テストホールは、雨水侵入による腐食を防止するためプラグのねじ込み及びグリスの詰め込み可能な構造とする。
- C 耐火被覆する容器は、耐火被覆下の錆止塗装を行う。
- D 補強リングを設ける場合、ドレンホールを設け雨水の滞留防止を考慮した構造とする。また、保温機器の場合には補強リングを保温より突出させ、補強リングが設置されている機器であることが分かるようにする。

問6	D
解答	

【問7】 次の文章は、石油精製事業所内における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）～（ハ）内の語句**A**、**B**のうち適切な方をそれぞれ選択せよ。

- ・内部流体が循環式冷却水の場合、熱交換器出口の水温の（**イ**：**A** 低い、**B** 高い）チューブ、伝熱量が大きいチューブ、流速が極端に遅い又は早いチューブに留意する必要がある。
- ・内部流体が海水で銅及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（**ロ**：**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。
- ・工業用水などの冷却水環境では、一般的に（**ハ**：**A** チューブ外面側、**B** チューブ内面側）が冷却水となる方が、より厳しい腐食環境となる。

問7	イ	ロ	ハ
解答	B	A	A

【問 8】 次のイ～ハの文章は、定期検査終了後に実施する総合気密試験における継手からの漏えいの防止について述べたものである。各文章の正誤の組合せのうち正しいものを、以下のA～Hより選択せよ。

- イ ガasket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。ガasketに明らかな損傷が認められた場合は、損傷した部位にガasketペースト等を丹念に塗布してから使用する。
- ロ 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asketを取り換える。ただし、リングジョイントガasketは、当たり面の健全性が確認できれば再使用できる。
- ハ 気密試験時において、ガasket部漏洩箇所の外観検査によって、片締めなどの施工不良以外の要因が漏えい原因として考えられる場合には、ボルト全数を高強度のボルトに交換し、締付力を増す対策を行う。

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

問 8	
解答	F

【問9】 次の文章は、劣化損傷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 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。
- B 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、ある条件のアルカリ濃度及び温度で、特定の鋼種において引張応力が存在する箇所に発生する。炭素鋼配管の溶接部で応力除去焼鈍が実施されていない場合には、溶接部及びその近傍を検査の対象とする。また、溶接継手以外でも配管外面にサポートなどが溶接されている場合には、内面の割れ感受性が高くなるので、このような部位も検査対象として注意する。
- C 硫化物応力割れ** 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のフランジ継手溶接部などのカーボン当量が高く、熱影響部の硬度が高くなる部位は、注意する。また、当該配管系に高強度部材が使用されている場合には、その部分も検査の対象とする。
- D 水素誘起割れ (HIC)** 硫化水素を含む湿潤環境下で使用されている炭素鋼製設備が、検査の対象となる。ただし、鋼板の圧延方向に平行に発生したHICは、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。内表面近くに発生する割れは、水素ブリストアとして目視でも検出可能であるが、鋼板内部に発生する割れについては、放射線透過試験によってその発生範囲、密度（面積率など）を確認しなければならない。コーティング又は溶射による環境遮断や耐HIC 鋼の採用は、HIC 防止に有効なので、それらの耐久性に応じて検査範囲を限定してもよい。

問9	
解答	D

【問10】 次のイ～ハの文章は、配管の腐食に関するものである。各文章の正誤の組合せうち、正しいものを下記のA～Hより選択せよ。

- イ. 湿性塩化物腐食、酸露点腐食は高流速部、乱流部で起こりやすいが、水硫化アンモニウム腐食は起こりにくい。
- ロ. 湿性硫化物腐食、湿性塩化物腐食は堆積物を生じる停滞部で起こりやすい。
- ハ. 酸露点腐食、炭酸腐食は保温の無いフランジ部など局所的に凝縮水が発生する箇所では起こりにくい。

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

問10	
解答	F

【問11】 次の内容は、疲労について説明したものである。それぞれの説明文中の（イ）～（ニ）に、下記の語句 A ～ I のうち、最も適切なものをそれぞれ選択せよ。

－ 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も疲労による割れを発生することがある。回転機械などからの振動や内部流体の脈動などによって変動荷重が繰り返し負荷される配管系で、構造上応力が集中しやすい部位は、検査の対象となる。ただし、適切なサポートの設置、部材の（イ）、隅肉溶接部の補強などの応力緩和策によって、検査範囲を限定できる。

複雑な形状、負荷を受ける配管系は、通常、設計段階で（ロ）が実施され、その結果によって適切なサポートなどの補強対策が施されているが、運転開始後に振動、その他の異常が観測された場合には、（ロ）及び適切な対策の必要性を改めて検討する。

－ 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（ハ）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（ニ）にこの現象が生じ、熱疲労割れを発生することがある。

- A 耐圧計算 B 全体的 C 応力解析 D 曲げ応力 E 厚肉化
 F 熱応力 G 局部的 H 薄肉化 I 荷重

問11	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	C	F	G

【問 12】 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捕捉できる部位を選び、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 12	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	D	C

【問 13】 次の A ～ E の文章は、付属品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 フランジ継手本体については、外面腐食の有無、変形及び継手の芯狂いの有無を検査する。変形が大きい場合はレーティングが適切か確認する。
- B 伸縮継手については各部の変位を計測し、設計仕様と対比して許容限界を外れていないことを判定する。
- 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、ディスク及びその上流側について重点的な検査を行う必要がある。
- E フレキシブルホースは、外観検査及び軸直角変位量の測定により健全性を確認する。

問 13	
解答	D

【問 14】 次のイ ～ ニの文章は、機器また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 ソケットを当該部に溶接し、ネジプラグにて止める工法である。
- ロ 漏れ箇所が複雑な場合にシール材を介した当て板をクランプにて当て板部に固定する方法である。
- ハ 圧抜きを考慮しながらフランジ、バルブなどの当該部を耐圧強度のあるボックスにて覆う工法である。
- ニ 当該部に当て板を設置し、全周溶接を行う工法である。

- A バンド工法 B ボックスイン工法 C 樹脂注入工法 D クランプ工法
E プラグ工法 F コーキング工法 G 当て板工法

問 14	イ	ロ	ハ	ニ
解答	E	D	B	G

【問 15】 次の文章は石油精製事業所における設備等の長期連続運転を目的とした改善例であるが、運転中検査を可能とする改善内容として、最も適した説明の組み合わせを下記のA～Eより選択せよ。

- イ 緊急遮断弁のバイパス配管を設置した。
- ロ 運転中クリーニング設備を設置した。
- ハ 配管の内外面コーティングを行った。
- ニ 小口径配管の厚肉化、不要ベント・ドレンコネクションを撤去した。
- ホ 固定式肉厚測定センサーを設置した。
- ヘ 流体滞留部をなくすような配管系の形状変更、支持機構の改善を行った。

A イ・ロ B ロ・ホ C ハ・ニ D イ・ホ E ニ・ヘ

問 15	
解答	D

【問 16】 次の表は、石油精製事業所における保全工事作業上の配慮事項について述べたものであるが、有効な防止対策（右欄）として不適切なものをそれぞれ**A～C**の中から1つ選択せよ。

設問	工事作業上の不具合例	有効な防止対策
イ	蒸留塔の内部充填物として薄片の金属材料を用いパッキングしている場合、機器開放工事の際にメタルファイヤーを生じた事例がある。	A 十分な散水冷却を行う。 B 開放直後空気置換を行う。 C 開放しない場合は窒素シールで保存する。
ロ	タンク開放検査のため、仮設配管、仮設ポンプを設置して残油輸送を行っていた際に仮設配管に使用していた耐圧ホースが破損し、漏洩が発生した事例がある。	A 耐圧ホースの使用前確認を実施し、不良品は使用しない。 B 耐圧ホースが適切に設置されていることを使用開始前に確認する。 C 移送元タンクレベルの管理を十分に行う。
ハ	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。	A スケールを系外へ排出した時点で直ちに水に浸し袋詰めの後ドラム缶に入れる。 B 工事箇所周辺のガス検知確認を行う。 C ウエスなどの燃えやすいものを付近に置かない。

問 16	イ	ロ	ハ
解答	B	C	B

【問 17】 次の文章は、腐食の原理について説明したものである。文中の（イ）～（ホ）に入れる語句として、最も適切なものを A～E からそれぞれ選択せよ。

鉄を希塩酸につけると水素を発生しながら溶ける。金属の「腐食」と呼ばれる現象である。鉄を淡水や海水に漬けたときに真っ赤にさびるのも腐食である。一方、鉄をアルカリで脱脂する時には腐食は起こらない。このような金属の振舞いを予測するために、溶液の酸化力に相当する電位を縦軸に、pH を横軸にとって化学種の安定存在範囲を示したのが電位-pH 図である。発案者の名前をとって Pourbaix（プルベイ）図とも呼ばれる。

常温における鉄の電位-pH 図を図 1 に示す。金属 Fe が安定な（イ）と酸化物が安定な（ロ）では腐食は起こらない。一方、鉄イオン (Fe^{2+} 、 Fe^{3+}) が安定な（ハ）は腐食域である。実際に Fe が電子を放出して Fe^{2+} イオンになるかどうかは、その電子を受け取る反応があるかどうかにかかっている。図 1 から pH の低い酸性水溶液中では、（ニ）イオンがその働き（酸化）をし、自らは還元されて（ニ）分子になることが分かる。このように腐食は金属が酸化される反応であるが、必ず還元反応を伴っている。淡水や海水中で鉄がさびるのは、Fe が Fe^{2+} イオンとして溶け出し、最終的に鉄水酸化物や鉄酸化物になるためであるが、この時の還元反応は水に溶けた（ホ）が受け持つ。

なお、図 1 における 2 本の破線は水の生成・分解に関わる 2 つの反応の電位を示している。その差（約 1.2V）は電気分解の理論分解電圧、また水素-酸素燃料電池の理論起電力に相当する。

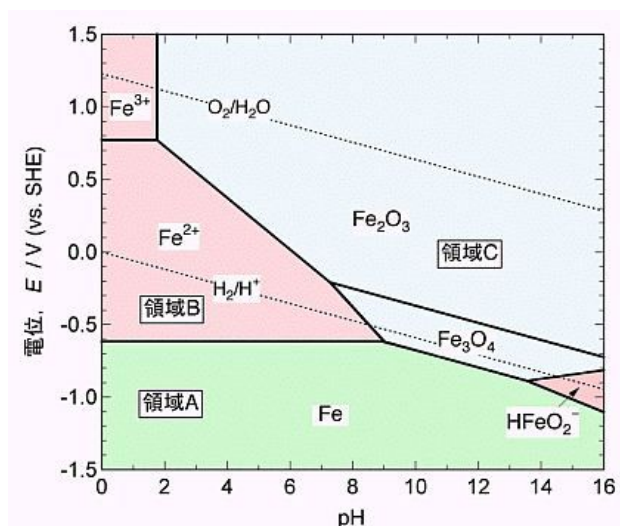


図 1. 鉄-水系の電位-pH 図 (25°C)

A	領域 A	B	領域 B	C	領域 C
D	水素	E	酸素		

問 17	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	C	B	D	E

【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）～（ホ）内の語句A、Bのうち、適切な方をそれぞれ選択せよ。

- (1) (イ: A アルキレーション、B 流動接触分解) 装置の反応系において、触媒として硫酸を使用する場合は、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。炭素鋼における硫酸塩保護皮膜は、高流速で破壊されやすく、エロージョンコロージョンが発生する可能性がある。したがって、保護皮膜の破壊防止を考慮して (ロ: A 管内流速、B 廃硫酸量) を決定する必要がある。
- (2) (ハ: A 水素製造装置、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いるが、キャストブルに亀裂などが生じた場合、酸露点腐食を受ける可能性がある。
- (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 (ニ) は、約 (ホ: A 1.0、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 18	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	A	B	B	B

【問 19】 次の文章は、水素製造装置で発生した損傷事例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。

水蒸気改質型水素製造装置の改質炉（イ：A 入口、B 出口）トランスファーラインに設置されたAlloy800H製温度計保護管に減肉が発生した。減肉は温度計保護管全長のうち中間位置の一部のみで発生していた。（図1）

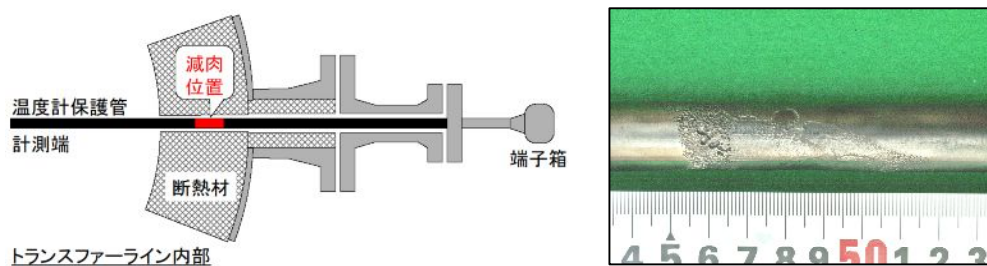


図1 温度計保護管の減肉位置及び減肉状態

冶金調査及び運転条件におけるプロセスガスの炭素活量の計算等を行なった結果、炭素活量、反応速度、拡散速度が重畳し、（ロ：A 浸炭速度、B 分解速度）が高くなる温度域に相当する、運転温度よりやや（ハ：A 低い、B 高い）温度となった部分が局部的に（ニ：A 水素侵食、B メタルダスティング）を起し減肉したと考えられた。（図2）

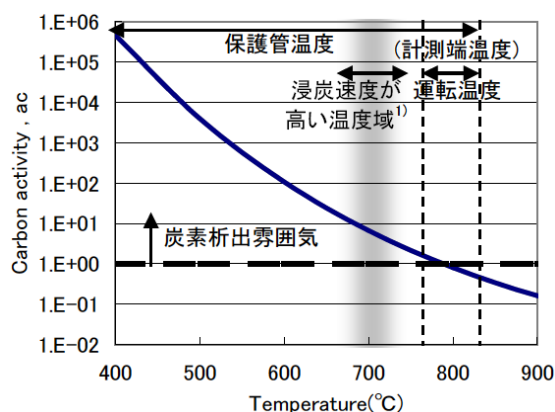
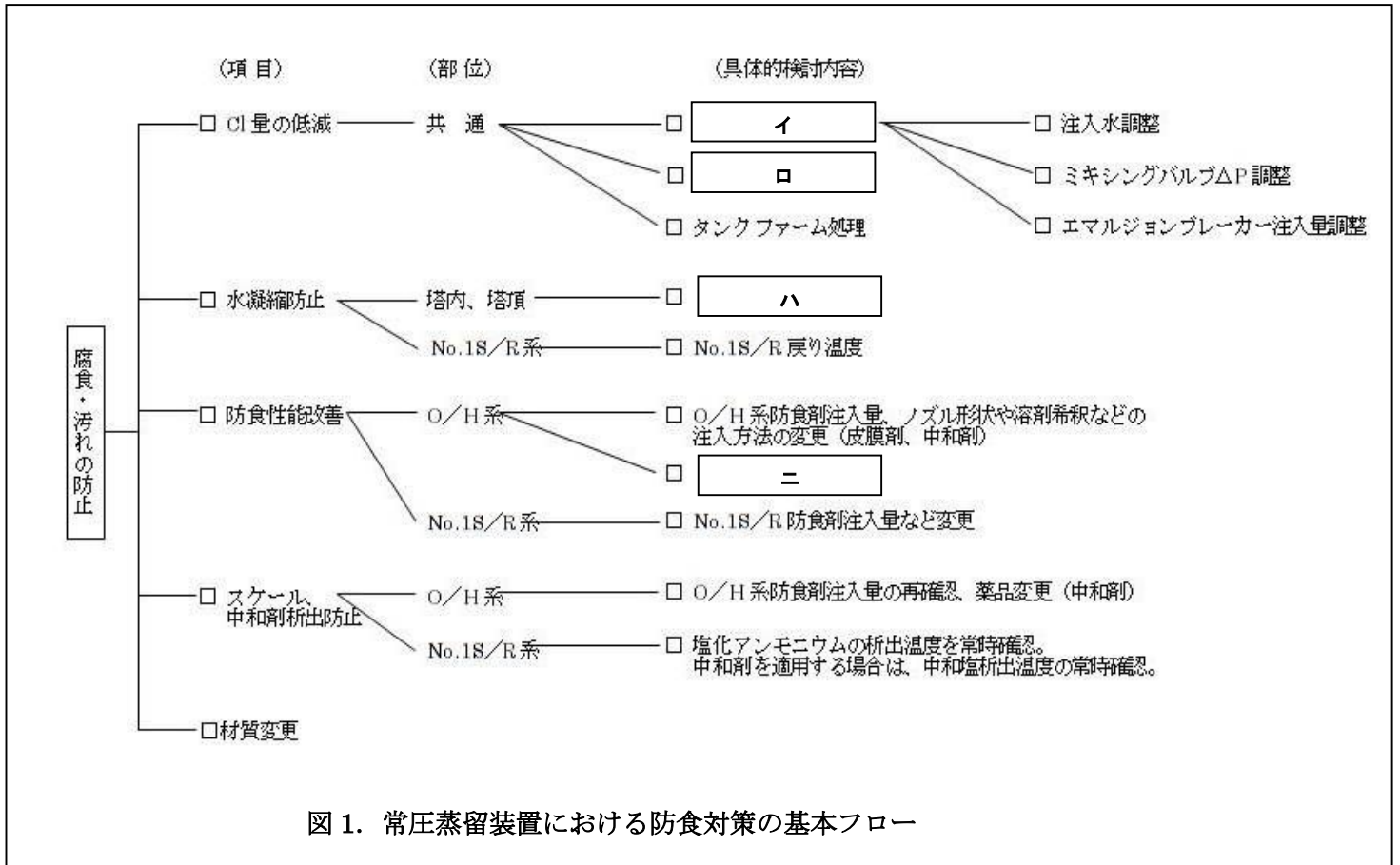


図2 運転環境での炭素活量

問 19	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	A	B

【問 20】 次の図 1 は、常圧蒸留装置における防食対策の基本フローを示したものである。
 図中の **イ** ~ **ニ** に入れる語句として、最も適切なものを **A** ~ **D** からそれぞれ選択せよ。



- | | |
|-------------------------|--------------------|
| A 洗浄水量適正化 | B デソルター運転改善 |
| C 脱塩原油への NaOH 注入 | D 露点温度管理 |

問 20	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	C	D	A

【問 21】 次のA ~ Dの文章は、水素侵食について記載したものである。A ~ Dの中から不適切な記述を1つ選択せよ。

- A 水素侵食は、鋼材に侵入した水素と鋼中の炭素との反応によりメタンが生成し、生成したメタンが結晶粒界、炭化物又は非金属介在物の界面に集積し、その内圧上昇によりマイクロフィッシュが発生し、割れ又は材質劣化を起す現象である。
- B ネルソン線図は水素侵食の発生限界を示し、設備の使用実績に基づいてたびたび改訂されており、C-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。
- C C-0.5Mo 鋼については、ネルソン線図から管理曲線が削除されているため、P_v、P_w パラメータによる管理ができない。
- D C-0.5Mo 鋼の水素侵食の感受性は、金属組織と塊状 M₂₃C₆ 炭化物に密接に関係があり、パーライトの比率が高いほど塊状 M₂₃C₆ 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。

問 21	C
解答	

【問 22】 次の文章は 475°C脆化及びシグマ脆化について記載したものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bで、適切なものをそれぞれ選択せよ。

- （ 1 ） 475°C脆化とは、Cr量が約12%以上の（イ：A 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、B オーステナイト系ステンレス鋼）を約320～540°C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、（ロ：A 320～540°Cの温度、B 常温）における延性、靱性が低下する現象である。
- （ 2 ） シグマ脆化の原因となるシグマ相は、（ハ：A フェライト系、オーステナイト系及び二相ステンレス鋼、B マルテンサイト系ステンレス鋼）を特に（ニ：A 320～540°C、B 500°C～900°C）で長時間加熱した場合に最も形成されやすい。シグマ相はFe-Cr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。

問 22	イ	ロ	ハ	ニ
解答	A	B	A	B

【問 23】 次の文章は塩化物応力腐食割れ（以下、塩化物 SCC）に関する事項を述べたものである。文中の（イ）～（ホ）に入れる語句として、最も適切なものを A ～ I からそれぞれ選択せよ。

- （ 1 ） オーステナイト系ステンレス鋼における塩化物溶液中の割れ形態は、主に（イ）割れであるが、応力集中の程度あるいは溶接や熱処理による（ロ）により（ハ）割れを発生することもある。
- （ 2 ） 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。また、オーステナイト系ステンレスにおいて Ni 含有量の増加は SCC の（ニ）を増す。
- （ 3 ） 応力腐食割れが発生した場合、実機における（ホ）推定は、検査技術的に割れ深さの検出が十分でなく、塩化物濃度やその濃縮、負荷応力など不確定要因が多く困難な状況にある。

A 感受性	B 粒界	C 寿命	D 酸化	E 粒内
F 温度	G 圧力	H 鋭敏化	I 抵抗性	

問 23	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	E	H	B	I	C

【問 24】 次の文章は疲労損傷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 ～ C のうち、最も適切なものをそれぞれ選択せよ。

- （ 1 ） 疲労は、使用材料に変動する荷重が負荷され続けた場合、材料の降伏点以下の応力でも材料の損傷が生じる現象であり、主に構造不連続部などの（イ：A 応力分散部、B 応力集中部）を起点とし、その多くは材料（ロ：A 内部、B 表面）に優先的に発生する。
- （ 2 ） 材料の疲労特性を表すのに最も一般的に用いられるのは、S-N 曲線である。疲労破壊を起こさない限界の応力を疲労限度と呼ぶが、通常、（ハ：A 10^5 、B 10^7 、C 10^9 ）回における破壊応力を用いることが多い。
- （ 3 ） 使用材料の平滑材の疲労限度は、材料の引張強度にほぼ比例しており、およそ引張強度の（ニ：A 1/10、B 1/4、C 1/2）程度である。

問 24	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	B	C

【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。下記のA～Eのうち、適切な記述を2つ選択せよ。

- A 超音波による肉厚測定は被検体内での超音波の音速を設定し、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、機器の測定精度は±0.5mm程度である。
- B 放射線検査はX線又はγ線の写真作用、蛍光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。材質に左右されないが、複雑な形状をもつ部位や保温材などで覆われた部位には適用できない。
- C 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、腐食部が内面か外面かも区別できる。
- D 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密着させて配置し、間接磁場で探傷する方法である。
- E レーザー形状測定法はスリット状のレーザー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。

問 25	順不同	
解答	C	E

【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。文中の（イ）～（ホ）内の語句A、Bの適切な方をそれぞれ選択せよ。

- （ 1 ） 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、（イ： A 検査抜き取り率、 B 前処理の方法）を検討する必要がある。
- （ 2 ） 超音波水浸法と渦流探傷法のうち、（ロ： A 超音波水浸法、 B 渦流探傷法）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、ある程度の面積を有していることが測定の必要条件となる。
- （ 3 ） 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おり、（ハ： A 非磁性材料、 B 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。
- （ 4 ） 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、チューブ外面を伝播する間接伝播磁場が支配的な領域で探傷を行なう手法である。このため、（ニ： A ノズル、 B バッフルプレート）の近傍の損傷については検出できないことに留意する。また、浸透深さを確保するためチューブ肉厚または透磁率の増加に伴って探傷周波数を（ホ： A 上げる、 B 下げる）が必要である。

問 26	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	A	A	A	B	B

【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）～（ニ）内の語句A、Bの適切な方をそれぞれ選択せよ。

- （ 1 ） 高温で使用される低合金鋼の水素侵食の検査には（イ： A Aパラメータ法、 B クリーピングウェーブ法）が適用できる。
- （ 2 ） オーステナイト系ステンレス鋼溶接部のシグマ相の析出状況には（ロ： A フェライトメーター、 B EPR試験）が適用できる。
- （ 3 ） 耐熱鋳鋼である HK40 及び HP 材に見られる浸炭には、磁性を帯びることを利用した（ハ： A 磁粉探傷試験、 B 電磁誘導試験）による検査方法が適用できる。
- （ 4 ） チタンの水素脆化の兆候、進展度の検査には、金属組織検査法、硬度測定、渦流探傷法、（ニ： A 電気抵抗法、 B 超音波探傷法）が適用できる。

問 27	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	A	B	A

【問 28】 次の A ～ D の文章はクリープ損傷の損傷度を評価する手法について述べたものである。
適切な記述を 2 つ選択せよ。

- A 硬度測定法は、診断部位の硬さを測定し、硬さから引張強度を推定し、クリープ損傷量を求める方法である。
- B 組織対比法は診断部位の組織から機械的損傷、金属組織、析出物分布について損傷の程度を求め、これらの損傷の程度を総合的に評価し、寿命を評価する手法である。
- C クリープ伸び測定法は加熱炉管などで行われており、管の周長、外径（クリープ伸びに相当する）を測定し、伸びとクリープ損傷との関連から余寿命を評価する。
- D ボイド面積率法は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、この割合と損傷量との関係を示すマスターカーブにより損傷量を求める。

問 28	順不同	
解答	B	C

【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、圧力の測定方法及び試験圧力について述べたものである。文中の（イ）～（ニ）内の語句A、Bのうち適切な用語をそれぞれ選択せよ。

- (1) 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（イ：A 昇圧過程および降圧過程、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。
- (2) 圧力は常に安全な場所から読み取る。それが難しい場合は、（ロ：A 使用した試験媒体の量から圧力を算出する。B 圧力センサーを使用して遠隔で測定することを検討する。）
- (3) 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。法規その他の個別仕様で規定されていない場合において、変形の確認は（ハ：A 試験圧力において行わなければならない。B 必ずしも試験圧力で行わなくても良い。）
- (4) 水による耐圧試験時、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（ニ：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 29	イ	ロ	ハ	ニ
解答	B	B	採点対象外	A

【問 30】 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。不適切な記述を1つ選択せよ。

- A** 水の凍結又はその他悪影響を及ぼす可能性がある場合若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。
- B** 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。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、対策するとともに、JPI-8R-14の4.1「試験前の確認事項」b)項の要求事項を全て満足しなければならない。
- C** 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、などが考えられるが、このような場合であっても、①水圧試験後の十分なドライイング、②部分耐圧試験あるいは設備などの補強、③気圧試験の省略（非破壊試験等による代替）、による対応の可否を十分検討しなければならない。
- D** 気密試験に使用する気体の温度は、試験体が脆性破壊を起こすおそれのない最低許容温度以上とする。実ガスによって加圧することは危険であり、高圧ガス保安法のコンビナート等保安規則で禁止されている。

問 30	
解答	D

【問 31】 次のA ~ Dの文章は、供用段階にある静機器の耐圧試験時の昇圧の方法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 液体による耐圧試験の場合、空気を排除しながら満液にし、残存空気のないことを確認する。
- B 気体による耐圧試験の場合の昇圧は、一般的に液体よりも温度上昇に伴う圧力上昇が大きいいため、水による耐圧試験の場合よりも温度上昇に注意を要する。
- C 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。
- D 常用圧力103kPa未満の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。

問 31	
解答	B

【問 32】 次のA～Dの文章はフランジ面の確認、ガスケットの選定について述べたものである。文中の下線部において、不適切な記述が含まれているものを1つ選択せよ。

- A リングジョイントの場合は、合マークを合わせて摺合せを行い、光明丹などにより、溝の底部に切れ目なく当たりがあることを確認する。ただし、オーステナイトステンレス鋼の場合は、焼き付き防止の観点から共摺りしないことが望ましい。
- B 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、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。
- C PTFE ソリッドガスケットはコールドフロー（クリープ）現象、並びに PTFE 被覆ガスケットはリラクゼーションが大きい特性を有するので、過大な締付力を与えないように注意する。
- D フランジ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、ナビンは使用中の経年劣化（打傷、減肉など）によりシール性能が低下する可能性があるため、点検が必要である。

問 32	
解答	A

【問 33】 次の文章は、フランジ締付け時の計算について記載したものである。文中の（イ）～（二）内の語句A、Bで、適切なものをそれぞれ選択せよ。

（1）ボルトの必要締付力（下限）は、[JIS B 8265 必要締付力] × [安全率] × [リラクゼーションファクター] で算出され、ここでリラクゼーションとは高温時のボルトの（イ：A 抗張力低下、B 降伏）に伴う締付力の弛緩を言う。リラクゼーションファクターとは、リラクゼーションを考慮して予めボルトの締付力を上乘せする割増係数を言い、ボルト温度250～300℃の時の JIS G 4107 SNB7 や SNB16 等の低合金鋼ボルトのリラクゼーションファクターは（ロ：A 1.02～1.03、B 1.2～1.3）である。

（2）JIS B 8265 必要締付力は、 W_{m1} （使用状態における必要な最小のボルト荷重）と W_{m2} （ガスケット締付時に必要な最小のボルト荷重）のいずれか大なる方の値であり、 W_{m1} 及び W_{m2} は以下の式で算出される。

$$W_{m1} = H \text{ (内圧によってフランジに加わる全荷重)} \\ + H_p \text{ (気密を十分に保つために、ガスケットに加える圧縮力)}$$

$$H = \frac{\pi}{4} G^2 P$$

$$H_p = \text{(ハ：A } 2\pi bGyP, \text{ B } 2\pi bGmP \text{)}$$

$$W_{m2} = \text{(二：A } \pi bGy, \text{ B } \pi bGm \text{)}$$

ここに、

m：ガスケット係数（m 値）

y：ガスケットの最小設計締付圧力（y 値）

b：ガスケット座の有効幅（mm）

G：ガスケット反力円の直径（mm）

P：内圧（MPa）

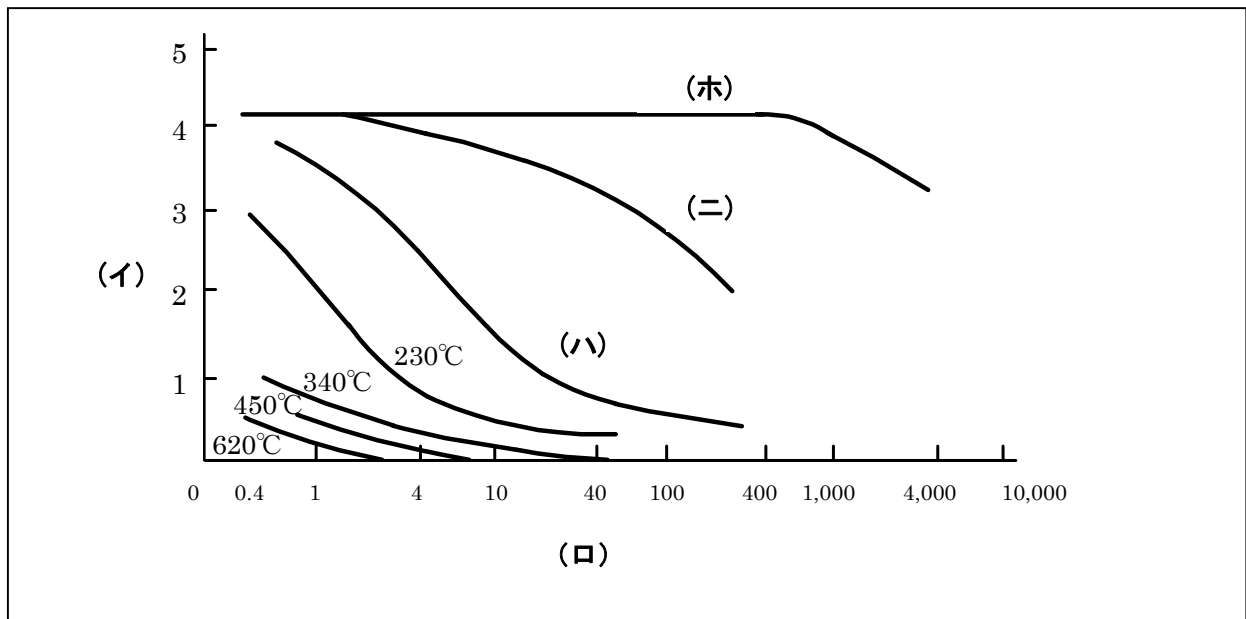
問 33	イ	ロ	ハ	二
解答	A	B	B	A

【問 34】 次のA ~ Dの文章は、フランジのボルト締付け力の管理をトルク管理で行う場合に、締付け力管理の精度を高めるために行った措置である。不適切な記述を1つ選択せよ。

- A ナットの座面及びフランジの座面に凹凸のないことを確認した。
- B ボルト・ナットを再使用するため、ナットが軽く手で廻るようになるまで整備した。
- C フランジとナットの間には平座金を挿入した。
- D 二硫化モリブデン潤滑油は、ボルトねじ面の滑りの原因となるため、ボルトねじ面に塗布してはならない。

問 34	
解答	D

【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）に最も適したものを下欄の A ～ I より選択せよ。



- | | | |
|-------------------|------------------|-------------|
| A 300℃ | B 23℃ | C 175℃ |
| 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）に対応する用語を用語欄ⅡのA～Jより選択せよ。

用語欄Ⅰ									
（イ）	FCAW	（ロ）	SAW	（ハ）	SMAW	（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	ティグ溶接
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	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	G	H	D	A	B

【問 37】 次の文章は溶接後熱処理 (PWHT) について述べたものである。文中の (イ) ~ (ホ) に最も適した語句を下記の A ~ J より選択せよ。

- (1) 損傷防止に PWHT を行うことが有効である場合、例えば、材質が (イ) で、ある濃度以上のアミン溶液や炭酸カリウム溶液を取扱うなど、流体サービスが (ロ) の雰囲気で使用する設備の溶接部は PWHT を行わなければならない。
- (2) HIC 発生環境 (湿潤硫化水素環境) で使用される耐 HIC 鋼製の機器は、(ハ) の発生の懸念もあるため PWHT を行う。
- (3) 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 (ニ) が考えられる。したがって、溶接補修後に PWHT を行う場合は、(ホ) により、問題が発生しないことを確認する。

- | | | |
|------------------|---------------|-----------|
| A アルカリ性 | B 水素侵食 | C 酸性 |
| D オーステナイト系ステンレス鋼 | E 炭素鋼 | F 割れ感受性指数 |
| G 腐食感受性 | H 焼戻しパラメーター評価 | I 強度低下 |
| J 硫化物応力割れ | | |

問 37	イ	ロ	ハ	ニ	ホ
解答	E	A	J	I	H

【問 38】 次の文章は、焼き戻し脆化に関する事項を記述したものである。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。

- 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、焼き戻し脆化と称している。この靱性の劣化は、破壊靱性値－温度遷移曲線の（**イ**：**A** 高温側、**B** 低温側）への移行として現れてくる。
- 焼き戻し脆化は、鋼中の P、Sn、As、Sb などの不純物元素が（**ロ**：**A** 結晶粒界に拡散偏析することにより粒界強度が低下し、**B** 結晶粒内に拡散することで粒内の析出強化が生じ）、粒界破壊を伴う脆性破壊が生じやすくなる現象である。
- 焼き戻し脆化の度合いは（**ハ**：**A** 運転時間、**B** 鋼材に含まれる不純物元素濃度）に強く依存している。

問 38	イ	ロ	ハ
解答	A	A	B

【問 39】 次の文章は、最低加圧温度の算出に関する方法を記したものである。文中の括弧の中の数値A～Cのうち正しいものを選択せよ。

脆性破壊を防ぐための最低加圧温度を破壊靱性値 (K_{IC}) の上部棚温度と見ると、シャルピー衝撃試験で求められる 50%破面遷移温度 (FATT) と最低加圧温度との関係は、1.25Cr-0.5Mo 鋼では、下式 (1) のとおりと考えることができる。

$$\text{最低加圧温度} \geq K_{IC} \text{ 上部棚温度} = \text{FATT} + 20^\circ\text{C} \dots\dots\dots (1)$$

また、最低加圧温度に必要な材料特性は、機器製作時のミルシートなどから引き出すことができ、不純物濃度から求められる \bar{X} と FATT の関係は図 1 のとおりである。

ある 1.25Cr-0.5Mo 鋼製の機器のミルシートに記されている不純物濃度から求められた \bar{X} の値が 17 の場合、最低加圧温度は (A 65°C、B 85°C、C 115°C) と算出される。

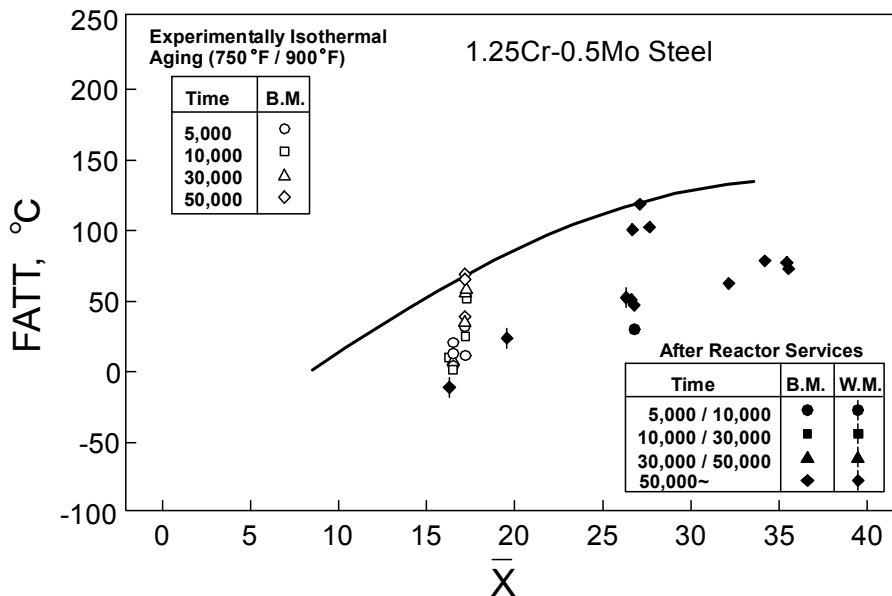


図 1 1.25Cr-0.5Mo 鋼の \bar{X} と FATT の関係

問 39	
解答	B

【問 40】 次の文章は、応力拡大係数 (K_I) の算出に関して述べたものである。文中の括弧の中の数値 **A**～**D** のうち正しいものを選択せよ。

応力拡大係数 (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、下式 (1) のとおり表される。

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

ここに

σ ; 負荷応力【MPa】

a ; き裂寸法【m】

A ; き裂の位置や形状による係数

負荷応力 σ 、き裂寸法 a 及びき裂の位置や形状による係数 A が以下のとおりの条件で与えられている場合、 K_I は (**A** 10、**B** 32、**C** 100、**D** 320)【MPa \sqrt{m} 】と算出される。

(計算に際しては、必要に応じて $\sqrt{10}=3.2$ として計算する)

σ ; 100【MPa】

a ; $\frac{10}{\pi}$ 【mm】

A ; 1

問 40	A
解答	