

特級ボイラー技士試験問題

ボイラーの構造

受験番号	
------	--

問 1 給水温度 50 のガス焼きボイラーにおいて、低発熱量 40600 kJ/m_N^3 の都市ガスを燃焼させ、圧力 2 MPa、乾き度 95 % の湿り蒸気 20 t/h を得た。ボイラー効率 96.1 % とした場合、次の問に答えよ。

- (1) 毎時燃料消費量 (m_N^3/h) はいくらか。
- (2) 毎時換算蒸発量 (kg/h) はいくらか。
- (3) 換算蒸発倍数 (kg/m_N^3) はいくらか。
- (4) 蒸気の乾き度を 99 % に改善した場合、蒸発量及びボイラー効率を同じとすれば、毎時燃料消費量の増加量 (m_N^3/h) はいくらか。

ここで、圧力 2 MPa の乾き飽和蒸気の比エンタルピは 2799 kJ/kg 、蒸発熱は 1879 kJ/kg とする。

答は、計算の過程を示し、小数点以下第 1 位を四捨五入せよ。

問 2 ドラムを有する自然循環式水管ボイラーに関し、次の事項について述べよ。

- (1) ボイラー水の循環と気水分離についての問題点を 2 項目あげ、これに対する構造上の対策
- (2) 蒸気流量が急激に増加したときのドラム水位の応答現象

問 3 次の文中の に入る適切な語句又は式を答えよ。

- (1) 材料に繰返し応力が働く場合は、引張り強さよりもずっと低い応力で材料が破壊する。の生じない応力の限界を材料のという。応力 (S) を繰返しした場合、破壊するまでの繰返し数 (N) との関係は、通常、曲線で表される。
- (2) 薄肉円筒と考えるボイラー胴において、内径を D mm、厚さを t mm、内圧力を P MPa とすると、胴の周方向の応力は N/mm^2 、長手(軸)方向の応力 c は N/mm^2 となる。
- (3) ボイラー内に過熱器を設置する場合、伝熱方式によって分類するとと及びがある。蒸気の流れの方向と熱ガスの流れの方向とによって分類するとと及びとがある。
- (4) ガスの状態式は、圧力を P MPa、体積を $V \text{ m}^3$ 、絶対温度を $T \text{ K}$ 、定圧比熱 C_p と定積比熱 C_v との比を k とすると、等温変化は「= 定数」、等圧変化は「= 定数」、等容変化は「= 定数」、断熱変化は「= 定数」で表される。

問 4 次のAからEまでは、ボイラーの材料、伝熱、構造などに関する記述であるが、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 材料の降伏点は、炭素鋼の場合は明瞭に現れるが、特殊鋼、非鉄金属では明らかでない。この場合は通常 0.5 % の永久ひずみを生じる応力をもって降伏点とみなし、これを耐力という。
- B 鉄鋼材料の欠点は腐食しやすいことである。ボイラーの場合、水による腐食（湿食）、高温燃焼ガスによる酸化（乾食）、燃焼ガスの硫黄分による低温腐食（湿食）などが問題になる。
- C 固体壁の両側に流体があり、その間に温度差がある場合、壁面の両側の高低両流体の温度をそれぞれ $t_{f1}(K)$ 、 $t_{f2}(K)$ 及び伝熱面積を $F(m^2)$ とすると、伝熱量 $Q(W)$ は

$$Q = K (t_{f1} - t_{f2}) F$$
 で表される。ここで $K \{ W / (m^2 \cdot K) \}$ を熱貫流率又は熱通過率という。
- D ボイラーが高圧になると蒸発熱が著しく減少するため、蒸発伝熱面としての水冷壁だけの熱吸収では、燃焼室出口のガス温度が所定の温度まで下がらない。このために燃焼室に過熱器を設置して温度を下げることもある。
- E 炭素鋼の耐圧部材においては、450 以下まではクリープの影響は少ないので、ボイラーの使用温度が 450 以下であれば、クリープを考慮する必要はない。

(1) A , B (2) A , E (3) B , C (4) C , D (5) D , E

問 5 次のAからEまでは、ボイラーの附属設備、附属品などに関する記述であるが、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 過熱蒸気温度を調節するのに、蒸気中に水を噴射し、その水量を加減して過熱温度を調節する方式がある。この水には純水を用いるのが一般的である。
- B エコノマイザ（節炭器）や空気予熱器を用いて排ガス熱を回収することによって、排ガス温度を 20 下げることによってボイラー効率は約 1 % 向上させることができる。
- C 蒸気用安全弁の入口側圧力が増加して、出口側で流体の微量の流出が検知されるときに入口側圧力を「吹始め圧力」といい、入口側圧力が減少して弁体が弁座と再接触するとき（リフトが 0 になったとき）の入口側圧力を「吹下り」という。
- D マルチポート形水面計は金属製の箱に小さい丸窓を配列し、円形透視式ガラスをはめ込んで高圧に耐える構造にしたものである。
- E 玉形弁及びアングル弁は、蒸気通路がS字形又はL字形になっていて、流れの抵抗は小さい。

(1) A , B (2) A , D (3) B , C (4) C , E (5) D , E

問 6 次のAからEまでは、ボイラーの自動制御に関する記述であるが、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A ボイラーの圧力制御について、並列制御方式は蒸気圧力を検出して、調節器によって燃料量と空気量を同時に調節する方式で、比較的負荷変動の少ない小形のボイラーに適する。比率制御方式は蒸気圧力のほかに、燃料量、空気量を検出して、蒸気圧力によって調節された結果をさらに修正する方式で、負荷変動の多いボイラーに採用される。
- B ボイラー時定数の値は、ボイラーの種類によって異なり、丸ボイラーが一番小さく、次いで中型水管ボイラー、大型水管ボイラー、貫流ボイラーの順に大きい。
- C 燃焼安全装置は、所定の前提条件が満足されない場合（低水位、ファン停止、バーナ失火など）には燃料を遮断して、燃焼を停止させるインターロック及び起動停止の各操作の関連を所定の順序で進めるシーケンス制御を採用している。
- D 火炎検出器のうち紫外線光電管式のものは、ガス燃焼炎の検出には適さない。
- E 調節器は、検出部からの出力信号を目標値と比較して制御偏差を見出し、その偏差に対応する操作信号を作って制御動作を行う装置である。

(1) A, C (2) A, E (3) B, D (4) B, E (5) C, D

特級ボイラー技士試験問題

ボイラーの取扱い

受験番号	
------	--

- 問 1 蒸発量 8 t/h、常用圧力 0.8 MPa の炉筒煙管ボイラーがある。このボイラーのドラム内径は 2400 mm、長さは 5000 mm で、蒸気部の断面積は 0.6 m^2 である。次の問に答えよ。
- (1) 炉筒煙管ボイラーの蒸気部の蒸発量限界の一般的な値 $[\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})]$ はいくらか。
- (2) 常用圧力 0.8 MPa のときの蒸気部負荷 $[\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})]$ を求めよ。
- (3) このボイラーを 0.2 MPa で送気を開始すると蒸気部負荷 $[\text{m}^3/(\text{m}^3 \cdot \text{h})]$ はいくらになるか。
- (4) 0.2 MPa で送気を開始すると、どういう現象が発生すると予想されるか述べよ。

蒸気部負荷の答は、小数点以下第 1 位を四捨五入せよ。なお、蒸気表の抜すいを下表に示す。

絶対圧力 MPa	飽和蒸気の比体積 m^3/kg
0.2	0.8857
0.3	0.6058
0.4	0.4624
0.5	0.3748
0.6	0.3156
0.7	0.2728
0.8	0.2403
0.9	0.2149
1.0	0.1944

- 問 2 ボイラーの清掃作業は、単なる清掃だけではなく、同時にボイラーの状態を調べ欠陥を発見し、その原因を調査する重要な作業である。水管ボイラーの火炉側（外側）の清掃作業において点検すべき事項を 5 つ述べよ。
- 問 3 ボイラーの保存法に関する次の文中の□内に入る適切な語句又は数値を答えよ。
- (1) 満水保存法は、休止期間が□箇月程度以内の場合に採用される。
 短期満水保存法は□週間未満のときに採用され、ボイラー停止の数時間前にボイラー水の分析を行い、特に pH 及び□濃度等を制限値の範囲内で高く運転した後、ボイラーを停止する。ボイラー圧力が□MPa まで低下したら吹出しを行う。次いで□を併用しながら給水を行って満水にする。
 長期満水保存法は、ボイラーの停止後、ボイラー水を□吹き出し、再び給水を行う。薬品の種類や濃度は、ボイラーの形式、圧力によって定められている水質基準の上限又はそれよりも若干□値に保つ。
- (2) ボイラーの補修などで乾燥保存法を採用するときは、ボイラーを停止する数日前から、pH 及び□濃度を制限値の範囲内で高めに維持して運転する。また、吹出しを行うことにより、□を低減して、□や□を極力排除する。ボイラーの停止方法は次のように行う。
1. 自然冷却で、圧力が□MPa 程度に低下したら空気抜き弁を開放する。その後ボイラー水が冷却され、温度が□程度まで下がったら排水する。
 2. 排水後マンホールを開放し□水で沈殿物を洗浄する。
 3. 必要に応じ、徐々に□して乾燥する。
 4. 長期間保存するときは、ボイラーが冷却しきらないうちに、ボイラー内部の数箇所に□を配置する。

問 4 次のAからEまでは、微粉炭だきボイラーの運転時の留意事項に関する記述であるが、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 燃料の石炭は、給炭機から計量器を通りミルに供給されていることを確認する。
- B ボイラーの起動は、微粉炭バーナ1台で行い、負荷を25%になるまで上昇させる。
- C ミルからバーナへは、通風機により微粉炭が供給されていることを確認する。
- D 燃料管などから微粉炭の漏えいが無いことを確認する。
- E 炉内には、クリンカが十分付着していることを確認する。

(1) A, C (2) A, E (3) B, D (4) B, E (5) C, D

問 5 次のAからEまでは、ボイラーの電気回路の点検に関する記述であるが、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。ただし、テスターは通常の回路計で、増幅回路を有していない。

- A このテスターでは、交流電流を測ることはできない。
- B 配線の締付け、機器の取付け並びに機器の分解時には必ず電源スイッチが切れていることを確認する。
- C 電気回路の絶縁を測るためにメガーを使用する場合、火炎検出回路及び水位検出回路の電子回路にメガーの電圧をかけて行う。
- D テスターを使用する場合、直流電流のレンジで交流電圧を測定するとテスターを破損することがある。
- E テスターで回路又は部品の導通を調べる場合は、その両端子又は片側端子の配線を接続した状態で調べる。

(1) A, C (2) A, D (3) B, D (4) B, E (5) C, E

問 6 次のAからEまでは、ボイラーの腐食・損傷に関する記述であるが、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A ドラムに発生した点食が軽度の場合は、ブラッシングなどで除去することにより対応できる。
- B すす吹きは、使用する蒸気に多少のドレンを含む方がボイラーの損傷が少ない。
- C 煙管や水管の取付部の漏れは、ころ拵げによって増し締めする。
- D か性ぜい化は、管穴と管外面とのすき間などにボイラー水が侵入し、加熱によってアルカリ度が低下した場合に起こり、材料の結晶粒界に沿う割れが生じる。
- E 水管や過熱管は、不均一に加熱されると、湾曲を生じることがある。湾曲が軽度の場合そのまま使用できるが、著しい場合は取り替える。

(1) A, C (2) A, E (3) B, D (4) B, E (5) C, D

特級ボイラー技士試験問題

燃 料 及 び 燃 焼

受験番号

問 1 質量比で炭素 70 %、水素 6 %、酸素 14 %、灰分 10 %を成分とする産業廃棄物を燃料として空気比 1.4 で誘引通風により燃焼する場合、次の問に答えよ。

- (1) この燃料 1 kg 当たりの理論空気量 (m_N^3/kg 燃料)、理論乾き燃焼ガス量 (m_N^3/kg 燃料)、乾き燃焼ガス量 (m_N^3/kg 燃料) 及び湿り燃焼ガス量 (m_N^3/kg 燃料) はいくらか。
- (2) この燃料を 1 時間当り 500 kg 燃焼し、排ガスを 200 で誘引するときの誘引通風機の所要動力 (kW) はいくらか。ただし、誘引通風機の全圧は 2 kPa、効率は 0.6 とする。

ここで、燃焼用空気の体積比は、 O_2 が 21 %、 N_2 が 79 % とする。

答は、燃焼の反応式及び計算の過程を示し、小数点以下第 3 位を四捨五入せよ。

問 2 ストーカ燃焼と比較した微粉炭燃焼の長所を 5 つ述べよ。

問 3 発熱量の説明に関する次の文中の [] 内に入る適切な語句又は数値を答えよ。

- (1) 発熱量は、燃料を [] させた際に発生する熱量で、その単位は液体、固体燃料の場合は []、気体燃料の場合は [] である。
- (2) 燃料は、可燃元素として通常、 [] と水素を含んでおり、 [] を含めた熱量を [] (H_h) といい、これに対して [] を含まない熱量を [] (H) という。固体、液体燃料の場合には、燃料 1 kg 中の水素及び水分の量 (kg) をそれぞれ h 及び とすると、次の概略式が使用される。

$$H = H_h - 2.5 ([] h +) \text{ [MJ/kg]}$$

- (3) 固体及び液体燃料の発熱量は [] によって測定される。これは、一定容積の耐圧容器内に一定量の燃料と高圧の [] を封じ込め、この耐圧容器を断熱された水槽中に沈めたのち、完全燃焼した場合の発生熱量を水槽中の水の温度の上昇から算出するものである。気体燃料は、通常 [] で発熱量を測る。これは連続的に燃料をバーナで完全燃焼させ、その際に発生した熱量を水管内を流れる水の [] とその流量から算出する。液体、固体、気体燃料、いずれの場合においても計測値は [] である。
- (4) 燃料の発熱量をその構成する [] から算出することもある。すなわち固体、液体燃料の場合、燃料 1 kg 中の炭素、水素、酸素、硫黄をそれぞれ c 、 h 、 o 、 s とすると次式で示される。

$$H_h = 33.9c + 142.0 (h - []) + 9.3s \text{ [MJ/kg]}$$

問 4 次のAからEまでは、液体燃料に関する記述であるが、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 残留炭素分は、C重油で 6 ～ 10 %、A重油でも 3 % 程度含まれる。
- B 密度の大きい燃料ほど難燃性である。
- C 液体燃料の元素分析で C/H 比の概略値は、C重油で 6、灯油で 8 程度である。
- D ばいじん濃度 (g/m^3) のおおよその値は、残留炭素分 (wt%) に 0.02 ～ 0.04 を乗じて得られる。
- E 液体燃料が多少の水分を含むと、配管による送油、燃焼の安定などに有効である。

(1) A, C (2) A, D (3) B, D (4) B, E (5) C, E

問 5 次のAからEまでは、高温腐食に関する記述であるが、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 高温腐食を発生させる重油灰の主要成分は、 V_2O_5 と Na_2SO_4 であり、付着灰の分布は、高温部には V_2O_5 が多く、低温部には Na_2SO_4 が多い。
- B オーステナイト鋼は、ほぼ、700 の金属面温度まで高温腐食に耐えることができる。
- C 溶融灰が伝熱面に付着するとその酸化被膜を溶かす。露出された伝熱面は、拡散してくる酸素などによって酸化され、この現象が連続的に繰り返され腐食は急速に進行する。
- D 高温腐食防止の添加剤として水酸化マグネシウム、炭酸マグネシウム、炭酸カルシウム、ドロマイトなどがあり、これらはいずれも重油灰中の腐食性のある低融点成分と結合して、高融点化合物をつくる。
- E 高温腐食を軽減するために、低酸素燃焼を行えば、 V_2O_5 よりも融点の低い V_2O_4 を生じやすいので、腐食性付着物が少なくなり防食効果がある。

(1) A, C (2) A, E (3) B, D (4) B, E (5) C, D

問 6 次のAからEまでは、電気集じん装置に関する記述であるが、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

A 特別高圧直流によってコロナ放電を発生させ、ガス中の粒子に電荷を与え、この帯電粒子のクーロン力によって集じん極に分離捕集する装置である。

B 集じん率は高いが、設備費が高く、大型プラントに使用されている。

C 500 ～ 700 程度の高温排ガスでも処理が可能である。

D 取り扱えるダストの性状範囲が広く、湿度 100 % のガスの処理も可能である。

E 微粒子 (0.05 ～ 20 μm) の捕集が可能であるが、圧力損失が大きくファンの動力費がかかる。

(1) A , C (2) A , D (3) B , D (4) B , E (5) C , E

特級ボイラー技士試験問題

関係法令

受験番号	
------	--

問 1 伝熱面積が 50 m^2 を超える蒸気ボイラーには、内部の圧力を最高使用圧力以下に保持することができる安全弁を 2 個以上備えることとされており、全量式安全弁の公称吹出し量 Q_m は、次の算式により求めることができる。次の問に答えよ。

$$Q_m = 5.246 C K_d A (p + 0.1) \times 0.9$$

(1) 上記の算式中の K_d 、 A 及び p はそれぞれ何を表すか。

(2) 下表は、上記の算式中の係数 C の値を示したものである。 $p = 2.65 \text{ MPa}$ 、蒸気温度を 340 とするときの C の値を求めよ。

答は、小数点以下第 4 位を切捨てよ。

絶対圧力 MPa	蒸 気 温 度				
	300	320	340	360	380
1.5	0.906	0.888	0.872	0.856	0.841
2.0	0.912	0.893	0.876	0.860	0.845
2.5	0.918	0.898	0.880	0.863	0.848
3.0	0.924	0.903	0.885	0.867	0.851
4.0	0.934	0.915	0.894	0.875	0.857

備考 この表の圧力・温度の中間値は、比例法によって計算する。

(3) $K_d = 0.95$ 、 $A = 500 \text{ mm}^2$ 、 $p = 2.65 \text{ MPa}$ 、 C を上記(2)で求めた値とするととき、全量式安全弁の公称吹出し量 (kg/h) を求めよ。

答は、小数点以下を切捨てよ。

問 2 ボイラーの管理について次の問に答えよ。

(1) ボイラーの吹出しを行うときに守らなければならない事項を 2 つ述べよ。

(2) 油だきボイラーの定期自主検査において、「燃焼装置」について点検すべき部分又は設備を 6 つ記載せよ。

問 3 次の(1)～(3)は、ボイラー及び圧力容器安全規則に関する記述であり、(4)～(8)は、ボイラー構造規格に関する記述である。文中の□に入る適切な語句又は数値を答えよ。

(1) ボイラー設置届に添付する書面には、次のものがある。

- ア □及びその周囲の状況
- イ ボイラー及びその□の配置状況
- ウ ボイラーの□並びに□及び□の構造
- エ □が正常に行われていることを監視するための措置

(2) 構造検査を受けた後□年以上（設置しない期間の保管状況が良好であると都道府県労働局長が認めたボイラーについては□年以上）設置されなかったボイラーを設置しようとする者は、使用検査を受けなければならない。

(3) 所轄都道府県労働局長は、□に合格した移動式ボイラーについて、ボイラー検査証を交付する。

(4) 材料の許容せん断応力は、許容引張応力の□パーセントの値とする。

(5) 鏡板の形状は、当該鏡板に過剰な□が生じないものとしなければならない。

(6) 煙管ボイラーの煙管の最小ピッチ p は、次の算式により算定する。

$$p = \left(1 + \frac{4.5}{t} \right) d$$

この式において、 t は□、 d は□を表している。

(7) 外だき横煙管ボイラーの後管板に取り付けるステーは、胴底部の□の原因とならないステーとしなければならない。

(8) 溶接部に穴を設ける場合の溶接部の放射線検査は、穴の中心から測って両側に穴の径の□倍以上の範囲について行わなければならない。

問 4 次のAからEまでは、ボイラー及び圧力容器安全規則に関する記述であるが、法令上、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 蒸気ボイラー又は温水ボイラーの最高使用圧力とは、使用を予定している最高のゲージ圧力のことである。
- B ボイラーの製造許可を受けた者は、溶接施行法を変更したときは、遅滞なく所轄都道府県労働局長に変更報告を行わなければならない。
- C 溶接検査を受ける者は、機械的試験の試験片を作成し、かつ、放射線検査の準備をしなければならない。
- D ボイラー（小型ボイラー等を除く。）の据付けの作業を行うときは、当該作業を指揮するため必要な能力を有すると認められる者のうちから、当該作業の指揮者を定めなければならない。
- E ボイラー室について、ボイラーを取り扱う労働者が緊急の場合に避難するのに支障がない場合は、2以上の出入口を設ける必要はない。

(1) A, B (2) A, C (3) B, E (4) C, D (5) D, E

問 5 次のAからEまでは、ボイラー構造規格に関する記述であるが、誤っているものの組合せは、(1)～(5)のうちどれか。

- A 鏡板（全半球形鏡板を除く。）の厚さは、胴板の最小厚さ以上としなければならない。
- B フランジを設けた炉筒又は火室の板の厚さは、8 mm 以上としなければならない。
- C 最高使用圧力が 0.3 MPa の蒸気ボイラーは、0.5 MPa の圧力で水圧試験を行わなければならない。
- D 安全弁は、ボイラー本体の容易に検査できる位置に直接取り付け、かつ、弁軸を水平にしなければならない。
- E 圧力 0.1 MPa を超えて使用する蒸気ボイラーは、鋳鉄製としてはならない。

(1) A , D (2) A , E (3) B , C (4) B , E (5) C , D

問 6 次のAからEまでは、ボイラーの管理に関する記述であるが、法令上、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 一級ボイラー技士免許を有する者は、伝熱面積が 500 m² 以上のボイラーを取扱うことはできない。
- B 移動式ボイラーにあっては、ボイラー検査証又はその写をボイラー取扱作業主任者に所持させなければならない。
- C 構造検査を受けた後、設置されていないボイラーであって、その間の保管状況が良好であると都道府県労働局長が認めたものについては、そのボイラー検査証の有効期間を、構造検査の日から起算して2年を超えず、かつ、設置した日から起算して1年を超えない範囲内で延長することができる。
- D 安全弁が2個以上ある場合において、1個の安全弁を最高使用圧力以下で作動するように調整したときは、他の安全弁を最高使用圧力の3%増以下で作動するように調整することができる。
- E ボイラー取扱作業主任者は、排出されるばい煙の測定濃度及びボイラー取扱い中における異常の有無を記録しなければならない。

(1) A , C (2) A , D (3) B , D (4) B , E (5) C , E