特級ボイラー技士試験問題

ボイラーの構造に関する知識

受験番号	

問　1　下の問に答えよ。

（1）温度 t = 20 ℃、圧力 P = 1013 hPa(絶対圧力とする。以下同じ。)、質量 m = 1.306 kg、相対湿度 ϕ = 68 % の湿り空気がある。

次の①～③の値を求めよ。

ただし、20 ℃における水蒸気の飽和蒸気圧力 P_s = 23.4 hPa、水蒸気のガス定数 R_w = 0.4615 kJ/(kg･K)、乾き空気のガス定数 R_a = 0.2870 kJ/(kg･K) とする。

答は、それぞれ本問で使用している記号を用いて計算式を示し、①は小数点以下第 1 位を四捨五入し、②は小数点以下第 3 位を四捨五入し、③は小数点以下第 4 位を四捨五入せよ。

① 水蒸気の分圧 P_w (hPa) 及び 乾き空気の分圧 P_a (hPa)

② 絶対湿度 x (%)

③ 水蒸気の質量 m_w (kg) 及び 乾き空気の質量 m_a (kg)

（2）あるボイラーの保温材で覆われた鋼板製角形煙道があり、その仕様等は表のとおりである。

煙道内部のガス温度	t_1	400 ℃
外気温度	t_2	20 ℃
鋼板の厚さ	δ_1	4.5mm
鋼板の熱伝導率	λ_1	50 W/(m･K)
保温材の厚さ	δ_2	50mm
保温材の熱伝導率	λ_2	0.044 W/(m･K)
煙道内面(ガス側)の熱伝達率	α_g	23 W/(m^2･K)
煙道外面(外気側)の熱伝達率	α_a	10 W/(m^2･K)
煙道外面(外気側)の面積	F	96m^2

次の①～②の値を求めよ。

ただし、煙道の伝熱する面積は、一定で、煙道外面(外気側)の面積に等しいものとする。また、このボイラーは、ガス燃料 (低発熱量 H_l = 40 MJ/m^3) を使用し、連続運転するものとする。

なお、体積は、標準状態の体積とする。

答は、それぞれ本問で使用している記号を用いて計算式を示し、小数点以下第 1 位を切り上げよ。

① 煙道外面(外気側)からの単位時間当たりの放散熱量 Q (W)

② 7000時間連続運転したときに煙道外面(外気側)から放散する熱量に相当する、ガス燃料の量 G (m^3)

問　2　ボイラーの過熱器の並流形と向流形について、下の問に答えよ。

（1）並流形、向流形それぞれについて、過熱器の略図 (線図) を書き、熱ガスの流れの方向 (「熱ガス」の語を付した矢印) と蒸気の流れの方向 (「蒸気」の語を付した矢印) を書き加えよ。

（2）並流形、向流形それぞれについて、横軸に加熱面の各位置、縦軸に温度をとって、加熱面の各位置と熱ガス及び蒸気の温度との関係 (傾向) をグラフに書き、熱ガス入口温度 T_1、熱ガス出口温度 T_2 、蒸気入口温度 t_1、蒸気出口温度 t_2 の各記号を書き加えよ。

（3）並流形と比較した場合の向流形の性能上の特徴を述べよ。

問　3　下の文中の[　　]内に入れる適切な語句、数値又は式を答えよ。

（1）ガスの等温変化、等圧変化、等容変化において、各変化の始めの状態を添え字1、終わりの状態を添え字2で表すと、各変化における圧力P、体積V、絶対温度Tの関係は、それぞれ次のように表される。

等温変化　[　①　]　＝　[　②　]

等圧変化　[　③　]　＝　[　④　]

等容変化　[　⑤　]　＝　[　⑥　]

（2）エコノマイザや空気予熱器を設置することによって、排ガス熱を回収し、排ガス温度を20 ℃ 下げるごとにボイラー効率を約[　⑦　]％増加させることができる。しかし、空気予熱器の場合は、燃焼用空気温度が上昇するので、[　⑧　]の発生が増加する傾向となる。

（3）炭素鋼の内部応力を除去するためには、A_1温度以下の[　⑨　]℃に加熱し、その後徐冷する。これを[　⑩　]という。

（4）中低面に圧力を受ける皿形鏡板において、内部の圧力によってすみの丸み部分に生じる応力は、子午線方向に生じるものの方が緯線方向に生じるものより[　⑪　]。この応力は、すみの丸みの半径が[　⑫　]ほど[　⑬　]なる。

（5）自然循環式水管ボイラーを一定負荷で運転しているときに蒸気流量が急に増加すると、ボイラー内の蒸発作用が激しくなり、ボイラー水の蒸気体積率が[　⑭　]するため、ドラム水位は一時的に[　⑮　]する。

問　4　ボイラーの材料、伝熱、構造などに関する次のAからEまでの記述について、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

A　鉄鋼材料が、繰返し荷重により繰返し応力が生じ、引張強さよりも低い応力で破壊することを材料の疲れという。ただし、繰返し応力がある値以下では、破壊しない。この限界の応力を材料の疲れ限度という。

B　過熱器、エコノマイザ及び空気予熱器の伝熱量は、熱ガスの入口の温度と出口の温度との差に、伝熱面積及び熱通過率を乗じて求める。

C　ドラムの長手方向と周方向に穴径dの管穴の列をそれぞれ同一ピッチで設ける場合は、長手方向のピッチをpとして、長手効率を$(p-d)/p$で求め、周方向のピッチを、周効率が長手効率の1/2以下になるように定める。

D　自然循環式2胴形水管ボイラーでは、高圧になるほど蒸発管内の蒸気の密度が大きくなり、ボイラー水の循環力が低下するが、ボイラー水の循環力を大きくするには、上下ドラム間の高さの差を大きくすることが有効である。

E　貫流ボイラーは、一連の長い管系だけで構成され、給水ポンプで一端から押し込まれた給水全量が、ボイラー内で循環することなく、予熱、蒸発、過熱され、他端から過熱蒸気となって取り出される形式であり、ドラムを必要としないため高圧用に適している。

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

問　5　ボイラーの附属設備、附属品などに関する次のＡからＥまでの記述について、誤っているものの組合せは(１)〜(５)のうちどれか。

Ａ　放射形過熱器は、ボイラーの負荷が増大すると過熱蒸気温度が上昇する温度特性を有するが、対流形過熱器は、逆の温度特性を有する。

Ｂ　ブルドン管圧力計は、耐熱用であっても、水を入れたサイホン管を胴又は蒸気ドラムと圧力計との間に取り付け、ブルドン管に蒸気や高温の水が直接入らないようにする。

Ｃ　ガラス水面計は、その可視部の最下端が、蒸気ボイラーの使用中に維持しなければならない最低の水面を指示する位置に取り付ける。

Ｄ　全量式安全弁は、弁座流路面積が、弁体と弁座との当たり面から下部におけるノズルのど部の面積より十分大きなものとなるようなリフトが得られるものをいう。

Ｅ　３要素式自動給水調整装置は、水位、蒸気流量及び給水流量の変化によりボイラーへの給水量を調節する方式で、水位変動の時定数の大きいボイラーや負荷変動の小さいボイラーに必要なものである。

（１）Ａ，Ｂ　（２）Ａ，Ｅ　（３）Ｂ，Ｃ　（４）Ｃ，Ｄ　（５）Ｄ，Ｅ

問　6　ボイラーの自動制御などに関する次のＡからＥまでの記述について、誤っているものの組合せは(１)〜(５)のうちどれか。

Ａ　自動制御を行っているボイラーを２基以上並列運転する場合、主調節器と負荷配分器によりそれぞれのボイラーに負荷を配分する方式には、負荷変動をそれぞれのボイラーにある比率で配分する方法や、あるボイラーの負荷を一定にして他のボイラーに負荷変動を吸収させる方法などがある。

Ｂ　蒸気圧力の制御における比率制御方式は、蒸気圧力、燃料量及び空気量を検出し、これらによって蒸気圧力と空燃比が適正な値になるように燃料量や空気量を調節するものである。

Ｃ　空燃比の制御において、燃料の単位発熱量当たりの所要空気量は、燃料の種類に関係なくほぼ一定になるので、ボイラー効率が変わらないとすると、燃料量と空気量の比の代わりに蒸気流量と空気量の比を用いることができる。この方法は、燃料供給量の正確な検出が困難な微粉炭だきの場合に多く用いられる。

Ｄ　調節器の比例動作は、操作量を変化させるためには制御偏差を必要とし、外乱が生じると定常状態に落ち着いた後にオフセットが生じる。オフセットは、比例帯の幅を広くすると小さくなるが、比例帯の幅を広くし過ぎると制御動作が過大になってハンチングが生じる。

Ｅ　制御の安定度は、時定数 T とむだ時間 L との比 T/L の値で表され、この値が大きいほど制御が困難となる。

（１）Ａ，Ｂ　（２）Ａ，Ｃ　（３）Ｂ，Ｅ　（４）Ｃ，Ｄ　（５）Ｄ，Ｅ

ボイラーの構造に関する知識　正答・正答例

問　1　(※正答例)

（1）

①

$P_w = P_S \times \phi \times 10^{-2} = 23.4 \times 68 \times 10^{-2} = 15.912 \fallingdotseq 16(\mathrm{hPa})$ ……………………………… (答)

$P_a = P - P_w = 1013 - 15.912 = 997.088 \fallingdotseq 997(\mathrm{hPa})$ …………………………………… (答)

②

$x = \dfrac{m_w}{m_a} \times 10^2 = \dfrac{P_w}{P_a} \times \dfrac{R_a}{R_w} \times 10^2 = \dfrac{15.912}{997.088} \times \dfrac{0.2870}{0.4615} \times 10^2 \fallingdotseq 0.9924 \fallingdotseq 0.99(\%)$ …… (答)

③

$m_w = m \times \dfrac{x \times 10^{-2}}{1 + x \times 10^{-2}} \fallingdotseq 1.306 \times \dfrac{0.9924 \times 10^{-2}}{1 + 0.9924 \times 10^{-2}} \fallingdotseq 0.01283 \fallingdotseq 0.013(\mathrm{kg})$ ……… (答)

$m_a = m - m_w \fallingdotseq 1.306 - 0.01283 = 1.29317 \fallingdotseq 1.293(\mathrm{kg})$ ……………………………… (答)

（2）

①

$$Q = \frac{t_1 - t_2}{\dfrac{1}{\alpha_g} + \dfrac{\delta_1 \times 10^{-3}}{\lambda_1} + \dfrac{\delta_2 \times 10^{-3}}{\lambda_2} + \dfrac{1}{\alpha_a}} \times F$$

$$= \frac{400 - 20}{\dfrac{1}{23} + \dfrac{4.5 \times 10^{-3}}{50} + \dfrac{50 \times 10^{-3}}{0.044} + \dfrac{1}{10}} \times 96$$

$\fallingdotseq 28501.5164 \fallingdotseq 28502(\mathrm{W})$ ……………………………………………………………… (答)

②

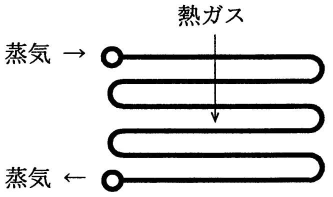
$$G = \frac{Q}{H_l \times 10^6} \times 7000 \times 3600 \fallingdotseq \frac{28501.5164}{40 \times 10^6} \times 7000 \times 3600$$

$\fallingdotseq 17955.9553 \fallingdotseq 17956(\mathrm{m}^3)$ ………………………………………………………… (答)

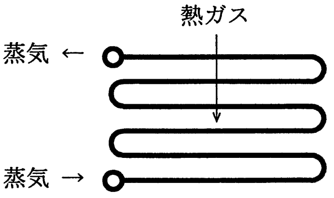
問　2　（※正答例）

（1）

並流形

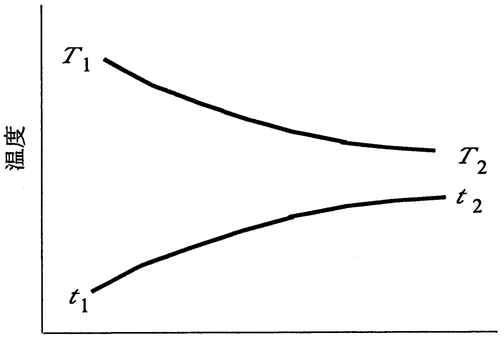


向流形

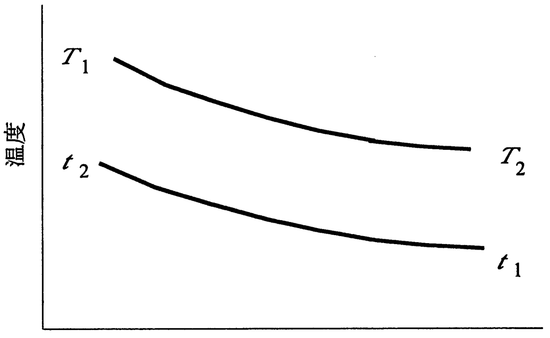


（2）

並流形



向流形



（3）同じ伝熱面積で出口蒸気温度を高くすることができるが、蒸気出口部付近の管壁温度が高くなる。

問　3　(※正答例)

(1) ① P_1V_1　　② P_2V_2

③ T_1/V_1　　④ T_2/V_2

⑤ T_1/P_1　　⑥ T_2/P_2

(2) ⑦ 1　　⑧ NO_x

(3) ⑨ 600 ～ 650　　⑩ 応力除去焼鈍

(4) ⑪ 大きい　　⑫ 小さい　　⑬ 大きく

(5) ⑭ 増加　　⑮ 上昇

問　4　答 (3)

問　5　答 (2)

問　6　答 (5)

特級ボイラー技士試験問題

ボイラーの取扱いに関する知識

受験番号	

問　1　蒸発量15t/hで運転する炉筒煙管ボイラーに単純軟化処理した水を給水する場合、下の問に答えよ。
ただし、ボイラー水管理値及び軟化処理水水質は、次の表のとおりとする。
答は、それぞれ本問で使用している記号を用いて計算式を示し、（1）は小数点以下第3位を切り上げ、（2）は小数点以下第2位を四捨五入し、（3）は小数点以下第2位を切り上げよ。

	ボイラー水管理値		軟化処理水水質	
pH（25℃における）	11.0		7.0	
全蒸発残留物(mg/L)	R_B	2000以下	R_F	100
塩化物イオン(mgCl$^-$/L)	C_B	300以下	C_F	10
シリカ(mg SiO_2/L)	S_B	200以下	S_F	8
りん酸イオン(mg PO_4^{3-}/L)	30		−	

（1）最小限必要な、蒸発量に対する連続ブロー率 b(%)を求めよ。
ただし、薬品(清缶剤)注入による全蒸発残留物の増加は、無視するものとする。

（2）（1）の b(%)で連続ブローしているとき、ボイラー水のシリカ濃度 S_I(mg SiO_2/L)を求めよ。

（3）ボイラー水のシリカ濃度が（2）の S_I(mg SiO_2/L)のとき、シリカ全部を水溶性のメタけい酸ナトリウムに変えるために最小限必要な、ボイラー水の酸消費量(pH8.3)の濃度 A_C (mg$CaCO_3$/L)を求めよ。
ただし、ボイラー水の酸消費量(pH8.3)の成分は、水酸化ナトリウムのみとし、A_C (mg$CaCO_3$/L)には、ボイラー水のpHを維持するのに必要な酸消費量(pH8.3)は、含まないものとする。
また、H、C、O、Na、Si、Caの原子量は、それぞれ1、12、16、23、28、40とし、シリカと水酸化ナトリウムの反応式は、次のとおりとする。

$$SiO_2 + 2NaOH \rightarrow Na_2SiO_3 + H_2O$$

問　2　ボイラーの次の箇所に漏れが生じた場合、それぞれ、漏れが生じた原因及び漏れをとめるための処置を一つずつ挙げよ。
ただし、原因は、工作不良によるもの及び腐食による割れが進行し貫通したものを除くものとする。

① ころ広げによる煙管の取付け部
② 火炉に面した熱負荷の大きい水管
③ スートブロワ付近の水管
④ 流動層ボイラーの層内伝熱管
⑤ 掃除穴のふた板取付け部

問　3　ボイラーの附属設備及び附属品の取扱いに関する下の文中の□内に入れる適切な語句を答えよ。

（1）ボイラーの起動に際して、ドレンが抜き出せる過熱器では、点火前に過熱器出口管寄せの［①］と［②］を開いておき、昇圧時にボイラー内の空気を抜くとともに、ボイラーからの蒸気を過熱器管内を通過させて外部に逃がし、過熱器管の［③］を防ぐ。また、ドレンが抜き出せない過熱器では、ボイラーからの蒸気はドレンに遮られ、過熱器管内を通過させて過熱器管を［④］することができないため、過熱器管が［③］するおそれがある。このため、過熱器に入る燃焼ガスの温度が過熱器管材料の設計温度以下になるように［⑤］を調節する必要がある。

（2）回転再生式空気予熱器では、高圧側(空気側)から低圧側(燃焼ガス側)へ空気が［⑥］するが、［⑦］の保守管理を良好に行うことによって空気の［⑥］量を抑制することができる。この空気の［⑥］量は、空気予熱器出入口の燃焼ガスの［⑧］を計測することによって把握することができる。また、回転再生式空気予熱器では、局部加熱によるロータの反りを防ぐため、ボイラーの［⑨］に運転を開始するとともに、ボイラーの消火後も空気予熱器と［⑩］の運転を続け、反りのおそれのない温度まで下げてから停止する。

（3）エコノマイザの低温腐食は、燃焼ガス側の金属表面温度が［⑪］以下になると腐食量が急激に増加する。低温腐食防止対策としては、［⑫］分の少ない燃料を使用すること、給水温度を高めること、低空気比燃焼を行うことなどがある。

（4）安全弁封鎖(安全弁作動試験)には、実際にボイラー圧力を上昇させて安全弁を作動させる方法、［⑬］によって吹出し圧力を求める方法などがある。［⑬］による方法は、騒音が少ない、テストに要する時間を短縮できる、熱損失の節約ができるなどの利点があるが、［⑭］、［⑮］、作動の安定性、前漏れ・後漏れの有無などの確認ができない。

問　4　ボイラーの内面腐食に関する次のAからEまでの記述について、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

A　水中の溶存酸素による鋼材の腐食は、当初、全面腐食の形態で発生することが多い。

B　グルービングは、細長く連続した溝状の腐食で、炉筒煙管ボイラーの炉筒フランジ部の曲がり部、皿形鏡板のすみの丸み部などに発生しやすい。

C　アルカリ腐食は、管穴と管外面との隙(すき)間などにボイラー水が浸入し、加熱によってアルカリ濃度が高くなったときに、鋼材の結晶粒界に割れが発生する現象である。

D　ヒドラジンは、腐食防止のためボイラー水中の溶存酸素を除去する脱酸素剤として使用され、全蒸発残留物の増加を生じない特徴を有する。

E　ボイラー水の塩化物イオン濃度が高過ぎると、鋼材の防食被膜が破壊され、腐食が進行する。

（1）A，B　（2）A，C　（3）B，E　（4）C，D　（5）D，E

問　5　ボイラーの燃焼の監視に関する次のＡからＥまでの記述について、誤っているものの組合せは（１）～（５）のうちどれか。

Ａ　燃焼用空気量が適正かどうかは、炉内の燃焼状態や炎の色を目視によって監視するほか、排ガス酸素濃度計（O_2メータ）などの計測器を活用して判断する。

Ｂ　油だきボイラーで、バーナノズルの噴霧角度が適切でない場合には、火炎が炉壁やボイラー伝熱面に衝突し、ボイラー水の循環に異常が生じることがある。

Ｃ　油だきボイラーで、火炎の中に細かい火花が混じるときは、油の温度が高いこと、通風が弱すぎることなどが原因として考えられる。

Ｄ　炉内圧力が大気圧より低い平衡通風方式の場合は、炉内のぞき窓を開けたときに燃焼ガスが吹き出すことがない。

Ｅ　油だきボイラーで、火炎が片寄って流れるときは、バーナノズルの内面や出口に異物が付着していること、エアレジスタの羽根に損傷があることなどが原因として考えられる。

（１）Ａ，Ｂ　（２）Ａ，Ｅ　（３）Ｂ，Ｃ　（４）Ｃ，Ｄ　（５）Ｄ，Ｅ

問　6　ボイラー運転中の異常に関する次のＡからＥまでの記述について、誤っているものの組合せは（１）～（５）のうちどれか。

Ａ　異常な臭気がするときは、火炎の短絡、二次燃焼などによってケーシングや保温材が焼けていることなどが原因として考えられる。

Ｂ　空気予熱器の出口ガス温度や出口空気温度が異常に上昇するときは、二次燃焼が原因であることが多い。

Ｃ　２個の水面計の水位に差異があるときは、ボイラー本体から水柱管への水側連絡管にスラッジがたまっていることなどが原因として考えられる。

Ｄ　火炎が赤く長すぎるときは、空気過剰が原因として考えられる。

Ｅ　少量の蒸気漏れやボイラー水漏れは、煙突から出る煙の色によって容易に把握することができる。

（１）Ａ，Ｃ　（２）Ａ，Ｄ　（３）Ｂ，Ｃ　（４）Ｂ，Ｅ　（５）Ｄ，Ｅ

ボイラーの取扱いに関する知識　正答・正答例

問　1　（※正答例）

（1）

全蒸発残留物による最小限必要な連続ブロー率 $= \dfrac{R_F}{R_B - R_F} \times 100 = \dfrac{100}{2000-100} \times 100 \fallingdotseq 5.2632(\%)$

塩化物イオンによる最小限必要な連続ブロー率 $= \dfrac{C_F}{C_B - C_F} \times 100 = \dfrac{10}{300-10} \times 100 \fallingdotseq 3.4483(\%)$

シリカによる最小限必要な連続ブロー率 $= \dfrac{S_F}{S_B - S_F} \times 100 = \dfrac{8}{200-8} \times 100 \fallingdotseq 4.1667(\%)$

これらの最大のものをとり、$b \fallingdotseq 5.2632 \fallingdotseq 5.27(\%)$ ……………………………………………… （答）

（2）

$S_I = \dfrac{S_F(b+100)}{b} \fallingdotseq \dfrac{8\times(5.2632+100)}{5.2632} \fallingdotseq 159.9987 \fallingdotseq 160.0(\mathrm{mg\ SiO_2/L})$ ……………………… （答）

（3）

$A_C = S_I \times \dfrac{2\times \mathrm{NaOH}}{\mathrm{SiO_2}} \times \dfrac{\mathrm{CaCO_3}}{2\times \mathrm{NaOH}} \fallingdotseq 159.9987 \times \dfrac{100}{60} = 266.6645 \fallingdotseq 266.7(\mathrm{mg\,CaCO_3/L})$ …… （答）

問　2　（※正答例）

箇所	漏れが生じた原因	漏れをとめるための処置
① ころ広げによる煙管の取付け部	ボイラー水位が異常低下して過熱され、緩みが生じた。	ころ広げによって増締めを行う。
② 火炉に面した熱負荷の大きい水管	・スケールが付着して過熱され、割れが生じ進行して貫通した。 ・火炎が集中して局部的に過熱され、割れが生じ進行して貫通した。	・同等以上の水管に交換する。 ・漏れた水管をプラグでふさぐ。
③ スートブロワ付近の水管	スートブロー蒸気のドレンにより摩耗が生じ進行して貫通した。	・同等以上の水管に交換する。 ・漏れた水管をプラグでふさぐ。
④ 流動層ボイラーの層内伝熱管	流動媒体や燃料により摩耗が生じ進行して貫通した。	・同等以上の伝熱管に交換する。 ・漏れた伝熱管をプラグでふさぐ。
⑤ 掃除穴のふた板取付け部	a ガスケットが劣化し損傷した。 a 整備の際、不適切なガスケットを使用した。 b 整備の際、締付けが不十分であった。 c 締付けの仕方が悪く、ガスケット取付け面が損傷した。	a 適切なガスケットに交換する。 b 増締めを行う。 c ガスケット取付け面をすり合わせにより補修する。

問　３　（※正答例）

（１）① 空気抜き弁　　② ドレン弁

③ 過熱　　④ 冷却　　⑤ 燃焼量

（２）⑥ 漏えい　　⑦ シール機構　　⑧ 酸素濃度

⑨ 点火前　　⑩ ファン

（３）⑪ 酸露点　　⑫ 硫黄

（４）⑬ 油圧ジャッキ　　⑭ リフト　　⑮ 吹止り圧力

問　４　答　（２）

問　５　答　（４）

問　６　答　（５）

特級ボイラー技士試験問題

燃料及び燃焼に関する知識

受験番号	

問　1　あるA重油の元素分析値は、質量比で炭素 $c = 0.862$、水素 $h = 0.132$、硫黄 $s = 0.006$ である。
下の問に答えよ。
ただし、燃焼用空気は体積比で O_2 が 21 %、N_2 が 79 %とし、燃料は完全燃焼するものとする。
なお、体積は、標準状態の体積とする。

（1）この重油の燃焼反応式を示せ。

（2）この重油を空気比 $m = 1.1$ で燃焼させる場合、次の①～⑤の値を求めよ。
答は、それぞれ本問で使用している記号を用いて計算式を示し、小数点以下第 3 位を四捨五入せよ。
① 理論空気量 A_o（m^3/kg燃料）
② 実際空気量 A（m^3/kg燃料）
③ 理論乾き燃焼ガス量 V_{do}（m^3/kg燃料）
④ 乾き燃焼ガス量 V_d（m^3/kg燃料）
⑤ 湿り燃焼ガス量 V_w（m^3/kg燃料）

問　2　微粉炭燃焼方式のボイラーとバブリング流動層燃焼方式のボイラーについて、下の問に答えよ。

（1）それぞれの方式の概要を述べよ。

（2）それぞれの方式の長所を三つずつ挙げよ。

（3）それぞれの方式の短所を二つずつ挙げよ。

問　3　ボイラーの通風方式又は通風装置に関する下の文中の[　　]内に入れる適切な語句を答えよ。

（1）[①]通風方式は、[①]ファンのみを用い、ファンの入口又は出口に設けられた[②]によって通風量を調節し、燃焼室内圧を大気圧より高い圧力に保つもので、ガス漏れをきたさないようにボイラー構造を[③]にする。この通風方式は、油だきボイラーやガスだきボイラーに広く用いられている。

（2）[④]通風方式は、２種類のファンを用い、燃焼室内圧を大気圧よりごくわずか[⑤]圧力に保つもので、石炭だきボイラーや[⑥]ボイラーのように[①]通風方式では燃料投入口や灰の取出し口から燃焼ガスが噴出するおそれのあるボイラーなどに用いられている。

（3）[⑦]形ファンは、短い[⑧]羽根を60 ～ 90 枚備えた羽根車を有するもので、比較的小形軽量であるが、低負荷で運転する場合に[⑨]を起こしやすく、また、風量の増加に対し[⑩]が急増するため[⑪]容量に相当余裕をもたせる必要がある。このファンは、低風圧の小形ボイラーなどに用いられている。

（4）[⑫]形ファンは、出口角度 30 ～ 40°の[⑬]羽根を 8 ～ 24 枚備えた羽根車を有するもので、構造が簡単で丈夫である。このファンは、ボイラー用として最も多く用いられている。

（5）[⑭]形ファンは、6 ～ 12 枚の鋼板をボスから放射したスポークに取り付けた羽根車を有するもので、羽根の取替えが容易である。このファンは、[⑮]の多いガスの吸出し用などに用いられている。

問　4　ボイラーの噴霧式油バーナに関する次のＡからＥまでの記述について、誤っているものの組合せは（1）～（5）のうちどれか。

Ａ　エアレジスタは、バーナの中心から噴射する燃料油に燃焼用空気を供給するとともに、空気の流れ方を調節して燃料油との混合を効果的にし、火炎を安定化するためのものである。

Ｂ　アトマイザは、バーナの中心から炉内に向けて、燃料油を霧状に微粒化しつつ円すい状に噴射するものである。

Ｃ　スタビライザは、燃料噴流と空気の初期混合部で、空気に渦流又は旋回流を与えて、着火を確実にし、燃焼を安定化するためのもので、主として渦流を与えるものをスワラ、旋回流を与えるものをディフューザという。

Ｄ　バーナタイルは、炉壁の開口部を構成する耐火物で、火炎の直進性を保つとともに、放射熱によって着火を確実にし、火炎を安定化するためのものである。

Ｅ　ウィンドボックスは、バーナを取り付ける壁面に設けられる箱で、ファンから送られる燃焼用空気の静圧の大部分を動圧に変え、各バーナに空気を均一に供給するためのものである。

（1）Ａ，Ｂ　（2）Ａ，Ｄ　（3）Ｂ，Ｅ　（4）Ｃ，Ｄ　（5）Ｃ，Ｅ

問　5　ボイラーの燃焼灰による過熱管、水管又はエコノマイザ管（以下「管」という。）の摩耗に関する次のAからEまでの記述について、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

A　固体燃料には灰分が、通常、石炭で5～20％、木材で数％、産業廃棄物で10％以上含まれており、燃焼灰による摩耗に注意する必要がある。

B　燃焼によって固体燃料中の灰分から生じた粗粒灰はフライアッシュ、細粒灰はシンダと呼ばれ、粗粒灰は、燃焼ガスにより運ばれて管群に衝突し摩耗の要因となる。

C　微粉炭だきボイラーでは、燃焼灰中のシリカ(SiO_2)やアルミナ(Al_2O_3)分が多いほど摩耗が生じやすい。

D　管群の周壁に面する管端部は、管群の中央部より、燃焼ガスの温度が低く流速が遅いため、燃焼灰による摩耗が生じにくい。

E　固体燃料を燃焼するボイラーでは、燃焼灰による摩耗を防止するため、管にプロテクタを取り付けることがある。

（1）A，B　（2）A，C　（3）B，D　（4）C，E　（5）D，E

問　6　ボイラーの熱管理用計測器の流量計に関する次のAからEまでの記述について、誤っているものの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

A　オーバル式流量計は、ケーシングの中で二つの円形の歯車をかみ合わせ、上流からの流体の圧力でかみ合った歯車を互いに反対方向に押し回しながら流体を送り出すもので、流量が歯車の回転数の２乗に比例することを利用している。

B　オリフィス計は、流体が流れる管路の中にオリフィス(絞り部)を挿入したもので、流量がオリフィスの入口と出口の圧力差の平方根に比例することを利用している。

C　面積式流量計は、垂直なテーパ管の中を流体が下から上に流れると、テーパ管内のフロートが流量に応じて上下し、流体中のフロートの重さと前後の差圧による力のつり合い位置で止まるもので、流量がテーパ管とフロートとのすき間の面積に比例することを利用している。

D　渦流量計は、流体が流れる水平な管路の中に三角柱又は円柱を垂直に立て、その両側に同時に同じ形状のカルマン渦の列を発生させるもので、流量が渦発生の周波数に比例することを利用している。

E　超音波流量計は、流体が流れる管路に二つの超音波送受波器を、流れに対して斜めになるよう向き合わせて設置したもので、超音波の伝播（ぱ）速度が流れに沿った方向と流れに逆らった方向で異なることを利用している。

（1）A，B　（2）A，D　（3）B，E　（4）C，D　（5）C，E

燃料及び燃焼に関する知識　　正答・正答例

問　1　(※正答例)

(1)

$C + O_2 = CO_2$

$2H + \frac{1}{2} O_2 = H_2O$

$S + O_2 = SO_2$

(2)

①

$$A_o = \frac{1}{0.21}\left(\frac{22.4}{12}c + \frac{22.4}{4}h + \frac{22.4}{32}s\right)$$

$$= \frac{1}{0.21}\left(\frac{22.4}{12} \times 0.862 + \frac{22.4}{4} \times 0.132 + \frac{22.4}{32} \times 0.006\right)$$

$\fallingdotseq 11.2022 \fallingdotseq 11.20$ (m^3/kg燃料) ……………………………………………… (答)

②

$$A = mA_o$$

$$\fallingdotseq 1.1 \times 11.2022$$

$\fallingdotseq 12.3224 \fallingdotseq 12.32$ (m^3/kg燃料) ……………………………………………… (答)

③

$$V_{do} = 0.79A_o + \frac{22.4}{12}c + \frac{22.4}{32}s$$

$$\fallingdotseq 0.79 \times 11.2022 + \frac{22.4}{12} \times 0.862 + \frac{22.4}{32} \times 0.006$$

$\fallingdotseq 10.4630 \fallingdotseq 10.46$ (m^3/kg燃料) ……………………………………………… (答)

④

$$V_d = V_{do} + (m - 1)A_o$$

$$\fallingdotseq 10.4630 + (1.1 - 1) \times 11.2022$$

$\fallingdotseq 11.5832 \fallingdotseq 11.58$ (m^3/kg燃料) ……………………………………………… (答)

⑤

$$V_w = V_d + \frac{22.4}{2}h$$

$$\fallingdotseq 11.5832 + \frac{22.4}{2} \times 0.132$$

$\fallingdotseq 13.0616 \fallingdotseq 13.06$ (m^3/kg燃料) ……………………………………………… (答)

問　2　（※正答例）

	微粉炭燃焼方式	バブリング流動層燃焼方式
（1）概要	微粉炭を搬送用空気及び燃焼用空気とともに、バーナから炉内へ吹き込み、拡散させて燃焼させるもの。	砂や石灰石粒子を多孔板などの上に置き、下方から空気を吹き上げて流動層を形成し、この中に固体燃料粒子を供給して燃焼させるもの。
（2）長所	①低空気比燃焼が可能である。 ②燃焼効率が高い。 ③低負荷でも燃焼効率の低下が少ない。 ④負荷追従性がよい。 ⑤燃焼調整が容易で起動停止時間が短い。 ⑥自動制御が容易である。 ⑦液体燃料や気体燃料との混焼が容易である。 ⑧使用石炭の幅が広い。 ⑨消火時に残る石炭がない。 ⑩中容量のものから大容量のものまで適用できる。	①バーク、木くず、廃タイヤ、石油コークス、プラスチックなどの燃焼が可能である。 ②焼却炉的な使用が可能である。 ③石灰石の投入により炉内脱硫が可能である。 ④燃焼温度が800～900℃と低く、低NO$_x$燃焼が可能である。 ⑤層内での伝熱性能がよいのでボイラーの伝熱面積が小さくてすむ。 ⑥微粉炭燃焼方式に比べ石炭の粉砕動力が軽減される。 ⑦燃焼効率が高い。
（3）短所	①伝熱面が摩耗しやすい。 ②所要動力が大きい。 ③比較的大きな燃焼室が必要である。 ④集じん装置が必要である。 ⑤粉じん爆発に対する注意が必要である。 ⑥微粉砕機が必要である。 ⑦最低連続負荷を小さくすることが難しい。	①伝熱面が摩耗しやすい。 ②所要動力が大きい。 ③高い風圧のファンが必要である。 ④集じん装置が必要である。 ⑤塩素を含む燃料を使用する場合は腐食対策が必要である。

問　3　(※正答例)

(1)	① 押込み	② 制御ダンパ	③ 気密構造
(2)	④ 平衡	⑤ 低い	⑥ 焼却炉
(3)	⑦ 多翼	⑧ 前向き	⑨ サージング
	⑩ 所要動力	⑪ 原動機	
(4)	⑫ 後向き	⑬ 後方湾曲	
(5)	⑭ ラジアル	⑮ 灰じん	

問　4　答　　(5)

問　5　答　　(3)

問　6　答　　(2)

特級ボイラー技士試験問題

関　係　法　令

受験番号	

問　1　内面に圧力を受ける鋼製ボイラーの胴の円筒部の最小厚さ t は、当該円筒部の厚さが内半径の 1/2 を超え、かつ、使用温度が 374℃ 以下の場合、次の式により算定される。

$$t = R(\sqrt{Z} - 1) + \alpha$$

ここで、 $Z = \dfrac{\sigma_a \eta + P}{\sigma_a \eta - P}$ とする。

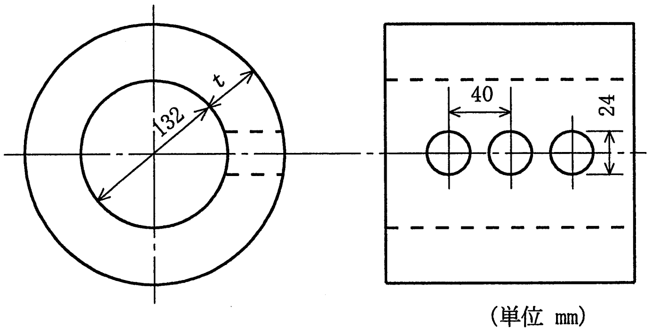
下の問に答えよ。
ただし、溶接継手の効率は 100％ とし、胴は管穴を有するものとする。

（1）上の式において、R は t を計算しようとする部分の内半径を表すが、P 、σ_a 、α はそれぞれ何を表すか答えよ。

（2）次の図のような管穴を有する胴で、$P = 18$ MPa、$\sigma_a = 112$ N/mm^{2}であるとき、上の式を用い、$\alpha = 1$ mm として、胴の円筒部の最小厚さ t (mm)を求めよ。

ただし、 $\eta = \dfrac{p - d}{p}$ （p ：管穴のピッチ、 d ：管穴の直径） とする。

答は、計算の過程を示し、小数点以下第 2 位を切り上げよ。



（単位 mm）

問　2　下の問に答えよ。

（1）ボイラー及び圧力容器安全規則上、事業者が、労働者が掃除、修繕等のためボイラー（燃焼室を含む。）又は煙道の内部に入るときに行わなければならない事項を三つ述べよ。

（2）ボイラー及び圧力容器安全規則上、事業者が、ボイラー取扱作業主任者に行わせなければならない事項を七つ述べよ。

問　３　下の文中の[　　]内に入れる、法令上、適切な語句を答えよ。
ただし、それぞれの記述におけるボイラーは小型ボイラーを除くものとする。

（１）[　①　]によるボイラーについては、[　①　]検査に合格した後でなければ、[　②　]検査を受けることができない。

（２）ボイラー（移動式ボイラーを除く。）の[　③　]検査は、[　②　]検査又は[　④　]検査に合格した後でなければ、受けることができない。

（３）ボイラーの性能検査を受ける者は、ボイラー（燃焼室を含む。）及び[　⑤　]を冷却し、[　⑥　]し、その他性能検査に必要な準備をしなければならない。ただし、[　⑦　]が認めたボイラーについては、これらの冷却及び[　⑥　]をしないことができる。

（４）鋼製ボイラーの溶接部（溶接金属の縁から６㎜以内の部分を含む。）には、[　⑧　]を行い、かつ、[　⑨　]に合格した溶接部を除き、穴を設けてはならない。

（５）鋼製ボイラーの溶接部は、[　⑩　]が十分で、かつ、[　⑪　]又はアンダカット、オーバラップ、クレータ、[　⑫　]の巻込み、ブローホール等で有害なものがあってはならない。

（６）[　⑬　]を発生する鋼製蒸気ボイラーにあっては、安全弁を[　⑭　]の構造とするか、又は安全弁からの排気を[　⑮　]外の安全な場所へ導くようにしなければならない。

問　４　ボイラー(小型ボイラーを除く。)に関する次のＡからＥまでの記述について、法令上、誤っているものの組合せは(１)～(５)のうちどれか。
ただし、Ｂにおけるボイラーは、１基とする。

Ａ　事業者は、ボイラーの取扱いの業務については、その伝熱面積の大小にかかわらず、二級ボイラー技士を就かせることができる。

Ｂ　事業者は、伝熱面積が 25 m^2 未満のボイラーの取扱いの作業については、二級ボイラー技士のうちからボイラー取扱作業主任者を選任することができる。

Ｃ　事業者は、伝熱面積が 14 m^2 以下の温水ボイラーの取扱いの業務については、ボイラー取扱技能講習を修了した者を就かせることができる。

Ｄ　事業者は、ボイラーの溶接の業務については、特別ボイラー溶接士でなければ就かせてはならない。ただし、溶接部の厚さが 30 ㎜ 以下の場合は、普通ボイラー溶接士を就かせることができる。

Ｅ　事業者は、伝熱面積が３ m^2 以上のボイラーの整備の業務については、ボイラー整備士でなければ就かせてはならない。

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

問　５　鋼製ボイラー(小型ボイラーを除く。)に関する次のＡからＥまでの記述について、法令上、誤っているものの組合せは(１)～(５)のうちどれか。

Ａ　蒸気ボイラーであって燃料の供給を遮断してもなお当該ボイラーへの熱供給が続くものに２個備えられた給水装置は、それぞれ別の動力により運転できるものでなければならない。

Ｂ　貫流ボイラーには、当該ボイラーごとに、起動時にボイラー水が不足している場合及び運転時にボイラー水が不足した場合に、自動的に燃料の供給を遮断する装置又はこれに代わる安全装置を設けなければならない。

Ｃ　蒸気ボイラー(貫流ボイラーを除く。)のうち、自動給水調整装置を有するものについては、低水位燃料遮断装置を設ける必要はない。

Ｄ　蒸気ボイラー(貫流ボイラーを除く。)には、ボイラー本体又は水柱管に、ガラス水面計を２個以上取り付けなければならないが、ガラス水面計でない水面測定装置であって、随時、掃除及び点検を行うことができるものであれば、すべてのガラス水面計を当該水面測定装置とすることができる。

Ｅ　給水内管は、取外しができる構造のものでなければならない。

（１）Ａ，Ｂ　（２）Ａ，Ｅ　（３）Ｂ，Ｃ　（４）Ｃ，Ｄ　（５）Ｄ，Ｅ

問　６　ボイラー(移動式ボイラー、屋外式ボイラー及び小型ボイラーを除く。)に関する次のＡからＥまでの記述について、法令上、誤っているものの組合せは(１)～(５)のうちどれか。
ただし、Ｅにおける「ボイラー等」とは、ボイラー、ボイラーに附設された金属製の煙突又は煙道をいうものとする。

Ａ　事業者は、ボイラーについては、伝熱面積が 3 m^2以下のものを除き、ボイラー室に設置しなければならない。

Ｂ　事業者は、ボイラー室には、伝熱面積が 25 m^2未満のボイラーを設置する場合を除き、２以上の出入口を設けなければならない。

Ｃ　事業者は、安全弁その他の附属品の検査及び取扱いに支障がない場合を除き、ボイラーの最上部から天井、配管その他のボイラーの上部にある構造物までの距離を1.2 m以上としなければならない。

Ｄ　事業者は、ボイラー室その他のボイラー設置場所に燃料を貯蔵するときは、ボイラーと燃料又は燃料タンクとの間に適当な障壁を設けた場合を除き、燃料をボイラーの外側から 1.2 m（固体燃料にあっては 2 m）以上離しておかなければならない。

Ｅ　事業者は、ボイラー等の外側から0.15 m 以内にある可燃性の物については、ボイラー等が厚さ100 mm 以上の金属以外の不燃性の材料で被覆されている場合を除き、金属以外の不燃性の材料で被覆しなければならない。

（１）Ａ，Ｂ　（２）Ａ，Ｃ　（３）Ｂ，Ｄ　（４）Ｃ，Ｅ　（５）Ｄ，Ｅ

関 係 法 令　　正答・正答例

問　1　(※正答例)

（1）

P ：最高使用圧力

σ_a ：材料の許容引張応力

α ：付け代

（2）

$$\eta = \frac{40-24}{40} = 0.4$$

$$Z = \frac{112\times0.4+18}{112\times0.4-18} \fallingdotseq 2.34328$$

$$t \fallingdotseq \frac{132}{2}(\sqrt{2.34328}-1)+1 \fallingdotseq 36.0313 \fallingdotseq 36.1 > \frac{132}{2}\times\frac{1}{2}$$

よって、$t \fallingdotseq 36.1$(mm) ……………………………………………………………………… (答)

問　2　(※正答例)

（1）

① ボイラー又は煙道を冷却すること。

② ボイラー又は煙道の内部の換気を行うこと。

③ ボイラー又は煙道の内部で使用する移動電線は、キャブタイヤケーブル又はこれと同等以上の絶縁効力及び強度を有するものを使用させ、かつ、移動電灯は、ガードを有するものを使用させること。

④ 使用中の他のボイラーとの管連絡を確実に遮断すること。

（2）

① 圧力、水位及び燃焼状態を監視すること。

② 急激な負荷の変動を与えないように努めること。

③ 最高使用圧力をこえて圧力を上昇させないこと。

④ 安全弁の機能の保持に努めること。

⑤ 一日に１回以上水面測定装置の機能を点検すること。

⑥ 適宜、吹出しを行い、ボイラー水の濃縮を防ぐこと。

⑦ 給水装置の機能の保持に努めること。

⑧ 低水位燃焼遮断装置、火炎検出装置その他の自動制御装置を点検し、及び調整すること。

⑨ ボイラーについて異状を認めたときは、直ちに必要な措置を講ずること。

⑩ 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すること。

問　3　(※正答例)

(1) ① 溶接	② 構造	
(2) ③ 落成	④ 使用	
(3) ⑤ 煙道	⑥ 掃除	⑦ 所轄労働基準監督署長
(4) ⑧ 溶接後熱処理	⑨ 放射線検査	
(5) ⑩ 溶込み	⑪ 割れ	⑫ スラグ
(6) ⑬ 引火性蒸気	⑭ 密閉式	⑮ ボイラー室

問　4　答　(5)

問　5　答　(4)

問　6　答　(3)