

特級ボイラー技士免許試験問題

ボイラーの構造に関する知識

問 1 燃料消費量 $F_c (=8610 \text{ kg/h})$ の石炭^だ燃焼ボイラーがある。このボイラーで、重油燃料の入熱量50%、ガス燃料の入熱量50%の重油・ガス^だ混焼^だ燃焼への燃料転換をする場合、次の(1)～(5)の間に答えよ。

ただし、計算に当たっては次のa～cに基づくこと。

a 入熱は燃料の発熱によるもののみとし、ボイラーの効率の算定では排ガス熱損失、未燃損失以外の各種損失 L_u (ボイラー放射熱損失、灰頭熱損失など) として1.0%を見込むものとする。

b 計算に用いる項目の記号及び数値は次表のとおりとする。

なお、気体の体積は標準状態(0℃、101.325kPa)に換算した値とする。

c 計算に際してはそれぞれ本問で使用されている記号を用いた計算式及び計算の過程を示し、答の端数処理は各設問の指示に従うこと。

項目	記号	数値
石炭燃料の低発熱量	H_c	28.51 MJ/kg(燃料)
石炭燃料単位量当たりの排ガス量	G_c	10.80 m ³ /kg(燃料)
重油燃料の低発熱量	H_o	42.71 MJ/kg(燃料)
重油燃料単位量当たりの排ガス量	G_o	14.40 m ³ /kg(燃料)
ガス燃料の低発熱量	H_g	40.60 MJ/m ³ (燃料)
ガス燃料単位量当たりの排ガス量	G_g	14.07 m ³ /m ³ (燃料)
排ガスの平均比熱 <注*>	C	1.38 kJ/(m ³ ・K)
石炭燃焼時の排ガス温度	t_{gc}	180℃
基準大気温度	t_a	20℃
排ガス損失、未燃損失以外の各種熱損失	L_u	1.0%

<注*> 排ガスの平均比熱は、燃料、燃焼空気比の相違による変動は無視できるものとする。

(1) 石炭燃焼時のボイラーへの入熱量 Q [MJ/h] を求めよ。

答は小数点以下第1位を四捨五入せよ。

(2) 石炭燃焼時の排ガス熱損失 L_{gc} [%] を求めよ。

答は小数点以下第3位を四捨五入せよ。

(3) 石炭燃焼時、燃焼灰中の未燃炭素量から推算し未燃損失 L_{cc} [%] は2.0%だったが、石炭燃焼時の熱損失法によるボイラー効率 η_c [%] を求めよ。

答は小数点以下第3位を四捨五入せよ。

(4) このボイラーへの入熱量 Q [MJ/h] を石炭燃焼時と変えずに、重油とガス^だ混焼^だ燃焼運転(重油入熱50%、ガス入熱50%)をした場合の重油燃料消費量 F_o [kg/h]、ガス燃料消費量 F_g [m³/h] をそれぞれ求めよ。

答は小数点以下第2位を四捨五入せよ。

(5) 上記(4)の混焼^だ燃焼^だ運転をした結果、混焼^だ燃焼^だ運転時のボイラー効率 η_m [%] の改善が認められ、石炭燃焼時と比べ、未燃損失 L_{cm} [%] は無視できるほど小さく(0.0%)なり、燃焼空気量も絞り込むことができたので排ガス温度 t_{gm} [℃] も165℃まで熱回収することができた。このとき、次の値を求めよ。

① 混焼^だ燃焼^だ運転時の排ガス熱損失 L_{gm} [%]

② 混焼^だ燃焼^だ運転時のボイラー効率 η_m [%]

③ 混焼^だ燃焼^だ運転時のボイラー蒸発量の石炭燃焼時のボイラー蒸発量に比べて期待できる増加率 E [%]

答は、①及び②は小数点以下第3位を、③は小数点以下第2位を、それぞれ四捨五入せよ。

問 2 ボイラーの過熱器に関し、次の問に答えよ。

- (1) 過熱器を伝熱方式により三つに分類して記載し、それぞれの伝熱方式について簡潔に説明せよ。
- (2) 過熱器を排ガスの流れ方向と蒸気の流れ方向との関係によって分類すると、並流形と向流形に分類されるが、それぞれの形式に関し次の問に答えよ。
- ① 排ガスの流れ方向及びそれに対する蒸気の流れ方向を示せ（解答用紙の過熱器の図中に排ガスと蒸気の流れ方向を矢印で記入すること。）。
 - ② 排ガスの流れ方向の伝熱面(横軸)に対する排ガス温度と蒸気温度(縦軸)の変化(勾配)を示せ（解答用紙のグラフに、それぞれの温度変化(勾配)を示す線を記入し、その流れ方向を温度変化の線に沿って矢印で記入すること。）。
 - ③ 並流形に比べた向流形の特徴を、蒸気温度、伝熱面積、管壁温度についてそれぞれ説明せよ。

問 3 次の文中の 内に入る適切な語句、数値などを答えよ。

- (1) 煙道ガスの余熱を利用して、ボイラーの給水を予熱する設備をエコマイザ（節炭器）という。これによる得失は次のとおりである。
- a ボイラー熱損失の大きな部分を占める排ガス熱を回収し、ボイラー効率を高めるが、排ガス温度を ① 下げることによりボイラー効率は約1%増加する。
 - b 排ガス熱を回収する空気予熱器に比べ、常温又は低温の燃焼空気により ② の発生が低く抑制され、ボイラー燃焼システムとしても ③ の増加は格段に少なく抑えられる。
 - c 硫黄を含む燃料を使う場合、給水温度が低過ぎるとエコマイザの ④ がガスの露点以下になり、ガス中の ⑤ が溶けて ⑥ となり、エコマイザ管のガス側伝熱面に腐食を起し、また、 ⑦ も起こす。したがって、給水入口温度を露点以上に保つことが望ましいが、ボイラー効率向上の本来の目的と反するため、 ⑧ の採用、空気予熱器などの他の熱回収装置の採用など検討する必要がある。
 - d 硫黄を含まないガス燃料などの場合は、エコマイザに常温で給水し、排ガス出口温度を水露点の約60℃以下まで下げて ⑨ を行うこともある。
- (2) 煙道ガスの余熱を利用して、燃焼用空気を予熱する設備を空気予熱器という。この設備による得失は次のとおりである。
- a エコマイザ同様に、排ガス熱を回収することでボイラー効率を高められるが、さらに空気が予熱されることで ⑩ が増大し、 ⑪ が少なくてすむため、特に重質油や燃焼しにくい燃料の燃焼には効果が著しい。
 - b 反面、燃焼温度が上昇するため、同じ燃料ではエコマイザで熱回収した場合に比べ ⑫ の発生が増加する傾向にある。
 - c 微粉炭^た焚きの場合は、予熱空気の一部は微粉炭機に送られ、石炭の ⑬ と粉碎を容易にし、かつ微粉炭をバーナへ送る役目をする。
 - d 低温ガス若しくは低温空気、又はそれらの両方と接触する空気予熱器の低温部は、硫黄を含む燃料を使うときの ⑭ 腐食や、ガスを燃料とするときの排ガス中の水蒸気露点の ⑮ による腐食が起こる。これらの腐食を防止するためさまざまな対策が行われ、他の熱源を用いてあらかじめ予熱する ⑯ の設置、空気予熱器を通る空気量を加減して ⑰ を調節する冷空気バイパス法、予熱空気の一部を送風機の入口側に戻して冷空気と混合させ空気温度を上昇させる熱空気の再循環法など考えられているが、いずれの方法もボイラー効率を犠牲にすることになることから、熱経済性と腐食による損失の兼ね合いが重要である。

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までの記述のうち、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 過熱器、エコノマイザ及び空気予熱器の伝熱量は、熱ガス入口の温度と出口の温度との差に、伝熱面積及び熱貫流率を乗じて求める。
- B 自然循環式ボイラーは、ドラムと水管でボイラー水の循環回路を構成し、上昇管内の蒸気発生による密度の減少を利用してボイラー水を循環させるもので、高圧ボイラーでは、低圧ボイラーより蒸気の密度が大きく上昇管内の気水混合物の平均密度が大きいため、循環力は小さい。
- C 薄肉円筒として取り扱われるボイラーの胴の内部に蒸気圧力が加わるとき、胴板の長手継手に生じる応力は、周継手に生じる応力の2倍である。
- D 中底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生じる応力は、すみの丸みの部分において最も大きい。この応力は子午線方向と緯線方向に生じるものがあるが、前者の方が大きい。また、すみの丸みの半径が小さいほど応力は大きくなる。
- E ドラムと多数の水管で構成される水管ボイラーにおいて、ドラムの長手方向に一直線に管穴が配置される管穴部の長手効率に対し、ドラムの周方向に管穴が配置される管穴部の周効率は、長手効率の1/2以下になるよう周方向の管穴ピッチを定める。

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

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

- A 二色水面計は、光線の屈折率の差を利用して、透視式水面計のガラスに赤色と緑色の2光線を通させ、蒸気部は赤色、水部は緑色に見えるようにした計器である。
- B 蒸気を加熱用に使用する場合は、過熱度の大きい高圧の過熱蒸気を用いる方が有利であるが、蒸気の熱を仕事に変換する場合は、凝縮潜熱の大きい低圧の飽和蒸気を用いる方が有利である。
- C 連続ブロー装置は、ブロー水を胴の水面付近から連続的に取り出し、ボイラー水の濃度を管理値内に保つ装置で、ブロー水の熱を回収する方法には、フラッシュタンクで減圧して気化させ、蒸気を脱気器などで回収し、濃度の高い水を排出する方式などがある。
- D 安全弁の入口側の圧力が増加して出口側で流体の微量な流出が検知されるときは入口側の圧力を吹始め圧力といい、安全弁がポッピングするときの入口側の圧力を吹出し圧力という。また、入口側の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)の入口側の圧力を吹下り圧力という。
- E 蒸気ボイラーの胴に取り付けられた安全弁の吹出し圧力は、少なくとも1個はボイラーの最高使用圧力以下とするが、その他に安全弁のある場合は、ボイラーの最高使用圧力の3%増以下に調整することができる。過熱器に取り付けられた安全弁は、ボイラーの胴の安全弁より低い圧力で吹出すように調整する必要がある。

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

問 6 ボイラーの自動制御に関する次のAからEまでの記述のうち、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 過熱器蒸気温度の制御における操作量としては、注水式過熱低減器における注水量、過熱器を通過する燃焼ガスの一部をバイパスさせるときのバイパスガス量、火炉の吸収熱を変えるとときのバーナ噴射角度、ボイラー後部の低温燃焼ガスを火炉へ再循環させるときの再循環ガス量などがある。
- B 調節器の比例動作は、操作量を変化させるために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狭くすると小さくなり、比例帯の幅を狭くし過ぎても比例動作が抑えられるので、ハンチングを生じることはない。
- 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、ボイラー効率がかわらないとすると、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場合の微粉炭^た焼きボイラーなどで用いられることがあるが、誤差や応答遅れがある。
- D ボイラードラムの水位制御において、給水量を操作したときのドラム水位は、むだ時間 L を経過してからほぼ直線的に変化し、この直線の勾配から時定数 T が定義される。この水位制御の安定度は、 T と L の比 T/L で決まり、この値が小さい場合は制御が容易であり、大きい場合は制御が困難であるとされる。
- E ボイラーへの燃料供給量を操作したときの蒸気圧力の応答は、燃焼遅れや伝熱遅れの影響によって決まる炉内時定数 T_F や、ボイラー内の水の蓄熱量から決まるボイラー時定数 T_B に左右される。この比である T_B/T_F は、使用燃料を含めたボイラー系全体の時定数 T とむだ時間 L の比 T/L に相当する。

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

特級ボイラー技士免許試験問題

ボイラーの取扱いに関する知識

問 1 給水、ボイラー水の系統内処理について、次の(1)～(5)の間に答えよ。

必要薬品量を求めるに当たっては、化学反応式に基づいた必要量を求める関係式及び計算の過程を示し、結果の端数処理は、小数点以下第3位を四捨五入せよ。

なお、各元素の原子量は、以下のとおりとする。

元素	H	N	O	Na	Mg	Si	P	S	Cl	Ca
原子量	1	14	16	23	24	28	31	32	35	40

- (1) ヒドラジン(N_2H_4)を用いて、給水中の溶存酸素(O_2)1.00 gを除去する場合、化学反応式を示し、必要なヒドラジン量〔g〕を求めよ。
- (2) 亜硫酸ナトリウム(Na_2SO_3)を用いて、給水中の溶存酸素(O_2) 1.00 gを除去する場合、化学反応式を示し、必要な亜硫酸ナトリウム量〔g〕を求めよ。
- (3) カルシウム硬度成分のスケール付着を抑制するために、りん酸イオン(PO_4^{3-})を用いて、ボイラー水中のカルシウムイオン(Ca^{2+})1.00 gを浮遊化したヒドロキシアパタイト($\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$)に変える場合、化学反応式を示し、必要なりん酸イオン量〔g〕を求めよ。
- (4) マグネシウム硬度成分のスケール付着を抑制するために、水酸化ナトリウム(NaOH)を用いて、ボイラー水中の塩化マグネシウム(MgCl_2) 1.00 gを浮遊性の水酸化マグネシウム($\text{Mg}(\text{OH})_2$)に変える場合、化学反応式を示し、必要な水酸化ナトリウム量〔g〕を求めよ。
- (5) 水酸化ナトリウム(NaOH)を用いて、ボイラー水中のシリカ(SiO_2)1.00 gを、水溶性のメタけい酸ナトリウム(Na_2SiO_3)に変えてスケール付着を抑制する場合、化学反応式を示し、必要な水酸化ナトリウム量〔g〕を求めよ。

問 2 ある工場で2基の水管ボイラーが設置されており、蒸気だめを使用して4 MPaの蒸気を供給している。そのうち1基は運転中で、他の1基は水抜きをして停止している。この停止しているボイラー（エコノマイザ、ドレンが抜き出せない過熱器を附属）を起動するときの弁類の操作、開閉状況等について、次の（1）及び（2）の間に答えよ。なお、主蒸気弁、蒸気だめ止め弁にはバイパス弁は設けられていないものとする。

（1）次のアからチまでの記述は、停止しているボイラーを起動するときの、「起動準備時」、「水張り時」、「昇圧、暖管時」、「送気開始時」の各段階における弁類の操作、開閉等の手順を、各段階ごとに無秩序（順不同）に並べたものである。

各記述が起動時の手順の一つとなるように ①～⑳ の空欄に当てはまる最も適切な語句等を、下の表1（操作すべき弁）又は表2（弁の開閉等に関する語句等）の中から選び、その記号（あ～く、A～Z）を記入せよ。なお、同じ記号を複数回使用してよい。

起動準備時

- ア ボイラーの吹出し弁が ① ことを確認する。
- イ 空気抜き弁が全て ② ことを確認する。
- ウ 主蒸気弁が ③ ことを確認する。
- エ 過熱器管寄せドレン弁及び送気管ドレン弁が ④ ことを確認する。

水張り時

- カ 満水後、ボイラーの ⑤ を ⑥、水位をドラムの ⑦。
- キ 空気抜きが可能な状態で ⑧ が ⑨ ことを確認して給水を開始する。

昇圧、暖管時

- サ ボイラー圧力が ⑩、⑪ を ⑫、送気管を ⑬。
- シ ボイラー圧力が ⑭、全ての ⑮ を閉じる。
- ス ボイラー圧力が ⑯、⑰ を ⑱、運転中のボイラーから蒸気を逆流させて、送気管を ⑲。
- セ ⑳ の ㉑、徐々にボイラー圧力を ㉒。

送気開始時

- タ ㉓ 及び送気管ドレン弁を ㉔。
- チ 送気管の ㉕、主蒸気弁及び ㉖ を ㉗ 送気を開始する。

表1 操作すべき弁

あ：主蒸気弁	い：蒸気だめ止め弁	う：給水弁	え：空気抜き弁	お：吹出し弁（ブロー弁）
か：過熱器管寄せドレン弁	き：送気管ドレン弁	く：バイパス弁		

表2 弁の開閉等に関する語句等

A：閉となっている	B：閉じる	C：閉じて		
D：開となっている	E：開く	F：開いて	H：微開して	J：開度を絞り
K：最高水位にする	L：常用水位より下げる	M：常用水位にする		
N：暖管する	O：暖管が終了する前に	P：暖管が終了したら		
Q：0.1～0.2MPaに達したら	R：1MPaに達したら			
S：4MPaに近くなったら	T：4MPaに達したら			
U：上げる	W：下げる	X：一定に保つ	Z：徐冷する	

（2）上記（1）の「水張り時」及び「昇圧、暖管時」における正しい手順を示せ。

（解答用紙の手順表に、正しい手順となるように記号（カ～キ、サ～セ）を記入すること。）

問 3 ボイラーの保存法に関する次の文中の に入る適切な語句などを答えよ。

- (1) 休止中のボイラーを保存するには、ボイラー水を保持して保存する ① 保存法とボイラー水を排出して保存する ② 保存法がある。
- (2) ① 保存法は、休止期間が3か月程度以内での場合に採用される。
- a 保存期間が2週間以内の短期 ① 保存法では、ボイラー停止の数時間前に ③ の分析を行い、特に、 ④、 ⑤ 濃度、ヒドラジン濃度及び亜硫酸イオン濃度を制限値の範囲内で ⑥ 近くに保持する。その後、ボイラーを停止し、ボイラー圧力が0.2～0.3MPaまで低下したら、マッド、スラッジ等の沈殿物を排出するため底部からの ⑦ を行う。次いで、 ⑧ を併用しながら給水を行ってボイラーに水を張る。水位は1日程度の短期間の停止であれば、水面計の可視部の上限で差し支えないが、それ以上停止する場合は、 ⑨ から水があふれるよう完全に水を張る。
- b 保存期間が2週間以上の場合の長期 ① 保存法では、ボイラーの停止後、ボイラー水を全量 ⑦ する。その後、 ⑧ をしながら満水にする。1か月以上保存する場合は、空気の進入を防ぐため ⑩ によりシールする方法が望ましい。 ⑩ の封入圧力は減圧弁（圧力調整弁）を用い、20～60kPaに保つ。
- c 保存水は、保存開始の際と10日後、及び、その後毎月1～2回程度分析する。
- (3) ② 保存法は、定期点検、内部補修又は長期保存の場合に用いる。この場合、留意しなければならないことは、ボイラー内部の水分を完全に排出することである。
- a 内部検査や内部補修の短期 ② 保存法では、ボイラーを停止する数日前から、スラッジ、スケール等ができる限り ⑪ に付着しないよう、 ④ 及び ⑤ 濃度を制限値の範囲内で高めに維持して運転する。また、底部からの ⑦ をしばしば行い、 ⑫ の濃度を低めに保持して、スラッジ、スケール等を極力排出する。
- ボイラーを停止するには、次の方法による。
- 自然冷却で、圧力が0.1MPa程度に低下したら空気抜き弁を開放する。その後ボイラーが冷却され、温度が90℃程度まで下がったら排水する。排水後、マンホールを開放し ⑬ 水で沈殿物を洗浄する。必要に応じ、徐々に加熱して ② する。
- 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 ⑭ を配置する。
- b 長期間の停止のための ② 保存法では、内部が十分 ② したことを確認した上、 ⑭ を容器に入れ、胴、管寄せ等に配置する。 ⑭ としては、一般に ⑮ が用いられる。保存処理を行うに当たり、開放時に内部を清掃することが必要である。除湿効果を判定するために、当初は1～3週間ごとに、その後は1か月ごとに ⑭ を点検する。 ⑭ が吸湿したら交換する。 ⑭ を用いる代わりに ⑩ を封入することがある。

問 4 微粉炭^だ焼きボイラーの運転の留意事項に関する次のAからEまでの記述のうち、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 燃料の石炭は、給炭機、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、一次空気により微粉炭が供給されていることを確認する。
- D 炉内にはクリンカが十分付着していることを確認する。
- E 燃料管などから微粉炭の漏えいが無いことを確認する。

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

問 5 対流形過熱器を附設した水管ボイラーを一定の負荷で運転している場合の過熱器の蒸気温度の変化に関する次のAからEまでの記述のうち、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 火炉が汚れてくると、蒸気温度は上昇する。
- B 過熱器管内面及び外面が汚れてくると、蒸気温度は下降する。
- C 火炉での燃焼遅れにより火炎が過熱器に進入すると、蒸気温度は上昇する。
- D ボイラー水がキャリーオーバーすると、蒸気温度は上昇する。
- E 給水温度が低くなると、蒸気温度は下降する。

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

問 6 ボイラーの腐食に関する次のAからEまでの記述のうち、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 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 アルカリ腐食は、高圧ボイラーの蒸発管内面に接するボイラー水中で濃縮した水酸化ナトリウムが、防食に役立っている被膜を溶解して発生する腐食である。
- C 燃料中の硫黄分による低温腐食は、燃焼用空気を高空気比で供給し、燃焼ガス中の三酸化硫黄(SO_3)の濃度を下げることによって抑制することができる。
- D グルーピングは、細長く連続した溝状を呈する腐食のことで、炉筒煙管ボイラーの炉筒前後端のフランジ部の曲がりなどに発生しやすい。
- E 燃料中にバナジウム化合物が含まれている場合には、高温高圧ボイラーにおいて過熱器や支持金具にバナジウムアタックといわれる高温腐食を発生することがある。

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

特級ボイラー技士免許試験問題

燃料及び燃焼に関する知識

問 1 あるA重油の元素分析値は、質量比で炭素 $c=0.875$ 、水素 $h=0.120$ 、硫黄 $s=0.005$ である。

このA重油の燃焼に関し、次の(1)～(2)の間に答えよ。

ただし、燃焼用空気は体積比で O_2 が21%、 N_2 が79%で、燃料は完全燃焼するものとし、気体の体積は標準状態($0^\circ C$ 、 $101.325kPa$)に換算した値とする。

(1) このA重油の各元素成分ごとにその燃焼反応式を示せ。

(2) この燃料を空気比(m)1.1で燃焼させる場合、次の①～⑤の値を求めよ。

計算に際しては、それぞれ本問で使用している記号を用いた計算式及び計算の過程を示し、結果は、①～④及び⑤の O_2 、 H_2O については、小数点以下第3位を四捨五入し、⑤の SO_2 については、小数点以下第1位を四捨五入せよ。

① 理論空気量 A_0 及び実際空気量 A [m^3/kg (燃料)]

② 理論乾き燃焼ガス量 V_{d0} [m^3/kg (燃料)]

③ 実際の乾き燃焼ガス量 V_d [m^3/kg (燃料)]

④ 実際の湿り燃焼ガス量 V_w [m^3/kg (燃料)]

⑤ 実際の乾き燃焼ガス中の O_2 及び SO_2 の各成分の体積割合と実際の湿り燃焼ガス中の H_2O の体積割合(O_2 及び H_2O は[%]、 SO_2 は[ppm])

問 2 ボイラーで使用されている流量計の測定方法のうち、次の5種類の測定方法について、それぞれの測定原理を述べ、その測定方法による流量計の具体例をそれぞれ一つのみ挙げよ。

容積式

流速式

面積式

速度水頭式 (速度水頭を測る方法)

差圧式 (絞り機構による方法)

問 3 環境保全対策に関する次の文章中の 内に入る適切な語句などを答えよ。

- (1) ボイラーから発生した SO_2 の一部はボイラー内で ① となり、 NO は大気中の O_2 によって酸化され ② となる。それらは最終的に大気中の ③ と反応して ④ や ⑤ となって、酸性霧や酸性雨として降下し、生態系に重大な影響を与える。
- (2) 燃料の燃焼による高温反応の際に、燃料分子の分解、脱水素、縮合、重合等の反応を経て、 ⑥ が形成される。この ⑥ は大部分が燃焼室内で燃焼して ⑦ になるが、酸素の供給が不足したり、燃焼温度が低いと燃焼が完結せず、すすとなる。すすの発生傾向は ⑧ 比の大きい燃料ほど生成しやすく、 ⑨ の増大に伴ってその傾向が大きくなる。
- (3) 地球表面は太陽からの光熱を受け止めて暖められ、また、地表で発生した熱の一部は ⑩ として宇宙に放散されるので均衡がとれ、地表の温度は ⑪ に保たれている。
- 大気中の ⑦、 ⑫、 N_2O 等は、特定の波長の ⑩ を吸収するから、地表からの放熱を妨げる。これを ⑬ 効果という。したがって、 ⑦ の排出量が限度を超せば、気温が上昇して氷山が溶け、低地は水没の危機に直面する。
- 植物はその成長過程で ⑭ により ⑦ が吸収され、植物起源のバイオマス燃料を燃焼させて排出された ⑦ と相殺され、 ⑦ の増減に影響を与えないとされている。このような ⑦ の増減に影響を与えないことを ⑮ という。

問 4 燃料の発熱量、燃料成分などに関する次のAからEまでの記述のうち、誤っているもののみの組合せは

(1) ~ (5) のうちどれか。

- A 燃料中の水素が燃焼して発生した排ガス中には水蒸気が含まれ、この水蒸気が液体の場合には、気体の場合と比べると、その蒸発潜熱の分だけ多くの熱が外部に放出され、この潜熱を含めた熱量を高発熱量と呼ぶ。
- B 発熱量は、固体及び液体燃料の場合には断熱熱量計によって、気体燃料の場合には通常ユンカーズ式熱量計によって測定され、いずれの燃料の計測値も低発熱量である。
- C 気体燃料の発熱量は、その構成するガス成分の体積比にそれぞれの可燃ガスの体積当たりの発熱量を乗じて求められる。
- D 燃料の発熱量には高発熱量と低発熱量があるが、低発熱量基準のボイラー効率 100% を超えることはない。
- E 液体、固体燃料は、その組成を示すのに元素分析が通常用いられるが、れき青炭、亜炭などの固体燃料の場合には、燃料の特性を把握するために、工業分析も広く用いられる。

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

問 5 燃焼理論に関する次のAからEまでの記述のうち、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 拡散火炎は、予混合火炎に比べて燃焼が早く完了する特長があるが、ガス流速をある範囲より大きくすると吹き消えが起こる。
- B 空気又は酸素のあるところで徐々に燃料の温度を上げたとき、自己発熱燃焼を開始する最低温度を着火点または着火温度という。
- C 多くの炭化水素を大気中で燃やすと、赤白色の火炎を発生して燃焼し輝炎となるが、輝炎は燃料成分が高温場で分解して生じた微細な遊離炭素が加熱され輝くためとされている。
- D 空気で満たされている燃焼室に可燃ガスが漏れ込み、混合気濃度が爆発限界内になった場合、着火源があると爆発燃焼を起こしボイラーを破損することがある。
- E 不輝炎は輝炎に比べ放射(輻射)の黒度(放射率)が大きくなるため、ボイラー火炉での熱吸収が多くなる。

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

問 6 腐食及び燃焼灰による摩耗に関する次のAからEまでの記述のうち、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 高温腐食は燃料の性状、伝熱面の温度及び材質、燃焼条件等多くの要因によって影響されるが、燃料油の選択、適切な燃焼方法、耐食金属材料の使用、添加剤の使用及び構造面の考慮によって、腐食を軽減することができる。
- B 高温腐食を軽減する構造面の配慮として、過熱器などの表面温度をできるだけ低くすることが望ましいが、そのためには、過熱器伝熱面の配置を向流形とする。
- C 微粉炭^だ焚きボイラーでは灰中の五酸化バナジウム(V_2O_5)、硫酸ナトリウム(Na_2SO_4)分が多いほど摩耗が生じやすく、適切なガス流速の選定が必要である。
- D 流動層ボイラーの層内伝熱管は、燃料、流動媒体による摩耗が生じやすく、摩耗保護板(プロテクタ)を取り付ける例が多い。
- E 一般に管群と周囲の壁の間は、管の伸びに備えて隙間があり、この隙間を燃焼ガスの一部が通過すると、ガスが冷却されず高速で通過することから、管群の管端部と周囲の壁に摩耗が生じやすい。

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

特級ボイラー技士免許試験問題

関 係 法 令

問 1 中低面に最高使用圧力 P を受けるステータのない鋼製ボイラーの皿形鏡板の最小厚さ t が、次の式で与えられるとき、以下の問に答えよ。

$$t = \frac{PWR}{2\sigma_a\eta - 0.2P} + \alpha$$

(1) 上式の W 、 R 、 σ_a 、 η 及び α の記号は、それぞれ何を表すか答えよ。

(2) $P=1.5 \times 10^6 \text{ Pa}$ 、 $R=1.80 \text{ m}$ 、 $W=1.40$ 、 $\sigma_a=102 \text{ N/mm}^2$ 、 $\eta=1$ 及び $\alpha=1 \text{ mm}$ としたときの最小厚さ t [mm] を求めよ。

答は、小数点以下第2位を切り上げよ。

問 2 ボイラーの圧力計について、次の問に答えよ。

(1) 蒸気ボイラーの蒸気部、水柱管又は水柱管に至る蒸気側連絡管に取り付ける圧力計の取付方法、取り付ける圧力計の要件として、ボイラー構造規格で定められている事項を三つ述べよ。

(2) ボイラーの圧力計の管理について、ボイラー及び圧力容器安全規則で定められている事業者が行なわなければならない事項を二つ述べよ。

問 3 ボイラーの管理に関する次の文中の 内に入る法令に規定されている適切な語句などを答えよ。
 なお、同じ語句などを複数回使用してもよい。

- (1) 事業者は、ボイラーの点火を行なうときは、 ① の調子を点検し、 ② 及び ③ の内部を十分に ④ した後でなければ、点火を行なってはならない。
- (2) 事業者は、ボイラーの吹出しを行なうときは、次に定めるところによらなければならない。
- a 1人で同時に ⑤ のボイラーの吹出しを行なわないこと。
 - b 吹出しを行なう間は、 ⑥ を行なわないこと。
- (3) 事業者は、安全弁が2個以上ある場合において、1個の安全弁を ⑦ 以下で作動するように調整したときは、他の安全弁を ⑦ の ⑧ 以下で作動するように調整することができる。
- (4) 事業者は、労働者がそうじ、修繕等のためボイラー（燃焼室を含む。以下この項において同じ。）又は煙道の内部に入るときは、次の事項を行なわなければならない。
- a ボイラー又は煙道を ⑨ すること。
 - b ボイラー又は煙道の内部の ⑩ を行なうこと。
 - c 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 ⑪ 及び ⑫ を有するものを使用させ、かつ、移動電燈は、 ⑬ を有するものを使用させること。
 - d 使用中の他のボイラーとの ⑭ を確実に ⑮ すること。

問 4 次のAからEまでの記述のうち、法令上、規定されていないもののみの組合せは（1）～（5）のうちどれか。

- A 事業者は、ボイラー（移動式ボイラー及び屋外式ボイラーを除く。）については、専用の建物又は建物の中の障壁で区画された場所に設置しなければならない。ただし、伝熱面積が5㎡以下のボイラーについては、この限りでない。
- B 事業者は、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、1.2m以上としなければならない。ただし、安全弁その他の附属品の検査及び取扱いに支障がないときは、この限りでない。
- C 事業者は、ボイラー、ボイラーに附設された金属製の煙突又は煙道（以下この項において「ボイラー等」という。）の外側から0.15m以内にある可燃性の物については、金属以外の不燃性の材料で被覆しなければならない。ただし、ボイラー等が、厚さ100mm以上の金属以外の不燃性の材料で被覆されているときは、この限りでない。
- D 事業者は、煙突からの排ガスの排出状況を観測するための窓をボイラー室に設置する等ボイラー取扱作業主任者が燃焼が正常に行なわれていることを容易に監視することができる措置を講じなければならない。
- E 事業者は、ボイラー取扱作業主任者に、排出されるばい煙の濃度測定をさせなければならない。

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

問 5 次のAからEまでの記述のうち、法令上、規定されていないもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 材料の許容圧縮応力は、許容引張応力に等しい値とする。
- B 自動給水調整装置は、蒸気ボイラーごとに設けなければならない。
- C 給水装置の給水管には、蒸気ボイラーに近接した位置に、給水弁及び逆止め弁を取り付けなければならない。ただし、貫流ボイラー及び最高使用圧力0.1MP a未満の蒸気ボイラーにあつては、給水弁のみとすることができる。
- D ステーボルト等の断面積は、最高使用圧力が加わったときに当該断面に生じる応力と当該断面の許容引張応力が等しくなる場合の当該断面の面積以上でなければならない。
- E 蒸気ボイラーには、過熱器の入口付近における蒸気の温度を表示する温度計を取り付けなければならない。

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

問 6 次のAからEまでの記述のうち、法令上、規定されていないもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 登録製造時等検査機関は、使用検査に合格した移動式ボイラーについて、申請者に対しボイラー検査証を交付する。
- B 溶接検査を受ける者は、機械的試験の試験片の試験結果を準備しておかなければならない。
- C 温水ボイラーの使用検査を受ける者は、逃がし弁を取りそろえておかなければならない。
- D 貫流ボイラーの伝熱面積は、燃焼室入口から過熱器出口までの水管の燃焼ガス等に触れる面積をもって算定する。
- E 移動式ボイラーのボイラー検査証の再交付を受けた者は、遅滞なく、所轄労働基準監督署長に届け出て、事業場の所在地、名称、種類及び有効期間その他必要な事項について記載を受けなければならない。

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

特級ボイラー技士免許試験問題

ボイラーの構造に関する知識 正答・正答例

問 1 (※正答例)

(1)

$$Q = F_c \times H_c$$

$$= 8610 \times 28.51 = 245471.1 \approx 245471 \text{ MJ/h}$$

(2)

$$L_{gc} = \frac{G_c \times F_c \times C \times (t_{gc} - t_a)}{Q \times 10^3} \times 100 = \frac{G_c \times C \times (t_{gc} - t_a)}{H_c \times 10^3} \times 100$$

$$= \frac{10.80 \times 1.38 \times (180 - 20)}{28.51 \times 10^3} \times 100 = 8.364 \approx 8.36\%$$

(3)

$$\eta_c = 100 - (L_{gc} + L_{cc} + L_u)$$

$$= 100 - (8.36 + 2.00 + 1.00) = 88.64\% \approx 88.64\%$$

(4)

$$F_o \times H_o = \frac{50}{100} \times Q \quad \text{即ち} \quad F_o = \frac{50}{100} \times \frac{Q}{H_o}$$

$$= \frac{50}{100} \times \frac{245471.1}{42.71} = 2873.69 \approx 2873.7 \text{ kg/h}$$

$$F_g \times H_g = \frac{50}{100} \times Q \quad \text{即ち} \quad F_g = \frac{50}{100} \times \frac{Q}{H_g}$$

$$= \frac{50}{100} \times \frac{245471.1}{40.60} = 3023.04 \approx 3023.0 \text{ m}^3/\text{h}$$

(5)

①

$$L_{gm} = \frac{(G_o \times F_o + G_g \times F_g) \times C \times (t_{gm} - t_a)}{Q \times 10^3} \times 100$$

$$= \frac{(14.40 \times 2873.69 + 14.07 \times 3023.04) \times 1.38 \times (165 - 20)}{245471.1 \times 10^3} \times 100 = 6.840 \approx 6.84\%$$

②

$$\eta_m = 100 - (L_{gm} + L_{cm} + L_u)$$

$$= 100 - (6.84 + 0.0 + 1.0) = 92.16 \approx 92.16\%$$

同じ入熱の時、ボイラー効率の相違がそのままボイラー蒸発量（ボイラー出熱）の増加となるので

③

$$E = \left(\frac{\eta_m}{\eta_c} - 1 \right) \times 100$$

$$= \left(\frac{92.16}{88.64} - 1 \right) \times 100 = 3.97 \approx 4.0\%$$

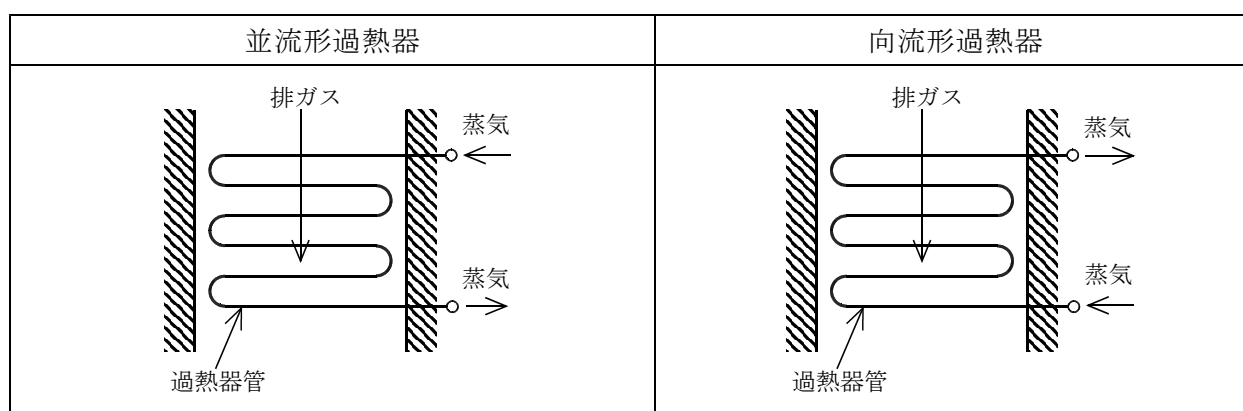
問 2 (正答例)

(1)

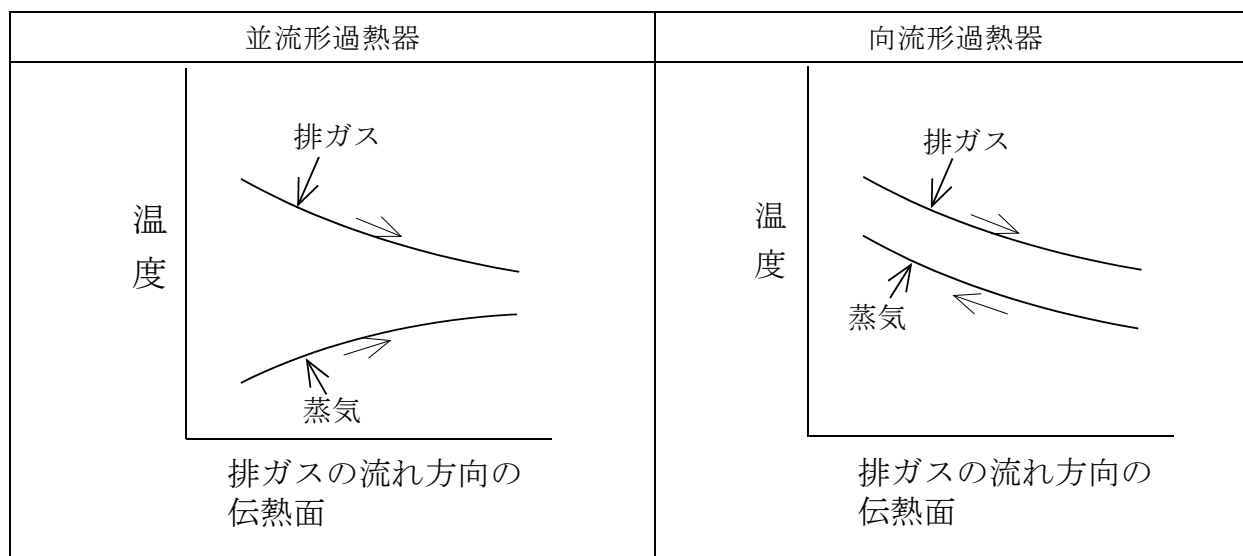
分類	伝熱方式の説明
放射形	過熱器管を火炉内又は火炉出口近傍に設け、主として火炎の放射による伝熱を利用するもの
対流(接触)形	過熱器管を燃焼ガス通路内に設け、燃焼ガスの対流による伝熱を利用するもの
放射・対流形	過熱器管を火炉出口付近の燃焼ガス通路中に設け、放射による伝熱と対流による伝熱を同時に利用するもの

(2)

①



②



③

項目	並流形に比へた向流形の特徴
蒸気温度	出口蒸気温度を高くすることができる。
伝熱面積	伝熱面積は小さくて済む。
管壁温度	蒸気出口部の伝熱管壁温度は高くなる。

問 3 (正答例)

(1)

① 20℃

② NO_x

③ 通風抵抗

④ 管壁温度

⑤ 三酸化硫黄

⑥ 硫酸

⑦ すすの付着

⑧ 耐食材料

⑨ 潜熱回収

(2)

⑩ 燃焼効率

⑪ 過剰空気量

⑫ 乾燥

⑬ 低pH凝縮水

⑭ 蒸気式空気予熱器

⑮ 伝熱面温度

問 4 答(2)

問 5 答(4)

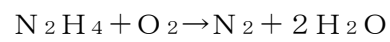
問 6 答(4)

特級ボイラー技士免許試験問題

ボイラーの取扱いに関する知識 正答・正答例

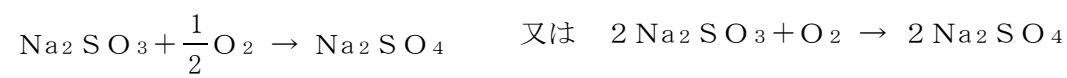
問 1 (正答例)

(1)



$$\frac{\text{N}_2\text{H}_4}{\text{O}_2} = \frac{14 \times 2 + 1 \times 4}{16 \times 2} = \frac{32}{32} = 1.00 \text{ g}$$

(2)



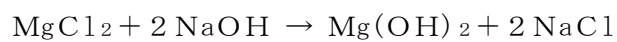
$$\frac{\text{Na}_2\text{SO}_3}{\frac{1}{2}\text{O}_2} = \frac{23 \times 2 + 32 + 16 \times 3}{16} = 7.875 \approx 7.88 \text{ g} \quad \text{又は} \quad \frac{2\text{Na}_2\text{SO}_3}{\text{O}_2} = \frac{2 \times (23 \times 2 + 32 + 16 \times 3)}{2 \times 16} = 7.875 \approx 7.88 \text{ g}$$

(3)



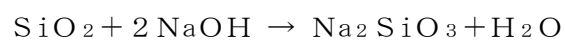
$$\frac{3\text{PO}_4^{3-}}{5\text{Ca}^{2+}} = \frac{3 \times (31 + 16 \times 4)}{40 \times 5} = \frac{3 \times 95}{200} = 1.425 \approx 1.43 \text{ g}$$

(4)



$$\frac{2\text{NaOH}}{\text{MgCl}_2} = \frac{2 \times (23 + 16 + 1)}{24 + 35 \times 2} = \frac{2 \times 40}{94} = 0.851 \approx 0.85 \text{ g}$$

(5)



$$\frac{2\text{NaOH}}{\text{SiO}_2} = \frac{2 \times (23 + 16 + 1)}{28 + 16 \times 2} = \frac{2 \times 40}{60} = 1.333 \approx 1.33 \text{ g}$$

問 2 (正答例)

(1)

ア ① A

イ ② D

ウ ③ A

エ ④ D

カ ⑤ お ⑥ H 又は F ⑦ M

キ ⑧ う ⑨ D

サ ⑩ T ⑪ あ ⑫ H ⑬ N

シ ⑭ Q ⑮ え

ス ⑯ S ⑰ い ⑱ H ⑲ N

セ ⑳ か ㉑ J ㉒ U

タ ㉓ か ㉔ B

チ ㉕ P ㉖ い ㉗ F

(2)

水張り時		昇圧、暖管時	
手順1	キ	手順1	シ
手順2	カ	手順2	セ
		手順3	ス
		手順4	サ

問 3 (正答例)

(1)

① 満水

② 乾燥

(2)

③ ボイラー水

④ pH

⑤ リン酸イオン

⑥ 上限

⑦ ブロー

⑧ 薬液注入

⑨ 空気抜き弁

⑩ 窒素

(3)

⑪ 伝熱面

⑫ 全蒸発残留物

⑬ 高圧

⑭ 乾燥剤

⑮ シリカゲル

問 4 答 (4)

問 5 答 (5)

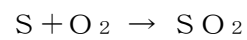
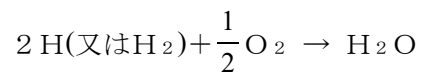
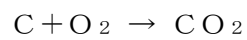
問 6 答 (1)

特級ボイラー技士免許試験問題

燃料及び燃焼に関する知識 正答・正答例

問 1 (正答例)

(1)



(2)

①

$$\begin{aligned} A_o &= \frac{1}{0.21} \left(\frac{22.4}{12} c + \frac{22.4}{4} h + \frac{22.4}{32} s \right) \\ &= \frac{1}{0.21} \left(\frac{22.4}{12} \times 0.875 + \frac{22.4}{4} \times 0.120 + \frac{22.4}{32} \times 0.005 \right) = 10.994 \doteq 10.99 \text{ m}^3/\text{kg}(\text{燃料}) \end{aligned}$$

$$A = m \times A_o$$

$$= 1.1 \times 10.994 = 12.093 \doteq 12.09 \text{ m}^3/\text{kg}(\text{燃料})$$

②

$$\begin{aligned} V_{do} &= 0.79 A_o + \frac{22.4}{12} c + \frac{22.4}{32} s \\ &= 0.79 \times 10.994 + \frac{22.4}{12} \times 0.875 + \frac{22.4}{32} \times 0.005 = 10.322 \doteq 10.32 \text{ m}^3/\text{kg}(\text{燃料}) \end{aligned}$$

③

$$\begin{aligned} V_d &= V_{do} + (m - 1) A_o \\ &= 10.322 + (1.1 - 1) \times 10.994 = 11.421 \doteq 11.42 \text{ m}^3/\text{kg}(\text{燃料}) \end{aligned}$$

④

$$\begin{aligned} V_w &= V_d + \frac{22.4}{2} h \\ &= 11.421 + \frac{22.4}{2} \times 0.120 = 12.765 \doteq 12.77 \text{ m}^3/\text{kg}(\text{燃料}) \end{aligned}$$

⑤

$$O_2 \text{の量} = 0.21(m - 1) A_o = 0.21 \times (1.1 - 1) \times 10.994 = 0.231 \text{ m}^3/\text{kg}(\text{燃料})$$

$$O_2 \text{の体積割合} = \frac{O_2 \text{量}}{V_d} \times 100 = \frac{0.231}{11.421} \times 100 = 2.022 \doteq 2.02 \%$$

$$SO_2 \text{の量} = \frac{22.4}{32} \times s = \frac{22.4}{32} \times 0.005 = 0.0035 \text{ m}^3/\text{kg}(\text{燃料})$$

$$SO_2 \text{の体積割合} = \frac{SO_2 \text{量}}{V_d} \times 10^6 = \frac{0.0035}{11.421} \times 10^6 = 306.4 \doteq 306 \text{ ppm}$$

$$H_2O \text{の量} = \frac{22.4}{2} \times h = \frac{22.4}{2} \times 0.120 = 1.344 \text{ m}^3/\text{kg}(\text{燃料})$$

$$H_2O \text{の体積割合} = \frac{H_2O \text{量}}{V_w} \times 100 = \frac{1.344}{12.765} \times 100 = 10.528 \doteq 10.53 \%$$

問 2 (正答例)

測定方法の種類	測定原理	流量計の具体例
容積式	一定の容積の容器に流体を導入して流量を測る。	オーバル
流速式	流体中のプロペラなどの回転から流量を知る。	タービン形
面積式	差圧を一定に保って絞りの面積を変えて流量を知る。	フロート式
速度水頭式 (速度水頭を測る方法)	管中の流体の全圧と静圧の差を測って流速から流量を知る。	ピトー管
差圧式 (絞り機構による方法)	管路中に絞りを挿入して生ずる圧力差を測り、流量を知る。	オリフィス

問 3 (正答例)

(1)

- ① SO₃ ② NO₂ ③ 水蒸気
④ 硫酸 ⑤ 硝酸

(2)

- ⑥ 遊離炭素 ⑦ CO₂
⑧ C/H
⑨ 分子量

(3)

- ⑩ 赤外線 ⑪ 一定
⑫ CH₄ ⑬ 温室
⑭ 光合成 ⑮ カーボンニュートラル

問 4 答 (4)

問 5 答 (2)

問 6 答 (3)

特級ボイラー技士免許試験問題

関係法令 正答・正答例

問 1 (正答例)

(1)

 W : (皿形鏡板の) 形状に関する係数 R : (皿形) 鏡板の中央部における内面の半径 σ_a : 材料の許容引張応力 η : (皿形) 鏡板自体の継手の効率 α : 付け代

(2)

$$t = \frac{1.5 \times 1800 \times 1.40}{2 \times 102 \times 1 - 0.2 \times 1.5} + 1$$

$$= 18.56 + 1$$

$$= 19.56 \approx 19.6\text{mm}$$

問 2 (正答例)

(1)

次のうち3つ

- ① 蒸気が直接圧力計に入らないようにすること。
- ② コック又は弁の開閉状況を容易に知ることができること。
- ③ 圧力計への連絡管は、容易に閉そくしない構造であること。
- ④ 圧力計の目盛盤の最大指度は、最高使用圧力の1.5倍以上3倍以下の圧力を示す指度とすること。
- ⑤ 圧力計の目盛盤の径は、目盛りを確実に確認できるものであること。

(2)

次のうち2つ

- ①使用中その機能を害するような振動を受けることがないようにすること。
- ②その内部が凍結し、又は80度以上の温度にならない措置を講ずること。
- ③圧力計の目もりには、当該ボイラーの最高使用圧力を示す位置に、見やすい表示をすること。

問 3 (正答例)

(1) ① ダンパー ② 燃焼室

③ 煙道 ④ 換気

(2) ⑤ 2以上 ⑥ 他の作業

(3) ⑦ 最高使用圧力 ⑧ 3%増

(4) ⑨ 冷却 ⑩ 換気

⑪ 絶縁効力 ⑫ 強度 ⑬ ガード

⑭ 管連絡 ⑮ しゃ断

問 4 答 (2)

問 5 答 (5)

問 6 答 (4)